

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÜNLÜPİNAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) EYLENCE YAYLA PB-ZN-CU±AU  
CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK, MİNERALOJİK ve KÖKENSEL  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kübra AKBULUT**

**ARALIK 2014**

**GÜMÜŞHANE**



**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÜNLÜPİNAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) EYLENCE YAYLA PB-ZN-CU±AU  
CEVHERLEŞMESİNİN JEOLJİK, MİNERALJİK ve KÖKENSEL  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kübra AKBULUT**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”**  
**Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :29.12.2014**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi :12.01.2015**

**ARALIK 2014**

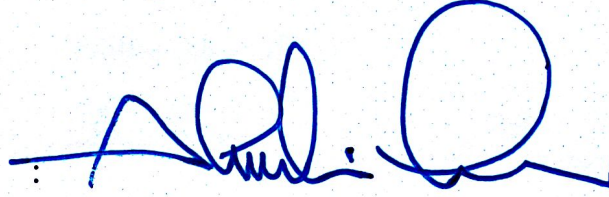


## KABUL ve ONAY




Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI danışmanlığında Kübra AKBULUT tarafından hazırlanan “ÜNLÜPİNAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) EYLENCE YAYLA PB-ZN-CU±AU CEVHERLEŞMESİNİN JEOLojİK, MİNERALojİK ve KÖKENSEL İNCELENMESİ” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy birliği ile kabul edilmiştir.

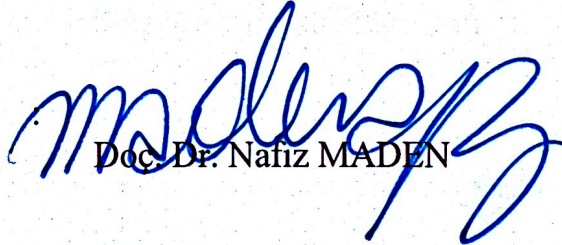
Başkan

  
Yrd. Doç. Dr. Alaaddin VURAL

Üye (Danışman)

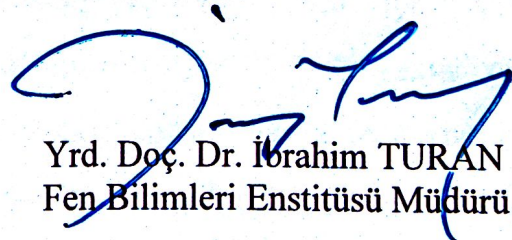
  
Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

Üye

  
Doç. Dr. Nafiz MADEN

ONAY

Bu tez 21.1.2015 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi BAP kapsamında desteklenmiştir.

Proje No :13.F5114.02.4

**ÖZET**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÜNLÜPİNAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) EYLENCE YAYLA PB-ZN-CU±AU  
CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİK, MİNERALOGİK ve KÖKENSEL  
İNCELENMESİ**

Kübra AKBULUT

Gümüşhane Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç.Dr. Enver AKARYALI

2014, 87 sayfa

İnceleme alanı Gümüşhane ilinin güneyinde yer alan Kelkit İlçesi Ünlüpınar (Pekün) Beldesine bağlı Eylence Yayla ve Emirinkomu Köyü yakın çevresini kapsamaktadır. Bu çalışmada bölgenin 1/25000 ölçekli jeolojik harita ve cevherleşmenin içinde yer aldığı sahaların 1/10000 ölçekli detay maden jeoloji haritası yapılmıştır. Çalışma alanında Kurtoğlu Metamorfikleri, Şenköy Formasyonu ve Köse Granitoyidi yer almaktadır.

Liyas yaşlı volkanik kayaların sınıflandırılmasında, hareketsiz elementler kullanılarak oluşturulan Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> diyagramı ile Şenköy Formasyonu'ndan alınan örneklerin andezit-bazalt ve andezit sınırında toplandığı görülmüştür. Liyas volkanik kayaları plajiyoklas, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit minerallerini içermektedir. Yapılan

mineral kimyası analizleri sonucunda plajiyoklasların bitovnit( $An_{73-78}$ ), labrador ( $An_{51-64}$ ) ve andezin ( $An_{32-42}$ ) bileşiminde, klinoproksenlerin ojit ve klinoenstatit ( $W_{033.418-39.358}$  En 38.565-61.792  $Fe_{18.220-27.230}$ ) bileşiminde, Fe-Ti oksitlerin ise titano-magnetitbileşiminde olduğu belirlenmiştir.

Detay inceleme yapılan alan ve yakın çevresindeki birim Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'na ait bazalt, bazaltik andezit ve piroklastları oluşturmaktadır. Eylence Yayla mevkiinde yer alan Zn-Pb-Cu  $\pm$  Au cevherleşmesi tamamen Şenköy Formasyonu'na ait bazaltik andezitler içinde K20D doğrultularındaki kırık hatlarına yerleşmiştir.

İnceleme alanında cevherleşmenin parajenezini belirlemek amacıyla çalışma sahasından sistematik örneklerden parlak kesitler yapılarak, cevher mikroskopisi altında incelenmiştir. Cevherleşmenin parajenezi oluşum sırasına göre pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, altın, kuvars ve kalsit olarak tespit edilmiştir.

Arazide yapılan gözlemler sonucunda alterasyon türleri olarak hematitleşme, limonitleşme ve kükürtleşme tespit edilmiştir. Sıvı kapanım analiz sonuçlarına göre cevherleşmenin oluşum sıcaklığının 80-280 °C arasında değiştiği, kükürt izotop termometresine göre ise cevherleşmenin oluşum sıcaklığının ortalama 264 °C olduğu belirlenmiştir. Kükürt, Karbon ve Oksijen izotop analiz sonuçlarına göre cevherleşmenin magmatik kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirildiğinde Liyas yaşlı volkanitler içerisinde bulunan cevherleşmenin; epitermal-mezotermal geçişinde damar tip bir cevherleşme olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Altın, Duraylı izotop, Kelkit, Kurşun-Çinko, Sıvı kapanım

**ABSTRACT**  
**MS THESIS**

**THE INVESTIGATION of ÜNLÜPINAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) EYLENCE  
YAYLA PB-ZN-CU±AU MINERALIZATION as GEOLOGICAL,  
MINERALOGICAL and GENESIS**

Kübra AKBULUT

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Geological Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Enver AKARYALI

2014, 87 pages

The investigated area covers the immediate surrounding of Eylence Yayla and Emirinkomu, Ünlüpinar (Pekün) town of Kelkit County located south of Gümüşhane Province. In this study, 1/25000 scaled geological map of the region and the detailed 1/10000 scaled mining geology map of the areas including the mineralization were prepared. Kurtoğlu Metamorphics, Şenköy Formation and Köse Granitoid are located in the study area.

The geologic unit of the area investigated in detail and its near surrounding comprise the andesite-basalt and their pyroclastics of Early-Mid Jurassic age Şenköy Formation. The Zn-Pb-Cu ± Au mineralization located in Eylence Yayla site is completely settled into the N20E striking-fault lines within andesites belonging to Şenköy Formation.

While classifying age-Liassic volcanic rocks, it is seen that by using Nb/Y - Zr/TiO<sub>2</sub> diagram created with immobile elements, the samples taken from Senkoy Formation are concentrated at the border of the andesite-basalt and andesite. Liassic volcanic rocks include in plagioclase, clinopyroxene and Fe-Ti oxide minerals. According to the analysis results of the mineral composition, it is determined that plagioclase have a composition with bytownite (An<sub>73-78</sub>), labrador (An<sub>51-64</sub>) and andesine (An<sub>32-42</sub>), clinopyroxene have a composition with augite and clinoenstatite (Wo<sub>33.418-39.358</sub>En<sub>18.220-27.230</sub>Fs<sub>38.565 to 61.792</sub>) and Fe-Ti oxides have a composition with titanomagnetite.

To reveal the mineralization assemblages in the study area, the polished samples, which prepared from systematic samples taking from the investigated area, were examined under the ore microscopy. The paragenesis of the mineralization is determined, according to the order of occurrence, as pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, gold, quartz and calcite. The hematization, limonitization and sulfurization are identified alteration types, based on the observation made on the field.

According to the results of the fluid inclusion studies, the formation temperature of mineralization changes between 80-280 °C; and based on the sulphur isotope thermometer analysis, the average formation temperature of mineralization is determined as 264 °C. The origin of mineralization is surely decided magmatic, according to the results of sulphur, carbon and oxygen isotopes analyses.

**Keywords:** Gold, Stable isotope, Kelkit, Lead-Zinc, Fluid inclusion



## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmaya maddi destek sağlayan Gümüşhane Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım başta yol göstericim olan Yrd.Doç.Dr. Enver AKARYALI'ya sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Sayıdeğer bölüm hocalarımızdan Yrd. Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR, Öğr. Gör. İbrahim AKPINAR ve Dr. Mehmet Ali GÜCER'e bilgi ve tecrübelerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle arazi çalışmalarım sırasında her türlü olanaklardan yararlanmamı sağlayan MTA Trabzon Bölge Müdürlüğü Jeo. Yük. Müh. Sebahattin GÜNER ve Jeo. Yük. Müh. Erdem N. YAZICI'ya teşekkür ederim.

İnce kesitlerimizin hazırlanmasındaki büyük katkılarından dolayı laboratuvar teknikerimiz Hakkı YOKUŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sıvı kapanım analizlerim için her türlü desteği sağlayan İ.T.Ü Jeoloji Mühendisliği bölüm hocalarından Doç.Dr. Mustafa KUMRAL'a ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarı personellerine teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım ve örneklerimin hazırlanmasında katkıları olan kıymetli meslektaşlarım, Jeo. Müh. Uğur ATAY'a, Jeo. Müh. Fatih ŞAL'a, Jeo. Müh. Tuğçe KÖROĞLU'na teşekkürlerimi borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında bana her zaman ileriye gösteren başta Diş Hekimi Sibel Akbulut ÇELİK olmak üzere değerli ablalarım Elektrik-Elektronik Mühendisi Sema KÜÇÜK'e, Diş Hekimi Suzan Akbulut GÖSTAŞ'a ve bugünlere gelmeme sebep olan anne ve babama çok teşekkür ederim.

Kahrımı çeken sevgili ev arkadaşlarım Zuhal KEKLİK ve Ebru AŞIK'a, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili arkadaşım Aslıhan ÇİLENK'e şükranlarımı sunarım.

Kübra AKBULUT  
Gümüşhane, 2014

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET .....	III
ABSTRACT .....	V
TEŞEKKÜR .....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım.....	2
1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü.....	2
1.4. Çalışmanın Amacı .....	2
1.5. Bölgesel Jeoloji.....	3
1.6. Önceki Çalışmalar .....	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	10
2.1. Giriş.....	10
2.1.1. Arazi Çalışması .....	10
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları .....	11
2.1.2.1. İnce ve Parlak Kesitlerin Hazırlanması .....	11
2.1.2.1. Sıvı Kapanım İçin İnce Kesitlerin Hazırlanması.....	11
2.1.2.3. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması .....	14
2.1.2.4. Duraylı İzotop Analizi İçin Mineral Ayrımı .....	14
2.1.3. Analitik Yöntemler.....	15
2.1.3.1. ICP-AES ve ICP-MS Yöntemleri.....	15
2.1.3.2. Elektron Mikroprob Analizleri .....	15
2.1.3.3. Duraylı İzotop Analizleri.....	16
2.1.4. Büro Çalışması .....	16
3. BULGULAR ve TARTIŞMA .....	17
3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi .....	17
3.1.1. Kurtoğlu Metamorfitleri .....	18
3.1.2. Köse Granitoyidi .....	19
3.1.3. Şenköy Formasyonu .....	19

3.1.3.1. Ad, Yayılım ve Topografik Görünüm.....	19
3.1.3.2. Litoloji ve Petrografi .....	20
3.1.3.3. Alt-Üst Sınırları ve Kalınlıkları.....	23
3.1.3.4. Fosil içeriği ve Yaş.....	23
3.1.3.5. Deneştirme.....	23
3.2. Yapısal Jeoloji.....	23
3.2.1. Giriş.....	23
3.2.2. Fay ve Kıvrımlar .....	24
3.2.3. Kırıklı ve Çatlaklı Yapılar .....	24
3.3. Liyas Volkaniklerinin Mineral Kimyası .....	24
3.3.1. Plajiyoklas .....	25
3.3.2. Klinopiroksen .....	28
3.3.3. Fe-Ti Oksitleri .....	31
3.4. Liyas Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası .....	33
3.4.1. Giriş.....	33
3.4.2. Tüm Kayaç Jeokimyası .....	33
3.4.3. Tektonik Ortam .....	41
3.5. Eylence Yayla Cevherleşmesinin Detay Maden Jeolojisi ve Cevher Mikroskobisi.....	41
3.5.1. Giriş.....	41
3.5.2. Cevherleşme ve Yakın Çevresinin Jeolojisi.....	42
3.5.3. Eylencedere ve Yakın Çevresindeki Hidrotermal Alterasyonlar .....	46
3.5.4. Cevher Mikroskobisi Çalışmaları ve Mineral Kimyası.....	47
3.6. Sıvı Kapanım Çalışmaları.....	55
3.6.1. Sıvı Kapanım Petrografisi .....	55
3.6.2. Mikrotermometrik Ölçüm Sonuçları .....	56
3.7. Duraylı İzotopların Jeokimyası .....	59
3.7.1. Kükürt İzotopları .....	60
3.7.1.1. Kükürt İzotop Jeotermometresi .....	61
3.7.2. Karbon ve Oksijen İzotopları .....	62
4. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	64
5. KAYNAKLAR.....	66
6. EKLER .....	74
ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. İnceleme Alanının Yer Bulduru Haritası.....	3
Şekil 1.2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri.....	5
Şekil 3.1. İnceleme alanının genel stratigrafik kolon kesiti.....	17
Şekil 3.2. Çalışma alanını kapsayan bölgenin 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritası.....	18
Şekil 3.3. Çalışma alanına ait enine kesit. ....	19
Şekil 3.4. Şenköy Formasyonu'ndaki andezitlerde akma yapısından görünüm .....	20
Şekil 3.5. Şenköy Formasyonu'ndaki andezitlerde kırıklı ve çatlaklı yapıdan görünüm .....	21
Şekil 3.6. Liyas yaşlı andezitlerin mikroskobik görünümü .....	21
Şekil 3.7. Liyas yaşlı andezitlerin mikroskobik görünümü. ....	22
Şekil 3.8. Eylencedere ve yakın alanındaki kayaçlarda izlenen kloritleşme ve kırıklarda yer alan kalsitlerin görünümü.....	24
Şekil 3.9. Ünlüpınar yöresi Liyas volkanitlerine ait kayaçlardaki plajiyoklasların BSE görünümleri. ....	25
Şekil 3.10. Liyas volkanitlerine ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	28
Şekil 3.11. Ünlüpınar yöresi Liyas volkanitlerine ait kayaçlardaki klinopiroksenlerin BSE görünümleri. ....	29
Şekil 3.12. Ünlüpınar (Kelkit-Gümüşhane) yöresi volkanitlerine ait klinoproksen minerallerinin Wo-En-Fs üçgen diyagramındaki bileşimleri .....	29
Şekil 3.13. Liyas volkanitlerine ait kayaçların Fe-Ti oksitlerinin "BSE" görünümleri.....	32
Şekil 3.14. Liyas volkanitlerine ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram .....	32
Şekil 3.15. Ünlüpınar (Kelkit/Gümüşhane) yöresindeki Liyas volkanitlerinin; (A) Nb/Y-Zr/TiO <sub>2</sub> diyagramı kullanılarak adlandırılması. (B-C) Liyas volkaniklerinin Co'ya karşı Th ve SiO <sub>2</sub> 'ye karşı K <sub>2</sub> O diyagramlarındaki dağılımları. (D) Liyas volkanitlerinin AFM diyagramı. ....	35
Şekil 3.16. Liyas volkanitlerinin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı. ....	38
Şekil 3.17. Liyas volkanitlerinin kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları (Boynton 1984). ....	38
Şekil 3.18. Ünlüpınar (Kelkit/Gümüşhane) bölgesindeki Liyas volkanitlerinin % SiO <sub>2</sub> 'ye karşı ana element oksit (ağırlık %) değişim diyagramları.....	39
Şekil 3.19. Ünlüpınar (Kelkit/Gümüşhane) bölgesindeki Liyas volkanitlerinin % SiO <sub>2</sub> 'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları.....	40
Şekil 3.20. Liyas volkanitlerinin tektonik ayırtman diyagramları .....	41
Şekil 3.21. Eylence Yayla Cevherleşme sahasının 1/10000 ölçekli detay maden jeoloji ve alterasyon haritası. ....	43

Şekil 3.22. Eylencedere 'de açılan galeri ve kloritleşmiş andezitler. ....	44
Şekil 3.23. Peküt Yayla civarında eski pasalardan bir görünüm. ....	44
Şekil 3.24. Eylencedere içindeki damarlarda açılan yarmalardan bir görünüm. ....	45
Şekil 3.25. Eylencedere'de gözlenen cevher damarının konumu (cevher K20D yönlü kırıklar içine yerleşmiştir). ....	45
Şekil 3.26. Çalışma sahasındaki alterasyonlardan limonitleşmenin görünümü.....	46
Şekil 3.27. Çalışma sahasındaki kloritleşmeden bir görünüm.....	46
Şekil 3.28. Eylence Yayla cevherleşmesinin mineral parajenezi ve süksesyonu. ....	47
Şekil 3.29. Eylence Yayla yöresinde yer alan cevherleşmenin mikroskopik görünümü. A-B) Öz şekilli kuvarslar ve kataklastik pirit, C-D) Öz şekilli kuvars gangı içinde altın kapanımlar, E) Kataklastik dokuda pirit, piritlerin arasında kalsit ve kuvars dolgusu, F) Kalkoprit içinde galen kapanımları . ....	48
Şekil 3.30. Eylence Yayla yöresinde yer alan cevherleşmenin mikroskopik görünümü. G) Kataklastik pirit, H) Kalkopirit içinde pirit kapanımları, I- J) Galenin cevher içinde değişik bulunma durumları; üçgen yapıları ve galen içi keskin kırıklarla dolu ganglar, K-L) Sfalerit içinde kalkopirit ayrılımları ve galen kapanım ve ayrılımları. ....	49
Şekil 3.31. Piritlerin BSE fotoğrafı (A) ve S-As (atomik %) arasındaki iyon değişimini gösteren negatif korelasyon (B). ....	50
Şekil 3.32. Kalkopirit mineralinin (a) BSE fotoğrafı, (b)kalkopiritlerde gözlenen Zn-Fe arasındaki negatif korelasyon. ....	51
Şekil 3.33. Sfaleritlerde Zn ile Fe arasındaki iyon değişimini gösteren negatif korelasyon. ....	53
Şekil 3.34. (A)Merkez-kenar hattı boyunca analizi yapılan sfalerit minerallerinin BSE fotoğrafı, Sfalerit minerallerinde Cd (B), Fe (C) ve Mn (D) içerikleri bakımından mineralin merkez kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma. ....	54
Şekil 3.35. Kuvarslarda (a-d) ve kalsitler (b-c) gözlenen sıvı kapanım şekilleri, mineral içerisindeki dağılımları ve boyutları. ....	56
Şekil 3.36. Değişik yatak tiplerinden elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları (MSV: Misisipi Vadisi masif sülfür yatakları) ve Ünlüpnar cevherleşme sahasından elde edilen sıvı kapanım verilerinin bu yataklarla ilişkisi (Roedder, 1984). ....	58
Şekil 3.37. (a) Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve cevher tiplerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değişimi (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987).(b) Ünlüpnar cevherleşmesinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değişimi.....	61
Şekil 3.38. Ünlüpnar cevherleşmesinde gang minerallerinden kalsitten ve yankayaçtaki oksijen-karbon izotop değişimi ve bu verilerin diğer sıvılarla karşılaştırılması hesaplanmıştır. ....	63

## TABLULAR DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 3.1.	Ünlüpmar (Kelkit/Gümüşhane) yöresindeki andezitlere ait örneklerden seçilen plajiyoklas minerallerindeki kimyasal analizler .....	26
Tablo 3.2.	Klinopiroksenlerin mikrokimyasal analiz sonuçları. ....	30
Tablo 3.3.	Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal analiz sonuçları.....	31
Tablo 3.4.	Şenköy Formasyonuna ait andezitlerin ana (%) ve iz element (ppm) analizleri.....	34
Tablo 3.5	Liyas Volkanitlerinin nadir toprak element (ppm) analizleri. ....	37
Tablo 3.6.	Piritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler. ....	50
Tablo 3.7.	Kalkopiritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler. ....	51
Tablo 3.8.	Galenlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistiksel parametreler. ....	52
Tablo 3.9.	Sfaleritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler. ....	53
Tablo 3.10.	Kuars ve kalsitlerde yapılan sıvı kapanım sonuçları ve tuzluluk değerleri .....	57
Tablo 3.11.	Ünlüpmar cevherleşmesinde yaygın olan sülfütlü minerallerin, dengede oldukları sıvıların kükürt izotop bileşimleri ve pirit-galen, pirit-sfalerit çiftlerinden hesaplanan kükürt jeotermometresi sonuçları. ....	60
Tablo 3.12.	Yan kayaçlar ile cevhere eşlik eden karbonat gang mineralleri ve dengede oldukları hidrotermal sıvıların karbon ve oksijen izotop bileşimleri ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰) ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ (‰) olarak ölçülmüştür).....	62

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

An	: Anortit
Au	: Altın
As	: Arsenik
ANTE	: Ağır nadir toprak elementler
BİLE	: Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
BSE	: Geri taramalı elektron mikroskop görüntüsü
cm	: Santimetre
D.L.	: Dedeksiyon Limiti
g	: Gram
HNTE	: Hafif nadir toprak elementler
IAB	: Ada yayı bazaltı
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma – atomik emisyon spektrometri
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma – kütle spektrometri
K	: Potasyum
Mg#	: Magnezyum numarası
MORB	: Okyanus ortası sırtı bazalt
MTA	: Maden Tetkik Arama
NTE	: Nadir toprak elementler
OIB	: Okyanus adası bazaltı
ONTE	: Orta nadir toprak elementler
Ppb	: Part per bilion (milyarda bir)
Ppm	: Part per million (milyonda bir)
r	: Korelasyon katsayısı
SMOW	: Oksijen izotop standartı
T <sub>h</sub>	: Homojenleşme sıcaklığı (°C)
T <sub>m-ice</sub>	: Son ergime sıcaklığı
T <sub>fm</sub>	: İlk ergime sıcaklığı
V-CDT	: Kükürt izotop standartı
V-PDB	: Karbon izotop standartı
YÇAE	: Yüksek çekim alanlı elementler
δ	: İzotop katsayısı
μ	: Mikron

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Pontidler, Balkanlardan Himalayalara kadar uzanan yaklaşık 6000 km uzunluğundaki metalojeni kuşağı içinde yer alır ve Türkiye'nin önemli bir maden bölgesidir. Yaklaşık 700 km uzunluğundaki Doğu Pontid metalojenik provensi (bölge) içinde farklı tiplerde 500-600 adet bakır, kurşun, çinko, molibden, demir ve mangan zuhur ve yatakları yer almaktadır (Akpınar vd., 2006). Doğu Karadeniz bölgesi, özellikle de Gümüşhane kurşun, çinko ve bakır ve bunların yanı sıra altın ve gümüş gibi değerli metaller açısından yüksek bir potansiyele sahiptir. Bölgedeki cevherleşmeleri meydana getiren jeodinamik evrim ve magmatizma bu tip ve tür cevherleşmelerin bulunmasında en önemli rolü oynamaktadır. Özellikle masif sülfid, porfiri bakır, skarn ve epitermal damar tipi Cu, Pb, Zn, Au ve Ag gibi ekonomik maden yataklarını içeren bu bölgenin jeolojisi, tektoniği ve maden yatakları bugüne kadar çok sayıda çalışmaya konu olmuştur (Gettinger, 1962; Dixon ve Pereire, 1974; Adamia, vd., 1977; Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Leitch, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yalçınalp, 1992; Bektaş ve Güven, 1995; Lermi, 1996; Akçay, vd., 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi 2003; Eyüboğlu 2010, Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz 2013).

Bu çalışmanın içinde yer aldığı Gümüşhane yöresi, geçmişte olduğu gibi bu gün de madencilik açısından önemli bir konuma sahip olup günümüzde işletilen, işletilmeyi ve/veya keşfedilmeyi bekleyen pek çok önemli maden yatağına sahiptir. Bölgenin neotektonik konumu ile uyumlu olarak gelişmiş olan cevherleşmeler, genel olarak Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin hakim kırık sistemlerine bağlı olarak KB-GD ve D-B doğrultulu fay ve kırıklarda meydana gelmiştir. Cevherli hidrotermal çözeltiler bu kırık ve fayları hareket ve yerleşimleri için yol olarak kullanmış ve özellikle Liyas volkanotortul serisi ve Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları içinde damar, damarcık ve mercekler şeklinde kıymetli metal (Au, Ag) içeren Pb, Zn cevherleşmelerini geliştirmiştir.



## **1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım**

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölgesi, Gümüşhane ili, Kelkit ilçesi Ünlüpınar Beldesi civarında olup, 1/25000 ölçekli Trabzon H42-b3 ve H42-c2 paftaları içinde yaklaşık olarak 12 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanı Gümüşhane İline 33 km, Kelkit İlçesine ise 7 km uzaklıkta olup yöreye ulaşım Gümüşhane–Erzincan Karayolu ile sağlanır. Cevherleşme sahasına Pekün'den batı istikametinde 6 km stabilize yolla ulaşılır.

## **1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü**

En önemli yerleşim alanı Karakaya Mahallesi'dir. İnceleme alanında topografya oldukça engebeldir. En önemli yükseltisi Çataltaş Tepesi (2193 m) ve Ziyaret Tepesi (2090 m)'dir. Eylence Dere, Pekün Dere ve Tuzlupınar Dere inceleme alanındaki en önemli dereleri oluşturmaktadır. Çalışma sahasında bu derelere bağlı birçok kuru dere bulunmaktadır.

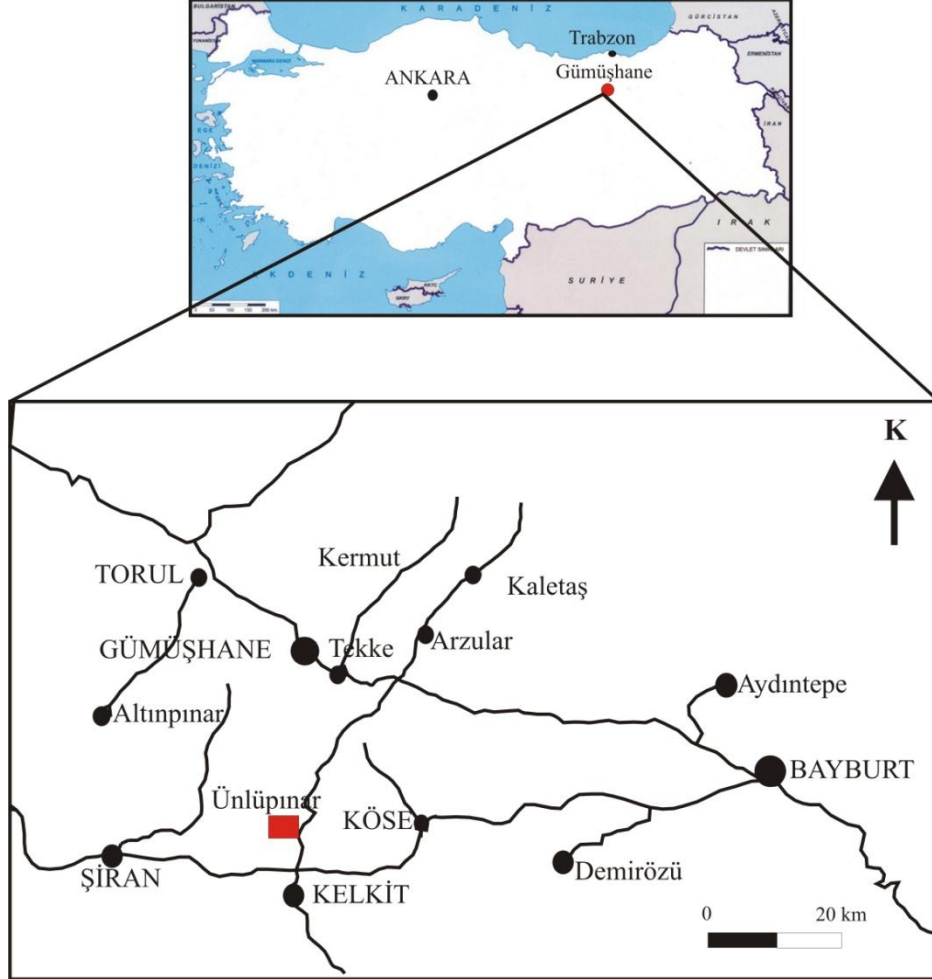
Yöre bitki örtüsü bakımından zengin olup, Eylence Deresi'nin bulunduğu alanlarda yer yer tarlalar ve bahçeler görülmektedir. Yörenin iklimi karasal iklimle denizel iklim arasında değişmekte olup yazları oldukça sıcak, ilkbahar ayları yağış bakımından zengindir. Kış ayları ise soğuk ve kar yağışlıdır. Çalışma alanının en önemli akarsuyu Eylence Deredir.

Topografyanın tarımcılığa elverişsiz olması nedeniyle yöre halkı daha çok hayvancılıkla geçimini sağlamaktadır. Ekili araziler ancak yöre halkının kendi geçimlerini karşılayacak kadardır. Yüksek kesimlerde çam ve meşe türü ağaçlar gözlenirken, akarsu kenarlarında ise meyve, söğüt ve kavak ağaçları gözlenmektedir.

## **1.4. Çalışmanın Amacı**

Çalışma konusunu oluşturan Ünlüpınar (Pekün) Pb-Zn±Au cevherleşmesi de Liyas yaşlı volkanotortul seri içinde bazaltik andezitlerle ilişkilidir. Bu çalışmada Doğu Pontidler'in, Güney Zonu Gümüşhane ili Kelkit ilçesi sınırları içerisinde Ünlüpınar Beldesi Eylence yayla yöresinde bulunan cevherleşmelerin; petrografi, jeokimyası ve mineral

kimyası ile sıvı kapanım ve duraylı izotop çalışmaları yardımıyla cevherin oluşum sıcaklığı ve cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin kökeninin belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1.1. İnceleme Alanının Yer Bulduru Haritası

### 1.5. Bölgesel Jeoloji

Bölgede mostra veren kayaların sedimentolojik, tektonik ve magmatik özelliklerine bağlı olarak Doğu Pontid Orojenik Kuşağı; kuzey, güney ve eksen zonu olmak üzere üçe ayrılır ve her üç zon yaklaşık KB, KD ve D-B gidişli bölgesel ölçekli faylar ile ayrılmakta olup, bu faylar bölgedeki havzaların açılmasını ve kapanmasını ve ayrıca magmatik kayaların ve cevherleşmelerin yerleşimlerini kontrol eden ana tektonik yapılarıdır (Eyüboğlu vd., 2006; Şekil 1.2).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu içinde yer alan inceleme alanının en yaşlı birimini Kurtoğlu Metamorfitleri oluşturur. Bu birimin metamorfizma yaşı  $320.3 \pm 1.7$  milyon yıl ile Karbonifer'dir (Topuz vd., 2007). Bu metamorfit taban kayaları, Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane Graniti (Yılmaz, 1973; Çoğulu, 1975) tarafından kesilir. Doğu Pontidler'in Hersinyen tabanını temsil eden bu iki birim, çalışılan cevherleşmenin içinde yer aldığı Erken-Orta Jura yaşlı volkano-sedimanter istif (Şenköy Formasyonu; Kandemir, 2004) ile uyumsuz olarak örtülür. Bu çökeller Erken Liyas'da etkin olan genişlemeli tektonik rejimin, Hersinyen temeli parçalaması sonucu Birinci Riftleşme Fazı olarak bilinen olaylar neticesinde oluşmuşlardır (Bektaş vd., 1999 ve Yılmaz, 2002). Çalışma sahası Malm'dan itibaren, Alt Kretase sonuna kadar süren dönemde, magmatik ve tektonik açıdan oldukça duraylı olup, bu dönemde karbonatlı kayaların çökelişi egemendir (Berdiga Formasyonu; Pelin, 1977).

