



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**KURTOĞLU META-GRANİTİNİN (GÜMÜŞHANE) JEOKİMYASAL VE
İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cengiz UZUN

**HAZİRAN 2019
GÜMÜŞHANE**

**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KURTOĞLU META-GRANİTİNİN (GÜMÜŞHANE) JEOKİMYASAL VE
İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cengiz UZUN

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17.05.2019
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 26.06.2019**

HAZİRAN 2019



KABUL ve ONAY



Prof. Dr. Abdurrahman DOKUZ danışmanlığında **Cengiz UZUN** tarafından hazırlanan **“KURTOĞLU META-GRANİTİ’NİN (GÜMÜŞHANE) JEOKİMYASAL VE İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Üye (Başkan)

: Prof. Dr. Orhan KARSLI

Üye (Danışman)

: Prof. Dr. Abdurrahman DOKUZ

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

ONAY

Bu tez 25.9 / 19 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ferkan ŞİPAHİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (GÜBAP) Koordinatörlüğü’nce desteklenmiştir. Proje No:17.F5114.01.02

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim-Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “Kurtoğlu Meta-graniti'nin (Gümüşhane) Jeokimyasal ve İzotopik Özellikleri” isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

17/05/2019

Cengiz UZUN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURTOĞLU META-GRANİTİNİN (GÜMÜŞHANE) JEOKİMYASAL VE
İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ

Cengiz UZUN

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdurrahman DOKUZ

2019, 53 sayfa

Gümüşhane yöresi, Sakarya Zonu'na ait Variscan metamorfik temel kayaçlarının yüzeylediği lokasyonlardan biridir. Genişliği 0.5 ila 3 km ve yaklaşık 28 km uzunluğa sahip bu metamorfitler Kırıklı Köyü civarından başlayarak güneybatı yönünde Tersun Dağı'na kadar uzanan bir alanda mostra verir. Kayaçlar erken-orta Karbonifer'de bölgesel metamorfik koşulların etkisi altında kalarak düşük-orta derecelerde başkalaşmışlardır. Kurtoğlu Metamorfitleri olarak bilinen kayaçlar başlıca iki tektonik birimden oluşmaktadır: (i) mikaşist, gnays ve bunları keserek yerleşen meta-granitler, (ii) fillat ve kalkıştler. Bu çalışmaya konu olarak seçilen meta-granitler petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özellikleri bakımından incelenmiştir. Petrografik olarak muskovit ve biyotit meta-granitler olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadırlar. U-Pb SHRIMP yöntemi ile

biyotit meta-granit (KU-35) örneğindeki zirkonlardan elde edilen yaşlar 511-452 m.y. (Geç Kambriyen-Geç Ordovisiyen) arasında değişmektedir.

Muskovit meta-granitler bileşimsel değişimin felsik ucunda toplanırken (SiO_2 : % 72.8–77.8), biyotit meta-granitler nispeten geniş bir bileşimsel aralık sunmaktadır (SiO_2 : % 67.46–78.44). Granodiyoritik bileşime sahip iki adet biyotit meta-granit hariç, tüm örnekler granitik bileşime sahiptir. Örneklerin hepsi güçlü peralumin karaktere sahip olup, yüksek K’lu kalk-alkali’den şošonitik’e kadar değişen bir jeokimyasal bileşime sahiptir ve % 1.02 ila 4.41 arasında değişen normatif korendon içermektedirler. Bazı biyotit meta-granit örneklerinde S-tipi granit/riyolitler için karakteristik olan granat ve sillimanit bulunur. Örneklerin oldukça radyojenik Sr izotop oranları (0.712-0.745), negatif $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ değerleri (-5.13–-8.55) ve Pb izotop oranları kesin olarak kıtasal kabukta yer alan bir kaynağa götürmektedir. $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$, Rb/Sr ve Rb/Ba oranları ise biyotit ve muskovit meta-granitlerin sırasıyla kilce-fakir ve kilce-zengin sedimanter kaynaklardan itibaren oluştuğuklarına işaret etmektedir.

Artan SiO_2 ’ye karşılık azalan MgO , Fe_2O_3 ve TiO_2 içerikleri gibi korelasyonlar, Kurtoğlu meta-granitinin oluşumu sırasında kesirli kristallenmenin baskın bir rol oynadığını ve muskovit meta-granitlerin biyotit meta-granitlerden itibaren fraksiyonlaşma yoluyla oluştuğunu ima etmektedir. Hafifçe sağa eğik nadir toprak element profilleri, negatif Nb, Ta, Ti ve pozitif Pb anomalileri yitim ilişkili bir tektonik ortamı ima etmekle birlikte, tektonik ortam ayırım diyagramları genellikle çarpışma eş yaşı ve çarpışma sonrası tektonik ortamlara işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gümüşhane, jeokimya, Kurtoğlu meta-graniti, Sr- Nd-Pb izotopları, U-Pb SHRIMP yaşları, Variskan temel

ABSTRACT

MS THESIS

GEOCHEMICAL AND ISOTOPIC SIGNATURES OF THE KURTOĞLU META-GRANITE (GÜMÜŞHANE)

Cengiz UZUN

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Abdurrahman DOKUZ

2019, 53 Pages

Gümüşhane area is one of the locations where Variscan metamorphic basement rocks are cropped out. These metamorphic rocks, which expose in an area of ~0.3-3 km width and about 28 km long, extend from the vicinity of Kırıklı Village in the southwest direction to Tersun Mountain. They were metamorphosed under low to medium degrees of regional metamorphic conditions in the early-middle Carboniferous. The rocks that are termed Kurtoğlu Metamorphites consist of two tectonic units: (i) mica schist, gneiss and cross-cutting meta-granites, (ii) phillite and calc schist. The meta-granites, chosen as the topic of this study, were investigated in terms of petrographical, geochemical and geochronological characteristics. The rocks petrographically can be divided into two subgroups: muscovite meta-granite and biotite meta-granite. The ages obtained by U-Pb SHRIMP method in the

zircons of the biotite meta-granite sample (KU-35) are vary from 511 Ma to 452 Ma (late Cambrian-late Ordovician).

While the muscovite meta-granites are grouped at the felsic end of the compositional range ($\text{SiO}_2 = \% 72.8\text{--}77.8$), the biotite meta-granites display relatively a large compositional range ($\text{SiO}_2 = \% 67.46\text{--}78.44$). Except for the two biotite-meta-granite samples that have granodioritic composition, all the samples have granitic composition. The samples as a whole have strongly peraluminous geochemical character, a geochemical composition ranging from high K-calcalkaline to shoshonitic and include normative corundum varying between 1.02 and 4.41. Some of the biotite meta-granite samples comprise garnet and sillimanite that are typical for S-type granites/rhyolites. The samples have highly radiogenic Sr isotope ratios (0.712-0.745), negative $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$ values (-5.13–-8.55) and Pb isotope ratios, referring precisely to a source located in the continental crust. $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$, Rb/Sr and Rb/Ba ratios suggest that biotite and muscovite meta-granites were derived by partial melting of clay-poor and clay-rich sources respectively.

Decreasing MgO , Fe_2O_3 and TiO_2 contents against increasing SiO_2 imply that fractional crystallization has played a significant role during the formation of the Kurtoğlu meta-granite and that muscovite meta-granites were evolved from a biotite meta-granitic melt through fractional crystallization. Despite the slightly right-side inclined rare earth element profiles, negative Nb, Ta, Ti and positive Pb anomalies imply subduction-related tectonic setting, tectonic setting discrimination diagrams commonly refer to the syn-collision and post-collision settings during their formation.

Keywords: Gümüşhane, Geochemistry, Kurtoğlu meta-granite, Sr-Nd- Pb isotopes, U-Pb SHRIMP ages, Variscan basement

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmamın her aşamasında yardımını ve desteğini benden esirgemeyen tez hocam Prof. Dr. Abdurrahman DOKUZ'a içtenlikle teşekkür ederim.

Gümüşhane Üniversitesi'nde görev yapan bütün hocalarıma ve arazi çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan değerli abilerim ve mesai arkadaşlarım Jeoloji Mühendisi Mustafa BEBEK ve Jeoloji Y. Mühendisi Uğur Volkan ARI'ya teşekkür ederim. Yine tez çalışmam sırasındaki desteklerinden dolayı Arş. Gör. Kadir SÜNNETÇİ'ye teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışması sırasında, özellikle laboratuvar analizi ve yaş analizleri yapılırken maddi olarak destekleyen GÜBAP'a da çok teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalışmam boyunca maddi ve manevi olarak bana destek olan değerli aileme şükranlarımı sunarım.

Cengiz UZUN
Gümüşhane, 2019

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|------------------------|
| TEZ BEYANNAMESİ | III |
| ÖZET | IV |
| ABSTRACT | VI |
| TEŞEKKÜR | VIII |
| İÇİNDEKİLER | IX |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | XI |
| TABLolar DİZİNİ | XIII |
| SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ..... | XIV |
| 1. GENEL BİLGİLER..... | 1 |
| 1.1. Giriş ve Amaç | 1 |
| 1.2. Coğrafi Bilgiler | 2 |
| 1.2.1. Coğrafi Konum..... | 2 |
| 1.2.2. Topoğrafya | 2 |
| 1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü | 2 |
| 1.2.4. Ekonomi..... | 3 |
| 1.2.5. Ulaşım ve Yerleşim | 4 |
| 1.3. Bölgesel Jeoloji | 4 |
| 1.4. Önceki Çalışmalar | 5 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR | 9 |
| 2.1. Giriş | 9 |
| 2.2. Arazi Çalışmaları..... | 9 |
| 2.3. Laboratuvar Çalışması ve Analitik Yöntemler | 9 |
| 2.3.1. İnce Kesit Hazırlanması..... | 9 |
| 2.3.2. Mikroskobik İncelemeler | 10 |
| 2.3.3. Tüm Kayaç Jeokimya Analizleri..... | 10 |
| 2.3.4. Örneklerin Jeokronolojik Analiz İçin Hazırlanması | 11 |
| 2.4. Büro Çalışmaları | 11 |
| 3. BULGULAR | 12 |
| 3.1. Giriş | 12 |
| 3.2. Stratigrafi ve Petrografi | 12 |
| 3.2.1. Kurtoğlu Metamorfizmaları | 15 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.2.1.1. | Ad, Yayılım ve Topoğrafik Görünüm | 15 |
| 3.2.1.2. | Dokanaklar | 15 |
| 3.2.1.3. | Litoloji | 16 |
| 3.2.1.4. | Yaş ve Deneştirme..... | 20 |
| 3.2.2. | Gümüşhane Granitoyidi..... | 21 |
| 3.2.3. | şenköy Formasyonu | 22 |
| 3.3. | Jeokimya | 23 |
| 3.3.1. | Tüm Kayaç Jeokimyası..... | 23 |
| 3.3.3. | Ana ve İz Elementler | 28 |
| 3.3.4. | Sr-Nd-Pb İzotop Oranları..... | 31 |
| 4. | TARTIşMA | 35 |
| 4.1. | Kesirli Kristallenme..... | 35 |
| 4.2. | Kaynak Alan | 37 |
| 4.3. | Zirkon U-Pb SHRIMP Yaşının Tektono-Metamorfik Anlamı | 40 |
| 4.4. | Tektonik Ortam | 42 |
| 5. | SONUÇLAR | 45 |
| 6. | KAYNAKLAR | 46 |
| | ÖZGEÇMİş | |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|------------------------|
| Şekil 1.1. İnceleme alanının yerbulduru haritası | 3 |
| Şekil 3.1. Çalışılan kütlenin Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden Sakarya Zonu içindeki konumunu gösterir tektonik birlik haritası (Okay ve Tüysüz 1999'dan değiştirilerek alınmıştır). | 12 |
| Şekil 3.2. Çalışma alanında bulunan kayaçlara ait dikme kesit | 13 |
| Şekil 3.3. Çalışma alanı ve civarının jeoloji haritası | 14 |
| Şekil 3.4. Meta-granitlere ait litolojinin yol şevinden görüntüsü (Kurtoğlu Köyü)..... | 16 |
| Şekil 3.5. Meta-granitlerin diğer metamorfitlemlerle olan intruzif dokanağının stabilize yol şevlerindeki görünümü | 16 |
| Şekil 3.6. Kurtoğlu metaomorfitlemleri içerisindeki metagranitlere ait modal kuvars-alkali feldspat-plajitoklas (Q-A-P) diyagramı (Streckeisen, 1976)..... | 19 |
| Şekil 3.7. a) Alkali feldspat, plajiyoklas ve kuvars fazlarının oluşturduğu granoblastik doku, b) Alkali feldspat ile kuvars arasında gelişen kalıntı yazı dokusu, c) alkali feldspatın plajiyoklas minerallerini inklüzyonlar şeklinde içermesi sonucu gelişen kalıntı monzonitik doku, d) metasedimentlerde gelişen lepidogranoblastik dokunun görünümü..... | 19 |
| Şekil 3.8. a) Tera-Waiserburg U-Pb konkordiya diyagramı, b) Herbir zirkon analizinin nispi olasılık dağılım diyagramı..... | 20 |
| Şekil 3.9. Kurtoğlu Metamorfitlemleri içerisindeki meta-granitlere ait $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (Middlemost, 1994) diyagramı..... | 26 |
| Şekil 3.10. Karbonifer yaşlı meta-granitlere ait örneklerin $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ diyagramındaki konumları (Peccherillo ve Taylor, 1976). Semboller Şekil 3.9'daki gibidir. | 26 |
| Şekil 3.11. Meta-granite ait örneklerin molar An-Ab-Or diyagramındaki konumları (Shand, 1947, Clarke, 1981). Semboller Şekil 3.9'daki gibidir. | 28 |
| Şekil 3.12. Kurtoğlu meta-graniline ait örneklerin a) SiO_2 'ye karşı A/CNK $[\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})]$ ve b) A- C- F diyagramlarındaki konumları (Chappell and White, 1992). Semboller Şekil 3.9'daki gibidir. | 29 |
| Şekil 3.13. Kurtoğlu meta-graniline ait örneklerin ana oksit ve iz element değişim diyagramları. Semboller Şekil 3.9'daki gibidir | 30 |
| Şekil 3.14. Muskovitçe-zengin (a) ve biyotitçe-zengin (b) meta-granitlere ait örneklerin kondite (Taylor ve McLennan, 1985) oranlanmış nadir toprak element diyagramları | 31 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 3.15. | Muskovitçe-zengin (a) ve biyotitçe-zengin (b) meta-granitlere ait örneklerin primitif mantoya (McDonough ve Sun, 1995) oranlanmış çoklu iz element diyagramları..... | 31 |
| Şekil 3.16. | Kurtoğlu meta-granitine ait örneklerin ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\text{t})$ 'a karşı ilksel $\epsilon_{\text{Nd}(\text{t})}$ diyagramı. Karşılaştırma amacıyla diyagrama Sakarya Zonu Variskan granitoyid ve riyolitlerine ait izotopik oranların (Topuz ve diğ., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz ve diğ., 2012; Dokuz ve diğ., 2017) yanı sıra Neoproterozoyik-Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı meta-sedimentler ve aynı yaşlı meta-magmatik kayalar ile Variskan orto-gneysların izotop oranlarına ait alanlarda aktarılmıştır. | 33 |
| Şekil 3.17. | Kurtoğlu meta-granitine ait örneklerin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(\text{t})$ 'a karşı (a) $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(\text{t})$ ve (b) $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(\text{t})$ diyagramı. Karşılaştırma amacıyla diyagrama ayrıca Sakarya Zonu Variskan granitoyid ve riyolitlerine ait Pb-Pb izotop oranlarına ait noktaların yanı sıra, Kuzeybatı İran'a ait Geç Neoproterozoyik-Kambriyen yaşlı granitoyidler ve gneysların Pb-Pb izotop alanları aktarılmıştır. Semboller isimleri Şekil 3.9'daki gibidir. | 33 |
| Şekil 4.1. | Bazı ana ve iz element oranlarının SiO_2 'ye karşı değişim diyagramları..... | 36 |
| Şekil 4.2. | Kurtoğlu Meta-granitine ait örneklerin (a) $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 'e karşı $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$; (b) Rb/Sr 'a karşı Rb/Ba diyagramları. Güçlü peralümin (SP) granitlerin alanı, kilce-fakir ve kilce-zengin kaynak alanlarını ayıran kesikli çizgi ve bazalt ve pelitlerden k ayrılan magmaların karışım trendi (Sylvester, 1998). | 41 |
| Şekil 4.3. | Kurtoğlu Meta-granitine ait örneklerin a) $\text{Yb}+\text{Nb}$ 'a karşı Rb , b) $\text{Yb}+\text{Ta}$ 'a karşı Rb , c) Y 'a karşı Nb ve d) Yb 'a karşı Ta tektonik ortam ayırım diyagramları (Pearce ve diğ., 1984). Kısaltmalar; Syn-COLG, VAG, WPG ve ORG sırasıyla çarpışma-eş yaşlı, volkanik-yay, plaka-içi ve okyanus sırtı granitleri anlamındadır. | 43 |
| Şekil 4.4. | R1 'e karşı R2 tektonik ortam ayırım diyagramı (Batchelor ve Bowden, 1985). $\text{R1} = 4\text{Si}-11(\text{Na}+\text{K})-2(\text{Fe}+\text{Ti})$; $\text{R2}=6\text{Ca}+2\text{Mg}+\text{Al}$ | 44 |
| Şekil 4.5. | Kurtoğlu Meta-graniti'ne ait örneklerin $\text{Rb}/10 - \text{Hf} - \text{Ta} \times 3$ ve $\text{Rb}/30 - \text{Hf} - \text{Ta} \times 3$ (Harris vd., 1986) tektonik ortam ayırım diyagramları. Kısaltmalar; LCG-PCG, geç (late) ve çarpışma-sonrası granitler, diğerleri Şekil 4.3'deki kısaltmalar ile aynıdır. | 44 |

TABLÖLAR DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|------------------------|
| Tablo 3.1. Kurtoğlu Metamorfitleri içerisindeki metagranitlerin mineral bollukları..... | 17 |
| Tablo 3.2. Kurtoğlu Meta-granitine ait C- -Pb LA-MC-ICPMS verileri..... | 21 |
| Tablo 3.3. Kurtoğlu meta-granitlerine ait örneklerin ana ve iz element analiz sonuçları..... | 24 |
| Tablo 3.4. Kurtoğlu Metagranitine ait Sr, Nd ve Pb izotopik bileşimleri..... | 32 |

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|----------|---|
| ACME | : Vancouver, Kanada |
| AF | : Alkali Feldispat |
| An-Ab-Or | : Anortit-Albit-Ortoklas |
| A/CNK | : $(Al_2O_3 / (CaO+Na_2O+K_2O))$ |
| HFSE | : Yüksek Çekim alanlı Elementler |
| HREE | : Ağır Nadir Toprak Elementler |
| ICP-ES | : İndüktif Emisyon Spektrometresi |
| ICP-MS | : Kütle Spektrometresi |
| LCG | : Geç ve Çarpışma Sonrası Granitleri |
| LILE | : Büyük İyon Yarı Çaplı Litofil Elementler |
| LOI | : Ateşte Kayıp |
| LREE | : Hafif Nadir Toprak Elementler |
| My | : Milyon Yıl |
| ORG | : Okyanus Sırtı Granitleri |
| PCG | : Çarpışma Sonrası Granitler |
| PM | : Primitif (İlksel) Manto |
| ppm | : Milyonda Bir Birim |
| Q | : Kuvars |
| Q-A-P | : Kuvars-Alkali Feldspat-Plajiyoklas |
| R1 | : $4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$ |
| R2 | : $6Ca+2Mg+Al$ |
| SHRIMP | : Hassas Yüksek Çözünürlüklü İyon Mikroprob |
| S-Tipi | : Sedimanter Tip |
| Syn-COLG | : Çarpışma Eş Yaşlı |
| TAS | : Toplam Alkali-Silis ($Na_2+K_2O-SiO_2$) |
| VAG | : Volkanik Yay Granitleri |
| WPG | : Plaka İçi Granitleri |

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş ve Amaç

Bilindiği üzere, Reyik Okyanusu'nun Erken Karbonifer'de kapanması Birleşik Kıta (Pangea) oluşumu ile sonuçlanmıştır (Nance ve Linneman, 2008; Nance vd., 2010; Murphy vd., 2010). Bu yönü ile Variskan Orojenezi Fanerozoik Üst Zamanı içerisinde yer alan diğer orojenezlerden (Kaledoniyen, Kimmeriyen ve Alpin) ayrılmaktadır. Çarpışma sırasında oluşan dağ kuşağının Orta Avrupa' da kalan kesimi Variscidler, orojenez de Variskan Orojenezi olarak adlandırılmaktadır. Geç Silüriyen-Karbonifer aralığında oluşan kayalar Reyik Okyanusu'nun kapanma süreci ve kapanmayı takiben meydana gelen çarpışma ile ilişkilendirilmektedirler (Nutman vd., 2001; Kroner vd., 2007; Martinez vd., 2007, Riberio vd., 2010). Orta Avrupa'nın daha doğusuna doğru gidildiğinde benzer yaşlı kayalar, özellikle Karbonifer yaşlı metamorfitle, granitler ve tortullar, yine Variskan Orojenezi ile ilişkilendirilmektedir (Topuz vd., 2010, Dokuz, 2011). Ancak, bu bölgelerde Orta Avrupa'dan farklı olarak Erken Karbonifer'de maksimum boyutlarına ulaşan, Paleotetis veya Tetis Okyanusu olarak da adlandırılan, bir okyanusun varlığı dikkati çekmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu durum, Reyik Okyanusu'nun Orta Avrupa'nın daha doğusuna doğru devam edip etmediği sorusunu gündeme getirmektedir. Devam etmediği öngörüldüğünde, özellikle Sakarya Zonu içerisinde yaygın olarak yüzeyleyen Karbonifer yaşlı metamorfitle ve granitlerin Variskan Orojenezi ile ilişkilendirilmeleri hatalı bir tektono-metamorfik/magmatik yorum olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan bu kayaların jeokimyasal karakteristikleri ve tektono-metamorfik/magmatik gelişimleri çarpışma ürünü olduklarını açıkça ortaya koymaktadır (Topuz vd., 2004a,2004b, 2007, Dokuz, 2011, Dokuz vd., 2011, 2015). Bu ise Türkiye'yi de içerisine alan Doğu Akdeniz bölgesinde, Variskan Orojenezi'nin, Orta Avrupa'daki gibi, kıta-kıta çarpışması niteliğinde olmadığını, alternatif çarpışma türlerinden biri olan kıtasal blok-kıta veya yay-kıta çarpışması niteliğinde olabileceği sonucuna götürmektedir.

Bu Yüksek Lisans tezine konu olarak seçilen Kurtoğlu Meta-graniti, Variskan Orojenezi'nin Sakarya Zonu'ndaki temsilcilerinden biri olan Kurtoğlu Metamorfitle içerisinde yer almaktadır. Birime ait kayalarda gerçekleştirilen U-Pb zirkon yaşlandırması ya sin-orojenik (orojen sırasında) ya da pre-orojenik (orojenez öncesi) bir oluşuma götürecektir. Sin-orojenik olması durumunda bölgedeki Variskan olaylarının anlaşılmasına

katkı sağlayacak, pre-orojenik olması durumunda ise Variskan öncesi olaylara işaret edecektir. İkinci durumda yeni bir bulgu söz konusu olacağından Sakarya Zonu'nun jeolojik tarihçesini jeolojik zamanda daha geriye götürme imkanı sağlayacaktır. Tüm-kaya ana-iz ve Sr-Nd-Pb izotop analizleri, meta-granitinin oluşumu sırasındaki petrolojik olayların anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Elde edilen bütün bulguların bir tektonik modele oturtularak yorumlanması Sakarya Zonu'nu Jeolojik tarihçesinin anlaşılmasında önemli bir boşluğu kapatacağı öngörülmektedir.

1.2. Coğrafik Bilgiler

1.2.1. Coğrafi Konum

Çalışma alanımız, Doğu Karadeniz Bölümü'nün orta-güney kesiminde yer almakta olup, Trabzon H42 ve H43 paftaları içerisinde bulunmaktadır. Çalışma kapsamında Gümüşhane yöresinde Kurtoğlu Metamorfikleri olarak tanımlanan, 1-3 km genişliğe ve yaklaşık 28 km uzunluğa sahip olan metamorfiklerin içerisindeki meta-granitler seçilmiştir. Çalışma alanı, il merkezine yaklaşık 20 km uzaklıktaki Pirahmet-Kırıklı mevkiinden başlamakta olup, Kırıklı, Yeniköy, Üçkol, Kurtoğlu ve Çevrepinar boyunca uzanan bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1).

1.2.2. Topoğrafya

Çalışılan alanlar topoğrafik olarak engebeli bir yapıya sahiptir. Örnek alım noktaları zaman zaman vadi içlerinden kimi zaman da dağ yamaçlarından seçilmiştir. Pilot alanlardaki en önemli yerleşim yerleri Kırıklı Köyü, Kurtoğlu Köyü ve Çevrepinar Köyü'dür.

1.2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Gümüşhane İli iklimsel olarak, ılıman ve karasal iklim kuşağı arasında geçiş teşkil etmektedir. İlde yazlar sıcak ve kurak, kimi zaman serin ve hafif yağışlı, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. Yörede açık ve güneşli geçen gün sayısı 79 gün, kapalı geçen gün sayısı ise ortalama 68 'dir. Kış ve bahar aylarında bol yağış alır. Yağışlar genellikle kışın kar, baharda ise yağmur şeklinde düşmektedir.

