

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**BAŞKÖY (MURGUL-ARTVİN) CEVHER OLUŞUMUNUN MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL ARAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kamal BAKOUR

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeokimya ve Maden Yatakları Programı

OCAK 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**BAŞKÖY (MURGUL-ARTVİN) CEVHER OLUŞUMUNUN MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL ARAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Kamal BAKOUR
505181315**

Jeololji Mühendisliğı Anabilim Dalı

Jeokimya ve Maden Yatakları Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ

OCAK 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 505181315 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Kamal BAKOUR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BAŞKÖY (MURGUL-ARTVİN) CEVHER OLUŞUMUNUN MİNERALOGİK VE JEOKİMYASAL ARAŞTIRMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mustafa KUMRAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Yılmaz DEMİR
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Teslim Tarihi : 11 Ocak 2022
Savunma Tarihi : 22 Ocak 2022





AİLEME ve SEVDİKLERİME,



ÖNSÖZ

Hayatım boyunca desteğini esirgemeyen ailemin her bir ferdine,

Yüksek lisans eğitimi boyunca gerek ders aşamalarında gerekse araştırma ve tez yazma aşamalarında desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ hocama,

Eğitim hayatım boyunca bana desteklerini esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2022

Kamal BAKOUR
Jeoloji Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanı	1
1.2 İklim, Morfoloji ve Bitki Örtüsü	1
1.3 Çalışma Amacı	2
1.4 Çalışma Kapsamı	2
2. MALZEME VE YÖNTEMLER	5
2.1 Arazi Çalışması	5
2.2 Laboratuvar Çalışmaları	6
2.2.1 O-izotop analizleri	6
2.2.2 S-izotop analizleri	6
2.2.3 Mineral kimyası analizleri (EPMA)	7
3. EKONOMİK JEOLJİ	9
3.1 Doğu Pontidler ile İlgili Önceki Maden Yatakları Çalışmaları	9
3.2 Doğu Pontidlerdeki Dasitler	12
3.2.1 Alt dasitik seri	12
3.2.1.1 Dasitik tüfler	12
3.2.1.2 Tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu	12
3.2.1.3 Dasitik lavlar	13
3.2.2 Üst dasitik seri	13
3.3 Levha Tektoniği	15
3.4 VMS Yataklarının Oluşumu	18
3.5 Türkiye'deki VMS Yatakları	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	23
4.1 Başköy Jeolojisi	23
4.1.1 Stratigrafi	23
4.1.1.1 Karacadere volkanitleri	23
4.1.1.2 Murgul formasyonu	25
4.1.1.3 Küre formasyonu	25
4.1.1.4 Balıklıdağ formasyonu	25
4.2 Murgul-Artvin Bölgesindeki VMS Yatakları	26
4.3 Cevher Mineralojisi ve Petrografisi	27
4.3.1 Cevher mikroskobu çalışmaları	27

4.3.2 Sıvı kapanım çalışmaları	30
4.3.3 Katodoluminesans mikroskobu (CLM) çalışmaları	30
4.4 Jeokimyasal Analizler	31
4.4.1 S-izotop analizleri	31
4.4.2 O-İzotop analizleri.....	33
4.4.3 Mineral kimyası analizleri (EPMA).....	34
5. SONUÇLAR	41
KAYNAKLAR.....	45
EKLER	49
ÖZGEÇMİŞ	57



KISALTMALAR

VMS	: Volkanojenik Masif Sulfür
O-izotopları	: Oksijen İzotopları
S-izotopları	: Kükürt İzotopları
EA-IRMS	: Elemental Analysis and Isotope Ratio Mass Spectrometry (Elemental İzotop Oranı Kütle Spektrometrisi)
İMA	: İleri Mikroskop Araştırmaları
CLM	: Katodoluminesans Mikroskobu
EPMA	: Elektron Prob Mikro Analiz
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
M	: Metre
Km	: Kilometre
Cm	: Santimetre
Mg	: miligram
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
Mt	: Milyon Ton
VCDT	: Vienna Canyon Diablo Troilite
BSEI	: Geri Saçılan Elektron Görüntüsü (Back-Scattered Electron Image)
WDS	: Wave-Length Dispersive (Dalga Boyu Dağıtıcı)



