

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNLER YAYLASI Pb-Zn-(Cu) YATAĞININ
MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ
(ŞEBİNKARAHİSAR/GİRESUN)**

**Tezi Hazırlayan
Fatih KAMBUROĞLU**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ORHAN**

**Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Ağustos 2019
NEVŞEHİR**

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ORHAN danışmanlığında Fatih KAMBUROĞLU tarafından hazırlanan "İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) Yatağının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri (Şebinkarahisar, Giresun)" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

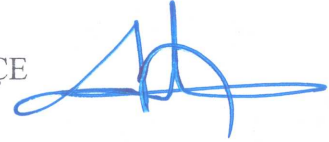
20 / 08 / 2019

JÜRİ

Başkan : Prof. Dr. Halim MUTLU



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Musa Avni AKÇE



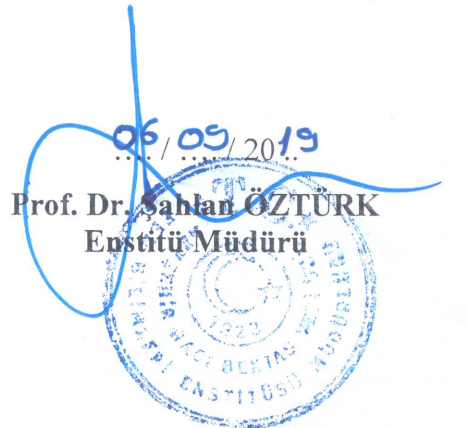
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ORHAN



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun...06/09/2019...tarih ve...55.532... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

06/09/2019
Prof. Dr. Şahlan ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü



TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Fatih KAMBUROĞLU



TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Fatih KAMBUROĞLU

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince değerli bilgilerini benimle paylaşan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutamayacağım saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ORHAN'a,

Yüksek lisans öğrenimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan başta Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN olmak üzere Jeoloji Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma,

Desteklerinden dolayı Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölüm başkanı Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU ve Dr. Kıymet DENİZ hocalarıma,

Arazi çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Samet EMİR ve Ali Alper ORHAN'a,

Değerli katkılarından dolayı tez jüri üyelerine,

Yüksek lisans öğrenimim için tez çalışma sahasını açan Yıldızlar SSS Holding bünyesine bağlı Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş.'ye,

Bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan, maddi ve manevi olarak her zaman desteklerini hissettiren AİLEME, çok teşekkür ederim.

İNLER YAYLASI Pb-Zn-(Cu) YATAĞININ MİNERALOGİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ (ŞEBİNKARAHİSAR/GİRESUN)

(Yüksek Lisans Tezi)

Fatih KAMBUROĞLU

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ağustos 2019

ÖZET

İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağı, Doğu Pontidler'in Güney Zonunda ve Şebinkarahisar'ın (Giresun) yaklaşık 23 km kuzeybatısında yer alır. Cevherleşme Üst Kretase yaşlı riyodasit/dasit ve andezitik kayalar içerisinde KD-GB doğrultulu kırık hatlar boyunca masif damar, mercer ve saçınımlı tipte gelişmiştir. Bölgede hidrotermal çözeltilerin işlevleri sonucu yan kayada serisitleşme, silisleşme, kloritleşme, epidotlaşma, karbonatlaşma ve hematitleşme gibi alterasyon ürünleri gelişmiştir. Cevherleşmenin mineral parajenezi bolluk sırasına göre sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, bornit, fahlerz, kovellin, azurit, hematit ve simitsonitten oluşur. Kuvars, kalsit ve barit ise gang mineralleridir.

Bölgedeki cevher minerallerinin dokusal özelliklerine göre Pb-Zn-(Cu) cevherleşmesi için hipojen evrede üç ana faz tanımlanmıştır. I. Fazı temsil eden sfalerit ve piritler iri kristalli ve kataklastik dokuya sahiptir. Kalkopirit ve fahlerz ise sfaleritler içerisinde ayrılım dokuları sunar. II. Fazın cevher mineralleri erken oluşan cevher minerallerinin kırıkları boyunca ve/veya ornatarak gelişmiştir. Bu fazda galen, pirit, kalkopirit; fahlerz ve bornit çökelmiştir. III. fazda taban kayalarında yığılımlar şeklinde framboidal dokulu piritler gelişmiştir. Süperjen evre ise kalkosin, hematit, azurit ve simitsonit mineralleri ile temsil edilir.

Cevherleşmeye ev sahipliği yapan Üst Kretase yaşlı volkanik kayalar hareketsiz davranan element diyagramlarına göre riyodasit/dasit ve trakiandezit bileşimine ve kalk-alkalen karakterine sahiptir. İlksel mantoya göre normalize edilmiş element diyagramlarında, volkanik kayalar büyük iyon çaplı litofil elementlerce (LILE; Rb, Ba, Th ve K) kalıcılığı yüksek elementlere (HFSE; Ta, Nb, Ce, Hf, Y, Zr ve Ti) göre zenginleşme eğilimi ile magmanın yitim zonu ile ilişkili tektonik yerleşimden türediğine

işaret eder. Tektonik ayırtman diyagramlarında ise volkanik kayalar yay volkanitleri alanı ve yakınına dūřer.

İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağında galen, pirit ve kalkopiritler ana elementler dışında iz element bakımından oldukça fakirdir. Sfaleritler ise dūřük Mn (ort. %0.25), Cd (ort. %0.34) ve Fe (ort. %2.66) gibi iz elementleri barındırır. Sfaleritlerdeki Zn/Cd oranlarına (ort. 171.45) göre bölgedeki cevherleşme granitik magmatizma ile ilişkili gelişmiş hidrotermal tip bir yataktır.

Anahtar kelimeler: Mineraloji, jeokimya, İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağı, Giresun, Doğu Pontidler.

Tez Danışmanı: Dr. ğr. Üyesi Ayşe ORHAN
Sayfa Adeti: 73

**MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF THE INLER
YAYLASI Pb-Zn-(Cu) DEPOSIT (ŞEBİNKARAHİSAR, GİRESUN)**

(M. Sc. Thesis)

Fatih KAMBUROĞLU

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

August 2019

ABSTRACT

Inler Yaylası Pb-Zn-(Cu) deposit is located about the 23 km northwest of Şebinkarahisar (Giresun) in the South Zone of the Eastern Pontides. Mineralization is developed as massive veins, lenses and disseminated types along of the NE-SW trending fracture lines in the Upper Cretaceous rhyodacite/dacite and andesitic rocks. As a result of the functions of hydrothermal solutions in the region, alteration products such as sericitization, silicification, chloritization, epidotization, carbonation and hematitization are developed in the wall rock. According the order of the mineral abundance, mineral paragenesis of mineralization consists of sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite, bornite, fahlerz, covellite, azurite, hematite and simitsonite. Quartz, calcite and barite are gangue minerals.

According to the textural properties of ore minerals in the region, three main phases have been identified for hypogene Pb-Zn-(Cu) deposition. In the phase I, sphalerite and pyrites have generally coarse crystalline and cataclastic texture. Chalcopyrite and fahlerz present exsolution textures within sphalerites. Phase II ore minerals are developed by filling fractures and/or substituting of the early ore minerals. In this phase, galena, pyrite, chalcopyrite; fahlerz and bornite are precipitated. In the phase III, framboidal textured pyrites are developed as agglomerates in the base rocks. As for the supergene stage is represented by chalcocin, hematite, azurite and simitsonite.

According to the immobile element diagrams, the Upper Cretaceous volcanic rocks that host the mineralization have rhyodacite/dacite and trachyandesite composition and calc-alkaline character. In Primitive mantle normalized element diagrams, volcanic rocks show large ion lithophile elements (LILE; Rb, Ba, Th ve K) enrichment with respect to high field strength elements (HFSE; Ta, Nb, Ce, Hf, Y, Zr ve Ti) indicating that magma

is derived from the subduction zone. In the tectonic discrimination diagrams, the volcanic rocks fall into and near the arc volcanic area.

In the Inler Yaylası Pb-Zn-(Cu) deposit, galena, pyrite and chalcopyrite are very poor in trace elements except for the main elements. Sphalerites contain low trace elements such as Mn (mean 0.25%) and Cd (mean 0.34%) and Fe (mean 2.66%). According to the Zn/Cd ratios (mean 171.45) in the sphalerites, mineralization in the region is developed a hydrothermal type deposit associated with granitic magmatism.

Keywords: Mineralogy, geochemistry, İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) deposit, Giresun, Eastern Pontides.

Thesis Supervisor: Dr. Faculty Member Ayşe ORHAN

Page Number: 73

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| KABUL VE ONAY SAYFASI | i |
| TEZ BİLDİRİM SAYFASI | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT..... | vi |
| İÇİNDEKİLER | viii |
| TABLolar LİSTESİ..... | xi |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | xii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ | xv |
| 1. BÖLÜM | 1 |
| GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Çalışma Alanı..... | 2 |
| 1.2 Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü..... | 3 |
| 1.3 Çalışmanın Amacı..... | 3 |
| 1.4 Çalışma Yöntemleri | 4 |
| 1.5 Önceki Çalışmalar..... | 5 |
| 2. BÖLÜM | 10 |
| BÖLGESEL JEOLJİ | 10 |
| 2.1 Çalışma Alanının Jeolojisi ve Mineralojisi | 12 |
| 2.1.1 Üst Kretase Volkanitleri (Kda, Kp) | 12 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1.2 | Üst Kretase Karbonatlı Kumtaşı (Kk)..... | 18 |
| 2.1.3 | Üst Kretase Granitoyidi (Kg)..... | 18 |
| 2.1.4 | Eosen Volkanitleri (Eab, Eta, Et)..... | 19 |
| 2.1.5 | Pliyo-Kuvaterner Volkanitleri (Pa)..... | 20 |
| 3. | BÖLÜM | 22 |
| | CEVHERLEŞME VE ALTERASYONUN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ..... | 22 |
| 3.1 | Mortaş Zon..... | 22 |
| 3.2 | Kuzey Zon..... | 25 |
| 3.3 | 1. Zon | 26 |
| 3.4 | Bakır Zon | 28 |
| 3.5 | 2. Zon | 31 |
| 3.6 | 4. Zon | 33 |
| 3.7 | İner Yaylası Cevherleşmesinde Belirlenen Mineral Parajenezi ve Özelliklerin Yorumlanması..... | 35 |
| 4. | BÖLÜM | 39 |
| | JEOKİMYA ÇALIŞMALARI..... | 39 |
| 4.1 | Tüm Kayaç Jeokimyası..... | 39 |
| 4.1.1 | Volkanik kayaçların sınıflandırılması..... | 39 |
| 4.1.2 | Volkanik kayaçların çoklu element jeokimyası..... | 41 |
| 4.1.3 | Volkanik kayaçların tektonik ortamı..... | 42 |
| 4.2 | Cevher Mineral Kimyası Çalışmaları..... | 43 |
| 4.2.1 | Sfaleritlerin kimyasal kompozisyonu..... | 43 |
| 4.2.2 | Galenlerin kimyasal kompozisyonu..... | 47 |
| 4.2.3 | Piritlerin kimyasal kompozisyonu..... | 50 |
| 4.2.4 | Kalkopiritlerin kimyasal kompozisyonu | 52 |

| | |
|----------------------------|----|
| 5. BÖLÜM | 54 |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 54 |
| 6. KAYNAKLAR | 57 |
| ÖZGEÇMİŞ | 62 |



TABLULAR LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Tablo 3.1 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağının mineral parajenezi ve bölgede yapılmış diğer çalışmalarla karşılaştırılması..... | 36 |
| Tablo 4.1 İner Yaylası civarındaki st Kretase volkanik kayaçlarına ait ana oksit ve bazı iz element içerikleri | 40 |
| Tablo 4.2 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki farklı zonlara ait sfaleritin elektron prob mikroanaliz sonuçları..... | 45 |
| Tablo 4.3 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki farklı zonlara ait galenlerin elektron prob mikroanaliz sonuçları..... | 49 |
| Tablo 4.4 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki piritlerin elektron prob mikroanaliz sonuçları | 51 |
| Tablo 4.5 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki kalkopiritlerin elektron prob mikroanaliz sonuçları | 53 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | | |
|------------|--|----|
| Şekil 1.1 | İnceleme alanının yer bulduru haritası..... | 2 |
| Şekil 2.1 | Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri..... | 11 |
| Şekil 2.2 | Çalışma alanının jeoloji haritası..... | 13 |
| Şekil 2.3 | Çalışma alanı ve yakın çevresinin stratigrafik kolon kesiti | 14 |
| Şekil 2.4 | İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase yaşlı dasitik-andezitik volkanik kayaç ve yapraklanma sunan tüfitlerin arazi görünümü..... | 15 |
| Şekil 2.5 | Alterasyona uğramış dasitik-andezitik kayacın mikroskobik görüntüleri .. | 16 |
| Şekil 2.6 | İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase yaşlı tüfitlerin arazi görüntüsü..... | 16 |
| Şekil 2.7 | Tüfitlerin mikroskobik görüntüsü | 17 |
| Şekil 2.8 | İnler Yaylası civarındaki piroklastik kayaçların üst seviyelerinde gözlenen karbonatlı kumtaşı biriminin arazi görünümü..... | 18 |
| Şekil 2.9 | Çamlar Tepe civarındaki Eosen yaşlı trakiandezitik kayaçların arazi görüntüsü..... | 19 |
| Şekil 2.10 | Eosen yaşlı trakiandezitik kayacın mikroskobik görüntüsü..... | 19 |
| Şekil 2.11 | Tutakdağı civarındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı andezitik kayaçların arazi görüntüsü..... | 20 |
| Şekil 2.12 | Pliyo-Kuvaterner yaşlı andezitik kayacın mikroskobik görüntüsü..... | 21 |
| Şekil 3.1 | İnler Yaylası Pb-Zn işletme galerilerinin cevherli zonları ve örnek alım yerlerini gösteren harita | 23 |
| Şekil 3.2 | Mortaş Zonuna ait cevherin ve yan kayacın mikroskobik görüntüsü | 24 |
| Şekil 3.3 | Kuzey Zonuna ait cevherin ve mikroskobik görüntüsü | 25 |
| Şekil 3.4 | 1. Zon 1620 m kotlu galeriye ait cevherin, taban ve tavan kayacın mikroskobik görüntüsü | 27 |
| Şekil 3.5 | 1. Zon 1665 m kotlu galeri ve S1 sondajına ait örneklerin cevher mikroskobisi görüntüsü..... | 28 |
| Şekil 3.6 | Bakır Zonu yüzey ve yarmalarına ait el örnekleri..... | 28 |

| | | |
|------------|---|----|
| Şekil 3.7 | Bakır Zonuna ait 1665 m kotundaki damarın cevherin, S2 sondajının, taban kayacının, yan kayaç alterasyonunun, tavan kayacının cevher ve polarizan mikroskopisi görüntüsü..... | 30 |
| Şekil 3.8 | 2. Zona ait el örneği | 31 |
| Şekil 3.9 | 2. Zonda S3 sondajına ve 1685 m ve 1705 m kotlu galeriye ait cevherin, taban kayacının, tavan kayacının mikroskopik görüntüsü | 32 |
| Şekil 3.10 | 4. Zona ait el örneği | 33 |
| Şekil 3.11 | 4. Zonda 1685 m kotundaki galeriye ait cevherin, taban kayacı ve tavan kayacının mikroskopik görüntüsü | 34 |
| Şekil 3.12 | Üst zondan alınmış örneğin mikroskopik görüntüsü | 35 |
| Şekil 3.13 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağının mineral parajenezi ve dizinimi..... | 37 |
| Şekil 4.1 | İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayaçlarının Na ₂ O+K ₂ O karşı SiO ₂ , (Zr/TiO ₂)*0.0001 karşı Nb/Y diyagramında sınıflandırılması . | 41 |
| Şekil 4.2 | İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayaçlarının K ₂ O karşı SiO ₂ , Zr karşı Y diyagramında sınıflandırılması | 41 |
| Şekil 4.3 | İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayaçları ve Üst Kretase Çayırbağ Formasyonu kayaçlarının ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramları..... | 42 |
| Şekil 4.4 | İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayaçlarının Y karşı Sr/Y ve Nb karşı Nb/Th tektonik ayırtman diyagramlarında gösterilmesi..... | 43 |
| Şekil 4.5 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki 1. Zona ait sfaleritin SEM görüntüsü | 43 |
| Şekil 4.6 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki sfaleritlerin Zn - Fe; Zn - Cd; Zn - Mn; ve Zn - Cu diyagramlarında gösterimi | 46 |
| Şekil 4.7 | Mortaş ve I. Zona ait sfaleritlerin noktasal analizleri | 47 |
| Şekil 4.8 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki 1. Zona ait galenin SEM görüntüsü | 47 |
| Şekil 4.9 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki galenlerin Pb - Zn diyagramında gösterimi..... | 48 |

| | | |
|------------|---|----|
| Şekil 4.10 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki Bakır Zonuna ait piritin SEM görüntüsü..... | 50 |
| Şekil 4.11 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki piritlerin Au - As; S - As diyagramlarında gösterimi | |
| Şekil 4.12 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki Bakır Zonuna ait kalkopiritin SEM görüntüsü..... | 52 |
| Şekil 4.13 | İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki kalkopiritlerin Fe - Zn ve Cu – Zn diyagramlarında gösterimi | 53 |



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | | | |
|-------------|--------------------------------------|------------|-------------------------------------|
| amf | Amfibol | Pa | Pliyo-Kuvaterner ojitli andezit |
| az | Azurit | Pgs | Paleosen granit, siyenit |
| ba | Barit | plj | Plajiyoklaz |
| br | Bornit | pr | Pirit |
| DAF | Doğu Anadolu Fayı | sf | Sfalerit |
| Eab | Eosen andezit, bazalt | si | Silisleşme |
| EG | Eski galeri | sm | Simitsonit |
| EPMA | Elektron prob mikroanaliz | sr | Serisitleşme |
| ep | Epidot | Tg | Cevherli zon |
| Et | Eosen tüf | XRF | X-ışınları Floresans Spektrometresi |
| Eta | Eosen trakiandezit | | |
| fel | Feldispat | | |
| fh | Fahlerz | | |
| gl | Galen | | |
| HFSE | Kalıcılığı yüksek elementler | | |
| hm | Hematit | | |
| İG | İşletilen galeri | | |
| ka | Kalsit | | |
| KAF | Kuzey Anadolu Fayı | | |
| Kda | Üst Kretase riyodasit/dasit, andezit | | |
| Kg | Üst Kretase granitoyid | | |
| Kk | Üst Kretase karbonatlı kumtaşı | | |
| kl | Klorit | | |
| kp | Kalkopirit | | |
| Kp | Üst Kretase piroklastik | | |
| ks | Kalkosin | | |
| Kt | Üst Kretase tüfit | | |
| ku | Kuvars | | |
| LILE | Büyük iyon çaplı litofil elementler | | |
| op | Opak | | |

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi tektono-stratigrafik olarak Doğu Pontid Tektonik Kuşağında yer alır [1]. Doğu Pontidler; tektonik karakteristikleri, litolojik birim ve fasiyeslerin farklılığından dolayı Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zon olarak tanımlanmıştır [2-4]. Bu bölgede, kuzeyden güneye doğru değişen magma karakteri ve bölgenin jeodinamik evrimine bağlı olarak farklı tipte birçok maden yatağı gelişmiştir [2,4,5]. Doğu Pontitlerde, kuzeyden güneye doğru Pb-Zn-Cu masif sülfür, Cu-Pb-Zn skarn, Cu-Mo porfiri tip, Pb, Zn, Cu, (Au, Ag) epitermal ve hidrotermal damar tipi ve Cu, Cr yatakları genel bir metalojenik zonlanma sunar [4,6,7].

Doğu Pontidlerin Güney Zonunda yer alan Şebinkarahisar bölgesi, Pb ve Zn üretimi yapılan önemli bir maden sahasıdır. Bölgedeki cevher damarlarının bir kısmı geçmişte işletilmiş ve halen işletilen önemli cevherli zonlarına sahiptir. Bölgedeki cevherleşmeler, bölgenin neo-tektonik evrimine uyumlu bir şekilde ve Doğu Pontid Tektonik Birliğinin hakim kırık sistemine bağlı olarak genellikle KB-GD ve D-B doğrultulu fay ve kırıklar boyunca meydana gelmiştir [3,8-10]. Cevherli hidrotermal çözeltiler, bu fay ve kırık hatlarını hareket ve yerleşim için yol olarak kullanmıştır. Bölgede, Pb-Zn-(Cu) cevherleşmeleri Üst Kretase riyodasit/dasit ve andezitik kayalar içerisinde ve kuzeybatıdan güneydoğuya doğru İnler Yaylası, Makedüzü, Odalar Yaylası, Dereköy ve Sübak civarında yer alır. Çalışma konusunu oluşturan İnler Yaylası civarında üretimi yapılmış birçok Pb-Zn galerisi mevcuttur. Şu an sadece Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. tarafından iki galeride işletme ve rezerv geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Bu tez kapsamında Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. işletme sahasına yer verilmiştir.

1.2 Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında Doğu Karadeniz Bölgesi'nin karakteristik yerleşim sistemi olan dağınık bir yerleşim sistemi görülür. Bölgedeki en büyük yerleşim yeri Şebinkarahisar İlçesi ve en yakın Uğurca Köyüdür. Çalışma sahasının doğusunda Evcili, batısında Dereköy, güneyinde Uğurca köyleri bulunur. Bölge, genel olarak sarp sayılabilecek bir topoğrafyaya sahiptir. Çalışma alanının en düşük rakımlı yeri Hızar Deresi (1500 m) ve en yüksek rakımlı yeri Uzunoluk Tepe (2216 m.)'dir. Sahanın en yüksek noktası Uzunoluk, Soğukoluk, Çardaktaş ve Maden Tepe olup en yüksek noktaları 2250 m'yi geçmez. Güneyde Kaldırım Yaylası, kuzeyine doğru İner Yaylası ve Odalar Yaylası yer almaktadır. Çevresinde Balkovan Deresi, İner Deresi ve Hızar Deresi yer almaktadır.

Bölgede, tipik Karadeniz iklimi hakimdir. Fakat iç kesimlerde Anadolu iklimini andıran karasal iklim de gözlenir. Her mevsim yağışlıdır ancak en bol yağış ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde görülür. Bölge orta-bol yağış aldığından arazi tamamen bitki örtüsü ile kaplıdır. Hakim olan bitki türleri, çınar, pelüt, kavak, çam ve az miktarda dağ fıncığı ve çileğidir.

1.3 Çalışmanın Amacı

Şebinkarahisar (Giresun)'ın kuzeydoğusunda yer alan İner Yaylası, Makedüzü, Odalar Yaylası, Dereköy ve Sübak Pb-Zn yatakları birçok çalışmaya araştırma konusu olmuştur [8,9,11-15]. Bölgedeki cevherleşme, jeolojik ve mineralojik olarak incelenmiş ve cevherleşme ile ilişkili alterasyon tipleri tanımlanmıştır. Yarma, galeri ve sondaj numuneleri üzerinde yürütülen bu çalışmaların birçoğunda hipojen ve süperjen cevher mineralleri tanımlanmış ancak sınırlı sayıdaki araştırmada parajenetik dizilim (süksesyon) ortaya konulmuştur [13-15]. Bölgedeki Pb-Zn yataklarını oluşturan çözeltilerin sıcaklıkları, parajenez dizilimi [13,14] ve sıvı kapanım analizleri [15] ile ortaya konulmuştur.

Bölgedeki cevher minerallerinde mineral kimyası (EPMA; elektron prob mikroanaliz) analizlerin ise yapılmıştır. Daha önce herhangi bir mineralojik ve petrografik analiz gerçekleştirilmediği Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. sahası bu çalışmanın inceleme konusunu oluşturmaktadır. Halen iki galeride altı farklı zonda işletilen Pb-Zn-(Cu)

yatağı detaylı olarak mineralojik ve petrografik yönden incelenmiştir. Çalışmanın asıl amacı, İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağının süksesyonu ve alterasyon tiplerinin tanımlanmasıdır. Çalışmanın diğer bir hedefi ise cevher minerallerinde EPM analizleri ile cevherleşmenin kökeninin araştırılmasıdır.

1.4 Çalışma Yöntemleri

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, arazi ve laboratuvar olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında, ilk aşamada çalışma alanını oluşturan sahada daha önce yapılmış jeolojik haritalar ışığında bölgede yüzeyleyen jeolojik birimler tanımlanmıştır. Genel jeolojik amaçlı, bölgede yüzeyleyen kayalardan GPS yardımı ile toplam 16 adet örnek alınmıştır. İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağında mineralojik-petrografik tanımlamalar için Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. işletme sahasında örnekleme yapılmıştır. Cevher mineralleri ve yan kayaç alterasyonlarını belirlemek amacıyla yüzeyden, 2 galeri ve 4 sondajdan toplam 76 örnek alınmıştır. 1600 m ve 1695 m kotundaki galerilerde örnekleme, 6 farklı zonda doğu, orta ve batı bölümlerinden ve taban ve tavan kayalarından yapılmıştır.

Laboratuvar çalışmaları kapsamında toplam 71 adet ince kesit, 12 adet parlak kesit, 4 adet örnekte tüm kayaç jeokimya ve 3 adet örnek üzerinde mineral kimyası (EMP) analizleri gerçekleştirilmiştir. İnce ve parlak kesitler, Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında yapılmıştır. İnce ve parlak kesit örneklerin mineralojik, petrografik ve dokusal özelliklerini belirlemeye yönelik incelemeler Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Nikol 50iPOL alttan ve üstten aydınlatmalı mikroskop kullanılarak yürütülmüştür. Fotoğraf çekimleri aynı mikroskop ile bağlantılı 5 M piksel Nikol dijital kamera sistemi ile yürütülmüştür.