1.2.5. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanına ulaşım Gümüşhane-Kelkit ve Kelkit-Şiran Devlet yolu ile bu yollara bağlı çok sayıda stabilize ve patika yollarla sağlanmaktadır. Kurtoğlu Köyü'nü çevreleyen tepelerden ve Elmaçukuru Köy merkezinin dışındaki tepelerden örnek alımı yapabilmek için, gerekli mesafeler yaya olarak katedilmiştir.

1.3. Bölgesel Jeoloji

Doğu Pontidler'in Jura öncesi temel kayaları, Erken Karbonifer yaşlı metamorfitle (Pulur-Kurtoğlu-Yusufeli Metamorfitle), bunları keserek yerleşen Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitoidler (Köse-Gümüşhane ve Artvin granitoid kompleksleri) ve Permo-Karbonifer yaşlı tortul kayaçlar olmak üzere üç gruba ayrılabilir. En yaşlı kayaçlar olarak değerlendirilen orta-yüksek dereceli bölgesel metamorfitle, farklı araştırmacılar tarafından Pulur Metamorfitle (Ketin, 1951), Pulur Masifi (Korkmaz ve Baki, 1984; Keskin, 1987), Kopuzsuyu Deresi Metamorfitle (Özer, 1984), Kurtoğlu Metamorfitle (Topuz vd., 2007) gibi adlar altında incelenmişlerdir. Topuz vd. (2004) radyometrik yaşlandırma yöntemlerini (U-Pb, Ar-Ar ve Rb-Sr) kullanarak Pulur Metamorfitle'ni biri 260 m.y., diğeri ise 330 milyon yıl yaşlı iki ayrı tektono-metamorfik birime ayırmıştır (Topuz vd., 2004 a,b, 2007). Dokuz vd. (2011, 2015) ise, ağırlıklı olarak meta-bazit, sleyt, kalkışist ve daha az olarak da peridotit (lerzolit ve harzburgit) blokları ile temsil edilen düşük dereceli metamorfitle Erken Karbonifer başında kapanan Reyik Okyanusu'nun kalıntıları olarak yorumlamışlardır. Yüksek dereceli metamorfitle genellikle kuvars-feldspatik şist, gnays ve migmatitlerden oluşmaktadırlar. Gümüşhane İli sınırları içerisindeki Kurtoğlu Metamorfitle de litolojik olarak çoğunlukla kuvars-feldspatik şist, gnays ve meta-granit gibi Pulur Masifi'nin yüksek derecelileri ile denestirilebilir bir litolojik içeriğe sahiptir. Ancak, Pulur Masifi metamorfitle yüksek dereceli (granülit fasiyesi) bir metamorfizma geçirirken, Kurtoğlu Metamorfitle düşük-orta (yeşil şist-amfibolit fasiyesi) dereceli bir metamorfizma geçirmişlerdir (Topuz vd., 2004, 2007). Bunların düşük dereceli metamorfizma geçirmeleri ilksel (magmatik) özelliklerinin korunmasını sağlamıştır.

Temeli oluşturan bu metamorfitle, başlıca granodiyorit, kuvarslı mikrodiorit, granit ve porfirlerden oluşan Gümüşhane Graniti, Gümüşhane Plütunu veya Gümüşhane Batoliti (Yılmaz, 1972, 1973; Çoğulu, 1975; Topuz vd. 2010) ve Köse Kompozit Plütunu (Dokuz, 2011) gibi değişik adlar altında incelenen Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitoyitik

sokulumlar tarafından kesilmiştir. Bir takım fosil bulgularına dayanılarak Permo-Karbonifer yaşı verilen tortul kayalar ise metamorfiklerin üzerine uyumsuz olarak oturur (Akdeniz, 1988; Okay ve Leven, 1996; Kandemir ve Lerosey-Aubril, 2011). Tabanda sığ denizel karbonat düzeyleri de içeren bu tortul kayalar yukarı doğru aniden kaba kırıntılı kayalara geçiş gösterdikten sonra transgresif bir karakter sunarlar.

1.4. Önceki Çalışmalar

Ketin (1951), MTA adına Aşkale-Bayburt ve Gümüşhane bölgesinin jeolojisini çalışarak, bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Çalışmalarda Liyas yaşlı kayaların volkano-tortul karakterde olduğunu, Paleozoyik yaşlı metamorfik temel üzerine transgresif olarak geldiğini belirtmiştir. Volkano-tortul istifin kalınlığının 2000 metre olduğu ve birime içerdiği Ammonit'lerden dolayı Sinemuriyen-Torsiyen yaşı verildiği belirtilmektedir.

Erguvanlı (1951), Trabzon-Gümüşhane arasındaki alanın jeolojisini incelemiş ve Üst Kretase yaşlı volkano-tortul istif içerisinde kireçtaşı merceklerinin bulunduğunu belirtmiştir.

Baykal (1952), Kelkit-Şiran yörelerindeki çalışmalarda, 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak yöre jeolojisinin genel özelliklerini ortaya koymuştur. Paleozoyik dönemin granitle karmaşık metamorfik seri ile temsil edildiği ve bu serinin daha sonra andezit ve ofiyolitik kayalarla kesildiğini belirterek, granitlerin orojenez ile yükseldiğini ileri sürmüştür.

Çoğulu (1970), Gümüşhane-Rize bölgelerinde geniş alanlara yayılım gösteren Gümüşhane Plütunu'nun yaşını Geç Paleozoyik olarak belirlemiştir. Çoğulu, petrografik olarak plütону granodiyorit, kuvars monzonit ve granit olmak üzere üç fasiyese ayırmıştır.

Yılmaz (1973), Gümüşhane graniti ve çevre kayalarını konu alan çalışmasında Gümüşhane Graniti'nin Kurtoğlu Metamorfik Kompleksini keserek yerleştiğini belirtmiştir. Ayrıca Gümüşhane Graniti'ni petrografik olarak 4 fasiyese ayırmıştır. Bunlar; granodiyorit, Gümüşhane Adamelliti, Çamlıca Adamelliti ve porfirik mikrogiranittir.

Yılmaz (1974), Gümüşhane Granitoyidi'nin yerleşimi ve bileşimi ile ilgili çalışma yapmıştır. Gümüşhane Granitoyidi'nin petrografik incelemesini yaparak birimi; Granodiyorit, Çamlıca Adamelliti, Gümüşhane Adamelliti ve Porfiritik Mikrogranit olmak

üzere dört fasiyese ayırmıştır. Bu fasiyeslerin, kimyasal analizler sonucunda aynı kökenli granitik bir magmadan oluştuğunu tespit etmiştir.

Ağar (1977), “Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi” konulu çalışmasında 450 km²’lik bir alanın 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını yaparak Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı magmatik, tortul ve metamorfik kayaçları ayırt etmiştir.

Eren (1983), “Gümüşhane-Kale arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi” adlı çalışmasında, Doğu Pontid Güney Zonunda yer alan Liyas yaşlı birimler için ilk kez Zimonköy Formasyonu adını kullanmıştır. Paleozoyik yaşlı Gümüşhane granitoyidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile Liyas yaşlı volkano-tortul Zimonköy formasyonu gelmekte, Zimonköy Formasyonu Dogger-Malm yaşlı dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonunca üstlenmektedir. Çalışmada, Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu arasında ve Kermutdere Formasyonu ile Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu arasında açısal uyumsuzluk olduğu tespit edilmiştir. Eosen’de, bölgede yoğun bir volkanik etkinliğin görüldüğünü ve bu evrede denizin yüksek enerjili, sık ortam karakterinde olduğunu belirtmektedir.

Yılmaz (2002), “Gümüşhane-Bayburt yöresindeki Mesozoyik havzalarının tektonosedimentolojik kayıtları ve kontrol etkenleri” adlı çalışmalarında aktif tektonik hareketlerin kontrolünde gelişen Liyas çökellerinin birikiminden sonra Erken Dogger’den itibaren, Gümüşhane yöresinde Albiyen sonu, Bayburt yöresinde ise Malm sonuna kadar süren dönemde sakin tektonik koşulların kontrolünde karbonat platformu oluştuğunu belirtmiştir.

Kandemir (2004), Gümüşhane ve yakın çevresinde Gümüşhane Graniti üzerinde uyumsuzlukla yer alan üstten ise Berdiga Formasyonu tarafından uyumlu üstlenen birimleri Şenköy Formasyonu olarak adlandırmıştır. Bu çalışmada elde edilen paleontolojik-palinolojik ve fasiyes bulgularına dayandırılarak yaşı Hettangiyen Bathoniyen olarak sınırlandırılmıştır.

Topuz vd. (2004 a,b), doğu Pontidler’in temel kayaçlarını içinde bulunduran Pulur Masifi üzerine yaptığı çalışmalarda, masifin iki düşük ve yüksek dereceli farklı tektonometamorfik birimden oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Bu birimlerden düşük dereceli Doğankavak biriminin başlıca metabazitler, fillitler, kalkerli fillitler, mermerler ve metaçörtlerden oluşmakta olup, metamorfizma yaşının 260 milyon yıl olduğunu belirlemişlerdir. Yüksek dereceli Canci biriminin ise mezokratik gnayslar ve alümina

melanokratik kayalardan oluştuğunu ve metamorfizma yaşının 320-330 milyon yıl arasında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Eyüboğlu vd.(2006), Tokat ve Pulur masifleri içerisinde sokulum yapmış flogopit ve hornblend gibi sulu mineraller içeren mafik-ultramafik kümülatların petrolojisi, jeotektonik ortamı ve yerleşim zamanlarını ortaya koymayı amaçlayan çalışmasında, kayalaların yüksek çekim alanlı elementler ve ağır nadir toprak elementler bakımından tüketilmiş olduklarını ve negatif Nb, Ti ve P anomalileri gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu jeokimyasal özelliklere dayanarak mafik-ultramafik kümülatların yitimle ilişkili bir bazik ana magmadan türeyen mafik ve ultramafitler olduklarını ileri sürmüştür.

Topuz vd. (2007), Karbonifer yaşlı Kurtoğlu Metamorfitlerini (Gümüşhane) kon alan çalışmalarında mavişist fasiyesi metamorfizmanın yaşını LA-ICP-MS U-Pb zirkon yöntemiyle $324\pm$ milyon, fillitlerden seçilen en genö kırıntılı zirkonun yaşını ise 560 milyon yıl olarak elde etmişlerdir. ^{40}Ar - ^{39}Ar yöntemi ile de yaklaşık 323 milyon yaşını elde etmiştir. U-Pb zirkon yaşlarının getirdiği sınırlamalar, 370-390 milyon yıl arasında ve mavişistlerin Orta Devoniyendeki bir okyanusal yitimin ürünü olduğunu vurgulamışlardır.

Topuz vd. (2010), Doğu pontidlerde Gümüşhane Granitoidindeki zirkon mineralleri üzerinde yaptıkları U-Pb yaşlandırma çalışmalarında, kütlenin merkez kesimlerinden aldıkları örneklerde bu pluton için Orta Karbonifer (324 ± 6 ile 320 ± 4 milyon) yaşını elde etmişlerdir.

Dokuz (2011), Sakarya Zonunun doğusunda bulunan Köse Granitoidinin merkez ve kenar kısımlarından alınan örneklerdeki K-feldispat biyotit ve hornblend mineralleri üzerinde yapılan ^{40}Ar - ^{39}Ar yaşlandırmasıyla plütonun yaş aralığını $322,2\pm 4,3 - 306,7\pm 4,1$ milyon (Geç Karbonifer) olarak elde etmiştir. Ayrıca granitoidin çarpışma sonrası ortamlarda oluşan granitoidlere benzer jeokimyasal ve izotopik karakterler taşıdığını belirtmiş ve oluşum süreçlerini dilim kopması (slab breakoff) ve onu takip eden delaminasyon mekanizmaları ile açıklamaya çalışmıştır.

Kaygusuz vd. (2012, 2016), yapmış olduğu çalışmalarla, Variskan temel içerisinde yer alan Karbonifer yaşlı granitic kayalaların Sakarya Zonunun eksen ve kuzey kesimlerinde de var olduklarını ortaya koymuşlardır. Bu kapsamda U-Pb zirkon yöntemi ile eksen kesiminde yer alan Derinoba ve Kayadibi granitoidlerinden sırası ile 317 ve 303 milyon yıl, daha kuzeydeki Özdil Plütonundan 340 ve 323 milyon yıl, Soğuksu Plütonundan 348 milyon yıl, Seslikaya Plütonundan 335 milyon yıl, Kızılağaç Plütonundan 337 milyon yıl ve şahmelik Plütonundan ise 334 milyon yıl yaş almışlardır. Jeodinamik

olarak Variskan temelde yer alan bütün plütonları okyanusal dilim kopması (slab breakoff) ve delaminasyon sistemleri ile ilişkilendirmişlerdir.

Tunçdemir (2012), yapmış olduğu yüksek lisans tezinde Permo-Karbonifer olarak da bilinen Sakarya Zonunun doğusundaki (Bayburt-Demirözü Yöresi) Paleozoyik yaşlı tortul kayaçları stratigrafik, sedimantolojik ve jeokimyasal açıdan değerlendirerek kumtaşlarının modal ve mineralojik bileşimi, kaynak alanı ve tektonik ortamı hakkında bilgi sağlamaya çalışmıştır. Elde ettiği verilerle Variskan Orojenezi'nin son evrelerine doğru bölgede kısa ömürlü bir havzanın açılıp kapandığını belirtmiştir.

Dokuz vd. (2011, 2015), Beyçam (Gümüşhane) ve Pulur (Bayburt) yörelerinde Variskan metamorfizmaları içerisinde tektonik dilimleri halinde bulunan peridotitleri mineral kimyası, platinyum grubu elementler ve Re-Os izotopları açısından çalışmışlardır. Bu çalışma sonucunda Pulur yöresindeki lerzolitlerin abisal karakterli, Pulur yöresindeki harzburgitlerin ise yay önü karakterli olduklarını ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak lerzolitlerin Reyik Okyanusu'nun açılması (Geç Karbonifer-Erken Silüriyen) sırasında oluştuklarını ve Erken Karbonifer'de okyanusun tamamen kapanması ile birlikte kıta üzerinde itildikleri ve diğer kayaçlarla birlikte Erken Karbonifer'de metamorfizmaya uğradıklarını öne sürmüşlerdir.

Dokuz vd. (2017), "Late Jurassic Magmatism and stratigraphy in the Eastern Sakarya Zone, Turkey: Paleotethyan Oceanic Lithosphere" adlı çalışmalarında, Geç Jura volkaniklerinin kalkalkalin özellikli bazaltik lavlardan oluştuklarını ve Nb-Ta değerleri ile Nb/U, Nb/La ve Ce/Pb oranlarının ada yayı bazaltlarından daha yüksek olduklarını tespit etmişlerdir. Söz konusu kayaçların düşük $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve pozitif $\epsilon_{\text{Nd}(0)}$ değerine sahip olduklarını ve birincil Pb izotop oranlarının ise okyanus ortası sırtı bazaltları ile sırt ve okyanus adası bazaltlarının arasında yer aldığını vurgulamışlardır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu tez çalışması kapsamında, Kırıklı Köyü-Çevrepınar arasında yüzeylenen Erken Karbonifer yaşlı Kurtoğlu meta-graniti litolojik, petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özellikleri incelenmiştir.

Yapılan bu çalışma, literatür taraması, arazi çalışması, laboratuvar ve büro çalışması olmak üzere dört ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.2. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanının mevcut 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları kullanılarak, Erken Karbonifer yaşlı Kurtoğlu meta-granitinin sınırları belirlenmiştir. Ardından başlangıç noktası olarak Kırıklı Köyü girişi seçilerek yüzeylenen alanlardaki meta-granitlerden 60, para-metamorfitletlerden ise 20 civarında kayaç örneğinin alınmıştır.

2.3. Laboratuvar Çalışması ve Analitik Yöntemler

2.3.1. İnce Kesit Hazırlanması

Çalışma alanından toplanan 80 adet örneğin, fillat örnekleri hariç, mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi için ince kesitleri hazırlanmıştır. Metagranit ve metasedimentlere ait taze örneklerin bazıları iki eşit parçaya bölünmüş ve bunlardan biri şahit örnek olarak saklanmıştır. Kayaç örneklerinden alınan 0.5x2x4 cm boyutundaki plakacıkların yüzey pürüzlülükleri giderildikten sonra 1 mm kalınlıkta 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu yardımıyla yapıştırılmıştır. Bu kayaç örnekleri, aşındırıcılar kullanılarak 0.025 mm kalınlığa kadar inceltilmiş ve petrografik tayinler için hazır hale getirilmiştir. İnce kesit örnekleri Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İnce Kesit Laboratuvar'ında yapılmış ve mikroskobik incelemeler için hazır hale getirilmiştir.

2.3.2. Mikroskopik İncelemeler

Yaklaşık 60 adet ince kesit, Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Araştırma Laboratuvarı'ndaki LEICA marka DM 750p model polarizan mikroskobu kullanılarak incelenmiş ve her bir ince kesitin petrografik ve mineralojik özellikleri detaylı bir şekilde belirlenmiştir. Metagranit ve metasedimentlerde gözlenen önemli dokusal ve mineralojik özellikler ile yaygın mineral türlerinin, LEICA marka MC 170 HD kamera ile alınan görüntüleri alınmıştır.

2.3.3. Tüm Kayaç Jeokimya Analizleri

Petrografik incelemeler sonucunda taze olduğu saptanmış metamorfitlerden birimi temsil eden 28 det örnek seçilmiş ve tüm kayaç jeokimyası analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerin seçimi sırasında ikincil mineraller (karbonat/klorit dolgu gibi) içermeyen ve çok az ayrılmış örneklerin seçimine dikkat edilmiştir.

Bu örneklerin nitelik ve niceliksel olarak belirlenmesinde; Variskan temele ait birimlerin litolojik özellikleri, bunların arazideki yayılımı, içerdikleri mineral tür ve oranları ile dokusal özellikleri dikkate alınmıştır. Bunlara ek olarak, tüm kayaç jeokimya analiz sonuçlarının güvenilirliği ve magmatik süreçleri doğru değerlendirebilmek açısından, örneklerin taze olmasına ve aletsel kontaminasyona maruz kalmamalarına önemle dikkat edilmiştir. Bunun için örnekler Gümüşhane Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda Retsch RM 200 marka tungsten karbür öğütücü yardımıyla öğütülmüş ve toz haline getirilmiştir. Öğütme süresi her bir örnek için 1.5 dakika sürmüştür. Son olarak, öğütülen örnekler şeffaf küçük naylon poşetlere konularak numaralandırılmış, jeokimyasal ve izotopik analiz için gönderilmeye hazır hale getirilmiştir. Jeokimyasal analiz için 20 gr, izotopik analiz için 5gr örnek poşetlenmiştir.

Tüm kayaç elementsel analizler ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Vancouver, Kanada) ICP-ES (İndüktif Emisyon Spektrometresi) ve ICP-MS (Kütle Spektrometresi) aletleri kullanılarak yapılmıştır. Deteksiyon limitleri % 0.001-0.04 arasında olan ICP-ES ile ana ve minör elementler, deteksiyon limitleri 0.01-0.5ppm arasında olan ICP-MS ile iz ve nadir toprak element ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Öğütülmüş örnekler analiz edilmeden önce Lityum Borat Füzyon (LiBO_2) ile ergitilmiş ve daha sonra seyreltilmiş Nitrik asid ile çözündürülmüştür. Analiz için kullanılan referans materyaller, STD DS10, STD GS311-1, STD GS910-4, STD OREAS45EA ve STD SO-18'dir. Bunun dışında,

öğütülmüş kayaç örneklerinin ateşteki uçucu kaybını (A.K.) belirlemek için, söz konusu laboratuvarda öncelikle bu örnekler etüvde 105⁰C’de, 24 saat bekletilmiştir. Örnekler plâtin kaba konmadan önce kabın ağırlığı ölçülmüş ve sonra her bir örnekten yaklaşık 1 gr plâtin kaplara eklenerek tekrar tartılmıştır. Daha sonra bu plâtin kaplar sıcaklığı yaklaşık 2-2.5 saatte 1000⁰C’ye ulaşan fırında 60 dakika bekletilmiştir. Tamamen ergimiş hale gelen örnekler dışarı alınarak 10-15 dakika soğutulmuş ve hemen peşinde tartılmıştır. Sonunda, ısıtılmadan önceki örnek ağırlığı ile soğuduktan sonraki örnek ağırlığı arasındaki fark belirlenerek, ateşteki uçucu kaybı ölçülmüştür.

2.3.4. Örneklerin Jeokronolojik Analiz İçin Hazırlanması

Çalışmanın amacına uygun olarak yapılacak yaşlandırma çalışmalarını iki grupta toplamak mümkündür. Bunlar: (i) kaynak alan kaya yaşlandırması, (ii) kristalizasyon yaşlandırması. Kaynak alan kayaçlarının yaşlandırılması için kullanılan yöntemlerin başında U-Pb SHRIMP yöntemi ile yapılan yaşlandırma tekniği gelmektedir. Metasedimentler ve kırıntılı kayaçlardaki kırıntı/kalıntı zirkonlarda gerçekleştirilen bu yaşlandırma yöntemi ile kaynak alanda yer alan ve havzaya malzeme veren magmatik kayaçların kristalizasyon yaşları tespit edilmektedir. Kristalizasyon yaşlarının elde edilmesi için Ar-Ar yaşlandırma yöntemi ile U-Pb magmatik/metamorfik zirkon yaşlandırma yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında kristalizasyon yaşlarının tespiti içinde zirkon U-Pb SHRIMP metodunun uygulanması tercih edilmiştir. U-Pb zirkon yaşlandırması için örneklerin Zr içeriklerinin >50 ppm olması gerekmektedir. Bu durum dikkate alınarak ağırlığı 2-4 kg arasında değişen bir kısım metagranit ve metasediment örneği Güney Kore’deki Kore Temel Bilimler Enstitüsü’ne gönderilmiş ve sonuçları alınmıştır.

2.4. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar araştırmalarında elde edilen veriler büro çalışmaları esnasında değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında kullanılan harita, ölçülen stratigrafik kesitler ve çeşitli şekillerin çiziminde çizim programı kullanılmıştır. Jeokimyasal analiz verilerini çeşitli paket programı kullanılmak suretiyle tablo ve grafikler halinde düzenlenmiş ve yorumlanarak teze ilişkin bulgular ortaya konuşmuştur. Sonuçta ortaya konan bu bulgular aracılığıyla tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

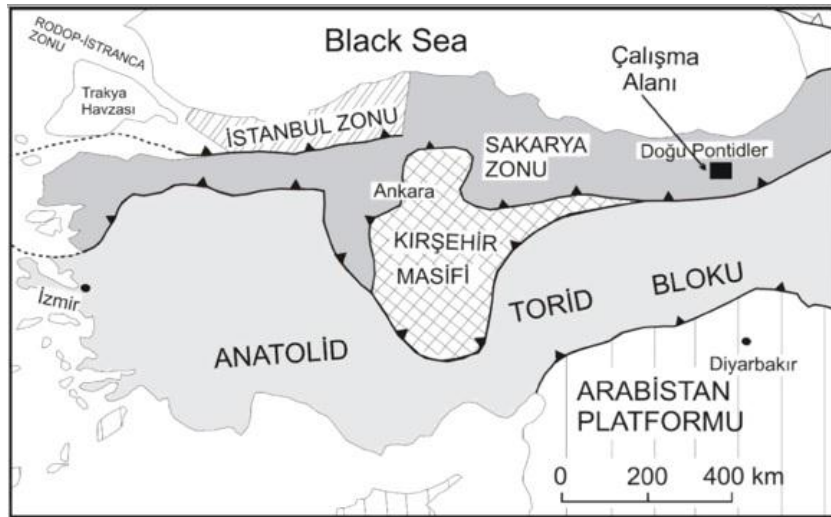
3. BULGULAR

3.1. Giriş

Variskan metamorfizmasının düşük-orta derecelerde gerçekleştiği Kurtoğlu Metamorfitleri'nde, meta-granit ile diğer litolojiler arasındaki intrüzif dokanak birçok alanda belirgin olarak gözlenebilmektedir. Yönlü yapının çok az gelişmiş olması eş kimyasal bir başkalaşıma, diğer bir ifade ile kütle içindeki element hareketliliğinin çok sınırlı olduğuna işaret etmektedir. Bu durum meta-granit kütlelerinin magmatik gelişimi ile ilgili bilgileri halen muhafaza ettiği anlamına gelmektedir.

3.2. Stratigrafi ve Petrografi

Sakarya Zonu'nun Variskan temeline ait kristalen kayaları metamorfitler ve bunları keserek yerleşen granitoid kompleksleri olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Topuz vd., 2004, 2007; Dokuz, 2011, Dokuz vd., 2011). Tez kapsamında metamorfik gruba ait kütlelerden biri olan, yaklaşık 1-3 km genişliğe ve 30 km uzunluğa sahip Kurtoğlu Metamorfitleri içerisindeki metagranitler ele alınmıştır.



Şekil 3.1. Çalışılan kütlelerin Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden Sakarya Zonu içindeki konumunu gösterir tektonik birlik haritası (Okay ve Tüysüz 1999'dan değiştirilerek alınmıştır).