Doğu Pontid Kuzey Zonu ve Güney Zonu'nda farklı litolojiler görülmeye başlandığı Üst Kretase'de Güney Zon magmatik aktiviteden uzak türbiditik karakterli çökeller ile temsil edilir (Kermutdere Formasyonu; Tokel, 1972). Bütün bu birimler, Gümüşhane ve yakın yöresinde, tabanda yersel olarak konglomeralar ve Nummulitli kireçtaşları ile başlayıp üste doğru andezit-bazalt lav ve bunların piroklastikleri (Alibaba Formasyonu; Tokel, 1972) tarafından uyumsuz olarak örtülür. Bölgede en genç birimleri, Kuvaterner yaşlı traverten, taraça ve alüvyonlar oluşturmaktadır.

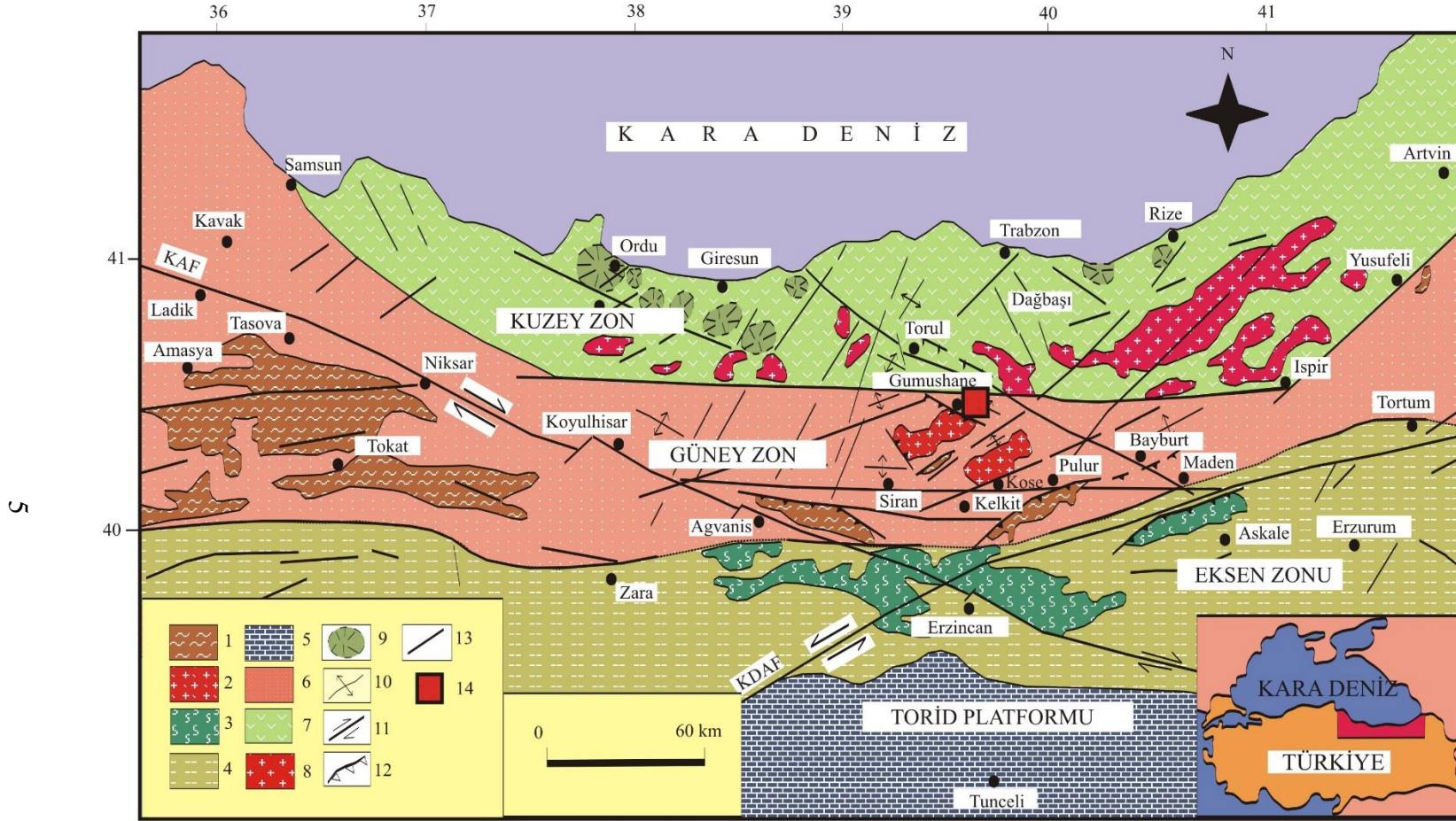
## 1.6. Önceki Çalışmalar

Geçmişten günümüze kadar, bölgede inceleme alanını kapsayan çok sayıda jeolojik araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar ile yörenin detaylı jeolojik haritaları çıkarılmış ve yüksek lisans tezi kapsamında kullanılan isimlendirmeler yapılmıştır. Yörede yapılan başlıca çalışmalar ise;

Ketin (1951); Bayburt ve Gümüşhane Bölgesinin 1/100000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış ve birimleri litostratigrafik olarak belirlemiştir.

Baykal (1952); Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik araştırmalar yapmış ve mevcut olan birimleri belirlemiştir.

Erguvanlı (1952); Trabzon-Gümüşhane arasındaki sahanın jeolojisini incelemiştir. Gümüşhane civarındaki masif kireçtaşlarında inceleme yaparak bu kireçtaşlarını fosil bakımından fakir ve dolomitik olduklarını saptamıştır.



Şekil 1.2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri. (1) Paleozoyik metamorfik taban, (2) Paleozoyik granitleri, (3) Manto peridotitleri, (4) Genellikle Mesozoyik ve Senozoyik kayalar, (5) Karbonatlar, (6) Başlıca Mesozoyik ve Senozoyik sedimanter kayalar, (7) Geç Kretase ve Eosen yaşlı yay volkanikleri, (8) Eosen granitleri, (9) Kaldere veya dom, (10) Kıvrım eksen, (11) Doğrultu atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay (14) Çalışma alanı (Eyüboğlu vd. 2006'dan alınmıştır).

Pelin (1977); Alucra (Giresun) güneydoğusunun petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi adlı çalışma kapsamında Bölgedeki kireçtaşlarını incelemiş ve birim için Berdiga Formasyonu ismini ilk olarak kullanmıştır.

Eren (1983); “Gümüşhane-Kale Arasında Mikrofasiyes İncelemesi” isimli çalışmasında, Kale yöresindeki Liyas yaşlı birimlere ‘Zimonköy Formasyonu’ adını vererek bu birimin Gümüşhane Graniti üzerine aşınma uyumsuzluğu ile geldiğini belirtmiştir. Bu çalışmada Zimonköy Formasyonu Volkanotortul üye ve Çörtlü Kireçtaşı üyesinden oluşmaktadır.

Kahraman vd., (1984); Gümüşhane yöresinin jeolojisine ait 1/25000 ölçekli jeolojik harita çalışmalarında yörenin jeolojisi ve maden zuhurlarına ışık tutmuştur.

Türk- Japon Ekibi (MTA, 1985); bölgede yapmış olduğu ‘Gümüşhane Yöresinde Ortak Mineral Arama Projesi’ adlı çalışmasında, Köstere, Istala, Midi, Hazine Mağara, Mastra maden sahalarını da kapsayan 2800 km<sup>2</sup>’lik alanın 1/25000 ölçekli jeolojik harita alımı ile genel jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Dere sedimanı ve su jeokimyası çalışmaları sonucunda inceleme alanı ve civarının Pb, Zn, Cu anomali sahası olarak tespit etmiş ve ayrıntılı olarak çalışılmasını önermiştir.

Güner (1986); Gümüşhane – Kelkit-Şiran yöresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Berdiga Formasyonunun kalınlığı 200-300 m olarak belirlemiş ve ayrıca yörede gözlenen filişlerin Eosen yaşlı olduğu belirtmiştir.

Yalçınalp (1992); Güzelyayla (Maçka- Trabzon) porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası’ adlı doktora tezinde Güzelyayla Mo-Cu cevherleşmesinin yöredeki granit sokulumlarına bağlı olarak geliştiğini vurgulayarak Pontid Alt Bazik karmaşığı ve Zigana granatoyidi içindeki kuvarslı mikrodioritler içinde gelişen maden yatağının storkwork ve saçınım şeklinde yerleştiğini söylemiştir. Buna ek olarak potasik, fillik ve propilitik ayrışma zonları izlenen yatakta arjillik kuşağın gelişmediğini, Güzelyayla porfiri Cu-Mo yatağının mezotermal karakterde olduğunu ve 280-460 °C arasında oluştuğunu ileri sürmüştür.

Akçay ve Çavga (1997); Olucak (Gümüşhane) Köyü'nün 3.2 km KB'sinde Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu içinde, KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylar boyunca kalınlığı kuvars damar ve damarcıklarına bağlı olarak gelişen sahada cevher mineralleri olarak altınla birlikte pirit, kalkopirit, çinkoblend, fahlerz ve galeni tespit etmişlerdir. Altının çoğunlukla kuvarslı içinde, nadiren de cevher minerallerinden kalkopiritin içinde

oluşturduğunu gang mineralleri olarak kuvars, serizit, kalsit, barit, illit, kaolen ve adularya bulunduğu ifade edilmiştir.

Çubukçu, (1998) ve Tüysüz vd., (1994) Kaletaş'ta (Gümüşhane) altın cevherleşmesini KB-GD doğrultulu silisleşmiş, illitleşmiş ve organik maddece zengin bir zonda geliştiğini, cevher mineralleri olarak altın ile birlikte pirit, stibnit, arsenik, nabit kükürt, cıva (realgar, orpiment), hematit, limonit ve gang olarak kuvars, kalsit, dolomit ile değişik kil minerallerinin (illit, alünit, halloysit, kaolen,) bulunduğu ve cevherleşmenin yapılan çalışmalarda sedimanter tip (Karlin tipi) bir epitermal altın yatağı olduğu ileri sürülmüştür.

Lermi (2003); İnceleme alanın kuzeyinde Midi (Karamustafa-Şiran) yöresinde Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu içinde yer alan Pb-Zn cevherleşmesini çalışmış ve sonucunda cevherleşmenin genelde fay ve kırıklar boyunca, devamı olmayan mercerler şeklinde yerleşmiş olduğunu, cevherleşmenin mineral parajenezinde pirit, pirotin, kalkopirit, manyetit, tetrahedrit, bornit, arsenopirit, nabit altın, elektrum, enarjit-luzonit, simitsonit, serizit, sfalerit, galen gang olarak ise limonit, hematit, kalsit, dolomit, ankerit, siderit, kuvars, epidot, klorit, illit ve kaolinit bulunduğunu ifade etmiştir.

Kandemir (2004); 'Gümüşhane yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun çökel özellikleri ve birikim koşulları' isimli doktora çalışmasında, Gümüşhane yöresinde çok sayıda lokasyonda Liyas yaşlı birimlerden Ölçülü Stratigrafik Kesitler almış, birimi en iyi yüzeyleme verdiği Şenköy yöresine izafeten 'Şenköy Formasyonu' olarak isimlendirilmiştir

Saydam (2002); 'Doğu Pontidler'deki Geç Kretase yaşlı kırıntılı çökellerin sedimanter, petrografik ve organik jeokimyasal özellikleri isimli doktora-tez çalışmasında bölgedeki üst Kretase istiflerinin (çalışma alanındaki Kermutdere Formasyonu dahil) ayrıntılı, stratigrafik kesitlerini çıkartarak bu kayaçların oluşum koşullarını ve organik jeokimyasal özelliklerini ortaya koymuştur.

Sipahi (2005); 'Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaları Mineralojisi ve Jeokimyası' adlı doktora tezinde, çalışılan volkanitlerin toleyitik-geçiş-kalkalkali özellikte ve volkanik yay ortamında geliştiğini ileri sürmüş; dasitleri Dasit-I ve Dasit-II olarak adlandırmıştır. Ayrıca yapmış olduğu kütle değişim hesaplamalarında, genel olarak bazalt, andezit ve Dasit-I' de kütle artması, Dasit-II ve andezit dayklarında kütle azalması meydana gelmiştir. Porfirik dasitlerde ise hem kütle artması, hem de kütle azalması meydana gelmiştir. Volkanitlerde, genel olarak az ayrıışmış

kayaçtan çok ayrılmış kayaca doğru illitleşme-kloritleşme-kaolinitleşme arttığını, karbonatlaşmanın ise azaldığını ortaya koymuştur.

Akaryalı (2010); yaptığı Doktora Tezi çalışmasında Arzular yöresindeki altın cevherleşmesinin KD-GB ve yaklaşık D-B doğrultulu birbirlerini kesen kırık sistemlerine bağlı olduğunu, cevherleşmenin Eosen yaşlı andezitlerle ilişkili olduğunu, yapılan sıvı kapanım ve izotop çalışmalarında cevherleşmenin oluşum sıcaklığının 250 °C olduğunu, mikroprob ve cevher mikroskopisi çalışmaları ile cevherleşmenin kökeninin magmatik kayaçlarla ilişkili olduğunu, cevher oluşturan hidrotermal çözeltilerin yüzeysel kökenli sular olduğunu belirlemiştir. Elde ettiği tüm bu verilerden yararlanarak Arzular yöresindeki altın cevherleşmesinin hidrotermal damar tip, düşük sülfürlü epitermal sistemde oluştuğu sonucuna varmıştır.

Sipahi ve Sadıklar (2010); Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Minerolojisi ve Kütle Değişimi' başlıklı çalışmasında bazalt ve andezitlerde %2-61 kütle kazancı, Dasit-I %71 kütle kazancı ve %42 kütle kaybı ve Dasit II'de %44 kütle kazancı ve %32 kütle kaybı hesaplamıştır bu veriler ışığında alterasyon minerallerinin oluşumunda kırıklar boyunca hareket eden hidrotermal sıvıların önemli rol oynadığını düşünmektedir. Sonuç olarak, çalışma alanında kayaçlardaki alterasyon ürünleri muhtemelen mezo-epitermal evrede, asidik-hafif alkali ortam şartlarında kayaçlardaki minerallerin hidrotermal alterasyonu ile oluşmuşlardır. Buna bağlı olarak kayaçlarda farklı hidrotermal alterasyon koşulları geliştiği için farklı kütle değişimleri görülmektedir.

Aslan ve Akçay (2011); Gümüşhane ili Mastra au madeninde yaptıkları çalışmada Pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  değerlerinin genel olarak -1,7‰ ile -6,2‰ gibi dar bir aralıkta değiştiğini, bu değerlerin kükürtün magmatik kaynaklı olduğunu, kuvars ile dengede olan çözeltilerin  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri +4,5‰ ile +6,2‰ arasında, killer ile dengede olan çözeltilerin  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri +5,8‰ ila +9,8‰ arasında olduğunu ifade eden Aslan ve Akçay (2011) sıvı kapanımlardan maden yatağının geniş bir sıcaklık aralığında (113-390 °C) oluştuğu tespit etmişlerdir. Kükürt izotop jeotermometresi yardımıyla, sülfürlü mineral çiftlerinden üç farklı sıcaklık değeri elde, (T1: 147±15 °C, T2: 287±21 °C ve T3: 365±28 °C), kuvars ve kil minerallerinden yapılan oksijen izotop jeotermometresi de bu mineraller için ortalama 348,5 °C'lik bir oluşum sıcaklığı belirlemiştir.

Dokuz (2011); yaptığı çalışmada; Köse Kompleks Granitoidi'nin granit, granodiyorit ve mikrogranodiyoritten oluştuğunu ifade ederek kompleks içinde yer alan graniti 307my, granodiyoriti 322-318my olarak yaşlandırmıştır.

Güner ve Yazıcı (2011); Eskiköy sahasında cevherleşme ile doğrudan ilişkili olduğu düşünülen KB-GD doğrultulu kırık ve faylarla gelen cevherli hidrotermal eriyiklerin, dasit lav ve piroklastları içinde damar ve damarcık şeklinde yerleştiğini, sahada cevher minerali olarak pirit, galenit, kalkopirit, sfalerit, kovellin, kalkozin ve gang minerali olarak da kuvarsın gözlendiğini ifade etmişlerdir.

Turan (2012); “Zigana (Torul, Gümüşhane, KD Türkiye) Yöresi Damar Tip Pb-Zn-Cu±Barit Cevherleşmelerinin Kökensel Açıdan Karşılaştırmalı İncelenmesi” adlı yüksek lisans tezi çalışmasında; Zigana yöresindeki damar tip cevherleşmelerin yüzeysel kökenli çözeltilerle kısmen seyreltilmiş mağmatik kökenli çözeltilerden oluştuklarını, eş yaşlı olduklarını ve muhtemelen Hamsiköy porfiri yatağı ile ilişkili olan bir porfiri tip cevherleşmenin dış kesimlerine karşılık geldiklerini ifade etmektedir

Akbulut vd., (2014); inceleme alanında yaptıkları çalışmada cevher mineral parajenezi pirit, kalkopirit, sfalerit, galen altından, kuvars ve kalsit mineralinden oluştuğunu, volkaniklerin mineral kimyasına göre klinopiroksenlerin ojit bileşiminde olduğu, cevher minerallerin mineral kimyasına göre cevherleşmenin mağmatik kökenli olduğunu belirlemişlerdir.



## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Giriş**

Bu çalışma kapsamında, inceleme sahasında yüzeyleme veren birimler stratigrafik adlama kuralları dikkate alınarak ayırtlanmış, seçilen volkanik kayaç ve cevher örneklerinden çeşitli jeokimyasal analizler yapılmış ve elde edilen bulgular Doğu Pontid orojenik kuşağında yapılan diğer çalışmalarla da deneştirilerek, Ünlüpinar cevherleşmesi ve ona ev sahipliği yapan Liyas yaşlı volkanik kayaçların; oluşum, köken ve yaş ilişkileri yorumlanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olarak üç ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir.

#### **2.1.1. Arazi Çalışması**

Arazi çalışmalarının ilk etabı, Ünlüpinar cevherleşmesinin de içinde bulunduğu yaklaşık 30 km<sup>2</sup>'lik bir alan içinde yaygın olan birimlerin tanınması, stratigrafik dizilim sırasının ortaya konması ve yapısal özelliklerinin belirlenmesine yönelik olmuştur. Bu amaç doğrultusunda, Ünlüpinar ve çevresinde yaygın olan birimlerde yapılan gözlemler neticesinde mevcut yapısal unsurlardan ölçümler alınmış, formasyon sınırları haritaya işlenmiş ve 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Birimler arası ilişkiler belirlendikten sonra, Ünlüpinar cevherleşmesinin etrafındaki birimler ve yapısal unsurlar kapsamlı olarak incelenmiştir.

Arazi çalışmaları neticesinde yapılan örneklemler şu şekilde özetlenebilir: 1/25000 ölçekli haritalama işlemleri sırasında, birimleri temsil eden kayaçlardan petrografik ve kimyasal analiz amaçlı örnekler alınmıştır. Ünlüpinar cevherleşmesine ait, cevher mineral dizilimini, gang minerallerini ve minerallerin kimyasını ortaya koymak, cevherleşmede mineral zonlanmasını belirlemek, sıvı kapanım ve duraylı izotop çalışmaları yapmak için faz farklılıklarını da dikkate alarak cevherleşme örneklendirilmiştir. Ayrıca Ünlüpinar sahasında Eylence Yayla mevkinde gözlenen cevherleşmelerin bulunduğu alanın 1/10000 ölçekli detay alterasyon haritası yapılmıştır.

## **2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları**

### **2.1.2.1. İnce ve Parlak Kesitlerin Hazırlanması**

Çalışma sahasından toplanan kayaçların, petrografik ve mineralojik tayinlerine yönelik ince kesitler, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında yapılmıştır. İnce kesit hazırlama esnasında kayaçlardan alınan 0.5x2x4 cm boyutundaki plakacıklar, bir yüzeylerinin pürüzlülükleri giderildikten sonra 1 mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan plaka, dereceli aşındırıcılar yardımıyla 0.025 mm kalınlığa kadar inceltilerek petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir.

Ünlüpinar cevherleşme sahasından derlenen cevher ve yan kayaç örneklerinden, cevher mineral parajenezini ve dizilimini ortaya çıkarmak için parlak kesitler hazırlanmıştır. Araziden toplanan örnekler, amaca yönelik olarak 2x2x2 cm boyutunda kesilmiştir. Kesilen bu parçalar öncelikle çeşitli boyutlarda aşındırıcılar kullanarak kaba parlatma işlemine tabi tutulmuş ve son olarak 0.1 mikron boyutunda alüminyum oksit tozuyla uygun yüzeyleri amaca uygun olarak parlatılmıştır.

Hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskopta incelenerek kayaçların petrografileri ve alterasyon mineralojileri tayin edilmiştir. Cevher ve yan kayaç örneklerinden hazırlanan parlak kesitler ise üstten aydınlatmalı cevher mikroskobu ile incelenerek cevherleşmenin mineral parajenezi belirlenmiştir.

### **2.1.2.1. Sıvı Kapanım İçin İnce Kesitlerin Hazırlanması**

Cevher ve gang minerallerinin bünyelerinde buldukları sıvı kapanımları tespit etmek amacıyla cevherli örneklerden çift tarafı parlatılmış ince kesitler, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeokimya Araştırma Laboratuvarında (9 örnek) hazırlanmıştır. Bu örnekler hazırlanırken çeşitli aşamalar geçirilmiştir. Öncelikle makro örneklerde sıvı kapanım yapılmak istenen minerallerin bulunduğu alan işaretlenmiştir. Bu alanlar kalıplara uygun şekilde (yuvarlak, kare vs.) kesilmiştir. Daha sonra bu örnekler kurutulmak üzere Cenco Instrumenten Hot plate isimli etüvde yaklaşık 50-60 °C derecede 15-20 dakika bekletilmiştir. Kapanımların kaybolmaması için bu sıcaklığın çok yüksek değerlerde

olmaması gerekmektedir. Örneklerin sağlam bir şekilde kalabilmesi için bu örnekler epoksi kalıplarına konulmuştur. Her 15ml epoksi için 2ml reçini (sertleştirici) koyularak hazırlanan karışım, kalıba koyulmuş örnekler üzerine dökülmüştür. Daha sonra bu örneklerdeki epoksi çatlaklarına dolan kabarcıkların kaybolması için yaklaşık 10 dk Struers-Citovac isimli vakumda bekletilmiştir. Yapılan bu işlemden sonra vakumdan çıkarılan kalıplar kesilerek içerisinden örnekler alınmıştır. Bu örnekler üzerinde kalan epoksi katmanı Discoplan-TS isimli hassas kesici ile kesilerek çıkarılmıştır. Kalıptan çıkartılan örnekler 8 tane örneğin aynı anda kaba aşındırılması yapılabilen ve 220'lik zımpara kağıdının olduğu Struers-Rotopol 35 (PdM-Force-20) isimli cihaza koyulmuştur. Bu cihazda örneklerin bekleme süresi sıvı kapanım ölçümü yapılmak istenilen mineralin sertliğine göre değişiklik göstermektedir. İncelenen örneklerde kalsit ve kuvars mineralleri bulunduğundan dolayı ve kalsit mineralinin sertliğinin düşük olması sebebiyle yaklaşık 2 dakika cihaz çalıştırılmıştır ve örneklerin kaba aşındırılması yapılmıştır. Burada kuvars minerali kalsite göre daha sert olduğundan yeterli aşınma noktasına gelmediğinden bu cihaz üzerinde el ile aşındırılması yapılmıştır. İlk aşındırma işleminin akabinde bu örnekler 600'lük zımpara kağıdının bulunduğu Logitech-PM4 isimli cihazda bir önceki adıma göre daha iyi aşındırılmak üzere koyulmuştur. Bu cihaz çalışmaya başlamadan önce örnekler üzerine bir sünger koyularak basıncın bütün örneklerle eşit dağılması sağlanmıştır. Daha sonra bu örneklerin aşınacağı zımpara kağıdı üzerine silisyum karbür tozu dökülerek örneklerin aşındırılma işleminin ikinci aşaması başlatılmıştır. Bu işlemde bekleme süresi bir önceki adımda olduğu gibi minerallerin sertliklerine göre değişiklik göstermekle birlikte, yapılan işlemde yaklaşık 10 dakika bekletilmiştir. Bu işlem bittikten sonra bu örnekler, üzerinde elmas pasta bulunan 6 mikronluk (1200'lük) zımpara kağıdının üzerinde yaklaşık 15-20 dakika daha aşındırılmıştır. Bu aşamadan sonra aynı işlem 3 mikronluk zımpara kağıdı üzerinde Diadoublapoly 3 mm adı verilen elmas süspansiyonu dökülerek parlatma işlemine devam edilmiştir. Bu işlem de bittikten sonra aynı şekilde ancak 1 mikronluk keçe üzerinde ve elmas süspansiyonla parlatma işleminin son aşamasına geçilmiştir. Bu işlemler yapılırken kullandığımız cihazlarda örneklerin yerleştirildiği bölgelerin üzerinde basıncın eşit dağılması için pistonlar kullanılmıştır. Bu işlemlerin ilk iki aşamasında bu pistonlar 30N'luk basınca göre, son 3 aşamada ise 20N'luk basınca göre ayarlanmıştır. Bu basıncı değiştirerek ilk iki aşamada aşınan minerallerin fazla basınçla dağılması veya çizilmesi engellenmiştir. Aşındırma aşaması bittikten sonra örnekler yaklaşık 30 dakika kuruması için düşük ısıdaki ısıtıcı üzerinde bekletilmiştir. Kuruyan

örneklerin parlatılmış olan yüzeyine yapıştırıcı sürülerek yapışkan olan bu yüzeye ince kesit camı yapıştırılmıştır. Bu işlemde japon yapıştırıcı kullanılarak, daha sonraki aşamalarda asetonda bekletilecek olan ince kesit örneğinin yapıştırıcının erimesi sonucunda kolayca elde edilmesi sağlanmıştır. Bu yapıştırma işlemleri bütün örnekler aynı şekilde uygulandıktan sonra ince kesit camlarının örneğe iyice yapışabilmesi için bu örnekler basınç uygulayabilecek bir aparatın her bir bacağının altına bir örnek gelecek şekilde yerleştirilmiştir ve burada 1 gün bekletilmiştir. Bu cihazdan örnekler alındıktan sonra ince kesit camlarının üzerine cam kalemi ile örnek numaraları yazılmıştır. Daha sonra bu ince kesitin kalınlığı istenilen kalınlıkta olmak üzere Discoplan-TS isimli hassas kesicide kesilmiştir. Yaklaşık 1200 mikron kalınlığında olan ince kesit camının üzerindeki örnek 150 mikron civarında yani yapıştırılmış halde bulunan ince kesit örneği Mitutoyo isimli cihazla ölçüldüğünde 1350 mikron değerini verecek şekilde kesilmiştir. Aslında sıvı kapanım örneğinin cihaz altında incelenebilecek konuma geldiğinde yaklaşık kalınlığı 80-90 mikron olması gerekmektedir. Ancak bu aşamadan sonra yapılacak olan zımparalama ve parlatma işlemlerinde incelme olacağı için bu aşamada 150 mikron ideal bir rakam olarak belirlenmiştir. Bu ince kesitler parlatma işleminin yapıldığı aynı cihazda kendilerine uygun kalıplara koyularak 600'lük zımpara kağıdının üstünde parlatma işlemine bırakılmıştır. Daha sonra bu işlemler bir önceki parlatma işlemindeki gibi sırayla 6 mikron, 3 mikron ve 1 mikron için yapılmıştır. Bu işlemden sonra iki tarafı da parlatılmış olan yaklaşık 80-90 mikron kalınlığındaki örneğin alınabilmesi için bu ince kesit örnekleri içerisinde aseton bulunan ve her biri üzerinde örnek numarası olan küçük kutularda 1 gün bekletilmiştir. Bu bekleme işleminden sonra cımbız yardımı ile ince kesit camı üzerinden kaymış olan örnekler numune poşetlerine koyulmuştur ve sıvı kapanım için numune hazırlama işlemi bitirilmiştir.

İstanbul Teknik Üniversitesi'nde sıvı kapanım ölçümleri polarizan mikroskop üzerine monte edilmiş ve -196 °C ile 600 °C aralığında ısıtma-soğutma yapabilen Linkam THMG-600 cihazı kullanılarak yapılmıştır. Kapanımların belirlenmesi amacıyla hazırlanan ince kesitler, polarizan mikroskopta X40 ve X100 büyütmeye sahip mercekler ile incelenmiş olup, sıvı kapanımların tipleri, petrografileri ve mikrotermometrik özellikleri belirlenmiştir.

### **2.1.2.3. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması**

İnceleme alanından sistematik olarak alınan örneklerin, petrografik incelemeleri tamamlandıktan sonra, seçilen örneklerden ana, iz ve nadir toprak element analizi, değerli metal analizi yapılmıştır. Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde, 250-300 g kayaç örnekleri çeneli kırıcıda parçalandıktan sonra, Tungsten-karbitten yapılmış halkalı öğütücülerde 200 mesh boyutuna kadar öğütülmüş ve çeyrekleme yöntemi ile yaklaşık 40-50 g toz örnek kimyasal analiz için ayrılmıştır.

### **2.1.2.4. Duraylı İzotop Analizi İçin Mineral Ayrımı**

Ünlüpinar cevherleşmesinin kökenini ve oluşum sıcaklığını belirlemek amacıyla duraylı izotoplardan C, O, ve S izotopları kullanılmıştır. Söz konusu duraylı izotop analizlerini gerçekleştirebilmek için ihtiyaç duyulan saf mineral örnekleri, cevher mikroskobisi çalışmaları ile belirlenen mineral parajenezi ve süksesyonu da dikkate alınarak, aynı fazda oluşmuş mineral çiftlerinden seçilmiştir. Buna bağlı olarak bu çalışmada cevher minerallerinden pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenden S izotop analizi, gang minerallerinden kuvars ve kalsitten sırasıyla O ve C izotop analizleri yapılmıştır.