SEMBOLLER

Cu	: Bakır
Zn	: Çinko
Pb	: Kurşun
Au	: Altın
Ag	: Gümüş
S	: Kükürt
O	: Oksijen
Fe	: Demir
As	: Arsenik
Se	: Selenyum
Sn	: Kalay
Sb	: Antimon
Te	: Tellüryum
Bi	: Bizmut
Co	: Kobalt
V	: Vanadyum
Ni	: Nikel
Ga	: Galyum
Ge	: Germanyum
Cd	: Kadmiyum
In	: İndiyum
Hg	: Civa
Mn	: Manganez
T	: Sıcaklık
$\delta^{18}\text{O}_q$	: Kuvars-Oksijen İzotop Oranı
$\delta^{18}\text{O}_w$	: Su-Oksijen İzotop Oranı
$\delta^{34}\text{S}$	: Kükürt İzotop Oranı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: VMS yataklarının element, volkanik kayaçlar, sedimanter kayaçlar, oluşum ortamı, plaka tektoniği ve yaş bakımından sınıflandırılması (Akçay, 2016).	19
Çizelge 4.1: Murgul-Başköy maden sahasına ait ortalama S-izotop oranları.	32
Çizelge 4.2: Murgul-Başköy maden sahasına ait O-izotop oranları.	34
Çizelge 0.1: Pirit üzerinde mirko alanda yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları.....	50
Çizelge 0.2: Fahlerz üzerinde mirko alanda yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları.....	53
Çizelge 0.3: Sfalerit üzerinde mirko alanda yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları.....	54
Çizelge 0.4: Sulfo-tuzlar üzerinde mirko alanda yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları.....	55



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	1
Şekil 3.1: Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özgür, 1985; Özgür vd., 2008'den tekrar çizilmiştir).	14
Şekil 3.2: İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki konumu (Okay ve Tüysüz, 1999).	15
Şekil 3.3: Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının içinde bulunduğu Pontidlerin Permo-Triyas'ın günümüze kadar gelişimi (Şengör vd., 1980'den tekrar çizilmiştir).	17
Şekil 3.4: VMS yataklarının jeotektonik oluşum ortamlarına göre sınıflandırılması (Akçay, 2016).	18
Şekil 3.5: Geçmişte ve günümüzde Türkiye'deki VMS yataklarının bulunduğu bölgeler (Çiftçi, 2019).	20
Şekil 3.6: Türkiye'deki VMS yataklarının sınıflandırılması (Çiftçi, 2019).	21
Şekil 4.1: Çalışma alanı için genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Er vd., 1991'den yeniden çizilmiştir).	24
Şekil 4.2: (A) yarı siyah cevherin mikroskop görüntüsü: Kalkopiritin (ccp) piriti (py), sfaleritin (sph) kalkopiriti (ccp) ornatması; (B) sarı cevherde kalkopirit (ccp) ve pirit (py) arasındaki hidrotermal ornatım dokusu; (C) öz ve yarı öz şekilli en bol bulunan piritin (py) kalkopirit tarafından ornatılması, kalkopiritin (ccp) tetrahedrit (tt) tarafından ornatması, bornitin (bn) pirit (py) içinde oluşması. Kuvars (qtz) en yaygın gang mineralidir; (D) kalkopirit (ccp) piriti (py), sfaleritin (sph) kalkopiriti (ccp), tetrahedritin (tt) kalkopiriti (ccp) ornatması. Kuvars (qtz) gang mineralidir.	28
Şekil 4.3: (A) Kalkopiritin (ccp) piriti (py) ornatması ve bozuşması ve kovellite (cv) dönüşmesi. Kuvars (qtz) baskın gang mineralidir; (B) öz ve yarı öz-şekilli pirit (py) ile kalkopirit (ccp) ve bornit (bn) birlikteliği. Kuvars (qtz) yegane gang mineralidir.	29
Şekil 4.4: (A) Murgul-Başköy maden sahasında gözlenen ilk jenerasyon piritin (py-I) ve kalkopiritin (ccp-I) kolloform büyümeleri, dokusal ilişkileri ve sfalerit (sph) ile dokusal ilişkileri; (B) sfaleritin (sph) kalkopirit-hastalığı dokusu göstermesi.	29
Şekil 4.5: Murgul-Başköy maden sahası için genelleştirilmiş parajenetik sekans. ...	30
Şekil 4.6: CLM ile gözlenen sfalerit (sph) zonlanması: (A) CLM görüntüsü, (B) RLM tek nikol görüntüsü.	31
Şekil 4.7: Murgul-Başköy maden sahasına ait S-izotop oranlarının bilinen kükürt kaynakları ile mukayesesi (Çiftçi, 2019).	33
Şekil 4.8: Murgul-Başköy maden sahası için elde edilen oksijen izotop oranları ve dünyadaki temel su rezervuarlarına ait izotop oranları ile mukayesesi (Clark and Fritz 1997'den tekrar çizilmiştir).	34
Şekil 4.9: Pirit ve fahlerz üzerinde uygulanan EPM analizinin BSE görüntüsü.	35