Cevherleşmenin yan kayacı olan Üst Kretase yaşlı volkanik kayalar ve tüflerde ana oksit ve iz element analizleri Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Ana oksit ve iz element analizleri için yaklaşık 100 gr. taze örnek alterasyon kısımları temizlenip kırma ve öğütme işleminden sonra pudra haline getirilmiştir. Örnek çeşitli bağlayıcı malzemelerle birlikte hidrolik pres altında sıkıştırılarak pres-pellet halinde analize hazır hale getirilmiştir. Ana oksit

elementler, bazı eser (Rb, Ba, Sr, vb.), geçiş (Cr, Ni, Co, Cu ve Zn) ve nadir toprak (La, Ce, Pr, Nd) elementleri X-ışınları Floresans Spektrometresi (XRF) ile analiz edilmiştir.

Cevher (sfalerit, galen, pirit, kalkopirit) minerallerinin kimyasal kompozisyonlarını belirlemeye yönelik elektron prob mikroanaliz (EPMA) alışmaları Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde gerçekleştirilmiştir. JXA-8230 model EPMA cihazının kalitatif ve tam kantitatif analiz yapabilme yeteneği mevcuttur. Cihaz, B(5)-U(92) element ölçüm aralığında, 6nm çözünürlüğe ve 40X – 300.000X büyütme özelliğine sahiptir. Analizler tek tarafi parlatılmış ve üzeri karbon kaplanmış ince kesitler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Vakumlama işleminden sonra cihaz kalibre edilerek çalışma koşullarına getirilmiştir. Ölçümler 20 kV ivmelendirici geriliminde, 20 nA akımda ve 5 µm çap genişliğinde yapılmıştır. Bütün sülfit minerallerinde standart olarak; S ve Fe için pirit, Cu için bakır, Zn için inko, Mn için manganez, As için indium arsenik, Cd için kadmiyum, Sb için antimuan, Ag için gümüş, Au için altın, Pb için kurşun tellürid kullanılmıştır.

1.5 nceki alışmalar

Çalışma alanı ve çevresinde genel jeolojik ve cevherleşmeler üzerine yapılmış araştırmalar aşağıda verilmiştir.

Kaplan (1970), bölgedeki kayaçları jeolojik oluşumlarına göre, magmatik kayaçlar ve Eosen sedimanter kayaçlarla ara katkılı volkanik kayaçlar olarak tanımlamıştır. Bölgedeki en yaşlı birimin granitik ve andezitik seri olduğu belirtilmiştir. Bu birimler üzerine ise riyolit ve riyolitik tf, Eosen sedimanter kayaçlarla ara katkılı bazalt ve tüflerin geldiği belirlenmiştir. Ayrıca, aynı araştırmacı tarafından Asarcık bölgesinde ekonomik Pb-Zn mineralizasyonun varlığı tespit edilmiştir [16].

Çalapkulu (1982), şebinkarahisar'ın kuzeyinde Asarcık bölgesinde turmalizasyon, hidrotermal alterasyon, radyoaktif anomaliler ve Pb-Zn-Cu-Sb mineralizasyonu üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. Asarcık bölgesindeki alterasyon ve cevherleşmenin st Kretase yaşlı magmatik kayaçlar ile ilişkili olduğunu belirlemiştir. Sülfür mineralleri ile aynı parajenezde birincil uranyum (peşblend) mineralinin geliştiğini tespit etmiştir [11].

Çalapkulu ve Ayan (1982), Şebinkarahisar bölgesindeki Etir Platosunda gelişen florit oluşumlarını mineralojik olarak incelemiş ve sıvı kapanım analizleri gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, florit damarlarının tabanda konglomera ile başlayan ve bu birimlere yerleşmiş Üst Kretase yaşlı andezitik volkanitlerin K10B-K40B kırık sistemleri içerisinde geliştiğini belirlemişlerdir. Florit damarları boyunca kaolinleşme ve silisleşme gibi alterasyon ürünleri tespit etmişlerdir. Mineralizasyonun ise yeşil florit, sfalerit, galen, tennantit, kalkopirit ve pembe-mor florit olarak iki aşamada geliştiğini ileri sürmüşlerdir. Florit ve sfalerit minerallerinde homojenleşme sıcaklıklarının ise 150 ila 200°C arasında değiştiğini tespit etmişlerdir [17].

Karaoğlu (1985), çalışma alanındaki kayaçları alt ve üst seri olarak iki grupta tanımlamıştır. Bu iki grubun, asidik alkalın ve bazik kalk-alkalin olarak iki ana volkanik evreyi temsil ettiğini belirtmiştir. Mineralizasyon ve hidrotermal alterasyonun ise Üst Kretase (Kampaniyen) yaşlı kireçtaşı içeren ve volkanik kayaçlardan oluşan alt sekans içerisinde geliştiğini belirlemiştir. Ayrıca, alt seviyelerde Pb-Zn-Cu içeren sülfürlerin üst seviyelerde azalarak barit ve kuvarşa zengin hale geldiğini tespit etmiştir [12].

Aktan (1992), Şebinkarahisar'ın kuzeyindeki Balkovan Dere civarında genel jeolojik ve Pb-Zn-Cu cevherleşmesi üzerine araştırma yapmıştır. Cevherleşmenin tektonik hatlar boyunca ve kuzeye doğru dalımlı olarak geliştiğini tespit etmiştir. Bu bölgede birincil olarak pirit, sfalerit, kalkopirit ve galen minerallerinin oluştuğunu belirlemiştir. İkincil ürün olarak ise hidrozinkit, malahit, azurit, demir oksitler ve kurşun oksitler, gang mineralleri, kuvars ve barit tespit etmiştir [8].

Özgenç (1993), Şaplıca (Şebinkarahisar) alünit yatağını jeolojik ve mineralojik olarak incelemiş, kükürt izotop sonuçları ile alünitin kökenini araştırmıştır. Araştırmacı tarafından, alünit yatağının Üst Kretase yaşlı riyolit ve riyodasit bileşimli kayaçlar içerisinde geliştiği, D-B ve KD-GB doğrultulu düşey faylarla denetlendiği belirlenmiştir. Kükürt izotop sonuçları ile alünitin derin kökenli olduğu ve magmatik-hidrotermal ortamdan türediğini tespit etmiştir [10].

Şaşmaz (1993), Tutakdağı güneybatısındaki Pb-Zn yataklarını jeolojik ve mineralojik olarak incelemiştir. Bölgede yaşlıdan gence doğru Üst Kretase yaşlı volkanitler (dasit, andezit, volkaniklastikler) ve karbonatlı kumtaşları, Üst Kretase-Paleosen yaşlı granitoidler, Eosen volkanitler (andezit, bazalt, trakiandezit ve tuf), Oligo-Miyosen yaşlı

jipsli seri ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanitlerin (andezit) yüzeylediğini belirtmiştir. Cevherleşmenin KD-GB doğrultulu faylar boyunca geliştiği belirlenmiştir. Bölgede cevherleşme ile ilişkili yoğun hidrotermal alterasyonların oluştuğu fakat herhangi bir zonlanma sunmadığı tespit edilmiştir. Sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, fahlerz, enarjit, pirotin, kalkozin, kovellin, altın, manyetit ve hematit gibi cevher mineralleri ve kuvars, kalsit, klorit, kil ve barit gang mineralleri belirlenmiştir [9].

Şaşmaz ve Sağıroğlu (1994), İner Yaylası Pb-Zn yatağını üç farklı zonda jeolojik ve mineralojik olarak incelemişlerdir. Cevher içeren damarların KD-GB ve D-B doğrultunda uzandığı belirtilmiştir. Araştırmacılar tarafından, bölgedeki damarlarda alt kotlarda sülfürlü cevherler hakim iken üst kotlarda sülfürlü minerallerin azalarak yerini oksit, sülfat ve karbonat minerallerine bıraktığı tespit edilmiştir. Ayrıca cevherleşmeye hidrotermal alterasyonların (karbonatlaşma + serisitleşme ve epidotlaşma + kloritleşme + silisleşme) eşlik ettiği belirlenmiştir [13].

Demirkıran (1994), İner Yaylası civarını jeolojik ve mineralojik olarak incelemiş bölgedeki Pb-Zn damarlarının ekonomikliğini araştırmıştır. Araştırmacı, deniz tabanında gelişmiş asidik ve kalk-alkalin karaktere sahip volkanizmanın varlığından bahsetmektedir. Stratigrafik olarak ise bölgede alttan üste doğru riyodasit, andezitik aglomera, tüfler ve kireçtaşlarından oluştuğu, hidrotermal alterasyon ve cevherleşmenin bu birimler içerisinde geliştiği tespit edilmiştir. Yan kayaçta silisleşme, karbonatlaşma, kloritleşme, kaolenleşme, serisitleşme, albitleşme ve zeolitleşme gibi alterasyonların geliştiği ancak herhangi bir zonlanma sunmadığı belirlenmiştir. Dereköy mineralizasyonunun pirit, sfalerit, galen, az kalkopirit cevher mineralleri ile kuvars, barit, karbonat gibi gang mineralleri içerdiğini tespit etmiştir [14].

Yılmaz (1995), Dereli-Şebinkarahisar (Giresun güneyi) arasında kalan Meastrihtiyen-Eosen yaşlı plütonik kayaçların mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ile jeotektonik evrimini araştırmıştır. Araştırmacı bu plütonik kayaçların üç fazda geliştiğini ileri sürmüştür. İlk plütonik fazın I-tipi özellik taşıdığı, hibrit ve yay magmatizmasından türediğini tespit etmiştir. Siyenit bileşimli ikinci plütonik fazın ise Anatolid-Pontid çarpışmasına bağlı kabuk kalınlaşmasının sonlarında gerilme rejimine bağlı alkalin magmatizmasından oluştuğunu ileri sürmüştür. Mafik bileşimli son fazın ise gerilme rejimine bağlı manto yükselimi ile geliştiğini belirlemiştir [18].

Karakaya (1998), Üst Kretase yaşlı volkanik kayalar Şaplıca volkanitleri, plütonik kayalar Asarcık Granitoyidi ve Eosen yaşlı volkanikleri Eğribel volkaniti olarak tanımlamıştır. Bölgede yüzeyleyen magmatik kayalar mineralojik ve jeokimyasal olarak incelemiştir. Ayrıca, Şaplıca volkanitinin Asarcık Granitoyidi tarafından kesilmesi sonucu gelişen alterasyon zonları mineralojik olarak tanımlanmış, Şaplıca alümit cevherleşmesinin jeokimyasal özellikleri ile ekonomikliğini tartışmıştır [19].

Gökçe ve Bozkaya (2003), İner Yaylası Pb-Zn yatağını mineralojik, sıvı kapanım ve duraylı izotop analizleri ışığında kökenini araştırmışlardır. Kuvars evresi, sülfür kristalizasyonu, sülfür sonrası olmak üzere üç evre tanımlanmıştır. Bu evrelerde kuvars mineralinde ortalama sıcaklık ve tuzluluk sırasıyla 313°C ve %7.0 NaCl eşdeğeri, 272°C ve %4.0 NaCl eşdeğeri ve 138.5°C ve %2.6 NaCl eşdeğeri olarak belirlemiştir. Oksijen ve hidrojen izotop sonuçları ise ‰4.2 ila ‰6.7 (VSMOW) ve ‰-83.0 ila ‰-59.0 (VSMOW) olarak tespit etmişlerdir. Cevherleşmenin yukarı çıkan sıcak akışkanların meteorik su ile karışması ile geliştiğini savunmuşlardır [15].

Boztuğ vd. (2004), Doğu Pontidler içerisinde yer alan Dereli (Şebinkarahisar) bölgesindeki kuvars-siyenit bileşimli plütonik kayalar apatit örneklerinin yaşlandırmasını yaparak bölgenin tektonik evrimini yorumlamıştır. Bölgedeki plütonik kayaların yaşı 80.7(±2.5) - 62.4(±3.2) My arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu yaş verileri ile Neo-Tetis'in Avrasya kıtasına dalması sonucu yitimle ilişkili gelişen intrüzyonun yavaş yükseldiğini ileri sürmüşlerdir [20].

Yavuz vd. (2008), Şebinkarahisar bölgesinde uranyum içeren damar tipi Pb-Zn-Cu yatakları ile ilişkili Asarcık Granitoyidine ait turmalinleri jeokimyasal olarak incelemiştir. Turmalinlerde yapılan stokiyometrik hesaplamalar sonucu Asarcık Granitoyidi için kısmen oksidan koşullar tanımlanmıştır [21].

İlbeyli (2008), Eskine, Asarcık (Çatakhan, Şaplıca) ve Saydere civarında yüzeyleyen Şebinkarahisar granitoidini mineralojik ve jeokimyasal olarak incelemiş plütonik kayacın petrojenetik ve tektonik gelişimini araştırmıştır. Granit-monzonit arasında bileşim sergileyen plütonik kayaların I-tipi, metaluminyumlu ve kalk-alkalen karakterli olduğunu belirlemiştir. İz element bileşimleri ile plütonik kayaların Kretase-Paleosen zaman aralığında, Neo-Tetis okyanusu kuzey kolunun Avrasya kıtasının altına dalması sonucu gelişmiş volkanik yay graniti olduğunu tespit etmiştir [22].

Sarı (2013), İler Yaylası ve çevresinde yüzeyleyen Üst Kretase volkano-sedimanter birim içerisindeki pelajik kireçtaşlarını incelemiş ve planktonik foraminiferaların tanımlaması ile birimin yaşı ve ortamı ortaya konmuştur. İstifin en alt bölümünden itibaren *Abathomphalus mayaroensis* (Bolli)'nin varlığı ile kireçtaşı paketinin en geç Maestrihtiyen'de ve havza koşullarında çökeldiğini tespit etmiştir [23].

Eyüboğlu vd. (2014), Doğu Pontid kuşağını litolojik birimlerin farklılığı, fasiyes değişimleri ve tektonik karakteristiklerinden dolayı Kuzey, Güney ve Eksen Zon olmak üzere üç zon olarak tanımlamıştır. Aynı araştırmacılar tarafından kuzey zonda Geç Kretase döneminde büyük masif sülfür (VMS), porfiri Cu-Mo ve epitermal Au-Ag yataklarının geliştiği belirtilmiştir. Murgul/Artvin, Kutlular/Trabzon ve Tirebolu/Giresun VMS yataklarının kökeni ve jeodinamik evrimini belirlemek amacıyla felsik volkanik kayalarda jeokimyasal analizler ve zirkonda U-Pb yaşlandırma yapmışlardır. VMS yataklarının 91.1 ± 1.3 My (Turoniyen-Santoniyen) ve $86.6 (\pm 0.8)$ - $82.6 (\pm 0.1)$ My (Santoniyen-Maestrihtiyen) olmak üzere iki dönemde ve riyodasit/dasit bileşimli volkanik ve piroklastik kayalarla ilişkili geliştiği tespit edilmiştir. Güney zonun ise erken-orta Jura dönemindeki riftleşme ile ilişkili olarak sedimanter ve karbonatlı birimler ile karakteristik olduğu belirtilmiştir. Güney zonun kuzey zondan farklı olarak Geç Kretase döneminde sedimanter birimlerce baskın ve volkanik ve magmatik aktivitenin daha az geliştiği tespit edilmiştir. Eosen dönemi magmatik aktivitenin ise ekonomik epitermal Au yataklarına kaynaklık yaptığını belirtmişlerdir [4].

Yücel (2019), Şebinkarahisar bölgesinde yüzeyleyen Pliyosen-Kuvaterner volkanizmasını mineralojik, jeokimyasal ve zirkonda U-Pb yaşlandırması ile magma oluşumunu modellemiştir. Trakiandezit bileşimli kayaların adakitik volkanizması ürünü olduğu tespit edilmiş ve yaşı 3.4-1.9 My olarak belirlenmiştir. Manto kaynağından türemiş volkanizmanın evriminde kısmi ergime, magma karışımı, asimilasyon-fraksiyonel kristallenme gibi süreçlerin önemli rol oynadığı ortaya konmuştur [24].

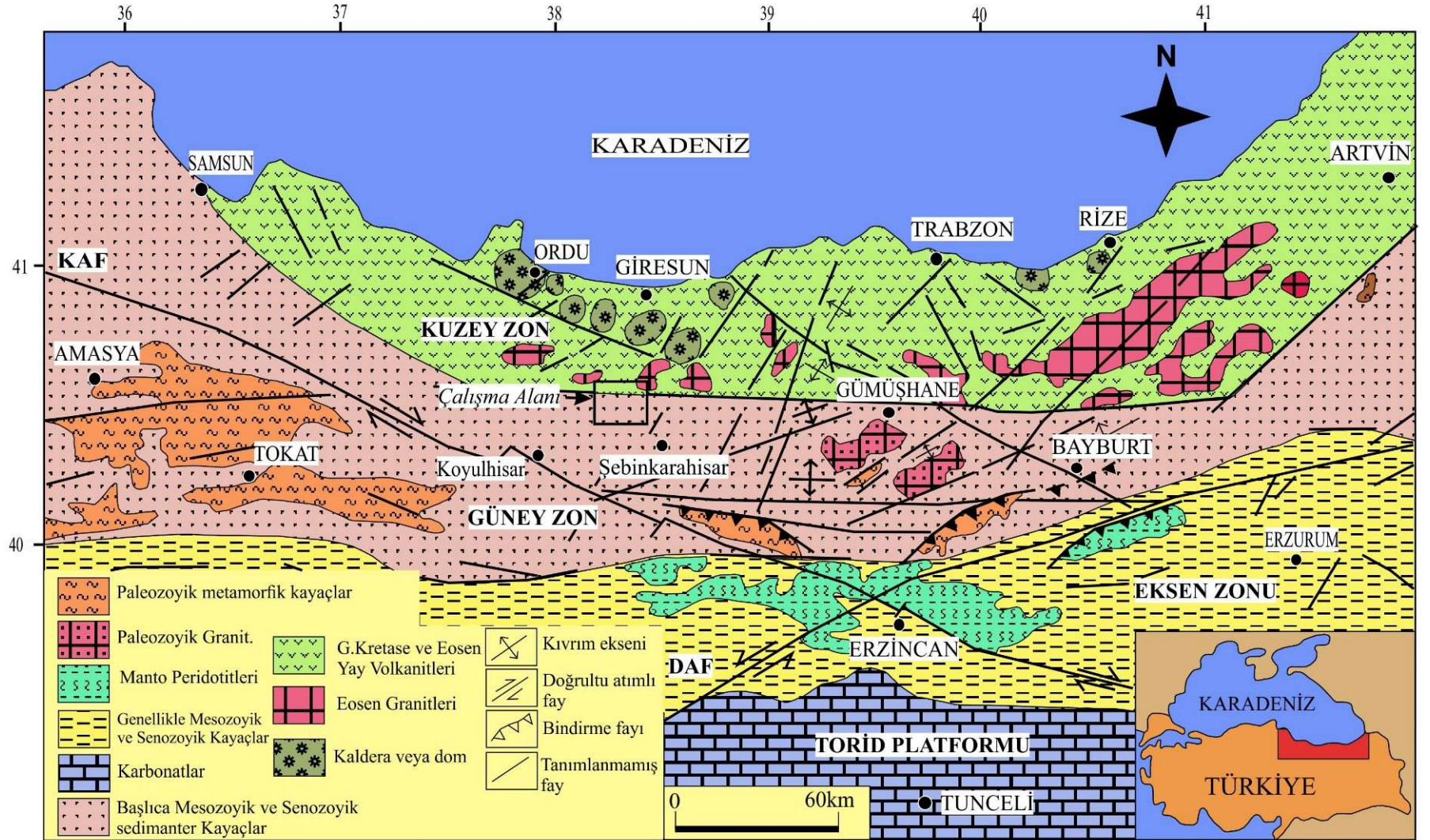
2. BÖLÜM

BÖLGESEL JEOLojİ

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi tektono-stratigrafik olarak Doğu Pontid Tektonik Kuşağında yer alır [1]. Doğu Pontidler; tektonik karakteristikleri, litolojik birim ve fasiyeslerin farklılığından dolayı Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zon olarak tanımlanmıştır [2-4] (Şekil 2.1). Kuzey zonda magmatik aktivite daha yoğun ve sedimanter birimler daha az gözlenirken güney zonda tuf ve tüfitlerle aralanmalı sedimanter kayaçlar hakimdir ve magmatik aktivite daha az gelişmiştir. Eksen zon ise Jura öncesi metamorfik kayaçlar ve geniş yayılım sunan ultramafik kütleler ile karakteristiktir.

Kuzey zonda Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı magmatik ve sedimanter kayaçlar yüzeylemektedir. Üst Kretase dönemi denizel ortamda gelişen yoğun volkanik aktivite ve granit-gabro bileşimli plütonik kayaçlar ile temsil edilir [2,4,5]. Üst Kretase volkanizması, Turoniyen-Santoniyen ve Santoniyen-Meagrihtiyen olarak iki farklı fazda gelişmiştir. Erken fazdaki volkanizma ürünleri bazalt-andesit-dasit bileşiminde kayaçlar ve onların piroklastiklerinden oluşur. Bu volkanizma ürünleri kalk-alkalen toleyitik karakterli olup birçok masif sülfid yatağına ev sahipliği yapar [4]. Aynı yaştaki plütonik kayaçlar ise skarn tipi yataklara kaynaklık yapmaktadır. Riyolit ve riyodasit bileşimli ikinci felsik volkanik aktivite ise şoşonitik karaktere geçer. Bu volkanik kayaçlar, kuzey zonda masif sülfid, porfiri Cu-Mo ve epitermal Pb-Zn±Au yataklarına ev sahipliği yapar [4].

Çalışma alanının içinde bulunduğu Güney zonda ise Jura dönemine ait karbonat istif üzerine Üst Kretase döneminde filiş karakterli tortul istif çökelmiş ve magmatik aktivite daha az gelişmiştir [2,4]. Güney zonda, Üst Kretase yaşlı volkanik ve onların piroklastik kayaçları yüzeylemektedir [4,5,9,19]. Volkanik kayaçlar andezit, bazalt ve dasitik bileşime ve yüksek-K'lu karaktere sahiptir. Bu volkanik kayaçlar damar tipi Pb-Zn (Cu±Au) yataklarına ev sahipliği yapmaktadır [2,5,9,15]. Geç Paleosen-Erken Eosen döneminde ise yüksek-K'lu kalk-alkalin karakterli ve adakitik bileşimli magmatik kayaçlar gelişmiştir [4,18,20,22,26]. Bölgede yüksek-K'lu kalk-alkalin karakterli magmatik kayaçlarla ilişkili olarak epitermal damar tipi yataklar oluşmuştur.



Şekil 2.1 Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri (Eyüboğlu vd. 2006'dan alınmıştır [3])

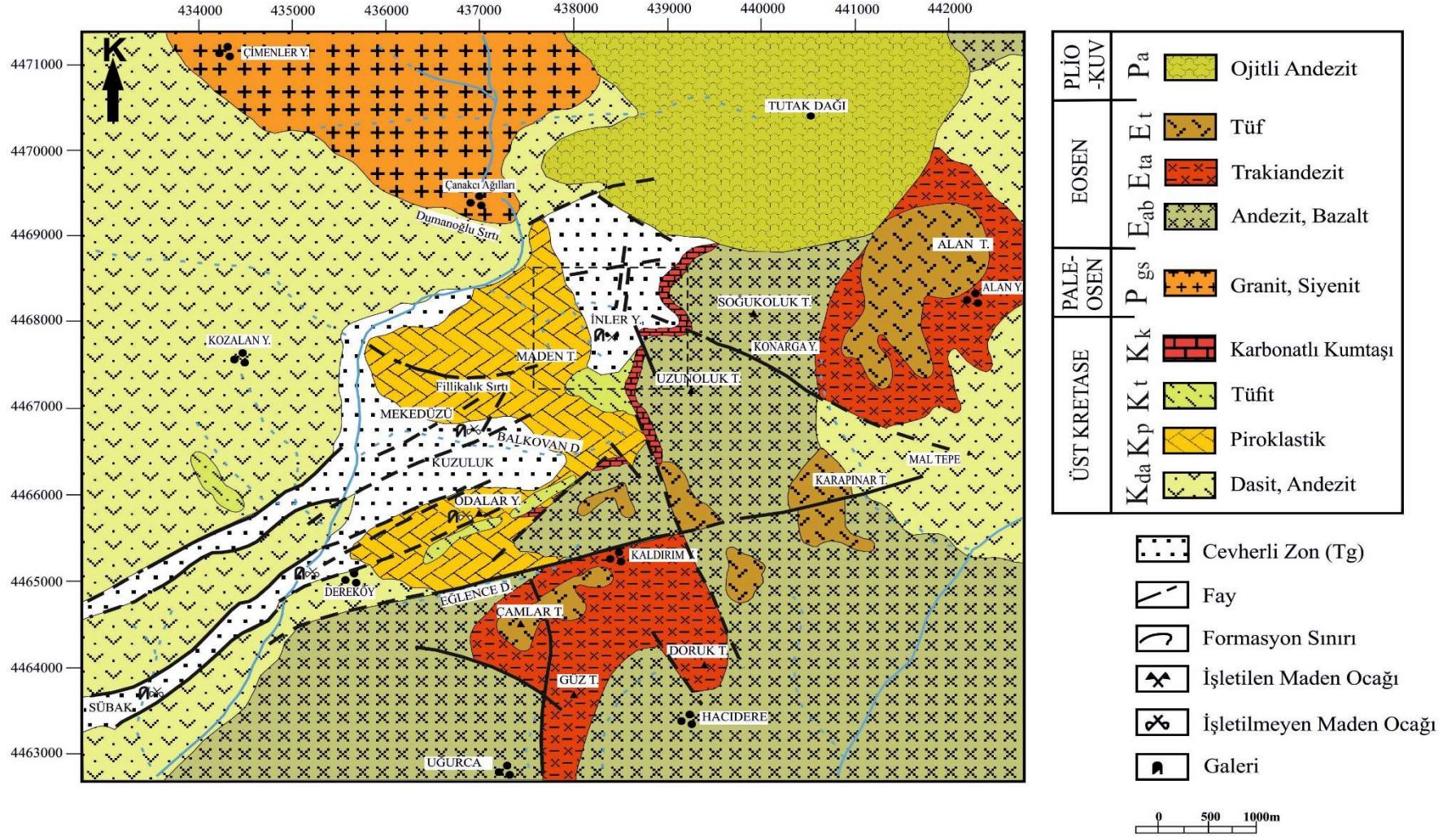
2.1 Çalışma Alanının Jeolojisi ve Mineralojisi

Üst Kretase – Pliyo-Kuvaterner yaşlı magmatik kayaçların yüzeylediği çalışma alanının genel jeolojik haritası ve genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 2.2 ve 2.3’de verilmiştir. Bölgede yüzeyleyen kayaçların arazi ve petrografik özellikleri aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

2.1.1 Üst Kretase Volkanitleri (Kda, Kp)

Stratigrafik olarak çalışma alanının temelini oluşturan birim Maden Tepe, Kuzuluk mevki, Dereköy ve İner Yaylasında yayılım sunar (Şekil 2.1 ve 2.2). Birim riyodasit, dasit ve andezitik bileşimli kayaçlar ve bunların piroklastikleri ile temsil edilir [9,19]. Üst Kretase yaşlı volkanik kayaçlar oldukça alterasyona uğramasından dolayı Yılmaz (1995) tarafından Şaplıca metasomatiti [18], Karakaya (1998) tarafından ise Şaplıca volkanitleri [19] olarak tanımlanmıştır. Birim, çalışma alanında ilk detaylı çalışma yürüten Şaşmaz’ın (1993) tanımlanmasına uyularak [9], Üst Kretase volkanikleri olarak tanımlanmıştır. Güven (1998) ve Eyüpoğlu vd. (2014) tarafından Doğu Pontidler’in kuzey zonunda Üst Kretase’de gelişmiş ikinci felsik volkanizma (dasit/riyodasit ve riyodasitik piroklastikler) ürünü olan Çayırbağ veya Tirebolu Formasyonu ile denestirilebilir [27,4].