Duraylı izotop analizlerinde kullanılacak saf örnek miktarının 0.5 g. olması yeterlidir. Yürütülen bu çalışmada, Ünlüpinar cevherleşmesinden alınan örneklerin içerdiği minerallerin boyutları birkaç mm'den birkaç cm'ye kadar değiştiğinden cevher ve gang mineralleri oldukça saf halde binokuler mikroskop yardımıyla ayrılabilmişlerdir. Bunun için örnekler çeneli ve silindirik kırıcılarda kırıldıktan sonra, serbest hale gelen minerallerin çok ince tozlardan ayrılmasını sağlamak amacıyla elenmiştir. Bu işlemlerin yanı sıra mineral yüzeylerindeki kirlenmeyi ortadan kaldırmak için her bir örnek saf suyla birkaç kez yıkanmış ve doğal kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örneklerden istenilen mineraller istenilen miktarda saflaştırılmıştır.

### **2.1.3. Analitik Yöntemler**

#### **2.1.3.1. ICP-AES ve ICP-MS Yöntemleri**

Çalışma kapsamında yapılan kimyasal analizler ACME Analytical Laboratories Ltd. (KANADA) analitik kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. İnceleme sahasında yüzeyleyen volkanik kayaların sınıflandırılması, kökeni ve jeodinamik ortamının saptanması amacıyla yönelik olarak 7 adet kayaç örneğinin ana element analizleri; İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Coupled Plasma)-Atomik Emisyon Spektrometri (ICP-AES) yöntemiyle analiz edilmiştir. Aynı örneklerin iz ve nadir toprak element analizleri ise ICP-MS (Kütle Spektrometresi) yöntemiyle analiz edilmiştir.

ICP-AES analiz yönteminde, bir örnekte bulunan elementler atomlaştırma işlemi (ICP hamlacı ile) buhar haline getirilerek atomlarına dönüştürülür. Akabinde ise buhar içindeki atomik türlerin emisyonunun ölçümleri yapılır (Thompson ve Walh, 1983). Ana element analizleri için 0.2 g örnek 1.5 g LiBO<sub>2</sub>'de eritilmiş ve %5'lik 100 mL HNO<sub>3</sub> içinde çözündürülmüştür. Analiz yapılan alete standartlar (STD SO 18) girildikten sonra örnekler analiz edilmiştir.

ICP-MS yöntemi ise 0.25 g toz örnek üzerinde gerçekleştirilir. Yöntemin esası şu şekildedir. Analiz edilecek örnekler ICP hamlacı ile atomlaştırılır, iyonlaştırılır ve kütle /yük oranına göre ayrılan iyonların sayımı ile sayısal sonuçlar elde edilir (Jenner vd., 1990). Numuneler, karbon içeriklerinin uçurulması için 200 °C de 100 mL HClO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub>-HCl-HF çözeltisinde köpürmeleri gidinceye kadar bekletilmiştir. Metalleri çözmek amacıyla 10 mL kral suyu (3HDNO<sub>3</sub>-HDHCl) ile sulandırılarak bekletilen numuneler, seyreltikten, filtrelendikten ve cihaza standart (STD SO 18) okutulduktan sonra analiz edilmişlerdir.

#### **2.1.3.2. Elektron Mikroprob Analizleri**

Ünlüpinar cevherleşme sahasından alınan cevherli örneklerde gözlenen cevher minerallerinin mikroprob analizleri New Mexico Bureau of Geology & Mineral Resources New Mexico Institute of Mining & Technology KANADA'da elektron mikroprob laboratuvarında *CAMECA SX-100* model cihaz ile 20 kV ve 30 nA şartları altında yapılmıştır.

### 2.1.3.3. Duraylı İzotop Analizleri

Ünlüpinar cevherleşme sahasında derlenen cevherli örneklerde yer alan kalsit minerali üzerinde yapılan C ve O izotop analizleri, sfalerit, kalkopirit, pirit ve galen üzerinde gerçekleştirilen kükürt izotop analizleri Queen's Facility for Isotope Research KANADA'da yapılmıştır.

Kükürt duraylı izotop ölçümleri sfalerit, kalkopirit, pirit ve galen üzerinde Finnigan MAT 252 Carlo Erba NCS 2500 element analizör çifti kullanılarak, Finnigan MAT kütle spektrometresi ile Finnigan MAT Conflo 11 birlikte ölçülmüştür ve bunlar izotop formülünde V-CDT standartına göre ‰ 1 olarak analiz edilmiştir. Kükürt izotop analizinin yapılması aşamasında ilk olarak, analizi yapılacak olan örnek birlikte katalizör olarak işlem gören vanadyum pentaoksit içeren kalay kapsül analiz haznesine yerleştirilir. Daha sonra 1080 °C sıcaklıkta saf oksijen akımı sağlanarak ısıtılan örnek, kalay kapsülle birlikte sıcaklık 1700 °C'ye kadar çıkarılarak yakılır. Yakma işlemi sırasında çıkan gazlar saf bakır teller üzerinden geçirilerek SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve su elde edilir. Elde edilen SO<sub>2</sub> gazı 45 °C'de çözündürülerek ayrılır, iyonlaştırılır, üzerinden akım geçirilir ve sonuçta SO<sub>2</sub> pikleri ölçülür.

C ve O izotop analiz işlemi ilk olarak örnekler üzerindeki organik materyallerin arındırılması ile başlamıştır. Kurutulup toz haline getirilen örnekler % 100 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>'in içinde 72 °C'de 4 saat tepkimeye sokularak açığa çıkan CO<sub>2</sub>'nin 0.5 mg'nın çözünmesi ile karbon ve oksijen izotoplarının değerleri ile ölçülmüştür. Karbon ve oksijen izotoplarının bileşimleri V-PDB standartına göre analiz edilmiştir.

### 2.1.4. Büro Çalışması

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler büro çalışmaları sırasında değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları neticesinde hazırlanan haritalar, kesitler bilgisayarda Corel Draw programlarıyla çizilmiştir. Petrografik, mineralojik ve kimyasal analiz sonuçları Corel Draw, Grapher ve Office programları ile çizilerek grafikleri ve tabloları oluşturulmuştur. Sonuçta tüm veriler değerlendirilmiş ve "Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na göre tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

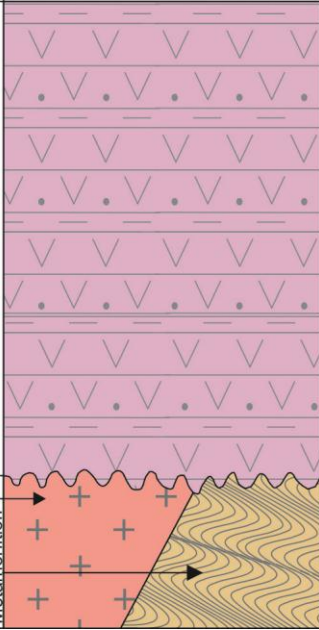
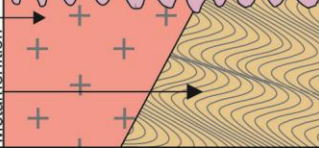
### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1. Çalışma Alanının Stratigrafisi

Çalışma alanı yakın çevresindeki kayalar yaşlıdan gence doğru (Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3) aşağıdaki gibidir.

- 1) Kurtoğlu Metamorfileri (Erken Karbonifer)
- 2) Köse Granitoyidi (Geç Karbonifer)
- 3) Şenköy Formasyonu (Erken-Orta Jura)

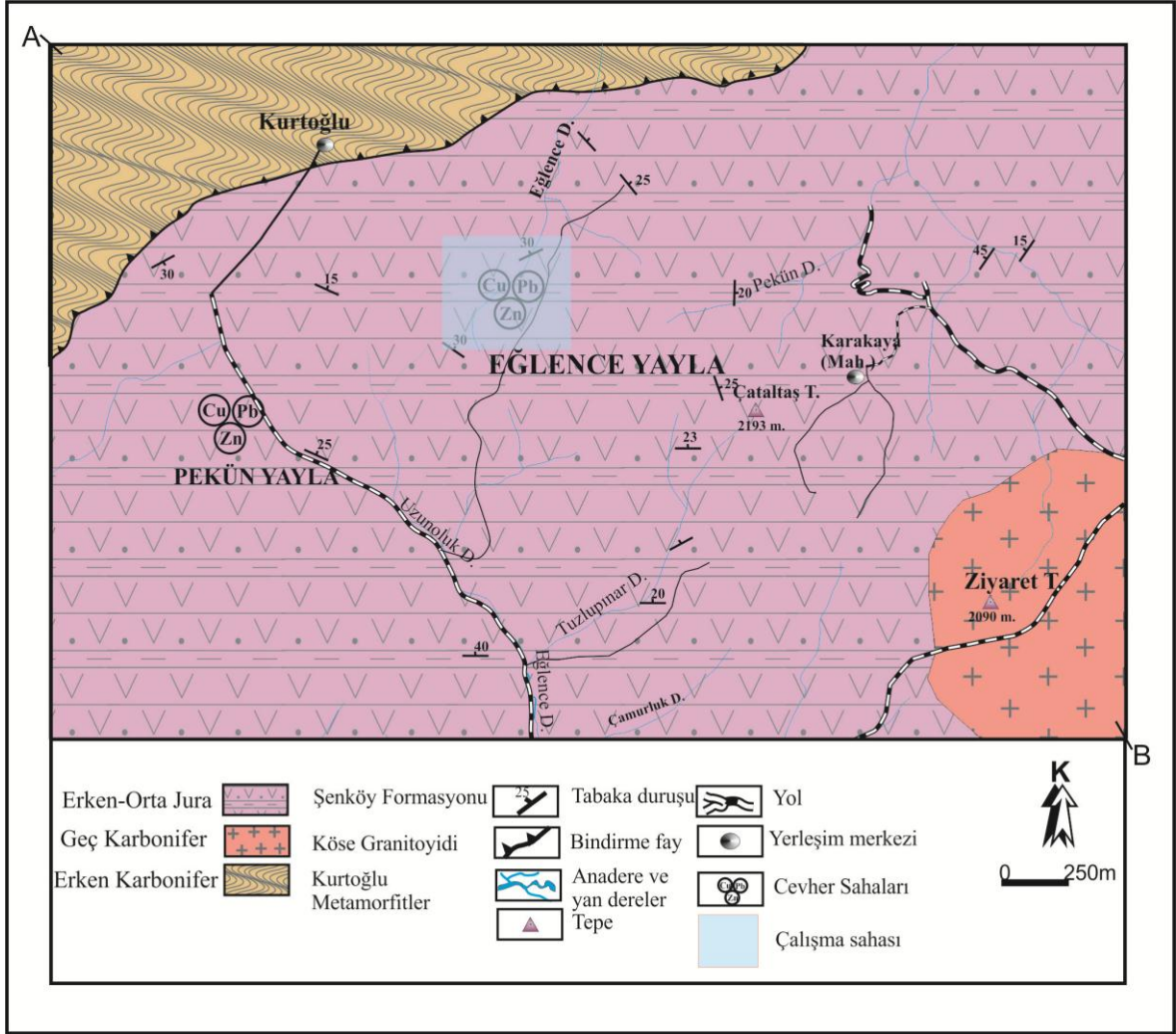
Çalışma konusunu oluşturan cevherleşmeler, Şenköy Formasyonu içinde yer alan andezitler içinde geliştiğinden, bu bölümde Şenköy Formasyonu detaylı olarak anlatılacak, diğer birimler için genel bilgiler verilmiştir.

ÜSTSİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
MESOZOİK	JURA	LİYAS	ŞENKÖY		Şenköy Formasyonu Andezit-bazalt ve piroklastları
PALEOZOYİK			Köse Granitoyidi Kurtoğlu Metamorfileri		Granit, granodiyorit, mikrogranodiyorit Fillat, mikaşist, amfibolit, kuvarsit, gnays, kuvars fillat, grafit şist

Ölçeksizdir

Şekil 3.1. İnceleme alanının genel stratigrafik kolon kesiti





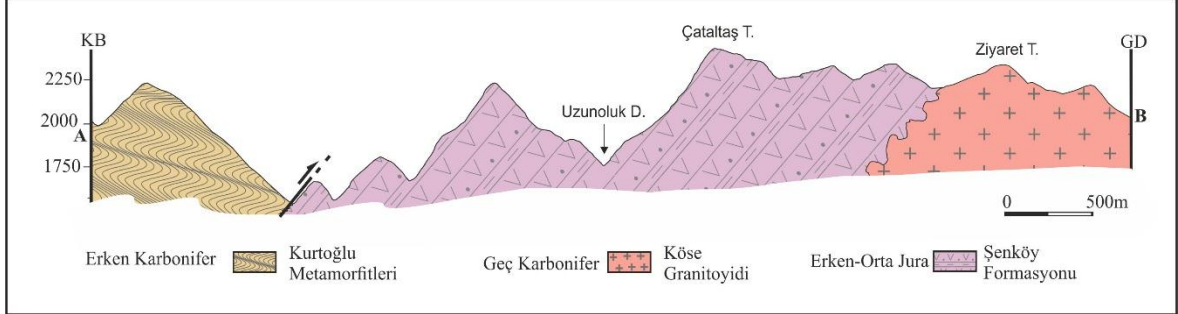
Şekil 3.2. Çalışma alanını kapsayan bölgenin 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritası.

### 3.1.1. Kurtoğlu Metamorfitleleri

Çalışma alanını içine alan Doğu Pontidlerin Güney zonunda, Alt Paleozoyik veya daha yaşlı birimlere ait oluşuklar seyrek olarak gözlenmektedir. Bölgesel metamorfik seriye ait başlıca kayaç türleri; fillatlar, grafit şistler, mikaşist, amfibolit, kuvarsit, kuvars fillat ve gnayslardır. Güney zonda bu birimler Kelkit, Şiran-Zimon (Çevrepınar), Kurtoğlu, Kale, Köse, Demirözü, Yeniköy ve kuzeyinde yaygın olarak gözlenirler (Baykal, 1952; Coğulu, 1970; Yılmaz, 1972; Açar, 1977; Eren, 1983; Topuz, 2000).

Birim, ilk olarak Yılmaz (1972) tarafından “Kurtoğlu Metamorfitleleri” başlığı altında incelenmiş, daha sonra Açar (1977), Kırıklı civarında yapmış olduğu çalışmada

birimi “Kırıklı Metamorfileri” olarak adlandırmıştır. İnceleme alanındaki metamorfik seriyeye ait bu kayalar için, Kurtoğlu Metamorfileri ismi tercih edilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışma alanına ait enine kesit.

### 3.1.2. Köse Granitoyidi

Köse Granitoyidi ilk olarak Erguvanlı (1952) tarafından adlandırılmıştır. Aynı birimi Dokuz (2011) yaptığı çalışmada; Köse Kompleks Granitoyidi olarak adlandırmıştır ve kompleksin granit, granodiyorit ve mikrogranodiyoritten oluştuğunu ifade ederek kompleks içinde yer alan graniti 307 my, granodiyoriti 322-318 my olarak yaşlandırmıştır. Birim inceleme alanında Ziyaret Tepe ve çevresinde yaklaşık 1-1.5 km<sup>2</sup>'lik alanda yüzeyleme vermektedir.

### 3.1.3. Şenköy Formasyonu

#### 3.1.3.1. Ad, Yayılım ve Topografik Görünüm

Şenköy Formasyonu ilk kez Kandemir (2004) tarafından Gümüşhane yöresinde tanımlanmıştır. Çalışma alanındaki benzer litolojik özellikler gösteren ve aynı stratigrafik konumda olan bu birim içinde aynı ad kullanılmıştır. Eylence Yayla Zn-Pb ± Au-Ag cevherleşmesinin de içinde bulunduğu Şenköy Formasyonu inceleme alanında en geniş yayılıma sahip olup, Pekün (Ünlüpinar) kuzey-güney ve batısındaki alanlarda, Karakaya Mahallesi civarında, Eylence Yayla ve Pekün Yayla mevkilerinde mostra verir (Şekil 3.3). Topografik olarak orta eğimli sırt ve tepelerde ve yayvan vadiler içinde yüzeylemeleri sıkça izlenir.

### 3.1.3.2. Litoloji ve Petrografi

Şenköy Formasyonu inceleme alanında andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşmaktadır. İnceleme alanındaki bu birim genel olarak siyah, gri ve grimsi siyah renklerde (Şekil 3.4), yer yer ise akmlar şeklinde gözlenmektedir. Şenköy Formasyonu'nun bu özelliği arazide formasyonun hemen tanınmasını sağlamaktadır. Şenköy Formasyonu içerisindeki andezit ve bazalt gibi volkanik kayalar ve bunların piroklastları yer yer kırıklı ve çatlaklı yapıda (Şekil 3.5) olup çatlaklar limonit ve kalsit dolguludur.

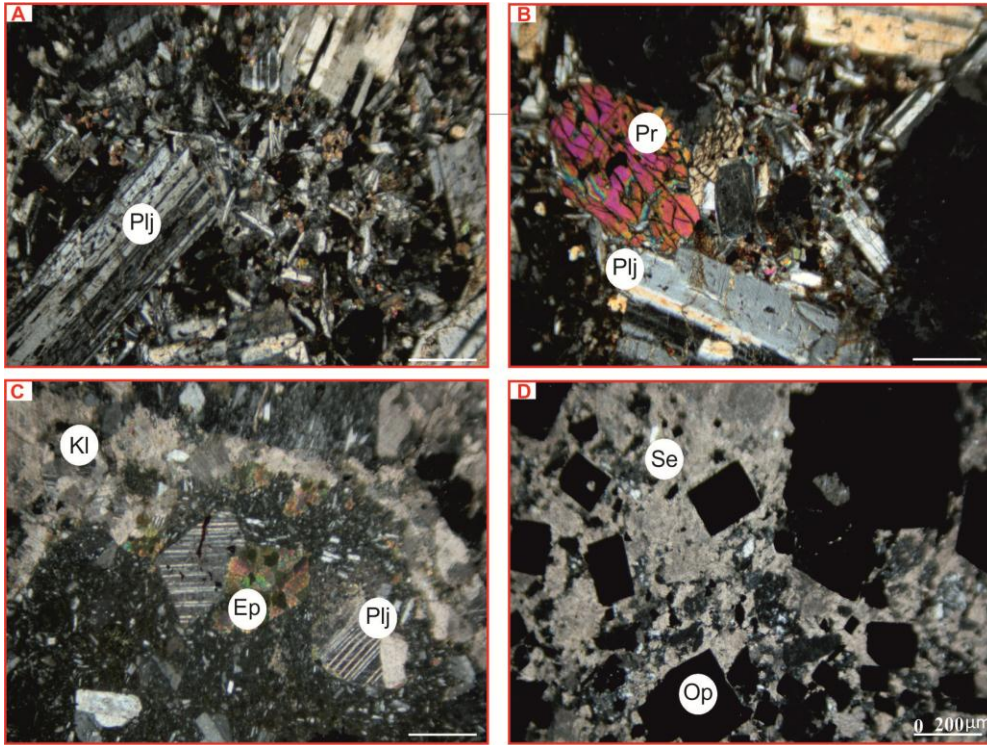


Şekil 3.4. Şenköy Formasyonu'ndaki andezitlerde gözlenen lav akma yapısından görünüm (Eylencedere Kuzeyi)

İncekesitlerde yapılan incelemede, Eylence Dere'nin kuzeybatısındaki Şenköy Formasyonu'na ait andezitlerin içerisinde: Mikrolitik porfirik ve glomeraporfirik doku gözlenmekte olup, içerisinde orta ve iri boyutlarda yer yer serizitleşmiş, kalsitleşmiş nadirende üzerinde epidotlaşma görülen ve cins tayinine göre Andezin ( $An_{32-36}$ ) bileşimine sahip olan plajiyoklas mineralleri; öz şekilli ve yarı öz şekilli saçınım halinde küçük ve orta boyutta opak mineraller ve bu minerallerin çok küçük tanelerinden oluşan hamur görülmüştür (Şekil 3.6).

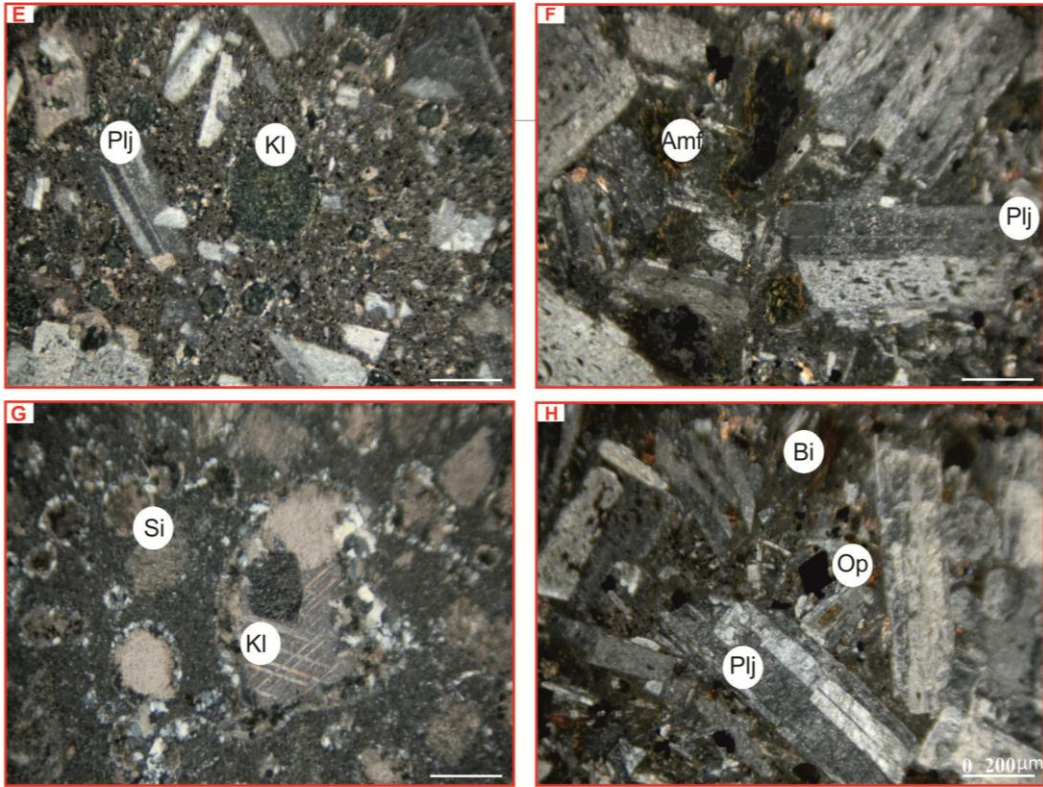


Şekil 3.5. Şenköy Formasyonu'ndaki andezitlerde kırıklı ve çatlaklı yapıdan görünüm (Eylencedere Kuzeyi).



Şekil 3.6. Liyas yaşlı andezitlerin mikroskobik görünümü. A) Yarı öz şekilli plajiyoklasların görünümü, B) Öz şekilli piroksen ve yarı öz şekilli plajiyoklas minerallerinin görünümü. C) İkincil kalsit-epidot mineralleri ve yarı öz şekilli plajiyoklas, D) Öz şekilli opak mineraller ve ikincil oluşan serizitleşme görünümü (Kesit No:Y13, Pl: Plajiyoklas, Kl: Kalsit, Op: Opak, Ser: Serizitleşme, Pr: Piroksen).

İncekesitlerde yapılan diğeri bir incelemede, Eylence Dere civarından alınan Şenköy Formasyonu'na ait bazaltlarda mikrolitik porfirik doku gözlenmekte olup, içerisinde: Orta ve iri boyutlarda yer yer serizitleşmiş nadiren de çok iri ve porfiri boyutlarda düzgün polisentetik ikizlenmesi gösteren, yer yer belirgin zonlu yapıda olan plajiyoklasların cins tayinine göre andezin ( $An_{52-60}$ ) bileşiminde olduğu; iri ve orta boyutlarda düzgün kenarlı altıgen şekilli, bazen de alterasyona uğramış olan, tek ve çift nikol görüntülerinde belirgin olarak yoğun kloritleşme görülen, alterasyon sonucu kısmen kalsitleşme ve epidotlaşmaya sahip ve kayaç içerisinde %20 oranında bulunan amfibol mineralleri; tek ve çapraz nikol görüntülerinde saçınımlı halde orta ve küçük boyutlarda, nadiren de iri boyutlarda görülen, bazen amfibol ve plajiyoklas üzerinde yarı öz şekilli ve öz şekilli kümelenmiş mineraller olarak bulunan, silisleşmenin yoğun olduğu hamur kısımlarında daha iri boyutlarda bulunan opak mineraller gözlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Liyas yaşlı bazaltların mikroskobik görünümü. E) Yarı öz şekilli Plajiyoklas, ikincil kalsit minerali görünümü, F) Yarı öz şekilli Amfibol, yarı öz şekilli Plajiyoklas, G) Silisleşme, Kalsitleşme, H) Öz şekilli Opak minerallerin görünümü (Kesit No:Y25, Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Op: Opak Si: Silisleşme, Kl: Kalsitleşme, Ç N).

### **3.1.3.3. Alt-Üst Sınırları ve Kalınlıkları**

Şenköy Formasyonu inceleme alanının en genç birimini oluşturur. Birimin alt sınırını ise Geç Karbonifer yaşlı Köse Granitoyidi oluşturmaktadır.

### **3.1.3.4. Fosil içeriği ve Yaş**

Yapılan çalışmalarda Şenköy Formasyonunda yaş tespiti yapılmamıştır. Ancak daha önceki çalışmalardan yararlanılarak birim Erken – Orta Jura olarak yaşlandırılmıştır (Kandemir, 2004).

### **3.1.3.5. Deneştirme**

Şenköy Formasyonu, Doğu Pontid Güney Zonu'nda birimle aynı stratigrafik konuma sahip ve diğer çalışmacılar tarafından farklı adlarla adlandırılmış istiflerle deneştirilebilir özelliktedir.

Ağar (1977), “Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin Jeolojisi” adlı doktora tezinde ilk defa Liyas yaşlı oluşukları Çaltepe Kireçtaşı (Alt Sinemuriyen) ve Hamurkesen Formasyonu (Üst Sinemuriyen) olarak ikiye ayırmış ve adlandırmıştır. Bu çökeller Şenköy Formasyonu'nun farklı seviyeleriyle deneştirilebilir niteliktedir.

Seymen (1975), Doğu Pontid Güney Zonu'nun batısında, Resadiye yöresinde yapmış olduğu doktora çalışmasında yöredeki Liyas-Dogger yaşlı çökelleri Karatepe Formasyonu olarak adlandırmıştır. Şenköy Formasyonu ile stratigrafik konum ve litolojik benzerlikler sunan Karatepe Formasyonu konglomeralarla başlamaktadır.

Eren (1983) Gümüşhane-Kale Arasında Mikrofasiyes İncelemesi isimli çalışmasında, Kale yöresindeki Liyas yaşlı birimlere verdiği Zimonköy Formasyonu ile deneştirilebilir.

## **3.2. Yapısal Jeoloji**

### **3.2.1. Giriş**

Çalışma alanı ve yakın çevresindeki kayaçlar Doğu Karadeniz Bölgesini etkileyen Alpin Orojenezi'ne bağlı kuzey-güney yönlü sıkışmalar, doğu-batı veya kuzeydoğu-güneybatı yönünde kırık ve çatlak sistemlerinin gelişmesini sonuçlamıştır.

### 3.2.2. Fay ve Kıvrımlar

Yukarıda bahsedilen sıkışma tektoniği ile ilişkili olarak bu bağlamda inceleme alanının kuzeyinde yer alan Kurtoğlu Metamorfikleri ile Şenköy Formasyonu'nun jeolojik kontağı bir bindirme fayı ile sınırlıdır. Bundan başka tabakalı kayalar yer yer sıkışma kuvvetlerinden etkilenerek haritaya işlenemeyecek boyutlarda senklinal ve antiklinal yapıları gelişmiştir.

### 3.2.3. Kırıklı ve Çatlaklı Yapılar

Cevherleşmenin bulunduğu alanlarda hakim kırık hattı K20-50D olarak ölçülmüştür. Eylence Dere çevresindeki cevherleşmeler K20D doğrultusunda gelişmiştir. Kırıklı yapıların hemen hepsinde silisleşmeyle birlikte cevherleşme görülür. Ayrıca bazı kırık ve çatlakların kalsit ve kuvars ile dolgulu oldukları saptanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Eylencedere ve yakın alanındaki kayalarda izlenen kloritleşme ve kırıklarda yer alan kalsitlerin görünümü.

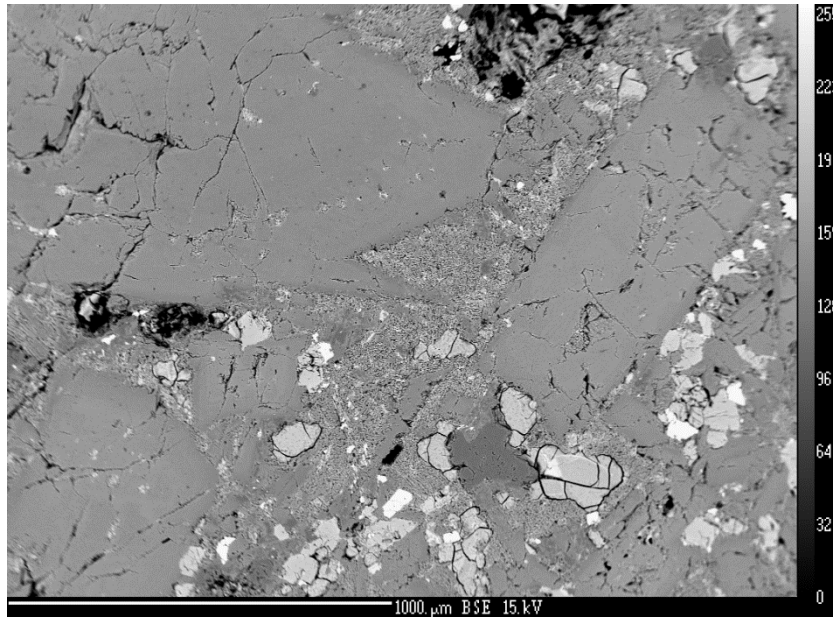
### 3.3. Liyas Volkaniklerinin Mineral Kimyası

Çalışmanın amacına yönelik olarak Ünlüpinar yöresinde yüzeyleme veren Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu'na ait volkanitleri içindeki andezitlerde gözlenen plajiyoklas,

klinopiroksen ve Fe-Ti oksit minerallerinin, genel kimyasal özellikleri bu bölümde incelenmiştir.

### 3.3.1. Plajiyoklas

Ünlüpınar (Kelkit/Gümüşhane) yöresindeki volkanik kayaçları oluşturan bütün kayaç türlerinde plajiyoklas mineraline sıkça rastlanmıştır. Plajiyoklas mineralleri çoğunlukla ince-uzun ve öz şekilli kristalcikler halinde olup (Şekil 3.9), 0.1-1 mm arasında değişmektedir. Bu kayaçlarda plajiyoklaslar hem mikrolitler hem de orta-iri plajiyoklaslar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 3.9). Ayrıca kayaçlarda bol miktarda zonlu plajiyoklaslara da (0.2-1 mm) rastlanmıştır.



Şekil 3.9. Ünlüpınar yöresi Liyas volkanitlerine ait kayaçlardaki plajiyoklasların BSE görüntüleri.

Ünlüpınar (Kelkit/Gümüşhane) yöresindeki andezitlere ait örneklerden seçilen plajiyoklas minerallerinden kimyasal analiz yaptırılmıştır (Tablo 3.1).