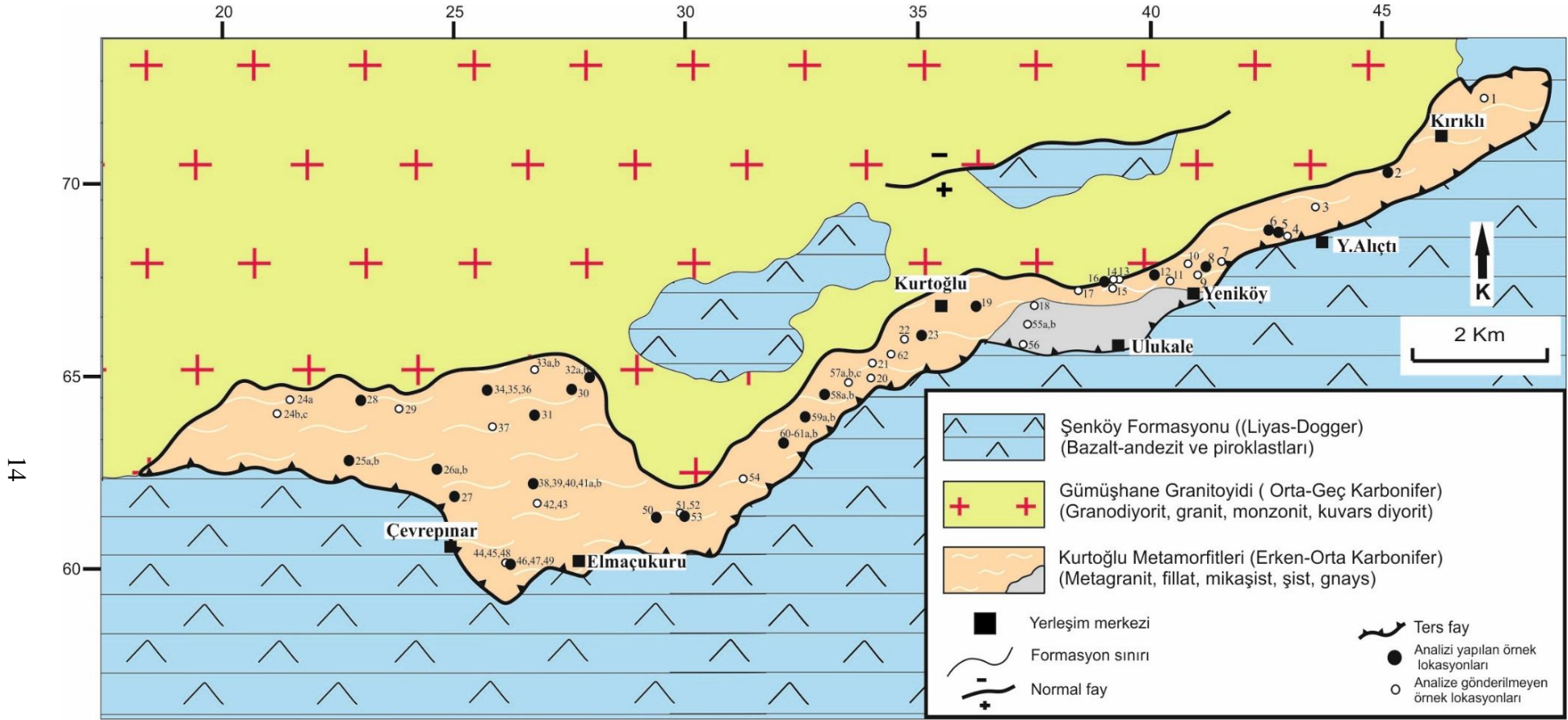
Çalışma alanı Sakarya Zonu olarak adlandırılan tektonik birliğin en doğusunda Gümüşhane ili sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1).. İnceleme alanında yer alan birimler stratigrafik dizilimleri ve kolon kesiti aşağıdaki gibidir (Şekil 3.2).

3. Şenköy Formasyonu (Erken Jura)
2. Gümüşhane Graniti (Orta-Geç Karbonifer)
1. Kurtoğlu Metamorfikleri (Erken Karbonifer)

Çalışmanın konusunu oluşturan Kurtoğlu Metamorfikleri detaylı olarak ele alınırken diğer birimler ise kısaca değinilecektir.

| Üst Sistem | Sistem | Seri | Formasyon | Litoloji | Açıklamalar |
|------------|------------|--------------|-------------------------|----------|--|
| Mesozoyik | Jura | Liyas-Dogger | Şenköy | | Andezit-bazalt ve piroklastları |
| Paleozoyik | Karbonifer | Geç | Gümüşhane Granitoidi | | Granit, granodiyorit, monzonit, kuvarslı diyorit |
| | | Orta | Kurtoğlu Metamorfikleri | | Metagranit (Muskovit metagranit, biyotit metagranit) |
| | | Erken | | | Fillat Mikaşist Şist Gnays |

Şekil 3.2. Çalışma alanında bulunan kayalara ait dikme kesit



Şekil 3.3. Çalışma alanı ve civarının jeoloji haritası

3.2.1. Kurtoğlu Metamorfitleri

3.2.1.1. Ad, Yayılım ve Topoğrafik Görünüm

Kurtoğlu Metamorfitleri adını, H42 ve H43 paftalarının sınırları içinde yer alan ve lokasyon olarak kuzeydoğu-güneybatı uzantılı olan bu metamorfik birimin ortasında yer alan Kurtoğlu Köyünden almaktadır. Kuzeydoğuda Kırıklı Köyünden başlayarak Çevrepınar Köyüne doğru güneybatıya doğru uzanan bir hat boyunca yayılım göstermektedir. Arazide daha çok açık renkli, sarımsı ve gri renklerde, içerisinde bulunan mikalar parlak bir özellik göstermesiyle diğer birimlerden ayrılır. Mikaların boyutları yer yer iri taneli ve bol yapraklanma şeklindedir. Gümüşhane Plütununun güney sınırı boyunca yaklaşık 26 km uzunluğunda ve 5 km genişliğinde bir alanda yayılım göstermektedir. Bu pluton yaklaşık 295 milyon yaşında ve ortalama 400 km²'lik bir alan kaplamakta ve granit, granodiyorit, kuvarslı monzodiyoritten oluşmakta ve metamorfitler ile dokanak oluşturmaktadır. Yerel olarak hem Kurtoğlu Metamorfiti hem de Gümüşhane plütunu, bazaltik konglomeralar da içeren Liyas yaşlı volkano-sedimanter Şenköy Formasyonu tarafından geçişli olarak örtüldüğü görülmektedir (Topuz vd., 2007).

Kurtoğlu Metamorfitleri iki farklı tektonik birimden oluşur. Bunların ilki tabanda fillitler, serpantinitle, ofikarbonatlar ve mavişistler bulunan metamorfik birimdir. İkincisi ise metalökogranitik daykaları içeren bir dizi mikaşistlerden oluşmaktadır. Her iki birimde de metamorfizma öncesini işaret eden yapraklanmalara sahiptir. Bu metamorfik kompleksin güneybatı kesiminde mikaşistlerin, kuzeyinde iri taneli biyotitli migmatit ile ince taneli gnayslar yer almaktadır (Topuz vd., 2007).

3.2.1.2. Dokanaklar

Karbonifer yaşlı Variskan metamorfizmasının Gümüşhane yöresinde düşük-orta dereceli olarak gerçekleşmiş olması, özellikle magmatik kütlelerin stratigrafik ilişkilerinin ve ilksel dokusal özelliklerinin muhafaza edilmesine imkan sağlamıştır (Şekil 3.4). Bu kütlelerin metasedimentler (para-metamorfitler) ile olan intrüzif dokanakları arazide belirgin olarak görülebilmektedir (Şekil 3.5). Bu stratigrafik ilişki metagranitleri oluşturan magmanın metamorfizmadan çok önce tortul kayalar içerisinde yerleşmiş olabileceğine işaret edebileceği gibi, metamorfizma sırasında da yerleşmiş olabileceğine de işaret edebilir.



Şekil 3.4. Meta-granitlere ait litolojinin yol şevinden görüntüsü (Kurtoğlu Köyü)



Şekil 3.5. Meta-granitlerin diğer metamorfitlerle olan intruzif dokanağının stabilize yol şevlerindeki görünümü

3.2.1.3. Litoloji

Meta-granitler Kurtoğlu Metamorfitleri içindeki en yaygın litolojiyi oluşturmaktadır. Şist ve fillatlardan oluşan metasedimentler daha az oranlarda bulunmaktadır. Metabazitler ise çok az oranlarda bulunmaktadır (Topuz et al., 2004; Dokuz vd., 2011).

Tablo 3.1. Kurtoğlu Metamorfikleri içerisindeki metagranitlerin mineral bollukları

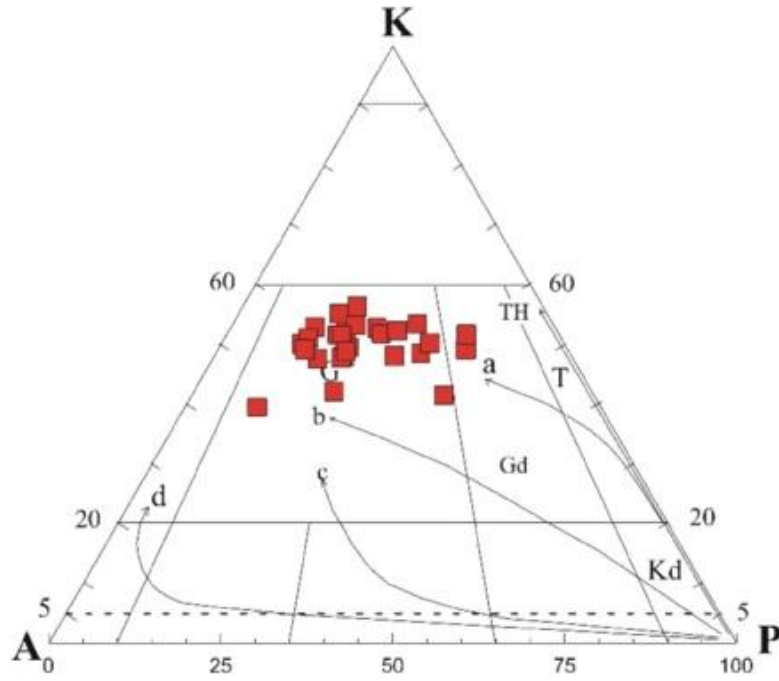
| Örnek No | Q (%) | P (%) | A.F (%) | Mu (%) | Bi (%) | Op (%) | Gr (%) | TOPLAM (nokta sayısı) |
|----------|-------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|
| KU2 | 34.0 | 46.0 | 14 | 6 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU5 | 29.4 | 43.4 | 11.4 | 15.8 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU6 | 19.6 | 40.2 | 36 | 4.2 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU8 | 23.4 | 46.4 | 17.2 | 12 | 0 | 1 | 0 | 500 |
| KU12 | 16.6 | 50.4 | 29.8 | 2.6 | 0 | 0 | 0.6 | 500 |
| KU16 | 16.0 | 50.8 | 31.8 | 0.2 | 1.2 | 0 | 0 | 500 |
| KU19 | 20.2 | 49.8 | 24.6 | 5.4 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU23 | 20.2 | 46.4 | 23.2 | 8 | 0 | 0 | 2.2 | 500 |
| KU25a | 19.0 | 47.6 | 33 | 0.4 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU26a | 13.8 | 51.5 | 28.2 | 6.5 | 0 | 0 | 0 | 550 |
| KU27 | 23.8 | 50.6 | 22.6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU28 | 11.4 | 47.8 | 36.6 | 4.2 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU30 | 16.8 | 49.4 | 26.8 | 7 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU31 | 25.6 | 41.6 | 18.6 | 14.2 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU32 | 13.8 | 42.8 | 33.4 | 0.4 | 9.6 | 0 | 0 | 500 |
| KU34 | 16.0 | 41.8 | 26.8 | 0 | 15.4 | 0 | 0 | 500 |
| KU35 | 15.6 | 39.8 | 28 | 0.6 | 16 | 0 | 0 | 500 |
| KU41 | 10.0 | 37.0 | 47 | 0.2 | 5.4 | 0 | 0.4 | 500 |
| KU43 | 12.6 | 42.4 | 20.4 | 24.6 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU46 | 15.6 | 47.4 | 29.2 | 6.8 | 1 | 0 | 0 | 500 |
| KU47 | 16.0 | 41.4 | 27.6 | 13 | 2 | 0 | 0 | 500 |
| KU49 | 24.8 | 45.4 | 24.4 | 5 | 0.4 | 0 | 0 | 500 |
| KU50 | 11.2 | 47.8 | 31.6 | 9.4 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU53 | 10.8 | 45.0 | 32.4 | 11.8 | 0 | 0 | 0 | 500 |
| KU58b | 32.0 | 36.0 | 19 | 12.8 | 0 | 0.2 | 0 | 500 |
| KU59a | 28.0 | 46.2 | 18 | 6.6 | 0 | 1.2 | 0 | 500 |
| KU61a | 11.4 | 44.0 | 34.4 | 6.6 | 0 | 3.6 | 0 | 500 |

Q: kuvars, P: plajiyoklas, A.F.: alkali feldspat, Pl: plajiyoklas, Mu: muskovit, Bi: biyotit, Op: opak mineral, Gr: granat

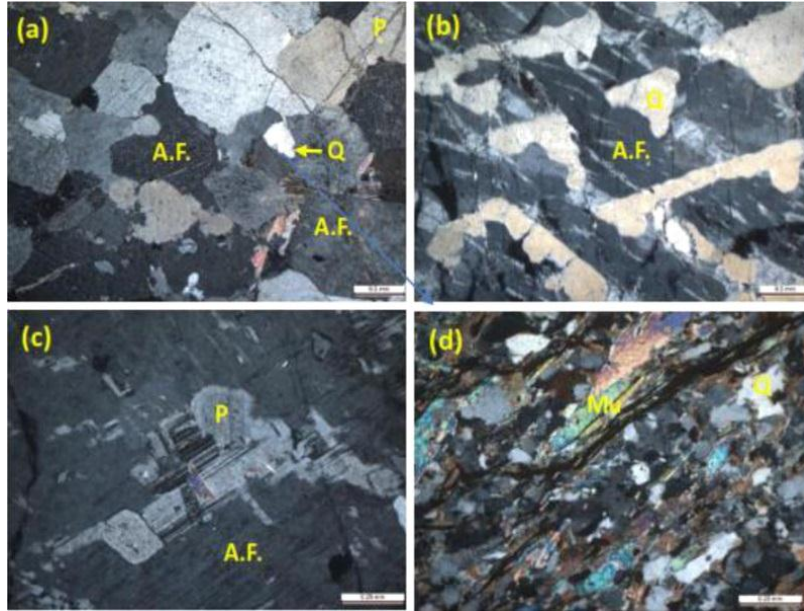
Kırıklı'dan başlayarak Tersun Dağı istikametinde güneybatıya doğru yaklaşık 30 km boyunca devam eden düşük-orta dereceli Kurtoğlu metamorfikleri başlıca meta-granit, şist, fillat, kalkışist ve çok az miktarlarda da metabazitlerden oluşmaktadır. Birimden alına toplam 61 adet örneğin büyük çoğunluğu meta-granitlere aittir. Kalkışist ve metabazitler çalışma konusu dışında kaldıkları için örneklenmemişlerdir. Alınan az sayıdaki fillat örnekleri kolayca dağıldıklarından ince kesitleri yapılamamıştır. Mikroskobik olarak incelenen meta-granit örneklerinin 28 kadarı (tüm-kaya analizleri yaptırılanlar), mineral bolluklarını belirlemek amacıyla modal olarak da analiz edilmişlerdir (Tablo 3.1). Modal analiz sonucu elde edilen veriler Streckeisen (1976)'nın Kuvars-Alkali Feldspat-Plajiyoklas (Q-A-P) sınıflama diyagramına aktarılmışlardır. Görüldüğü üzere granodiyorit

alanına düşen iki örnek hariç, tamamının granit alanında toplandıkları görülmektedir (Şekil 3.6).

Kuvars, alkali feldspat ve plajiyoklas metagranitleri oluşturan ana minerallerdir. Bunlara muskovit ve biyotit eşlik etmektedir. Granat, biyotitli örneklerin bazılarında bulunmaktadır. Zirkon, apatit ve Fe-Ti oksitler tali miktarlardadır. Serizit, kil mineralleri ve klorit ise ikincil (ayrışma) mineraller olarak bütün örneklerde gözlenmektedir. Ana mineral bileşenlerin iri, yer yer çok iri taneli olması ve mika minerallerinin az oranlarda bulunması meta-granitlerde çok zayıf ve düzensiz bir foliasyon yapısının oluşmasına yol açmıştır. Kayaçlarda granoblastik doku hakimdir (Şekil 3.7a). Mika minerallerinin (özellikle muskovit) artışına bağlı olarak yer yer grano-lepidoblastik dokuya geçişlerde görülebilmektedir. Özel mineral dokuları olarak kalıntı yazı dokusu çok yaygındır (Şekil 3.7b). Bazı örneklerde makroskobik olarak da gözlenebilen yazı dokusu çoğunlukla kuvars ve alkali feldspat arasında, yer yerde kuvars ve plajiyoklas arasında gelişmiştir. Bunun yanı sıra iri alkali feldspatın daha erken kristallenen fazlardan özellikle plajiyoklas ve az olarak da muskovit ve biyotiti içermesi sonucu oluşan kalıntı monzonitik doku da yaygındır (Şekil 3.7c). Şistlerin ana minerallerini kuvars, alkali feldspat, plajiyoklas, muskovit ve biyotit mineralleri oluşturmaktadır. Lepidgranoblastik doku tipiktir (Şekil 3.7d). Mikaların yoğunlaştığı kısımlarda lepidoblastik dokuya geçiş gösterirler. Topuz vd. (2007) yapmış oldukları çalışmada şistlerde bu minerallere ek olarak tali miktarlarda sillimanit, andaluzit, kordiyerit ve granat gibi minerallerin varlığından da bahsetmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında alınan az sayıdaki örnekte bu minerallere rastlanmamıştır.



Şekil 3.6. Kurtoglu metaomorfiteeri içerisindeki metagranitlere ait modal kuvars-alkali feldspat-plajitoklas (Q-A-P) diyagramı (Streckeisen, 1976).



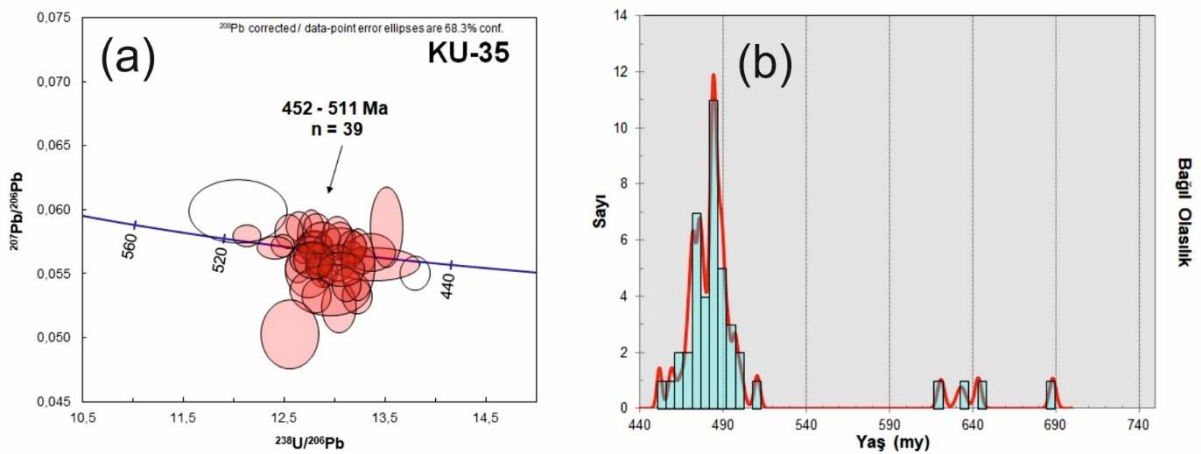
Şekil 3.7. a) Alkali feldspat, plajiyoklas ve kuvars fazlarının oluşturduğu granoblastik doku, b) Alkali feldspat ile kuvars arasında gelişen kalıntı yazı dokusu, c) alkali feldspatın plajiyoklas minerallerini inklüzyonlar şeklinde içermesi sonucu gelişen kalıntı monzonitik doku, d) metasedimentlerde gelişen lepidogranoblastik dokunun görünümü.

3.2.1.4. Yaş ve Deneştirme

Çalışma sahasında gözlenen Kurtoğlu metamorfitlelerine ait kayaçların eşleniği olarak kabul edilebilecek birimler Ketin (1951) tarafından Demirözü (Bayburt) yöresinde Pulur Metamorfitleleri olarak belirtilmiştir. Okay (1984) ve Altınkaynak (2000) ise Erzincan'ın Reşadiye yöresinde yaptığı çalışmada bu kayaçların eşleniği olarak Ağvanis Masifi ismini vermiştir. Çalışma alanında bu kayaçlar metagranit, gnayslar, şist, mikaşist ve fillatlarla beraber bulunmaktadır. Yaygın litoloji olarak, mika oranı yüksek, granitik dokuya sahip metagranit oluşmaktadır. Bölgenin kuzey batı kesimlerinde ise belirgin yönlü yapıya sahip gnayslar eşlik etmektedir.

Kurtoğlu Metamorfitlelerinin yaşı, yörede yüzeylenen Gümüşhane Graniti gibi Paleozoyik sistem içerisinde değerlendirilmiştir. Kurtoğlu metamorfitleleri üzerinde daha önce yapılmış radyometrik çalışmalar neticesinde bu birimin yaşı 333 my olarak bulunmuştur (Topuz vd., 2004a,b). Bu duruma göre Kurtoğlu metamorfitleleri Erken Karboniferde oluştuğunu söyleyebiliriz.

Çalışma kapsamında, araziden alınmış olan kayaç numuneleri içinden seçilen 39 adet örnekte yapılan Zirkon yaş tayinleri sonucunda bu kayaçların yaşını 452-511 my olarak geniş bir aralıkta vermiştir (Tablo 3.2). Ortaya çıkan bu yaş magmanın soğuma yaşı olarak kabul edilmekte ve Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen'e karşılık gelmektedir (Şekil 3.8a,b).



Şekil 3.8. a) Tera-Wasserburg U-Pb konkordiya diyagramı, b) Herbir zirkon analizinin nispi olasılık dağılım diyagramı.