Volkanik kayaçlar genelde sarı, pembe, yeşil, gri, beyaz renklerde gözlenir (Şekil 2.4). Birim içerisinde cevherleşmeler geliştiği için ileri derecede alterasyona uğramıştır. Bu özelliğinden dolayı genç birimlerden ayrılmaktadırlar. Mikroskobik incelemeler sonucu kayacın hipokristalin porfirik dokuda olduğu gözlenmiştir (Şekil 2.5). Fenokristal olarak kuvars, plajiyoklaz, feldispat, biyotit, amfibol ve opak minerallerinden oluşur. Hamur ise kuvars, feldspat ve volkan camı içerir. İkincil ürün olarak yaygın şekilde silisleşme ve serisitleşme ve daha az oranda kloritleşme, epidotlaşma ve hematitleşme gelişmiştir. Kuvars fenokristalleri genellikle özşekilsiz ve kemirilmiştir. Çoğunlukla dalgalı sönme sunar. Plajiyoklazlar sönme açısına göre oligoklaz bileşimini vermektedir. Amfiboller özşekilsiz ve yeşil renktedir. Kayaç, cevherleşme ile ilişkili olarak kuvars damarları tarafından sıkça kesilmiştir. Kuvars damarlarının etkisi ile hamur ve fenokristallerde silisleşme, serisitleşmeler gelişmiştir. Ayrıca, plajiyoklaz ve biyotitlerde gelişen epidotlaşma ve kloritleşmeler kayacın yeşil renkte görünmesine neden olmuştur.

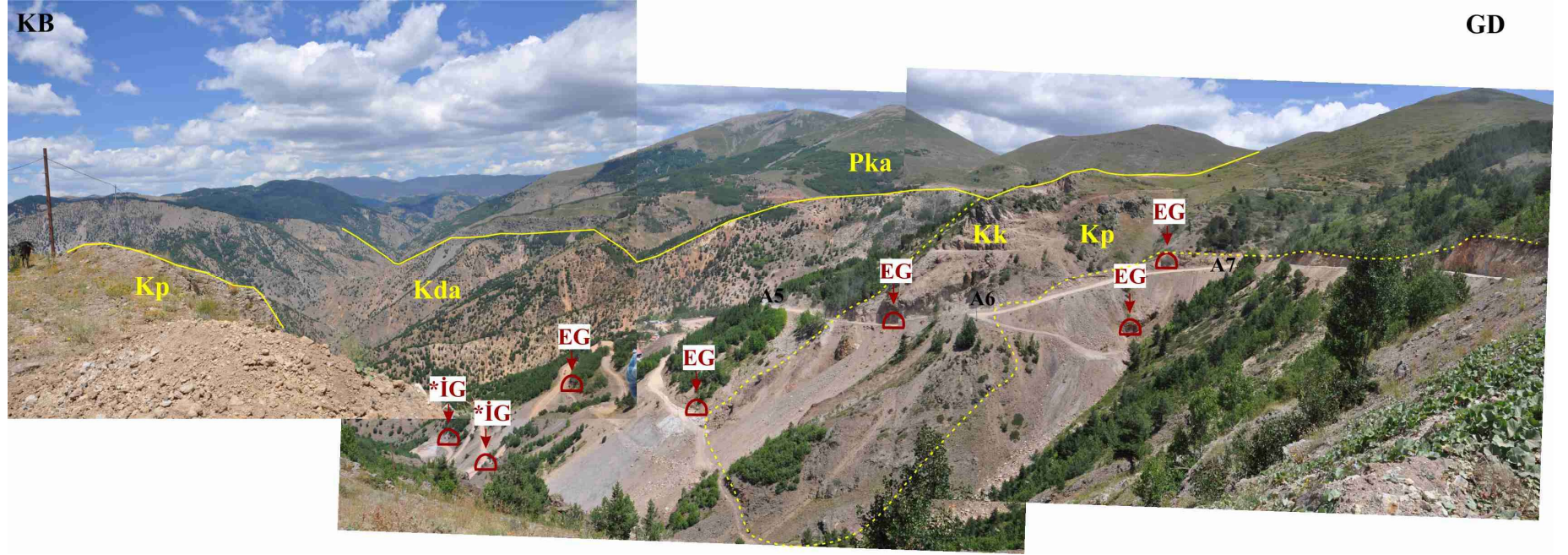


Şekil 2.2 Çalışma alanının jeoloji haritası (Şaşmaz ve Sağıroğlu, 1994'den alınmıştır [13])

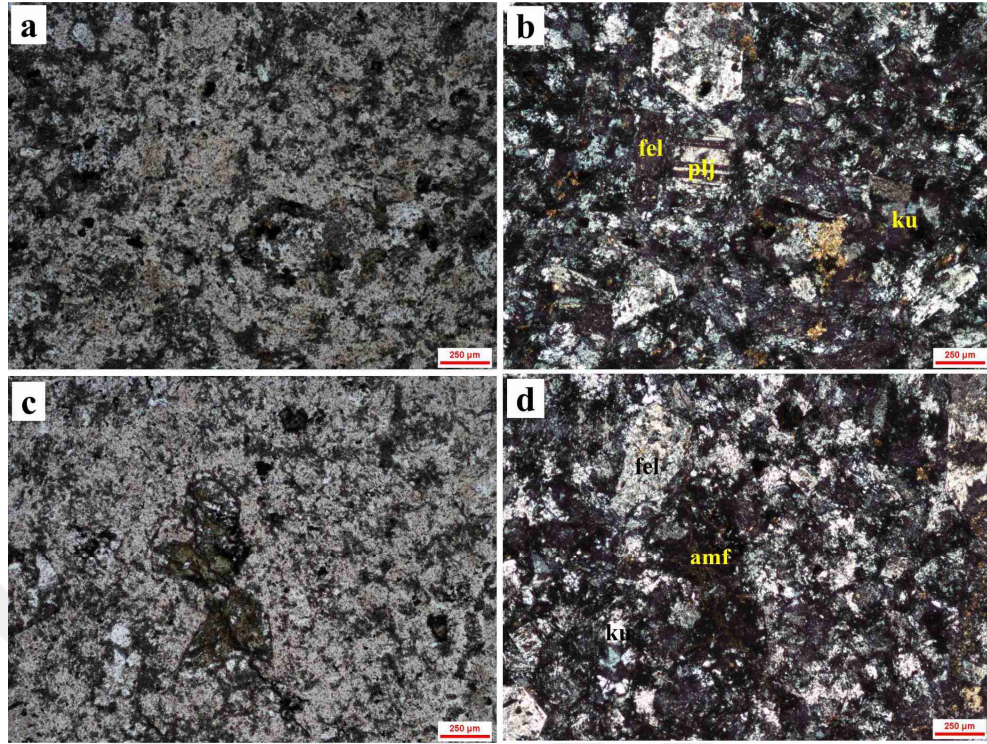
| Yaş | Litoloji | Simge | Açıklamalar |
|------------------|----------|-------------------------------|----------------------------------|
| Pliyo-Kuvaterner | | P _a | Ojitle andezit |
| Eosen | | E _t | Tuf |
| | | E _{ta} | Trakiandezit |
| | | E _{ab} | Andezit, bazalt |
| Üst Kretase | | T _g | Kuvars monzonit, granit, siyenit |
| | | K _{da} | Riyodasit, dasit, andezit |
| | | K _p | Tuf |
| | | K _p | Volkanik breş |
| | | K _k K _g | Kuvars monzonit, granit, siyenit |

Şekil 2.3 Çalışma alanı ve yakın çevresinin stratigrafik kolon kesiti (Şaşmaz ve Sağıroğlu, 1994'den değiştirilerek alınmıştır [13])

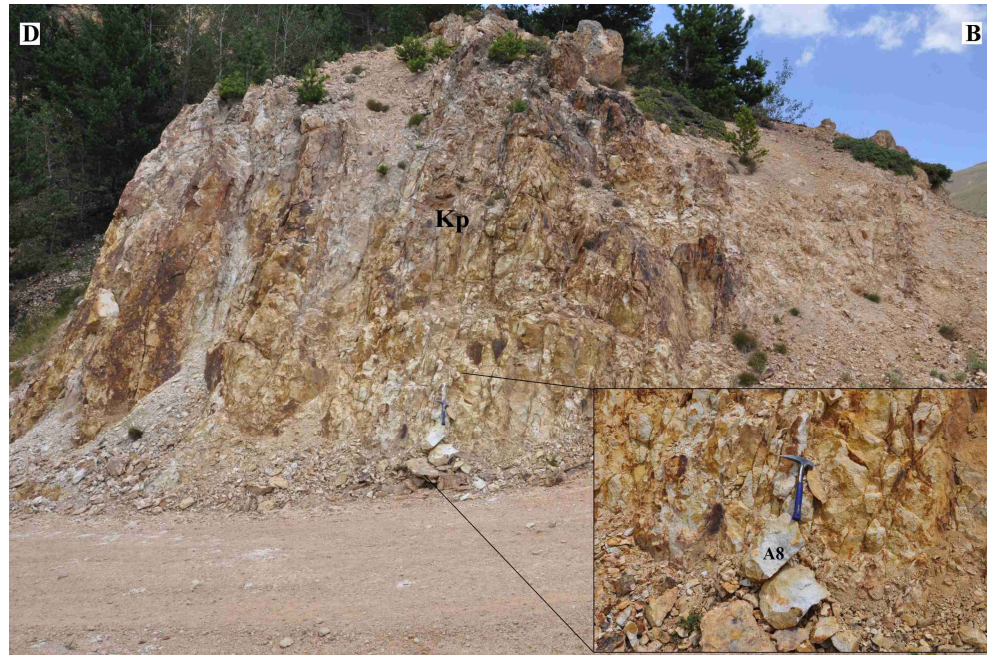
Piroklastik kayalar, alttaki dasit ve riyodasitler üzerine uyumlu olarak gelir (Şekil 2.2 ve 2.3). Birim yeşilimsi gri ve kirli sarı renklerde gözlenir. Yaygın olarak alterasyona uğramıştır. Bünyesinde mercerler şeklinde tüfitler gözlenir. Tüfit genellikle gri, açık yeşil ve kirli sarı renktedir (Şekil 2.6). Hidrotermal alterasyona (hematitleşme veya limonitleşme) uğramış kayalar kirli sarı renkte gözlenir. Taze yüzeyleri ise beyaz ve grimsi beyazdır. Tabakalı bir yapı sunar ve tabaka düzlemlerinin duruşu genellikle KD-GB yönlüdür. Mikroskobik incelemeler sonucu kayacın yaygın olarak vitrik taneler (pomza) ve daha az kristal (kuvars, feldispat, biyotit, amfibol, opak) ve litik parçalardan (<% 5) oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 2.7). Hamur ise volkanik camından oluşmaktadır. İkincil ürün olarak silisleşme, serisitleşme ve kloritleşme gelişmiştir.



Şekil 2.4 İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase yaşlı dasitik-andezitik volkanik kayaç ve yapraklanma sunan tüfitlerin arazi görünümü (Kda: Üst Kretase dasitik kayaçlar; Kp: Üst Kretase piroklastik kayaçlar; Kk: Üst Kretase karbonatlı kumtaşı; Pka: Plio-Kuvaterner kayaçlar EG: Eski galeri; *İG: İşletilen galeri)

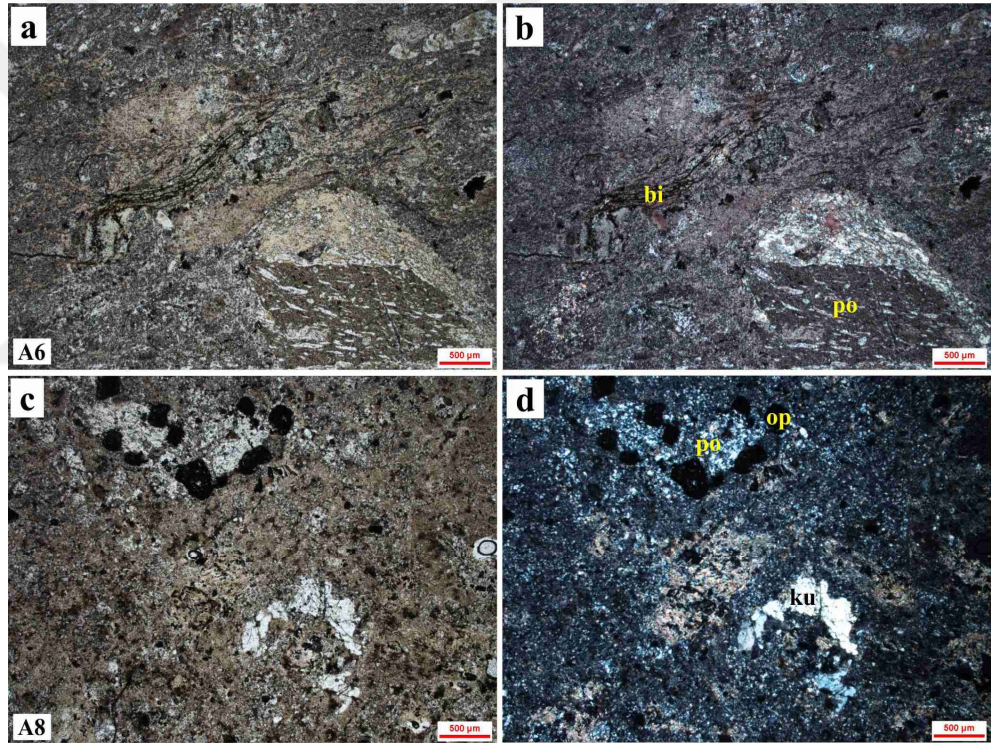


Şekil 2.5 Alterasyona uğramış dasitik-andezitik kayacın mikroskobik görüntüleri (amf; amfibol, fel; feldispat, ku; kuvars, plj; plajiyoklaz, a ve c; tek nikol, b ve d; çift nikol)



Şekil 2.6 İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase yaşlı tüfitlerin arazi görüntüsü

Tüfler içerdiği kristal bolluğuna (% 5-15) göre vitrik tüf ve kristal vitrik tüf olarak adlandırılabilir. Pomza parçaları bol gözenekli, uzamış ve oval yapı sunar (Şekil 2.7a-b). Biotit ise kıvrılmış ve kırıklanmıştır. Pomza parçaları ve biyotitte gözlenen bu özellik sıkışma etkisine işaret eder. Silisleşme ve serisitleşme yoğun gözlenen alterasyon türüdür. Serisitleşmeden dolayı feldispatların türü tespit edilememiştir. Silisleşmenin etkisiyle volkan camı ve pomza taneleri üzerinde ikincil kuvarslar gelişmiştir (Şekil 2.7c-d). Biotitlerin alterasyonu ile kloritleşmeler gelişmiştir. Litik parçalar ise porfirik doku sunan volkanik kayaç parçalarından oluşmaktadır.



Şekil 2.7 Tüfitlerin mikroskobik görüntüsü (ku; kuvars, op; opak, plj; plajiyoklaz, po; pomza, a ve c; tek ve b ve d; çift nikol)

2.1.2 Üst Kretase Karbonatlı Kumtaşı (Kk)

Piroklastik kayaçların üst seviyelerinde yer alan karbonatlı kumtaşı oldukça sınırlı alanda yüzlek verir. Güneyde Odalar Yaylası doğusundan başlayıp Tutak Dağının güneyine kadar devam eder (Şekil 2.2). Birim gri, kirli sarı ve kırmızı renklerdedir (Şekil 2.8). Karbonatlı kumtaşı içerisindeki planktonik foramineferalara göre birimin yaşı Kampaniyen-Meagriyen (Üst Kretase)'dir. Çökme ortamı ise havza koşullarında sığ denizel bir ortam olarak tanımlanmıştır [9,12,23].



Şekil 2.8 İler Yaylası civarındaki piroklastik kayaçların üst seviyelerinde gözlenen karbonatlı kumtaşı biriminin arazi görünümü (Kk; karbonatlı kumtaşı)

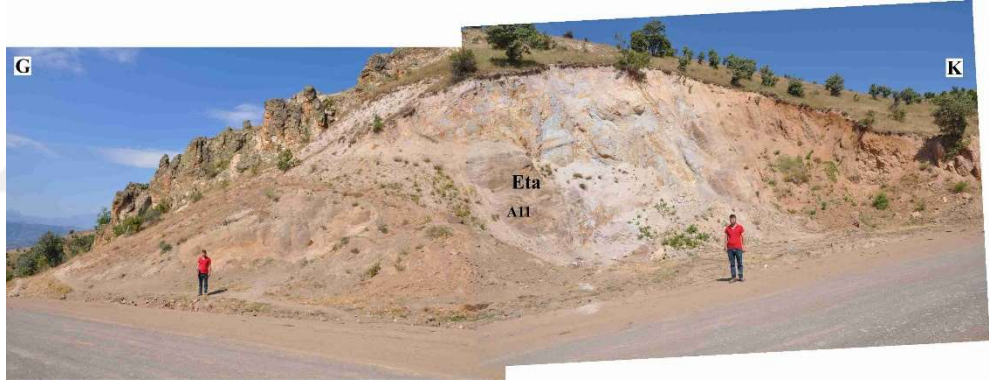
2.1.3 Üst Kretase Granitoyidi (Kg)

İnceleme alanının kuzeyinde yer alan plütonik kayaçlar, Üst Kretase volkanik kayaçlarını keserek yerleşmiştir. Bu kayaçlar önceki çalışmalarda Şebinkarahisar siyeniti [18] ve Asarcık granitoyidi [19,22] olarak tanımlanmıştır. İlbeyli (2008) tarafından bu kayaçların kuvars monzonit, granit ve siyenit bileşiminde olduğu tespit edilmiştir [22]. Aynı araştırmacı bu granitik kayaçların I-tipi, metaluminyumlu ve kalkalkalen karaktere sahip olduğunu belirlemiştir. İz element bileşimleri ile de granitoidlerin Neo-Tetis okyanusu kuzey kolunun Avrasya kıtasının altına dalması sonucu gelişmiş volkanik yay graniti olduğunu tespit etmiştir. Boztuğ vd. (2004) ise, granitik kayaçların yaşını apatit örneklerinde 80.7 (± 2.5) - 62.4 (± 3.2) My olarak belirlemiştir [20]. Aynı araştırmacılar, yitimle ilişkili gelişen intrüzyonun yavaş yükseldiğini ileri sürmüştür.

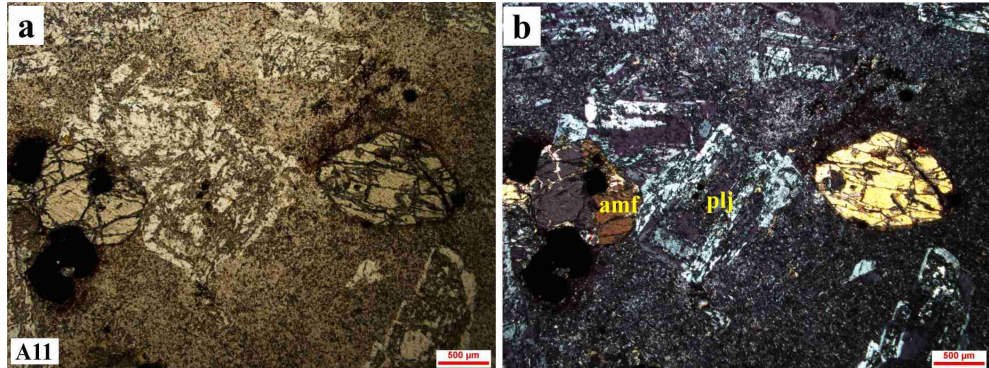
2.1.4 Eosen Volkanitleri (Eab, Eta, Et)

Birim çalışma alanının güney ve güney doğusunda Uğurca Köyü, Hacıdere Köyü ve Soğukoluk Tepe civarında geniş yayılım sunar (Şekil 2.2). Şaşmaz (1993) tarafından Eosen volkaniti [9], Yılmaz (1995) ve Karakaya (1998) tarafından Eğribel volkaniti olarak adlandırılmıştır [18,19]. Birim, trakiandezit, andezit, bazalt ve onların piroklastiklerinden oluşmaktadır. Volkanik kayalar daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak gözlenir. Birim Üst Kretase volkanitlerine göre daha az bozunmuş olup daha masif ve tıkHz yapılıdır. Arazide gri, sarı ve pembe renklerde gözlenir (Şekil 2.9).

Mikroskobik incelemeler sonucu kayacın tipik porfirik dokuda olduğu gözlenmiştir (Şekil 2.10). Ana bileşen olarak plajiyoklaz ve amfibolden oluşur. Tali bileşen olarak piroksen ve opak mineralleri içerir.



Şekil 2.9 Çamlar Tepe civarındaki Eosen yaşlı trakiandezitik kayaların arazi görüntüsü



Şekil 2.10 Eosen yaşlı trakiandezitik kayacın mikroskobik görüntüsü (amf; amfibol, plj; plajiyoklaz, a; tek nikol, b; çift nikol)

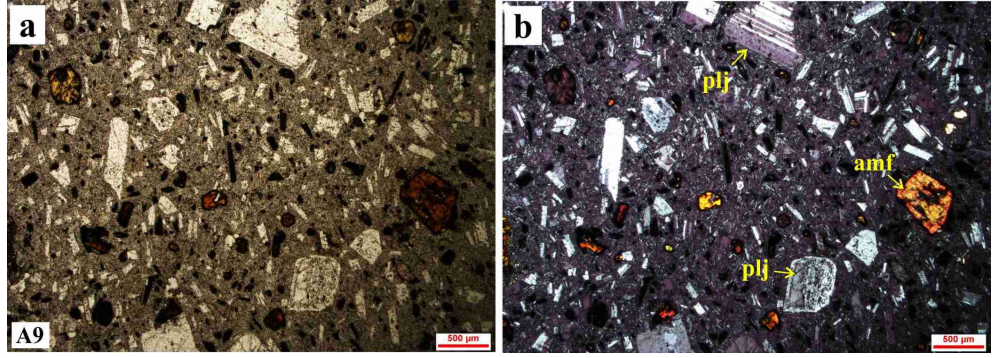
2.1.5 Pliyo-Kuvaterner Volkanitleri (Pa)

Pliyo-Kuvaterner Volkanitleri, Tutak Dağı'nın tepe kesimlerinde yüzeylemekte (Şekil 2.2) ve daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (Şekil 2.3). Birim, Yılmaz (1995) ve Karakaya (1998) tarafından Hackayası volkaniti [18,19], Şaşmaz (1993) ve Yücel (2019) tarafından Pliyo-Kuvaterner volkanitleri [9,24] olarak adlandırılmıştır. Birim asıl olarak andezitik lav akıntıları olarak düşünülebilir [24]. Fazla bozunmamış taze yüzlekler oluşturan birim grimsi ve siyahımsı renklerde gözlenir (Şekil 2.11).