Andezit örneklerinde plajiyoklaslar genellikle mikrolit ve latalar halindedir. Plajiyoklaslar genellikle; bitovnit, labradorit ve andezin bileşimindedir. Plajiyoklasların zenginleşmiş kristalleri; andezin ( $An_{32-42}$ ) bileşimindedir. Diğer plajiyoklaslarda kenar kısımlar labradorit ( $An_{51-64}$ ) bileşimindeyken, merkez kısımları bitovnit ( $An_{73-78}$ ) bileşimindedir (Şekil 3.10).

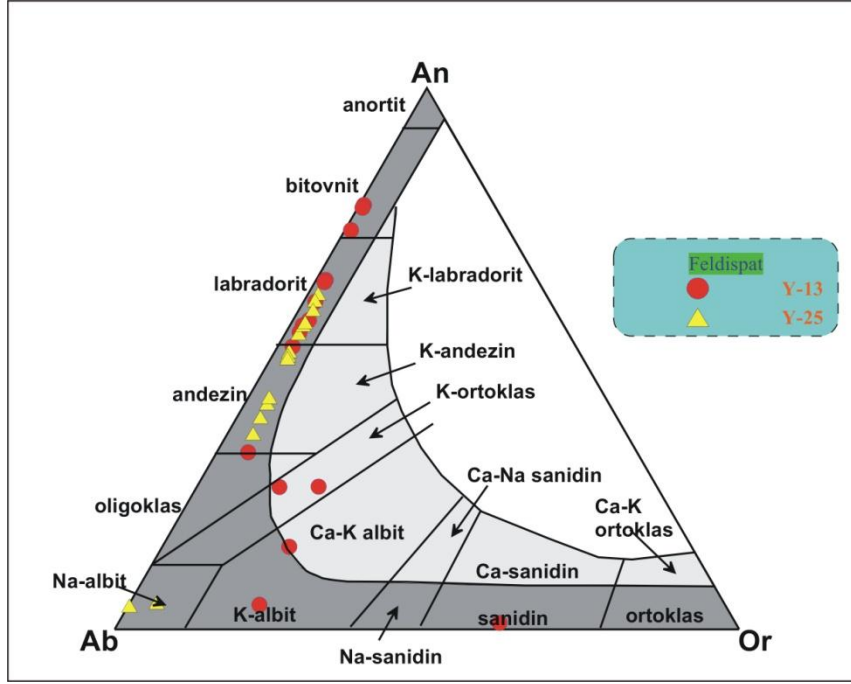


Tablo 3.1. Ünlüınar (Kelkit/Gümüşhane) yöresindeki andezitlere ait örneklerden seçilen plajiyoklas minerallerindeki mikrokimyasal analizler

Örnek No	Y13-01	Y13-02	Y13-03	Y13-04	Y13-05	Y13-06	Y13-07	Y13-09	Y13-10	Y13-11	Y13-12	Y13-13	Y13-14	Y13-15	Y13-32	Y13-33	Y25-07	Y25-08	Y25-09	Y25-10
SiO <sub>2</sub>	53.38	51.47	54.91	47.92	51.54	62.56	97.83	47.85	53.42	53.97	60.2	49.22	52.25	97.64	97.13	67.07	54.06	57.29	53.71	58.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.57	29.34	26.91	31.29	28.97	19.51	0.3	31.15	27.36	27.2	23.95	30.43	28.27	0.3	0.54	17.74	27.45	25.5	27.46	25.46
FeO	0.61	0.72	0.61	0.68	0.71	0.66	0.21	0.79	0.83	0.86	0.49	0.65	0.87	0.21	0.18	0.43	0.8	0.61	0.94	0.65
CaO	11.32	12.79	10.44	15.52	12.72	2.89	0.01	15.34	11.24	10.83	6.62	14.61	11.96	0.06	0.1	0.23	11.14	8.56	11.33	7.94
Na <sub>2</sub> O	4.42	3.72	5.01	2.29	3.76	6.75	0.08	2.33	4.62	4.68	6.97	2.77	4.11	0.08	0.12	4.02	4.86	6.19	4.64	6.38
K <sub>2</sub> O	0.43	0.25	0.4	0.12	0.26	3.24	0.04	0.13	0.35	0.36	0.86	0.17	0.32	0.03	0.06	9.88	0.36	0.61	0.35	0.64
BaO	0	0.02	0	0.05	0	0.18	0	0.01	0.02	0.08	0.11	0.02	0.06	0.01	0	0.14	0.11	0.05	0.09	0.08
Toplam	97.82	98.39	98.33	97.96	98.02	95.82	98.48	97.66	97.92	98	99.26	97.93	97.97	98.34	98.13	99.55	98.93	98.86	98.6	99.34
Si	9.891	9.527	10.086	8.985	9.571	11.644	15.933	8.996	9.902	9.974	10.848	9.198	9.708	15.929	15.888	12.17	9.928	10.432	9.898	10.513
Al(t)	6.021	6.4	5.826	6.915	6.34	4.278	0.058	6.903	5.976	5.925	5.086	6.703	6.191	0.058	0.103	3.794	5.942	5.471	5.964	5.427
Fe <sup>+2</sup>	0.095	0.111	0.094	0.107	0.11	0.102	0.029	0.124	0.129	0.133	0.073	0.102	0.135	0.029	0.025	0.065	0.123	0.093	0.145	0.098
Ca	2.247	2.536	2.055	3.118	2.53	0.577	0.002	3.09	2.231	2.144	1.278	2.925	2.381	0.01	0.018	0.045	2.191	1.669	2.236	1.538
Na	1.588	1.333	1.785	0.831	1.354	2.436	0.026	0.847	1.661	1.678	2.435	1.003	1.479	0.024	0.037	1.414	1.731	2.186	1.657	2.237
K	0.101	0.06	0.094	0.029	0.061	0.769	0.007	0.03	0.082	0.085	0.197	0.039	0.075	0.005	0.013	2.286	0.085	0.142	0.083	0.147
Ba	0	0.001	0	0.004	0	0.013	0	0.001	0.001	0.006	0.007	0.001	0.004	0.001	0	0.01	0.008	0.004	0.007	0.006
Toplam	19.943	19.969	19.94	19.988	19.966	19.819	16.055	19.991	19.982	19.945	19.925	19.972	19.974	16.056	16.085	19.783	20.009	19.997	19.99	19.965
% An	57.076	64.537	52.243	78.39	64.132	15.254	4.521	77.88	56.14	54.864	32.692	73.725	60.51	26.282	26.348	1.189	54.673	41.754	56.247	39.219
% Ab	40.348	33.937	45.368	20.889	34.325	64.405	74.544	21.359	41.796	42.952	62.27	25.284	37.592	60.458	54.16	37.767	43.205	54.689	41.678	57.04
% Or	2.576	1.526	2.389	0.721	1.543	20.341	20.935	0.762	2.064	2.184	5.038	0.991	1.897	13.26	19.493	61.045	2.122	3.556	2.075	3.742

Tablo 3.1.'in devamı.

Örnek No	Y25-11	Y25-12	Y25-13	Y25-14	Y25-15	Y25-16	Y25-17	Y25-21	Y25-22	Y25-23	Y25-24
SiO <sub>2</sub>	65.86	52.24	52.81	66.88	58.67	55.13	55.1	53.05	57.19	53.75	55.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.92	28.38	28.15	19.89	24.79	27.22	26.78	28.21	25.79	27.62	27.22
FeO	0.23	0.8	0.8	0.13	0.56	0.81	0.74	0.73	0.64	0.88	0.64
CaO	1.02	12.33	12.05	0.91	7.36	10.32	10.34	11.87	8.81	11.44	10.26
Na <sub>2</sub> O	10.31	4	4.11	10.93	6.71	5.14	5.29	4.29	6.1	4.58	5.35
K <sub>2</sub> O	0.74	0.27	0.28	0.03	0.7	0.38	0.42	0.39	0.57	0.37	0.45
BaO	0.02	0.09	0	0.06	0.04	0	0.06	0	0.1	0	0.08
Toplam	99.22	98.15	98.27	98.91	98.92	99.09	98.79	98.59	99.29	98.73	99.48
Si	11.679	9.686	9.762	11.848	10.638	10.062	10.096	9.772	10.382	9.885	10.074
Al(t)	4.372	6.2	6.132	4.152	5.297	5.854	5.782	6.126	5.517	5.987	5.835
Fe <sup>+2</sup>	0.035	0.124	0.124	0.019	0.085	0.123	0.113	0.112	0.098	0.135	0.097
Ca	0.194	2.448	2.386	0.172	1.43	2.018	2.029	2.344	1.714	2.254	2
Na	3.543	1.437	1.471	3.753	2.359	1.819	1.88	1.534	2.148	1.633	1.887
K	0.167	0.063	0.067	0.008	0.161	0.089	0.098	0.09	0.132	0.086	0.104
Ba	0.002	0.006	0	0.004	0.003	0	0.004	0	0.007	0	0.005
Toplam	19.99	19.964	19.942	19.956	19.974	19.964	20.002	19.977	19.999	19.981	20.004
% An	4.969	62.006	60.798	4.378	36.198	51.407	50.639	59.066	42.92	56.736	50.1
% Ab	90.761	36.389	37.496	95.427	59.721	46.333	46.922	38.654	53.786	41.108	47.284
% Or	4.27	1.605	1.706	0.195	4.08	2.26	2.439	2.28	3.294	2.156	2.616

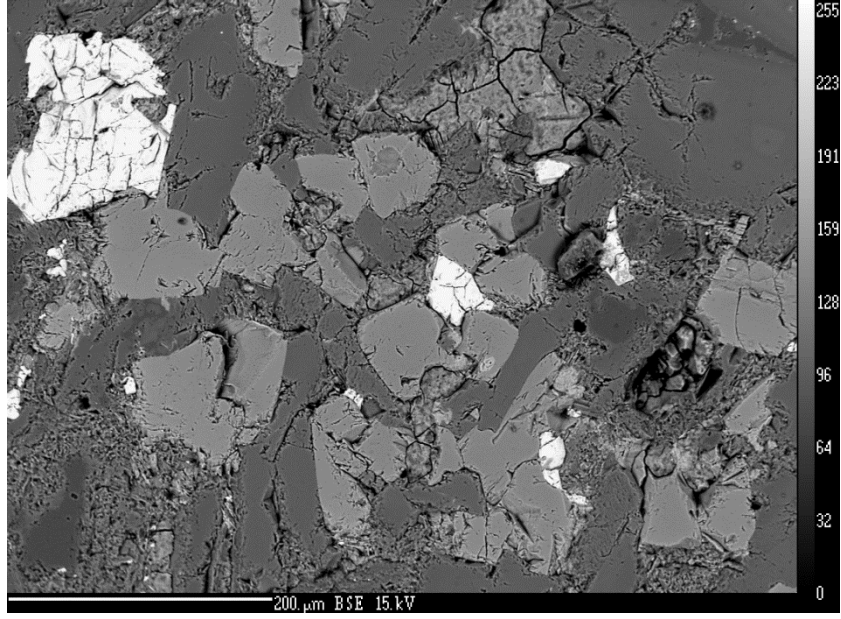


Şekil 3.10. Liyas volkanitlerine ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı.

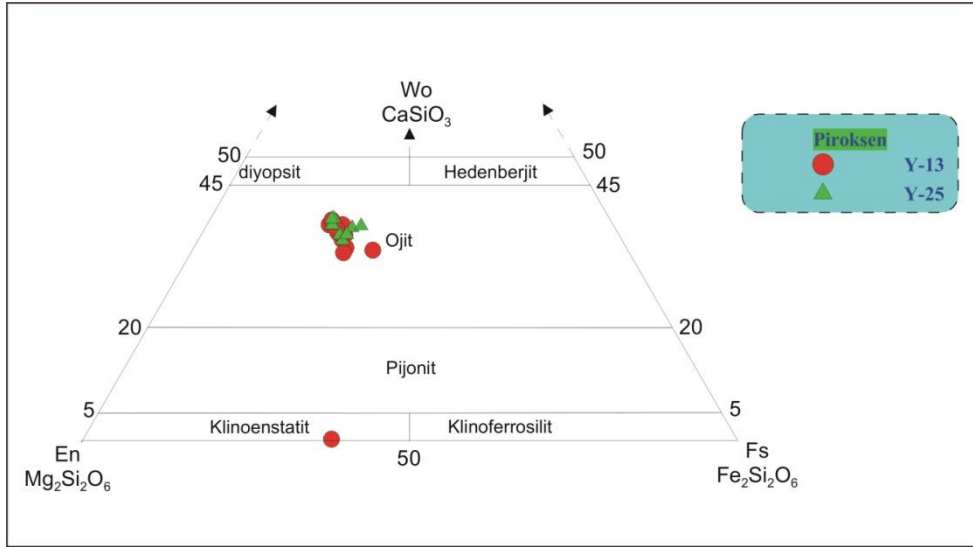
### 3.3.2. Klinopiroksen

Klinopiroksen mineralleri inceleme alanında yüzeyleyen Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu'nu oluşturan kayalarda mevcuttur. Çoğunlukla öz ve yarı öz şekilli olan bu mineraller iri, orta ve küçük boyutlu kristaller halinde bulunurlar. Volkanitlerdeki klinopiroksenlerde özellikle ikizlenme ve salınımlı zonlanma tipiktir. Bu zonlanma tiplerini hem optiksel hem de kimyasal olarak görmek mümkündür. Salınımlı zonlanmada her zonun kalınlığı genellikle farklıdır. Klinopiroksenlerin analiz sonuçları 6 oksijene göre normalleştirilip yapısal formülleri hesaplanmıştır (Tablo 3.2). Bu hesaplamalarda toplam demirin,  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  ayrımı Droop (1987)' e göre yapılmıştır.

Ünlüpinar yöresi Liyas volkanitlerini oluşturan andezitlerde bulunan klinopiroksenlerden kimyasal analiz yaptırılmıştır. Buna göre; Şenköy Formasyonu'na ait volkanitlerin içerisindeki klinopiroksenlerin kimyasal bileşimleri (Tablo 3.2) Morimoto vd., (1988)'ne göre ojit ve klinoenstatit olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.11-3.12). Klinopiroksen minerallerinden ojitler genel olarak  $Wo_{33.418-39.358} En_{38.565-61.792} Fs_{18.220-27.230}$  bileşimindedir ve  $Mg/(Mg+Fe^{+2}+Fe^{+3})$  oranı 62 ile 69 arasındadır.



Şekil 3.11. Ünlümar yöresi Liyas volkanitlerine ait kayalardaki klinopiroksenlerin BSE görüntüleri.



Şekil 3.12. Ünlümar (Kelkit-Gümüşhane) yöresi volkanitlerine ait klinoproksen minerallerinin Wo-En-Fs üçgen diyagramındaki (Morimoto vd., 1988) bileşimleri

Tablo 3.2. Ünlüpnar yöresindeki andezitlere ait örneklerden seçilen klinopiroksen minerallerindeki mikrokimyasal analizler

Örnek No	Y13-16	Y13-17	Y13-18	Y13-19	Y13-20	Y13-21	Y13-22	Y13-28	Y13-29	Y13-30	Y13-31	Y25-18	Y25-19	Y25-20	Y25-27	Y25-28	Y25-29	Y25-30	Y25-31	Y25-32
SiO <sub>2</sub>	50.98	50.66	51.15	50.9	49.52	51.26	36.04	50.24	50.01	50.37	49.34	51.05	50.46	50.1	49.57	49.72	50.06	49.85	50.48	50.78
TiO <sub>2</sub>	0.58	0.52	0.54	0.55	0.84	0.57	0.07	0.68	0.71	0.76	0.9	0.55	0.67	0.77	0.89	0.87	0.73	0.73	0.65	0.67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.25	1.39	1.32	1.33	2.42	1.72	0.03	1.96	2.01	1.98	1.97	1.3	1.86	1.95	2.26	2.05	2.23	1.97	2	2.02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0	0	0.02	0.04	0.02	0	0.02	0	0	0.02	0	0.02	0.02	0.01	0	0.01	0	0.02	0.04
FeO	13.08	12.99	12.27	13.76	12.14	11.08	31.81	11.09	11.83	13.73	16.03	12.64	11.27	13.06	13.2	13.84	11.21	12.99	11.39	11.08
MnO	0.44	0.52	0.41	0.5	0.4	0.32	0.58	0.38	0.44	0.45	0.6	0.46	0.37	0.42	0.45	0.39	0.32	0.4	0.36	0.36
MgO	14.51	14.11	14.48	14.41	13.79	14.69	29.38	14.41	14.3	14.61	12.85	14.48	14.58	14.35	13.42	12.84	14.28	13.82	14.53	14.48
CaO	16.9	17.14	17.44	16.06	17.83	18.08	0.45	18.47	17.6	15.58	15.55	17.28	17.96	16.63	17.61	17.66	18.62	16.95	18.09	18.69
Na <sub>2</sub> O	0.2	0.23	0.22	0.18	0.29	0.26	0.01	0.24	0.24	0.25	0.25	0.2	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.26	0.23
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	97.96	97.55	97.84	97.7	97.26	98	98.39	97.49	97.13	97.72	97.52	97.96	97.41	97.52	97.63	97.61	97.7	96.94	97.78	98.36
Si	1.957	1.955	1.96	1.96	1.916	1.953	1.505	1.931	1.932	1.938	1.928	1.957	1.939	1.933	1.919	1.93	1.922	1.936	1.934	1.933
Ti	0.017	0.015	0.016	0.016	0.025	0.016	0.002	0.02	0.021	0.022	0.026	0.016	0.019	0.022	0.026	0.025	0.021	0.021	0.019	0.019
Al(t)	0.057	0.063	0.06	0.06	0.11	0.077	0.002	0.089	0.091	0.09	0.091	0.059	0.084	0.089	0.103	0.094	0.101	0.09	0.09	0.091
Cr	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0	0	0	0	0.001	0	0.001	0.001	0	0	0	0	0.001	0.001
Fe <sup>+2</sup>	0.42	0.419	0.393	0.443	0.393	0.353	1.111	0.357	0.382	0.442	0.524	0.405	0.362	0.421	0.427	0.449	0.36	0.422	0.365	0.353
Mn	0.014	0.017	0.013	0.016	0.013	0.01	0.021	0.012	0.014	0.015	0.02	0.015	0.012	0.014	0.015	0.013	0.01	0.013	0.012	0.012
Mg	0.83	0.812	0.827	0.827	0.796	0.834	1.829	0.826	0.823	0.838	0.749	0.828	0.835	0.825	0.775	0.743	0.817	0.8	0.83	0.822
Ca	0.695	0.709	0.716	0.663	0.739	0.738	0.02	0.761	0.729	0.642	0.651	0.71	0.739	0.687	0.73	0.734	0.766	0.705	0.742	0.762
Na	0.015	0.017	0.017	0.013	0.022	0.019	0.001	0.018	0.018	0.018	0.019	0.015	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.019	0.017
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	4.005	4.007	4.002	4	4.014	4.001	4.492	4.014	4.011	4.005	4.009	4.005	4.009	4.009	4.012	4.007	4.015	4.006	4.012	4.01
Wo	35.725	36.535	36.973	34.279	38.348	38.32	0.679	39.148	37.671	33.418	33.849	36.539	38.178	35.546	37.798	38.12	39.42	36.591	38.323	39.358
En	42.681	41.849	42.72	42.792	41.277	43.342	61.792	42.507	42.571	43.6	38.92	42.603	43.127	42.673	40.094	38.565	42.06	41.527	42.839	42.422
Fs	21.594	21.616	20.307	22.929	20.375	18.338	37.53	18.345	19.758	22.982	27.23	20.858	18.695	21.781	22.108	23.315	18.519	21.882	18.839	18.22
Mg <sup>#</sup>	66.404	65.941	67.78	65.112	66.952	70.269	62.214	69.853	68.3	65.483	58.836	67.133	69.76	66.207	64.458	62.322	69.43	65.491	69.456	69.955
Mg <sup>#</sup>	0.664	0.659	0.678	0.651	0.67	0.703	0.622	0.699	0.683	0.655	0.588	0.671	0.698	0.662	0.645	0.623	0.694	0.655	0.695	0.7

Fe<sup>+2</sup> ve Fe<sup>+3</sup> ayrımı Droop (1987)' e göre yapılmıştır

### 3.3.3. Fe-Ti Oksitleri

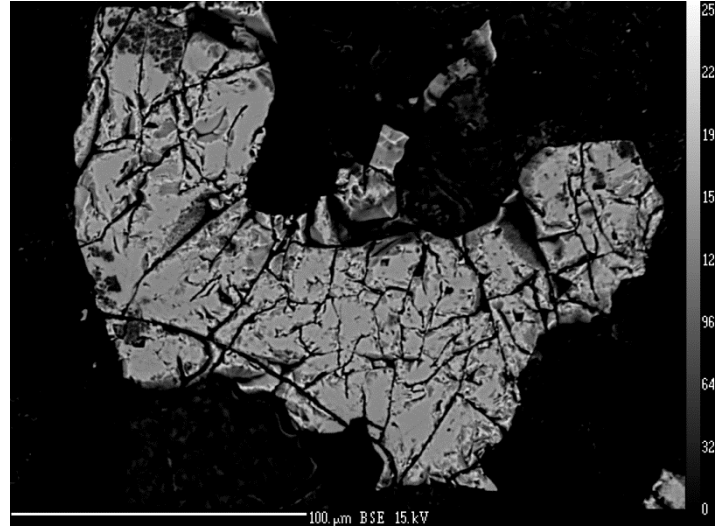
Fe-Ti oksit mineralleri Ünlüpnar yöresindeki Liyas volkanitlerini oluşturan kayalarda mevcuttur. Volkanik kayalarda genellikle ortaç-küçük ve öz-yarı öz şekilli kristaller halinde bulunurlar. Fe-Ti oksit hamur içinde özşekilsiz olarak ve ferromagnezyen minerallerin içinde kapanım şeklinde bulunmaktadır. Fe-Ti oksit minerallerinin kimyasal analiz sonuçları 4 oksijene göre normalleştirip yapısal formülleri hesaplanmıştır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Ünlüpnar yöresindeki andezitlere ait örneklerden seçilen Fe-Ti oksit minerallerindeki mikrokimyasal analizler

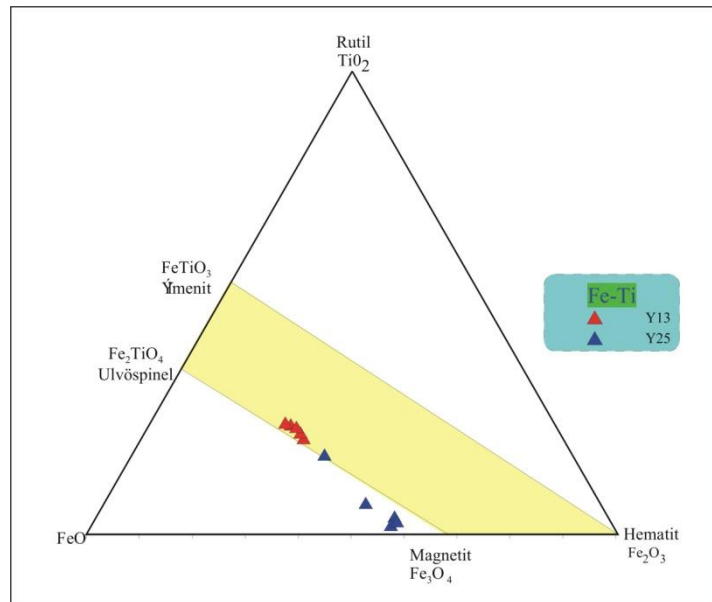
Örnek No	Y13					Y25				
	23	24	25	26	27	2	3	6	25	26
Element	23	24	25	26	27	2	3	6	25	26
SiO <sub>2</sub>	0,21	0,32	0,32	0,2	0,16	3,33	0,57	4,48	4,97	3,97
TiO <sub>2</sub>	19,84	20,32	17,4	18,6	19,79	2,96	14,06	5,39	1,38	2,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,89	1,61	2,99	2,28	1,38	0,75	3,77	0,68	0,91	0,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,63	21,78	26,07	25,28	24,27	48,3	30,24	41,57	47,91	48,61
FeO	41,86	42,94	41,31	41,64	42,09	34,28	38,59	36,95	35,22	33,97
MnO	5,55	5,16	4,67	5,17	5,49	0,8	4,27	1,41	0,32	0,64
MgO	0	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,04	0,08	0,07
CaO	0,21	0,08	0	0,03	0,14	0,47	0,11	0,98	0,69	0,63
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,08	0,3	0,04	0,07	0,45	0,51	0,22	0,01	0,04
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	92,27	92,31	93,08	93,26	93,41	91,36	92,19	91,71	91,48	90,62
Si	0,07	0,1	0,1	0,06	0,05	1,09	0,18	1,45	1,62	1,31
Ti	4,81	4,93	4,17	4,47	4,76	0,73	3,39	1,31	0,34	0,51
Al	0,72	0,61	1,12	0,86	0,52	0,29	1,43	0,26	0,35	0,25
Fe <sup>+3</sup>	5,49	5,29	6,25	6,07	5,84	11,94	7,3	10,15	11,74	12,09
Fe <sup>+2</sup>	11,29	11,59	11,01	11,12	11,26	9,42	10,35	10,02	9,59	9,39
Mn	1,52	1,41	1,26	1,4	1,49	0,22	1,16	0,39	0,09	0,18
Mg	0	0,01	0	0	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03
Ca	0,07	0,03	0	0,01	0,05	0,17	0,04	0,34	0,24	0,22
Cr	0,02	0,02	0,07	0,01	0,02	0,12	0,13	0,06	0	0,01
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Mg <sup>#</sup>	0	0,001	0	0	0,001	0,002	0,003	0,002	0,004	0,004

$$Mg^{\#} = Mg / (Mg + Fe^{+2} + Fe^{+3})$$

Liyas volkanitlerine ait kayalardan seçilen Fe-Ti oksit minerallerinden kimyasal analiz yaptırılmıştır. Buna göre; Bu kayalarda Fe-Ti oksitler genellikle klinopiroksen minerallerinin içerisinde kapanım olarak veya hamur içerisinde gözlenmekte olup, bu minerallerin değerlerinin titano-magnetit aralığına düştüğü gözlenmektedir (Şekil3.13-3.14).



Şekil 3.13. Liyas volkanitlerine ait kayaların Fe-Ti oksitlerinin BSE görüntüleri



Şekil 3.14. Liyas volkanitlerine ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschman, 1988).

Mineral kimyası çalışmaları sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde plajiyoklas minerallerinin andezin, labrador ve bitovnit; klinoprosenlerin ojit ve klinoenstatit; Fe-Ti oksit minerallerinin ise titano-magnetit bileşiminde oldukları belirlenmiştir.

### **3.4. Liyas Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası**

#### **3.4.1. Giriş**

1970’li yıllardan itibaren jeokimyasal verilerin jeolojik çalışmalarda aktif olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte, özellikle magmatik kayaçları oluşturan ana magmaların doğası, kaynak alanı, yerleşim zamanı ve jeodinamik ortamının belirlenmesinde önemli adımlar atılmıştır. Bu başlık altında, Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu’na ait volkanik kayaçlardan aldığımız 7 örneğin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri Kanada’daki ACME laboratuvarında ICP-MS ve ICP-ES yöntemleri kullanılarak saptanmış ve elde edilen sonuçlar yardımı ile kayaç gruplarının; ayrıntılı jeokimyasal özellikleri, kökensel bir ilişkilerinin var olup olmadığı ve jeotektonik ortamları yorumlanmaya çalışılmıştır.

#### **3.4.2. Tüm Kayaç Jeokimyası**

Şenköy Formasyonu’na ait volkanik kayaçların, ana oksit bileşimleri, SiO<sub>2</sub> (% 45.65-52.94), Na<sub>2</sub>O (% 2.78-5.07), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (% 15.92-19.04), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (% 7.97-8.63), MgO (% 2.64-5.21), CaO (% 5.16-9.82), K<sub>2</sub>O (% 1.17-2.81) ve TiO<sub>2</sub> (% 0.73-1.06) arasında değişmektedir. Bu kayaçlar ayrıca Ba (218-567 ppm), Rb (26.2-61.2 ppm), Sr (263.1-537.3 ppm), Th (1.6-5.2 ppm), U (0.5-1.4 ppm), Zr (41.8-121.8 ppm), La (7.6-19.3 ppm) ve Y (14.6-32.1 ppm), Yb (1.52-3.24 ppm) içerikleri ile karakteristiktir (Tablo 3.4).

Çalışma alanında Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu’nun önemli bir kısmını oluşturan ve çalışılan cevherleşmeye ev sahipliği yapan andezitik kayaçlar, alterasyon sürecinden etkilenmiş olup, ikincil kuvars, klorit, serizit ve kalsit minerallerini yaygın olarak içerirler. Bu ayrışma minerallerine bağlı olarak kayaç içinde özellikle SiO<sub>2</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O gibi ana elementlerce zenginleşme ve/veya fakirleşme görülmektedir. Bu nedenle sınıflandırma ve yorumlamalarda, ayrışma esnasında hareketsiz veya daha az hareketli olarak kabul edilen Ti, Zr, Nb ve Y gibi

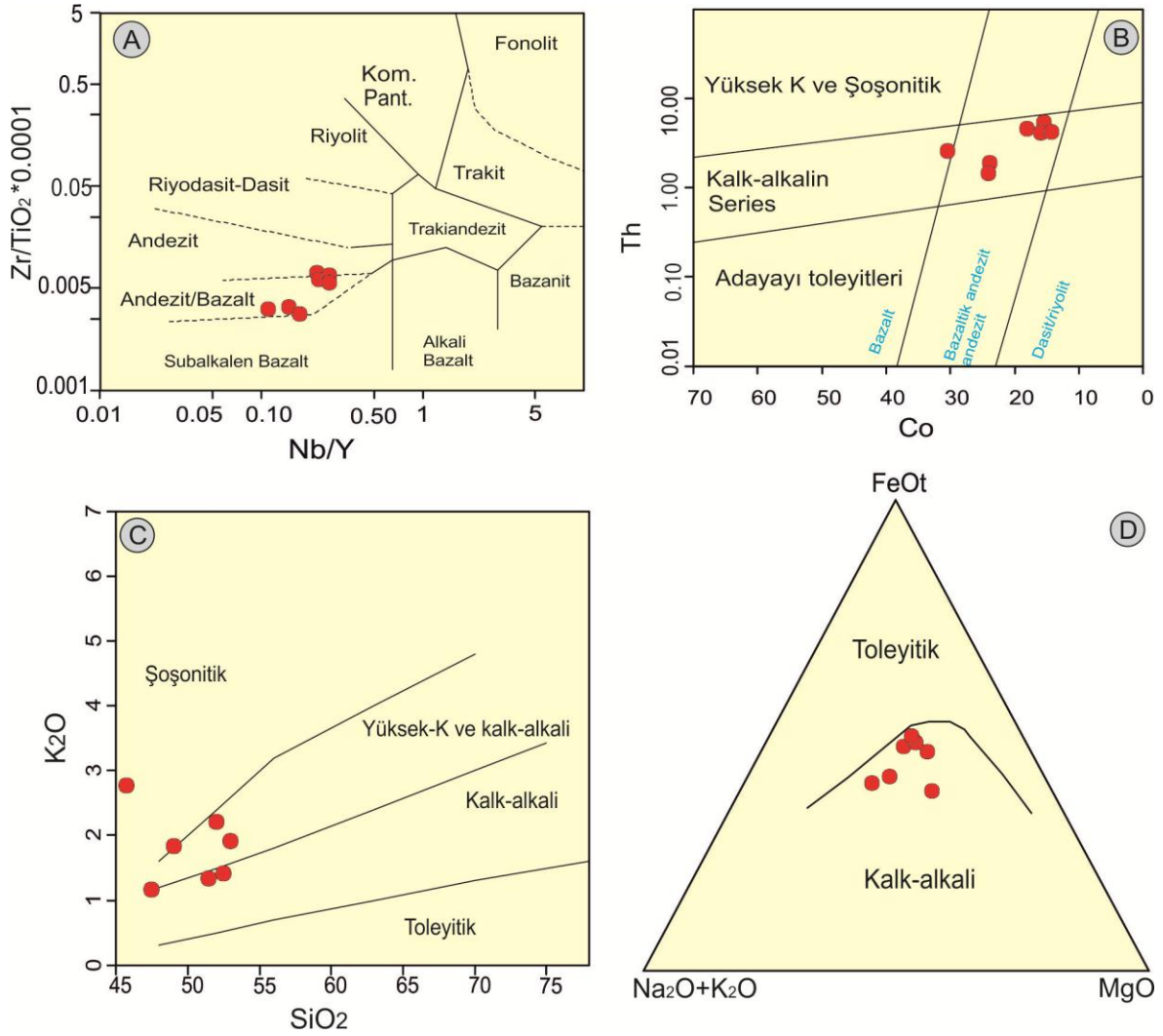


elementlerin kullanıldığı diyagramlar tercih edilmiştir. Zr, Ti ve Nb elementleri hidrotermal ayrışma şartları altında ve yeşilist derecesindeki metamorfizmada hareketsiz; Y ise genellikle hareketsiz olup, bazen çok güçlü kloritleşme zonlarında hareketli olabilir (MacLean ve Kranidoitis, 1987; MacLean, 1990; Barrett ve MacLean, 1991; Barrett vd., 1991a,b,c; Shriver ve MacLean, 1993; Barrett vd., 1993).