Tablo 3.2. Kurtoğlu Meta-granitine ait C- -Pb LA-MC-ICPMS verileri

| Spot | 204Pb /206Pb | ±% | 207Pb /206Pb | ±% | 206Pb /238U | ±% | ppm U | ppm Th | 206Pb /238U Age | 207Pb /206Pb Age | 208Pb /232Th Age | 207Pb* /235U | ±% | err corr | 207Pb* /206Pb* | ±% | 207Pb* /235U | ±% | 206Pb* /238U | ±% |
|-----------|-----------------|-----|-----------------|-----|----------------|-----|----------|-----------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----|-------------|-------------------|------|-----------------|------|-----------------|-----|
| KU35_1.1 | 3,0E-4 | 25 | 0,0573 | 1,4 | 0,206 | 1,3 | 259 | 55 | 483 ±3 | 325 ±60 | 511 ±20 | 0,565 | 2,7 | 0,3 | 0,0552 | 1,5 | 0,590 | 1,6 | 0,0776 | 0,7 |
| KU35_2.1 | 6,5E-5 | 58 | 0,0573 | 1,5 | 0,187 | 2,8 | 256 | 50 | 452 ±3 | 466 ±40 | 469 ±21 | 0,564 | 1,9 | 0,4 | 0,0550 | 1,6 | 0,550 | 1,7 | 0,0725 | 0,7 |
| KU35_3.1 | 2,9E-5 | 100 | 0,0565 | 1,8 | 0,216 | 0,7 | 158 | 109 | 479 ±4 | 457 ±43 | 500 ±11 | 0,596 | 2,1 | 0,4 | 0,0524 | 2,6 | 0,554 | 2,8 | 0,0767 | 0,9 |
| KU35_4.1 | 6,2E-5 | 38 | 0,0574 | 1,0 | 0,208 | 2,3 | 541 | 33 | 485 ±4 | 473 ±26 | 445 ±46 | 0,609 | 1,5 | 0,6 | 0,0575 | 1,1 | 0,620 | 1,3 | 0,0782 | 0,9 |
| KU35_5.1 | 3,2E-4 | 23 | 0,0559 | 1,3 | 0,214 | 1,0 | 278 | 36 | 492 ±3 | 248 ±60 | 539 ±28 | 0,556 | 2,7 | 0,3 | 0,0554 | 1,4 | 0,605 | 1,5 | 0,0792 | 0,7 |
| KU35_6.1 | 1,6E-4 | 31 | 0,0573 | 1,2 | 0,214 | 0,9 | 315 | 29 | 485 ±4 | 412 ±41 | 472 ±34 | 0,591 | 2,0 | 0,5 | 0,0572 | 1,3 | 0,616 | 1,5 | 0,0782 | 0,9 |
| KU35_7.1 | 2,0E-4 | 28 | 0,0583 | 1,2 | 0,215 | 1,0 | 305 | 29 | 490 ±3 | 429 ±44 | 420 ±34 | 0,602 | 2,1 | 0,3 | 0,0587 | 1,3 | 0,641 | 1,4 | 0,0792 | 0,7 |
| KU35_6.2 | 2,1E-4 | 31 | 0,0582 | 2,4 | 0,217 | 1,4 | 236 | 5 | 486 ±4 | 422 ±68 | 313 ±247 | 0,595 | 3,1 | 0,2 | 0,0579 | 2,4 | 0,625 | 2,5 | 0,0784 | 0,7 |
| KU35_4.2 | 6,9E-5 | 38 | 0,0607 | 1,0 | 0,290 | 1,6 | 369 | 722 | 643 ±4 | 594 ±26 | 635 ±6 | 0,863 | 1,3 | 0,5 | 0,0656 | 14,4 | 0,954 | 14,9 | 0,1055 | 0,9 |
| KU35_8.1 | 5,4E-4 | 22 | 0,0585 | 1,3 | 0,165 | 3,3 | 429 | 34 | 465 ±10 | 221 ±90 | 490 ±43 | 0,517 | 4,4 | 0,5 | 0,0558 | 1,5 | 0,574 | 2,6 | 0,0747 | 2,2 |
| KU35_9.1 | 1,4E-4 | 24 | 0,0564 | 0,9 | 0,220 | 1,3 | 614 | 52 | 489 ±3 | 386 ±29 | 505 ±27 | 0,589 | 1,4 | 0,4 | 0,0566 | 0,9 | 0,614 | 1,1 | 0,0788 | 0,6 |
| KU35_10.1 | 3,5E-4 | 21 | 0,0609 | 1,2 | 0,283 | 0,5 | 215 | 35 | 621 ±4 | 447 ±53 | 604 ±29 | 0,775 | 2,5 | 0,3 | 0,0611 | 1,3 | 0,852 | 1,4 | 0,1012 | 0,7 |
| KU35_11.1 | 3,1E-4 | 28 | 0,0575 | 1,6 | 0,197 | 2,4 | 196 | 40 | 476 ±6 | 327 ±67 | 466 ±22 | 0,557 | 3,2 | 0,4 | 0,0571 | 1,7 | 0,604 | 2,0 | 0,0767 | 1,3 |
| KU35_12.1 | 2,6E-4 | 24 | 0,0569 | 2,5 | 0,209 | 0,6 | 190 | 78 | 488 ±4 | 363 ±41 | 503 ±18 | 0,547 | 4,2 | 0,3 | 0,0553 | 2,6 | 0,599 | 2,9 | 0,0785 | 1,2 |
| KU35_13.1 | 4,5E-4 | 21 | 0,0579 | 1,5 | 0,208 | 1,9 | 233 | 53 | 494 ±3 | 251 ±75 | 473 ±25 | 0,558 | 3,3 | 0,2 | 0,0583 | 1,5 | 0,641 | 1,6 | 0,0797 | 0,7 |
| KU35_14.1 | 1,4E-4 | 25 | 0,0569 | 1,0 | 0,223 | 1,3 | 485 | 78 | 497 ±3 | 406 ±31 | 496 ±23 | 0,604 | 1,5 | 0,4 | 0,0572 | 1,0 | 0,632 | 1,1 | 0,0802 | 0,6 |
| KU35_15.1 | 1,1E-4 | 46 | 0,0583 | 1,6 | 0,205 | 1,5 | 188 | 31 | 475 ±3 | 478 ±46 | 452 ±32 | 0,598 | 2,2 | 0,3 | 0,0577 | 1,6 | 0,609 | 1,7 | 0,0766 | 0,7 |
| KU35_16.1 | 1,2E-4 | 23 | 0,0636 | 1,3 | 0,316 | 0,4 | 459 | 107 | 688 ±4 | 669 ±32 | 719 ±23 | 0,960 | 1,6 | 0,4 | 0,0611 | 1,4 | 0,947 | 1,5 | 0,1125 | 0,6 |
| KU35_17.1 | 3,0E-4 | 18 | 0,0570 | 1,0 | 0,232 | 0,6 | 414 | 39 | 500 ±5 | 317 ±42 | 506 ±28 | 0,583 | 2,1 | 0,5 | 0,0571 | 1,0 | 0,634 | 1,4 | 0,0806 | 0,9 |
| KU35_18.1 | 2,0E-4 | 25 | 0,0574 | 1,2 | 0,197 | 1,5 | 335 | 10 | 472 ±3 | 387 ±41 | 465 ±92 | 0,568 | 1,9 | 0,3 | 0,0566 | 1,2 | 0,593 | 1,3 | 0,0760 | 0,6 |
| KU35_19.1 | 6,1E-5 | 50 | 0,0569 | 1,3 | 0,214 | 1,0 | 278 | 44 | 490 ±3 | 453 ±34 | 509 ±23 | 0,609 | 1,7 | 0,4 | 0,0562 | 1,3 | 0,611 | 1,4 | 0,0789 | 0,7 |
| KU35_20.1 | 2,6E-4 | 20 | 0,0576 | 1,0 | 0,228 | 0,4 | 432 | 55 | 483 ±3 | 363 ±41 | 425 ±21 | 0,576 | 1,9 | 0,3 | 0,0588 | 1,1 | 0,633 | 1,2 | 0,0781 | 0,6 |
| KU35_20.2 | 2,4E-4 | 20 | 0,0568 | 1,0 | 0,228 | 0,8 | 495 | 48 | 484 ±3 | 344 ±38 | 527 ±27 | 0,571 | 1,8 | 0,4 | 0,0557 | 1,0 | 0,598 | 1,2 | 0,0779 | 0,6 |
| KU35_21.1 | 5,6E-5 | 30 | 0,0570 | 0,7 | 0,224 | 1,5 | 957 | 52 | 487 ±4 | 460 ±19 | 460 ±34 | 0,607 | 1,1 | 0,7 | 0,0573 | 0,8 | 0,620 | 1,1 | 0,0785 | 0,8 |
| KU35_22.1 | 2,4E-4 | 24 | 0,0576 | 1,2 | 0,205 | 1,7 | 380 | 59 | 469 ±3 | 371 ±45 | 478 ±21 | 0,560 | 2,1 | 0,3 | 0,0560 | 1,2 | 0,583 | 1,4 | 0,0754 | 0,7 |
| KU35_23.1 | 3,3E-4 | 27 | 0,0593 | 1,5 | 0,199 | 1,3 | 238 | 42 | 466 ±5 | 387 ±66 | 459 ±25 | 0,560 | 3,2 | 0,4 | 0,0567 | 1,7 | 0,586 | 2,0 | 0,0749 | 1,2 |
| KU35_24.1 | 3,8E-4 | 24 | 0,0563 | 1,5 | 0,210 | 2,4 | 228 | 49 | 487 ±3 | 226 ±74 | 549 ±22 | 0,544 | 3,3 | 0,2 | 0,0533 | 1,6 | 0,573 | 1,8 | 0,0781 | 0,7 |
| KU35_25.1 | 2,4E-4 | 29 | 0,0589 | 1,4 | 0,209 | 1,6 | 245 | 65 | 472 ±3 | 424 ±54 | 464 ±16 | 0,578 | 2,5 | 0,3 | 0,0571 | 1,5 | 0,598 | 1,6 | 0,0760 | 0,7 |
| KU35_26.1 | 1,4E-4 | 24 | 0,0577 | 0,9 | 0,216 | 0,8 | 570 | 125 | 485 ±3 | 438 ±29 | 508 ±13 | 0,598 | 1,4 | 0,4 | 0,0554 | 1,0 | 0,596 | 1,1 | 0,0779 | 0,6 |
| KU35_27.1 | 1,7E-4 | 34 | 0,0563 | 1,4 | 0,208 | 0,9 | 260 | 45 | 484 ±3 | 363 ±48 | 496 ±23 | 0,576 | 2,3 | 0,3 | 0,0562 | 1,4 | 0,603 | 1,6 | 0,0778 | 0,7 |
| KU35_28.1 | 1,5E-4 | 24 | 0,0585 | 0,9 | 0,235 | 2,2 | 477 | 28 | 511 ±4 | 466 ±29 | 479 ±46 | 0,639 | 1,5 | 0,5 | 0,0580 | 1,0 | 0,659 | 1,2 | 0,0825 | 0,7 |
| KU35_28.2 | 4,7E-4 | 30 | 0,0649 | 2,0 | 0,273 | 2,0 | 86 | 60 | 633 ±6 | 532 ±92 | 651 ±18 | 0,824 | 4,3 | 0,2 | 0,0581 | 3,0 | 0,824 | 3,2 | 0,1029 | 1,1 |
| KU35_29.1 | 2,3E-4 | 30 | 0,0548 | 1,5 | 0,201 | 1,6 | 235 | 56 | 472 ±3 | 258 ±60 | 521 ±19 | 0,535 | 2,7 | 0,3 | 0,0532 | 1,7 | 0,555 | 1,8 | 0,0757 | 0,7 |
| KU35_30.1 | 1,6E-4 | 33 | 0,0580 | 1,4 | 0,215 | 0,5 | 262 | 88 | 482 ±4 | 440 ±44 | 471 ±14 | 0,595 | 2,2 | 0,4 | 0,0578 | 1,5 | 0,619 | 1,6 | 0,0777 | 0,9 |
| KU35_31.1 | 3,4E-4 | 29 | 0,0578 | 1,7 | 0,219 | 1,3 | 167 | 34 | 476 ±4 | 321 ±75 | 455 ±25 | 0,556 | 3,4 | 0,2 | 0,0578 | 1,9 | 0,612 | 2,1 | 0,0768 | 0,8 |
| KU35_31.2 | 2,3E-4 | 24 | 0,0571 | 1,2 | 0,215 | 0,9 | 316 | 116 | 477 ±4 | 356 ±46 | 485 ±13 | 0,567 | 2,2 | 0,4 | 0,0559 | 1,7 | 0,592 | 1,9 | 0,0768 | 0,9 |
| KU35_35.1 | 2,2E-4 | 38 | 0,0595 | 1,8 | 0,235 | 0,7 | 224 | 55 | 481 ±9 | 468 ±62 | 527 ±32 | 0,60 | 3,4 | 0,6 | 0,0537 | 2,5 | 0,57 | 2,8 | 0,077 | 2,0 |
| KU35_36.1 | 2,4E-4 | 32 | 0,0588 | 1,5 | 0,224 | 1,6 | 288 | 82 | 486 ±5 | 425 ±58 | 497 ±18 | 0,60 | 2,8 | 0,3 | 0,0560 | 1,7 | 0,60 | 1,9 | 0,078 | 1,0 |
| KU35_37.1 | 4,8E-4 | 23 | 0,0642 | 3,2 | 0,232 | 0,6 | 262 | 42 | 459 ±4 | 501 ±102 | 404 ±51 | 0,58 | 4,7 | 0,2 | 0,0587 | 3,6 | 0,60 | 3,7 | 0,074 | 0,8 |
| KU35_39.1 | 7,8E-4 | 20 | 0,0598 | 2,8 | 0,139 | 7,3 | 453 | 100 | 498 ±7 | 114 ±141 | 617 ±38 | 0,53 | 6,1 | 0,2 | 0,0503 | 3,6 | 0,55 | 3,8 | 0,080 | 1,5 |
| KU35_40.1 | 7,0E-5 | 71 | 0,0589 | 3,2 | 0,218 | 0,7 | 188 | 57 | 470 ±4 | 527 ±76 | 480 ±27 | 0,61 | 3,5 | 0,2 | 0,0557 | 3,3 | 0,58 | 3,5 | 0,076 | 0,8 |
| KU35_41.1 | 4,3E-5 | 71 | 0,0571 | 1,5 | 0,221 | 1,2 | 328 | 65 | 475 ±3 | 471 ±38 | 520 ±22 | 0,60 | 1,8 | 0,4 | 0,0541 | 1,6 | 0,57 | 1,7 | 0,076 | 0,7 |
| KU35_42.1 | 1,2E-4 | 41 | 0,0574 | 1,4 | 0,222 | 1,7 | 332 | 69 | 476 ±5 | 440 ±43 | 499 ±21 | 0,59 | 2,3 | 0,5 | 0,0553 | 1,6 | 0,58 | 1,9 | 0,077 | 1,2 |

3.2.2. Gümüşhane Granitoyidi

Gümüşhane ve çevresinde yüzeylenen granitik kayaç birlikteliğine ait ilk bilgiler Erguvanlı (1951), Ketin (1951) ve Baykal (1952) tarafından verilmiştir. Yılmaz (1972)'ın Gümüşhane Graniti, Çoğlu (1975)'nin Gümüşhane Plütunu olarak belirttiği granitik kayaçlar; Tokel (1972), Kesgin (1983), Eren (1983), Hacıoğlu (1983) ve Bergougnan (1987) tarafından Gümüşhane Graniti ve Topuz vd., (2010) tarafından ise Gümüşhane Bato liti gibi değişik adlar altında incelemişlerdir. Tez kapsamında Gümüşhane Granitoyidi adı tercih edilmiş ve kullanılmıştır. Gümüşhane Granitoyidi, inceleme alanında Kurtoğlu Metagranitidini de içeren metamorfiteğin kuzey sınırında Kırıklı-Çevrepınar hattı boyunca

sınır teşkil etmekte ve metamorfitle intrüzif dokanak halinde olup metamorfitle kesmektedir.

Gümüşhane Granitoyidi Kurtoğlu Köyü'nün kuzeyinde Şenköy Formasyonu tarafından uyumsuzlukla üstlenir. Gümüşhane Granitoyidi, petrografik açıdan farklı bileşimlere sahip kayalardan oluşmuştur (Yılmaz, 1972; Coğulu, 1975). Granitlerin taze kırık yüzeyleri pembe renkte gözlenirken, alterasyonun yoğun olduğu kısımlarında ise sarı-pembe tonlarda gözlenmektedir. Gümüşhane yöresinde, Gümüşhane granitoyidi üzerinde incelemelerde bulunan Coğulu (1975) yaptığı çalışmalar meticesinde birimin yaşını 298-338 milyon/yıl olarak belirtmiştir. Buna göre Gümüşhane Granitoyidi'nin Paleozoyik yaşlı olduğu anlaşılmaktadır.

3.2.3. Şenköy Formasyonu

Doğu Pontid'lerin güney zonu içerisinde yer alan ve Erken Jura yaşlı kayalar, inceleme alanının dışında, Gümüşhane yöresinde Açar (1977) tarafından Hamurkesen Formasyonu, Eren (1983) tarafından ise Zimonköy Formasyonu adı ile tanımlanmıştır. Birçok araştırmacı tarafından Zimonköy Formasyonu için farklı adlar kullanılmışsa da (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Telmeyaylası Formasyonu, Yüksel, 1976; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Balkaynak Formasyonu, Kesgin, 1983; Şenköy Formasyonu, Yılmaz ve Kandemir, 2003) Kandemir (2004) tarafından Bayburt ve Gümüşhane lokasyonunda yaptığı çalışmalar sonucunda bu birimin tipik alanını Şenköy (Gümüşhane) yöresi olarak belirlediğinden dolayı birime Şenköy Formasyonu ismini vermiş olup, bu tez kapsamında da bu ismin kullanılması tercih edilmiştir. Birim, Kelkit vadisi kuzeyindeki Gödül Köyü yöresinde yüzeylenir. Çoraklar mevkiinde Gümüşhane granitoyidini uyumsuz olarak örter. Genellikle aşınmaya karşı dirençsiz kayalardan oluşan formasyon topografyada düşük rölyefler oluşturur. Şenköy Formasyonu, içerik olarak kırıntılı tortul kayalar ve volkanik kayalardan oluşur. Birimin içerisinde andezit-bazalt, tuf ve aglomeralar ile kumtaşı, kilaşı, silttaşı, kireçtaşı ve marnlar bulunmaktadır. Gümüşhane Granitoyidi üzerine uyumsuz olarak gelen birimin yaşı Erken Jura'dır (Kandemir, 2004). Şenköy Formasyonu'nun tabanını oluşturan kumtaşı, kilaşı ve kömür mercekleri sıg denizel ve bataklık ortamını karakterize eder. Daha üst kesimlerde yer alan türbiditik kumtaşı, kilaşı ardalanması denizel ortamın biraz derinleştiğini gösterir. Bazaltik volkanitlerin varlığı, sedimantasyon esnasında volkanizmanın zaman zaman etkin

olduğunu gösterir. Şenköy Formasyonu'nun yayılım, kalınlık ile çökel yapı-doku özellikleri birimin tipik bir rift havzasında biriktiğinin kanıtlarını taşır (Yılmaz, 1995).

3.3. Jeokimya

3.3.1. Tüm Kayaç Jeokimyası

Bu bölümde Kurtoğlu Metamorfikleri içerisinde yer alan meta-granite ait 28 adet örnekte gerçekleştirilen tüm-kaya analizleri (ana oksit ve iz-nadir toprak elementler) (Tablo 3.3) ve radyojenik izotop analizleri (Rb-Sr, Sm-Nd ve Pb-Pb) (Tablo 3.4) değerlendirilmektedir. Kurtoğlu Meta-graniti erken-orta Karbonifer'de düşük dereceli metamorfizmaya uğramış bir granittir. Bu nedenle analiz edilen örneklerin jeokimyasal ve radyojenik oranları açısından değerlendirilmelerinin Sakarya Zonu'nun Karbonifer-öncesi olaylarının anlaşılmasına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Jeokimyasal değerlendirmeler biyotitçe zengin kayaçların muskovitçe zengin olanlardan kısmen farklı davranışlar sergilediğini göstermektedir. Bu nedenle meta-granitler biyotitçe-zengin olanlar (biyotit meta-granitler) ve muskovitçe-zengin olanlar (muskovit meta-granitler) olmak üzere iki grup altında değerlendirilmiştir.

Ana ve iz element jeokimyası magmatik kayaçların sınıflandırılması veya adlandırılması için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu bağlamda değişik araştırmacılar tarafından önerilen çok sayıda diyagram mevcuttur. Bu bölümde Kurtoğlu meta-granitinin dokusal özellikleri ve bileşimi için uygun olanlara yer verilmektedir. Kurtoğlu meta-graniline ait örnekler toplam alkali-silis (TAS) diyagramına (Şekil 3.9) (Middlemost, 1994) aktarıldığında, muskovit meta-granit örneklerinin tamamı (21 adet) riyolit alanında kümelenedikleri görülmektedir. Buna karşılık, biyotit meta-granitlerin büyük bir çoğunluğu granit, az bir kısmı ise granodiyorit alanına düşmektedir.

Tablo 3.3. Kurtoglu meta-granitlerine ait örneklerin ana ve iz element analiz sonuçları

| | KU 2 | KU 5 | KU 6 | KU 8 | KU 12 | KU 16 | KU 19 | KU 23 | KU 25a | KU 26a | KU 27 | KU 28 | KU 30 | KU 31 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 73 | 77,83 | 74,54 | 76,65 | 74,68 | 74,16 | 76,39 | 75,61 | 74,36 | 76,82 | 76,4 | 75,58 | 75,39 | 76,74 |
| TiO ₂ | 0,19 | 0,05 | 0,02 | 0,11 | 0,04 | 0,16 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,09 |
| Al ₂ O ₃ | 13,36 | 13,12 | 14,6 | 12,79 | 14,49 | 14,01 | 13,3 | 14,23 | 13,82 | 14,03 | 13,53 | 13,68 | 14,8 | 13,43 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,66 | 0,59 | 0,53 | 1,14 | 0,83 | 1,06 | 0,6 | 0,65 | 0,06 | 0,48 | 0,15 | 0,16 | 0,19 | 0,22 |
| MgO | 0,3 | 0,1 | 0,07 | 0,14 | 0,09 | 0,1 | 0,21 | 0,18 | 0,02 | 0,1 | 0,06 | 0,04 | 0,1 | 0,1 |
| MnO | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | <0,01 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| CaO | 0,48 | 0,48 | 0,36 | 0,48 | 0,43 | 0,56 | 0,63 | 0,58 | 0,11 | 0,51 | 0,38 | 0,18 | 0,54 | 0,41 |
| Na ₂ O | 2,79 | 4,17 | 2,83 | 3,54 | 5,56 | 2,99 | 3,73 | 4,99 | 2,19 | 4,52 | 3,54 | 2,76 | 4,59 | 3,27 |
| K ₂ O | 5,76 | 2,27 | 5,27 | 3,56 | 2,44 | 5,59 | 3,34 | 1,8 | 8,56 | 1,88 | 4,73 | 6,39 | 2,87 | 4,45 |
| P ₂ O ₅ | 0,31 | 0,26 | 0,33 | 0,39 | 0,48 | 0,28 | 0,28 | 0,35 | 0,31 | 0,29 | 0,22 | 0,3 | 0,25 | 0,26 |
| Cr ₂ O ₃ | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 |
| Ni | 3,2 | 1,8 | 3,8 | 2,7 | 4,4 | 2,4 | 2,3 | 2,8 | 2,3 | 1,7 | 4,2 | 2 | 3,2 | 1,8 |
| Sc | 5 | 5 | 2 | 4 | 7 | 2 | 6 | 3 | <1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| AK | 1,9 | 1 | 1,2 | 1 | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 1,4 | 0,4 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 1,1 | 0,9 |
| TOPL | 99,85 | 99,89 | 99,81 | 99,84 | 99,84 | 99,86 | 99,88 | 99,88 | 99,85 | 99,89 | 99,81 | 99,85 | 99,86 | 99,88 |
| Cu | 1,5 | 2,2 | 9,3 | 0,6 | 6,1 | 1,9 | 6,4 | 7,1 | 4,4 | 1,1 | 0,5 | 2,4 | 0,6 | 0,6 |
| Co | 71,6 | 68,2 | 132,2 | 84,6 | 112,6 | 55,2 | 72,3 | 62,8 | 81,4 | 56,2 | 137,4 | 71 | 98,5 | 58,2 |
| Ba | 581 | 52 | 107 | 72 | 116 | 255 | 109 | 41 | 73 | 26 | 109 | 58 | 74 | 134 |
| Rb | 171,1 | 146,7 | 218,2 | 291,9 | 164,8 | 266,4 | 172,7 | 164,1 | 443,2 | 229,1 | 227,5 | 476,1 | 130,6 | 246 |
| Sr | 75,8 | 26,4 | 23,9 | 26,7 | 31,3 | 55,7 | 41,3 | 19,2 | 25,8 | 14,3 | 35,7 | 10,1 | 40,8 | 43,5 |
| Cs | 3,5 | 3,7 | 4,8 | 12,6 | 13,6 | 3,6 | 4 | 3,5 | 17,8 | 11,8 | 9,7 | 9,3 | 4,7 | 10,4 |
| Ga | 16,5 | 19 | 20,8 | 19,6 | 21,2 | 19,5 | 18,8 | 26,2 | 12,8 | 22,7 | 14,8 | 15,8 | 17,6 | 16,2 |
| Hf | 3,2 | 0,8 | 0,7 | 1,7 | 1,1 | 2,9 | 0,5 | 2,5 | 0,8 | 1 | 0,9 | 0,9 | 0,6 | 1,1 |
| Nb | 10,3 | 13 | 5,4 | 18,6 | 15 | 17,4 | 13 | 19,9 | 1,2 | 17,4 | 7,1 | 13,6 | 4,6 | 8,9 |
| Pb | 10,8 | 7,9 | 4,7 | 3 | 3,9 | 4,4 | 20,9 | 5,1 | 5,2 | 1,3 | 3,4 | 6,6 | 4,8 | 4,5 |
| Ta | 1,1 | 1,6 | 0,9 | 4,4 | 6,1 | 2,2 | 1,7 | 3,1 | 0,4 | 3,8 | 1,7 | 2,6 | 1,5 | 1,6 |
| Th | 13 | 0,8 | 0,3 | 6,6 | 0,4 | 11 | 0,7 | 1,2 | <0,2 | 0,8 | 1,7 | <0,2 | 0,5 | 2,2 |
| U | 4,3 | 4,6 | 4,1 | 7,8 | 5 | 9,1 | 7,5 | 26,2 | 0,5 | 6,3 | 2,3 | 0,6 | 1,3 | 2,3 |
| V | 12 | <8 | <8 | 9 | <8 | 10 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 |
| W | 614,7 | 616,5 | 1174,8 | 735,6 | 974,7 | 530,1 | 682,6 | 650,4 | 699,8 | 565 | 1138,3 | 760 | 880,3 | 596,9 |
| Zr | 102,5 | 20,5 | 13,4 | 42,5 | 20,4 | 82,6 | 12,3 | 48,6 | 12,5 | 18,9 | 22,9 | 13,2 | 10,1 | 28,3 |
| Y | 16,2 | 4,8 | 2,5 | 13,5 | 2,6 | 14,9 | 7,6 | 4,2 | 0,7 | 7,5 | 6,6 | 1,1 | 3,7 | 9,9 |
| La | 22,8 | 1,8 | 1 | 9,7 | 1,3 | 18,2 | 2,1 | 1,9 | 0,6 | 1,6 | 3,6 | 0,5 | 2,3 | 5,4 |
| Ce | 47,8 | 3,3 | 1,6 | 20,2 | 2,1 | 39,1 | 4 | 4,2 | 1,1 | 3,8 | 7,6 | 0,8 | 4,8 | 11,2 |
| Pr | 5,87 | 0,39 | 0,2 | 2,48 | 0,25 | 4,82 | 0,47 | 0,5 | 0,12 | 0,53 | 0,93 | 0,1 | 0,64 | 1,47 |
| Nd | 21 | 1,6 | 0,7 | 8,4 | 0,8 | 17,4 | 1,5 | 1,9 | 0,5 | 2,2 | 3,3 | 0,4 | 2,5 | 5,6 |
| Sm | 4,48 | 0,41 | 0,21 | 2,27 | 0,23 | 4,45 | 0,47 | 0,57 | 0,12 | 0,89 | 0,94 | 0,13 | 0,8 | 1,51 |
| Eu | 0,52 | 0,06 | <0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,3 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,17 | <0,02 | 0,15 | 0,25 |
| Gd | 4,34 | 0,5 | 0,29 | 2,35 | 0,27 | 4,44 | 0,66 | 0,53 | 0,16 | 1,12 | 1,04 | 0,19 | 0,86 | 1,77 |
| Tb | 0,66 | 0,12 | 0,06 | 0,44 | 0,06 | 0,67 | 0,14 | 0,1 | 0,02 | 0,24 | 0,2 | 0,04 | 0,14 | 0,31 |
| Dy | 3,5 | 0,81 | 0,44 | 2,52 | 0,36 | 3,22 | 1,1 | 0,69 | 0,1 | 1,38 | 1,19 | 0,23 | 0,76 | 1,83 |
| Ho | 0,56 | 0,16 | 0,07 | 0,44 | 0,07 | 0,52 | 0,23 | 0,13 | 0,02 | 0,22 | 0,22 | 0,03 | 0,11 | 0,3 |
| Er | 1,46 | 0,45 | 0,23 | 1,3 | 0,25 | 1,11 | 0,77 | 0,46 | 0,05 | 0,52 | 0,64 | 0,08 | 0,31 | 0,95 |
| Tm | 0,2 | 0,08 | 0,04 | 0,18 | 0,05 | 0,13 | 0,13 | 0,07 | <0,01 | 0,09 | 0,09 | 0,01 | 0,04 | 0,13 |
| Yb | 1,09 | 0,71 | 0,36 | 1,15 | 0,44 | 0,79 | 0,89 | 0,61 | <0,05 | 0,64 | 0,63 | 0,09 | 0,31 | 0,78 |
| Lu | 0,16 | 0,11 | 0,05 | 0,15 | 0,07 | 0,11 | 0,14 | 0,1 | <0,01 | 0,09 | 0,09 | <0,01 | 0,05 | 0,12 |