Mikroskobik incelemeler sonucu kayacın porfirik dokuda olduğu gözlenmiştir (Şekil 2.12). Kayaç ana bileşen olarak plajiyoklaz, amfibol ve piroksenden oluşur. Tali bileşen olarak biyotit ve opak mineral içerir. Yücel (2019) tarafından kayaçların adakitik volkanizması ürünü olduğu tespit edilmiş ve yaşı 3.4-1.9 My olarak belirlenmiştir [24]. Aynı araştırmacı tarafından, manto kaynağından türemiş volkanizmanın evriminde kısmi ergime, magma karışımı, asimilasyon-fraksiyonel kristallenme gibi süreçlerin önemli rol oynadığı ortaya konmuştur.



Şekil 2.11 Tutakdağı civarındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı andezitik kayaçların arazi görüntüsü



Şekil 2.12 Pliyo-Kuvaterner yaşlı andezitik kayacın mikroskobik görüntüsü (amf; amfibol, plj; plajiyoklaz, a; tek nikol, b; çift nikol)

3. BÖLÜM

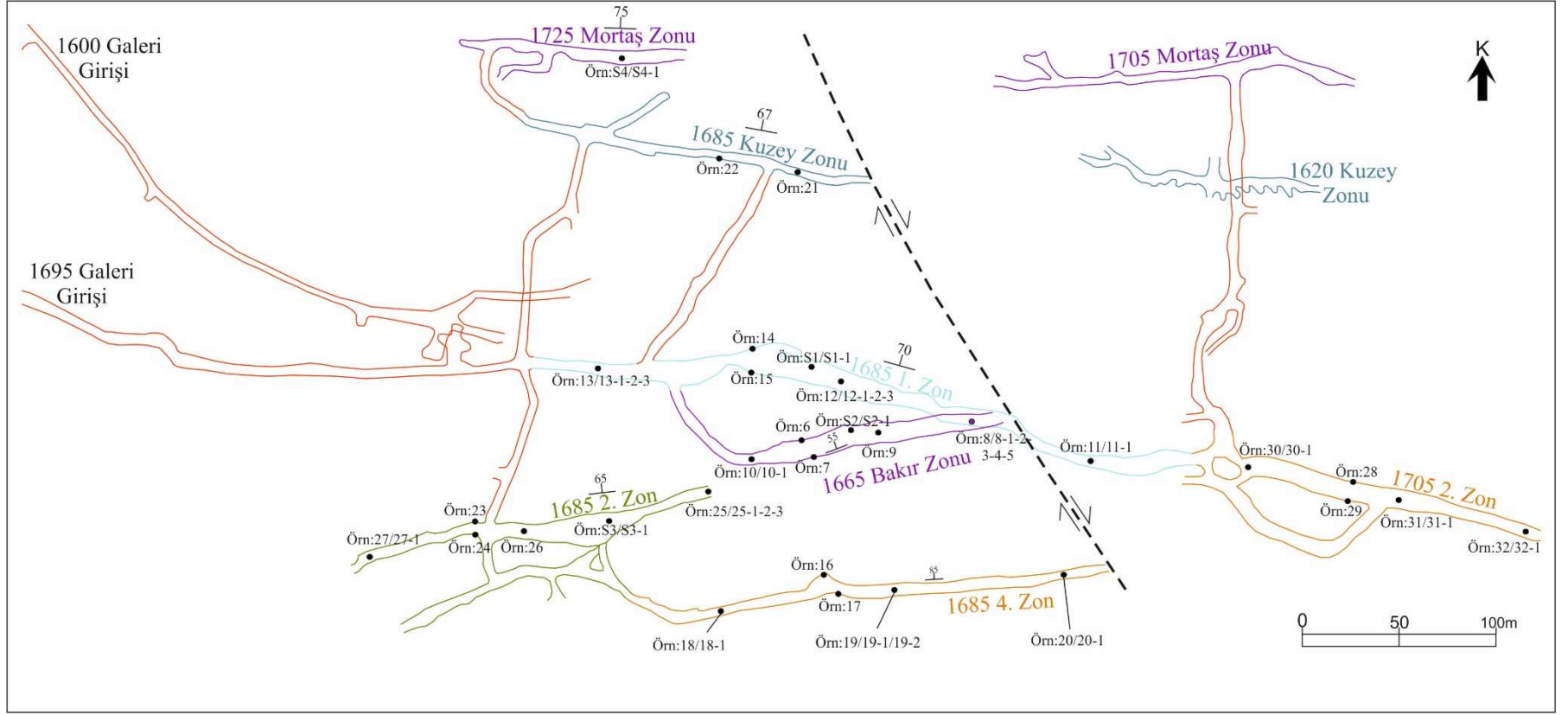
CEVHERLEŞME VE ALTERASYONUN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme sahasının da içinde bulunduğu bölgede cevherleşme riyodasit/dasit-andezitik kayalar içerisinde ve KD-GB ve D-B doğrultulu kırık hatları boyunca gelişmiştir (Şekil 2.2). Bölgenin güney kolunu oluşturan Makedüzü, Odalar Yaylası ve Dereköy civarında terk edilmiş birçok maden sahası mevcuttur. Kuzey kolda yer alan İnler Yaylası bölgesinde de arama ve işletme amaçlı birçok galeri açılmıştır. Bölgede sadece Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. tarafından 1600 m ve 1695 m kodunda iki galeride işletme devam etmektedir (Şekil 2.4). İnceleme sahasında cevherleşmeler altı cevherli zon ile temsil edilmektedir (Şekil 3.1). Bu zonlar kuzeyden güneye doğru, Mortaş Zonu, Kuzey Zon, 1. Zon, Bakır Zonu, 2. Zon ve 4. Zon'dur. Tanımlanmış bu zonlardaki cevherleşme ve yan kayaç alterasyonlarının özellikleri şu şekildedir.

3.1 Mortaş Zon

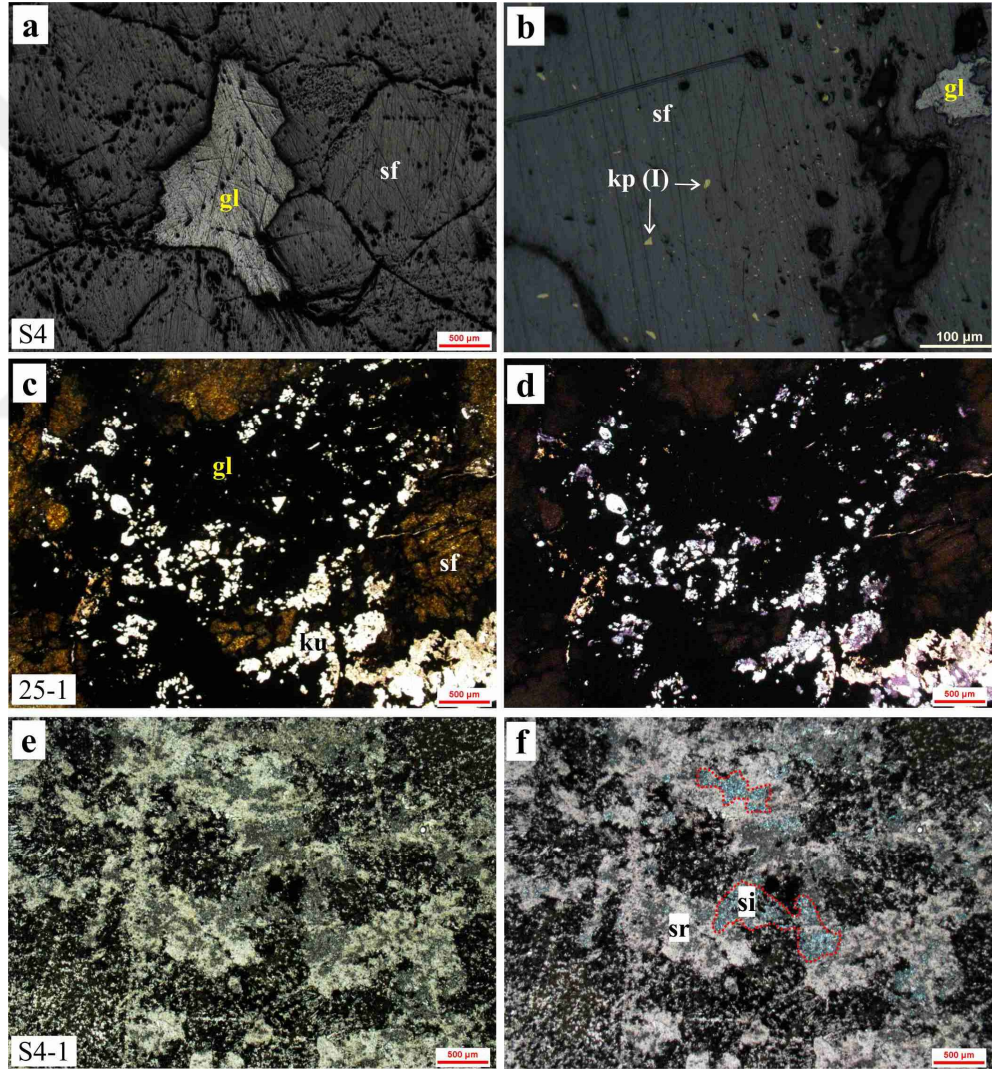
Bu zon inceleme sahasının kuzey sınırını oluşturur ve 1600 m kotundaki galeri ile giriş yapılmaktadır (Şekil 3.1). Mortaş Zonu 1725 m ve 1705 m kotunda iki bölümden oluşmakta ve 1725 m kotundan örnekleme yapılmıştır. Bu zonun uzanımı ~100-130 m. ve genişliği ~15 m'dir. Cevher damarının eğimi 70°-80°'dir. Bu zonda cevherleşmeler masif damar tipi olup volkanik kayaların kırık ve çatlakları içerisinde yerleşmiştir. Damar kenarlarında saçınımlı tipte cevherleşmeler de gelişmiştir. Bu zonun özelliklerinin belirlenmesi için bir adet sondaj (S4) yapılmıştır. Cevherin tenörü % 9-20 Zn ve % 6-15 Pb arasında değiştiği tespit edilmiştir (Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. ile sözlü görüşme). Bu zonda tenör artırma çalışmaları devam etmektedir.

Bu zonda yapılan petrografik analizler sonucu cevher minerali olarak çoğunlukla sfalerit ve galen daha az bollukta kalkopirit gözlenmiştir (Şekil 3.2 a-d). Gang minerali olarak ise kuvars gelişmiştir (Şekil 3.2 c-d). Galen mineraline göre bol gözlenen sfalerit genellikle özşekilli ve yarı özşekilli kristaller halindedir. Birbirine kenetlenmiş taneler halinde gözlenen sfaleritin tane boyları oldukça iridir. Makroskopik olarak tane boyu 1.5 cm'ye ulaşmaktadır. Sfalerit, kahverengi iç yansıma renkleri sunar ve içerisinde benekli kalkopirit (kp I) ayrılmaları gözlenir (Şekil 3.2b).



Şekil 3.1 İnler Yaylası Pb-Zn işletme galerilerinin cevherli zonları ve örnek alım yerlerini gösteren harita

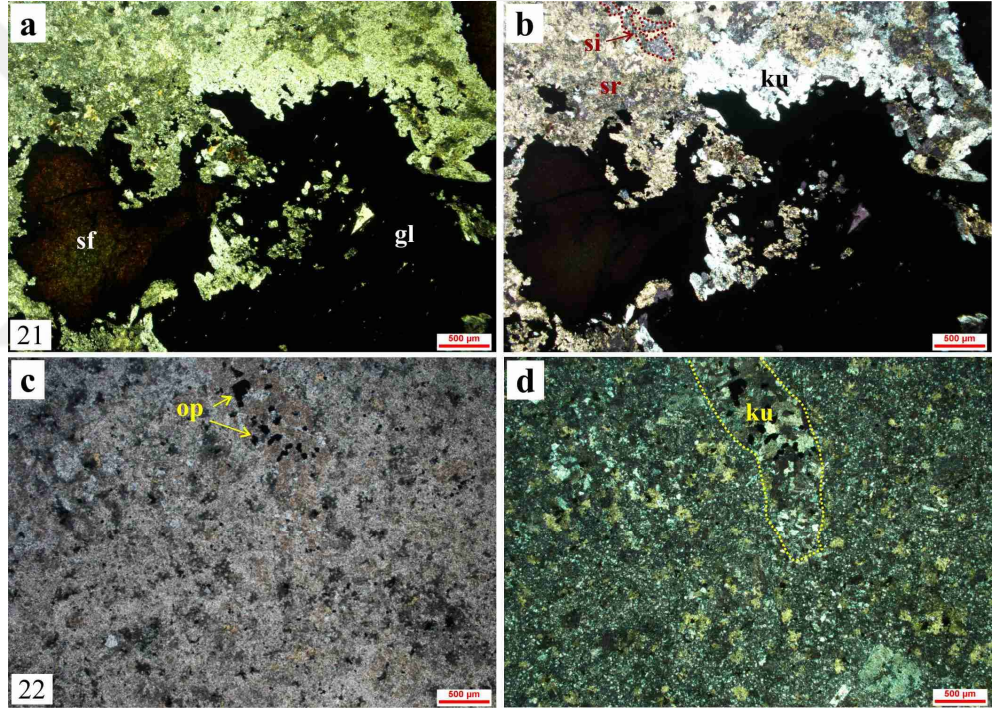
Sfalerit ile kalkopiritin eş zamanlı geliştiği söylenebilir. Galen açık gri rengi ve üçgen çukurlukları ile karakteristiktir. Genellikle özşekilsiz kristaller halinde olan galen, sfaleritler içerisinde kapanımlar veya çatlak dolgusu şeklinde gözlenir (Şekil 3.2 a-b). Cevher oluşumunun kuvars damarları ile ilişkili olduğu söylenebilir. Bu damarlarda kuvars ince ve orta kristaller halinde gözlenir. Cevher taşıyan çözeltiler etkisi ile yan kayacın yoğun bir şekilde serisitleşme ve silisleşmeler gelişmiştir (Şekil 3.2 e-f). Bu alterasyon ürünleri genellikle feldispatların dönüşümü sonucu oluşmuştur.



Şekil 3.2 Mortaş Zonuna ait cevherin (a, b) ve (c, d), yan kayacın (e-f) mikroskobik görüntüsü (gl; galen, kp; kalkopirit, ku; kuvars, sf; sfalerit, si; silisleşme, sr; serisitleşme) (a-b; cevher mikroskobisi; c-f; polarizan mikroskobisi)

3.2 Kuzey Zon

Bu zona 1600 m ve 1695 m kotundaki galeriler ile giriş yapılmaktadır (Şekil 3.1). Kuzey Zonu, 1685 m ve 1620 m kotunda iki bölümden oluşmakta ve örnekleme 1685 m kotunda yapılmıştır. Bu zonun uzunumu ~170-200 m ve genişliği ~3 m'dir. Cevherleşmeler volkanik kayacın kırık ve çatlaklarında damarcık ve saçınımlı şeklindedir. Cevher damarının eğimi ise 65°-70°'dir. Cevherin tenörü %1-6 Pb ve %2-8 Zn arasında değiştiği tespit edilmiştir (Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. ile sözlü görüşme). Tenör düşük olduğu için bu zonda cevher işletme çalışmaları az yürütülmektedir.



Şekil 3.3 Kuzey Zonuna ait cevherin (a, b) ve yan kayacın (c-d) mikroskobik görüntüsü (gl; galen, ku; kuvars, sf; sfalerit, op; opak mineral, si; silisleşme, sr; serisitleşme) (a ve c tek nikol, b ve d çift nikol)

Bu zonda yapılan petrografik analizler sonucu cevher minerali olarak sfalerit ve galen, gang minerali olarak kuvars belirlenmiştir (Şekil 3.3 a-b). Sfalerit ve galen genellikle yarı özşekilli ve öz şekilsiz kristaller halindedir. Sfalerit koyu kahverengi ile karakteristiktir (Şekil 3.3 a). Galen ise üçgen çukurlukları ile ayırt edilir. Cevher gelişimi kuvars damarları ile ilişkilidir (Şekil 3.3). Kuvars ince, orta ve iri kristaller halindedir. Yan kayaçta ise feldispatların alterasyonu ile yoğun bir şekilde serisitleşme ve silisleşmeler gelişmiştir (Şekil 3.3).

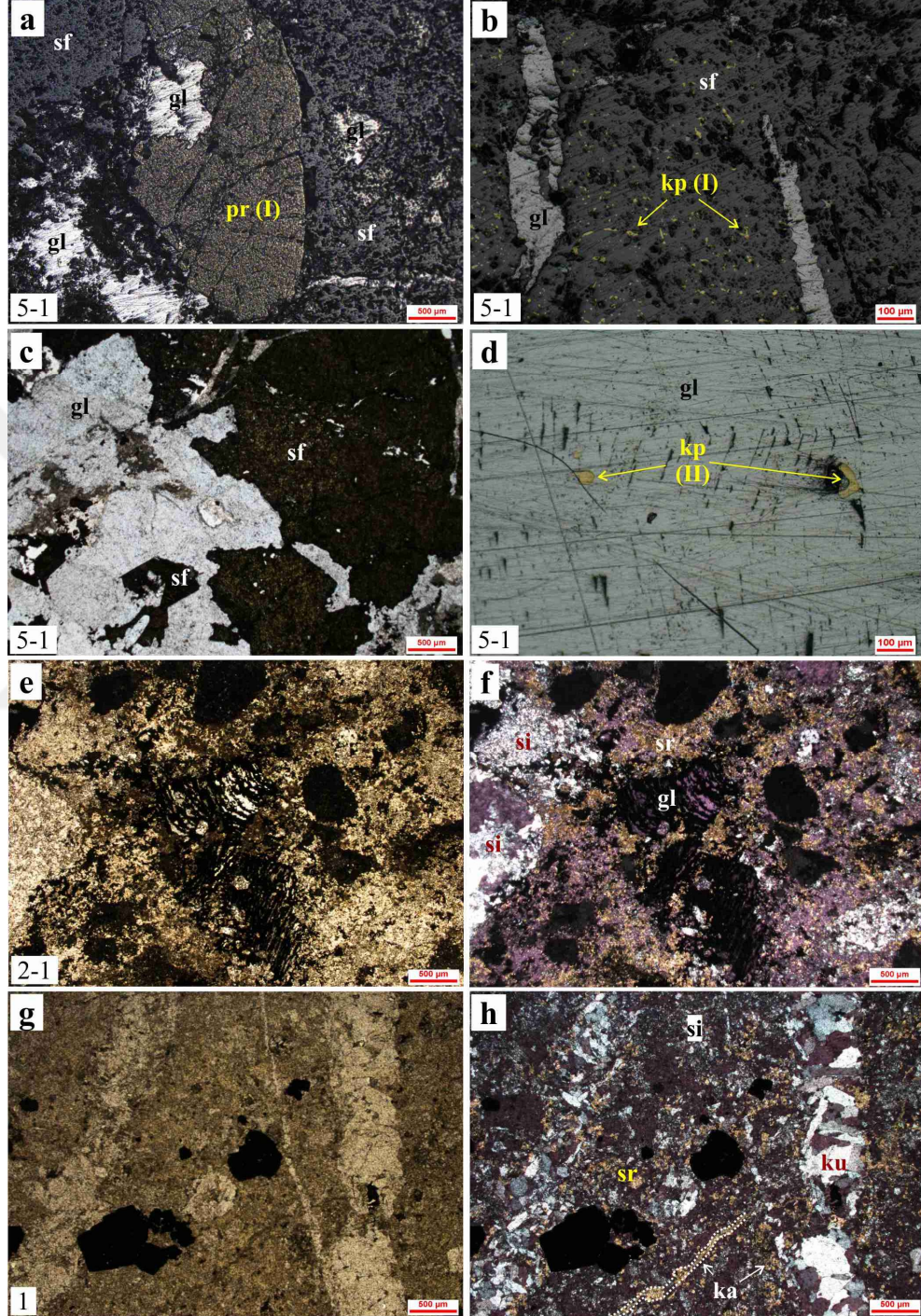
3.3 1. Zon

Ana çalışma zonu olan 1. Zona giriş 1695 m kotundaki galeri ile yapılmakta ve 1685 m kotundadır (Şekil 3.1). Zonun uzanımı 320 m'ye kadar ulaşır. Kalınlığı 3-17 m arasında değişir. Cevher damarının eğimi ise 65° - 70° 'dir. Bu zonda cevherleşmeler masif damar, mercek ve saçınımlı tiptedir. Bu zonun özelliklerini belirlemek için bir adet sondaj (S1) yapılmıştır. Pb ve Zn'nin tenörü % 2-12 ve % 3.5-16 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. ile sözlü görüşme). Kalkopirit bolluğu ise düşüktür.

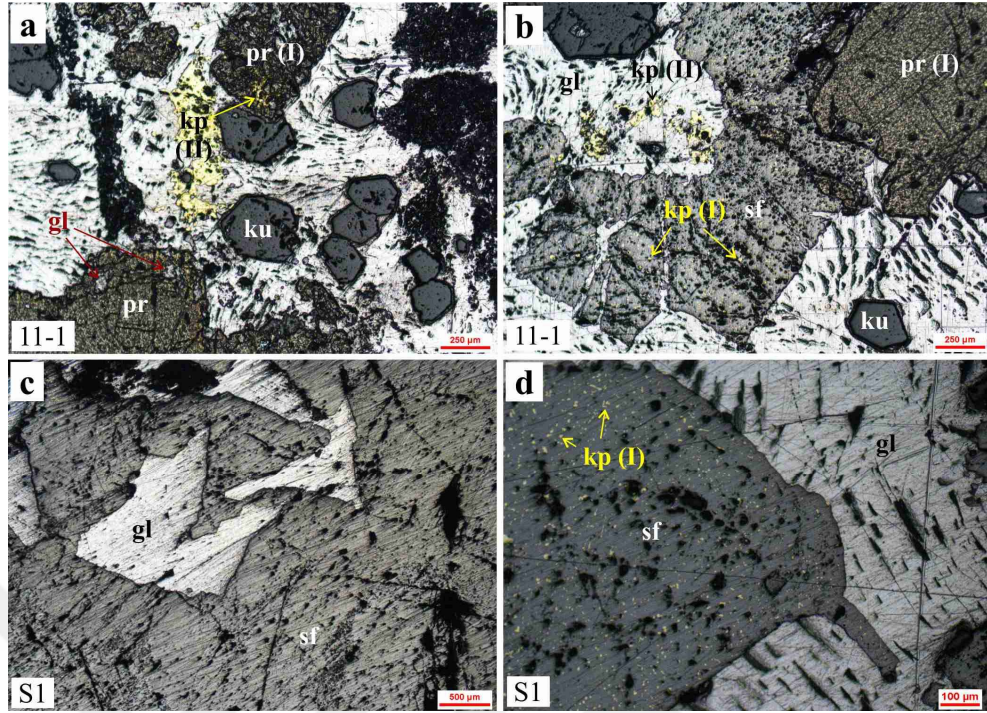
Bu zona ait doğu, orta ve batı bölümlerinden, tavan ile taban kayaçlarından ve S1 sondaj numunelerinden detaylı mineralojik ve petrografik analizler gerçekleştirilmiştir. Zonun farklı bölümlerinin benzer cevher ve gang mineral parajenezine sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.4 ve 3.5). S1 sondajı da dâhil olmak üzere cevher mineralleri benzer ramplasman dokuları sunar. Taban ve tavan kayaçları ise cevher minerallerinin bolluğu bakımından farklılık sunarken yan kayacın alterasyon ürünlerinde fazla farklılıklar gözlenmez. Tavan kayacında cevherleşme ince damarlar ve saçınımlı şekildedir. Taban ve tavan kayacında alterasyon ürünleri olarak yoğun bir şekilde silisleşme ve serisitleşme gelişmiştir (Şekil 3.4 e-h). Tavan kayacında farklı olarak, kayacı kesen ince kalsit damarların etkisi ile az oranda karbonatlaşma gelişmiştir (Şekil 3.4 g-h).

Bu zonda yapılan petrografik analizler sonucu baskın cevher minerali olarak sfalerit ve galen ve azalan bolluklarda pirit ve kalkopirit tespit edilmiştir (Şekil 3.4 a-d ve 3.5). Cevhere eşlik eden gang minerali ise kuvarstır (Şekil 3.5 a-b). Sfalerit ve galen genellikle yarı özşekilli ve öz şekilsiz kristaller halindedir. Pirit ise öz şekilli, yarı özşekilli iri kristalli ve kataklastik dokudadır (pr I). Sfalerit kataklastik doku sunar ve içerisinde benekli kalkopirit ayrılımları (kp I) ve galen kapanımları içerir (Şekil 3.4 a-c ve 3.5 b ve d). Kalkopirit ayrılımları genellikle sfalerit içinde kristalografik düzlemler boyunca dizildiği gözlenir. Kalkopirit (kp I) ve sfaleritin erken evrede ve eş zamanlı geliştiği söylenebilir. Galen ise sfaleritin kırıklarını doldurarak ve sfaleriti ornatarak gelişmiştir. Benzer şekilde, galenin piritin kenar kuşakları boyunca kuşattığı ve piriti ornattığı gözlenir (Şekil 3.4 a ve 3.5a). Bu parajenetik ilişkiye göre sfalerit, kalkopirit (kp I) ve piritin (pr I) galenden önce geliştiği söylenebilir. Ayrıca, sfalerit, pirit (pr I) ve galen içerisinde iri kristalli kalkopirit (kp II) kapanımları gözlenir (Şekil 3.4 d ve 3.5 a-

b). Bu kalkopiritler ikinci faz ürünüdür ve sfalerit, pirit ve galenden sonra geliştiği söylenebilir.