Tablo 3.4. Şenköy Formasyonuna ait andezitlerin ana (%) ve iz element (ppm) analizleri

Örnek No	Y13	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25	Dedeksiyon Limiti(%)
SiO <sub>2</sub>	52.25	49.01	45.65	47.48	51.94	51.55	52.94	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.04	18.27	17.92	15.92	18.88	18.99	18.63	0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.12	8.58	9.63	8.1	7.97	8.38	8.25	0.04
MgO	2.64	5.21	3.07	3.39	2.66	2.87	3.06	0.01
CaO	8.74	5.58	7.88	9.82	5.16	8.82	5.35	0.01
Na <sub>2</sub> O	2.94	4.44	2.78	3.14	5.07	3	4.83	0.01
K <sub>2</sub> O	1.43	1.84	2.81	1.17	2.2	1.39	1.94	0.01
TiO <sub>2</sub>	0.95	0.88	1.06	0.73	0.92	0.9	0.94	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22	0.11	0.12	0.1	0.24	0.21	0.22	0.01
MnO	0.21	0.15	0.18	0.24	0.14	0.16	0.18	0.01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.005	0.002	0.005	0.003	0.004	0.004	0.002
A.K	3.3	5.7	8.7	9.8	4.6	3.6	3.5	
Toplam	99.81	99.76	99.78	99.84	99.78	99.82	99.78	Dedeksiyon Limitleri (ppm)
Sc	20	23	26	21	19	19	22	1
V	179	304	331	256	188	168	168	8
Co	14.8	23.9	30.5	24	15.5	15.8	18.2	0.2
Ni	6.4	19.1	17	28.8	6	7	6.9	20
Cu	41.8	30	77.6	38.9	49.1	43.4	45.4	0.1
Zn	69	76	95	72	82	75	94	1
Ga	18.1	14.6	16.5	15.1	17	17.1	15.3	0.5
Cs	0.1	0.9	1.8	1.1	1.3	0.3	1.7	0.1
Rb	31.8	32.5	50.4	26.2	61.2	33	45.2	0.1
Ba	347	408	567	218	378	328	553	1
Sr	331.5	396.9	288.9	263.1	537.3	318.9	380.6	0.5
Y	28.8	14.6	18.2	16.4	32.1	27.1	26.9	0.1
Zr	121.8	49.9	61.1	41.8	127.9	114.1	118.6	0.1
Nb	6.8	2.4	2.9	1.8	7.4	6.4	6.7	0.1
Hf	2.9	1.6	1.8	1.3	3.7	3.3	3.1	0.1
Ta	0.3	0.2	0.2	<0.1	0.4	0.3	0.4	0.1
Pb	11.9	5.6	5.8	3	15.9	9.9	8.3	0.1
Th	4.4	1.8	2.6	1.6	5.2	4.5	4.7	0.2
U	1.2	0.5	0.6	0.5	1.4	1.3	1.2	0.1

Bu bilgiler ışığı altında, Liyas yaşlı volkanik kayaların sınıflandırılmasında toplam alkali-silis (TAS) (Le Maitre vd., 1989) ve  $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$  (Winchester ve Floyd, 1977) diyagramları yerine, hareketsiz elementler kullanılarak oluşturulan  $\text{Nb/Y-Zr/TiO}_2$  diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) tercih edilmiştir. Şenköy Formasyonu'ndan alınan örnekler andezit-bazalt ve andezit sınırında toplanmaktadır (Şekil 3.15A).



Şekil 3.15. Ünlüpnar (Kelkit/Gümüşhane) yöresindeki Liyas volkanitlerinin; (A)  $\text{Nb/Y-Zr/TiO}_2$  diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce (1996)'dan alınmıştır. (B-C) Liyas volkaniklerinin  $\text{Co}$ 'ya karşı  $\text{Th}$  ve  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{K}_2\text{O}$  diyagramlarındaki dağılımları. (D) Liyas volkanitlerinin AFM diyagramı. Toleyitik kalkalkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'dan alınmıştır.

Özellikle tropikal bölgelerde yüzeyleyen ve şiddetli derecede altere olmuş veya hidrotermal alterasyon veya metamorfizmaya maruz kalmış volkanik kayalar için kullanılan Th-Co diyagramında (Hastie vd., 2007), Şenköy Formasyonu'ndan alınan andezitik bazalt ve andezitik kayalar kalkalkali alanda yer alır (Şekil 3.15B). Alterasyondan kolaylıkla etkilenebilen ana elementlerin kullanıldığı SiO<sub>2</sub>'ye karşı K<sub>2</sub>O diyagramında analiz edilen volkanik kayaların bir kısmı şösonit alanda, bir kısmı yüksek K'lu kalk alkali alanda yer alırken diğer kısmı da kalkalkali alanda yer alır (Şekil 3.15C).

Magmatik kayaların afinitelerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan AFM (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO<sub>T</sub>-MgO) üçgen diyagramında (Irvine ve Baragar, 1971), incelenen volkanik kayalardan Şenköy Formasyonu'na ait andezitler kalk-alkali alanda yer almaktadır. (Şekil 3.15D).

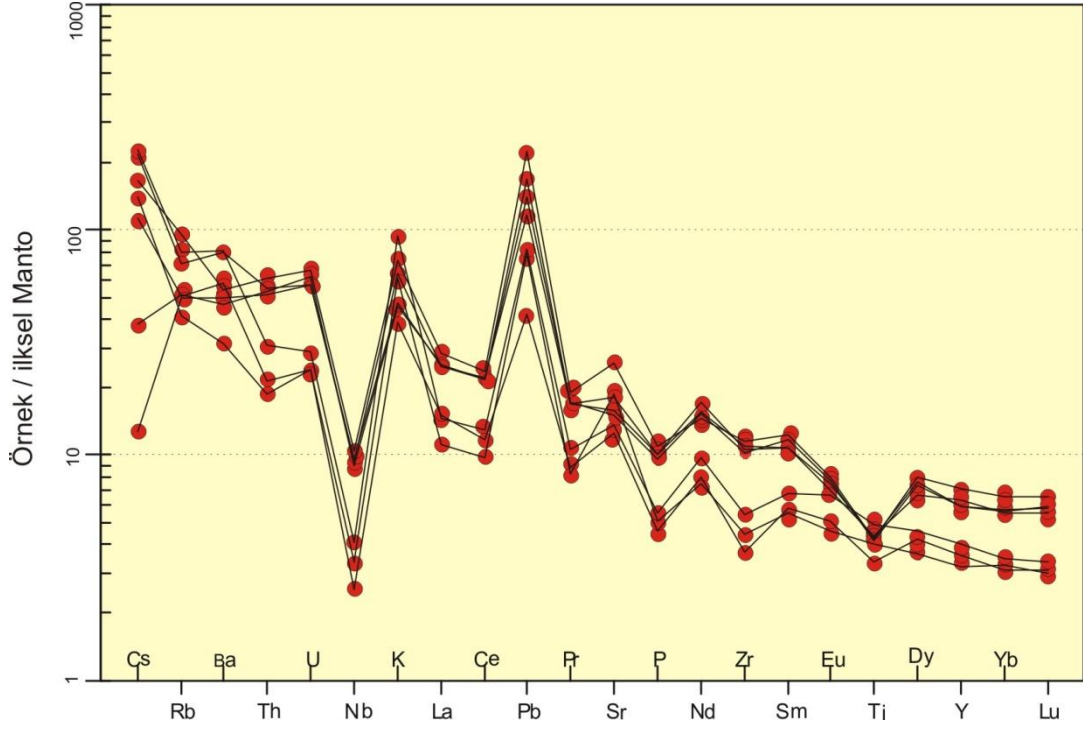
Şenköy Formasyonu'ndan alınan andezitik-bazaltik ve andezit örneklerinin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında (Tablo 3.5, Şekil 3.16), her iki ana kayaç grubunun oldukça benzer bir dağılıma sahip oldukları göze çarpmaktadır. İncelenen örnekler hem büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİLE) ve hem de yüksek çekim alanlı (YÇAE) elementlerce çeşitli zenginleşme değerleri sunarlar. Zenginleşme, büyük iyon yarıçaplı elementlerde yüksek çekim alanlı elementlere oranla daha fazladır. Ayrıca bu kayalar, yitim ilişkili magmalarda olduğu gibi negatif Nb, Ta, Zr ve Ti anomalileri ile tipiktir. Şenköy Formasyonu'na ait andezitlerin kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında (Tablo 3.5, Şekil 3.17), bütün elementlerce bir zenginleşme göze çarpmakla birlikte, zenginleşme hafif nadir toprak elementlerce (HNTE), ağır nadir toprak elementlerce (ANTE) göre daha fazladır ((La/Lu)<sub>N</sub>=9.20-12.25). Eu'da belirgin negatif anomalinin olması, andezitlerin gelişiminde plajiyoklas ayrılaşmasına işaret etmektedir. Şenköy Formasyonu andezitleri kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element değişim diyagramında (Şekil 3.17), tüm elementlerce bir zenginleşme görülmekte olup, hafif nadir toprak elementlerce zenginleşme oranı daha az, ağır nadir toprak elementlerce daha fazladır ve bu nedenle yataya daha yakın bir yönseme görülür (La/Lu)<sub>N</sub>=2.38-3.85).

İncelenen volkanitlerin SiO<sub>2</sub>'ye karşı ana ve iz element değişimlerine bakıldığında (Şekil 3.18-3.19) Liyas volkanitlerinin SiO<sub>2</sub>'ye göre MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Ni, Ba oranları azalarak negatif bir ilişki gözlenmektedir. Artan SiO<sub>2</sub>'ye karşı K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Zr, Sr, Rb, Nb, Th ve Y oranlarında artma görülmektedir. SiO<sub>2</sub> artışına karşın MgO azalması önemli ölçüde plajiyoklas ayrılaşmasını yansıtmaktadır. Bu trendler Liyas yaşlı andezitlerin

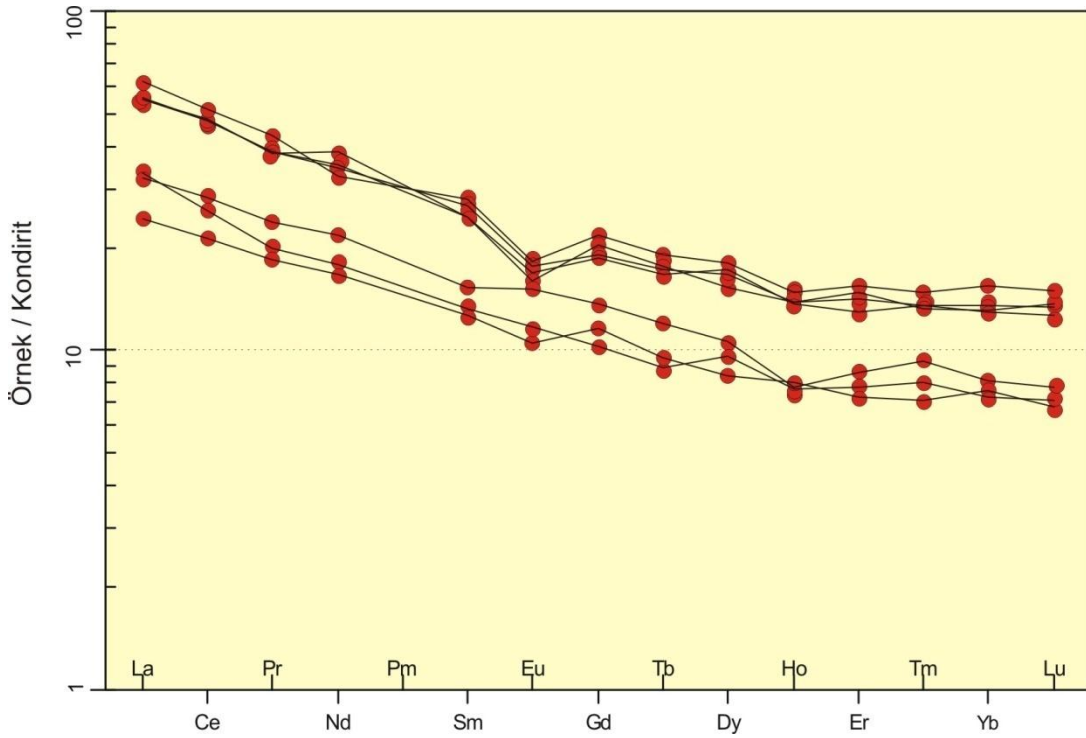
gelişiminde Fe-Ti oksitler, playiyoklas ve klinopiroksen gibi mineral fazlarının ayrılaşmasının etkili olduğunu göstermektedir. SiO<sub>2</sub>'ye karşı CaO, Na<sub>2</sub>O, Nb, Rb vs göreceli olarak düzensiz bir birliktelik eğilimindedir. Gözlenen düzensiz dağılımlar ise alterasyondan veya kabuksal kirlenmeden kaynaklanmış olabilir. Ancak çalışılan sahada gözlenen alterasyonlardan dolayı bu tür düzensiz dağılımların kabuksal kirlenmeden daha ziyade alterasyonlarla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Benzer olarak, SiO<sub>2</sub>'ye karşı bazı iz elementlerin değişimini gösteren diyagramlarda da düzgün korelasyonların olması, bu kayaçların gelişiminde ayrılaşma proseslerinin etkili olduğunu desteklemektedir. Değişim diyagramlarında gözlenen düzenli ilişkiler, volkanik kayaçların oluşumunda mineral ayrılaşmasının etkili olduğunu da göstermektedir. Buna göre, kayaçların bir ana magmadan mineral ayrılaşmasıyla oluşmuş olabileceklerini ve diğer magmatik olayların (magma karışımı, kabuk özümlemesi gibi) da rol oynadığına işaret etmektedir.

Tablo 3.5. Liyas volkanitlerinin nadir toprak element (ppm) analizleri.

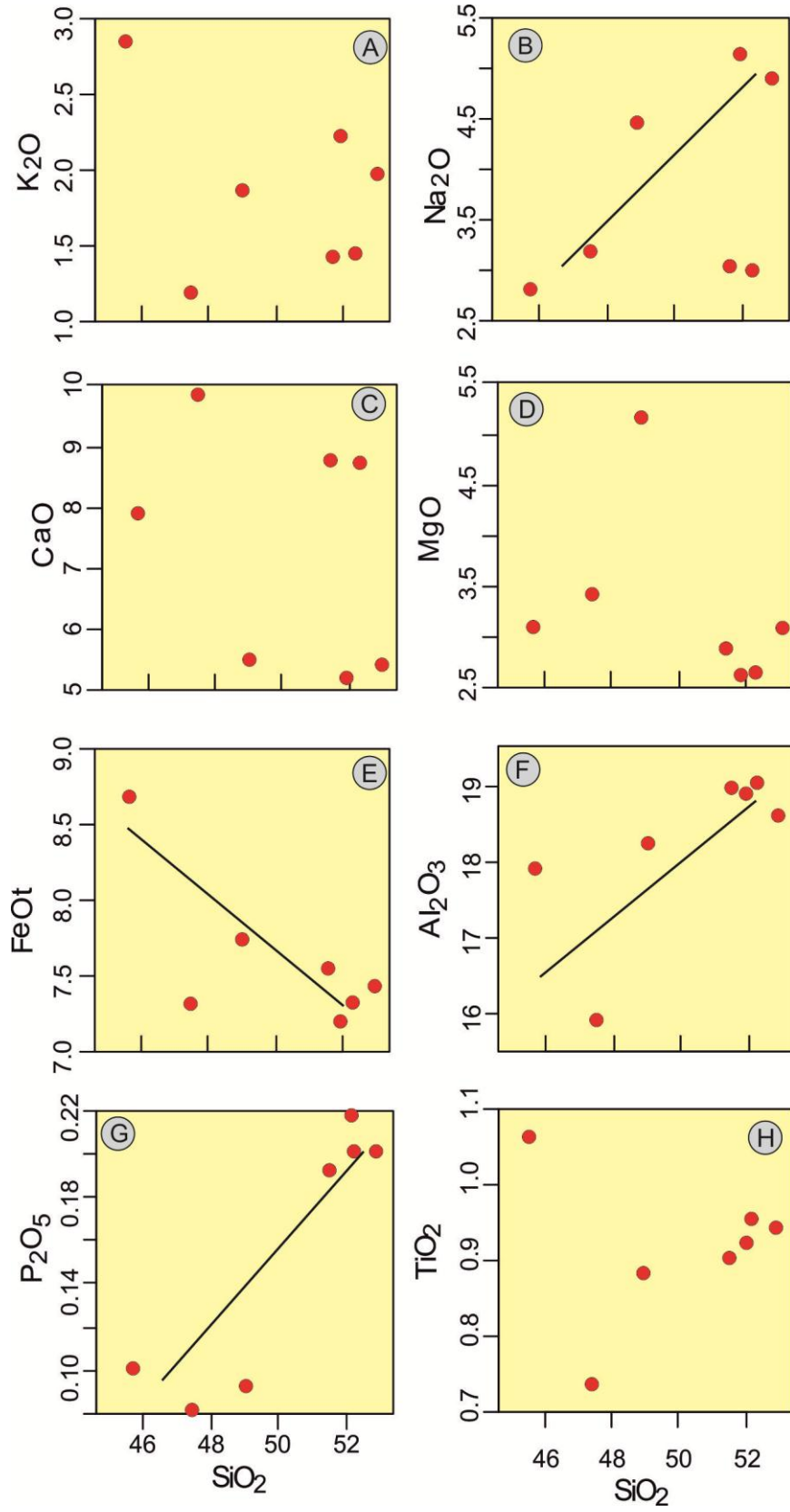
Örnek No	Y13	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25	Dedeksiyon Limitleri
<b>La</b>	17.0	7.6	10.0	10.3	19.3	17.3	17.1	0.1
<b>Ce</b>	38.5	17.2	22.8	20.8	41.8	38.6	38.9	0.1
<b>Pr</b>	4.69	2.26	2.93	2.45	5.23	4.72	4.66	0.02
<b>Nd</b>	21.2	10.1	13.1	10.8	19.6	20.8	23.2	0.3
<b>Sm</b>	4.81	2.46	2.99	2.58	5.46	5.23	4.82	0.05
<b>Eu</b>	1.18	0.77	1.12	0.86	1.34	1.30	1.25	0.02
<b>Gd</b>	5.27	2.99	3.54	2.65	5.68	4.94	4.86	0.05
<b>Tb</b>	0.84	0.45	0.57	0.42	0.91	0.82	0.79	0.01
<b>Dy</b>	4.91	2.70	3.41	3.10	5.84	5.38	5.59	0.05
<b>Ho</b>	0.99	0.58	0.56	0.55	1.07	0.99	0.98	0.02
<b>Er</b>	2.97	1.53	1.81	1.64	3.25	3.11	2.71	0.03
<b>Tm</b>	0.44	0.23	0.30	0.26	0.48	0.43	0.44	0.01
<b>Yb</b>	2.71	1.59	1.70	1.52	3.24	2.75	2.83	0.05
<b>Lu</b>	0.41	0.22	0.25	0.23	0.48	0.44	0.43	0.01
<b>(La/Lu)<sub>N</sub></b>	4.31	3.59	4.15	4.65	4.18	4.08	4.13	
<b>(La/Sm)<sub>N</sub></b>	2.22	1.94	2.10	2.51	2.22	2.08	2.23	
<b>(Gd/Lu)<sub>N</sub></b>	1.60	1.69	1.76	1.43	1.47	1.40	1.41	
<b>(Sm+Gd)<sub>N</sub></b>	45.01	24.16	29.00	23.46	49.93	45.89	43.48	
<b>Eu*</b>	22.51	12.08	14.50	11.73	24.97	22.95	21.74	
<b>(Eu)<sub>N</sub></b>	0.71	0.87	1.05	1.00	0.73	0.77	0.78	
<b>Eu</b>	16.05	10.48	15.24	11.70	18.23	17.69	17.01	



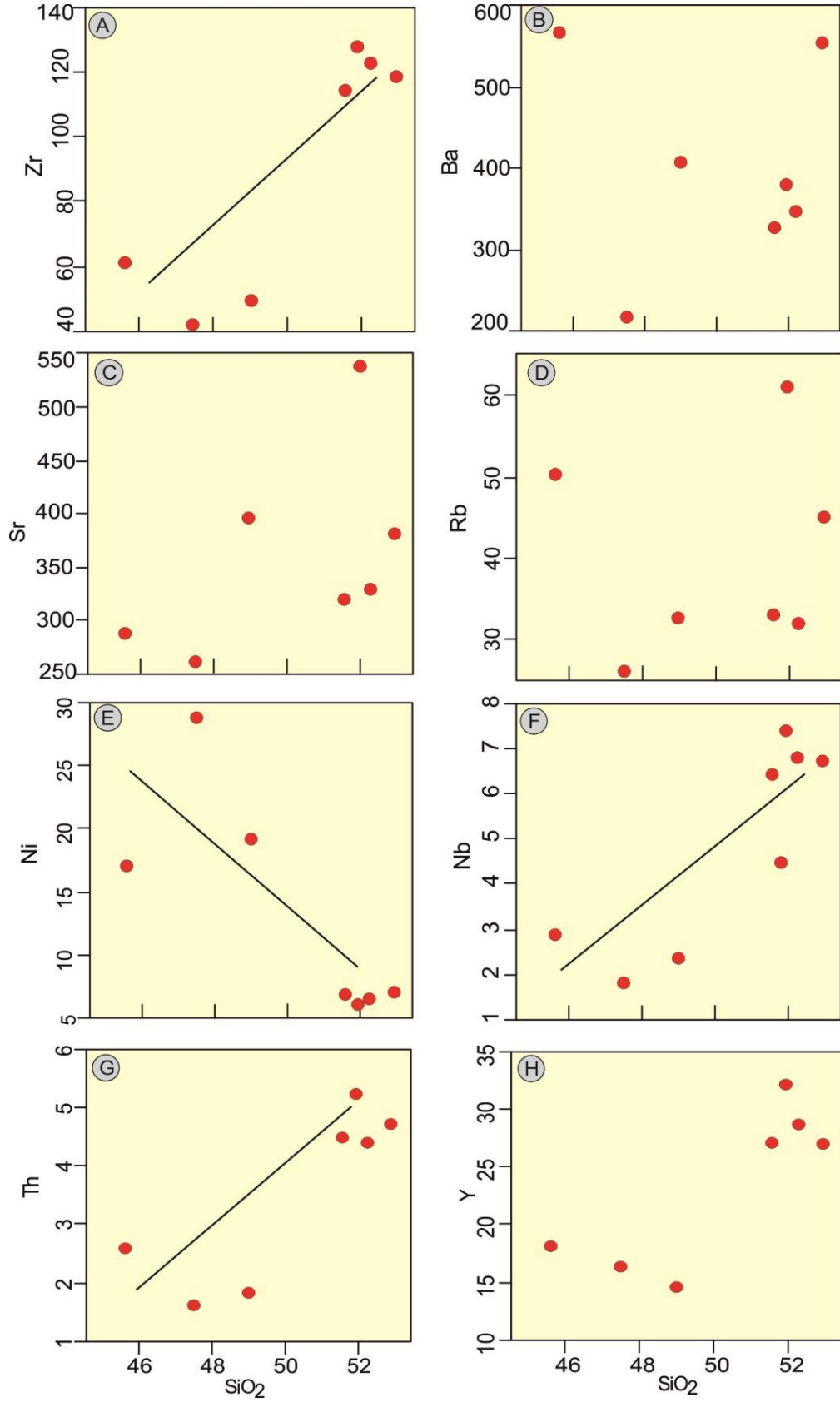
Şekil 3.16. Liyas volkanitlerinin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı.



Şekil 3.17. Liyas volkanitlerinin kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları (Boynton 1984).



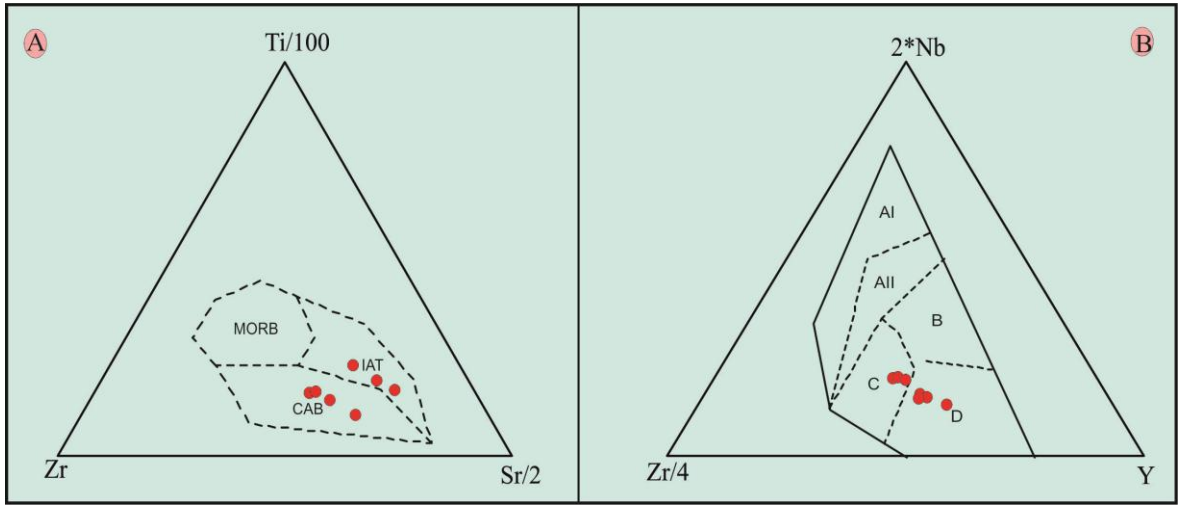
Şekil 3.18. Ünlüpınar (Kelkit/Gümüşhane) bölgesindeki Liyas volkanitlerinin % SiO<sub>2</sub>'ye karşı ana element oksit (ağırlık %) değişim diyagramları.



Şekil 3.19. Ünlüpınar (Kelkit/Gümüşhane) bölgesindeki Liyas volkanitlerinin % SiO<sub>2</sub>'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları.

### 3.4.3. Tektonik Ortam

Ünlüpinar (Kelkit/Gümüşhane) yöresinde Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu'na ait volkanitlerden alınan örnekler Ti/100-Zr-Sr/2 tektonik ayırtman diyagramında (Pearce ve Cann, 1973) kalk-alkali bazalt ve okyanus tabanı bazalt alanında yer almaktadır (Şekil 3.20A). Zr/4-2\*Nb-Y diyagramında (Meschede, 1986) ise, incelenen kayaçların plaka içi toleyit/volkanik-yay bazaltı ve N-tipi MORB/volkanik-yay bazaltı alanında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 3.20B).



Şekil 3.20. Liyas volkanitlerinin tektonik ayırtman diyagramları, A) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı (MORB: Okyanus tabanı bazaltı, CAB: Kalk-alkali bazaltı, IAT: Adayayı toleyitik bazaltı), (Pearce ve Cann, 1973), B) Zr-Nb-Y diyagramı (AI: Plaka içi alkali bazalt, AII: Plaka içi alkali bazalt/toleyit, B: E-tipi MORB, C: Plaka içi toleyit/volkanik yay bazaltı, D: N-tipi MORB/volkanik-yay bazaltı), (Meschede, 1986).

## 3.5. Eylence Yayla Cevherleşmesinin Detay Maden Jeolojisi ve Cevher Mikroskobî İncelemesi

### 3.5.1. Giriş

İnceleme alanındaki cevherleşme Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu'nun volkanikleri içerisinde gelişmiştir. Yöredeki andezit türü volkanikler hidrotermal ayrışmaya uğramış, yoğun olarak silisleşmiş, killeşmiş, hematitleşmiş ve limonitleşmişlerdir. Ayrıca bu volkanikler içerisinde yer yer saçınımlı pirit, galen ve



sfalerit izlenir. Alterasyon alanı içinde ve cevher sahasındaki yarmaların yakınlarında yer yer oksitli bakır minerallerinden malakit görülmektedir. Cevherleşme sahası özel şahıs adına işletme ruhsatlıdır. Ruhsat sahibi ile yapılan sözlü görüşmede 2000’li yıllarda sahadan % 20-25 Pb-Zn tenörlü 400 ton civarında cevher sattığını ifade etmiştir. O dönemde yapılan analizlerde cevherli örneklerde 120 gr/t Ag ve çok az Cu değerlerinin bulunduğundan söz etmiştir.

### **3.5.2. Cevherleşme ve Yakın Çevresinin Jeolojisi**

Cevherleşme Şenköy Formasyonu’na ait andezitler içinde KD-GB doğrultularındaki kırık hatlarına yerleşmiştir. Yöredeki en önemli cevher damarı Eylencedere içindeki K20D doğrultulu Zn-Cu-Pb damarıdır (Şekil 3.21). Damarların kalınlığı 20cm - 40cm arasında değişmekte olup sahadaki uzunluğu ise yaklaşık 120m arasındadır (Şekil 3.22). Dere içinde yaklaşık KD doğrultusunda açılmış bir adet galeri mevcuttur (Şekil 3.23). Pekün Yayla çevresinde ise açılmış yarmalar ve pasalar bulunmaktadır (Şekil 3.24-3.25). Kırık hatlarında killeşme ve limonitleşme gibi alterasyonların yanı sıra yan kayaçlarda kloritleşmelerde gözlemlenmektedir.