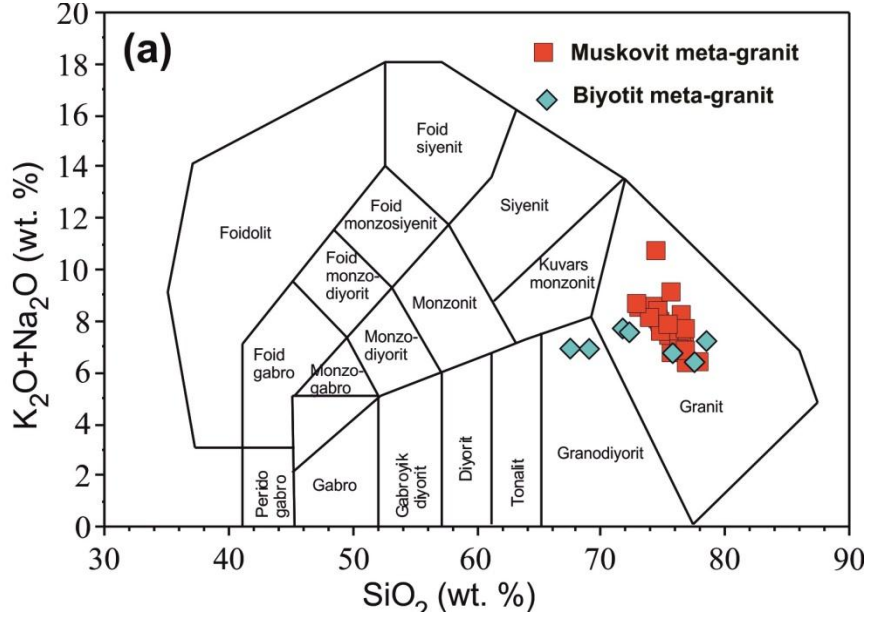
Tablo 3.3'ün devamı

| | KU 43 | KU 46 | KU 47 | KU 49 | KU 50 | KU 53 | KU 58b | KU 59a | KU 61a | KU 32 | KU 34 | KU 35 | KU 41 | KU 40 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| SiO ₂ | 74,52 | 74,73 | 73,85 | 75,35 | 76,23 | 76,74 | 72,81 | 75,73 | 78,44 | 71,69 | 68,99 | 67,46 | 72,23 | 77,48 |
| TiO ₂ | 0,05 | 0,07 | 0,1 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,13 | 0,03 | 0,4 | 0,64 | 0,68 | 0,29 | 0,05 |
| Al ₂ O ₃ | 14,21 | 13,86 | 14,64 | 13,99 | 14,07 | 13,73 | 14,69 | 11,89 | 11,27 | 13,97 | 14,9 | 15,64 | 14,42 | 12,69 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,54 | 0,85 | 0,89 | 0,51 | 0,64 | 0,34 | 0,97 | 1,62 | 0,52 | 2,55 | 3,92 | 4,26 | 1,6 | 0,55 |
| MgO | 0,09 | 0,27 | 0,2 | 0,17 | 0,14 | 0,12 | 0,2 | 0,3 | 0,15 | 0,71 | 1,18 | 1,35 | 0,4 | 0,18 |
| MnO | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | <0,01 |
| CaO | 0,5 | 0,53 | 0,41 | 0,38 | 0,45 | 0,44 | 0,81 | 1,07 | 0,78 | 1,12 | 1,88 | 1,81 | 0,84 | 0,94 |
| Na ₂ O | 2,74 | 3,36 | 3,17 | 3,84 | 3,82 | 3,25 | 3,86 | 2,5 | 1,98 | 2,97 | 2,86 | 3,19 | 2,56 | 2,17 |
| K ₂ O | 5,68 | 4,26 | 4,98 | 4,06 | 3,1 | 3,63 | 4,84 | 4,26 | 5,26 | 4,76 | 4,07 | 3,76 | 5,02 | 4,25 |
| P ₂ O ₅ | 0,3 | 0,19 | 0,26 | 0,2 | 0,19 | 0,26 | 0,3 | 0,23 | 0,21 | 0,21 | 0,13 | 0,12 | 0,2 | 0,12 |
| Cr ₂ O ₃ | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | 0,003 | 0,004 | <0,002 | <0,002 |
| Ni | 2,1 | 3,5 | 2,5 | 4,6 | 3,1 | 2,2 | 2,1 | 2,6 | 2 | 8,1 | 14,1 | 15,2 | 7,7 | 2,2 |
| Sc | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 | 5 | 2 | 4 | 2 | 6 | 9 | 10 | 4 | 13 |
| A.K. | 1,2 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 2 | 1,2 | 1,2 | 1 | 1,3 | 2,1 | 1,4 |
| TOPL. | 99,87 | 99,85 | 99,87 | 99,83 | 99,85 | 99,87 | 99,89 | 99,85 | 99,87 | 99,74 | 99,79 | 99,78 | 99,82 | 99,87 |
| Cu | 1,1 | 3,6 | 2,2 | 2,9 | 9,3 | 0,9 | 1,2 | 0,8 | 0,7 | 4 | 16,1 | 13,3 | 9 | 2,1 |
| Co | 85,2 | 87,4 | 66,9 | 110,2 | 59,9 | 73 | 63,6 | 79,2 | 77,4 | 115,7 | 47,1 | 36,1 | 70,7 | 61,8 |
| Ba | 127 | 151 | 235 | 203 | 70 | 82 | 208 | 205 | 128 | 1187 | 1366 | 1231 | 884 | 94 |
| Rb | 208,1 | 152,1 | 207,2 | 154,3 | 183,8 | 201,1 | 220,9 | 188 | 239,4 | 120 | 114,6 | 110,2 | 141,9 | 279 |
| Sr | 33,1 | 63,1 | 74,6 | 62,6 | 44,4 | 22,2 | 58,8 | 54,8 | 43,6 | 284,7 | 272,8 | 324,7 | 150,4 | 13,4 |
| Cs | 5,7 | 2,3 | 4,8 | 3 | 9,2 | 4,2 | 4,9 | 6,1 | 4,7 | 2,8 | 3,7 | 3,4 | 4,7 | 3,5 |
| Ga | 15,8 | 17,6 | 17,6 | 15,5 | 21,3 | 21,1 | 14,9 | 14 | 10,8 | 16,1 | 18,8 | 20,1 | 16,2 | 46,7 |
| Hf | 0,8 | 1,6 | 2 | 0,9 | 0,6 | 1,1 | 1,1 | 2,3 | 0,4 | 6,6 | 8,7 | 10,1 | 5,5 | 1 |
| Nb | 11,2 | 13 | 16,5 | 12,3 | 14 | 14,1 | 5,8 | 10,8 | 8 | 13,5 | 16,1 | 17,5 | 8,3 | 21,8 |
| Pb | 6,4 | 14,1 | 13,2 | 17,1 | 6,9 | 3,6 | 5,7 | 12,7 | 6,7 | 8,3 | 7,2 | 7,3 | 10,7 | 2,7 |
| Ta | 2,8 | 2 | 2,3 | 2,9 | 4,4 | 1,2 | 1,2 | 2 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 0,8 | 5,7 |
| Th | 0,5 | 4,4 | 5 | 2,9 | 1,4 | 0,9 | 4 | 9,6 | 2,4 | 19,3 | 28 | 28,7 | 15,4 | 2,7 |
| U | 3,3 | 11,9 | 9 | 17 | 1,4 | 2,5 | 5 | 6,5 | 5,8 | 2,2 | 2,9 | 3 | 3,4 | 1,9 |
| V | <8 | <8 | <8 | 10 | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | 26 | 46 | 53 | 18 | <8 |
| W | 742 | 794,5 | 621,8 | 949,4 | 831,5 | 802,5 | 576,1 | 732,8 | 758,7 | 935,4 | 364,4 | 262,8 | 629,5 | 600,8 |
| Zr | 16,3 | 41,9 | 50,7 | 21,7 | 14,9 | 21,7 | 34,3 | 68 | 23,9 | 245,9 | 321,1 | 385,7 | 201,2 | 26,4 |
| Y | 3,2 | 12,5 | 11,5 | 7,9 | 9,6 | 4,5 | 7,4 | 15,3 | 3 | 31,2 | 33,8 | 46,8 | 35,3 | 1,6 |
| La | 1,5 | 7,5 | 10,2 | 5,9 | 3,3 | 2 | 6,4 | 15,2 | 1,4 | 44,5 | 70,1 | 72,5 | 35,9 | 1,4 |
| Ce | 2,6 | 15,7 | 20,6 | 11,3 | 6,8 | 3,6 | 13,4 | 31,4 | 2,5 | 98,5 | 143,5 | 142,7 | 75,1 | 2,5 |
| Pr | 0,29 | 1,83 | 2,52 | 1,23 | 0,84 | 0,5 | 1,58 | 3,7 | 0,31 | 11,22 | 17 | 17,62 | 8,99 | 0,34 |
| Nd | 1 | 6,4 | 9 | 4,5 | 2,9 | 1,9 | 5,7 | 13,5 | 1,1 | 41,6 | 63,8 | 65,6 | 32,5 | 1,4 |
| Sm | 0,23 | 1,8 | 2,5 | 1,11 | 0,87 | 0,56 | 1,38 | 2,91 | 0,38 | 8,65 | 11,64 | 12,38 | 6,91 | 0,42 |
| Eu | 0,1 | 0,26 | 0,4 | 0,29 | 0,15 | 0,1 | 0,26 | 0,22 | 0,06 | 1,35 | 1,8 | 1,87 | 1,09 | 0,08 |
| Gd | 0,37 | 2,14 | 2,7 | 1,27 | 1,1 | 0,81 | 1,44 | 2,93 | 0,47 | 7,71 | 10,39 | 11,23 | 6,78 | 0,38 |
| Tb | 0,07 | 0,4 | 0,49 | 0,25 | 0,23 | 0,15 | 0,26 | 0,49 | 0,09 | 1,16 | 1,37 | 1,57 | 1,04 | 0,06 |
| Dy | 0,47 | 2,32 | 2,44 | 1,38 | 1,63 | 0,95 | 1,39 | 2,82 | 0,54 | 6,41 | 7,15 | 8,66 | 6,16 | 0,32 |
| Ho | 0,09 | 0,4 | 0,36 | 0,26 | 0,31 | 0,14 | 0,27 | 0,53 | 0,1 | 1,2 | 1,3 | 1,69 | 1,24 | 0,05 |
| Er | 0,28 | 1,06 | 0,87 | 0,7 | 0,95 | 0,42 | 0,69 | 1,53 | 0,27 | 3,2 | 3,32 | 5,23 | 3,77 | 0,12 |
| Tm | 0,04 | 0,16 | 0,14 | 0,1 | 0,14 | 0,04 | 0,1 | 0,22 | 0,03 | 0,43 | 0,45 | 0,71 | 0,5 | 0,02 |
| Yb | 0,37 | 1,11 | 0,84 | 0,69 | 1,04 | 0,38 | 0,64 | 1,33 | 0,27 | 2,64 | 2,87 | 4,59 | 3,15 | 0,2 |
| Lu | 0,05 | 0,16 | 0,12 | 0,1 | 0,14 | 0,06 | 0,09 | 0,19 | 0,03 | 0,41 | 0,42 | 0,68 | 0,46 | 0,03 |

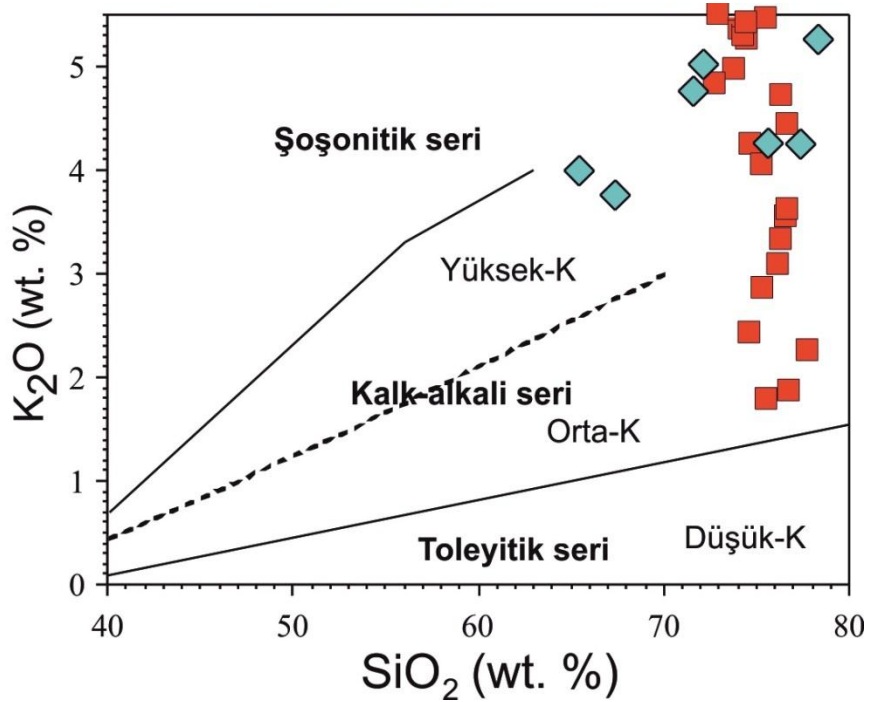
Fe₂O₃*: Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. A.K. (Ateşte kayıp): Toplam uçucu içeriği.

Winchester ve Floyd (1977)'un Nb, Y, Zr, ve TiO₂ gibi metasomatizma ve ayrışma gibi ikincil olaylar sırasında büyük ölçüde hareketsiz davranan elementlerden yararlanarak yüzey kayaçları için geliştirdiği Nb/Y'a karşı Zr/TiO₂ sınıflandırma diyagramı, meta-granitlerin genellikle 1'den yüksek Nb/Y oranları (Nb/Y= 0.2-13.6) nedeniyle

çalışmamıştır. Bu durum, örneklerin nispeten yüksek Nb içeriklerine (1.2 ppm–21.8 ppm) karşılık genellikle 10 ppm'den daha düşük olan Y içerikleri ile ilgilidir.



Şekil 3.9. Kurtoğlu Metamorfitleri içerisindeki meta-granitlere ait $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (Middlemost, 1994) diyagramı



Şekil 3.10. Karbonifer yaşlı meta-granitlere ait örneklerin SiO_2 - K_2O diyagramındaki konumları (Peccherillo ve Taylor, 1976). Semboller Şekil 3.9'daki gibidir.

Magmatik kayaların K₂O içeriğine göre genel karakteristiklerinin belirlendiği SiO₂-K₂O diyagramında (Şekil 3.10), örnekler orta-yüksek/çok yüksek K₂O içerikleri nedeniyle, orta-K'lu kalk-alkali granit alanından başlayarak yüksek-K'lu ve şoşonitik granit alanına kadar uzanan düşey yönlü bir dağılım sergilemektedirler.

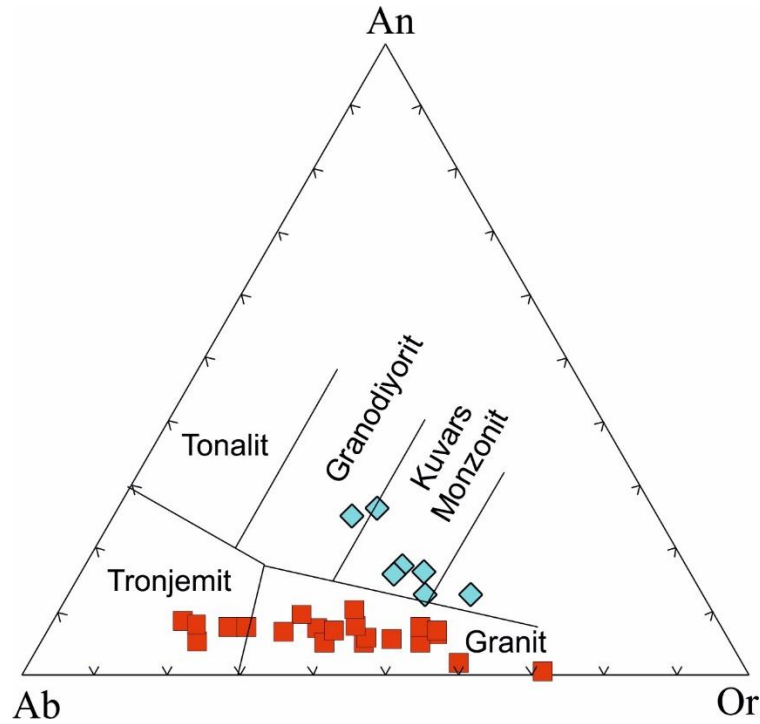
Jeokimyasal sınıflandırma diyagramlarından elde edilen sonuçları test etmek amacıyla örnekler molar oranlara göre oluşturulan anortit-albit-ortoklas (An-Ab-Or) diyagramına aktarılmıştır (Şekil 3.11). Bu diyagramda muskovit meta-granitler ile biyotit meta-granitler farklı trendler sergileyerek birbirinden ayrılmaktadırlar. Muskovit meta-granit örnekleri Ab-Or eksenine yaklaşık paralel bir dağılım sergilemekte ve çoğunlukla granit alanında toplanmaktadır. Bazı örnekler ise yüksek molar albit (Ab) içerikleri nedeniyle tronjemit alanına geçmektedir. Biyotit meta-granitler yüksek molar anortit (An) içerikleri nedeniyle muskovit meta-granitlerden ayrılmakta ve granodiyorit alanından başlayarak monzonit alanına geçiş yapan bir trend sunmaktadırlar.

Alümina bazlı sınıflama, özellikle ortaç ve asidik karakterli magmatik kayaçların genel jeokimyasal karakteristiklerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Meta-granite ait örnekler 1'den büyük molar A/CNK (Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O)) oranları ile peralümin bir karakter sergilemektedirler (Şekil 3.12.a) (Shand, 1947; Clarke, 1981). Bu değerlerin, bir örnek hariç, 1.1'den de büyük olması (1.09–1.36), güçlü-peralümin (strongly peraluminous) karakterli olduklarına işaret etmektedir. Güçlü-peralümin karakter taşıyan magmatik kayaçlar, biyotite ilave olarak, genellikle muskovit, kordiyerit, andalüzit veya granat gibi Al'ca zengin minerallerden biri veya birkaçını birlikte bulundurmaktadırlar. Deneysel çalışmalarla destekli olarak bu tür güçlü-peralümin kayaçlar sedimanter kökenle ilişkilendirilmektedir (Clemens, 2003) ve S-tipi granitler veya volkanitler olarak bilinmektedirler (Chappell and White, 1974, 2001). Meta-granit örnekleri hem yukarıda belirtilen alümina doygunluk değerleri ve hem de muskovit, biyotit, granat (biyotit granitler) gibi yüksek Al'lu mineralleri ile S-tipi kökene işaret etmektedir.

Kıtasal kabuktan kaynaklanan magmatik kayaçların I-tipi (igneous) ve S-tipi (sedimanter) ayrımının yapıldığı [Al₂O₃-(Na₂O+K₂O)]-CaO-(FeO+MgO) (A-C-F) diyagramında (Şekil 3.12.b) (Chappell ve White, 1992), meta-granite ait örnekler yüksek A [Al₂O₃-(Na₂O+K₂O)] değerleri ile diyagramın S-tipi alanında toplanarak bu sonucu desteklemektedir.

3.3.3. Ana ve İz Elementler

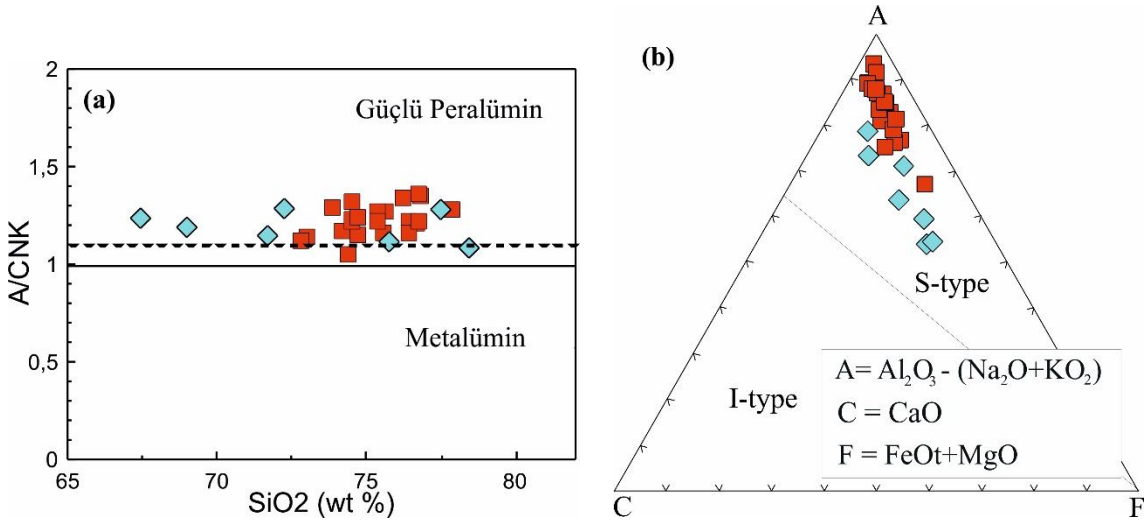
Dar bir aralıkta değişen SiO_2 (% ağırlık 72.8-77.8) içerikleri nedeniyle muskovit meta-granitler SiO_2 'e karşı ana oksit ve iz elementlerin değişim diyagramlarında (Şekil 3.13) belirgin yönsemeler göstermezken, biyotit meta-granitler nispeten daha geniş bir aralıkta dağılım sergileyen SiO_2 (% 67.5-78.4) değerleri nedeniyle belirgin negatif trendler sunmaktadır. Artan SiO_2 içeriği karşısında MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO 'un belirgin negatif korelasyonlar sergilemesi biyotit, Fe-Ti oksit ve plajiyoklasın fraksiyonlaşması ile açıklanabilir. K_2O içeriklerindeki hafif pozitif yönseme K'lu feldspat birikimi ile; Na_2O , Ba, Sr ve Eu'daki negatif yönsemeler ise plajiyoklasın ve kısmen de K'lu feldspatın fraksiyonel kristallenmesi ile ilişkilendirilebilir. Zr, Y ve Yb içeriklerinde gözlenen negatif trendler ise ağır minerallerden zirkonun, P_2O_5 'deki belirgin negatif yönseme ise apatit fraksiyonlaşmasına işaret edebilir.



Şekil 3.11. Meta-granite ait örneklerin molar An-Ab-Or diyagramındaki konumları (Shand, 1947, Clarke, 1981). Semboller Şekil 3.9'daki gibidir.