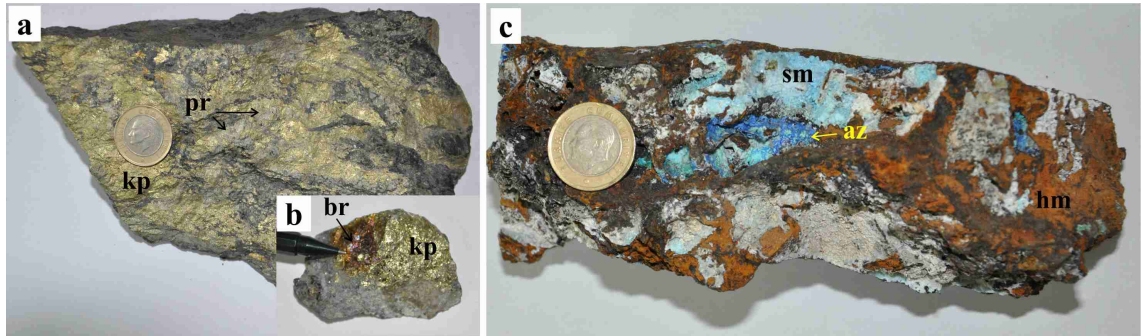
Şekil 3.4 1. Zon 1620 m kotlu galeriye ait cevherin (a-d), taban (e-f) ve tavan kayacın (g-h) mikroskobik görüntüsü (gl; galen, kp; kalkopirit, ku; kuvars, pr; pirit; sf; sfalerit, si; silisleşme, sr; serisitleşme, ka; karbonatlaşma) (a-d; cevher mikroskobisi, e-h; polarizan mikroskobisi)



Şekil 3.5 1. Zon 1665 m kotlu galeri ve S1 sondajına ait örneklerin cevher mikroskobisi görüntüsü (gl; galen, ku; kuvars, kp; kalkopirit, sf; sfalerit, pr; pirit)

3.4 Bakır Zon

Bakır Zonuna giriş 1695 m kotundaki galeri ile yapılır ve 1665 m kotundadır (Şekil 3.1). Bu zonun uzanımı 230-250 m arasındadır. Zonun genişliği 3-15 m arasında değişir. Cevher damarının eğimi ise 45°-65°'dir. Cevherleşmeler volkanik kayacın kırık ve çatlaklarında masif damar, damarcık ve saçınımlı şekildedir (Şekil 3.6). Bu zonun özelliklerini belirlemek için bir adet sondaj (S2) yapılmıştır. Bu zonda Pb, Zn ve Cu'nun tenörü sırasıyla % 2-10, % 3-12 ve % 0.12-0.30 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. ile sözlü görüşme).

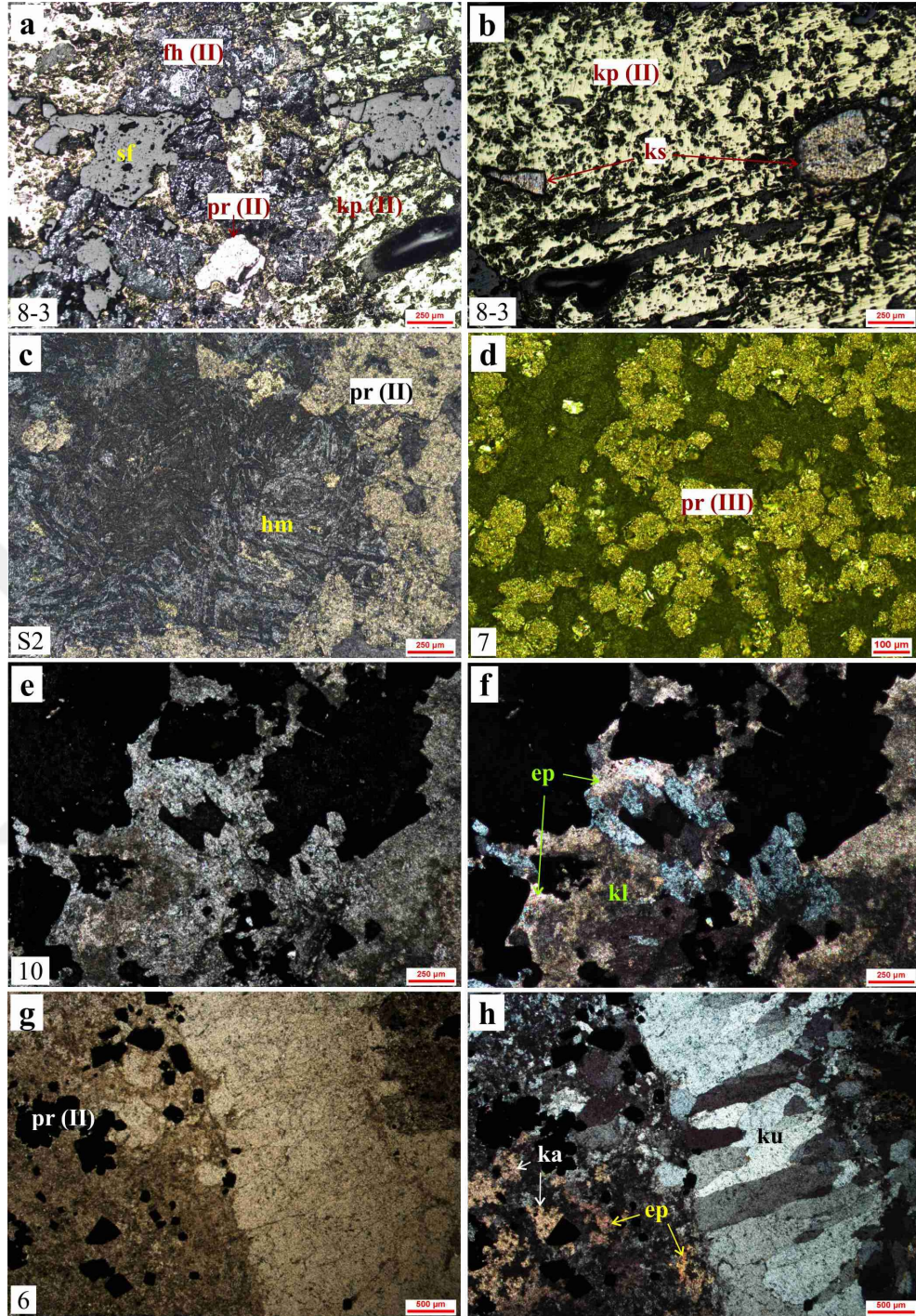


Şekil 3.6 Bakır Zonu yüzey (a-b) ve yarmalarına (c) ait el örnekleri (az; azurit, br; bornit, hm; hematit, kp; kalkopirit, pr; pirit, sm; simitsonit)

Bakır zonuna ait doğu, orta ve batı bölümlerinden, tavan ile taban kayaçlarından ve S2 sondaj numunelerinden detaylı mineralojik ve petrografik analizler gerçekleştirilmiştir.

1. Zon ile benzer mineral parajenezine sahip olmakla birlikte pirit bolluğunda artışlar ve yan kayaç alterasyonunda bazı farklılık izlenir (Şekil 3.6 ve 3.7). Yapılan petrografik analizler sonucu birincil cevher mineralleri olarak sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, fahlerz, bornit ve süperjen cevher minerali olarak kalkosin, simitsonit ve hematit belirlenmiştir. Gang minerali olarak kuvars gözlenir. Kuvars damarlarının etkisi ile yan kayaçta serisitleşme ve silisleşmeler yaygın gelişmiştir. Ayrıca, taban ve tavan kayaçlarında karbonat, epidot oluşumları ile birlikte kloritleşmenin yoğun geliştiği gözlenir (Şekil 3.7 e-h). Bu alterasyon ürünlerinin amfibol ve piroksen gibi demir ve magnezyumca zengin mineraller üzerinde geliştiği söylenebilir.

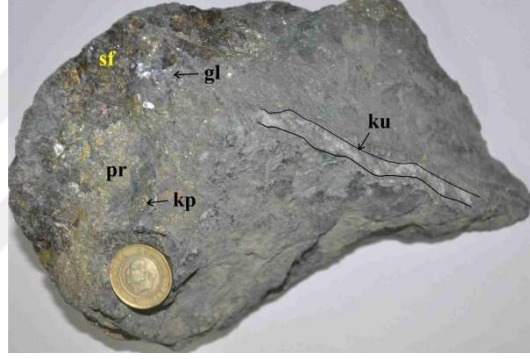
Bakır zonunda sfalerit ve galenler genellikle küçük ve özşekilsiz kristaller halindedir. Sfaleritlerin ornatım ürünü olarak kalkopirit (kp II) gelişmiştir (Şekil 3.7 a). Fahlerz ise kalkopirit içerisinde düzensiz yığılımlar şeklindedir. Mavimsi gri yansıma rengine sahip fahlerzin, kalkopiritin dönüşüm ürünü olarak geliştiği söylenebilir (Şekil 3.7 a). El örneklerinde kalkopirit içerisinde bornit oluşumu söz konusudur. Bornitin kalkopiritin dönüşüm ürünü olarak geliştiği söylenebilir. Bakır zonundaki piritler, I. Zona ait piritlerden dokusal olarak farklılık gösterir. Bu piritler genellikle küçük ve özşekilli kristaller halinde olup iki farklı doku sunar (Şekil 3.7 a, c-d). Bunlardan ilki (pr II) iri kristalli kuvars damarları ile gelişmiştir (Şekil 3.7 g). Diğeri (pr III) ise taban kayaçlarında yığılımlar şeklinde ve framboidal dokuda oluşmuştur (Şekil 3.7 d). Kalkopiritler içerisinde kapanımlar şeklinde izlenen piritlerin (pr II) kalkopiritler ile eş oluşumlu veya sonrasında geliştiği söylenebilir. Bu zona ait el örneklerinde süperjen mineralleri olarak azurit, simitsonit ve hematitin geliştiği gözlenir (Şekil 3.6 c). Parlak kesitlerde, ikinci fazı temsil eden kalkopiritler üzerinde kalkosin, piritler (pr II) üzerinde ise hematit gibi süperjen ürünler gelişmiştir (Şekil 3.7 b ve c). Kalkosin mavi yansıma renkleri ile hematit ise yelpaze şekli ile karakteristiktir.



Şekil 3.7 Bakır Zonuna ait 1665 m kotundaki damarın cevherin (a-b), S2 sondajının (c), taban kayacının (d), yan kayaç alterasyonunun (e-f), tavan kayacının (g-h) cevher ve polarizan mikroskopisi görüntüsü (ep; epidot, fh; fahlerz, hm; hematit, ka; kalsit, kl; klorit, ks; kalkosin, ku; kuvars, kp; kalkopirit, sf; sfalerit, pr; pirit)

3.5 2. Zon

İnceleme sahasının güney kesiminde yer alan 2. Zona 1695 m kotundaki galeri ile giriş yapılıdır (Şekil 3.1). Diğer bir ana çalışma sahası olan bu zonda cevherleşmeler damar ve saçınımlı tiptedir (Şekil 3.8). 2. Zon 1685 m ve 1705 m kotunda yer alır. Zonun uzanımı yaklaşık 290-350 m arasında değişmektedir. Genişliği 5-15 m'dir. Cevher damarının eğimi ise 65°-70°'dir. Bu zonun özelliklerini belirlemek için bir adet sondaj (S3) yapılmıştır. Pb ve Zn'nin tenörü % 1-7 ve % 2-9 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. ile sözlü görüşme).

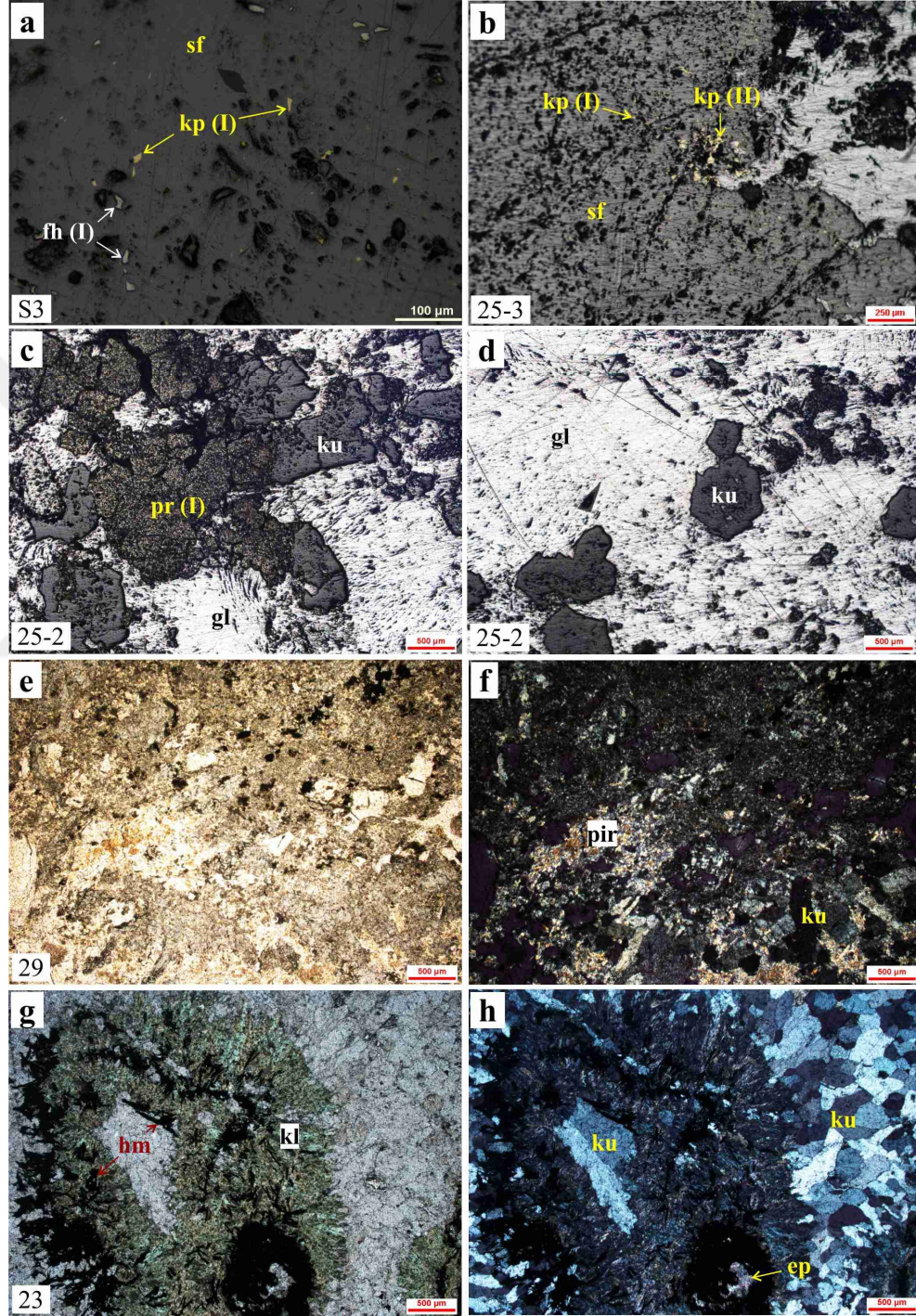


Şekil 3.8 2. Zona ait el örneği (gl; galen, ku; kuvars, kp; kalkopirit, pr; pirit; sf; sfalerit)

2. Zonda 1685 m ve 1705 m kotunda doğu, orta ve batı bölümlerinden, tavan ile taban kayaçları ve S3 sondaj numunelerinde detaylı mineralojik ve petrografik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu zonun her iki kotunda benzer mineral parajenezine sahip olmakla birlikte taban ve tavan yan kayaçlarında alterasyon mineralleri ile bazı farklılıklar sunar (Şekil 3.9 e-h). 2. Zonun yaygın cevher minerali sfalerit ve galendir. (Şekil 3.8 ve 3.9). Azalan bolluklarda pirit, kalkopirit, fahlerz ve ikincil olarak hematit oluşmuştur. Gang minerali olan kuvarsın bolluğunda artışlar gözlenir. Kuvars damarlarının etkisi ile yan kayaçta serisitleşme ve silisleşmeler yaygındır. Taban yan kayaçlarında piroksen gözlenirken tavan kayaçlarında epidotlaşma ve kloritleşmeler yaygındır (Şekil 3.9 e-h).

2. Zonda, sfalerit ve galenler genellikle yarı özşekilli ve özşekilsiz orta-iri kristaller halindedir (Şekil 3.9 a-d). Pirit ise öz şekilli, yarı özşekilli iri kristalli ve kataklastik

doku sunar (pr I). Kataklastik dokulu sfaleritler içerisinde benekli kalkopirit (kp I) ve fahlerz (fh I) ayrılmaları içerir (Şekil 3.9 a-b). Kalkopirit (kp I) ve fahlerz (fh I) ayrılmalarının

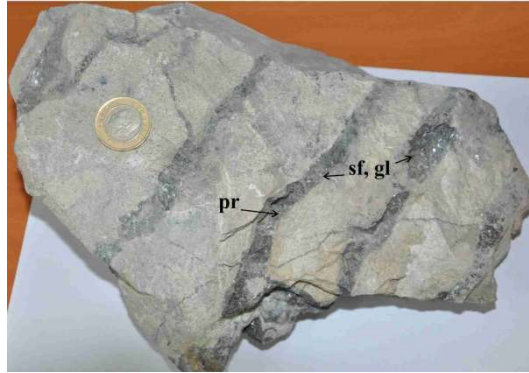


Şekil 3.9 2. Zonda S3 sondajına ve 1685 m ve 1705 m kotlu galeriye ait cevherin (a-d), taban kayacının (e, f), tavan kayacının (g-h) mikroskobik görüntüsü (gl; galen, fh; fahlerz, hm; hematit, kl; klorit, ku; kuvars, kp; kalkopirit, sf; sfalerit, pir; piroksen, pr; pirit)

sfalerit ile eş zamanlı geliştiği söylenebilir. Galen, genellikle sfalerit ve piriti kenar kuşakları boyunca sararak ve bu minerallerin kırıklarını doldurarak gelişmiştir (Şekil 3.9 b-c). Ayrıca, sfalerit ve galen sınırları boyunca az bollukta kalkopirit (kp II) oluşmuştur (Şekil 3.9 b). Galen gri yansıma rengi ve üçgen çukurlukları ile karakteristiktir (Şekil 3.9 c-d). Galen içerisinde kuvars bolluğu artmaktadır. Kuvars koyu gri ve siyah yansıma rengi ile ayırt edilir. Tavan kayaçları içerisinde hematitlerin geliştiği belirlenmiştir (Şekil 3.9 g-h). Hematitler yelpaze şekli ile karakteristiktir. İri kristalli kuvars damarlarının kestiği tavan kayaçlarında hematitlere yeşil renkli klorit eşlik etmektedir. Hematitlerin, piritlerden türediği söylenebilir.

3.6 4. Zon

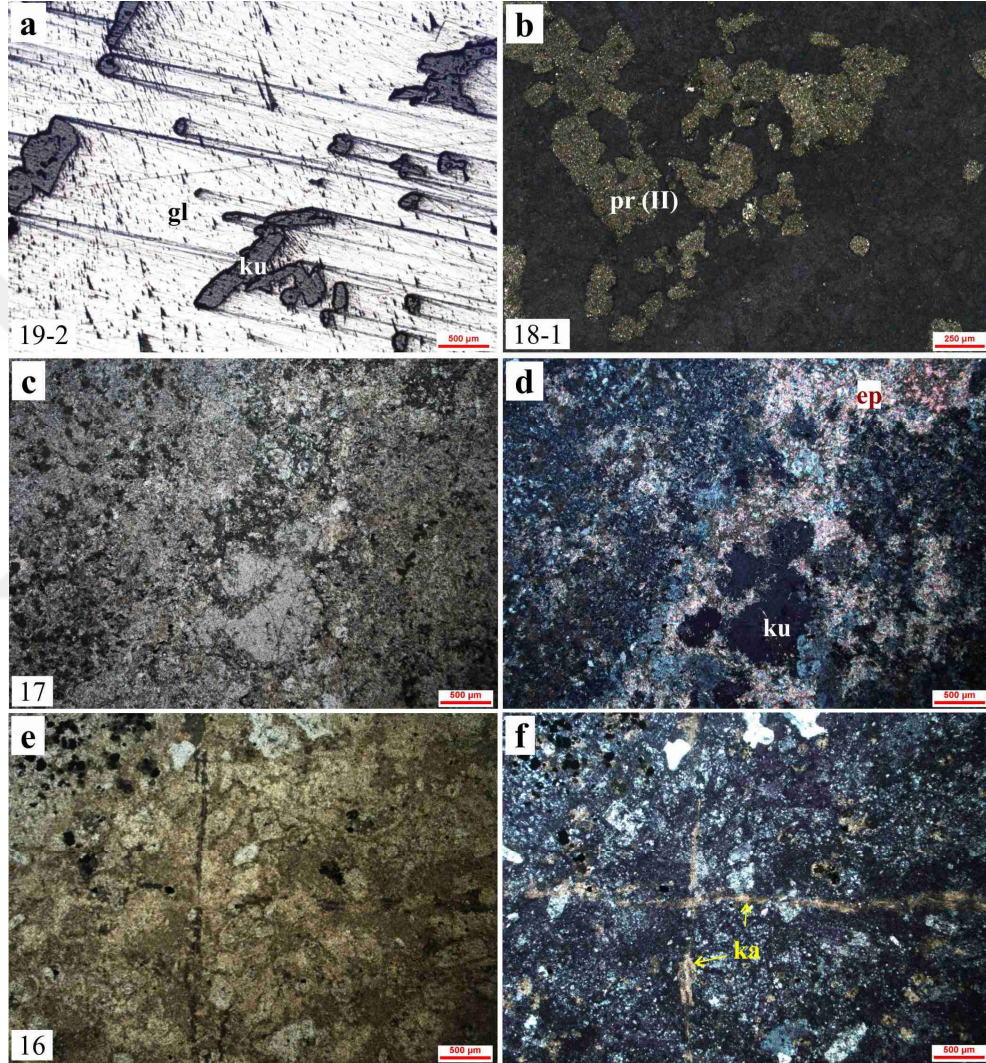
İnceleme sahasının güney kesiminde yer alan 4. Zon 1685 m kotundadır ve 1685 m kotundaki 2. Zondan geçiş yapılıdır (Şekil 3.1). Ana işletme zonlarından bir diğeri olan 4. Zonda cevherleşmeler masif damar ve saçınımlı tipindedir (Şekil 3.10). Zonun uzanımı yaklaşık 200 m'dir. Kalınlığı 4 m'dir. Cevher damarının eğimi dike yakındır (85°-90°). Pb ve Zn'nin tenörü % 3-12 ve % 5-4 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Nesko Maden Tic. ve San. A.Ş. ile sözlü görüşme).



Şekil 3.10 4. Zona ait el örneği (gl; galen, pr; pirit; sf; sfalerit)

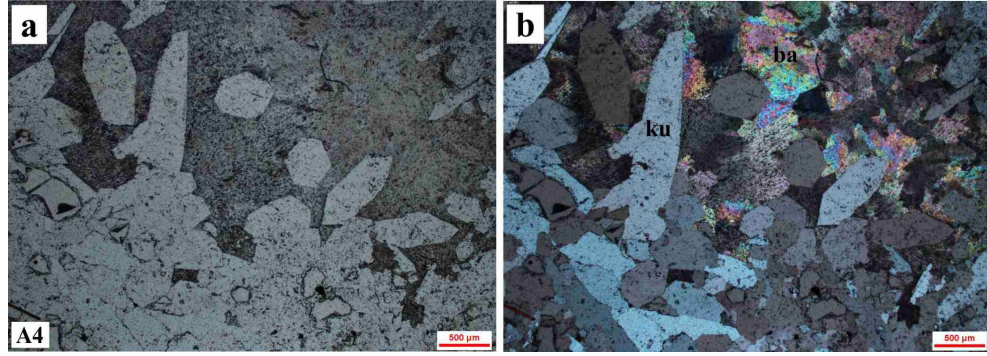
4. Zona ait doğu, orta ve batı bölümleri ve tavan ile taban kayaçlarından derlenen numunelerinde detaylı mineralojik ve petrografik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu zon, 2. Zon ile benzer cevher mineral parajenezi ve alterasyon ürünlerine sahiptir. 4. Zonun yaygın cevher minerali galen ve sfalerittir (Şekil 3.11 a-b). Daha az bolluklarda pirit (pr

II) gelişmiştir. Gang minerali ise kuvarstır. Galenler içerisinde kuvarslar kapanımlar şeklinde gözlenir (Şekil 3.11 a). Kuvars damarlarının etkisi ile yan kayaçta serisitleşme ve silisleşmeler yaygın gelişmiştir (Şekil 3.11 c-f). Tavan ve taban yan kayaçlarında ayrıca epidot ve klorit oluşumları gözlenir. Tavan kayaçlarının ince kalsit damarları tarafından kesildiği tespit edilmiştir (Şekil 3.11 e-f).



Şekil 3.11 4. Zonda 1685 m kotundaki galeriye ait cevherin (a-b), taban kayacı (c-d) ve tavan kayacının (e-f) mikroskopik görüntüsü (ep; epidot, gl; galen, ka; kalsit, ku; kuvars, pr; pirit)

İnler Yaylası civarındaki yarmalarda üst zondan alınmış bazı örneklerde iri kristalli kuvars damarlarında baritlerin geliştiği tespit edilmiştir (Şekil 3.12). Baritler, lifsel dokuda ve yuvarlak şekillerdedir. Kuvarsı göre optik engebese yüksek ve yüksek girişim renklerine sahiptir. İri kuvarsların eşlik ettiği baritlerin geç oluşumlu olduğu söylenebilir.