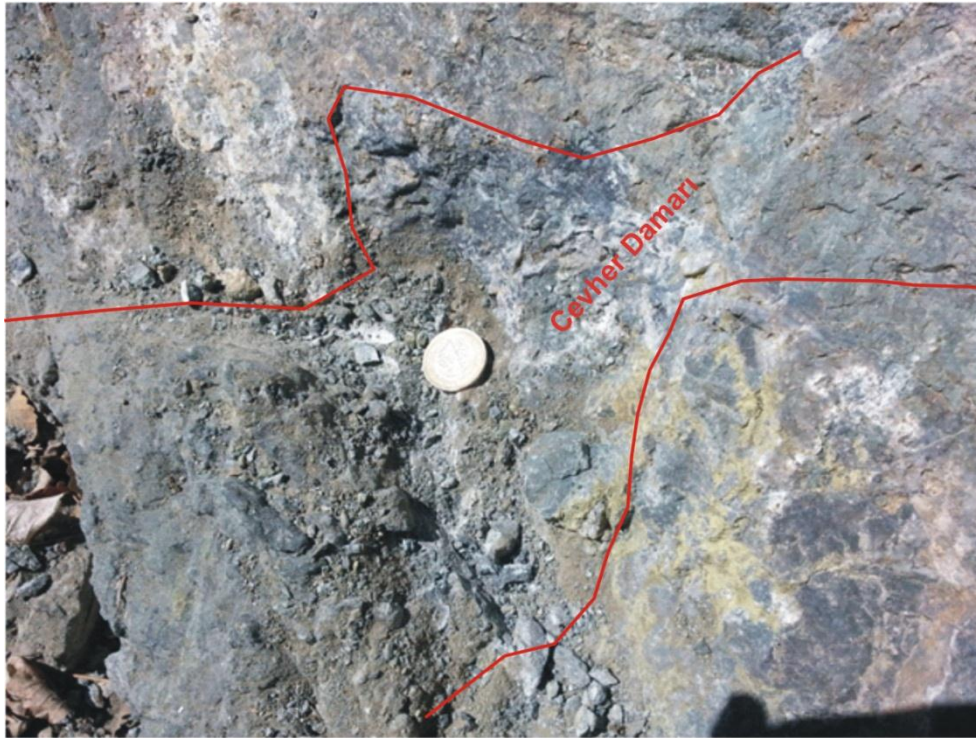
Şekil 3.22. Eylencedere 'de açılan galeri ve kloritleşmiş andezitler.



Şekil 3.23. Pekün Yayla civarında eski pasalardan bir görünüm.



Şekil 3.24. Eylencedere içindeki damarlarda açılan yarmalarda gözlenen limonitleşme ve cevherleşmenin görünümü.



Şekil 3.25. Eylencedere’de gözlenen cevher damarının konumu (cevher K20D yönlü kırıklar içine yerleşmiştir).

### 3.5.3. Eylencedere ve Yakın Çevresindeki Hidrotermal Alterasyonlar

İnceleme sahasının tümünde mostra veren Şenköy Formasyonu'nda andezitler yoğun olarak hematitleşme ve limonitleşme gibi alterasyonlar içermektedir. Cevherli kırıkların bulunduğu yarmalar ve cevherli zonlar etrafında ise bunlara ilaveten silisleşmeler ve killeşmeler belirgindir. Eylencederede gözlenen silisleşme, hematit ve limonitleşmeye cevher minerali olarak galen, sfalerit, pirit ve kalkopirit gibi cevher mineralleri eşlik etmektedir. Eylencedere ile Çamurluk Dere'nin kesiştiği alanlarda çok yoğun bir hematitleşme, limonitleşme ve kloritleşme tespit edilmiştir (Şekil 3.26-3.27).



Şekil 3.26. Çalışma sahasındaki alterasyonlardan limonitleşme ve killeşmenin görünümü



Şekil 3.27. Çalışma sahasındaki kloritleşmeden bir görünüm

### 3.5.4. Cevher Mikroskobisi Çalışmaları ve Mineral Kimyası

Eylence Yayla cevher sahasındaki yarma, pasa ve damarlardan alınan cevherli örneklerin cevher mikroskobisi incelemeleri sonucunda galen, sfalerit, pirit ve kalkopirit gibi birincil cevher mineralleri ve limonit, hematit, azurit, malahit gibi ikincil oksidasyon ve sementasyon zonu mineralleri belirlenmiştir. Gang mineralleri olarak kuvars ve kalsitin cevhere eşlik ettiği tespit edilmiştir (Şekil 3.28).

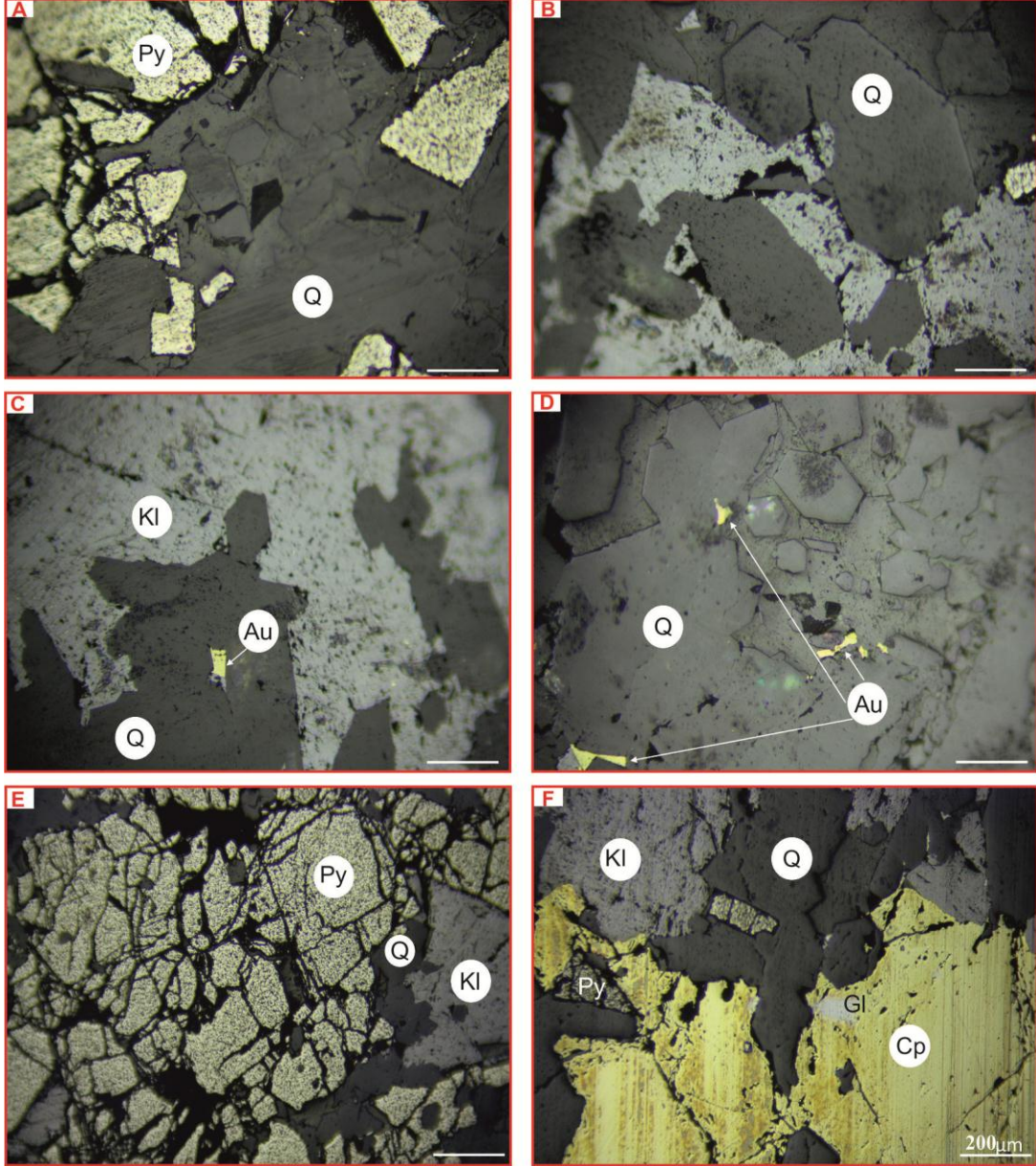
Ünlüpinar Pb-Zn cevherleşmesine ait örnekler üzerinde gerçekleştirilen mikrokimyasal analizler kapsamında; pirit analizleri toplam 39 noktada, kalkopirit analizi 32 noktada, sfalerit analizi 36 noktada ve galen analizleri 32 noktada gerçekleştirilmiştir. Bu verilerle ilgili yapılan tanımlayıcı temel istatistiksel parametre hesaplamalarında ölçüm sınırının altında çıkan noktalar hesaplamalara dahil edilmemiştir. Bu minerallere ait mikrokimyasal analiz sonuçları Ek Tablo 1,2,3 ve 4’de verilmiştir.

Şekil 3.28. Eylence Yayla cevherleşmesinin mineral parajenezi ve süksesyonu.

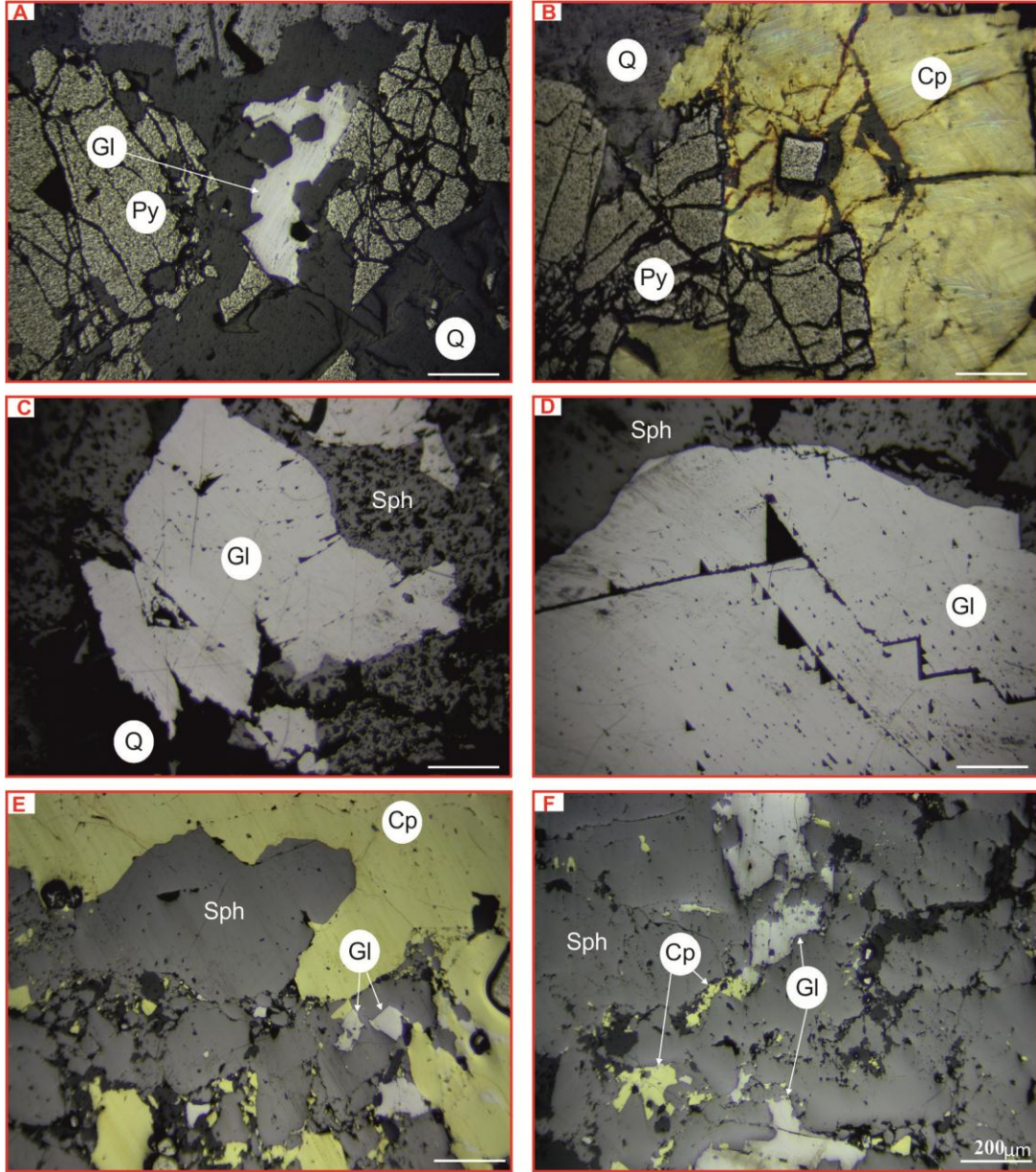
Mineraller	Hipojen cevher mineralleri		Süperjen mineraller
	I.Evre	II.Evre	
Pirit			
Kalkopirit			
Galen			
Sfalerit			
Kuvars			
Altın			
Kalsit			
Hematit			
Limonit			
Malahit			
Azurit			

*Pirit:* Pirit, cevherleşmede sfalerit ve galenden sonra en yaygın olarak gözlenen mineral olup genel olarak kalkopiritler ve galenler tarafından ornatıldığı ve bu ornatım sonucu öz şeklini kaybetmiş daha küçük boyutlarda piritlerde belirlenmiştir. Ornatım sonucu bazen kalkopiritler ve galenler içinde ornatım artığı kapanımlar şeklinde bulunan piritlerin yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristalleri de mevcuttur (Şekil 3.30 A ve B).

İncelenen parlak kesitlere göre piritlerin en önemli özelliği bol kırık ve çatlaklı olmaları ve kataklastik doku göstermeleridir (Şekil 3.29 E). Piritlerin diğer önemli özelliği ise içlerinde oldukça küçük boyutlarda kalkopirit kapanımları içermesidir. Piritler kesitlerde 5-200 mikron arasında değişen boyutlarda izlenmektedir.



Şekil 3.29. Eylence Yayla yöresinde yer alan cevherleşmenin mikroskobik görünümü. A-B) Öz şekilli kuvarlar ve kataklastik pirit, C-D) Öz şekilli kuvars gangi içinde altın kapanımlar, E) Kataklastik dokuda pirit, piritlerin arasında kalsit ve kuvars dolgusu, F) Kalkopirit içinde galen kapanımları (Gl: Galen; Py: Pirit; Cp: Kalkopirit; Q: Kuvars; Au: Altın; Kl: kalsit).



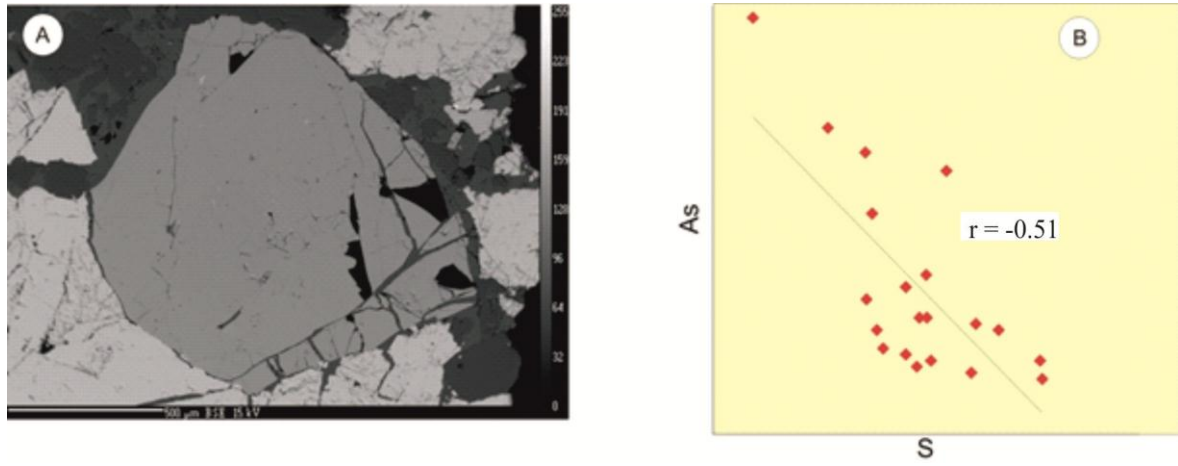
Şekil 3.30. Eylence Yayla yöresinde yer alan cevherleşmenin mikroskobik görünümü. A) Kataklastik pirit, B) Kalkopirit içinde pirit kapanımları, C-D) Galenin cevher içinde değişik bulunma durumları; üçgen yapıları ve galen içi keskin kırıklarla dolu ganglar, E-F) Sfalerit içinde kalkopirit ayrılımları ve galen kapanım ve ayrılımları, (Gl: Galen; Py: Pirit; Cp: Kalkopirit; Q: Kuvars; Sph: Sfalerit).

Piritler ana elementlerinin yanı sıra Cu, As, Pb ve Zn için analiz edilmiştir (Tablo 3.6). Analiz sonuçlarına göre piritlerin önemli miktarda iz element içermediği belirlenmiştir. Piritin mineral formülü  $Fe_{0.97-1.00}S_{1.97-2.00}$  olarak hesaplanmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre As ve S arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 3.31).



Tablo 3.6. Piritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı temel istatistik parametreler.

	Element (% Ağı.)					
	S	Fe	Cu	As	Pb	Zn
Ortalama	53.52	45.63	0.07	0.04	0.17	0.100
Medyan	53.57	45.7	0.04	0.02	0.16	0.010
Std. Sapma	0.36	0.26	0.13	0.1	0.02	0.160
Minimum	52.37	44.89	0.01	0.02	0.13	0.004
Maksimum	54.04	46.12	0.25	0.64	0.26	0.520
Nokta Sayısı	39	39	39	39	39	39



Şekil 3.31. Piritlerin BSE fotoğrafı (A) ve S-As (atomik %) arasındaki iyon değişimini gösteren negatif korelasyon (B).

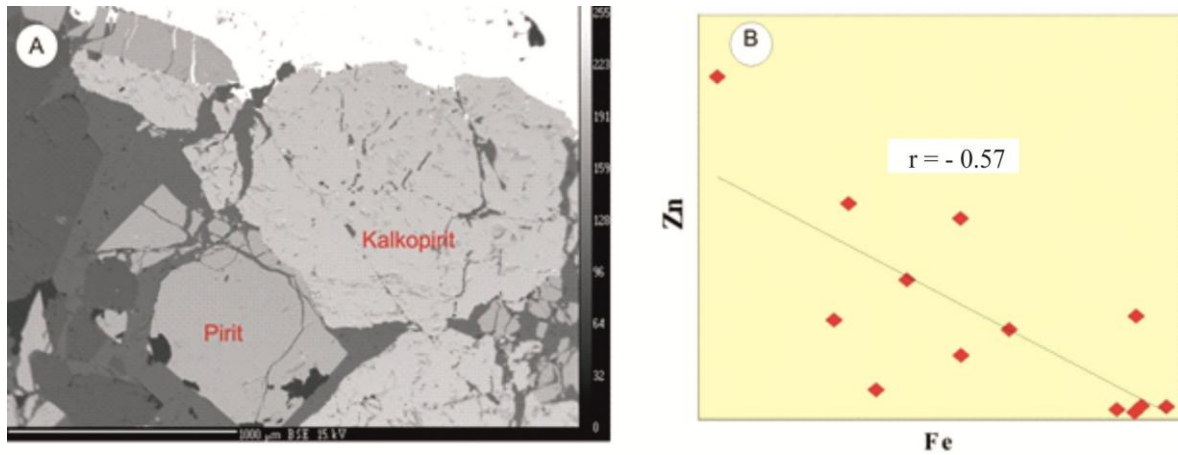
*Kalkopirit:* Eylencedere'den alınan örneklerin parlak kesitlerinde orta ve iri boyutlarda şekilsiz, geniş yüzeyli ve canlı sarı renklerde görülür. Kalkopirit kapanımları yoğun şekilde sfalerit mineralleri içerisinde ayrılım dokusu olarak belirgindir (Şekil 3.30 E ve F).

Kalkopiritlerde iz element içeriği bakımından Zn ve Pb elementlerinde zenginleşme tespit edilmiştir (Tablo 3.7). Elde edilen kalkopirit analizlerinin sonuçlarına göre, kalkopiritlerin Zn içeriği 0.02-1.51 ağı. % arasında Pb içeriklerinin ise 0.09-0.26 ağı.% arasında değişmektedir. Kalkopiritin mineral formülü  $Cu_{0.97-1.00}Fe_{0.98-1.00}S_{1.95-2.00}$  olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.7. Kalkopiritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı temel istatistik parametreler.

	Element (% Ağı.)					
	S	Fe	Cu	As	Pb	Zn
Ortalama	34.42	29.5	35.68	0.02	0.11	0.51
Medyan	34.47	29.65	35.67	0.02	0.1	0.37
Std. Sapma	0.44	0.36	0.29	0.001	0.03	0.53
Minimum	32.8	28.64	35.15	0.02	0.09	0.02
Maksimum	35.12	30	36.34	0.03	0.26	1.51
Nokta Sayısı	32	32	32	32	32	32

Kalkopirit örneklerinde Zn-Fe arasında ( $r = -0.57$ ) arasında negatif korelasyon belirlenmiştir (Şekil 3.32). Bundan dolayı kalkopiritlerin bileşiminde bulunan Zn'nin Fe ile değiş-tokuş yaptığı anlaşılmıştır.



Şekil 3.32. Kalkopirit mineralinin (a) BSE fotoğrafı, (b)kalkopiritlerde gözlenen Zn-Fe arasındaki negatif korelasyon.

*Galen:* Galen, cevherleşmelerde sfaleritle birlikte en yaygın gözlenen cevher mineralidir. Grimsi beyaz yansıma rengi ile kolaylıkla tanınabilmesi ve öz şekilli minerallerinde üçgen yapıları göstermesi (Şekil 3.30 C ve D) ile karakteristiktir. Yapılan cevher mikroskobisi çalışmaları neticesinde, galenin hemen hemen tüm cevher mineralleri ile birlikte görülmesine karşın çoğunlukla sfalerit minerali ile dokanak yaptığı ve bu ilişkiye bağlı olarak sfaleriti ornattığı ve bu ornatım sonucunda da galen içinde sfalerit kapanımlarının varlığı belirlenmiştir. Bu tür ornatımda özellikle mikroskobik ölçekteki kırık hatları ve damarlar boyunca sfalerit galenin yerini almaktadır. Bazı durumlarda ise

sonradan oluşan gang minerali tarafından yeri alınarak gang içinde galen kapanımları şeklinde görülür (Şekil 3.30E ve F). Galen genellikle sfaleritle beraber bulunmakla birlikte kendinden önce oluşan pirit ve kalkopiritleri de ornatmaktadır.

Galenlerin analiz sonuçlarına göre iz element içermediği, galenin stokiyometrik bileşime yakın olarak kristallendiği ve buna bağlı olarak galenin mineral formülünün de  $Pb_{0.99}S_{1.01}$  olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.8).

Tablo 3.8. Galenlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı temel istatistiksel parametreler.

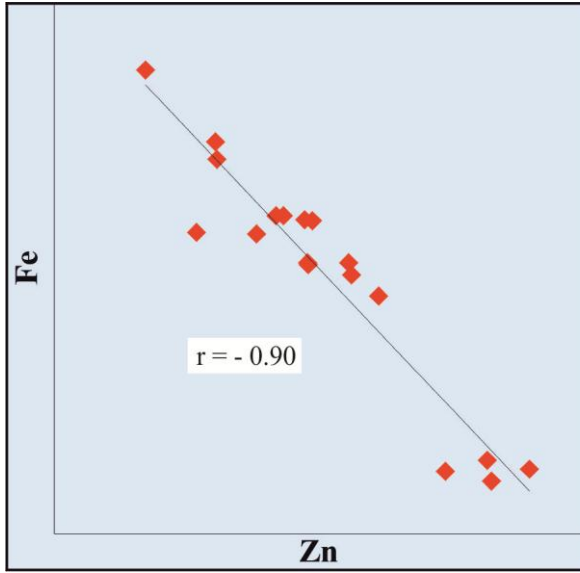
	Element (% Ağ.)			
	S	Pb	Ag	Cd
Ortalama	13.48	85.49	0.09	0.05
Medyan	13.49	85.55	0.06	0.05
Std. Sapma	0.15	0.72	0.09	0.01
Minimum	13.2	83.44	0.01	0.03
Maksimum	13.87	86.92	0.36	0.06
Nokta Sayısı	32	32	32	32

*Sfalerit:* Kayaç içerisinde genelde iri boyutlarda düzensiz şekilli geniş yüzeyli ve bazen de küçük- orta boyutlarda gri- açık gri renklerde izlenir. Çoğunlukla galeni ornatarak yerini almıştır (Şekil 3.30 E ve F). Bazı kesitlerde sfalerit içerisinde kalkopirit kapanımları gözlenmektedir (Şekil 3.30 F). Sfaleritler içinde bol miktarda kalkopirit ayrılımları (Şekil 3.30 E ve F) gözlenmektedir.

Sfaleritler ana elementlerin yanı sıra iz element olarak önemli miktarda Cd ve Mn içerirler (Tablo 3.9). Korelasyon grafiklerine bakıldığında, mikrokimyasal analiz sonuçlarına göre iz elementler arasında Fe, sfaleritin ana bileşeni olan Zn ile en uyumlu ( $r = -0.90$ ) element özelliğini taşımaktadır (Şekil 3.33). Fe ile Zn arasındaki bu yüksek negatif korelasyon, sıcaklığının fonksiyonu olarak Fe'nin Zn'nin yerini aldığını ve bu elementlerin jeotermometre olarak kullanabileceğini göstermektedir (Scott ve Barnes, 1971; Browne ve Lowering, 1973). Sonuçlara göre sfaleritin kimyasal formülü  $(Zn_{0.96}Fe_{0.04})S_{1.00}$  olarak belirlenmiştir.

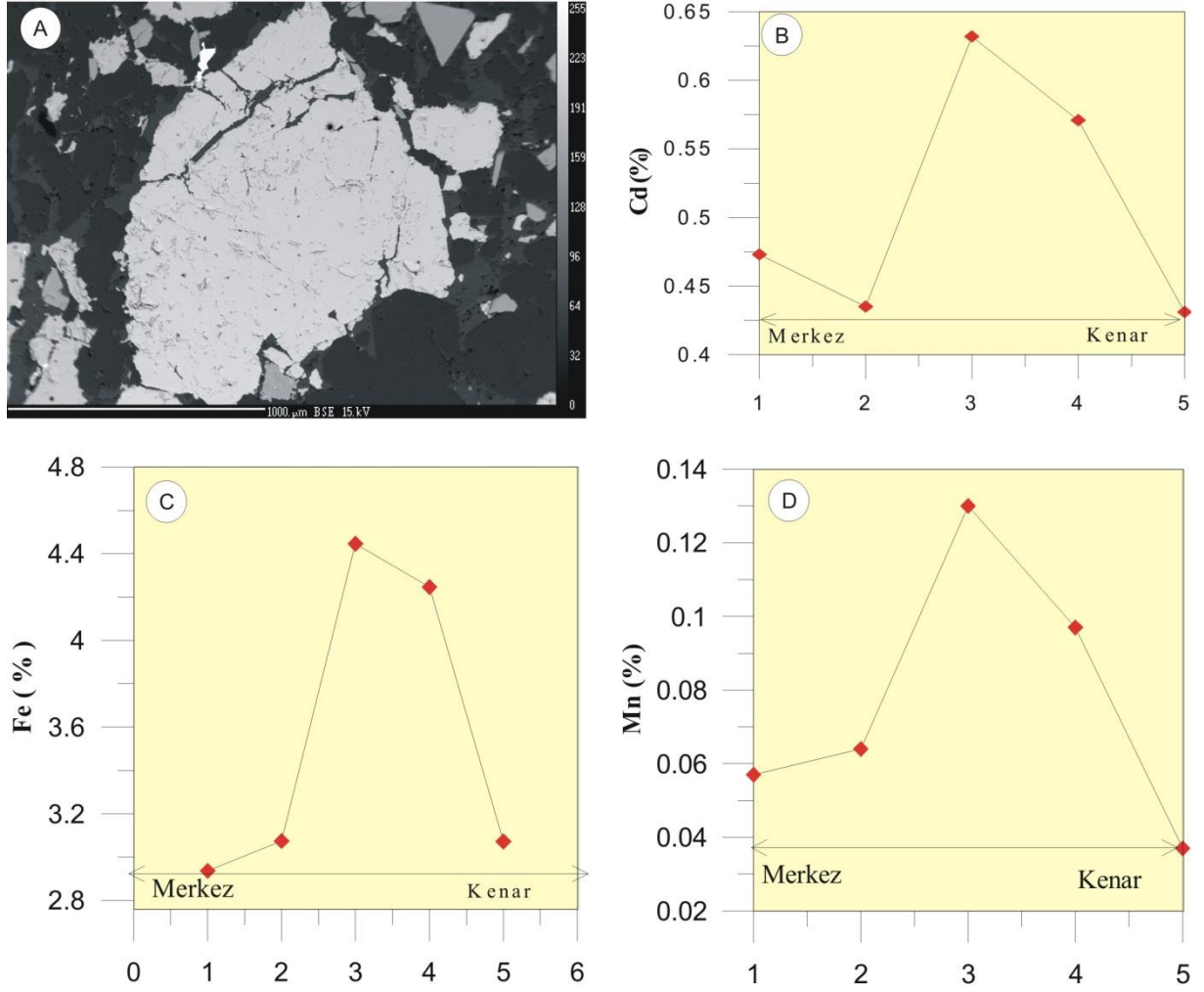
Tablo 3.9. Sfaleritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı temel istatistik parametreler.

	Element (% Ağı.)					
	S	Mn	Fe	Zn	Cu	Cd
Ortalama	32.81	0.11	2.57	62.13	0.32	0.45
Medyan	32.86	0.09	2.66	62.35	0.08	0.43
Std. Sapma	0.38	0.08	1.12	1.58	0.60	0.1
Minimum	31.5	0.02	0.14	58.17	0.02	0.31
Maksimum	33.37	0.43	5.26	65.15	2.4	0.76
Nokta Sayısı	36	36	36	36	36	36



Şekil 3.33. Sfaleritlerde Zn ile Fe arasındaki iyon değişimini gösteren negatif korelasyon.

Sfaleritlerde iz element içeriği bakımından herhangi bir zonlanmanın olup olmadığını belirlemek için sfalerit minerali üzerinde merkez-kenar doğrultusunda hat analizleri yapılmıştır (Şekil 3.34A). Yapılan analizler değerlendirildiğinde özellikle Fe, Mn ve Cd elementlerinin mineralin merkez kısmından kenar kısmına doğru artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.34B, C ve D).



Şekil 3.34. (A) Merkez-kenar hattı boyunca analizi yapılan sfalerit minerallerinin BSE fotoğrafı, Sfalerit minerallerinde Cd (B), Fe (C) ve Mn (D) içerikleri bakımından mineralin merkez kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma.