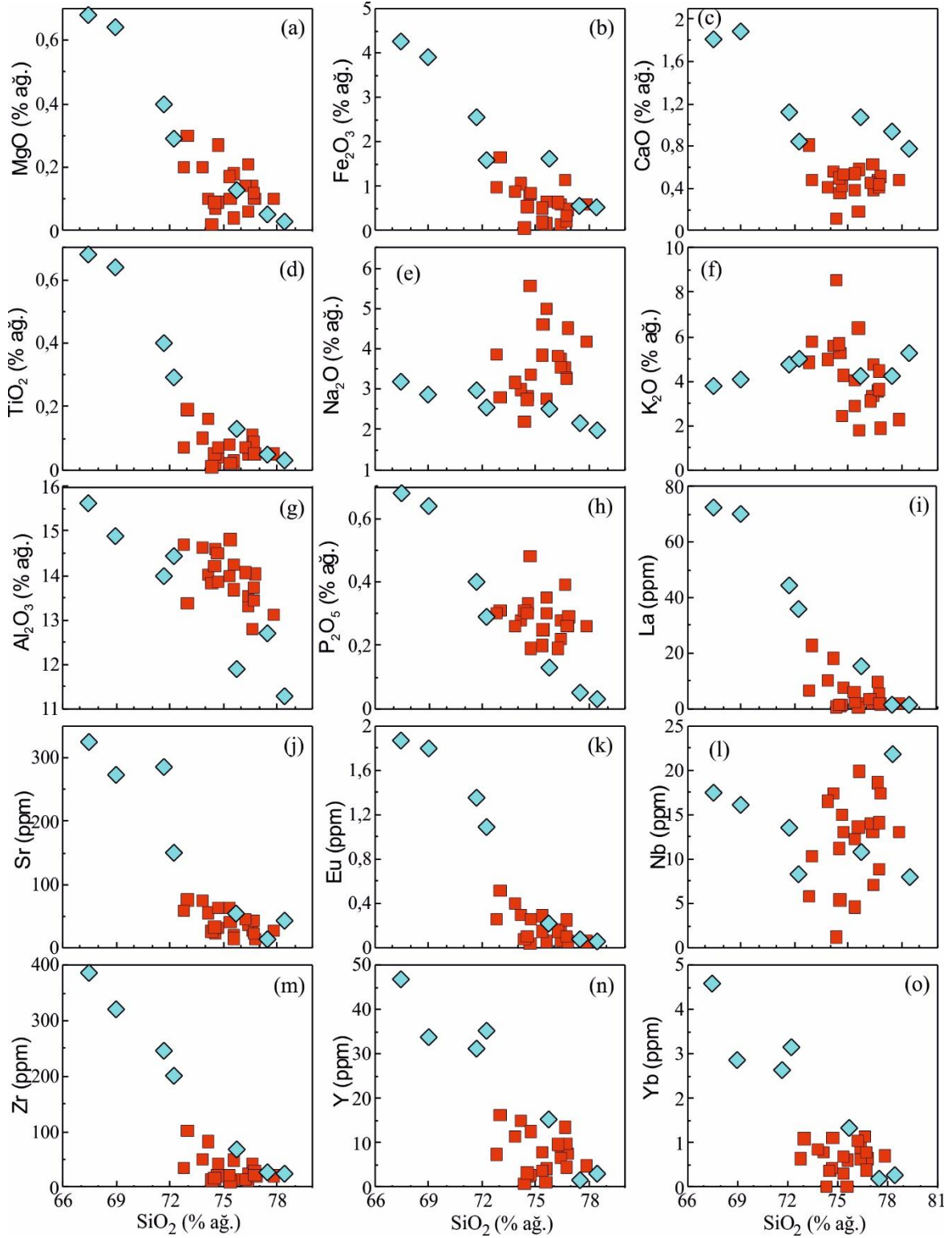
Kurtoğlu Metamorfitleri içerisindeki meta-granitlere ait örneklerin kondrite (Taylor ve McLennan, 1985) göre normalleştirilmiş nadir toprak element (NTE) diyagramları Şekil

3.14a ve b' de görülmektedir. Her iki diyagramda da görüldüğü üzere SiO_2 içeriği arttıkça örneklerin toplam NTE içeriğinde bir azalma olmaktadır. Bu durum, fraksiyonel kristallenme neticesi NTE içeriği yüksek minerallerin modal bolluklarının giderek azaldığı, buna karşılık kuvars gibi toplam NTE içeriği göreceli olarak daha düşük minerallerin modal bolluklarının arttığı anlamına gelmektedir. Diyagramlarda görülen oldukça belirgin negatif Eu anomalisi, ana magmanın meta-granitleri üreten ergiyiğin bileşimine kavuşmadan önce feldspatlar bakımından, önemli ölçüde fraksiyonlaştığına işaret etmektedir. Sağ tarafa eğimli profillerin orta ve ağır NTE' lere doğru gidildikçe eğimlerini azaltmaları ve ağır nadirlere gelindiğinde yataya yakın konuma gelmeleri, yitim ve çarpışma ortamlarına ait magmatik kayalar için tipiktir. Ana ve iz element jeokimyası ile birlikte değerlendirildiğinde, bu özelliklerin çarpışma ortamlarına işaret ettiği açıktır.

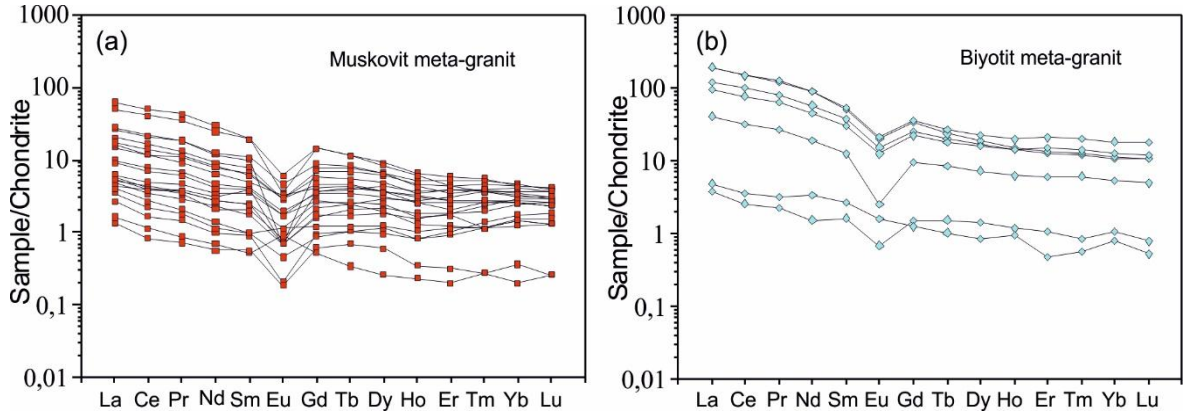


Şekil 3.12. Kurtoglu meta-granitine ait örneklerin a) SiO_2 'ye karşı A/CNK [$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$] ve b) A-C-F diyagramlarındaki konumları (Chappell and White, 1992). Semboller Şekil 3.9'daki gibidir.

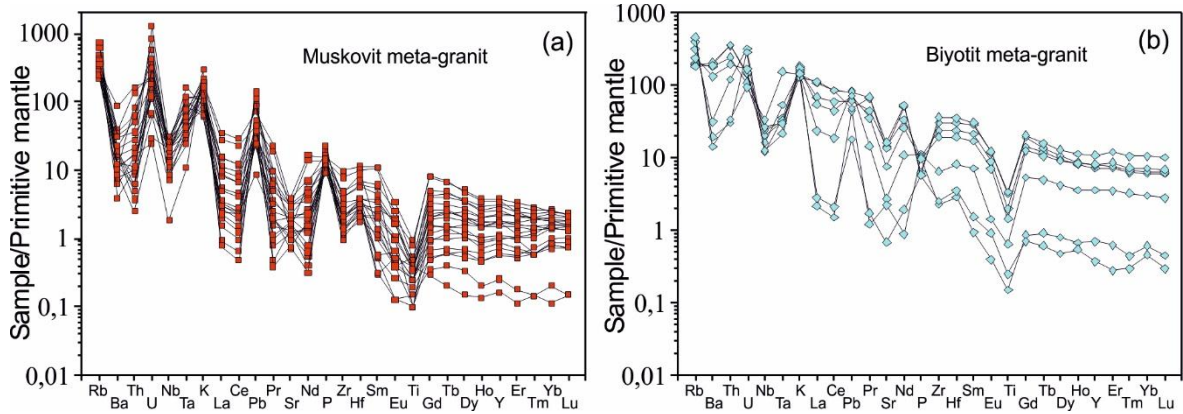
Meta-granite ait örneklerin ilksel/primitif mantoya (PM) (McDonough ve Sun, 1995) göre normalleştirilmiş çoklu iz element diyagramları Şekil 3.15a ve b'de görülmektedir. Rb, Th, U, K gibi LILE zenginleşmesi, negatif Nb, Ta, Ti anomalisi, pozitif Pb anomalisi ve sağ tarafa eğik HFSE ve HREE profilleri yitimle ilişkili ortamların yanı sıra çarpışma ortamlarına ait kayalarında özellikleridir.



Şekil 3.13. Kurtuluş meta-granitine ait örneklerin ana oksit ve iz element değişim diyagramları. Semboller Şekil 3.9'daki gibidir



Şekil 3.14. Muskovitçe-zengin (a) ve biyotitçe-zengin (b) meta-granitlere ait örneklerin kondite (Taylor ve McLennan, 1985) oranlanmış nadir toprak element diyagramları



Şekil 3.15. Muskovitçe-zengin (a) ve biyotitçe-zengin (b) meta-granitlere ait örneklerin primitif mantoya (McDonough ve Sun, 1995) oranlanmış çoklu iz element diyagramları

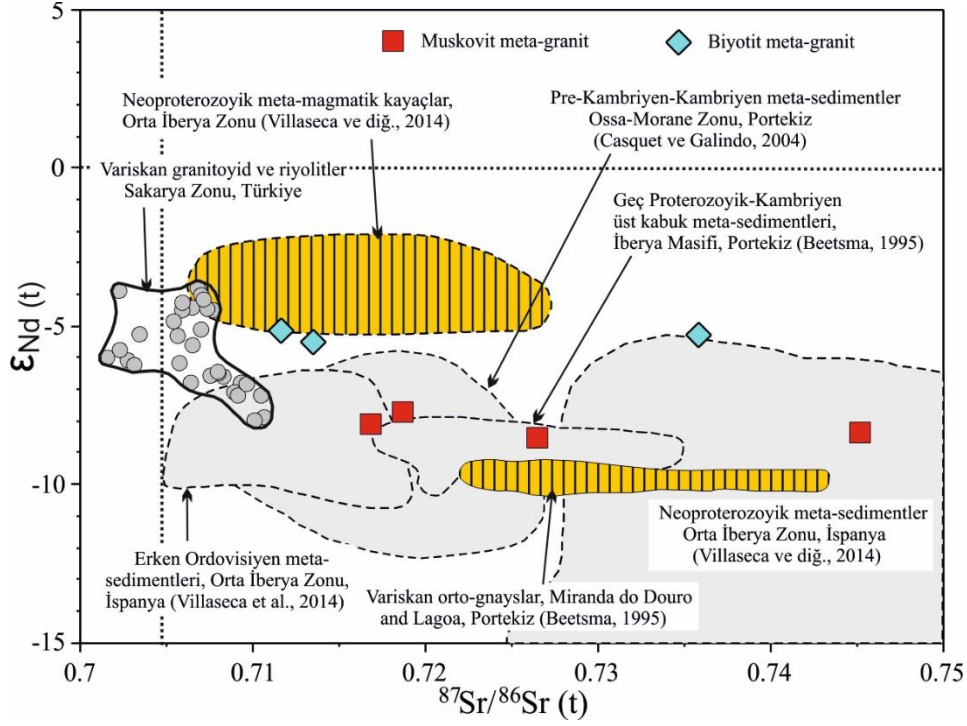
3.3.4. Sr-Nd-Pb İzotop Oranları

Kurtoğlu metamorfitleri içerisindeki meta-granitlere ait 7 örnek radyojenik Rb-Sr, Sm-Nd ve Pb-Pb izotop oranları bakımından analiz edilmişlerdir. Kurtoğlu metamorfitlerinin metamorfizma yaşı (335 my), kayalarda ölçülen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ve Pb ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) izotop oranları ve ölçülen Rb, Sr, Sm, Nd, U, Th, Pb içeriklerinden yararlanılarak kayaların ilksel izotop oranları hesaplanmıştır. Ölçülen ve hesaplanan ilksel radyojenik izotop oranları Tablo 3.4' de verilmektedir.

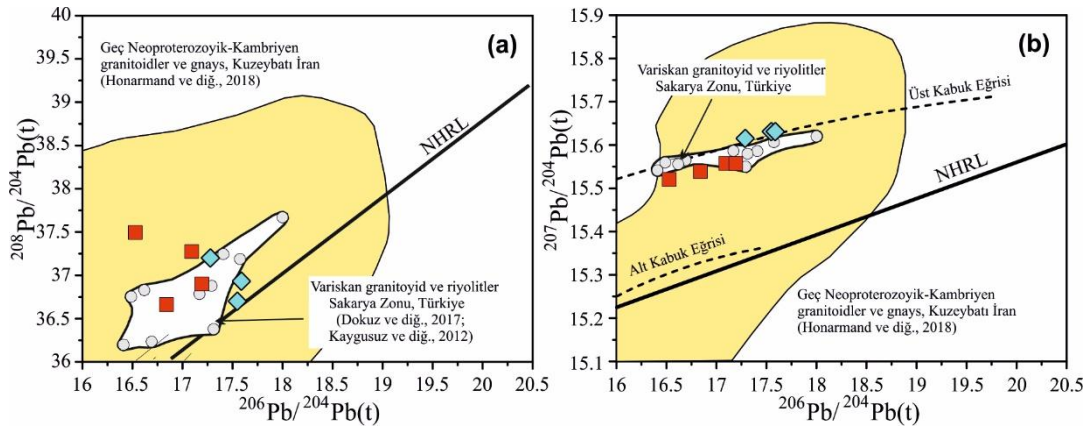
Tablo 3.4. Kurtoğlu Metagranitine ait Sr, Nd ve Pb izotopik bileşimleri

| Örnek | Rb | Sr | Sm | Nd | ⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr | U | Th | Pb | ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr | 2s | I _{Sr} | ¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd | ¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd | 2s | e _{Nd} (0) | f _{Sm/Nd} | e _{Nd} (T) | T _{DM} | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb i | ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb | ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb i |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|-------|---------------------------------------|----------|-----------------|---|---|----------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------|---|---|---|
| | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | | (ppm) | (ppm) | (ppm) | | | | | | | | | | (Ga) | | | |
| KU2 | 171,1 | 75,8 | 4,48 | 21 | 6,546042 | 4,3 | 13 | 10,8 | 0,748009 | 0,000010 | 0,71680 | 0,1295 | 0,512075 | 0,000004 | -11,0 | -0,34 | -8,1 | 1,72 | 15,56 | 38,598 | 37,28 |
| KU8 | 291,9 | 26,7 | 2,27 | 8,4 | 31,70449 | 5,8 | 6,6 | 4,3 | 0,896487 | 0,000010 | 0,74531 | 0,1641 | 0,512137 | 0,000009 | -9,8 | -0,17 | -8,4 | 1,62 | 15,56 | 38,676 | 36,90 |
| KU16 | 266,4 | 55,7 | 4,45 | 17,4 | 13,87002 | 5,1 | 11 | 6,5 | 0,792637 | 0,000011 | 0,72650 | 0,1553 | 0,512109 | 0,000005 | -10,3 | -0,21 | -8,6 | 1,67 | 15,54 | 38,549 | 36,66 |
| KU58b | 220,9 | 58,8 | 1,38 | 5,7 | 10,89473 | 3,8 | 4 | 5,7 | 0,770605 | 0,000008 | 0,71866 | 0,1470 | 0,512133 | 0,000007 | -9,9 | -0,25 | -7,7 | 1,63 | 15,52 | 38,266 | 37,49 |
| KU32 | 120 | 284,7 | 8,75 | 39,6 | 1,222339 | 2,2 | 19,3 | 9,2 | 0,741730 | 0,000010 | 0,73590 | 0,1342 | 0,512236 | 0,000006 | -7,8 | -0,32 | -5,2 | 1,46 | 15,63 | 39,017 | 36,70 |
| KU35 | 110,2 | 324,7 | 12,38 | 65,6 | 0,984232 | 3 | 28,7 | 12,3 | 0,716257 | 0,000009 | 0,71156 | 0,1146 | 0,512195 | 0,000006 | -8,6 | -0,42 | -5,1 | 1,53 | 15,63 | 39,528 | 36,93 |
| KU41 | 141,9 | 150,4 | 6,91 | 32,5 | 2,736104 | 3,4 | 15,4 | 10,7 | 0,726489 | 0,000008 | 0,71344 | 0,1291 | 0,512208 | 0,000005 | -8,4 | -0,34 | -5,5 | 1,51 | 15,61 | 38,785 | 37,20 |

Not: $e^{nd} = ((^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s / (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{chur}} - 1) \times 10000 \cdot f_{\text{Sm/Nd}} = (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Sm})_s / (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Sm})_{\text{chur}} - 1 \cdot (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{chur}} = 0.512638 \cdot (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Sm})_{\text{chur}} = 0.1967$. Model yaşlar lineer izotopik oran büyüme denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. Denklem: $T_{\text{DM}} = 1/X \ln(1 + ((^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s - 0.2137))$ şeklindedir.



Şekil 3.16. Kurtoğlu meta-granitine ait örneklerin ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)$ 'a karşı ilksel $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ diyagramı. Karşılaştırma amacıyla diyagrama Sakarya Zonu Variskan granitoid ve riyolitlerine ait izotopik oranların (Topuz ve diğ., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz ve diğ., 2012; Dokuz ve diğ., 2017) yanı sıra Neoproterozoyik-Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı meta-sedimentler ve aynı yaşlı meta-magmatik kayalar ile Variskan orto-gneysların izotop oranlarına ait alanlarda aktarılmıştır.



Şekil 3.17. Kurtoğlu meta-granitine ait örneklerin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(t)$ 'a karşı (a) $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(t)$ ve (b) $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(t)$ diyagramı. Karşılaştırma amacıyla diyagrama ayrıca Sakarya Zonu Variskan granitoid ve riyolitlerine ait Pb-Pb izotop oranlarına ait noktaların yanı sıra, Kuzeybatı İran'a ait Geç Neoproterozoic-Kambriyen yaşlı granitoidler ve gneysların Pb-Pb izotop alanları aktarılmıştır. Semboller isimleri Şekil 3.9'daki gibidir.

Muskovit-ve biyotit-meta granitlerin ilksel $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları birbirine benzer olup nispeten geniş bir aralıkta sergilemektedirler ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(\text{t})\text{muskovit meta-granit}} = 0.71680-0.74531$; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(\text{t})\text{biyotit meta-granit}} = 0.71156-0.73590$). $\epsilon_{\text{Nd}(\text{t})}$ değerleri ise, her bir kaya grubu için, kendi içinde oldukça dar bir aralıkta değişim gösterirken ($\epsilon_{\text{Nd}(\text{t})\text{muskovit meta-granit}} = -7.73 - -8.55$; $\epsilon_{\text{Nd}(\text{t})\text{biyotit meta-granit}} = -5.13 - -5.50$), muskovit meta-granitlerin biyotit meta-granitlere göre daha negatif (radyojenik) $\epsilon_{\text{Nd}(\text{t})}$ değerleri dikkati çekmektedir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\text{t})$ 'a karşı $\epsilon_{\text{Nd}(\text{t})}$ diyagramında (Şekil.16) alt sağ kadrana düşen muskovit ve biyotit meta-granitler, hem birbirine ve hem de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(\text{t})}$ eksenine paralel bir dağılım sergilemektedirler. Ayrıca, karşılaştırma amacıyla diyagrama Sakarya Zonu Variskan granitoyid ve riolitlerine ait izotopik oranlar (Topuz ve diğ., 2010; Dokuz, 2011; Kaygusuz ve diğ., 2012; Dokuz ve diğ., 2017) ile Neoproterozoyik-Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı meta-sedimentler ve metamagmatik kayalara ait alanlar da aktarılmıştır. $\epsilon_{\text{Nd}(\text{t})}$ değerleri bakımından meta-granitlerin Sakarya Zonu Variskan granitoyid ve riolitleri ile benzer olduğu, buna karşılık Sr izotop oranlarının Variskan granit ve riolitlerine ait oranlardan çok daha yüksek (radyojenik) olduğu dikkati çekmektedir. Diyagrama bakıldığında, Kurtoğlu meta-granitlerine ait Sr izotop oranları ve $\epsilon_{\text{Nd}(\text{t})}$ değerlerinin, Variskan granitlerinden ziyade, Kadomiye Orojenezi ile ilişkili (Geç Neoproterozoyik-Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı) orto-gnayslar ve meta-sedimentler ile benzerlik gösterdikleri görülmektedir.

Örneklerin ilksel $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(\text{t})}$ oranları (16.53-17.59), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(\text{t})}$ oranları (15.52-15.63) ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(\text{t})}$ oranları (36.66-37.49) dar bir aralıkta dağılım sunmaktadır. Pb-Pb izotop diyagramına (Şekil 3.17ab) aktarıldığında bu oranların Sakarya Zonu Variskan granitoyid ve riolitlerine ait Pb izotop oranları ile benzerlik arz ettikleri görülmektedir. Karşılaştırma amacıyla, diyagrama Kadomiye Orojenezi (Geç Neoproterozoyik-Kambriyen) ile ilişkili granitoyid ve gnaslara ait izotop oranları da aktarılmıştır (Kuzeybatı İran, Honarmand ve diğ., 2018). Örneklerin Kuzeybatı İran'ın Kadomiye-ilişkili granitoyid ve gnaysları ile de benzer izotop oranlarına sahip oldukları görülmektedir.

4. TARTIŞMA

Bu bölümde Kurtoğlu meta-graniti'nin kaynak alan karakteristikleri, mevcut jeokimyasal bileşime ulaşıncaya kadar geçirdiği kesirli kristallenme ve kirlenme (kontamiasyon) gibi kabuksal olaylar ve oluştukları tektonik ortam irdelenmektedir.

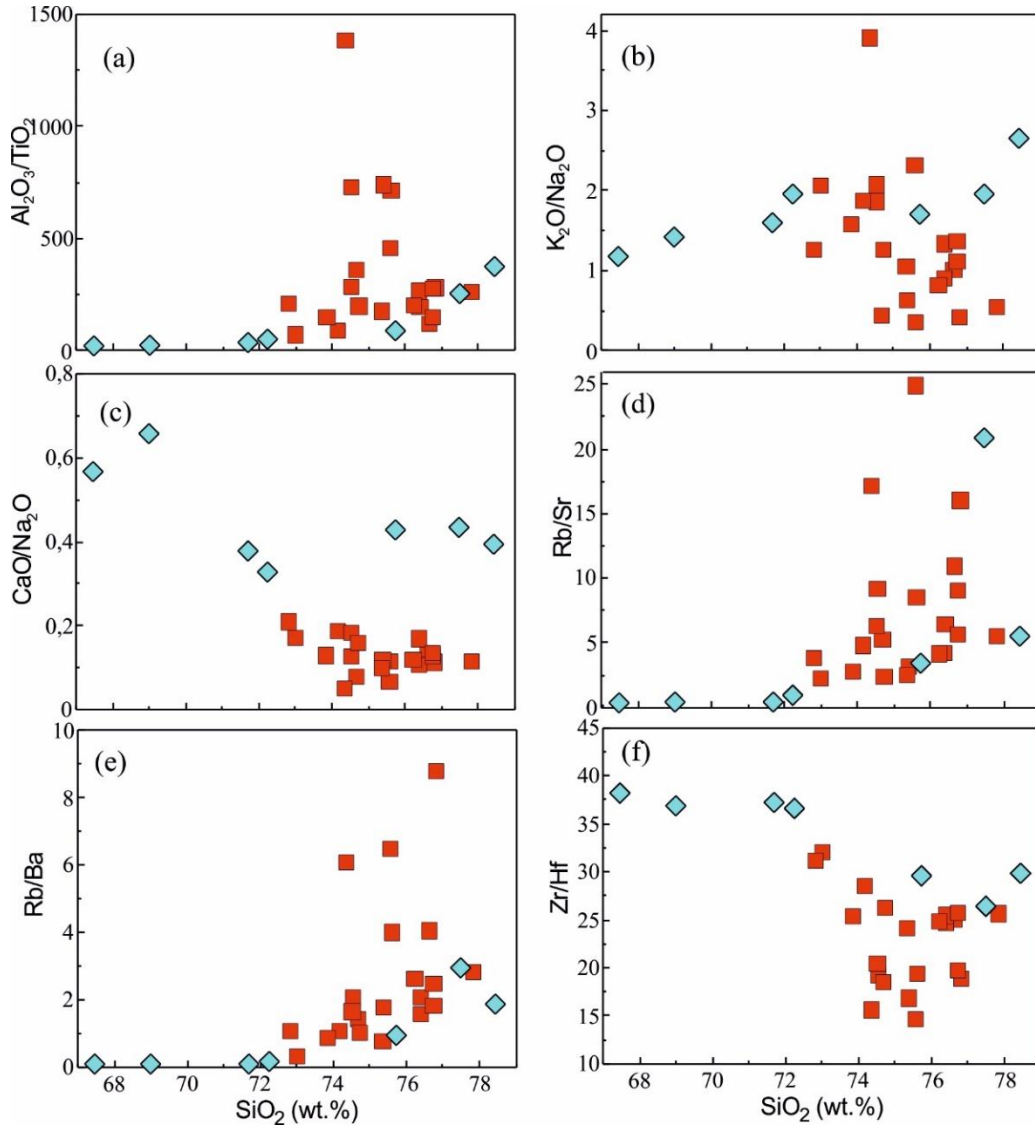
4.1. Kesirli Kristallenme

Değişim diyagramlarında görüldüğü üzere (Şekil 4.1), muskovit meta-granitler bileşimsel değişimin felsic ucunda toplanırken ($\text{SiO}_2 = \% 72.8\text{--}77.8$), biyotit meta-granitler nispeten geniş bir bileşimsel aralık sunmakta ($\text{SiO}_2 = \% 67.46\text{--}78.44$) ve felsic uça yer alanlar muskovit meta-granitler ile örtüşmektedirler. Meta-granite ait örneklerde tespit edilen en düşük SiO_2 içeriği $\% 67.46$ olup biyotit meta-granitlere aittir. $\%78.44'$ e kadar yükselen SiO_2 içeriği, güçlü negatif Ba, Nb, Ta, Eu, Sr, Ti ve pozitif Rb anomalileri (Şekil 4.1), riyolitik magmanın mevcut element konsantrasyonlarına ulaşmadan önce de önemli bir K'lu feldspat, plajiyoklas, biyotit, apatit ve ilmenit fraksiyonlaşması geçirmiş olduğuna işaret etmektedir. Devam eden kesirli kristallenme mevcut bileşimsel oluşmasına yol açmıştır.

Artan SiO_2 'ye karşılık azalan MgO, Fe_2O_3 ve TiO_2 içerikleri, biyotit tarafından kontrol edildiklerini ve örneklerdeki modal biyotit miktarının felsik uçtaki örneklerle doğru gidildikçe azaldığını göstermektedir. Bu durum Kurtoğlu meta-granitinin oluşumu sırasında kesirli kristallenmenin baskın bir rol oynadığını ve muskovit meta-granitlerin biyotit meta-granitlerden itibaren fraksiyonlaşma yoluyla oluştuğunu ima etmektedir. Diğer taraftan biyotit ve muskovit meta-granitlere ait örneklerin An-Ab-Or (Şekil 3.11) diyagramında farklı trendler sunmaları, her iki gruba ait ana magmanın farklı kaynaklardan itibaren kısmi ergime yoluyla oluştuğundan sonra kesirli kristallenme yolu ile mevcut bileşimlerine ulaştıklarına işaret etmektedir. Hangi durumun daha geçerli olduğu, her iki kaya grubuna ait kalıntı zirkonlarda gerçekleştirilecek U-Pb yaşlandırmaları ile ortaya konulabilecek bir durumdur.