Şekil 3.12 Üst zondan alınmış örneğin mikroskobik görüntüsü (ba; barit, ku; kuvars)

3.7 İner Yaylası Cevherleşmesinde Belirlenen Mineral Parajenezi ve Özelliklerin Yorumlanması

İner Yaylası civarındaki Pb-Zn-(Cu) cevherleşmesi masif damar, mercek ve saçınımlı tipte olup Üst Kretase yaşlı riyodasitik/dasitik ve andezitik volkanik kayaların kırık ve çatlakları içerisinde yerleşmiştir (Şekil 3.6 a-b; 3.8 ve 3.10). Kuzeyden güneye doğru farklı kotlardaki altı galerinin farklı bölümleri ve taban ile tavan kayalarından alınan örneklerde (Şekil 3.1) yürütülen mineralojik ve petrografik analizler sonucu baskın cevher mineralinin sfalerit ve galen olduğu tespit edilmiştir. Azalan bolluklarda hipojen cevher minerali olarak pirit, kalkopirit, fahlerz, bornit ve süperjen cevher minerali olarak kalkosin, kovellin, simitsonit ve hematit gelişmiştir. Cevherleşmeye yaygın olarak kuvars eşlik eder ve tavan zonda az bollukta kalsit ve barit gözlenir (Şekil 3.7 h ve 3.12). Bölgede cevherleşme ile ilişkili olarak yan kayaçta yoğun hidrotermal alterasyonların olduğu fakat baskın bir zonlanma sunmadığı gözlenir. Taban ve tavan yan kayaların her ikisinde de kuvars damarlarının etkisi ile serisitleşme ve silisleşme yaygın gelişen alterasyon ürünüdür (Şekil 3.2 e-f; 3.3 ve 3.4 e-h). Pirit ve kalkopiritin çökeldiği zonlarda epidotlaşma ve kloritleşmeler hem taban hem de tavan yan kayalarında gelişmiştir (Şekil 3.7 e-h ve 3.9 g-h). Piroksen ve amfibol gibi ferromagnezyen mineraller üzerinde gelişen bu alterasyonların kayaç bileşimi ile ilişkili olduğu söylenebilir. Tavan yan kayacında farklı olarak kayacı kesen ince kalsit damarlarının etkisi ile az bollukta karbonatlaşmalar gelişmiştir (Şekil 3.11 e-f). Bu alterasyon mineral topluluğu orta ve düşük sıcaklıkta görülen alterasyon türleridir [28,29]. Üst Kretase yaşlı dasit/riyodasit ve andezitik volkanik kayalarda yüzey alterasyonu sonucu limonitleşme yaygın gözlenen diğer bir alterasyon ürünüdür (Şekil

2.6). Çalışma alanında belirlenen mineral parajenezinin bölgede yapılmış diğer çalışmalar ile oldukça uyumlu olduğu gözlenir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağının mineral parajenezi ve bölgede yapılmış diğer çalışmalarla karşılaştırılması

| <i>Mineral Parajenezi</i> | | <i>Aktan (1992) [8]</i> | <i>Şaşmaz (1993) [9]</i> | <i>Demirkıran (1994) [14]</i> | <i>Gökçe Ve Bozkaya (2003) [15]</i> | <i>Bu Çalışma</i> |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------|
| <i>Cevher</i> | Sfalerit | X | X | X | X | X |
| | Galen | X | X | X | X | X |
| | Pirit | X | X | X | X | X |
| | Kalkopirit | X | X | X | X | X |
| | Fahlers | | X | | X | X |
| | Bornit | | | | | X |
| | Kovellin | | X | | X | X |
| | Kalkosin | | X | | X | |
| | Malahit | X | | | | |
| | Azurit | X | | | | X |
| | Enarjit | | X | | | |
| | Pirotin | | X | | | |
| | Altın | | X | | | |
| | Manyetit | X | X | | | |
| | Hematit | X | X | | | X |
| | Simitsonit | | | X | | X |
| <i>Gang</i> | Kuvars | X | X | X | X | X |
| | Barit | X | X | X | | X |
| | Kalsit | | | X | X | X |
| <i>Yan kayaç alterasyonu</i> | Silisleşme | | X | X | X | X |
| | Serisitleşme | | X | X | X | X |
| | Karbonatlaşma | | X | X | | X |
| | Epidotlaşma | | X | | X | X |
| | Kloritleşme | | X | X | X | X |
| | Killeşme | | | X | X | |
| | Zeolitleşme | | | X | | |
| | Limonitleşme | | | | X | X |

Bölgedeki cevher ve gang minerallerinin dokusal özellikleri ve hidrotermal alterasyon çeşitliği dikkate alındığında Pb-Zn-(Cu) cevherleşmesi için hipojen evrede üç ana faz tanımlanmıştır (Şekil 3.13). Bu evreler I, II ve III. Faz olarak adlandırılmıştır. Cevher minerallerin dokusal (ornatım, ayrılım ve kataklastik) özellikleri dikkate alındığında I. Fazın ana cevher minerali sfalerit, II. Fazın ise galendir. Sfalerit ile birlikte erken fazda kristallenen diğer cevher mineralleri pirit (pr I), kalkopirit (kp I) ve fahlerz (fh I)'dir. Bu evrede cevher mineralleri (sfalerit ve pirit) iri kristalli olup kataklastik dokular sunar (Şekil 3.4 a; 3.5 a-b; 3.9 b-c). Bütün zonlarda, gözlenen sfalerit içerisindeki benekli kalkopirit ve fahlerz ayrılım dokuları cevher oluşum sıcaklığının kısmen yüksek

olduğuna işaret eder (Şekil 3.2 b; 3.4 b; 3.5 b; 3.9 a) [30]. İlk faz mineralizasyonunu oluşturan çözeltiler için Gökçe ve Bozkaya (2003) tarafından 257-377°C arasında sıcaklık değerleri ölçülmüştür [15] (Şekil 3.13). İlk fazda kristallen minerallerin kataklastik yapılar sunması ortamda tektonik bir hareketliliğin geliştiğine işaret eder. Bu hareketliliğin ardından gelen hidrotermal çözeltiler ile II. faz mineralleri çökelmiştir. II. fazın mineralleri ilk fazdaki minerallerin kırıklarını doldurarak ve/veya onları ornatarak gelişmiştir. Bölgeki Pb-Zn-(Cu) yatağının ikinci öneme sahip cevher minerali olan galen, sfalerit ve piritin (pr I) kenar ve kırıkları boyunca ve/veya bu mineralleri ornatarak gelişmiştir (Şekil 3.4 a-c, Şekil 3.5 a-c ve Şekil 3.9 c). Bu evrede gelişen kalkopiritler (kp II), erken gelişen kalkopirite (kp I) göre iri kristaller halinde gözlenir (Şekil 3.13). Kp II, sfalerit ve galeni sınırları boyunca kuşatarak ve/veya bu mineralleri ornatarak gelişmiştir (Şekil 3.5 a-b; 3.7 a-b; 3.9 b).

| Mineral / Faz | Hipojen evre | | | Süperjen evre |
|-------------------------|--------------|-----------|------------|---------------|
| | I. Faz | II. Faz | III. Faz | |
| <i>Cevher minerali</i> | | | | |
| Sfalerit | ————— | | | |
| Galen | | ————— | | |
| Pirit | — pr I — | — pr II — | — pr III — | |
| Kalkopirit | — kp I — | — kp II — | | |
| Fahlerz | — fh I — | — fh II — | | |
| Bornit | | — | | |
| Kalkosin | | | | — |
| Azurit | | | | — |
| Hematit | | | | — |
| Simitsonit | | | | — |
| <i>Gang mineral</i> | | | | |
| Kuars | ————— | ————— | ————— | |
| Kalsit | | — | | |
| Barit | | — | — | |
| <i>Yan kayaç alter.</i> | | | | |
| Silisleşme | ————— | | | |
| Serisitleşme | ————— | | | |
| Karbonatlaşma | | — | | |
| Kloritleşme | | — | | |
| Epidotlaşma | | — | | |
| Limonitleşme | | | | — |

bol
 az
 iz
Zaman ➤

| | | | |
|-----------|--------------|--------------|--------------|
| *Sıcaklık | 257 - 377 °C | 213 - 311 °C | 106 - 177 °C |
|-----------|--------------|--------------|--------------|

Şekil 3.13 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağının mineral parajenezi ve dizinimi (*Sıcaklık değerleri Gökçe ve Bozkaya, 2003'den alınmıştır [15])

Kalkopiritler (kp II) içerisinde yığılımlar şeklinde gözlenen fahlerz (fh II) kalkopiritin dönüşüm ürünüdür (Şekil 3.7 a). Diğer bir ikinci faz ürünü ise piritler (pr II). İri kristalli kuvars damarları ile birlikte gelişen piritler genellikle küçük ve öz şekilli kristaller halindedir (Şekil 3.4 g-h ve Şekil 3.7 a, g-h). İkinci fazdaki cevherleşmeyi oluşturan çözeltiler için Gökçe ve Bozkaya (2003) tarafından I. Faza göre düşük sıcaklık (213-311°C) değerleri ölçülmüştür [15] (Şekil 3.13). Framboidal dokulu piritler (pr III) ise taban kayaçlarında yığılımlar şeklinde gelişmiştir (Şekil 3.7 d). Bu piritlerin deniz tabanında anoksik bir ortamda ve demirce zengin mineraller ile ötijenik (yerinde) olarak geliştiği kabul edilir [31]. Erken diyajenezi karakterize eden framboidal dokulu piritlerin düşük sıcaklık koşullarında geliştiği söylenebilir [31]. Gökçe ve Bozkaya (2003) tarafından son faz için oldukça düşük sıcaklık (106-177°C) değerleri tespit edilmiştir [15] (Şekil 3.13). Süperjen evrede ise, kalkopiritler (kp II) ve piritler (pr II) üzerinde kalkosin ve hematit (Şekil 3.7 b ve c) ve azurit, simitsonit (Şekil 3.6) gelişmiştir.

4. BÖLÜM

JEOKİMYA ÇALIŞMALARI

4.1 Tüm Kayaç Jeokimyası

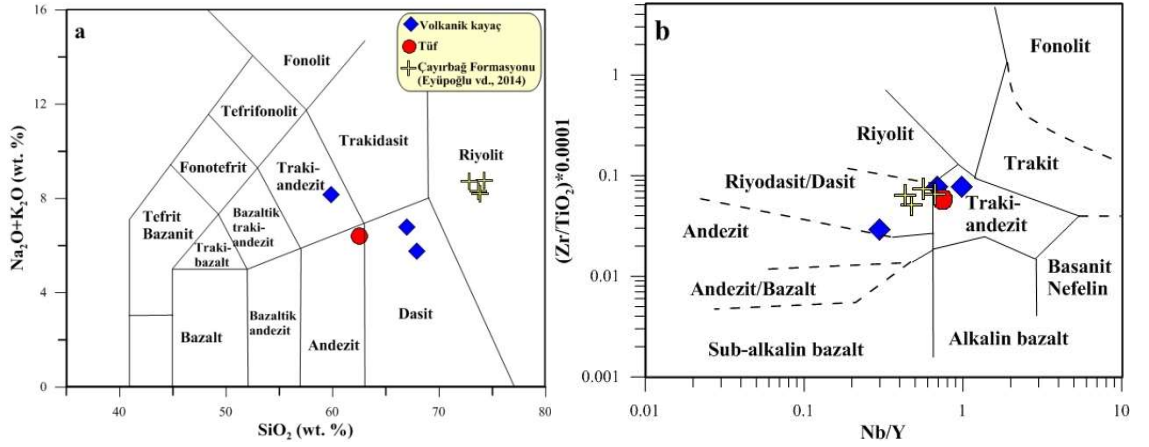
Bu bölümde, cevherleşmeye ev sahipliği yapan Üst Kretase yaşlı volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri ve jeotektonik ortamı değerlendirilmiştir. Ayrıca, jeokimya sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla, jeokimyasal tanımlamalarda Çayırbağ Formasyonu'na ait 4 adet örneğin jeokimya sonucu kullanılmıştır. Üst Kretase'de oluşmuş ikinci felsik volkanizma ürünü olan Çayırbağ Formasyonuna ait veriler Eyüpoğlu vd. (2014)'den alınmıştır [4]. Çalışma alanı içerisinde hidrotermal alterasyondan az etkilenmiş 4 adet volkanik kayaç örneğinin ana oksit ve bazı iz ve nadir toprak element sonuçları Tablo 4.1'de sunulmuştur. Volkanik kayaçlarda SiO₂ % 58.86-67.9, Al₂O₃ % 15.79-17.36, TiO₂ % 0.19 - 0.54, Na₂O % 0.95-2.39, K₂O % 4.82-5.76, Fe₂O₃ % 1.96-7.09, MgO % 1.31-2.29, Ni 2.5-9.6 ppm, Sr 93.6-413.4 ppm, Zr 145.7-178.2 ppm ve Ba 744-2431 ppm arasında değişir.

4.1.1 Volkanik kayaçların sınıflandırılması

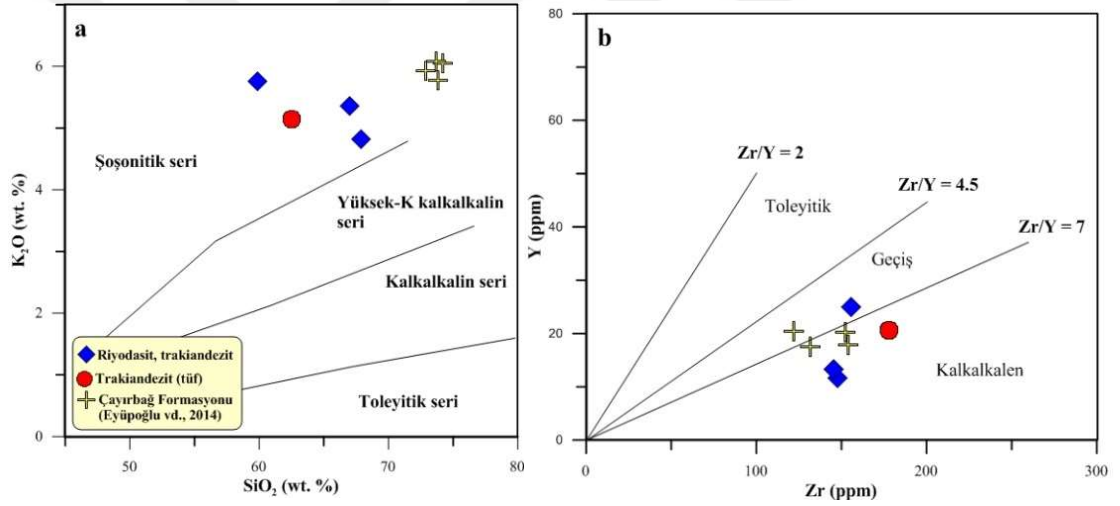
Üst Kretase yaşlı hipokristalin porfirik dokulu volkanik ve kristal tüf kayaç örnekleri toplam alkaliye (Na₂O+K₂O) karşı SiO₂ diyagramında, dasit, trakiandezit ve andezit alanlarına düşer (Şekil 4.1 a). Çayırbağ Formasyonu ise riyolit alanına düşer. Çalışma alanındaki volkanik kayaçlarda ikincil kuvars, serisit ve klorit yaygın gözlenen alterasyon ürünleridir. Kayaçlarda gelişen bu hidrotermal alterasyonlar nedeniyle bileşimsel olarak SiO₂, Na₂O, K₂O ve MgO içeriklerinin değiştiği söylenebilir. Bu nedenle jeokimyasal ve petrolojik tanımlamalarda hareketsiz veya daha az hareketli davranan Zr, Ti, Nb, Ga, Ni, P ve Th gibi bazı iz elementlerin kullanılması önerilmektedir [32]. Çalışma alanındaki volkanik kayaç ve Çayırbağ Formasyonuna ait örnekler, Winchester ve Floyd (1977)'in (Zr/TiO₂)*0.0001 karşı Nb/Y diyagramında sınıflandırıldığında tamamı riyodasit/dasit ve trakiandezit bileşiminde olduğu gözlenir [33] (Şekil 4.1 b). Riyodasit/dasit ve trakiandezit bileşimli kayaçlar K₂O karşı SiO₂ diyagramında tamamı şoşonitik seri alanına düşer (Şekil 4.2). Örneklerin tamamı Zr karşı Y diyagramında incelendiğinde iki adet örnek toletiyik ile kalkalkalen arasında geçiş karakterli ve geneli kalkalkalen karakterlidir (Şekil 4.2 b).

Tablo 4.1 İnler Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayaçlarına ait ana oksit (%) ve bazı iz (ppm) element içerikleri

| Örnek No | A-15 | A-16 | B-1 | A-6 |
|--------------------------------|--------|--------|---------|---------|
| SiO ₂ | 67.90 | 67.00 | 59.86 | 62.51 |
| TiO ₂ | 0.19 | 0.19 | 0.54 | 0.31 |
| Al ₂ O ₃ | 15.80 | 15,75 | 15,79 | 17.36 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.97 | 1.96 | 7.09 | 3.79 |
| MnO | 0.04 | 0.04 | 0.53 | 0.08 |
| MgO | 1.85 | 1.94 | 2.29 | 1.31 |
| CaO | 1.94 | 1.80 | 1.87 | 3.68 |
| Na ₂ O | 0.95 | 1.43 | 2.39 | 1.27 |
| K ₂ O | 4.82 | 5.36 | 5.76 | 5.14 |
| P ₂ O ₅ | 0.07 | 0.07 | 0.10 | 0.16 |
| V ₂ O ₅ | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| A.Z | 3.84 | 3.81 | 3.72 | 3.97 |
| Toplam | 99.38 | 99.35 | 99.97 | 99.59 |
| Co | 31.70 | 25.50 | 51.80 | 23.00 |
| Ni | 3.70 | 4.80 | 9.60 | 2.50 |
| Cu | 8.60 | 4.60 | 0.60 | 13.80 |
| Zn | 25.80 | 26.20 | 201.10 | 53.70 |
| Ga | 14.20 | 13.40 | 16.50 | 13.40 |
| Ge | 1.10 | 1.10 | 1.00 | 0.70 |
| As | 6.00 | 9.10 | 28.10 | 9.00 |
| Se | 0.40 | 0.60 | 0.60 | 0.30 |
| Br | 0.20 | 0.20 | 0.30 | 0.20 |
| Rb | 177.50 | 178.80 | 108.00 | 147.80 |
| Sr | 137.00 | 160.00 | 93.60 | 413.40 |
| Y | 11.60 | 13.20 | 24.90 | 20.60 |
| Zr | 147.80 | 145.70 | 155.70 | 178.20 |
| Nb | 8.00 | 13.00 | 7.40 | 15.40 |
| Cd | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.90 |
| Sb | 1.50 | 0.70 | 0.90 | 0.80 |
| Te | 1.10 | 1.20 | 1.30 | 1.20 |
| Cs | 2.90 | 3.70 | 13.60 | 3.70 |
| Ba | 744.00 | 844.10 | 2431.00 | 1128.00 |
| La | 19.80 | 19.90 | 26.60 | 33.00 |
| Ce | 44.80 | 47.10 | 36.30 | 72.60 |
| Hf | 1.40 | 30.00 | 2.30 | 6.40 |
| Ta | 5.40 | 5.30 | 2.30 | 3.50 |
| Bi | 0.50 | 0.50 | 0.40 | 0.60 |
| Th | 18.60 | 18.90 | 7.50 | 24.00 |



Şekil 4.1 İner Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayaların (a) $\text{NaO}+\text{K}_2\text{O}$ karşı SiO_2 [34], (b) $(\text{Zr}/\text{TiO}_2) \cdot 0.0001$ karşı Nb/Y [33] diyagramında sınıflandırılması

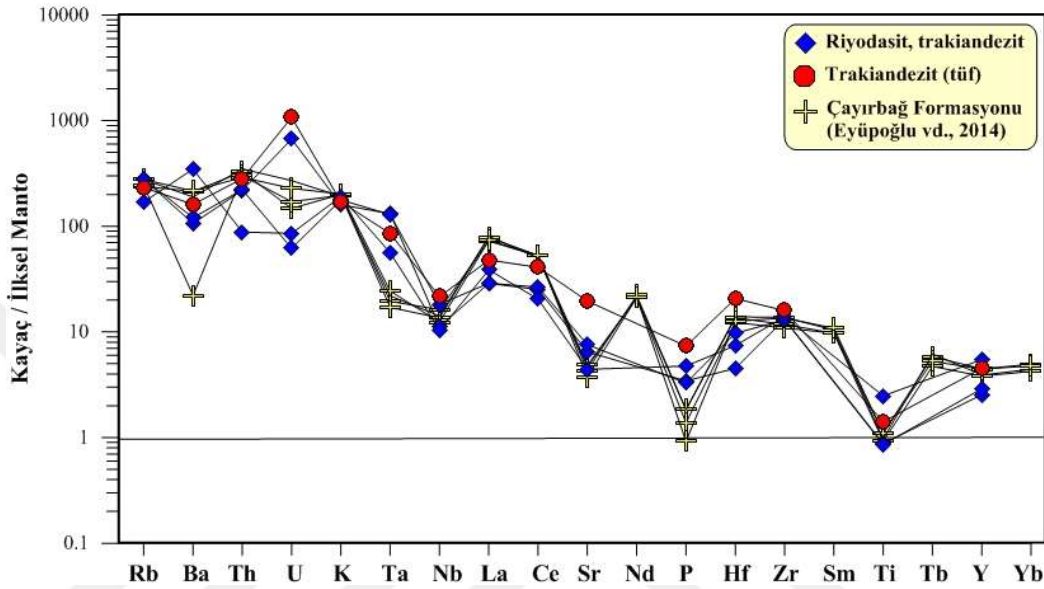


Şekil 4.2 İner Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayaların (a) K_2O karşı SiO_2 [35], (b) Zr karşı Y diyagramında sınıflandırılması (Toleyitik-geçiş-kalkalkalen ayırım çizgileri [36]'dan alınmıştır)

4.1.2 Volkanik kayaların çoklu element jeokimyası

İnceleme alanına ait riyodasit/dasit ve trakiandezit bileşimli volkanik kayaların ilksel mantoya göre normalize edilmiş diyagramları Şekil 4.3'de verilmiştir. Ayrıca, jeokimyasal olarak benzer özellikler sunan Çayırbağ Formasyonuna ait iz element içerikleri [4] kullanılmıştır. Bölgedeki volkanik kayaların ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element yönelimlerinin Çayırbağ Formasyonu ile oldukça uyumluluk sunduğu gözlenir (Şekil 4.3). Büyük iyon çaplı litofil elementler (LILE; Rb, Ba, Th, ve K) kalıcılığı yüksek elementlere (HFSE; Ta, Nb, Ce, Hf, Y, Zr ve Ti) göre

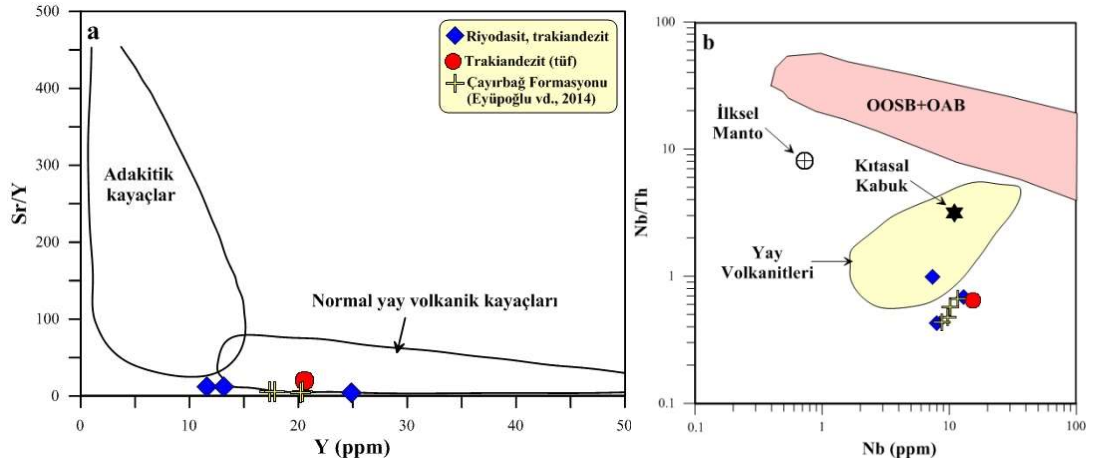
daha fazla zenginleşmiştir. Kayaçların yüksek Rb, Ba ve K içerikleri kıtasal kırıltilme ve magma karışımına (hibrit magma) işaret eder. Nb, Ta ve Ti'nin tüketilme eğilimi sunması ise kayaçları oluşturan magmanın yitim zonu ile ilişkili tektonik yerleşimden türediğine işaret eder [37].



Şekil 4.3 İner Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayaçları ve Üst Kretase Çayırbağ Formasyonu kayaçlarının [4] ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramları (ilksel manto normalize değerleri [38]'den alınmıştır)

4.1.3 Volkanik kayaçların tektonik ortamı

Bütün volkanik kayaçlarda zenginleşen LIL ve fakirleşen HFS elementleri ve göreceli negatif Nb, Ta ve Ti anomalileri, kayaçları oluşturan magmanın dalma-batma süreciyle geliştiğine işaret eder [37]. Çalışma alanındaki volkanik kayaçların tektonik ortamının belirlenmesinde Y karşı Sr/Y ve Nb karşı Nb/Th diyagramları kullanılmıştır (Şekil 4.4). Her iki diyagramda da bölgedeki volkanik kayaçlar, yay volkanitleri alanı ve yakınına düşer.