Şekil 4.10: Pirit ve sfalerit üzerinde uygulanan EPM analizinin BSE görüntüsü.....	36
Şekil 4.11: Sulfo-tuzlar ve pirit üzerinde uygulanan EPM analizinin BSE görüntüsü.	36
Şekil 4.12: Sb-Bi-As üçgen diyagramı yardımı ile incelenen fahlerz türü belirlenmiştir.	37
Şekil 4.13: Cu/(Cu+Sn) ve Fe/(Fe+Zn) diyagramı yardımı ile incelenen sulfo-tuzlar mineralinin stannit olduğu kanıtlanmıştır.	38
Şekil 4.14: Analiz edilen stannit minerali cevher mikroskop görüntüsü (sağ altta görünen kırmızılık mürekep lekesidir).	39



BAŞKÖY (MURGUL-ARTVİN) CEVHER OLUŞUMUNUN MİNERALojİK VE JEOKİMYASAL ARAŞTIRMASI

ÖZET

Bugüne kadar Doğu Karadeniz Bölgesi'nde birden fazla yüksek tenörlü yatak keşfedilmiş olup, bu yataklardan bakır, kurşun, çinko, altın ve gümüş içeren cevherler çıkarılmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde birden fazla yatak hali hazırda işletilirken, ekonomik olabilecek birçok saha araştırılmaktadır. Bu sahalardan biri daha önce kısa bir süreliğine işletilmiş ve daha sonra işletilmesine ara verilmiş olan Başköy (Murgul-Artvin) maden sahasıdır.

Başköy (Murgul-Artvin) Cevher Oluşumunun Mineralojik ve Jeokimyasal Araştırması konulu bu yüksek lisans tez çalışmasının amacı; bölgedeki bakır cevherleşmesinin karakteristik özelliklerini, jeokimyasını, mineral parajenetik sekansını, mineral oluşum koşullarını araştırmayı ve bölgedeki VMS yatakları ile benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymayı hedeflemektedir.

Bu tez, çalışma hedefleri doğrultusunda sahadan alınan örnekler; cevher mikroskobu, sıvı kapanım, CLM, kükürt izotop, oksijen izotop ve EPM analiz yöntemleri kullanılarak hazırlanmıştır.

Doğu Pontidlerdeki cevherler genellikle dasitler içinde bulunmaktadır. Bu dasitler iki farklı seviyeye ayrılmaktadır. Bunlar 90'dan fazla masif ve damar tipi cevherleşmeyi kapsamakta olup, Alt Dasitik serinin yaşı Üst Kretase-Senoniyen, Üst Dasitik serisini yaşı ise Paleosen-Tersiyer-Eosen'dir. Bu iki seriyi birbirinden ayıran Maastrichtiyen yaşı bazik kayalardır. Başköy sahası Üst Dasitik serisinin içinde yer almaktadır. Bu serinin yaşı Paleosen ile başlayıp, Eosen ile sona ermektedir. Bu seri filiş ve bezner sedimentler ile başlamakta, orta kesimlerini cevheri barındıran dasitik ve andezitik tüfler teşkil etmekte olup, andezit kayaçları ile örtülmektedir.

Başköy maden sahasının cevher örneklerinin mikroskop incelenmesi sonucunda, cevherleşmenin 3 birincil safhada oluştuğu, çok zayıf bir süperjen safha yaşadığı dokusal ilişkilerden ortaya konmuştur. Ayrıca yatağın Cu-Zn tipi VMS yatağı mineral parajenezine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan duraylı oksijen izotop analizi neticesinde; cevheri oluşturan çözeltilerin deniz suyu ve magmatik su karışımı olabileceği düşünülmüştür. Yapılan duraylı kükürt izotop analizleri sonucunda elde edilen izotop oranları diğer Doğu Pontidler VMS yatakları kükürt izotop referans oranları ile mukayese edilmiştir. Elde edilen kükürt oranları magmatik kükürt değerlerine yakın dağılım göstermektedir. EPMA sonucunda; bir alanda daha önce Doğu Pontidler VMS yataklarında rapor edilmeyen stannit mineralinin varlığı belirlenmiştir.

Yapılan bu incelemeler sonucunda Başköy cevherlemesine startigrafik olarak yaş verilmiştir.



MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL STUDY OF BAŞKÖY (MURGUL-ARTVIN) ORE FORMATION

SUMMARY

VMS (Volcanogenic Massive Sulfide) ore deposits in Turkey are generally considered to be the most important source of Cu-Pb-Zn elements and one of the sources of Au-Ag elements as by-products. These deposits are distributed in 3 different tectonic regions of Turkey; (I) Kuroko Type VMS deposits are in the Eastern Pontide Tectonic Belt (EPTB); (II) Cyprus-Type VMS deposits in Küre (Kastamonu) and Bitlis-Zağos Suture Zone, and (III) Beşi-Type VMS beds in Hanönü-Taşköprü (Kastamonu) region.

Genesis and formation of the Kuroko-type VMS ore deposits in the Eastern Pontide Tectonic Belt can only be recognized thorough understanding of it tectonic evolution. The Eastern Pontide Tectonic Belt evolved during the subduction of the Afro-Arabian plate beneath the Euro-Asian plate and the form closure of the northern branch of Tethys Ocean and lies within a tectonic corridor stretching from southern Georgia and northern Armenia to Bulgaria and Romania, where a large number of similar deposits occur.

The basement of the region consists of a mafic volcanic complex, “Lower Basic Complex”, which is intruded by a number of igneous bodies that have numerous ages from the early Cretaceous to Eocene. Except for a few outcrops in the northern zone of the region, they are mostly exposed in the southern zone. These rocks would have served as source rock, particularly for copper through the hydrothermal circulation. This is the main reason for the formation of Cu-rich Kuroko-type deposits in the region.

The Eastern Black Sea Region of Turkey geotectonically occurs in The Eastern Pontide Tectonic Belt which part of The Alpine-Himalayan Orogenic Belt. Therefore, The Eastern Black Sea Region hosts various amounts of VMS ore deposits. VMS-type ore deposits are one of the most important economic resources of the Eastern Black Sea Region of Turkey. Thus, the region has been explored and mined by many local and foreign mining companies for the last 8 decades. Till nowadays, several high-grade deposits have been explored, investigated and mined such as Murgul-Anayatak, Murgul-Damar, Çayeli Madenköyü, Akarşen, and Lahanos. These deposits contain numerous ores such as copper, lead, zinc, gold, and silver ores. At this time, various amounts of ore deposits are being mined in Eastern Black Sea Region while many other potential sites are being researched in the same region. One of the currently under research sites is Başköy (Murgul-Artvin) site.

The area of Başköy (Murgul-Artvin) was investigated and samples were gathered from the field. Later on, a couple of geological and geochemical analyses were applied in local and international laboratories in order to finalize this thesis study.

Mineralogical and Geochemical Study of Başköy (Murgul-Artvin) Ore Formation MSc thesis aims to light on; the characteristic features, the geochemical features, the mineral paragenetic sequence, and the mineral formation of the copper ores of Başköy. It also aims basically to reveal the similarities and differences between Başköy mineralization and the other VMS deposits in the Eastern Black Sea Region of Turkey.

According to the thesis study objectives, the samples that were gathered from the Başköy field were inspected and analyzed with an ore microscope, fluid inclusion microscope, cathodoluminescence microscope (CLM), sulfur isotope, oxygen isotope, and electron probe micro (EPM) analysis methods.

The ores in the Eastern Pontides are generally located in the dacites series. These dacites are divided into two different series which are the lower and the upper series. These two series host more than 90 massive and vein types of mineralization, the age of the lower dacitic series is Upper Cretaceous-Senonian, while the age of the upper dacitic series is Paleocene-Tertiary-Eocene. Both dacites series are separated from each other by Maastrichtian aged basic rocks. Başköy ore formation is located in the upper dacitic series. In addition to that, the age of this series starts with Paleocene and ends with Eocene. The upper dacitic series starts with flysch and similar sediments, the ore host rock is dacitic andesitic tuff located in the middle of the series, over and above it's covered by andesitic rocks.

As a result of microscopic examination of the ore samples of Başköy ore formation; the ore formation occurred in 3 primary stages and a very weak supergene phase has been demonstrated. Additionally, hydrothermal replacement textures were extensively observed while some hydrothermal displacement textures were barely observed in pyrite and chalcopyrite, colloform texture was observed in pyrite and chalcopyrite and chalcopyrite disease texture was observed in some sphalerite also. Moreover, the ore formation of Başköy mainly formed from pyrite, chalcopyrite, sphalerite, tetrahedrite, and secondary from bornite, covellite, goethite, and quartz as a gang mineral, consequently, it was determined that Başköy ore formation has Kuroko-Cu-Zn VMS ore deposit type mineral paragenesis.