Sfaleritin Zn/Cd oranı cevherleşme tipinin ortaya konulmasında önemlidir. Xuexin, (1984) hidrotermal yataklarda Zn/Cd oranının 104-214 arasında, karbonat ilişkili tabaka uyumlu yataklarda ve metamorfizmaya uğramış sedimanter yataklarda 252-330 arasında ve volkano tortul yataklarda ise 417-531 arasında olduğunu ifade ederken Gottesman ve Kampe, (2007) Zn/Cd oranının bazaltik kayalarda >477 olduğunu, andezitlerle ilişkili yataklarda 328-427 arasında, asidik kayalarla ilgili cevherleşmelerde ise <300 olduğunu ve Zn/Cd oranının 250'nin altına düşmesinin granitik magmatizmayla ilişkili hidrotermal yatakları temsil ettiğini ifade etmektedir. Bu çalışmada sfalerit minerallerinden yapılan mikrokimyasal analizlerin Zn/Cd oranları 83.97-204.10 arasında değişmektedir (Ek Tablo 3). Buna göre Ünlüpınar cevherleşmesinin Gottesman ve Kampe, (2007)' ye göre granitik magmatizmayla ilişkili hidrotermal yatak olduğu söylenebilir.

*Altın:* Öz şekilli boşluklu kuvars içinde mikron boyutunda gözlenmektedir (Şekil 3.29 C ve D). Gang mineralleri olarak ise kalsit ve kuvars gözlenmektedir. Özellikle kuvarsların öz şekillerde gözlenmesi epitermal sistemleri işaret etmektedir.

### **3.6. Sıvı Kapanım Çalışmaları**

Sıvı kapanımlar, maden yataklarında rol oynayan fizikokimyasal olayların, yataklanma evrelerinin ve yatağın jenezinin anlaşılmasında önemli veriler sağlamaları nedeniyle maden yatakları çalışmalarında oldukça önem taşırlar (Roedder, 1984; Shepherd vd., 1985; Samson ve Russel, 1987; Killias vd., 1996). Sıvı kapanımlardan elde edilen cevher oluşum sıcaklığı, basıncı, sıvının kimyasal bileşimi, termodinamik hesaplarda kullanılabilirler (Ohmoto ve Rye, 1970; Bowers ve Helgeson, 1983; Roedder, 1984; Samson ve Russel, 1987; Wilkinson, 2001). Günümüzde geliştirilen yeni analiz teknikleri, sıvı kapanımların izotop, iz element ve nadir toprak element bileşimlerini doğrudan tespit ederek, maden yataklarının oluşumunda etkili olan fiziko-kimyasal koşullarını ortaya koyan daha kesin veriler elde edilebilmektedir (Ohmoto ve Rye, 1974; Foley ve Bethke, 1989; Böhlke ve Irwin, 1992; Wilkinson vd., 1994; Shepherd ve Rankin, 1998; Wilkinson, 2001).

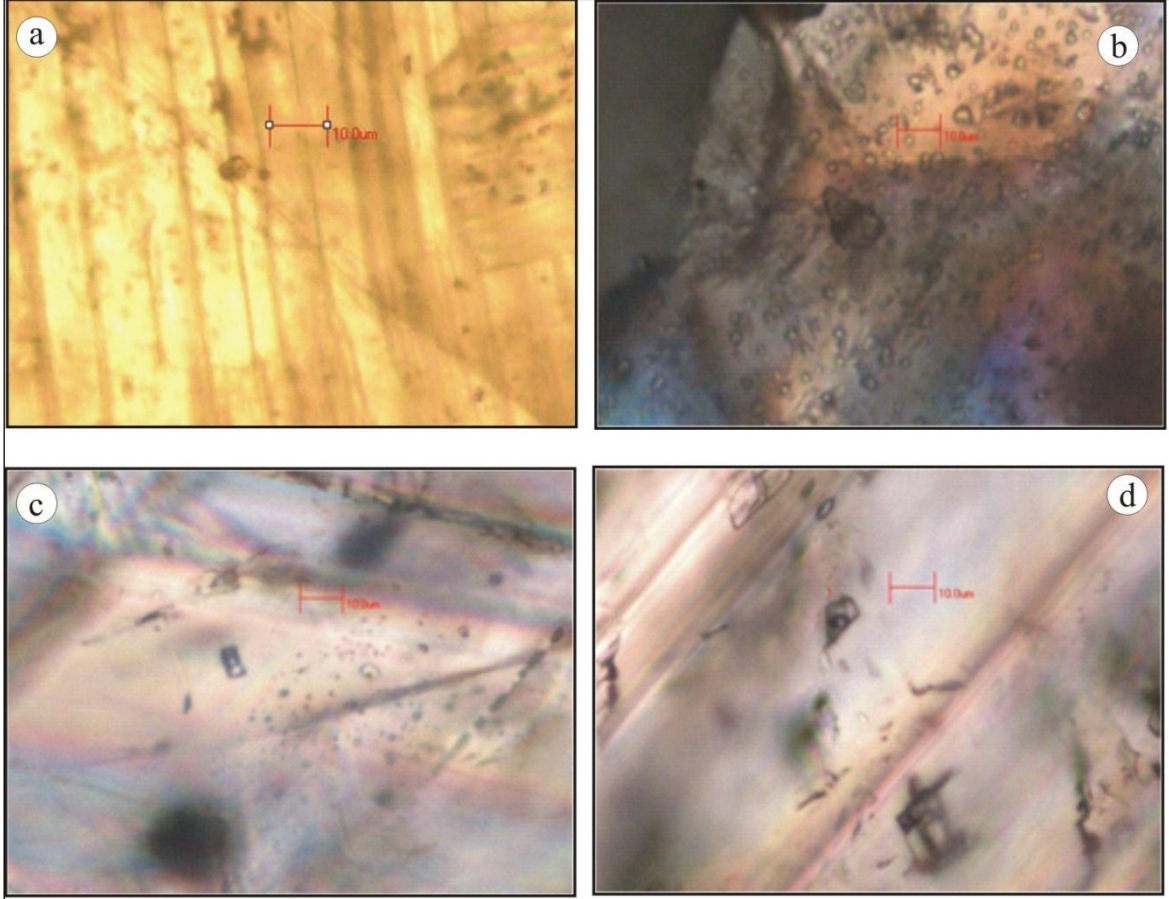
#### **3.6.1. Sıvı Kapanım Petrografisi**

Ünlüpinar cevherleşme sahasından alınan örneklerden kuvars ve kalsit minerallerinden sıvı kapanım örnekleri hazırlanmıştır. Örneklerin incelenmesi sonucu, sıvı kapanımların Roedder (1984) ve Shepherd vd., (1985)'nin jenetik sınıflama kriterlerine göre birincil ve ikincil tip sıvı kapanımlar olduğu belirlenmiştir.

Kuvars ve kalsitlerde bulunan birincil kapanımların, bileşimlerine göre sıvı ve gaz içeren iki fazlı kapanım olmak üzere tek tipte olduğu belirlenmiştir. Sıvı ve gaz içeren iki fazlı birincil kapanımlar da kendi aralarında, sıvıca zengin (sıvı+gaz) ve gazca zengin (sıvı+gaz) kapanımlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.  $T_{fm}$ ,  $T_{m-ice}$  ve  $T_h$ ' ı kapsayan mikrotermometrik ölçümler bu kapanım türü üzerinde yapılmıştır.

Kuvars ve kalsit minerallerinde bulunan sıvı kapanımların boyutları, 8  $\mu m$  ile 45  $\mu m$  arasında değişmektedir. Küçük boyutlu kapanımlarda faz değişimlerini izlemek zor olduğundan  $T_{fm}$  ve  $T_{m-ice}$  ölçümleri 20  $\mu m$ –40  $\mu m$  boyutlu kapanımlarda yapılmıştır.

Homojenleşme sıcaklığı ise iki fazlı birincil kapanımların hepsinde ölçülmüştür. Kuvars ve kalsit minerallerinde bulunan birincil kapanımlar ikincil kapanımlara göre daha büyük boyutlarda daha seyrek ve mineral içinde gelişigüzel dağılmış olarak bulunmaktadır (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Kuvarlarda (a-d) ve kalsitler (b-c) gözlenen sıvı kapanım şekilleri, mineral içerisindeki dağılımları ve boyutları.

### 3.6.2. Mikrotermometrik Ölçüm Sonuçları

Kuvars ve kalsit minerallerinde, bulunan kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığı ( $T_h$  °C), ilk buz ergime sıcaklığı ( $T_{fm}$ ) ve son buz ergime sıcaklıkları ( $T_{m-ice}$  °C) ile bu verilere bağlı olarak hesaplanan tuzluluk değerleri Tablo 3.10'de verilmiştir.

Sıvı kapanımların bileşiminde bulunan tuz miktarının % olarak hesaplanmasında, son buz kristalinin ergime sıcaklığından ( $T_{m-ice}$ ) yararlanır (Roedder, 1984; Bodnar, 1993).  $T_{m-ice}$  değerlerinin sıfırın altında olmasının nedeni, kapanımların bileşimde bulunan

tuz ile alakalı olarak açıklanabilir. Şöyle ki, kapanımların bileşiminde bulunan tuz, kapanımların donma sıcaklığını saf suya göre düşüreceğinden  $T_{m-ice}$  ölçümleri sıfırın altında olacaktır. Bu yöntemle göre hesaplanan tuzluluk verileri, sistemde katı tuz kristalinin olmadığı durumlarda kullanılmakta olup, kapanım sıvısı içinde bulunabilecek en fazla tuz miktarı 23.2 % NaCl eşd.'e denk gelmektedir. Katı tuz kristalinin bulunması durumunda kapanım sıvısı içindeki tuz miktarı farklı yöntemlerle hesaplanabilir. Sıvı kapanımların tuzluluk miktarlarının hesaplanması, Potter vd., (1978), Bodnar, (1993) tarafından verilen hesaplama yöntemlerinin haricinde, Brown, (1989) ve Bakker, (2003) tarafından yapılan sırasıyla FLINCOR ve BULK adlı paket programlar aracılığı ile de yapılabilmektedir. Bu çalışmada, Bodnar (1993) tarafından belirlenen ve aşağıda verilen denklem kullanılarak sıvı kapanımların tuzluluğu hesaplanmıştır.

$$\text{Tuzluluk (Ağ. \% NaCl)} = 1.78 * T_{m-ice} - 0.0442 * (T_{m-ice})^2 + 0.000557 * (T_{m-ice})^3 \quad (3.1)$$

Tablo 3.10. Kuvars ve kalsitlerde yapılan sıvı kapanım sonuçları ve tuzluluk değerleri

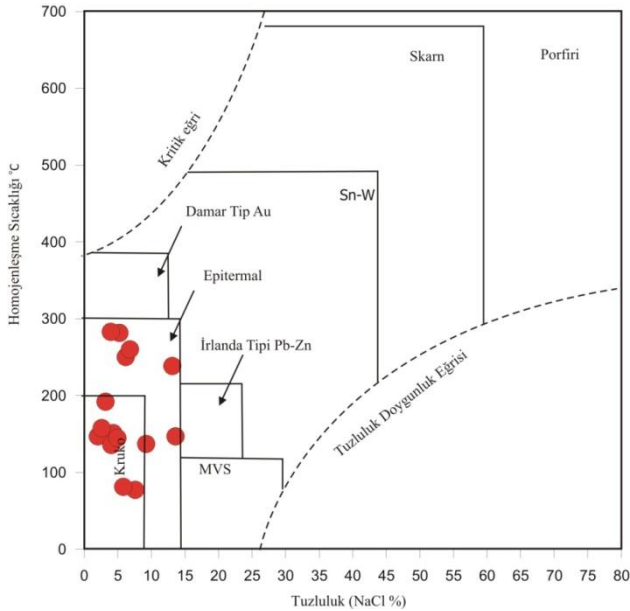
Örnek No.	İlk ergime ( $T_m$ )(°C)	Son Ergime $T_{m-ice}$ (°C)	Homojenleşme Sıcaklığı ( $T_h$ )(°C)	Tuzluluk Ağ. (% NaCl)
EY7	-61.7	-2.3	151.0	4.3
	-64.7	6.0	136.8	9.2
	-51.7	-1.1	146.7	2.0
EK16	-58.0	2.4	135.4	4.0
	-56.1	-1.4	157.5	2.6
	-47.7	-6.5	146.7	13.6
EK9	-22.7	2.9	144.4	4.9
EK4	-71.6	3.2	281.4	5.2
	-19.9	-1.7	191.8	3.2
EK1	-15.7	-2.1	282.8	3.9
	-53.2	-6.3	238.3	13.1
ED17	-68.7	-3.2	250.0	6.2
	-87.5	-3.5	260.0	6.8
EK16	-20.9	-3.9	77.0	7.6
	-27.7	-3.0	81.0	5.8

Mikrotermometrik ölçümler kapsamında elde edilen homojenleşme sıcaklıkları Tablo 3.10'da verilmiştir. Buna göre  $T_h$  kuvarslardaki sıvı kapanımlardan ölçülen  $T_h$  değerlerinin 151 °C ile 250 °C arasında değişim gösterdiği, kalsitlerdeki sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının ise 77°C–281°C arasında değişim



gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3.10). Kuvars ve kalsitlerde ölçülen homojenleşme sıcaklıkları birlikte değerlendirildiğinde ortalama homojenleşme sıcaklık değeri 178°C olurken, cevher oluşumun 300°C'nin altındaki sıcaklıklarda ve iki ayrı evrede gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Elde edilen sıvı kapanım verileri değerlendirildiğinde; Ünlüpınar Cevherleşmesini oluşturan hidrotermal sıvılar, Roedder (1984) tarafından hazırlanan değişik yataklara ait homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişim diyagramına aktararak karşılaştırılmıştır (Şekil 3.36). Genel olarak birçok maden yatağının tuzluluk değişimi 0 ile 30 NaCl (Ağ. %) arasında değiştiği, granitlerle alakalı Sn-W, skarn ve porfiri tip yataklarda tuzluluk değişiminin 30-70 ağ. % NaCl değerine kadar yükseldiği diyagramda görülmektedir. Roedder, (1984)' e göre granitlerle ilişkili damar tip yataklarda magmatik sıvılardan oluşan kapanımların tuzlulukları % 1-15 NaCl arasında,  $T_h$  değerlerinin ise 240-430°C arasında değiştiği, epitermal yataklarda ise tuzluluk ve  $T_h$  değerlerinin sırasıyla %0-13 NaCl ve 140-350°C aralıklarında değiştiği belirtilmiştir. Ünlüpınar cevherleşmesini oluşturan sıvıların tuzluluk değerleri ve homojenleşme sıcaklıkları bu yataklarda belirtilen tuzluluk ve  $T_h$  değerleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde cevherleşmenin, magmatik kökenli sıvıların tuzluluğuna yakın ve epitermal bir cevherleşme olduğu sonucuna varılır.



Şekil 3.36. Değişik yatak tiplerinden elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları (MVS: Misisipi Vadisi masif sülfid yatakları) ve Ünlüpınar cevherleşme sahasından elde edilen sıvı kapanım verilerinin bu yataklarla ilişkisi (Roedder, 1984).

### 3.7. Duraylı İzotopların Jeokimyası

İzotop jeokimyası incelemeleri jeolojinin birçok konusunda uygulama alanı bulmuş ve çok sayıda problemin çözümüne katkı sağlamış bir araştırma konusudur. Elementlerin izotoplarına ait atomlar zamanla parçalanarak veya başka bir elementin atomuna dönüşerek yok oluyorsa bu tür izotoplar radyoaktif (kararsız) izotoplar, zamanla yok olmuyorsa duraylı (kararlı) izotoplar olarak tanımlanmaktadır.

Hidrotermal maden yatakları; sıcaklıkları 50 °C - 377 °C arasında değişen sıcak sulu ve buharlı çözeltilerin meydana getirdiği yatak tipleridir. Bu yataklarda cevher minerali olarak genel olarak sülfürlü mineraller, gang minerali olarak ise kuvars, kalsit, barit ve florit gibi mineraller oldukça yaygındır. Buna bağlı olarak hidrotermal maden yataklarının köken ve oluşum koşullarının araştırılmasında kararlı izotopları olan elementlerden özellikle S, H, O ve C izotoplarından yararlanılır. Çünkü cevher, oluşumu sırasında pek çok fiziksel ve kimyasal parametreden etkilenmektedir. Duraylı izotop çalışmaları; cevher oluşumunda etkili olan sıcaklık, basınç ve derinlik gibi fiziksel parametrelerin, cevher oluşturan bileşenlerin kaynağının, sıvıların kimyasal bileşiminin bileşenlerin taşınması ve depolanması gibi cevher oluşum evrelerinin anlaşılmasında oldukça önemli bilgiler sağlarlar (Hoefs, 1987; Rye ve Ohmoto, 1974; Ohmoto ve Rye, 1979; Ohmoto, 1986; O'Neil, 1986; Faure, 1986). Bu izotoplardan, H ve O izotopları hidrotermal çözeltileri oluşturan suyun, S izotopları sülfürlü ve sülfatlı minerallerin bileşiminde bulunan kükürdün, C izotopları ise karbonatlı minerallerin yapısında bulunan karbonun kökenlerinin belirlenmesinde fayda sağlamaktadır.

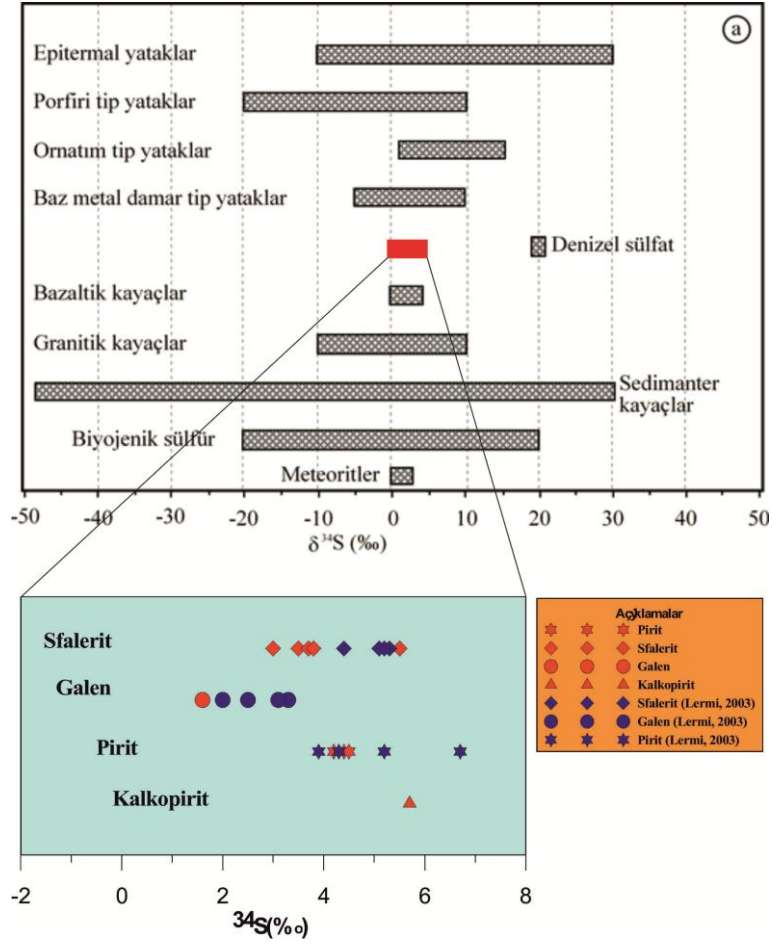
Ünlü pınar cevherleşmesinden derlenen örneklerden binokuler mikroskop yardımıyla tespit edilen cevher tiplerinden: sfalerit, pirit, kalkopirit ve galen minerallerinden S izotopu, kalsit mineralinden C ve O izotopu analiz edilmiştir. Bu çalışmada, cevherleşmeyi oluşturan mineral ve sıvıların, kükürt, oksijen ve karbon izotop analiz sonuçları, farklı jeolojik ortam ve kayaçlarla karşılaştırılarak kökensel bağlantısı belirlenmiştir. Kükürt izotop termometresinde, cevher oluşum sıcaklık hesabı gerçekleştirmek için pirit-galen ve pirit-sfalerit mineral çiftlerinden yararlanılmıştır.

### 3.7.1. Kükürt İzotopları

Bu çalışmada, cevherleşme sahasından derlenen örneklerden saflaştırılan sfalerit, pirit, kalkopirit ve galen minerallerinden elde edilen kükürt izotop analiz sonuçları ve bu sonuçlardan yararlanarak kükürt jeotermometresi ile hesaplanan sıcaklık değerleri Tablo 3.11’ de verilmiştir. Tüm bu örneklerden elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri; genel olarak 1.6 ile 5.7 ‰ arasında değişim göstermekte olup, önceki çalışmalarda belirlenen (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987) çeşitli jeolojik ortam, kayaç ve cevher tiplerine ait izotop verileri (Şekil 3.37) ile karşılaştırılmıştır. Ünlüpınar cevherleşmesinden elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  izotop verileri 1.6 ile 5.7 ‰ arasında değişmekte olup, granitik kayaçların ve baz metal damar tip yatakların  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri ile benzerlik sunmakta ve magmatik kökenli kükürde işaret etmektedir (Cooke ve Simon, 2000; Hedenquist vd., 1994). Gümüşhane ili Midi Köyü Pb-Zn madeninde yapılan kükürt izotop değerleri de kükürtün kaynağının magmatik olduğunu işaret etmektedir (Lermi, 2003, Şekil 3.37).

Tablo 3.11. Ünlüpınar cevherleşmesinde yaygın olan sülfütlü minerallerin, dengede oldukları sıvıların kükürt izotop bileşimleri ve pirit-galen, pirit-sfalerit çiftlerinden hesaplanan kükürt jeotermometresi sonuçları.

Örnek No	Birlikte bulunduğu mineraller	Mineral	$\delta^{34}\text{S}$	T(°C)
EK3	Pirit, Sfalerit, Kalkopirit, Kuvars Kalsit	Pirit	4.2	
		Sfalerit	3.7	
EK6	Pirit, Sfalerit, Galen, Kuvars	Sfalerit	3.0	190±20 329±20
		Pirit	4.4	
		Galen	1.6	
EK8	Pirit, Sfalerit, Galen Kuvars	Pirit	4.5	275±20
		Sfalerit	3.5	
O3	Kalkopirit, Galen, Sfalerit, Kuvars	Sfalerit	5.5	
		Kalkopirit	5.7	
EK10	Sfalerit, Pirit, Kalsit	Sfalerit	3.8	



Şekil 3.37. (a) Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve cevher tiplerinin  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) izotop değişimi (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987). (b) Ünlüpınar cevherleşmesinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) izotop değişimi

### 3.7.1.1. Kükürt İzotop Jeotermometresi

İki mineral çiftinin jeotermometre olarak kullanılması izotop farklılaşma faktörü ile yakından ilişkilidir. İzotop farklılaşma faktörünün basınçtan bağımsız daha çok sıcaklığa bağlı olarak değişmesi iki mineral çiftlerinin jeotermometre olarak kullanılmasına olanak sağlar (Ohmoto ve Rye, 1979; Campell ve Larso, 1998). Bu çalışmada, pirit-galen ve pirit-sfalerit mineral çiftlerinin dengede olduğu belirlenmiş ve Ohmoto ve Rye (1979) tarafından geliştirilen pirit-galen ve pirit-sfalerit arasında denge sıcaklık denklemi kullanılarak, kükürt jeotermometresi hesapları gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.11). Pirit-Galen mineral çiftinden elde edilen sıcaklık değerleri 305-353 °C (EK6 nolu örnek), pirit-sfalerit mineral çiftinden elde edilen sıcaklık değerleri ise 156-224 °C (EK6 nolu örnek) ve 235-

315 °C (EK8 nolu örnek) aralığında değişmektedir. Kükürt izotop jeotermometresine göre cevherleşmenin ortalama sıcaklık değeri ise 264 °C olarak hesaplanmıştır.

### 3.7.2. Karbon ve Oksijen İzotopları

Ünlüpinar cevherleşmesinde bulunan karbonat gang minerali olan kalsitten karbon ve oksijen izotop analizi yapılmıştır. Kalsitlerin  $\delta^{13}\text{C}$  bileşimi -5 ile -3,6 ‰ arasında değişirken,  $\delta^{18}\text{O}$  bileşimi 8,4 ile 18 ‰ arasında değişmektedir (Tablo 3.12).

Tablo 3.12. Yan kayaçlar ile cevhere eşlik eden karbonat gang mineralleri ve dengede oldukları hidrotermal sıvıların karbon ve oksijen izotop bileşimleri ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  (‰) ve  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  (‰) olarak ölçülmüştür).

Örnek No.	Mineral	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{su}}$ (264°C)
EK1	Kalsit	-4,4	10,1	-26,89
EK3	Kalsit	-3,6	16,8	-20,19
EK16	Kalsit	-3,9	10,9	-26,09
EK4	Kalsit	-5	8,4	-28,59
EK9	Kalsit	-3,6	18	-18,99

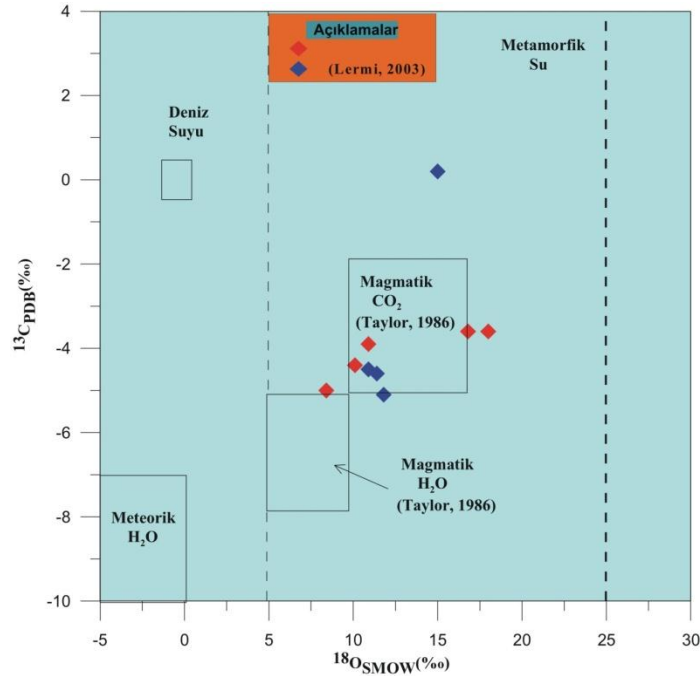
Kalsit ile dengede olan sıvı/sıvıların  $\delta^{18}\text{O}$  bileşimini belirlemek için,

$$\Delta_{\text{kalsit-sıvı}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{kalsit}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{sıvı}} = 2.78 \cdot (10^6 / T^2) - 2.89 \quad (\text{O'Neil ve Taylor, 1969}) \quad (3.2)$$

denkleminde yararlanılmıştır.  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sıvı}}$  değerini hesaplayabilmek için kalsitlerde bulunan sıvı kapanımlardan ölçülen ortamla homojenleşme sıcaklık değeri (264°C, bkz. Tablo 3.12) kullanılmıştır. Buna göre kuvarsın dengede buldukları olan sıvı/sıvıların  $\delta^{18}\text{O}$  bileşimi -28,59 ile -18,99 arasında değişmektedir. Bu verilere göre kalsit minerallerinin oluşumunda etkin olan çözeltinin Hoefs (1987)'e göre yüzeysel sıvılarla ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır

Kalsit minerallerinden elde edilen karbon ve oksijen izotop verileri, karbon oksijen değişim diyagramlarına aktarılmış ve çeşitli kökenli sıvılarla karşılaştırılmıştır (Şekil 3.38). Örnekler dar bir aralıkta değişmekte, hafif karbon izotoplarından ağır izotoplara doğru

lineer bir artış göstermektedirler. Ayrıca birkaç örneğin magmatik CO<sub>2</sub> (Taylor, 1986) alanında yer alması, karbon bileşenlerinin kaynağının muhtemelen magmatik olduğunu düşündürmektedir. Ancak karbon izotop değerlerinin geniş aralıkta değişmesi, sıvıların yan kayaçlarla etkileşimi ve değişen termodinamik koşulların izotop farklılaşmasındaki etkileri de göz ardı edilmemelidir (Şekil 3.38). Minerallerin özellikle karbon izotop bileşimlerinin hafif izotoplarından ağır izotoplara doğru doğrusal değişimi, mineral çökeliminde soğumanın (sıcaklığın) da etkisi olabileceğini göstermektedir. (Zheng ve Hoefs, 1993). Ayrıca örneklerin oksijen izotop değerlerinin dar bir aralıkta değişmesi, kalsitlerin oluşumunda benzer nitelikli sıvıların rol oynadığına işaret etmektedir.



Şekil 3.38. Ünlüpinar cevherleşmesinde gang minerallerinden kalsitten ve yankayaçtaki oksijen-karbon izotop değişimi ve bu verilerin diğer sıvılarınla karşılaştırılması hesaplanmıştır.

Yapılan kükürt izotop ve sıvı kapanım çalışmalarının sonucunda elde edilen sıcaklık değerlerinin birbirini desteklediği, bu değerlere göre bu cevherlemenin epitermal-mezotermal geçişinde olduğu, C ve O izotop analizlerinden elde edilen veriler sonucunda cevherleşmenin magmatik kökenli olduğu tespit edilmiştir. Buna göre Ünlüpinar cevherleşmesinin magmatik kökenli, yüzeysel su ile seyreltilmiş magmatik sıvı karşımı sıcak sulu çözeltilerin etkili olduğu damar tip epitermal mezotermal geçişinde bir cevherleşme olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Doğu Pontid'lerin Güney Zon'unda yer alan Ünlüpnar (Kelkit-Gümüşhane) Pb-Zn-Cu±Au cevherleşmesinin jeolojisi, mineralojisi ve kökeninin araştırılmasını konu alan bu çalışmada varılan sonuçlar ve öneriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Cevherleşmenin Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu içinde yer alan andezitlere bağlı olarak gerçekleştiği, cevherleşmenin bulunduğu alanlarda hakim kırık sisteminin KD doğrultulu olduğu, kırık ve çatlakların ise kalsit ve ikincil kuvars mineralleri tarafından doldurulduğu gözlenmiştir.

2. Hidrotermal çözeltilerin işlevi sonucu çalışma alanı ve çevresinde yüzeysel alterasyon ürünleri olarak, hematitleşme, limonitleşme, kloritleşme ve silisleşmenin yoğun olarak gözlemlendiği belirlenmiştir.

3. Liyas volkanik kayalar plajiyoklas, klinopiroksen ve Fe-Ti oksit minerallerini içermektedir. Yapılan mineral kimyası analizleri sonucunda plajiyoklasların bitovnit (An<sub>73-78</sub>), labrador (An<sub>51-64</sub>) ve andezin (An<sub>32-42</sub>) bileşiminde olduğu, klinopiroksenlerin ojit ve klinoenstatit (W<sub>0.33.418-39.358</sub> En <sub>38.565-61.792</sub> Fs<sub>18.220-27.230</sub>) bileşiminde olduğu, Fe-Ti oksitlerin ise titano-magnetit bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

4. Liyas yaşlı volkanik kayaların sınıflandırılmasında hareketsiz elementler kullanılarak oluşturulan Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> diyagramına göre Şenköy Formasyonu'ndan alınan örneklerin andezit-bazalt ve andezit sınırında toplandığı, Th-Co diyagramına göre Şenköy Formasyonu'ndan alınan andezitik bazalt ve andezitik kayaların kalkalkali alanda yer aldığı, SiO<sub>2</sub>'ye karşı K<sub>2</sub>O diyagramında analiz edilen volkanik kayaların bir kısmının şösonitik alanda, bir kısmının ise yüksek K'lu kalk alkali alanda yer aldığı, AFM üçgen diyagramında ise incelenen volkanik kayaların kalk-alkali alanda yer aldığı tespit edilmiştir.