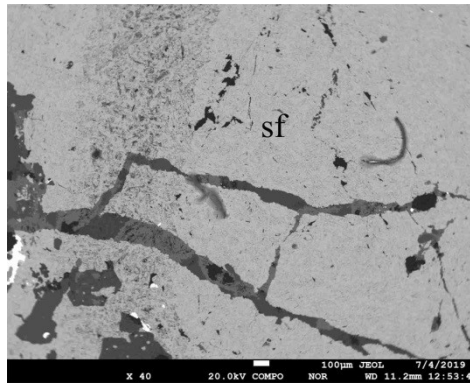


Şekil 4.4 İner Yaylası civarındaki Üst Kretase volkanik kayalarının (a) Y karşı Sr/Y [39], ve (b) Nb karşı Nb/Th [40] tektonik ayırtman diyagramlarında gösterilmesi (ilkse manto [41]; yay volkanitleri, kıtasal kabuk ve OOSB+OAB [42]’den alınmıştır)

4.2 Cevher Mineral Kimyası Çalışmaları

4.2.1 Sfaleritlerin kimyasal kompozisyonu

İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağında tenör bakımından birinci öneme sahip sfalerit I. Fazda gelişmiştir. Sfaleritler kataklastik yapı sunarlar (Şekil 4.5). II. fazın mineralleri (galen ve kp II) sfaleritlerin kırıklarını doldurarak ve onları ornatarak gelişmiştir. Bu mineralde Mortaş ve 1. zondan toplam 32 noktada EPM analizi gerçekleştirilmiş ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.2’de sunulmuştur. Sfaleritler, ana elementin yanı sıra iz element olarak Fe (%0.06-2.84; ort. % 2.01), Cd (%0.29-0.52; %0.36), Mn (%0-0.14; ort. %0.10) ve Cu (%0-1.58; ort. %0.25) elementleri içerirler.



Şekil 4.5 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki 1. Zona ait sfaleritin SEM görüntüsü

Sfaleritlerin kompozisyonları cevherin oluşum koşulları ve kökeni hakkında önemli bilgiler verir [43-47]. Di Benedetto vd. (2005)'e göre sfaleritin bileşimindeki değişimler mineralin depolanma sonrası dengelenme koşullarından ziyade mineralin kristalizasyonu esnasındaki fizikokimyasal koşulları yansıtır [46]. Sfaleritlerde yapılmış deneysel çalışmalar, sıcaklık artışı ile FeS içeriğinin %60 mol'a kadar, yüksek sıcaklık ve basınç koşullar altında ise CdS ve MnS içeriklerinin %20 mol'a kadar yükseldiğini göstermiştir [45]. İler Yaylasındaki sfaleritlerin ana elementi olan Zn dışında Fe, Mn ve Cd içeriklerine bakıldığında, düşük Mn (ort. %0.25) ve Cd (ort. %0.34) ve Fe (ort. %2.66) içerikleri sfaleritlerin düşük sıcaklık ve basınç altında kristallendiğine işaret eder [45]. Sfaleritlerdeki Zn ile Fe, Cu, Cd ve Mn elementleri arasındaki korelasyonlara bakıldığında ise en iyi korelasyonun Fe ($R^2=-0.83$) ve Cu ($R^2=0.69$) arasında olduğu gözlenir (Şekil 4.6). Mortaş ve I. Zona ait sfaleritler üzerinde aynı noktalarda yapılan element analizleri, bazı noktalarda Fe ve Cu'nun birlikte zenginleştiğini göstermiştir (Şekil 4.7). Sfaleritler içerisinde çok az noktada Fe ve Cu'nun birlikte zenginleşmesi benekli kalkopirit ayrılımlarından ileri geldiği söylenebilir ve petrografik çalışmaları desteklemektedir. Diğer noktalarda ise düşük Mn, Cd ve Cu içerikleri doğrusal bir dağılım sunarken Fe içeriklerinde kısmen artışlar gözlenir (Şekil 4.7).

Sfaleritlerde Mn, Cd ve Cu içeriklerinin değişmemesi sfaleritlerin homojen bir hidrotermal çözeltiden çökeldiğini [46] ve kristallenme sürecinde fizikokimyasal süreçlerin değişmediğine işaret eder [48]. Ancak, sfaleritlerde gözlenen Fe ile Zn arasındaki negatif korelasyon ($R^2=-0.83$) (Şekil 4.6 a), sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Fe'in Zn'nun yerini alması ve artan Fe içeriği ile oluşum sıcaklıklarının artışı ile açıklanabilir [43]. Gökçe ve Bozkaya (2003) tarafından I. Faz mineralizasyonu için düşük-orta (277-377°C) sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Sfaleritlerin kimyasal kompozisyonundan elde edilen verilerin ölçülen bu sıcaklık değerleri ile uyumluluk sunduğu söylenebilir.

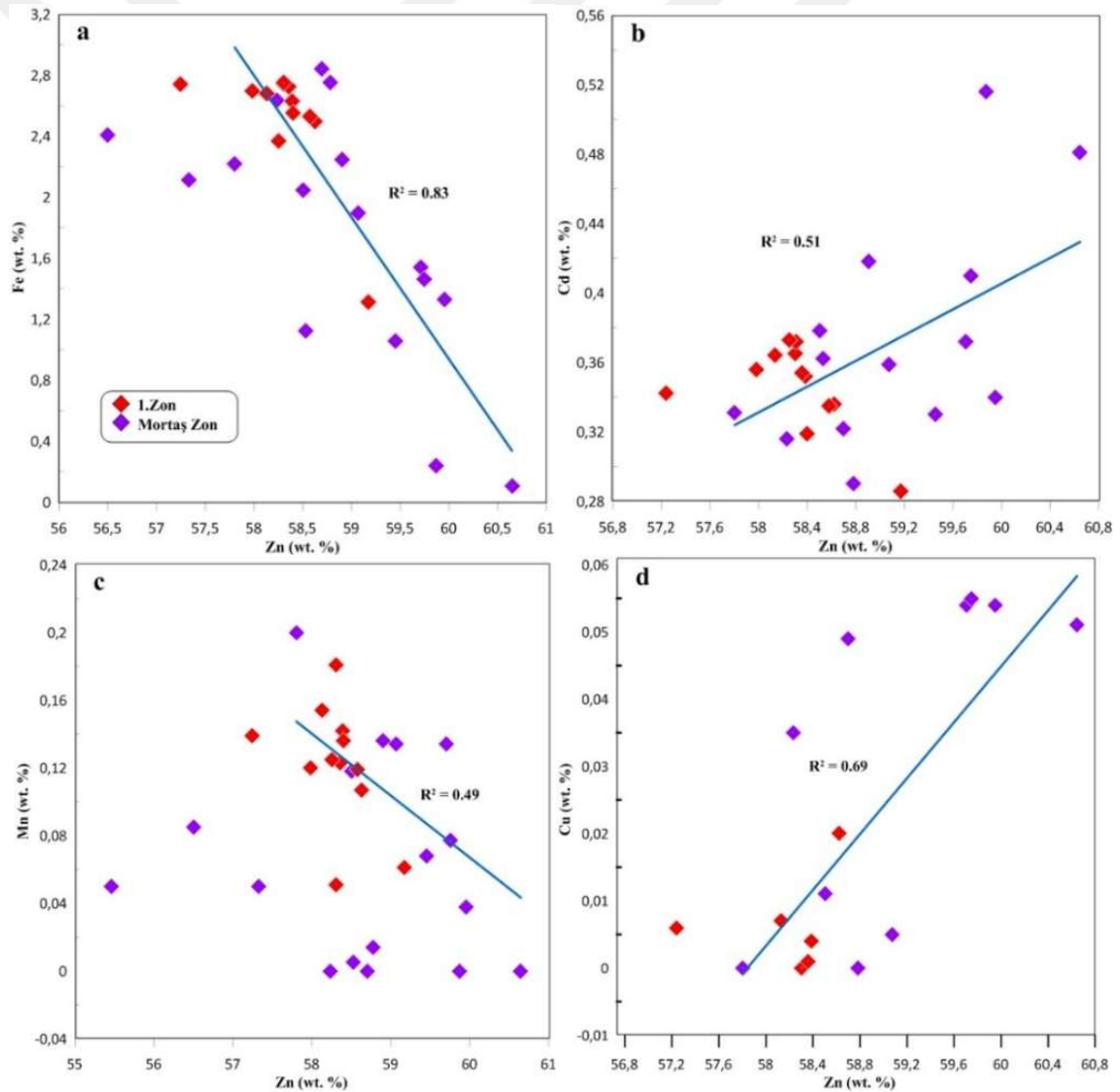
Tablo 4.2 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki farklı zonlara ait sfaleritin elektron prob mikroanaliz sonuçları (%)

| ZON | MORTAŞ ZONU | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Örn.No | 25/1-1 | | | | | | | 25/1-2 | | | | | 25/1-3 | | | | | |
| Nok.No | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| S | 31.76 | 31.78 | 32.60 | 31.60 | 31.84 | 31.89 | 32.25 | 25.42 | 32.09 | 31.57 | 31.68 | 31.94 | 31.76 | 31.72 | 32.00 | 31.97 | 32.59 | 32.39 |
| Fe | 2.41 | 2.12 | 2.25 | 2.05 | 1.89 | 1.54 | 1.46 | 0.06 | 0.24 | 2.22 | 1.06 | 0.11 | 2.43 | 1.13 | 1.33 | 2.63 | 2.84 | 2.75 |
| Cu | 1.58 | 1.29 | 0.25 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.22 | 0 | 0.65 | 0.05 | 1.65 | 0.85 | 0.05 | 0.04 | 0.05 | 0 |
| Pb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33.72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zn | 56.50 | 57.33 | 58.90 | 58.50 | 59.07 | 59.71 | 59.75 | 40.28 | 59.87 | 57.80 | 59.45 | 60.65 | 55.46 | 58.53 | 59.95 | 58.23 | 58.69 | 58.78 |
| As | 0.02 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0.05 | 0.01 | 0.04 | 0 | 0 | 0.01 |
| Ag | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0.02 | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cd | 0.40 | 0.40 | 0.42 | 0.38 | 0.36 | 0.37 | 0.41 | 0.41 | 0.52 | 0.33 | 0.33 | 0.48 | 0.35 | 0.36 | 0.34 | 0.32 | 0.32 | 0.29 |
| Sb | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 |
| Au | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0 |
| Mn | 0.09 | 0.05 | 0.14 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.08 | 0.01 | 0 | 0.2 | 0.07 | 0.01 | 0.03 | 0 | 0.17 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |
| Top. | 92.77 | 92.98 | 94.56 | 92.65 | 93.31 | 93.69 | 94.05 | 100.0 | 92.99 | 92.12 | 93.26 | 93.24 | 91.72 | 92.60 | 93.89 | 93.34 | 94.63 | 94.36 |
| Zn/Cd | 143.0 | 142.6 | 140.9 | 154.8 | 164.6 | 160.5 | 145.7 | 98.9 | 116.0 | 174.6 | 180.2 | 126.1 | 159.4 | 161.7 | 176.3 | 184.3 | 182.3 | 202.7 |

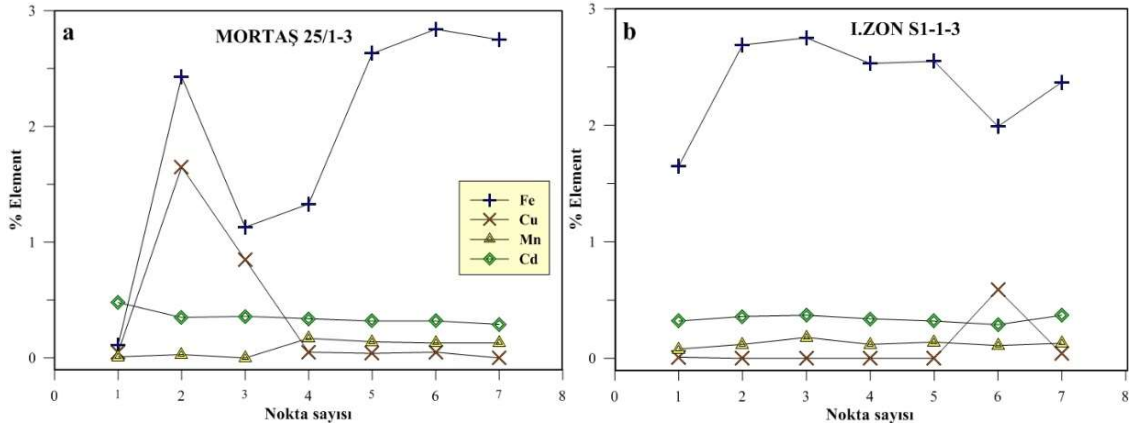
Tablo 4.2 devam

| ZON | 1.ZON | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Örn.No | S1/1-2 | | | | | | | S1/1-3 | | | | | | |
| Nokta no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| S | 33.02 | 32.90 | 32.42 | 32.85 | 33.17 | 31.44 | 32.51 | 29.45 | 32.45 | 32.94 | 32.78 | 32.95 | 30.87 | 33.08 |
| Fe | 2.68 | 2.74 | 1.31 | 2.63 | 2.72 | 2.74 | 2.49 | 1.65 | 2.69 | 2.75 | 2.53 | 2.55 | 1.99 | 2.37 |
| Cu | 0.01 | 0 | 0.51 | 0.004 | 0.001 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.59 | 0.04 |
| Pb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zn | 58.13 | 58.30 | 59.17 | 58.39 | 58.36 | 57.24 | 58.62 | 57.51 | 57.98 | 58.31 | 58.58 | 58.40 | 57.04 | 58.25 |
| As | 0.03 | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.05 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 | 0 |
| Ag | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0.02 | 0.002 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 0.01 | 0.003 |
| Cd | 0.36 | 0.37 | 0.29 | 0.35 | 0.35 | 0.34 | 0.34 | 0.32 | 0.36 | 0.37 | 0.34 | 0.32 | 0.29 | 0.37 |
| Sb | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.004 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0.01 |
| Au | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mn | 0.15 | 0.05 | 0.06 | 0.14 | 0.12 | 0.14 | 0.11 | 0.08 | 0.12 | 0.18 | 0.12 | 0.14 | 0.11 | 0.13 |
| Top. | 94.39 | 94.37 | 93.77 | 94.37 | 94.74 | 91.95 | 94.14 | 89.04 | 93.60 | 94.55 | 94.35 | 94.36 | 90.90 | 94.24 |
| Zn/Cd | 159.7 | 159.7 | 206.9 | 165.87 | 164.9 | 167.4 | 174.5 | 177.5 | 162.9 | 156.7 | 174.9 | 183.1 | 195.4 | 156.2 |

Sfaleritlerde yapılan mineral kimyası çalışmaları sonucu farklı tipteki yatakların Zn/Cd oranlarının farklılık sunduğu fark edilmiştir. Hidrotermal tip yataklarda bu oran 104-214 arasındadır [44]. Gottesman ve Kampe (2007) göre ise bazaltik kayalara bağlı yataklarda sfaleritlerin Zn/Cd oranları 477'nin üzerinde iken andezit ve granitik magmatizması ile ilişkili hidrotermal yataklarda bu oran sırasıyla 328-427 arasında ve 250'nin altındadır [47]. İnler Yaylası Pb-Zn yatağında ise Zn/Cd oranı 98.9-206.9 (ort. 171.45) arasında olup (Tablo 4.2) cevherleşmenin granitik magmatizması ile ilişkili gelişmiş bir hidrotermal tip yatak olduğu söylenebilir.



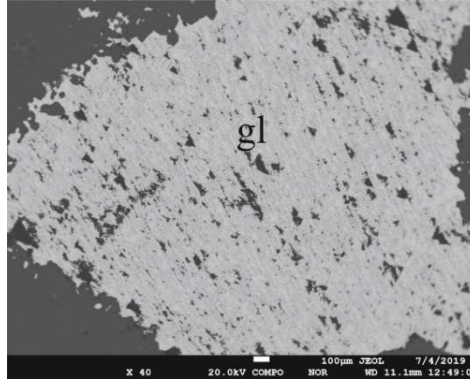
Şekil 4.6 İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki sfaleritlerin (a) Zn - Fe; (b) Zn - Cd; (c) Zn - Mn; ve (d) Zn - Cu diyagramlarında gösterimi



Şekil 4.7 (a) Mortaş ve (b) I. Zona ait sfaleritlerin noktasal analizleri

4.2.2 Galenlerin kimyasal kompozisyonu

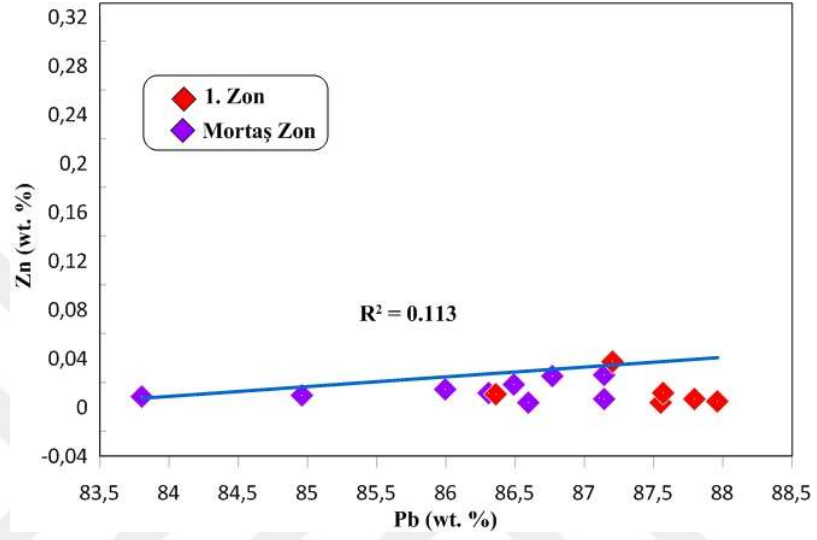
İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağında tenör bakımından ikinci öneme sahip olan galen II. Fazda gelişmiştir. Galenler, sfalerit ve piritlerin (pr II) kırıklı yapısı içerisinde oluşum sunarlar ve üçgen çukurlukları ile karakteristiktir (Şekil 4.8). Bu mineralde Mortaş ve 1. Zondan toplam 23 noktada EPM analizi gerçekleştirilmiş ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.3’de sunulmuştur.



Şekil 4.8 İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki 1. Zona ait galenin SEM görüntüsü

Galenlerde ana bileşeni olan Pb, S haricinde mineralin bünyesindeki Fe, Cu, Zn, As, Ag, Cd, Sb, Au element bollukları araştırılmıştır. Toplam 23 analizde Fe (%0-0.1; ort. %0.02), Zn (%0-0.34; ort. %0.08) Ag (%0-0.04; ort. %0.02), Au (%0-0.01; ort. %0.003), Sb (%0-0.01; ort. %0.005) içerikleri oldukça düşüktür. Diğer elementler (Cu, As, Cd ve Mn) ise dedeksiyon limitlerinin altındadır. Bu sonuçlara göre galenlerin

çoğunlukla iz element bakımından fakir oldukları gözlenir. İz element bakımından kısmen zenginleşme gösteren Zn ile Pb arasındaki korelasyonlara bakıldığında ise herhangi bir ilişki gözlenmemiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki galenlerin Pb - Zn diyagramında gösterimi

Tablo 4.3 İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki farklı zonlara ait galenlerin elektron prob mikroanaliz sonuçları (%)

| ZON | 1. ZON | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Tip | II | | | | | | | | II | | | | |
| Örn.No | S/1-1-1 | | | | | | | | S/1-1-3 | | | | |
| Nokta no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| S | 13.09 | 13.19 | 13.15 | 13.32 | 13.11 | 13.36 | 13.33 | 13.38 | 13.13 | 13.27 | 13.36 | 13.19 | 13.25 |
| Fe | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.1 | 0 | 0.09 | 0.01 | 0.03 |
| Cu | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0 |
| Pb | 87.55 | 86.36 | 87.97 | 87.11 | 87.57 | 87.79 | 86.58 | 87.21 | 84.94 | 86.68 | 87.27 | 87.88 | 87.14 |
| Zn | 0.003 | 0.01 | 0.004 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.04 | 0.34 | 0.22 | 0.42 | 0.24 | 0.32 |
| As | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 | 0 | 0 | 0.03 | 0.02 | 0 | 0.04 |
| Ag | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.004 |
| Cd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sb | 0.001 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0 | 0 | 0.01 | 0.02 | 0 | 0.003 |
| Au | 0 | 0 | 0.001 | 0.02 | 0.01 | 0 | 0 | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 |
| Mn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0 |
| Toplam | 100.69 | 99.61 | 101.18 | 100.49 | 100.74 | 101.22 | 99.98 | 100.68 | 98.51 | 100.22 | 101.21 | 101.34 | 100.79 |

Tablo 4.3 devam

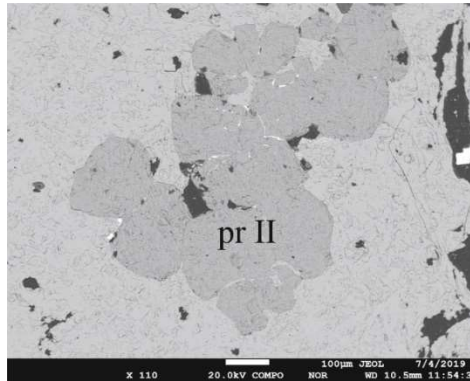
| ZON | MORTAŞ ZONU | | | | | | | | | |
|----------|-------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| Tip | II | | | | | II | | | | |
| Örn.no | 25/1-2 | | | | | 25/1-3 | | | | |
| Nokta no | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| S | 13.19 | 13.05 | 12.96 | 13.34 | 13.06 | 13.22 | 13.08 | 13.09 | 13.13 | 13.21 |
| Fe | 0.003 | 0.003 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.01 |
| Cu | 0 | 0 | 0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pb | 87.15 | 85.99 | 84.96 | 86.74 | 83.80 | 86.49 | 86.31 | 87.14 | 86.77 | 86.59 |
| Zn | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.003 |
| As | 0 | 0.01 | 0 | 0.02 | 0.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 |
| Ag | 0.01 | 0.004 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0 | 0 | 0.02 | 0 | 0.01 |
| Cd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sb | 0 | 0.01 | 0 | 0.004 | 0.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.002 |
| Au | 0 | 0.01 | 0.002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.01 |
| Mn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Toplam | 100.36 | 99.10 | 98.02 | 100.15 | 96.92 | 99.76 | 99.40 | 100.29 | 99.94 | 99.84 |

4.2.3 Piritlerin kimyasal kompozisyonu

İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki piritler, I. Fazda iri taneli ve kataklastik dokuda, II. Fazda küçük taneli ve öz şekilli, III Fazda ise framboidal dokuda gelişmiştir. Pirit, sertliği yüksek bir mineral olması nedeniyle deformasyonlardan fazla etkilenir. Sıcaklık ve basınç koşullarına bağlı olarak piritlerde gelişen deformasyon dokuları ile yatağın tektonik gelişimi arasında bir ilişkinin olduğu bazı çalışmalarda vurgulanmıştır [49-51]. Piritlerde deformasyon dokularının gözlenmesi ve farklı fazlarda tekrarlanmış olması, yatağın oluşumu süresince süreklilik gösteren deformasyonların geliştiğine işaret eder [48,51].

Piritler üzerinde sadece ikinci fazı karakterize eden piritlerde (pr II) EPM analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.10). Bakır Zonuna ait pr II'de toplam 8 noktada EPM analizi yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 4.4'de sunulmuştur.

Piritlerin ana bileşeni olan Fe ve S dışında mineralin bünyesindeki diğer element (Cu, As, Pb, Ag, Au ve Zn) bollukları araştırılmıştır (Tablo 4.4). Analiz sonuçlarına göre piritlerin önemli miktarda iz element içermediği belirlenmiştir. Mineral içerikleri sırasıyla, Cu; %0-0.19 (ort. %0.05), As; %0.01-0.09 (ort. %0.05), Ag; %0-0.02 (ort. %0.06), Au; %0-0.01 (ort. %0.005) ve Zn; %0-0.04 (ort. %0.014) arasında değişmektedir. Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre piritlerin As ve Au içerikleri oldukça düşüktür ve bu iki element arasında herhangi bir korelasyon gözlenmemektedir (Şekil 4.11a). Benzer tip çalışmalarda piritlerdeki düşük Au içeriği As içeriğinin düşük olması ile ilişkilendirilmiştir [48,52].