A comparison was conducted between Başköy ore formation and the other deposits in the Eastern Pontide Region (Murgul-Anayatak, Murgul-Damar, Çayeli Madenköyü, Akarşen, and Lahanos), this comparison showed that the paragenetic sequence of Başköy ore formation is slightly different from the paragenetic sequences of the other deposits in Eastern Pontide Region.

The CLM analysis showed that sphalerite has geochemical zoning which can prove that the chemical composition of the hydrothermal solution formed sphalerite was changed during its formation. In addition, dark and non-luminescent zones were detected in some sphalerite micro areas during the CLM analysis. Since Fe⁺² CL is a quenching element, it was concluded that black or non-luminescent zones are rich in this element.

As a result of the stable oxygen isotope analysis; the hydrothermal solution forming the Başköy ore formation could be from two different aquifers which is a mixture of seawater and magmatic water. The stable oxygen isotope analysis results of the Başköy ore formation were compared to the stable oxygen isotope analysis results. This comparison showed that the hydrothermal solution forming Başköy ore formation has a different origin from the other hydrothermal solution that laid to

Murgul-Anayatak, Murgul-Damar, Çayeli Madenköyü, Akarşen, and Lahanos deposits formation.

The stable sulfur isotope analyses were applied on pyrite and chalcopyrite samples and the ratios obtained results of the stable sulfur isotope analysis were compared with the sulfur isotope reference ratios of other Eastern Pontides VMS deposits. The sulfur ratios obtained are fitted with the stable sulfur isotope ratios of the Eastern Pontides VMS deposits and it shows a distribution close to the magmatic sulfur values.

EPM analysis were applied on 3 different micro areas where pyrite, sphalerite, and 2 different types of sulfosalt minerals are located. The EPM analysis results show the first sulphosalt is tetrahedrite and it contains 0.67% of silver while the second sulfosalt is stannite. Stannite mineral has never been reported in any Eastern Pontides VMS deposits study before.

A stratigraphical age was determined for Başköy ore formation.





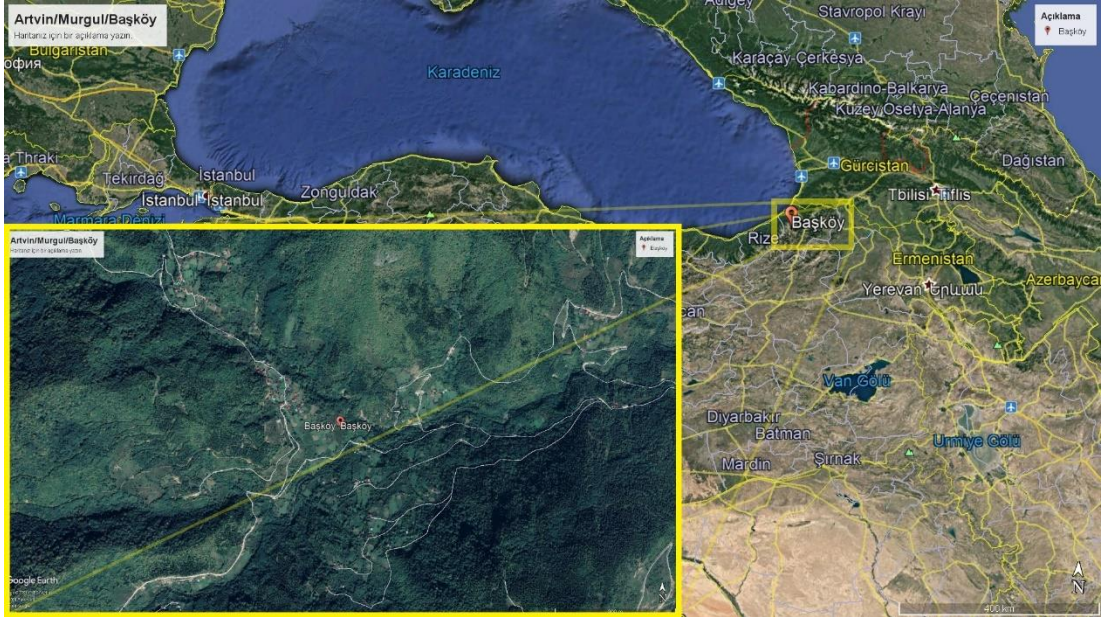
1. GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Başköy Köyü, Murgul İlçesi'nin kuzeybatısında yer alır ve ilçe merkezinden yaklaşık 9 km uzaklıktadır (Şekil 1.1). Murgul İlçesi ise Doğu Karadeniz Bölgesi'ne bağlı olan Artvin İli'ne bağlı ve il merkezine batı istikametinde 48 km uzaklıktadır.