5. Çalışılan sahada yer alan cevher damarlarından alınan örneklerden yapılan cevher mikroskobisi çalışmaları sonucunda; cevherleşmenin mineral parajenezinin pirit, kalkopirit, sfalerit galen, altın, kuvars ve kalsit minerallerinden oluştuğu tespit edilmiştir.

6. İnceleme alanındaki Liyas yaşlı volkaniklerde yapılan mineral kimyası analiz sonuçlarına göre galen mineralinin saf bileşime yakın olduğu sonucuna varılırken, pirit, kalkopirit ve sfalerit minerallerinin ise bileşiminde iz elementler bulundurduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca sfalerit minerallerinde bulunan Zn ve Cd değerlerinden elde edilen Zn/Cd değerine göre cevherleşmenin granitik magmatizmaya ilişkili hidrotermal yatak olduğu belirlenmiştir.

7. Sıvı kapanım analiz sonuçlarına göre cevherleşmenin oluşum sıcaklığının 80-280 °C arasında değiştiği, kükürt izotop termometresine göre ise cevherleşmenin oluşum sıcaklığının ortalama 264 °C olduğu, kükürt izotop analiz sonuçlarına göre cevherleşmenin magmatik kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

8. Kalsit minerallerinden elde edilen karbon ve oksijen izotop verilerine göre; karbon bileşenlerinin kaynağının magmatik kökene ait olduğu ve kalsitlerin oluşumunda benzer nitelikli sıvıların rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

9. Cevherin yan kayaçta meydana gelen kırık ve çatlaklara boşluk dolgusu şeklinde veya onları ornatarak yerleşmesi nedeniyle sahada epijenetik bir yerleşim olduğu, yapılan bütün çalışmaların sonucunda Liyas yaşlı volkanitler içerisinde bulunan cevherleşmenin; epitermal-mezotermal geçişinde damar tip bir cevherleşme olduğu belirlenmiştir.

10. Yapılan bu detaylı incelemeden sonra cevherli kütlenin rezerv ve tenör hesaplamaları için sondaj noktaları belirlenerek cevherli kütlenin rezerv hesaplama çalışmaları başlatılabilir.

11. Cevherleşmenin oluşum yaşını belirlemek için kurşun izotop çalışmaları yapılabilir.



## 5. KAYNAKLAR

- Adamia, S., Lordkitanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of an Active Continental Margine as Exemplified by the Alpine History of Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-189.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, 56.
- Akaryalı, E., 2010. Arzular (Gümüşhane KD-Türkiye) AltınYatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akaryalı, E., Tüysüz, N., 2013. The genesis of the slab window-related Arzular low-sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). Geoscience Frontiers, 4-4,409-421.
- Akbulut, K., Akaryalı, E., İbrahim Akpınar, İ., Atay, U., Eylence Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Pb-Zn±Au±Ag Cevherleşmesinin Petrografisi Ve Cevher Mikroskobisi, 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara.
- Akçay, M. ve Çavga, H., 1997. Geology, Mineralogy and Genesis of the Auriferous Quartz Veins in the Olucak (Gümüşhane) Area, Selçuk Universty 20<sup>th</sup> Anniversary Geology Smposium, Ekim, Konya, Bildiriler Kitabı: 189-202 (in Turkish with Engl. Abstr.).
- Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998. A Multi-phase Intrusion around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralisation Types: A Geologic and Geochemical Approach, Geosound, 33, 1-18.
- Akpınar, İ. Akaryalı, E. Demir, Y., 2006. Gümüşhane İli Maden Potansiyeli, Gümüşhane Valiliği, İl Özel İdaresi Müdürlüğü, Gümüşhane.
- Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır-kurşun-çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, KTÜ Yerbilimleri Fakültesi, Yayın No: 12, Trabzon.
- Aslan, N., ve Akçay, M., 2011. Mastra (Gümüşhane) Au-Ag Yatağının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, 63. Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara.
- Bacon, C.R. ve Hirschmann, M.M., 1988. Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides, American Mineralogist, 73, 57-61.
- Bakker, R.J., 2003. Package FLUIDS 1. Computer Programs for Analysis of Fluid Inclusion Data and for Modelling Bulk Fluid Properties, Chem. Geol., 194, 3-23.

- Barret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, Mass, and Oxygen Isotopic Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Econ. Geology, 86, 406-441.
- Barret, T.J., Cattalani, S. ve MacLean, W.H., 1991a. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. I. The Horne Mine, Can. J. Earth Sci., 28, 465-488.
- Barret, T.J., Cattalani, S., Chartrand, F. ve Jones, P., 1991b. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. II. The Aldermac Mine, Can. J. Earth Sci., 28, 1301-1327.
- Barret, T.J., MacLean, W.H., Cattalani, S., Hoy, L. ve Riverin, G., 1991c. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. III. The AnsilMine, Can. J. Earth Sci., 28, 1699-1733.
- Barret, T.J. Cattalani, S. and Maclean W.H., 1993. Volcanic lithogeochemistry and alteration at the Delbridge massive sulfide deposit, Noranda Quebec, Jour. Of Geochem. Expoloration, 48, 135-173
- Baykal, F., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar, MTA Raporu No: 2205, Ankara.
- Bektaş, O. ve Güven, İ.H., 1995. Alaskan Aphinitic Type Ultramafic and Mafic Complexes as the Root Zone of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), Geology of the Black Sea Region, 189-196. Ankara.
- Bektaş, O., Sen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction-related Volcanism towards the Back-arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), Geological Journal, 34, 95-106.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised Equation and Table for Determining the Freezing Point Depression of H<sub>2</sub>O-NaCl Solutions, Geochim. Cosmochim. Acta, 57, 683-684.
- Boynton, W. V., 1984. Cosmochemistry of Rare Earth Elements: MeteoriteStudies. In: Henderson, P. (Ed), Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, Amsterdam., 63-114.
- Bowers, T.S. ve Helgeson, H.C., 1983. Calculation of the Thermodynamic and Geochemical Consequences of Non Ideal Mixing in The System H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl on Phase Relation in Geologic System: Metamorphic Equilibria at High Pressures and Temperatures, Amer. Mineralogist, 68, 1059-1075.
- Böhlke, J.K. ve Irwin, J.J., 1992. Laser Microprobe Analysis of Cl, Br, I and K in Fluid Inclusions: Implications for Sources of Salinity in Some Ancient Hydrothermal Fluids, Geochim. Cosmochim. Acta, 56, 203-226.
- Brown, P.E., 1989. Flinkor: A Microcomputer Program for the Reduction and Investigation of Fluid-Inclusion Data, Am. Mineral., 74, 1390-1393.

- Browne, P.R.L. ve Lovering, J.F., 1973. Composition of Sphalerites from the Broadlands Geothermal Field and their Significance to Sphalerite Geothermometry and Geobarometry, Econ. Geology, 68, 381-387.
- Campbell, A.R. ve Larson, P.B., 1998. Introduction to stable isotope applications in hydrothermal systems, in Richards, P.J., Larson, J.P., eds., Techniques in Hydrothermal Ore Deposits Geology, Reviews in Econ. Geology, 10, 173-193.
- Chorowiec, J., Dhont, D. ve Adıyaman, Ö., 1998. Isotope Geochemistry of Xenoliths from East Africa: Implications for Development of Mantle Reservoirs and Their Interaction, Earth Planet. Sci. Lett., 68, 209-220.
- Cooke, D.R. ve Simmons, S.F., 2000. Characteristics and Genesis of Epithermal Gold Deposit. In Hageman, G.S., Brown, E. (eds), Gold in 2000, reviews in Economic Geology, 13, 221-241.
- Çiftçi, E., 2000. Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Upper Cretaceous Mineral Deposits, North eastern Turkey, Ph. D Thesis, University of Missouri-Rolla, Missouri.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü Doçentlik Tezi, İ.Ü Maden Mühendisliği, 186s. İstanbul.
- Çubukçu, A., 1998. Kaletaş (Gümüşhane) Epitermal Altın Cevherleşmesinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Mineralojisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. ve Bonnin, J., 1973. Plate Tectonics and Evolution of Alpine System, Geological Society of America Bulletin, 84, 3137-3180.
- Dokuz, A., 2011. A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides: The Köse composite Pluton, Gondwana Research 19, 926-944.
- Dixon, J.C. ve Pereira, J., 1974. Plate Tectonics and Mineralization in the Tethyan Region, Min. Deposita, 9, 185-198.
- Droop, G.T.R. (1987) A general equation for estimating Fe<sup>3+</sup> concentration in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. Min. Mag., 51, 431-435
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erguvanlı, K., 1952. Trabzon-Gümüşhane Arasının Jeolojisi, MTA, Ankara.

- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Nafız, M., Jacoby, W.R. ve Özer, R., 2006. Three-directional Extensional Deformation and Formation of the Liassic Rift Basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). Geol. Carp. 57, 5, 337-346.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O. ve Pul, D., 2007. Mid-Cretaceous olistostromalophiolitic mélangé developed in the back-arc basin of the eastern Pontide magmatic arc (NE Turkey, International Geology Review. 49, 12, 1103-1126.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt: Implications for the Geodynamic Evolution of NE Turkey, International Geology Review, 52, 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2010. Transition from Shoshonitic to Adakitic Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Slab Window Melting, Gondwana Research, in press.
- Faure, G., 1986. Principles of Isotope Geology, Second Edition, John Wiley and Sons Inc., New York, 598 s.
- Field, C.W. ve Fifarek, R.H., 1985. Light Isotope Systematics in the Epithermal Environment, in Berger, B.R., Bekte, P.M., Eds., Geology and Geochemistry of Geothermal Systems, Reviews in Econ. Geology, 2, 99-128.
- Foley, N.K., Bethke, P.M. ve Rye, R.O., 1989. A Reinterpretation of  $\delta D_{H_2O}$  Values of Inclusions Fluids in Contemporaneous Quartz and Sphalerite, Cerde Mining District, Colorado. Econ. Geology, 84, 1996-1997.
- Gettinger, T.E., 1962. 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası ve İzahnamesi, MTA Yayını, Ankara,
- Gottesmann, W. ve Kampe, A., 2007. Zn/Cd ratios in Calcisilicate-hosted Sphalerite Ores at Tumurtijn-ovoo, Mongolia, Chemie Der Erde, 67, 323-328.
- Güner, S., 1986. Gümüşhane-Kelkit-Şiran Yöresinin Jeolojisi, MTA, Trabzon.
- Güner, S., ve Yazıcı, E.N., 2011. Gümüşhane- Bayburt-Trabzon Kıymetli Metal (Au-Ag) ve Baz Metal (Cu-Pb-Zn) Sahaları Envanter Raporları, (yayınlanmamış), Trabzon
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A ve Mitchell, S.F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks Using Immobile Trace Elements: Development of The Th-Co Discrimination Diagram, Journal of Petrology, 48, 12, 2341-2357
- Hedenquist, J.W., Matsuhisa, Y., Izawa, E., White, N.C., Giggenbach, W. F. ve Aoki, M., 1994. Geology, Geochemistry, and Origin of High Sulfidation Cu-Au Mineralization in the Nansatsu District, Japan: Economic Geology, 89, 1-30.
- Hoefs, J., 1987. Stable Isotope Geochemistry, 3rd edn. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 241 s.

- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A Guide to Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, Can J. Earth. Sci., 8, 523-548.
- Jenner, G.J., Longerich, H.P., Jackson, S.E. ve Fryer, B.J., 1990. ICP-MS a Powerful Tool for High Precision Trace-element Analysis in Earth Sciences; Evidence from Analysis of Selected U.S.G.S. Reference Samples, Chem. Geology, 83, 133-148.
- Kahraman, İ., Kansız, H., Dursun, A., Yılmaz, H. ve Erçin, A.İ., 1984. Gümüşhane Yöresinin Jeolojisine ve Cevherleşmesine Ait Jeoloji Raporu, MTA Raporu, No: 1951,
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi, İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası, Cilt:16, İstanbul.
- Killias, S.P., Kalogeropoulos, S.I. ve Madsen, J.K., 1996. Fluid Inclusion Evidence for the Physical Conditions of Sulfide: in the Olympias Carbonate-Hosted Pb-Zn (Au, Ag) Sulfide Ore Deposit, E. Chalkidiki Peninsula, N. Grece, Min. Deposita, 31, 394-406.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorenson, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms Blackwell, Oxford.
- Leitch, C.H.B., 1981. Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılkaya Massive Sulfide Deposits, Northeastern Turkey, and their Similarity to Kuroko Ores, Min. Deposita, 16, 241-257.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının Uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa/Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- MacLean, W.H. ve Kranidiotis, P., 1987. Immobile Elements as Monitors of Mass Transfer in Hydrothermal Alteration: Phelps Dogge Massive Sulfide Deposit, Matagami, Quebec, Econ. Geology, 82, 951-962.
- MacLean, W.H., 1990. Mass Change Calculations in Altered Rock Series, Mineral Deposita, 25, 44-49.
- Meschede, M., 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram, Chemical Geology, 56, 207-218.

- Morimoto, M., 1988. Nomenclature pyroxenes, *Mineralogical Magazine*, 52, 535-550.
- O'Neil, J. R. ve Taylor, B.E., 1969. Oxygen Isotope Fractionation Between Muscovite and Water. *Jour. Geophys. Research*, 74, 6012-6022.
- O'Neil, J. R., 1986. Theoretical and Experimental Aspects of Isotopic Fractionation, In: Valley, W. and J. R. O'Neil (Eds.), *Stable Isotopes in High Temperatures Geological Processes*, Reviews in Mineralogy, 16, 1-40.
- Ohmoto, H., 1986. Stable Isotope Geochemistry of Ore Deposits: In Valley, J. W., Taylor, H. P. And O'Neil, J. R. (eds.), *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes*, Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, 16, 491 - 560.
- Ohmoto, H. ve Rye, R. O., 1979. Isotopes Sulfur and Carbon: In Barnes, H. L. (Ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, Second Edition, 509 - 567, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Ohmoto, H. ve Rye R.O., 1970. The Blue bell Mine, British Colombia. I. Minerology, Paragenesis, Fluid Inclusions and the Isotopes of Hydrogen Oxygen and Carbon, Econ. Geology, 65, 417-437.
- Ohmoto, H. ve Rye, 1974. Hydrogen and oxygen isotopic compositions of fluid inclusions in Kuruko deposits, Japan, Econ. Geology, 69, 947-953.
- Pearce, J.A., Cann, J. R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth Planett. Sci. Lett., 19, 290-300.
- Pejatoviç, S., 1979. Pontid Tipi Masif Yataklarının Metalojenisi, MTA Yayın No: 177. Ankara.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi, KTÜ yayını, 87, 103.
- Potter, R.W., Clyne M.A. ve Brown D.L. 1978. Freezing Point Depression of Aqueous Sodium Chloride Solutions, Econ. Geol., 73, 284-285.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions: Reviews in Mineralogy, v. 12, Mineralogical Society of America, Washington, 644.
- Rye, R. O. ve Ohmoto, H., 1974. Sulfur and Carbon Isotopes and Ore Genesis, A Review, Economic Geology, 69, 826 - 842.
- Samson, I.M. ve Russel, M.J., 1987. Genesis of the Silvermines Zinc-led-barite Deposit Ireland: Fluid Inclusion and Stable Isotope Evidence, Econ. Geology, 82, 371-394.
- Scott, S.D. ve Barnes, H.L., 1971. Sphalerite Geothermometry and Geobarometry, Econ. Geology, 66, 653-669.

- Saydam, Ç., 2002. 'Doğu Pontidler'de Geç Kretase yaşlı kırıntılı çökellerin sedimanter petrografik ve organik jeokimyasal özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüş hane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, B., 2010. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 53, 2-3.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.N. ve Alderton, D.H.M., 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Blacic&Son Press, London, 238 s.
- Shepherd, T.J. ve Rankin A.H., 1998. Fluid Inclusion Techniques of Analyses, In Richards, P.J., Larson, J.P., Eds., Techniques in Hydrothermal Ore Deposits Geology, Reviews in Econ. Geology, 10, 125-149.
- Shriver, N.A. ve MacLean, W.H., 1993. Mass, Volume and Chemical Changes in the Alteration Zone at the Norbec Mine, Noranda, Quebec, Min. Deposita, 28, 157-166.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Taylor, B.E., 1986. Magmatic volatiles: Isotopic variation of C, H and S, Reviews in Mineralogy, 16, 185-226
- Thompson, M. ve Walsh, J.N., 1983. A Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry; Blackie, Glasgow, 380.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey), Doktora Tezi, University of College, London.
- Topuz, G., 2000. Turpetrologie der metamorphen Gesteine des Pulur-Massivs, NE-Turkei, Unpublizierte Dissertation, Universität Heidelberg, 276 s.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.-H., Dokuz, A. ve Meyer, H.-P., 2007. Variscan Amphibolite-facies Metamorphic Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex (Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey) International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.
- Turan, S., S., Zigana (Torul, Gümüşhane, KD Türkiye) Yöresi Damar Tip Pb-Zn-Cu±Barit Cevherleşmelerinin Kökensel Açından Karşılaştırmalı İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, 72.
- Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z. ve Ağanoğlu, A., 1994. Pontid Adayayında Carlin Tipi Kaletaş (Gümüşhane) Altın Zuhuru, Türkiye Jeol. Bült., 37, 41-46.
- Tüysüz, N., Er, M., Yılmaz, Z. ve Akıncı, A., 1995. Geology, Mineralogy and Alteration of the Mastra Epitermal Gold-silver Deposits, Gümüşhane NE-Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 4, 11-21.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithogeochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey, Chem. Erde, 60, 231-250.
- Wilkinson, J.J., Rankin, A.H., Mulshaw, S.C., Nolan, J. ve Ramsey, M.H., 1994. Laser Ablation-ICP-AES for the Determination of Metals in Fluid Inclusions: An Application to the Study of Magmatic Ore Fluids. Geochim. Cosmochim. Acta, 58, 1133-1146.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid Inclusions in Hydrothermal Ore Deposits, Lithos, 55, 229-272.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobile Elements, Chem. Geol., 20, 97-127.
- Xuexin, S., 1984. Minor Elements and Ore Genesis of the Fankou Lead-Zinc Deposit, China, Mineral. Deposita, 19, 95-104.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure Of The Gümüşhane Granite and Surrounding Rock, N.E. Andolin Ph.D Thesis, Uni. Of London, 266 s. (Yayınlanmamış).
- Yılmaz, Y., 1973. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Bildiriler Kitabı: 485-490.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Zheng, Y.F. ve Hoefs, J., 1993. Carbon and oxygen isotopic covariations hydrothermal calcite: Theoretical model on mixing processes and application to Pb-Zn deposits in the Harz Mountains, Germany, Min. Deposita, 28, 2, 79-89.



## 6. EKLER

Ek Tablo 1. *Pirit* mineraline ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek	S	Fe	Cu	As	Pb	Zn	Toplam
Det. Lim.(ppm)	531	964	1204	54	194	119	
EK2-01	53.42	45.71	0.06	0.03	0.16	0.01	99.38
EK2-02	53.38	45.71	0.05	0.03	0.16	0.52	99.86
EK2-03	52.95	45.52	0.02	0.08	0.16	0.03	98.76
EK2-04	53.53	45.35	0.00	0.03	0.16	0.40	99.48
EK2-05	53.44	45.19	0.06	0.02	0.26	0.14	99.11
EK2-06	53.57	45.40	0.00	0.02	0.24	0.52	99.75
EK2-18	54.04	45.23	0.00	0.02	0.17	0.09	99.55
EK2-19	54.03	44.89	0.05	0.02	0.17	0.46	99.62
EK2-38	53.58	46.12	0.05	0.03	0.17	0.01	99.95
EK2-40	53.79	45.71	0.01	0.03	0.17	0.02	99.73
EK2-41	53.68	45.99	0.00	0.05	0.19	0.28	100.19
EK2-42	53.53	45.82	0.00	0.02	0.17	0.04	99.58
EK2-43	53.40	45.87	0.00	0.05	0.18	0.29	99.79
EK2-52	53.87	45.55	0.08	0.03	0.22	0.06	99.82
EK2-53	53.37	45.64	0.64	0.06	0.17	0.01	99.88
EK2-56	53.62	45.83	0.04	0.02	0.17	0.01	99.69
EK2-57	53.77	46.04	0.02	0.02	0.15	0.00	100.00
EK2-58	53.60	45.47	0.02	0.03	0.15	0.01	99.28
EK2-59	53.60	45.88	0.00	0.04	0.16	0.02	99.68
EK2-60	53.23	45.87	0.00	0.06	0.16	0.20	99.52
ED1-01	53.46	45.64	0.05	0.02	0.17	0.01	99.35
ED1-02	53.95	45.40	0.00	0.03	0.17	0.02	99.57
ED1-03	53.67	45.88	0.04	0.02	0.16	0.01	99.78
ED1-04	53.31	45.79	0.03	0.02	0.16	0.01	99.31
ED1-05	53.45	45.56	0.02	0.02	0.16	0.01	99.22
ED1-06	53.74	45.80	0.00	0.02	0.15	0.03	99.74
ED1-11	53.67	45.70	0.00	0.03	0.16	0.01	99.56
ED1-12	53.89	45.76	0.25	0.02	0.16	0.01	100.09
ED1-13	53.65	45.70	0.02	0.02	0.15	0.01	99.54
ED1-14	53.44	45.58	0.01	0.02	0.15	0.00	99.19
ED1-22	53.54	45.48	0.02	0.02	0.14	0.01	99.20
ED1-23	53.84	45.53	0.00	0.02	0.15	0.02	99.56
ED1-24	53.23	45.38	0.00	0.02	0.13	0.01	98.78
ED1-25	53.87	45.75	0.00	0.02	0.15	0.02	99.81
ED1-26	54.03	45.63	0.01	0.02	0.15	0.50	100.35
ED1-27	53.46	45.85	0.05	0.05	0.16	0.01	99.58
ED1-28	52.54	45.04	0.00	0.02	0.16	0.00	97.76
ED1-29	53.62	45.78	0.07	0.02	0.16	0.00	99.66
ED1-30	52.86	45.73	0.02	0.02	0.16	0.01	98.80

Ek Tablo 2. Ünlüpinar cevherleşmesinde alınan *kalkopirit* mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları.

Örnek	S	Fe	Cu	As	Pb	Zn	Toplam
Det. Lim.(ppm)	484	866	1385	65	199	125	
EK2-07	34.43	29.34	35.76	0.02	0.11	0.25	99.91
EK2-08	34.45	29.11	35.28	0.02	0.11	0.85	99.83
EK2-09	34.95	29.44	35.37	0.02	0.10	0.35	100.24
EK2-10	34.64	28.84	35.19	0.03	0.10	1.35	100.15
EK2-20	34.46	29.08	35.26	0.02	0.12	0.39	99.33
EK2-21	34.46	29.34	35.17	0.02	0.11	0.79	99.90
EK2-28	35.12	29.72	35.50	0.02	0.10	0.05	100.51
EK2-29	34.25	29.17	35.83	0.02	0.14	0.12	99.52
EK2-50	34.55	29.70	35.67	0.02	0.10	0.03	100.07
EK2-51	34.86	29.71	35.63	0.02	0.11	0.41	100.74
EK2-66	34.86	29.77	36.34	0.02	0.10	0.05	101.14
EK2-67	34.58	29.67	35.82	0.02	0.11	0.04	100.22
EK2-68	34.65	29.23	35.65	0.02	0.11	0.55	100.21
ED1-15	34.42	29.76	36.07	0.02	0.10	0.00	100.36
ED1-16	34.66	30.00	35.97	0.02	0.11	0.00	100.75
ED1-17	34.56	29.75	35.97	0.02	0.12	0.00	100.42
ED1-18	34.50	29.72	35.61	0.02	0.09	0.00	99.94
ED1-19	34.48	29.68	35.77	0.02	0.09	0.00	100.03
ED1-20	34.66	29.89	35.65	0.02	0.10	0.00	100.32
ED1-21	34.78	29.72	35.41	0.02	0.11	0.00	100.03
ED1-37	34.44	29.58	35.67	0.02	0.10	0.00	99.82
ED1-38	33.95	28.66	35.15	0.02	0.26	0.00	98.04
ED1-41	34.47	29.61	35.77	0.02	0.10	0.00	99.96
ED1-42	34.44	29.11	35.56	0.02	0.10	1.49	100.70
ED1-45	34.52	29.63	35.94	0.02	0.10	1.51	101.72
ED1-46	33.28	29.25	35.56	0.02	0.09	0.00	98.20
ED1-56	34.01	29.79	35.83	0.02	0.10	0.00	99.75
ED1-57	34.14	29.84	35.83	0.02	0.09	0.00	99.91
ED1-58	34.35	29.62	36.14	0.02	0.11	0.02	100.26
ED1-59	32.80	28.64	35.63	0.02	0.12	0.00	97.22
ED1-60	34.38	29.95	36.07	0.02	0.11	0.00	100.53
ED1-61	34.31	29.74	35.76	0.02	0.11	0.00	99.94

Ek Tablo 3. Ünlüpnar cevherleşmesinde alınan *sfalerit* mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları

Örnek	S	Mn	Fe	Zn	Cu	Cd	Toplam	Zn/Cd
Det. Lim.(ppm)	508	688	819	2815	527	1647		
EK2-11	33.10	0.43	5.26	59.37	0.05	0.33	98.54	180.47
EK2-22	32.88	0.23	3.55	61.89	0.04	0.36	98.95	170.01
EK2-23	33.16	0.22	3.61	61.34	0.00	0.32	98.64	191.08
EK2-24	33.10	0.21	3.40	61.04	0.02	0.49	98.27	123.82
EK2-25	32.88	0.22	3.42	60.14	0.12	0.43	97.19	140.18
EK2-26	33.04	0.25	0.60	64.58	0.05	0.41	98.93	157.51
EK2-27	32.73	0.09	0.83	64.52	0.00	0.41	98.57	157.74
EK2-46	32.87	0.04	3.56	61.77	0.27	0.43	98.94	145.34
EK2-47	33.11	0.07	3.61	61.45	0.09	0.39	98.71	156.36
EK2-48	33.37	0.05	2.70	62.88	0.00	0.42	99.42	151.16
EK2-49	33.14	0.06	3.05	61.82	0.08	0.58	98.74	106.04
EK2-54	32.69	0.10	0.73	65.15	0.02	0.47	99.16	140.11
EK2-55	32.79	0.12	0.71	63.89	0.02	0.39	97.91	165.51
EK2-61	32.68	0.06	2.94	62.48	0.02	0.47	98.65	132.08
EK2-62	33.02	0.06	3.07	62.43	0.23	0.44	99.26	143.52
EK2-63	33.18	0.13	4.45	60.43	0.02	0.63	98.83	95.61
EK2-64	33.33	0.10	4.25	60.45	0.23	0.57	98.92	105.86
EK2-65	33.07	0.04	3.07	61.81	0.17	0.43	98.59	143.42
ED1-07	32.99	0.12	3.03	62.26	0.03	0.55	98.98	112.59
ED1-08	32.95	0.08	2.72	62.25	0.06	0.44	98.50	140.52
ED1-09	32.86	0.06	1.93	63.49	0.02	0.46	98.80	137.71
ED1-10	32.78	0.08	1.82	62.07	1.23	0.35	98.32	179.90
ED1-31	32.78	0.09	1.92	62.67	0.34	0.37	98.16	169.83
ED1-32	31.72	0.02	2.46	58.21	2.40	0.53	95.34	110.66
ED1-33	32.72	0.04	1.41	62.66	0.53	0.31	97.68	204.10
ED1-34	32.88	0.03	2.32	58.17	2.21	0.33	95.94	178.98
ED1-39	32.47	0.08	2.62	62.51	0.22	0.50	98.40	125.02
ED1-40	32.79	0.02	1.79	62.51	1.28	0.43	98.81	146.75
ED1-43	32.16	0.11	2.25	63.32	0.08	0.45	98.37	141.02
ED1-47	32.46	0.10	3.16	62.03	0.04	0.47	98.25	133.40
ED1-48	31.50	0.00	0.14	64.16	0.02	0.76	96.59	83.97
ED1-49	32.93	0.10	2.21	62.99	0.11	0.51	98.85	122.54
ED1-50	32.78	0.11	2.51	62.93	0.05	0.40	98.77	158.11
ED1-51	32.77	0.09	2.53	62.97	0.04	0.44	98.84	142.14
ED1-52	32.75	0.11	2.71	62.85	0.05	0.46	98.93	136.34
ED1-53	32.67	0.07	2.24	61.40	0.50	0.31	97.19	198.06

Ek Tablo 4. Ünlüpinar cevherleşmesinde alınan *galen* mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a: ölçüm sınırının altında).

Örnek	S	Pb	Ag	Cd	Toplam
Det. Lim.(ppm)	542	3632	139	235	
EK2-12	13.54	85.72	0.07	0.05	99.38
EK2-13	13.36	86.05	0.05	0.05	99.52
EK2-14	13.59	85.71	0.10	0.05	99.45
EK2-15	13.65	85.79	0.09	0.06	99.60
EK2-16	13.68	85.21	0.07	0.05	99.01
EK2-17	13.57	85.59	0.06	0.05	99.28
EK2-30	13.49	86.92	0.06	0.06	100.52
EK2-31	13.69	85.63	0.03	0.05	99.41
EK2-32	13.62	86.02	0.07	0.05	99.75
EK2-33	13.52	86.07	0.05	0.06	99.69
EK2-34	13.87	86.27	0.07	0.04	100.25
EK2-35	13.55	85.35	0.02	0.05	98.96
EK2-36	13.49	85.74	0.09	0.06	99.38
EK2-37	13.57	85.46	0.06	0.05	99.14
EK2-44	13.54	86.35	0.05	0.03	99.97
EK2-45	13.41	86.34	0.01	0.05	99.80
ED1-35	13.54	85.18	0.04	0.04	98.79
ED1-36	13.35	85.94	0.12	0.05	99.45
ED1-54	13.50	83.89	0.36	0.06	97.80
ED1-55	13.23	84.23	0.35	0.04	97.85
ED1-62	13.32	86.33	0.01	0.04	99.70
ED1-63	13.48	85.02	0.12	0.05	98.66
ED1-64	13.38	85.30	0.04	0.05	98.77
ED1-65	13.50	85.25	0.05	0.05	98.86
ED1-66	13.41	85.52	0.07	0.05	99.05
ED1-67	13.31	84.66	0.12	0.04	98.12
ED1-68	13.29	85.36	0.05	0.06	98.76
ED1-69	13.47	85.39	0.06	0.05	98.97
ED1-70	13.34	85.33	ö.s.a	0.05	98.72
ED1-71	13.27	85.58	ö.s.a	0.04	98.89
ED1-72	13.20	83.44	0.23	0.03	96.90
ED1-73	13.62	84.98	0.22	0.05	98.86

## ÖZGEÇMİŞ

Kübra AKBULUT 1991 yılında Trabzon' da doğdu. 2003-2006 yılları arasında lise öğrenimini Trabzon' da tamamladı. 2008 yılında Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Lisans öğrenimine başladı. 2011-2012 öğretim yılında Lisans öğrenimini bölüm birinciliği ile tamamladıktan sonra 2012-2013 öğrenim yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Öğrenimine başladı ve aynı yıl içerisinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı oldu. 2013-2014 öğrenim yılında TÜBİTAK kariyer projesinde bursiyer olan AKBULUT iyi derecede İngilizce bilmektedir.