Meta-pisamitik ve meta-pelitik kayalar üzerinde gerçekleştirilen deneysel kısmi ergime çalışmalarının Fe+Mg içeriği $\% 3\text{--}4'$ den daha az olan felsik bileşime sahip S-tipi granitik magmalar ürettiği görülmüştür (Holtz ve Johannes, 1991; Montel ve Vielzeuf,

1997; Patiño Douce ve Beard, 1996; Patiño Douce ve Johnston, 1991; Stevens vd., 1997, 2007; Vielzeuf ve Montel, 1994). S-tipi granitlerdeki % 2.5'den daha düşük Fe+Mg içerikleri kesirli kristallenme olaylarına atfedilmektedir (Champion ve Baltitude, 2013). Metamorfizma yaşı erken-orta Karbonifer olan Kurtoğlu meta-granitine ait örnekler, biyotit meta-granitlere ait iki örnek (KU-34, KU-35) dışında, % 4 den daha düşük Fe+Mg içeriklerine sahiptirler. Öyle ki, çoğu muskovit meta-granit örneğinin Fe+Mg içeriği (% 0.03-1.77) % 2.5'den çok daha düşüktür. Bu durum güçlü bir şekilde fraksiyonlaşmış S-tipi granitlerde yaygın olarak gözlenen bir özelliktir (Champion ve Baltitude, 2013). Görüldüğü üzere bu değerler deneysel çalışmalar sonucu S-tipi granitler için elde edilen değerler ile uyumludur.



Şekil 4.1. Bazı ana ve iz element oranlarının SiO_2 'ye karşı değişim diyagramları

Ancak, Fe+Mg içeriklerinin % 2.5'den çok daha düşük olması, kesirli kristallenmenin de önemli bir fonksiyon icra ettiğine işaret etmektedir. TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O , Ba, Rb, Sr, LREE, Eu, Zr ve Hf gibi ana ve iz elementlerin çoğu artan SiO_2 içeriği ile negatif korelasyonlar sunmaktadırlar (Şekil 4.1). Bu korelasyonlar feldispat, mika ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşması ile uyumludur.

4.2. Kaynak Alan

S-tipi kayaçların petrojenetik modelleri ile ilgili tartışmaların büyük çoğunluğu kaynak alan kayaları etrafında, özellikle kabukta yer alan birkaç bileşen (White ve Chappell, 1988; Chappell ve White, 1992) veya iki/üç kabuksal bileşenin karışımı üzerinde yoğunlaşmaktadır (Collins, 1996; Keay vd., 1997). Erken Karbonifer yaşlı meta-granit örneklerinin hepsi güçlü peralumin karaktere sahip olup, şošonitikten yüksek K'lu kalk-alkaliye kadar değişen bir jeokimyasal bileşime sahiptir ve % 1.02 ila 4.441 arasında normatif korendon içermektedirler. Muskovit meta-granitlere S-tipi granit/riyolitler için karakteristik olan kordiyerit, sillimanit, muskovit, granat gibi alüminyumca zengin fazlardan muskoviti bol miktarlarda içerirler. Bazı biyotit meta-granit örneklerinde ise granat bulunur. Bütün bu özellikler Kurtoğlu meta-graniti için kaçınılmaz bir şekilde kıtasal kabukta yer alan bir kaynak alana işaret etmektedir. Kayaçlarda güçlü peralumin karakterin oluşumu için iki yol bulunmaktadır. Bunlar; (1) alüminyumca fakir magmaların fraksiyonlaşması, ve (2) meta-sedimanter ve ortaç bileşimli meta-magmatik kayaçların kısmi ergimesi (Sylvester, 1998; Clemens, 2003; Miller, 1995; Petrford ve Atherton, 1996; Springer ve Seck, 1997).

Amfibolitik kaynak kayalarının kısmi ergimesi ortaçtan asidiğe kadar değişen bileşimsel aralıkta metalümin ergiyikleri üretir. Bu ergiyikler Na- ve Si-zenginleşmesi ve düşük K_2O/Na_2O oranları ile karakteristiktirler (Rapp vd., 1991; Şen ve Dunn, 1994). Böyle bir magmadan itibaren Al'ca fakir fazların fraksiyonlaşması K_2O içeriğindeki artışla birlikte metalümin ergiyiğin peralümin tarafa doğru evrilmesine yol açar (Zen, 1986). Ancak bu olay ergiyiğin K_2O/Na_2O oranının > 1 olması için yeterli görülmemektedir. Erken Karbonifer yaşlı biyotit meta-granit örnekleri 1'den yüksek K_2O/Na_2O oranlarına (1.18-2.66) sahiptirler ve artan SiO_2 içeriği ile pozitif bir korelasyon sergilemektedirler. SiO_2 arttıkça artan K_2O içerikleri ve K_2O/Na_2O oranları fraksiyonel kristallenmenin etkisine işaret etmekle birlikte, 1'den oldukça büyük K_2O/Na_2O oranları bazik bir

magmadan itibaren kesirli kristallenme yolu ile oluşuma karşı durmaktadır. Muskovit meta-granitler ise 0.36 ila 3.91 arasında değişen K_2O/Na_2O oranlarına sahiptirler. 1'den düşük K_2O/Na_2O oranları metalümin karakterli kayalarındaki oranlarla örtüşmektedir. Ancak, SiO_2-K_2O (Şekil 3.10) ve SiO_2-K_2O/Na_2O (Şekil 3.9) diyagramlarında, çok belirgin olmamakla birlikte, örneklerin SiO_2 içeriği arttıkça K_2O içerikleri ve K_2O/Na_2O oranları azalmaktadır. Diyagramlarda da görüldüğü üzere Si'ca fakir örnekler fraksiyonlaşan örneklerle göre daha yüksek K_2O içeriklerine ve K_2O/Na_2O oranlarına sahiptirler. Bu durum muskovit meta-granitlerin K'ca fakir metalümin bir magmadan itibaren kesirli kristallenme yolu ile oluşmasını açık bir şekilde ihtimal dışı bırakmaktadır.

Ayrıca meta-granitler içerisinde kaynak alan kalıntısı olarak kabul edilen, kısmi ergimeden korunmuş, restitik anklavlar bulunmamaktadır. Bu nedenle kaynak alan kayaların bileşimi hakkında doğrudan bir bilgiye sahip olma imkanı yoktur. Diğer taraftan bu gözlem Clemens vd. (1997)'nin S-tipi granitlerle ilgili olarak "restitik anklavlar ya çok nadir ya da hiç bulunmaz" şeklindeki öngörülleri ile uyumludur. Çünkü yazarlara göre S-tipi ergiyikler yeryüzüne çıkarken veya ulaştıklarında bile içlerindeki restitik kristalleri tamamen ergitebilecek kadar yüksek sıcaklıklara sahiptirler.

Bütün bunlara rağmen, Kurtoğlu meta-granitinin granat ve muskovit gibi Al'ca zengin fazlar içermesi ve güçlü peralümin karakterli oluşu, meta-sedimanter ve/veya ortaç bileşimli meta-magmatik kayalardan itibaren kısmi ergime yolu ile oluştuğuna dair bir sınırlandırma getirmektedir. Kuvars-feldspatik kayaların (orto-gneys) ve mika bakımından fakir meta-psamitlerin düşük sıcaklıklarda kısmi ergimesi böyle bir ergiğin oluşması için yeterli görülmemektedir (Beard ve Lofgren, 1991). Böyle bir ergiyikte meydana gelen fraksiyonel kristallenmenin geriye kalan ergiyiği peralümin bileşime ulaştırması mümkündür. Ancak Al'ca zengin fazların kristallenmesi için gerekli elementler bakımından yeterince zenginleşememesi söz konusudur.

S-tipi kayaların yüksek Rb içerikleri yanı sıra K ve Al'ca zengin fazların varlığı mika içeren köken kayalarını öngörmektedir. Bu kapsamda meta-pelit ve arjilitik(pelitik) meta-psamitler (meta-grovaklar) veya bunların değişik kombinasyonları uygun bileşimlere sahiptir. Bununla birlikte, kuvars ve feldspat içermeyen veya fakir pelitlerin baskın olduğu kaynak alanlar, kısmi ergime deneylerinde de tecrübe edildiği üzere, S-tipi magmaların üretilmesi için yeterince verimli değildir (Clemens ve wall, 1984; Miller, 1985). Diğer taraftan, çok sayıdaki deneysel çalışma, verimli (fertile) meta-pelitlerin ve meta-psamitlerin susuz koşullarda kısmi ergimesinin ortaç/felsik granülit restitleri de içeren S-

tipi magmaların oluşması ile sonuçlandığını göstermektedir (Vielzeuf ve Hollaway, 1988; Patiño Douce ve Johnston, 1991; Stevens vd., 1997). Yukarıdaki deneysel öngörülerden hareketle Kurtoğlu Meta-graniti'nin genel olarak mika içeren psamitler ve/veya meta-pelitik kayalardan itibaren kısmi ergime yolu ile oluştukları öngörülebilir.

Kurtoğlu meta-graniline ait örnekler yüksek Al_2O_3/TiO_2 (23–1382) ve düşük CaO/Na_2O (0.05–0.66) oranlarına sahiptirler ve bu nedenle güçlü peralümin granit alanında toplanmaktadırlar (Şekil 4.2a). Bununla birlikte biyotit meta-granitler daha yüksek CaO/Na_2O oranları ile muskovit meta-granitlerden ayrılmakta ve güçlü peralümin granit alanının **kilce-fakir kaynak alan** kısmında toplanmaktadırlar. Bu durum ana magmanın kilce-fakir, plajiyoklaz bakımından zengin bir kaynaktan itibaren oluştuğunu ima etmektedir (Sylvester, 1998). Ca_2O/Na_2O oranlarının artan diferansiyasyona (SiO_2) karşı negatif bir korelasyon göstermesi biyotit meta-granitlerin yüksek Ca/Na oranlarının fraksiyonel kristallenmenin bir sonucu olmadığını göstermektedir. Buna karşılık muskovit meta-granitler daha düşük CaO/Na_2O oranları ile güçlü peralümin granit alanının **kilce-zengin kaynak alan** kısmında toplanmaktadırlar. Meta-granit örnekleri Rb/Sr - Rb/Ba diyagramına (Şekil 4.2b) aktarıldığında da benzer sonuçlar elde edilmektedir. Görüldüğü üzere muskovit meta-granitlerin tamamı kilce-zengin kaynak alan kısmında toplanmaktadır. Biyotit meta-granitler ise kilce-fakir kaynak alandan başlayarak kilce-zengin alana doğru geçiş yapan pozitif bir yönseme sunmaktadırlar. Ancak, örneklerin artan diferansiyasyonla (SiO_2) birlikte artan Rb/Ba ve Rb/Sr oranları (Şekil 4.2b), kilce-zengin kaynak alana düşen/geçiş yapan örneklerin yüksek Rb/Sr ve Rb/Ba oranlarının fraksiyonel kristallenme sonucu olduğu sonucuna götürmektedir. Bu nedenle en az fraksiyonlaşan örneklerin, ki bunlar kilce-fakir kaynak alanına düşmektedir, kaynak alan karakteristikleri bakımından temsil kabiliyetinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, jeokimyasal veriler biyotit meta-granitlerin kilce-fakir (meta-psamitik), muskovit meta-granitlerin ise kilce-zengin (meta-pelitik) bir kaynaktan itibaren kısmi ergime yolu ile kaynaklandığına işaret etmektedir.

İzotop diyagramları da benzer sonuçlar üretmektedir. Kurtoğlu Meta-graniline ait örnekler ileri derecede radyojenik $Sr_{(t)}$ (0.71156-0.74531) oranlarına ve -5.13 ila -8.55 arasında değişen negatif $\epsilon_{Nd(t)}$ değerlerine sahiptirler. Meta-granitler Variskan temele ait metamorfize-olmamış granitik/riyolitik kayalarla karşılaştırıldığında, $\epsilon_{Nd(t)}$ değerleri bakımından benzer oldukları, ancak Sr izotop oranları bakımından çok daha radyojenik oranlara sahip oldukları görülmektedir (Şekil 3.16). Diyagramda ayrıca, karşılaştırma

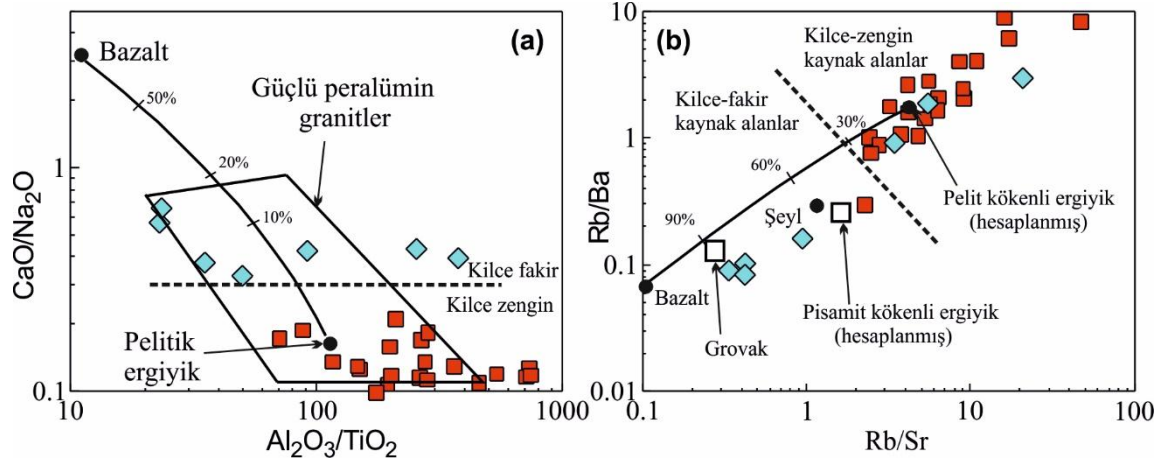
amacıyla Variskan kuşağı içerisinde yer alan Geç Neoproterozoyik-Kambriyen yaşlı meta-sedimentler ve orto-metamorfizmalara ait Sr-Nd izotop alanları da yer almaktadır. Meta-granitler, Geç Neoproterozoyik-Kambriyen yaşlı meta-sedimentlere benzer şekilde, Sr eksenine paralel bir dağılım sergilemektedirler. Görüldüğü üzere meta-granitlere ait Nd ve Sr izotop oranları güçlü bir şekilde kıtasal kabuk içerisinde kalan bir kaynağa işaret etmektedir. Benzer şekilde, örneklerin Pb izotopik bileşimleri de alt kabukta yer alan bir kaynaktan itibaren kısmi ergime ile uyumludur (Şekil 3.17a,b).

4.3. Zirkon U-Pb SHRIMP Yaşının Tektono-Metamorfik Anlamı

Sakarya Zonu'nun Variskan temelini oluşturan Karbonifer yaşlı metamorfik kompleksler batıdan-doğuya Kazdağ, Uludağ, Devrekani, Kurtoğlu, Pulur ve Yusufeli olarak sıralanırlar. Karbonifer'de amfibolit ve granolit fasiyesinde bölgesel metamorfizma geçirmiş olan bu kütleler orta-geç Karbonifer yaşlı, çarpışma-sonrası karakterli granitik ve asidik volkanik kütleler tarafından kesilmişlerdir. Her iki kaya grubu birlikte Sakarya Zonu'nun Variskan temel veya Paleozoyik temel kayaları olarak da bilinmektedirler. Bununla birlikte, batıdan başlayarak doğuda Tokat'a kadar olan Sakarya Zonu kesimleri, Geç Triyas-Jura sürecinde meydana gelen Kimmeriyen olaylarının etkisi altında kalmışlardır.

Bilindiği üzere, en son meydana gelen termal olay, kendi zamanını kayıt altına alırken, önceki termal olayların dokusal ve radyometrik izlerini silmektedir. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemi ile Kazdağ Masifi'nin mika ve amfibollerde ölçülen erken Miyosen yaşları bu bölgede etkili olan üçüncü bir termal olayı yansıtmaktadır.

Benzer şekilde Karbonifer boyunca (360-299 my) gerçekleşen Variskan olayları da, Variskan-öncesi sedimantasyon, magmatizma ve metamorfizma gibi olaylara ait dokusal ve radyometrik kayıtları silmiş olmalıdır. Ancak, son 20 yıl içerisinde zirkon, baddeleyit ve titanit gibi yüksek sıcaklık minerallerinin U-Pb izotopik sistemini (yaşını) ölçen LA ICP MS (laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry) ve SHRIMP (sensitive high-resolution ion microprobe) gibi tekniklerin çok hızlı bir şekilde gelişmesi bu zorluğun büyük ölçüde aşılmasına imkan sağlamıştır. Zirkon, U ve Pb açısından 850-800 °C civarında kapanlanma sıcaklığına sahip olan bir mineraldir.



Şekil 4.2. Kurtoğlu Meta-granite'ne ait örneklerin (a) $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 'e karşı $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$; (b) Rb/Sr 'a karşı Rb/Ba diyagramları. Güçlü peralümin (SP) granitlerin alanı, kilce-fakir ve kilce-zengin kaynak alanlarını ayıran kesikli çizgi ve bazalt ve pelitlerden kaynaklanan magmaların karışım trendi (Sylvester, 1998).

Bu nedenle zirkonun jeolojik zamanı kaydeden U-Pb izotopik sistemi kıtasal kabukta gerçekleşen ve bahsi geçen kapanlanma sıcaklık değerlerinin üzerine çıkmayan termal olaylardan (metamorfizma ve kısmi ergime gibi) etkilenmemektedir. Isının kapanlanma sıcaklığının biraz üzerine çıkması durumunda ise zirkon mevcut halini muhafaza ederek büyümeye devam etmekte ve ikinci termal olayı da kayıt altına alabilmektedir. Bu özelliğinden dolayı orta-yüksek dereceli orto-metamorfik kayalarda magmanın kristallenme yaşını ve para-metamorfik (meta-kırıntılılarda) kayalarda ise kırıntı zirkonların (magmanın) kristallenme yaşını ve maksimum depolanma yaşlarını sınırlandırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Topuz ve diğ. (2004)'nin Kurtoğlu Metamorfitleri'ne ait 6 adet örneğin (2 adet meta-lökogranit, 4 adet şist) muskovit ve biyotit seperasyonlarında $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemi ile elde ettikleri yaşlar 320 ila 337 m.y. arasında değişmektedir. Görüldüğü üzere bu yaşlar Sakarya Zonu'nda gerçekleşen Variscan deformasyonlarına karşılık gelmektedir ve metamorfitlerin metamorfizma yaşlarını vermektedir. Bu çalışma kapsamında biyotit meta-granite ait bir örnekteki zirkonlarda (39 adet) U-Pb SHRIMP yöntemi ile elde edilen yaşlar ise 511 ila 459 m.y. arasında değişmektedir (Şekil 3.8.a,b). Kurtoğlu Meta-granite vücut veren magmanın soğuma yaşı olarak kabul edilen bu yaşlar Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen'e karşılık gelmektedir. Bu yaş bulguları meta-granitin Variscan Orojenezi sırasında oluşan sin-orojenik bir kütle olmadığını, Reyik Okyanusu'nun açılması sırasında Sakarya Zonu temeli içerisine yerleştiğini göstermektedir. Erken-orta Karbonifer'de

gerçekleşen Variskan olaylarının etkisi altında kalmış ve Variskan temel içerisindeki diğer kayalarla birlikte düşük-orta dereceli olarak metamorfize olmuştur.

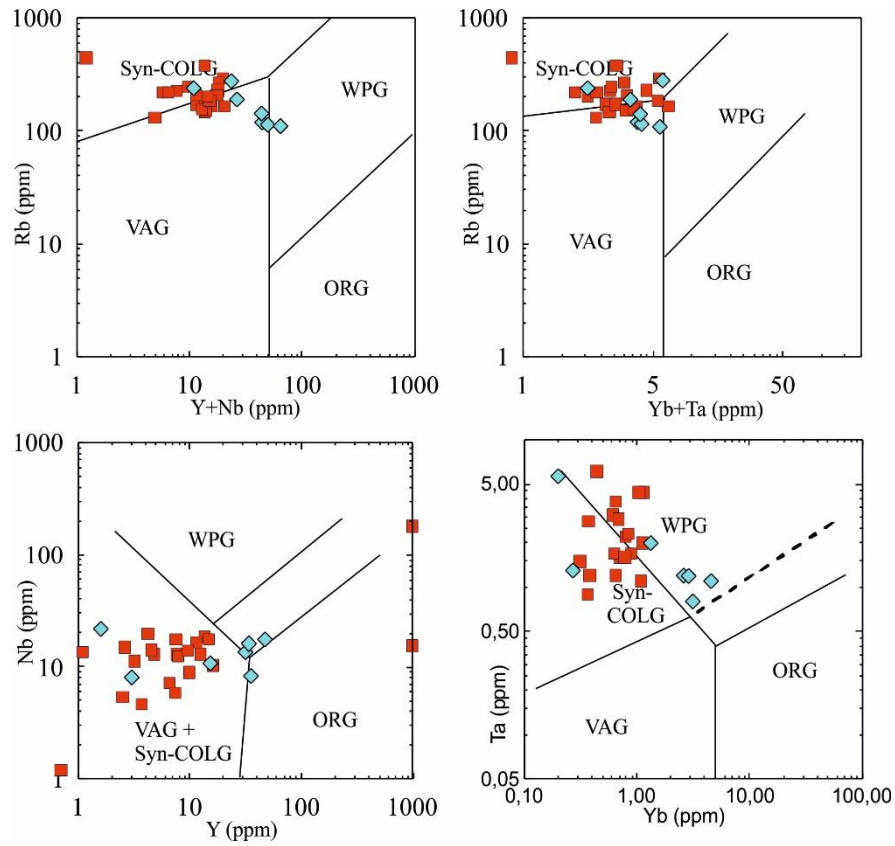
4.4. Tektonik Ortam

Hafifçe sağa eğik nadir toprak element profilleri (Şekil 3.15.a), negatif Nb, Ta, Ti ve pozitif Pb anomalileri (Şekil 3.15.b), meta-granitlerin yitim-ilişkili bir tektonik ortamda oluştuklarını ima etmektedir. Bununla birlikte bütün bu özellikler aynı zamanda çarpışma ortamlarında oluşan kayalarda özellikleridir. Çünkü bir kayanın jeokimyasal bileşimi/özellikleri, oluştuğu tektonik ortam (kısmi ergime sırasındaki basınç-sıcaklık koşulları) ve kısmi olarak eriyen kaynak/source litolojinin jeokimyasal bileşiminin/özelliklerinin bir kombinasyonu sonucu belirlenmektedir (Roberts ve Clemens, 1993; Barbarin, 1999). O nedenle, kayaların sadece tektonik ortam diyagramlarındaki konumları üzerinden bir tektonik ortam öngörüsü bazen hatalı sonuçlara götürebilir. Bu tür diyagramlardan elde edilen sonuçlar yoruma muhtaçtır ve destekleyici veriler olarak değerlendirilmek durumundadır.

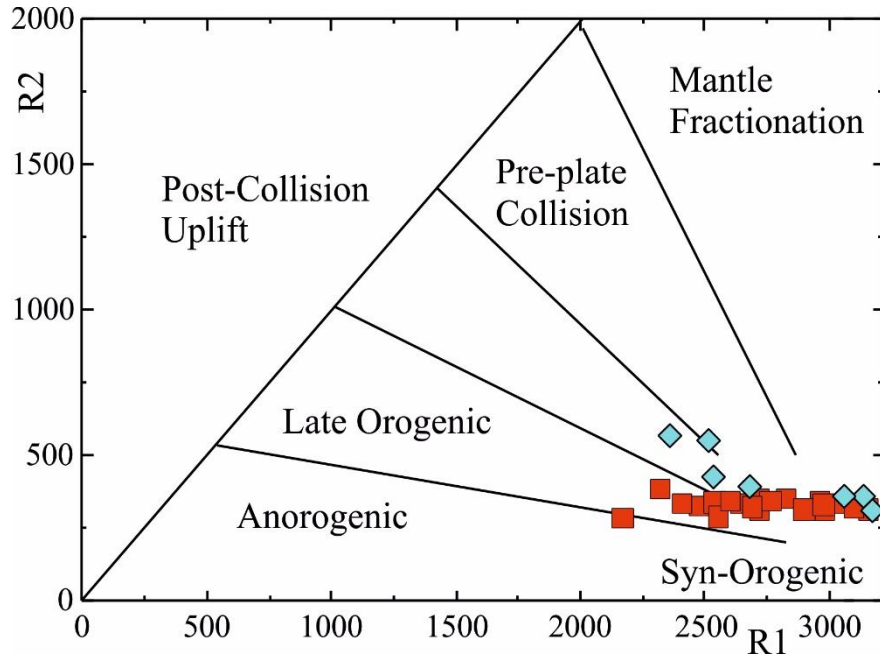
Kurtoğlu Meta-granitine ait kayaların yüksek SiO₂ içeriklerine sahip olması (% 67.5-78.4), güçlü peralümin karakterli oluşları, granat ve muskovit içermeleri kayaların alt-orta kabuksal derinliklerde meydana gelen kısmi ergimeler sonucu oluştuklarını göstermektedir. Alt kabuğa ait malzeme yitim, kıta-içi riftleşme ve çarpışma gibi hemen her tektonik ortamda eriyebilmektedir. Ancak, yitim ve kıta-içi riftleşme ortamlarında önemli bir manto katkısı olmakta ve manto-ilişkili kayalarla bir birliktelik söz konusu olmaktadır. Manto-katkılı kayalar çarpışma sırasında da orojenik kabuğa yerleşebilmekle birlikte, sadece (pure) alt-orta kabuk kaynaklı magmalar da oluşabilmektedir. Yukarıda da değinildiği üzere, Kurtoğlu Meta-granitine ait kayalar alt-orta kabuk derinliklerinden kaynaklanma ile uyumlu jeokimyasal özellikler ve izotopik karakteristikler sunmaktadır (Şekil 3.17.a,b). Ayrıca, I-tipi plütonların aksine, güçlü peralümin ve S-tipi karakterli oluşları bu öngörüler ile uyumludur.