Çalışma alanı 41.294998 enlem ve 41.532001 boylamda yer almaktadır. Başköy Köyü'nün GPS koordinatları ise **41° 17' 41.9928" ve 41° 31' 55.2036"**.

Çalışma alanına Murgul ilçe merkezinden araç kullanılarak asfalt yolu üzerinden ulaşılabilir.



Şekil 1.1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2 İklim, Morfoloji ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında Doğu Karadeniz iklimi baskındır. Yazları serin ve az yağışlı olup, kışları soğuk, yağmurlu ve ara sıra kar yağmaktadır. Yaz mevsimindeki sıcaklık

ortalaması 15 – 20 derece arasındayken kış mevsimindeki sıcaklık ortalaması 5 – 20 derece arasındadır.

Çalışma alanın morfolojik yapısı aşırı engebeli olup, köy merkezinde yükseklik 590 m iken köyü çeviren tepelerin en yüksekği 1000 m civarındadır.

Çalışma alanın bitki örtüsü oldukça yoğun ve ekolojik bakımından zengindir. Meşe, Kestane, Köknar ve Çam ağaçları karakteristik bitki örtüsü olarak nitelendirilebilir. Çalışma alanı içinde ağaç ve bitki yoğunluğundan ötürü mostra bulmak oldukça zordur.

1.3 Çalışma Amacı

Bu çalışmanın amacı bölgedeki Başköy (Murgul-Artvin) bakır cevherleşmesinin karakteristik özelliklerini, jeokimyasını, mineral topluluğunu ve oluşum koşullarının araştırılmasıdır. Ayrıca bölgedeki diğer VMS yatakları ile benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymaktır.

VMS maden yatakları Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli ekonomik kaynaklarından biridir. Bu yatakların bir kısmı araştırılmış olup işletilmekteyken, bir kısmı da henüz araştırılması devam etmektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesi, Doğu Pontidleri kapsadığı için VMS türü yatakları bakımından potansiyeli yüksektir. Bu yüzden bu bölge, yerli ve yabancı olmak üzere birçok maden jeoloğun ilgisini çeken bir yer haline gelerek kamu şirketleri, özel yerel şirketleri ve özel yabancı şirketleri araştırma ve işletme faaliyetlerini barındırmaktadır.

Bugüne kadar Doğu Karadeniz Bölgesi'nde birden fazla yüksek tenörlü yatak keşfedilmiş olup, bu yataklardan bakır, kurşun, çinko, altın ve gümüş içeren cevherler çıkarılmaktadır. Zamanla ilerleyen teknolojik yöntemler ile ve maden piyasasında artan talepleri karşılamak için daha düşük tenörlü sahalar araştırılmaya ve işletilmeye başlanmıştır. Bu sahalardan biri Başköy (Murgul-Artvin) sahasıdır.

1.4 Çalışma Kapsamı

Bu çalışma Başköy (Murgul-Artvin) sahasını kapsamaktadır. Araştırma süresince saha çalışması yapılmış ve erişilebilen yerlerden yüzey örnekleme yapılabilmektedir.

Geçmiş yıllarda MTA, Demir Export ve Cominco tarafından çalışılan sahada yapılan sondaj karotlarına ulaşamamıştır. Günümüzde ise saha Eti Bakır'a lisanslanmış olup, sahada arama faaliyetleri yürütülecektir.

Alınan örnekler laboratuvar ortamında jeokimyasal yöntemleri kullanılarak analiz edildi ve çeşitli mikroskop çalışmaları da yapıldı.





2. MALZEME VE YÖNTEMLER

2.1 Arazi Çalışması

Doğu Pontid Metalojik Kuşağı'nda yer alan Murgul-Başköy sahasından, mineralojik, petrografik, jeokimyasal analizleri ve sıvı kapanım çalışmalarının yapılabilmesi için toplam 5 adet cevher örneği alınmıştır. Alınan bu örneklerinden toplam 5 sıvı kapanımı kesiti ve cevher mikroskobu çalışmalarının yapılabilmesi için 4 adet parlak kesit hazırlanmıştır.