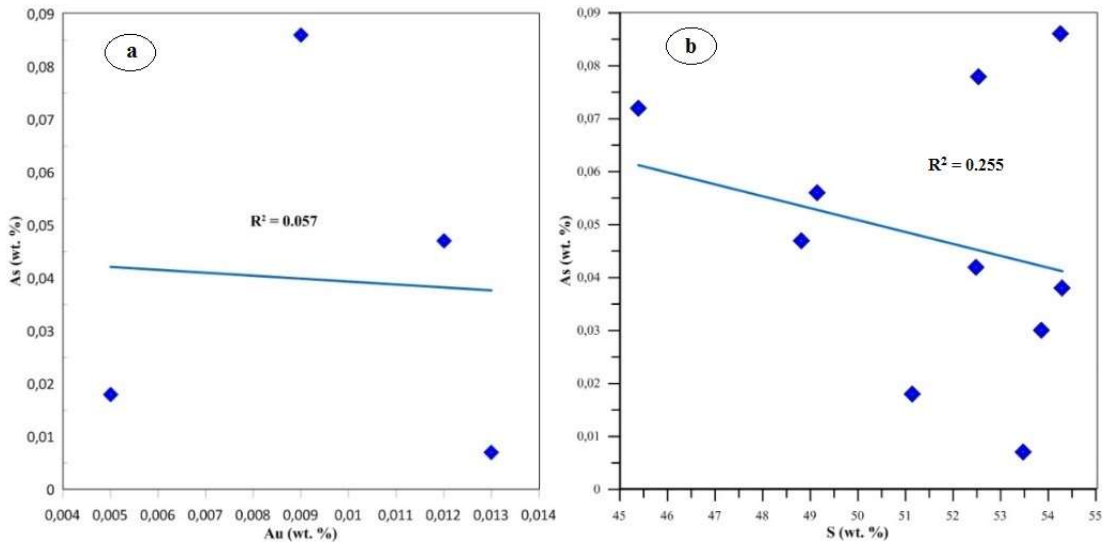


Şekil 4.10 İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki Bakır Zonuna ait piritin SEM görüntüsü

Tablo 4.4 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki piritlerin elektron prob mikroanaliz sonuçları (%)

| ZON | BAKIR ZONU | | | | | | | |
|----------|------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Tip | II | | | | II | | | |
| Örnek no | 8-1 | | | | 8-2 | | | |
| Nokta no | 2 | 3 | 4 | 6 | 1 | 2 | 4 | 5 |
| S | 53.48 | 54.29 | 48.81 | 54.26 | 51.15 | 52.47 | 52.53 | 53.86 |
| Fe | 46.32 | 46.78 | 45.59 | 46.60 | 45.83 | 45.35 | 46.60 | 46.59 |
| Cu | 0.03 | 0.05 | 0 | 0 | 0.05 | 0.10 | 0.19 | 0 |
| Pb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zn | 0.001 | 0 | 0.04 | 0.002 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.02 |
| As | 0.01 | 0.04 | 0.05 | 0.09 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.03 |
| Ag | 0.01 | 0.002 | 0.01 | 0.002 | 0 | 0 | 0.02 | 0 |
| Cd | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 | 0.002 | 0 |
| Sb | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 0 | 0 | 0.001 | 0.002 | 0.02 |
| Au | 0.01 | 0 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 | 0 |
| Mn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Toplam | 99.86 | 101.16 | 94.52 | 100.96 | 97.08 | 97.98 | 99.45 | 100.52 |

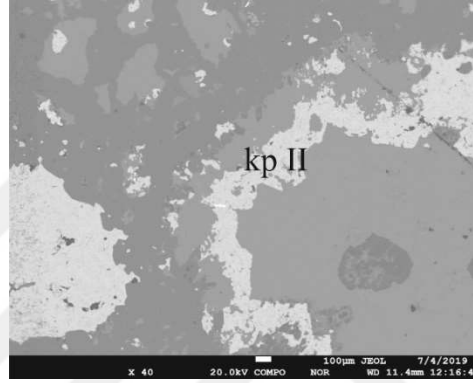
Zacharias vd. (2004) tarafından $Fe(As_xS_{1-x})_2$ bağıntısına uygun olarak piritlerde As içeriğinin artışı ile S miktarının düştüğü ileri sürülmüştür [52]. İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki piritlerde ise As ve S arasında benzer bir ilişki bahsedilemez (Şekil 4.11b). Bölgedeki piritlerin Au bakımından fakir olması, piritlerde Au'nun çözünürlüğünü artıracak düzeyde As bulunmaması ile açıklanabilir [48].



Şekil 4.11 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki piritlerin (a) Au - As; (b) S - As diyagramlarında gösterimi

4.2.4 Kalkopiritlerin kimyasal kompozisyonu

İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki kalkopiritler, I. Fazda sfalerit içerisinde benekli ayrılımlar şeklinde (kp I), II. Fazda ise sfalerit ve galeni sınırları boyunca kuşatarak ve/veya bu mineralleri ornatarak (kp II) gelişmiştir. Kalkopiritler üzerinde sadece ikinci fazı karakterize eden kalkopiritlerde (kp II) EPM analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.12). Bakır Zonuna ait kp II’de toplam 7 noktada EPM analizi yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 4.5’de sunulmuştur.



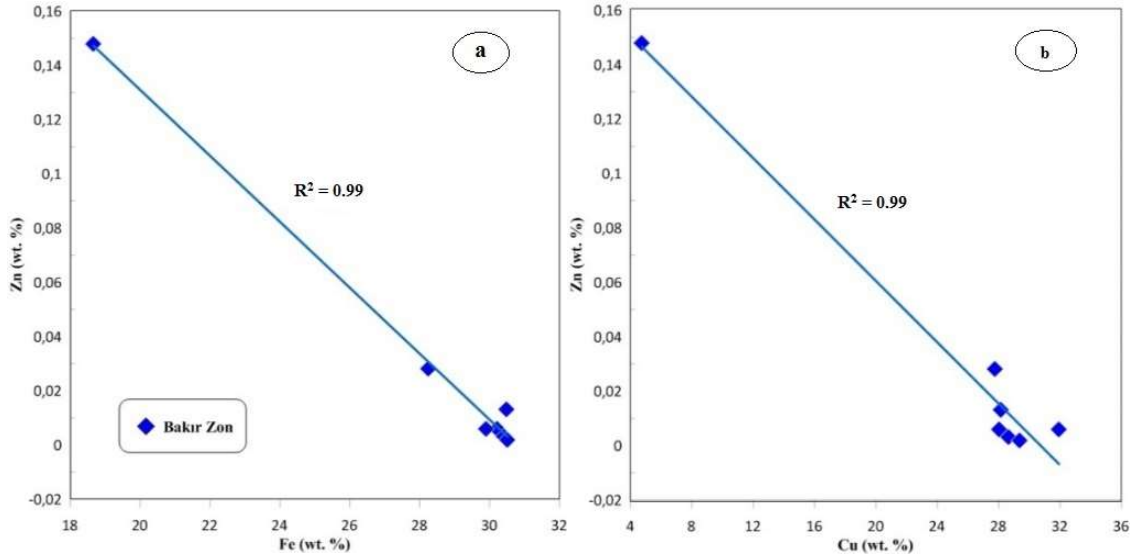
Şekil 4.12 İnler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki Bakır Zonuna ait kalkopiritin SEM görüntüsü

Kalkopiritlerde ana bileşeni olan Fe, Cu ve S’ün dışında mineralin bünyesindeki diğer element bollukları (Pb, Zn, As, Ag, Cd, Sb, Au, Mn) araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Zn (%0-0.01; ort. %0.005), As (%0-0.09; ort. %0.05), Ag (0-0.001), Cd (%0-0.02; ort. %0.004), Sb (%0-0.01) içerikleri oldukça düşüktür. Diğer elementler (Pb, Au, Mn) ise dedeksiyon limitlerinin altındadır. Bu sonuçlara göre kalkopiritlerin çoğunlukla iz element bakımından fakir olduğu gözlenir.

Tablo 4.5 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki kalkopiritlerin elektron prob mikroanaliz sonuçları (%)

| ZON | BAKIR ZONU | | | | | | |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tip | II | | | | | | |
| Örnek no | 8-3 | | | | | | |
| Nokta no | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| S | 34.22 | 34.24 | 34.56 | 34.19 | 33.57 | 34.31 | 34.33 |
| Fe | 30.28 | 30.21 | 30.41 | 30.49 | 29.89 | 30.50 | 30.52 |
| Cu | 29.35 | 28.03 | 28.63 | 28.13 | 31.93 | 29.13 | 29.34 |
| Pb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Zn | 0 | 0.01 | 0.003 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0.002 |
| As | 0.03 | 0.09 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.07 | 0 |
| Ag | 0 | 0.001 | 0.001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cd | 0.01 | 0 | 0.001 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0.02 |
| Sb | 0 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0.003 | 0.001 | 0 |
| Au | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.02 | 0 |
| Mn | 0 | 0 | 0 | 0.01 | 0 | 0 | 0 |
| Toplam | 93.88 | 92.59 | 93.63 | 92.88 | 95.47 | 94.04 | 94.21 |

Kalkopiritlerde Fe-Zn ($R^2=-0.99$) ve Cu-Zn ($R^2=-0.99$) arasında negatif korelasyon belirlenmiştir (Şekil 4.13). Kalkopiritlerin bileşiminde bulunan Zn'nun Fe ve Cu ile değiş-tokuş yaptığı söylenebilir. Bakır zonuna ait 8-3 nolu örnekte (Şekil 3.7 a) gözlenen böyle bir ilişki, sfaleriti kuşatan kalkopirit (kp II) ile sfalerit arasındaki iyon alış verişi ile açıklanabilir.



Şekil 4.13 İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağındaki kalkopiritlerin (a) Fe - Zn ve (b) Cu - Zn diyagramlarında gösterimi

5. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğu Pontidler'in Güney Zonunda yer alan İner Yaylası (Şebinkarahisar, Giresun) Pb-Zn-(Cu) yatağının jeolojisi, mineralojisi ve kökenini araştırmaya yönelik iki galeride ve altı cevherli zonda (Mortaş Zonu, Kuzey Zon, 1. Zon, Bakır Zonu, 2. Zon ve 4. Zon) yürütülmüş araştırmaların sonuçları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1. Cevherleşmenin geliştiği bölgede alttan üste doğru Üst Kretase yaşlı riyodasit/dasitik ve andezitik kayalar ve onların piroklastik kayaları ile karbonatlı kumtaşları yüzeylemektedir. Bu birimler denizel ortamda gelişmiş volkanizma ürünlerine işaret eder.
2. İner Yaylası Pb-Zn-(Cu) cevherleşmesi riyodasit/dasitik ve andezitik kayalar içerisinde baskın KD-GB doğrultulu kırık hatlar boyunca ve masif damar, mercer ve saçınımlı tipte gelişmiştir.
3. Bölgede, hidrotermal çözeltilerin işlevleri sonucu yan kayada silisleşme, serisitleşme, kloritleşme, epidotlaşma, karbonatlaşma ve hematitleşme gibi alterasyon ürünleri gelişmiştir. Baskın bir zonlanma sunmayan bu alterasyon ürünleri hidrotermal çözeltilerin orta ve düşük sıcaklığa sahip olduğuna işaret eder.
4. Çalışma sahasında cevher damarlarından alınan örneklerde yapılan mikroskobik analizler sonucu cevherleşmenin mineral parajenezinin bolluk sırasına göre sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, bornit, fahlerz, kovellin, azurit, hematit ve simitsonitten oluştuğu belirlenmiştir. Kuvars, kalsit ve barit ise cevherleşmeye eşlik eden gang mineralleridir.
5. Bölgedeki cevher minerallerin dokusal (ornatım, ayrılım ve kataklastik) özellikleri ve hidrotermal alterasyon çeşitliği dikkate alındığında hipojen ve süperjen evrelerin geliştiği gözlenir. Hipojen Pb-Zn cevherleşmesi için üç ana faz tanımlanmıştır.
6. I. Fazın cevher mineralleri sfalerit, pirit (pr I), kalkopirit (kp I) ve fahlerz (fh I)'dir. Sfalerit ve pirit (pr I) iri kristalli ve kataklastik dokular sunar. İlk fazda kristallenen minerallerin kataklastik dokular sunması ortamda tektonik bir hareketliliğin geliştiğine işaret eder. Sfalerit içerisindeki kalkopirit (kp I) ve

fahlerz (fh I) ayrılım dokuları ise cevher oluşum sıcaklığının kısmen yüksek olduğunu gösterir.

7. Bölgede tektonik hareketliliğin ardından gelen hidrotermal çözeltiler ile II. Faz cevher mineralleri (galen, pirit; pr II, kalkopirit; kp II, fahlerz; fh II ve bornit) çökelmiştir. II. Fazda gelişen cevherleşme erken oluşan cevher minerallerinin kırıkları boyunca onları kuşatarak ve/veya ornatarak gelişmiştir. I. Faz cevher minerallerine göre, bu fazda gelişmiş piritler ince taneli özşekilli, kalkopirit ve fahlerz ise iri kristallidir.
8. III. Fazda piritler (pr III) taban kayaçlarında yığışmalar şeklinde framboidal dokulu olarak gelişmiştir. Bu piritlerin dokusal özelliği deniz tabanında anoksik bir ortamda ve demirce zengin mineraller ile ötijenik olarak düşük sıcaklık koşullarında geliştiğine işaret eder.
9. Süperjen evrede ise kalkosin, hematit, azurit ve simitsonit gelişmiştir.
10. Cevherleşmeye ev sahipliği yapan Üst Kretase yaşlı volkanik kayaçlar hareketsiz davranan element diyagramlarında sınıflandırılmıştır. Nb/Y – (Zr/TiO₂)*0.0001 diyagramında riyodasit/dasit ve trakiandezit bileşiminde olduğu, Zr – Y diyagramında ise kalk-alkalen ve toleyitik magmatizmasına geçiş özelliği sunduğu belirlenmiştir.
11. Üst Kretase yaşlı riyodasit/dasit ve trakiandezit bileşimli kayaçlar çoklu element diyagramlarında büyük iyon çaplı litofil elementlerce (LILE; Rb, Ba, Th ve K) zenginleştiği, kalıcılığı yüksek elementlerce (Nb, Ta ve Ti) ise tüketildiği gözlenmiştir. İz elementlerin bu yönelimleri, volkanik kayaçları oluşturan magmanın yitim zonu ile ilişkili tektonik yerleşimden türediğine ve hibrit bir magma özelliği taşıdığına işaret eder. Y – Sr/Y ve Nb – Nb/Th tektonik ayırım diyagramlarında ise bölgedeki volkanik kayaçlar yay volkanitleri alanı ve yakınına düşer.
12. İler Yaylası Pb-Zn-(Cu) yatağında cevher minerallerinde yapılan mineral kimyası analiz sonuçlarına göre galen, pirit ve kalkopirit bünyesinde iz element bakımından oldukça fakir olduğu belirlenmiştir. Sfaleritler ise düşük Mn (ort. % 0.25) ve Cd (ort. % 0.34) ve Fe (ort. % 2.66) element içeriklerine sahiptir. Bu düşük element içerikleri sfaleritlerin düşük sıcaklık ve basınç altında kristallendiğine ve sıcaklık artışı ile Fe içeriğinin arttığına işaret eder. Ayrıca, sfaleritlerin bünyesindeki Zn ve Cd değerlerinden elde edilen Zn/Cd oranları

(98.9 – 206.9; ort. 171.45) bölgedeki cevherleşmenin granitik magmatizması ile ilişkili gelişmiş hidrotermal tipte bir yatak olduğunu gösterir.

13. Bölgedeki cevherleşmenin kökenini belirlemek için cevher mineralleri (galen ve pirit) ve bölgede yüzeyleyen volkanik ve plütonik kayalarda izotopik yaş analizleri yapılabilir.



6. KAYNAKLAR

1. Ketin, İ., “Anadolu'nun Tektonik Birlikleri”, *MTA Dergisi*, 66, 20-34, 1966.
2. Güven, I.H., “Doğu Pontidler'in Jeolojisi ve 1/25.000 Ölçekli Kompilasyonu”, *MTA Ankara*, 1993.
3. Eyuboglu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Nafız, M., Jacoby, W.R., Özer, R., “Three-directional extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Geol. Carpath.*, 57 (5), 337-346, 2006.
4. Eyuboglu, Y., Santosh, M., Yi, K., Tuysuz, N., Korkmaz, S., Akaryali, E., Dudas, F. O., Bektaş, O., “The Eastern Black Sea-type volcanogenic massive sulfide deposits: Geochemistry, zircon U–Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis”, *Ore Geology Reviews*, 59, 29-54, 2014.
5. Eyuboglu, Y., Dilek, Y., Bozkurt, E., Bektaş, O., Rojay, B., Şen, C., “Geochemistry and geochronology of a reversely-zoned, alaskan-type ultramafic-mafic complex in the eastern Pontides, NE Turkey”, A Tribute to Akiho Miyashiro. Gondwana Research, eds, Santosh, M., Maruyama, S., 18, s. 230-252, 2010.
6. Bektaş, O., “Porphyry copper systems as markers of the Mesozoic-Cenozoic active margin of Eurasia: comment”, *Tectonophysics*, 172, 191-194, 1990.
7. Revan, M.K., Maslennikova, V., Genç, Y., Delibaş, O., Svetlana P., Maslennikova, S.P., Sadykov, M., “Sulfur isotope study of vent chimneys from Upper Cretaceous volcanogenic massive sulfide deposits of the eastern Pontide metallogenic belt, NE Turkey”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 25, 227-241, 2016.
8. Aktan, A., “Balkovan Dere (Şebinkarahisar-Giresun) Çevresinin Jeolojisi ve Pb-Zn-Cu Cevherleşmeleri”, *D.E.Ü.M.M.F. Jeoloji Mühendisliği Diploması Çalışması*, s. 54, İzmir, 1992.
9. Şaşmaz, A., “Tutak Dağı güneybatısındaki Pb-Zn yatakları”, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s. 98, Elazığ, 1993.
10. Özgenç, İ., “Şaplıca (Şebinkarahisar, Giresun) Alünit Yatağının Jeolojisi ve Alünit Oluşumuna Kükürt İzotop Verileri ile Bir Yaklaşım”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36, 25-36, 1993.
11. Çalapkulu, F., “Asarcık (Şebinkarahisar) Uranyumlu Pb-Zn-Cu Cevherleşmelerinin İncelenmesi”, *E.Ü Yer Bilimleri Fakültesi Doçentlik Tezi*, s. 1065, 1982.

12. Karaoğlu, N., “İnler Yaylası (Şebinkarahisar-Giresun) Kurşun-Çinko-Bakır Cevherleşmesinin ve Çevre Jeolojisinin İncelenmesi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 120, İzmir, 1985.
13. Şaşmaz, A., Sağıroğlu, A., “İnler Yaylası (Şebinkarahisar-Giresun) Pb-Zn Yatakları”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37, 13-28, 1994.
14. Demirkıran, Z., “Mining Geology and Mineralization of İnler Yaylası (Şebinkarahisar-Giresun) Pb-Zn Mine”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 234, İzmir, 1994.
15. Gökçe, A., Bozkaya, G., “Fluid Inclusion and Stable-Isotope Characteristics of the İnler Yaylası Lead-Zinc Deposits, Northern, Turkey”, *International Geology Review*, 45, 1044-1054, 2003.
16. Kaplan, H., “Giresun Şebinkarahisar Bölgesi Jeolojisi ve Uranyum Aramaları”, *M.T.A. Enstitüsü Radyoaktif Mineraller ve Kömür Dairesi Rap. No: 170*, s. 29, Ankara, 1970.
17. Çalapkulu, F., Ayan, Z., “Etir Yaylası (Şebinkarahisar) Florit Zuhurunun Mineralojisi ve Oluşumunun Sıvı Kapanım Yöntemi ile İncelenmesi”, *Jeoloji Mühendisleri Odası Dergisi*, 15, s. 29-36, Ankara, 1982.
18. Yılmaz, S., “Dereli-Şebinkarahisar (Giresun Güneyi) Arası Granitoid Plütonlarının Karşılaştırılmalı İncelenmesi”, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s. 310, Sivas, 1995.
19. Karakaya, N., “Şebinkarahisar (Giresun) Yöresi Magmatik Kayaçların, Mineralleşmelerin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi”, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s. 169, Konya, 1998.
20. Boztuğ, D., Jonkheere, R., Wagner, G.A., Yegingil, Z., “Slow Senonian and fast Paleocene-Early Eocene Uplift of the Granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: Apatite Fission-Track Results”, *Tectonophysics*, 382, 213-228, 2004.
21. Yavuz, F., Fuchs, Y., Karakaya, N., Karakaya, M.Ç., “Chemical Composition of tourmaline from Asarcık Pb-Zn-Cu±U Deposit, Şebinkarahisar, Turkey”, *Mineralogy Petrology*, 94, 195-208, 2008.
22. İlbeyle, N., “Geochemical Characteristics of the Sebinkarahisar Granitoids in the Eastern Pontides, Northeast Turkey: Petrogenesis and Tectonic Implications”, *International Geology Review*, 50, 563-582, 2008.

23. Sarı, B., “İnler Yaylası (Şebinkarahisar, Doğu Pontidler) Üst Kretase Volkanosedimanter İstiflerinin Planktonik Foraminifer Biyostratigrafisi”, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 15(1), 1-14, 2013.
24. Yücel, C., “Geochronology, geochemistry, and petrology of adakitc Pliocene-Quaternary volcanism in the Şebinkarahisar (Giresun) arae, NE Turkey”, *International Geology Review*, 61(6), 754-777, 2019.
25. Demir, Y., Uysal, İ., Sadıklar, M.B., Mineral Chemical Investigation on Sulfide Mineralization of the Istala Deposit, Gümüşhane, NE-Turkey, *Ore Geology Reviews*, 53, 306-317, 2013.
26. Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M., Dokuz, A., “Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite (Eastern Pontides, Turkey), *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150(4), 441-455, 2005.
27. Güven, I. H., “1/100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları”, *MTA Genel Müdürlüğü, No: 59*, Ankara, 1998.
28. Evans, A.M., “Introduction to ore geology”, *Blackwell Sc. Publication, Oxford*, s. 231, 1988.
29. Barnes, H.L., “Geochemistry of hidrothermal ore deposits” *John Wiley-Sons Inc.*, s. 798, 1979.
30. Ramdohr, P., “The ore minerals and their intergrowth”, *Pergamons Press*, s. 1202, Toronto, 1980.
31. Kozina, N., Reyhard, L., Dara, O., Gordeev, V., “Framboidal pyrite formation in the bottom sediments South Caspien Basin under conditions of hydrogen sulfide contamination”, *Russian Journal of Earth Sciences*, 18(6), 1-10, 2018.
32. Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., “A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks”, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548, 1971.
33. Winchester, J. ve Floyd, P.A., “Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Productst Using Immobile Elements”, *Chemical Geology*, 20, 325-343, 1977.
34. Middlemost, E.A.K, “Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System”, *Earth Science Review*, 37, 215-244, 1994.
35. Rickwood, P.C., “Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements”, *Lithos*, 22, 247-263, 1989.

36. Barrett, T.J. ve MacLean, W.H., “Mass Changes in Hydrothermal alteration Zones Associated with VMS Deposits in the Noranda Area”, *Exploration and Mining Geology*, 3, 131-160, 1994.
37. Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., “Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks”, *Journal of Petrology*, 25, 956-983, 1984.
38. Sun, S.S., McDonough, W.F., “Chemical and isotopic systematic of ocean basalts: implications for mantle composition and process” eds., Saunders, A.D., Norry, M.J., *Magmatism in the Ocean Basins. Geol. Soc. Lond.*, 42, 313-345, 1989.
39. Defant, M.J., Drummond, M.S., “Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere”, *Nature*, 347, 662-665, 1990.
40. Jochum, K.P., McDonough, W.F., Palme, H., Spettel, B., “Compositional constraints on the continental lithospheric mantle from trace elements in spinel peridotite xenoliths”, *Letter to Nature*, 340, 548-550, 1989.
41. Hofmann, A.W., “Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust and ocean crust”, *Earth and Planetary Science Letters*, 90, 297-314, 1988.
42. Schmidberger, S.S., Hegner, E., “Geochemistry and isotope systematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW German) implications for Late Variscan orogenic development”, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 135, 373-385, 1999.
43. Scott, S.D., Barnes, H.L., “Sphalerite Geothermometry and Geobarometry”, *Economic Geology*, 66, 653-669, 1971.
44. Jonasson, I.R., Sangster, D.F., “Zn/Cd ratios for sphalerites from some Canadian sulfide ore samples”, *Geological Survey of Canada*, 78, 195-201, 1978.
45. Balabin, A.I., Urusov, V.S., “Recalibration of the sphalerite cosmobarometer: Experimental and theoretical treatment”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 1401-1410, 1995.
46. Di Benedetto, F., Bernardini, G.P., Costagliola, P., Plant, D., Vaughan, D., “Compositional zoning in sphalerite crystals”, *American Mineralogist*, 90, 1384-1392, 2005.
47. Gottesman, W., Kampe, A., “Zn/Cd ratios in calcsilicate-hosted sphalerite ores at Tumurtijn-Ovoo, Mongolia”, *Chemie Der Erde*, 67, 323-328, 2007.

48. Demir, Y., “Kabadüz (Ordu, KD-Türkiye) Yöresi Pb-Zn-Cu Cevherlerinin Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelenmesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s. 291, Trabzon, 2010.
49. Cook, N.J., Halls, C., Boyle, A.P., “Deformation and metamorphism of massive sulphides at Sulitjelma, Norway”, *Mineralogical Magazine*, 57, 67-81, 1993.
50. Lianxing, G., McClay, K.R., “Pyrite deformation in stratiform lead-zinc deposits of the Canadian Cordillera”, *Mineralium Deposita*, 27, 169-181, 1992
51. Kuscu, I., Erler, A., “Pyrite deformation textures in the deposits of the Küre mining district (Kastamonu-Turkey)”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 11, 205-215, 2002.
52. Zacharias, J., Fryda, J., Paterova, B., Mihaljevic, M., “Arsenopyrite and As-bearing pyrite from the Roudny deposit, Bohemian Massif”, *Mineralogical Magazine*, 68(1), 31-46, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Fatih KAMBUROĞLU 1990 yılında Giresun İli Şebinkarahisar İlçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Şebinkarahisarda tamamladı. 2009'da kazandığı Niğde Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2014 yılında mezun oldu. 2014 yılında Nesko Maden Tic. ve San. AŞ.'de yeraltı Pb-Zn-(Cu) işletmesinde işe başladı. 2016 yılında Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı.

e-posta: fatih.kamburoglu@gmail.com