Asidik karakterli kayalar Pearce ve diğ. (1984) tarafından granitik kayalar için oluşturulan tektonik ortam diyagramlarına (Şekil 4.3.a,b,c) aktarıldıklarında, volkanik yay ve çarpışma eş yaşlı granit alanlarına düştükleri görülmektedir. Yb-Ta diyagramında (Şekil 4.3.d) ise örnekler çarpış eş yaşlı granit ile kıta-içi graniti alanlarına yaklaşık eşit olarak dağılmaktadırlar. Harris ve diğ. (1986)'nın $Rb/10-Hf-Ta*3$ ve $Rb/30-Hf-Ta*3$

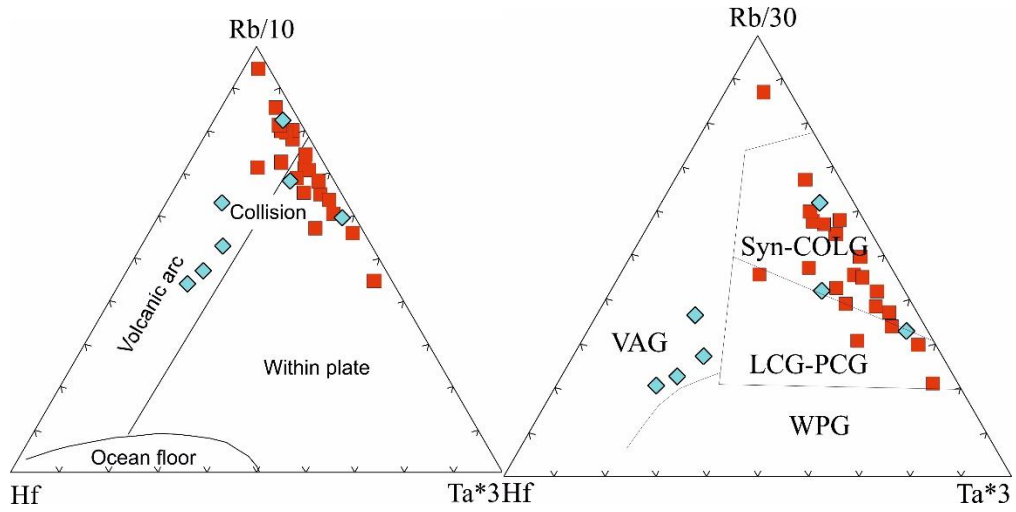
diyagramlarına aktarıldıklarında ise büyük çoğunluğunun çarpışma-eş yaşlı granit alanında, 4 tanesinin ise volkanik yay graniti alanında toplandığı görülmektedir (Şekil 4.5). Bu sonuçlar genel itibarı ile Pearce'ın diyagramlarından elde edilen sonuçlar ile uyumludur. Bu sonuçları test etmek amacıyla örnekler Batchelor ve Bowden (1985)'in ana oksitlerden yararlanarak oluşturduğu R1-R2 diyagramına aktarılmıştır (Şekil 4.4). Görüldüğü üzere örneklerin büyük çoğunluğu çarpışma-eş yaşlı tektonik alana düşerken bazıları çarpışma sonrası yükselim geç orojen (orojen sonrası) gibi yine çarpışmayı takip eden süreçlerde oluşan kayaçlarla ilgili tektonik alanlara düşmüşlerdir.



Şekil 4.3. Kurtoğlu Meta-granitine ait örneklerin a) Yb+Nb'a karşı Rb, b) Yb+Ta'a karşı Rb, c) Y'a karşı Nb ve d) Yb'a karşı Ta tektonik ortam ayırım diyagramları (Pearce ve diğ., 1984). Kısaltmalar; Syn-COLG, VAG, WPG ve ORG sırasıyla çarpışma-eş yaşlı, volkanik-yay, plaka-içi ve okyanus sırtı granitleri anlamındadır.



Şekil 4.4. R1'e karşı R2 tektonik ortam ayırım diyagramı (Batchelor ve Bowden, 1985). $R1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)$; $R2 = 6Ca + 2Mg + Al$.



Şekil 4.5. Kurtoğlu Meta-graniti'ne ait örneklerin Rb/10 - Hf - Ta*3 ve Rb/30 - Hf - Ta*3 (Harris vd., 1986) tektonik ortam ayırım diyagramları. Kısaltmalar; LCG-PCG, geç (late) ve çarpışma-sonrası granitler, diğerleri Şekil 4.3'deki kısaltmalar ile aynıdır.

5. SONUÇLAR

Kurtoğlu Köyü (Gümüşhane) ve çevresinde yüzeylenen Kurtoğlu Meta-granitinin yaşı, Zirkon U-Pb SHRIMP analizi yardımıyla yapılan yaş tayini neticesinde 511-459 my arasında (Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen) değişmekte olup, bu yaşlar meta-granite ait magmanın soğuma yaşı olarak kabul edilmektedir. Bu sonuca göre meta-granitin sin-orojenik bir kütle olmadığını, Reyik Okyanusunun açılması sırasında Sakarya Zonuna ait temel kayaçları içerisinde yerleşip Erken-Orta Karboniferde bunlarla birlikte Variskan Orojenezinin etkisiyle düşük dereceli olarak metamorfize olduğunu göstermektedir.

Jeokimyasal verilere dayanılarak yapılan Alümina bazlı sınıflama diyagramlarında meta-granitlere ait örnekler güçlü-peralümin özellik arz etmektedir, Güçlü-peralümin kayaçlar olması, kökensel olarak S tipi granitlerli işaret etmektedir.

Kurtoğlu meta-granitine ait litolojiden yapılan ince kesitler sonucunda, dokusal olarak granoblastik, grano-lepidoblastik, kalıntı yazı dokusu hakim görülmektedir. Bunların haricinde iri feldiapatin büyük oranda plajiyoklas, az oranda da muskovit ve biyotiti içermesi sonucu kalıntı monzonitik doku da yaygın olarak gözlenmiştir.

Meta-granitlere ait jeokimyasal verilerin kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element (NTE) diyagramlarına aktarılması neticesinde, eğrilerin sağ yönlü eğimlenmesi, orta ve ağır nadir toprak elementlere doğru gidildikçe eğimlerinin azalması, ağır ve nadirlere doğru gelnidiğinde ise yatay bir seyir trendi göstermeleri yitim ve çarpışma ortamlarına işaret etmekte olup, ana ve iz element jeokimya verileri ile beraber değerlendirilince de bu özelliklerin çarpışma ortamına ait olduğunu göstermiştir.

Kurtoğlu Meta-granitine ait örnekler ileri derecede radyojenik izotop analizlerinde, Nd ve Sr izotop oranları sonucuna göre kararlı bir biçimde kıtasal kabul içerisinde kalan kaynağı işaret etmekte olup, benzer biçimde Pb izotopik bileşimleri de alt kabul kaynaklı bir kısmi ergimeyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Tektonik ortam diyagramlarından elde edilen veriler ışığında, analiz değerleri volkanik yay ve çarpışma eş yaşlı granit alanlarına düştükleri görülmüştür. Sonuçların test edilmesi amacıyla ana oksitlerden oluşan R1-R2 diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagramda da örneklerin çoğu çarpışma eş yaşlı tektonik alanlara (Syn-Orogenic) denk gelirken bazıları ise çarpışma sonrası yükselim geç orojenez alanı gibi çarpışma sürecini destekleyen alanlara düştükleri görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, 56.
- Akdeniz, N., 1988. Demirözü Karboniferi ve Bölgesel Yapı İçindeki Yeri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 31, 1, 70-80.
- Altınkaynak, L., 2000. Ağvanis Masifi Doğu Kesimi ve Çevre Kayaçlarının Jeolojisi, Petroğrafisi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Batchelor, R. A. ve Bowden, P., 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, Chem. Geol., 48, 43-55.
- Baykal, F., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar, MTA Raporu, No. 2205, Ankara.
- Beard, J. ve Lofgren, G., 1991. Dehydration melting and water-saturated melting of basaltic and andesitic greenstones and amphibolites at 1,3 and 6,9 kb, Journal of petrology 32, 365-402.
- Bergougnan, H., 1987. Etudes Geologiques Dans l'Est Anatolien, Universite P.et M. Curie, Memoires Des Sciences da la Terre, Doctorat Etat, Paris, 606 p
- Braid, J.A., Murphy, J.B. ve Quesada, C., 2010. Structural analysis of an accretionary prism in a continental collisional setting, the Late Paleozoic Pulo do Lobo Zone, Southern Iberia. Gondwana Research 17 (2-3), 422–439.
- Candan, O., Akal, C., Koralay, O.E., Okay, A.I., Oberhänsli, R., Prelević, D. ve Mertz-Kraus, M., 2016. Carboniferous granites on the northern margin of Gondwana, Anatolide-Tauride Block, Turkey – Evidence for southward subduction of Paleotethys. Tectonophysics 683, 349–366.
- Champion, D.C. ve Baltitude, R.J., 2013. The geochemical and Sr–Nd isotopic characteristics of Paleozoic fractionated S-types granites of North Queensland: implications for S-type granite petrogenesis. Lithos 162–163, 37–56.
- Chappel, B.W. ve White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types. Pacific Geology 8, 173-174.
- Chappel, B. W. ve White, A. J. R., 1992. I-and S-type granites in the Lachlan Fold Belt: Transactions of the Royal Society of Edinburgh, v. 83, p. 1-26.
- Clemens, J.D. ve Wall, V.J., 1984. Origin and evolution of a peraluminous silicic ignimrite suite: The Violet Town Volcanics: Contributions to Mineralogy and Petrology. v.88, p. 354-371.

- Clemens, J.D., 2003. S-type granitic magmas-petrogenetic issues, models and evidence, Earth Science Reviews 61, 1-18.
- Collins, W. J., 1996, Lachlan Fold Belt granitoids: Products of three-component mixing: Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences, v. 87, p. 171-182.
- Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İ.Ü., Maden Fakültesi, 186 s. İstanbul.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ Yayını, No:1034, İstanbul.
- 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 Köse composite pluton. Gondwana Research 19, 926–944.
- Dokuz, A., Uysal, I., Kaliwoda, M., Karsli, O., Ottley, C.J. ve Kandemir, R., 2011. Early abyssal and late SSZ-type vestiges of the Rheic oceanic mantle in the Variscan basement of the Sakarya Zone, NE Turkey: implications for the sense of subduction and opening of the Paleotethys. Lithos 127, 176–191.
- Dokuz, A., Uysal, İ., Dilek, Y., Karşlı, O., Meisel, T. ve Kandemir, R., 2015. Geochemistry, Re–Os isotopes and highly siderophile element abundances in the Eastern Pontide peridotites (NE Turkey): Multiple episodes of melt extraction–depletion, melt–rock interaction and fertilization of the Rheic Ocean mantle. Gondwana Research 27, 612–628.
- Dokuz, A., Külekçi, E., Aydınçakır, E., Kandemir, R., Alçiçek, M.C., Pecha, M.E. ve Sünnetçi, K., 2017a. Cordierite-bearing strongly peraluminous Cebre Rhyolite from the eastern Sakarya Zone, NE Turkey: Constraints on the Variscan Orogeny. Lithos 278–281, 285–302.
- Dokuz, A. ve Uysal, I., Kaliwoda, M., Karsli, O., Ottley, C.J., ve Kandemir, R., 2011. Early abyssal and late SSZ-type vestiges of the Rheic oceanic mantle in the Variscan basement of the Sakarya Zone, NE Turkey: implications for the sense of subduction and opening of the Paleotethys. Lithos 127, 176–191.
- Dokuz, A., Aydınçakır, E., Kandemir, R., Karşlı, O., Siebel, W., Derman, A.S. ve Turan, M., 2017a. Late Jurassic Magmatism and Stratigraphy in the Eastern Sakarya Zone, Turkey: Evidence for the Slab Breakoff of Paleotethyan Oceanic Lithosphere. The Journal of Geology 125, 1–31
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofaşies İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 197s.
- Erguvanlı, K., 1951. Trabzon-Gümüşhane Arasının Jeolojisine Ait Rapor, M.T.A. Raporu, No.1926, Ankara.

- Eyüboğlu, Y., 2006. Description and geotectonic important of the Alaskan-Type mafic-ultramafic rocks in the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), PhD Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, 205 p.
- 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.
- Floyd, P.A., Kryza, R., Crowley, Q.G., Winchester, J.A. ve Wahed, A., 2002. Slez ophiolite: geochemical features and relationship to Lower Palaeozoic rift magmatism in the Bohemian Massif. In: Winchester, J.A., Pharoah, T.C., Verniers, J. (Eds.), Palaeozoic Amalgamation of Central Europe: Geological Society of London Special Publication, vol. 201, pp. 197-215.
- Hacıoğlu, T., 1983. Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasies İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 121.
- Harris, N. B. W., A. Pearce ve A.G. Tindle 1986, Geochemical characteristics of collision zone magmatism, In collision tectonics, M. P., Coward&A.C., Ries (eds), 67-81. Geol. Soc. Sp. Publ, 19.
- Honarmand, M., W. Xiao, G. Nabatian, M.L. Blades, M.C. dos Santos, A.S. Collins, ve S. Ao, 2018, Zircon U-Pb-Hf isotopes, bulk-rock geochemistry and Sr-Nd-Pb isotopes from late Neoproterozoic basement in the Mahneshan area, NW Iran: Implications for Ediacaran active continental margin along the northern Gondwana and constraints on the late Oligocene crustal anatexis, Gondwana Research, doi: 10.1016/j.gr.2017.12.009.
- Holtz, F. ve Johannes, W., 1991, Effect of tourmaline on melt fraction and composition of first melts in quartzofeldsparitic gneiss. Eur J Mineral 3:527-536.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yöresindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonunun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 272 s.
- Kandemir, R. ve Lerosey-Aubril, R., 2011. First report of a trilobite in the Carboniferous of Eastern Pontides, NE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences 20, 179-183.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve İlbeli, N., 2012. Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey. International Geology Review 1776-1800.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Sipahi, F. ve Temizel, İ., 2016. U-Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution. Gondwana Research 39, 327-346.

- Keay, S., Collins, W. J. ve McCulloch, M. T., 1997. A three-component Sr-Nd isotopic mixing model for granitoid genesis, Lachlan fold belt, eastern Australia: Geology, v. 25, p. 307-310.
- Kesgin, Y., 1983. Bayburt (Gümüşhane) İlçesi, Aksar Köyü ve Güneybatısının Jeolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 94 s.
- Keskin, İ., 1987. Pulur metamorfizlerinin yaşı ile ilgili yeni bir bulgu. Maden Tetkik ve Arama Dergisi 107, 171-174.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi, İ.Ü., Fen Fakültesi Mecmuası, Cilt No:16, İstanbul.
- Klein, T., Kiehm, S., Siebel, W., Shang, C.K., Rohrmüller, J., Dörr, W. ve Zulauf, G., 2008. Age and emplacement of late-Variscan granites of the western Bohemian Massif with main focus on the Hauzenberg granitoids (European Variscides, Germany). Lithos 102, 478–507.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984. Demirözü (Bayburt) Güneyinin Stratigrafisi, TJK Bülteni, 5, 107-115.
- Kröner, A., Windley, B.F., Alexeiev, D., Xiao, W. ve Badarch, G., 2007. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. Journal of the Geological Society, London. Vol. 164. p. 31-47, 181.
- Kryza, R. ve Pin, C., 2010. The Central–Sudetic ophiolites (SW Poland): petrogenetic issues, geochronology and palaeotectonic implications. Gondwana Research 17 (2-3), 292–305.
- McDonough, W.F. ve Sun, S.S., 1995, The Composition of the Earth; Chemical Geology, v. 120, p. 223-253.
- Middlemost, E.A.K., 1994. Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System, Earth Sci. Rev., 37, 215-224.
- Montel, J., M. ve Vielzeuf, D., 1997. Partial melting of metagreywackes, Part II. Compositions of minerals and melts. Contributions to Mineralogy and Petrology, 128, 176-96.
- Murphy, J.B., Keppie, J.D., Nance, R.D. ve Dostal, J., 2010. Comparative evolution of the: A North America perspective. Gondwana Research 17 (2-3), 482–499.
- Nance, R.D. ve Linneman, U., 2008. The Rheic Ocean: Origin, evolution, and significance: GSA Today, v. 18, no. 12, p. 4–12.

- Nance, R.D., Gutiérrez-Alonso, G., Keppie, J.D., Linnemann, U., Murphy, J.B., Quesada, C., Strachan, R.A. ve Woodcock, N., 2010. The evolution of the Rheic Ocean. Gondwana Research 17, 194–222
- Nutman, A.P., Green, D.H., Cook, C.A., Styles, M.T. ve Holdsworth, R.E., 2001. SHRIMP U/Pb zircon dating of the exhumation of the Lizard Peridotite and its emplacement over crustal rocks, Cornwall, England: constraints for tectonic models. Journal of the Geological Society of London 158, 809–820.
- Okay, A.I., 1984 a. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication, 17, 455-466.
- Okay, A.I., 1984 b. Ağvanis metamorfizmaları ve çevre kayaların jeolojisi: Maden Tetkik Arama Ens. Dergisi.
- Okay, A.İ. ve Leven, E.J., 1996. Stratigraphy and paleontology of the Upper Paleozoic sequences in the Pulur (Bayburt) region, Eastern Pontides. Turkish Journal of Earth Sciences 5, 145–155.
- Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Serane, M. (Eds.), The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen, Geological Society, London Special Publications, 156, 475–515.
- Okay, A.I. ve Topuz, G., 2017. Variscan Orogeny in the Black Sea region. International Journal of Earth Sciences <http://dx.doi.org/10.1007/s00531-016-1395-z>.
- Özer, E., 1984. Bayburt (Gümüşhane) yöresinin jeolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Dergisi, Jeoloji, 3/1-2, 77-89.
- Patino-Douce A, E. ve Johnston A. D., 1991, Phase equilibria and melt productivity in the pelitic system: implications for the origin of peraluminous granitoids and aluminous granulites. Contrib Mineral Petrol 107: 202-210.
- Patino-Douce, A. E. ve Beard, J. S., 1996, Effects of P, f (O₂) and Mg/Fe ratio on dehydration melting of model metagraywackes. Journal of Petrology, 37, 999-1024.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. ve Tindle, A.G., 1984. Trace Element Discrimination Diagram for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks, J. Petrol, 25, 956– 983.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi, KTÜ yayını, 87, 103
- Petford, N. ve Atherton, M., 1996. Na-rich partial melts from newlyunder-plated basaltic crust: The Cordillera Blanca batholith, Peru: Journal of Petrology, v.37, p. 1491-1521.

- Roberts, M.P. ve Clemens, J.D., 1993. Origin of High-Potassium, Calcalkaline, I-Type Granitoids, Geology, 21; 825-828.
- Quesada, C., Fonseca, P., Munhá, J., Oliveira, J.T. ve Ribeiro, A., 1994. The Beja-Acebuches Ophiolite (Southern Iberia Variscan Fold Belt): geological characterization and geodynamic significance. Boletín Geológico Minero 105, 3–49.
- Sen, C. ve Dunn, T., 1994. Dehydration melting of a basaltic composition amphibolite at 1.5 and 2.0 GPa: implications for the origin of adakites. Contributions to Mineralogy and Petrology 117, 394–409.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Shand, S.J., 1947. The Eruptive Rocks, 3rd cdn. New York: John Wiley, 444 pp.
- Springer, W. ve Seck, H.A., 1997. Partial fusion of basic granulites at 5 to 15 kbar: Implications for the origin of TTG magmas. Contrib. Mineral Petrol 127, 3045.
- Streckeisen, A., 1976. To each plutonic rock its proper name. Earth Science Reviews 12, 1–33.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satir, M., Werner, O., Schwarz, W.H., 2004. Aluminous granulites from the Pulur Complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization. Lithos 72, 183–207.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengün, F. ve Koralay, O.E., 2017. Early Variscan magmatism along the southern margin of Laurasia: geochemical and geochronological evidence from the Biga Peninsula, NW Turkey. International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch) <http://dx.doi.org/10.1007/s00531-016-1334-z>.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust, Its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford, 312.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region, N.E. Turkey, Ph. D Thesis, University of College, London.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O. ve Schwarz, WH., 2004. Aluminous Granulites from the Pulur Complex, NE Turkey: a Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallisation, Lithos, 72,183–207.
- Topuz, G., Altherr, R., Satır, M. ve Schwarz, W.H., 2004a. Low-grade metamorphic rocks from the Pulur complex, NE Turkey: implications for the pre-Liassic evolution of the Eastern Pontides. International Journal of Earth Sciences 93, 72–91.

- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satir, M., Werner, O. ve Schwarz, W.H., 2004b. Aluminous granulites from the Pulur Complex, NE Turkey: a case of partial melting, efficient melt extraction and crystallization. Lithos 72, 183–207.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan amphibolitefacies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex, Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey. International Journal of Earth Sciences 96, 861–873.
- Topuz, G., Altherr, R., Siebel, W., Schwarz, W.H., Zack, T., Hasözbeke, A., Barth, M., Satir, M. ve Şen, C., 2010. Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: the Gümüşhane pluton (NE Turkey). Lithos 116, 92–110.
- Tunçdemir, V., 2012. Demirözü (Bayburt) Permo-Karboniferi: kırıntılı kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 93 s.
- Ustaömer, T., Robertson, A.H.F., Ustaömer, P.A., Gerdes, A. ve Peytcheva, I., 2012. Constraints on Variscan and Cimmerian Magmatism and Metamorphism in the Pontides (Yusufeli –Artvin Area), NE Turkey from U -Pb Dating and Granite Geochemistry. In: Robertson, A.H.F., Parlak, O., Ünlügenç, U.-C. (Eds.), Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean. Geological Society, London, Special Publications Vol. 372, pp. 49–74.
- Vielzeuf, D. ve Holloway JR (1988) Experimental determination of the fluid-absent melting relations in the pelitic system. Consequence for crustal differentiation. Contrib Mineral Petrol 98: 257- 276.
- Vielzeuf, D. ve Montel JM (1994a) Partial melting of metagreywackes. 1. Fluid-absent experiments and phase relationships. Contrib Mineral Petrol 117: 375±393
Vielzeuf D, Montel JM (1994b) Experimental constraints on partial melting in the crust. Mineral Mag 58A, 940±941
- White, A. J. R. ve Chappell, B. W., 1988, Some supracrustal (S-type) granites of the Lachlan Fold Belt. Trans R Soc Edinburgh Earth SCI 79, 169-181.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, vol.20, p.325-343.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure of the Gümüşhane: Granite and the Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Ph.D Thesis, University of London, İngiltere, 260.
- Yılmaz, Y., 1973. Emplacement of the Gümüşhane Granite. In: Congress of the Earth Sciences on the Occasion of the 50th Anniversary of the Turkish Republic, 489-492, Mineral Research and Exploration Institute, Ankara.

- Yılmaz, Y., 1974. Geology of the Gümüşhane Granite (Petrography), İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, Seri B, 39, 57-172.
- Yılmaz, A. ve Özer, S., 1984. Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı'nın Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) arasındaki bölümünün temel jeoloji incelemesi ve Tersiyer havzasının yapısal evrimi. In: KetinSymposium, Geolical Society of Turkey, Special Publications, Ankara, pp. 163–174 (in Turkish with English Abstract).
- Yılmaz, C., 1995. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Alt Jura Çökellerinin Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri (KD Türkiye), Yerbilimleri, 26, 119-128.
- Yılmaz, C. ve Bektaş, O., 1995. Platform to basin facies in the eastern Pontides during Cretaceous. Sym. on the 30th Ann. Geol. Dep. Proceedings, 602-609.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yüksel, S., 1976. Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Flişinin Petrografik ve Sedimentolojik İncelemesi, Doç. Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Zeh, A., Brätz, H., Millar, I.L. ve Williams, I.S., 2001. A combined zircon SHRIMP and Sm–Nd isotope study of high grade paragneisses from the Mid-German Crystalline Rise: evidence for northern Gondwanan and Grenvillian provenance. Journal Geological Society of London 158, 983–994.
- Zeh, A. ve Gerdes, A., 2010. Baltica and Gondwana derived sediments in the Mid-German Crystalline Rise (Central Europe): implications for the closure of the Rheic Ocean. Gondwana Research 17 (2-3), 254–263.

ÖZGEÇMİŞ

Cengiz UZUN, 1984 yılında İstanbul Kadıköy’de doğdu. İlköğretimi Tuzla Peyami Safa İlköğretim Okulu’nda tamamladı. 2001 yılında Tuzla Tuğrul Bey Lisesi’nden mezun oldu. 2007 yılında Gümüşhane DSI 223. Şube Müdürlüğünde Memur olarak göreve başladı. Ardından 2011 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’ne başladı. 2015 yılında mezun oldu. Aynı yıl Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Genel Jeoloji Anabilim dalında yüksek lisansa başladı. 2018 yılında Eskişehir DSI 3. Bölge Müdürlüğüne tayin oldu ve halen görevine devam etmektedir.