Sıvı kapanımı ve cevher mikroskobu çalışmaları için hazırlanan kesitler İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Kesit Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Sıvı kapanımı kesitlerinin hazırlanması için öncelikle çalışma alanından alınan cevher örnekleri üzerinde sıvı kapanımı çalışması için gerekli saydam özellik gösteren kuvarslı alanlar belirlenmiştir. Belirlenen bu alanlar elmas kesici yardımı ile kesilmiştir. Kesilen her bir örnek öncelikle 220'lik demir tozunda daha sonra da 600'lük ve son olarak 1000'lik demir tozunda aşındırılmıştır. Aşındırılan bütün örnekler Al_2O_3 tozu yardımı ile en az 5 dakika kadar parlatılmıştır. Daha sonra parlatılan tüm kesitler 1 gün boyunca doğal ortamda kurutulmaya bırakılmıştır. Kuruma işlemleri bittikten sonra aynı şekilde örneklerin diğer yüzeylerini parlatmak üzere yeniden elmas kesicide her 1 örnek 1 mm yüksekliğinde olacak şekilde kesilmiştir. Kesme işlemlerinden sonra aynı şekilde örneklerin diğer yüzeyleri de parlatılmıştır. Tüm bu işlemler tamamlandıktan sonra sıvı kapanım kesitleri inceleme için hazır hale gelmiştir.

Çalışma alanından alınan örnekleri petrografik olarak tanımlamak amacıyla parlak kesitler hazırlanmıştır. Parlak kesitlerin hazırlanmasında öncelikle sıvı kapanım kesitlerinde oluğu gibi cevherli örnekleri en iyi tanımlayabileceğimiz uygun alanlar belirlenerek işleme alınmıştır. Bu işlemten sonra belirlenen alanlar elmas kesiciler yardımı ile kesilmiştir. Kesme işlemlerinden amacımız büyük bir kayaç parçası üzerinden incelemek için temsili bir parça elde etmektir. Kesilen parçalar 1.5 * 2 cm yüzey alanlı ve yaklaşık 1-2 cm kalınlıkta kesilmiştir. Kesilen parçalar parlak kesit hazırlama kalıbına konulmadan önce içinden numunenin rahat çıkabilmesi için

vazelin ile kaplanmıştır. Epoksi adı verilen malzeme ile numune kalıp içinde dondurulmuştur. İlk kaba düzeltme işlemi için 180 nolu zımpara, daha sonra da sırası ile 320, 600, 800 ve 1000 nolu zımparalar otomatik parlatma cihazında kullanılmıştır.

Sahadan alınan aynı örneklerin O-izotop analizlerini yapabilmek adına kuvars separatları hazırlanmıştır. Bu örnekleri hazırlanırken mikrosonda ve seçilen çiplerin agat havanda öğütülmesi yöntemleri kullanılırken saf kuvars separatları hazırlamasında seyreltilmiş HCl kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler 2 gram cevarındadır.

Sahadan alınan örneklerin S-izotop analizlerini yapabilmek için pirit ve kovellit sülfür mineralleri kullanılmıştır. Analize uygun örnekler stereomikroskop altında kristal ayıklanması yöntemi ile hazırlanmıştır.

2.2 Laboratuvar Çalışmaları

Saha çalışması takiben tez kapsamındaki Doğu Pontid kuşağında yeralan Başköy yatağını ve ana cevher tiplerini temsil eden örnekler laboratuvar ortamında çeşitli yöntemler kullanılarak incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar ışığında bu yüksek lisans tez çalışması tamamlanmıştır.

2.2.1 O-izotop analizleri

Bu analiz ABD’de bulunan Georgia Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği bölümünde bulunan duraylı izotop laboratuvarında yapılmıştır. Analizler vakum altında SiO_2 ’nin BrF_5 ile değişen kuvvette (Synard, 10510-10650 nm wavelength, 75W max power) Co_2 ’ye dönüştürülüp, Finnigan MAT 252 kütle spektrometresinde analiz edilmiştir (Valley vd., 1995).

2.2.2 S-izotop analizleri

Bu analiz ABD’de bulunan Georgia Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği bölümünde bulunan duraylı izotop laboratuvarında yapılmıştır. Hazırlanan cevher örnekleri EA-IRMS metodu ile analiz edilmiştir. EA-IRMS metodunda, numuneler vanadyum pentaoksit ve oksijen buharı ile reaksiyona sokulup, kükürt trioksit oluşumunu engellemek için kuvars tüpü hızlı bir şekilde oda sıcaklığına kadar soğutulmaktadır.

Yaklaşık 25 mg sülfatlardan ve 5-12 mg arası sülfürlerden 0.2 mg kükürt dioksit üreterek bu analiz yapılabilmektedir.

2.2.3 Mineral kimyası analizleri (EPMA)

Bu analizler Amerika Birleşik Devleti'nde, Maine Eyaletinde bulunan Maine Üniversitesi, Yer Bilimleri ve İklim Değişiklikleri Okulu'nda bulunan "Electron Microprobe" laboratuvarında Cameca SX-100 cihazı kullanılarak yapılmıştır.





3. EKONOMİK JEOLJİ

3.1 Doğu Pontidler ile İlgili Önceki Maden Yatakları Çalışmaları

Doğu Pontidler, Türkiye'nin en önemli metalojenik bölgeleri listesinde yer almaktadır. Masif sülfür maden yataklarını kapsayan bu bölge geçmişten bu yana birçok araştırmanın ve çalışmanın konusu olmuştur. Bu bölgede kaydedilen ilk çalışma Kafkasya'da faaliyet gösteren bir Rus-İngiliz maden şirketi tarafından yapılmıştır. Bu çalışma 20. Yüzyılın ilk yıllarında yapılarak Türkiye'de ve Sovyet Birliği'nde yer alan damar tipi, skarn tipi ve masif sülfür yataklarını araştırmıştır. Bu araştırma kapsamında o dönemde bilinen tüm cevher sahalarının jeoloji haritalarını yapılarak 1941 – 1943 yılları arasında Kovenko (1941 – 1943) tarafından yayınlanmıştır.

Bu çalışmanın ardından Alman şirketi olan Siemens Werke 1905 yılında Kuvarshan yatağının ve 1912 yılında Akarşen yatağının prospeksiyonlarını yapmıştır (Pejatovic 1979).

KOSSMAT, 1907 – 1910 yılları arasında Doğu Pontidlerin orta kısımlarında araştırma yaparak bölgedeki cevher yataklarını ve bu yataklarının jeolojik özelliklerini incelemiştir. Bu araştırmanın önemli bir sonucu olarak Doğu Pontidler metalik bir bölge yönünden literatüre girmiştir. Kossmat; aralarında Eseli-Maden ve Akköy-Çanakçı yataklarının da bulunduğu bazı masif sülfür yatakları olmak üzere 15 yatak üzerinde araştırma yapmış olup, bu yataklara ait jeoloji haritaları, kesit, anakaya bileşimi ve cevher parajenezi hakkında bilgi vermiştir. Yazar, incelediği masif sülfür yataklarının Eosen volkanik birimlerinden andezitler ile ilgili hidrotermal saçınımlı cevherler olduklarını ileri sürmektedir (Pejatovic 1979).

Zimmer (1938), Murgul yatakları üzerinde çalışmalar yapmış, Anaytak adıyla bilinen cevher kitlesini plütojenik olarak tanımlamıştır.

Kovenko (1941 – 1944), öz çalışmalarından ve başkası tarafından yapılan araştırmalardan elde ettiği bilgileri ve sonuçları 1940 – 1944 yılları arasında

makaleler halinde yayınlamıştır. Yazar incelediği cevher yataklarının jenetik bakımından Tersiyer granitlerine bağlı olduklarını öne sürmüştür.

Egeran (1946), masif sülfid yataklarının metalojenezi ile ilgili araştırma yapmıştır. Pontidlerde Pirit ve Kalkopirit-Pirit ile karakterize olan epitermal yatakları ayrı bir tektonik ve magmatik birimi olarak ayıran Egeran, Doğu Pontidlerdeki ilk metalojenik çalışmayı yapan araştırmacı olmuştur.

Schneiderhöhn (1955), Yaptığı araştırma sonucunda; Murgul yatağını silikat-subvolkanik bir yatak, Doğu Pontidleri de Alt Kafkasya Zonu'na ait kratojenik volkanik bir parça olarak görmüştür.

Petrascsek (1955), Balkan ve Anadolu'daki metalojenik bölgelerle ilgili bir çalışma yaparak Doğu Pontidlerde Murgul ile Gümüşhane olmak üzere 2 subvolkanik yatak tipi ayırmıştır.

Kieft (1956), Harşit havzasındaki polimetallik yatakları üzerinde araştırma yapmıştır. Bu bölgedeki masif sülfid yataklarının mezotermal kökenli bakırlı Piritler ve kontakt metamorfik yataklar olduğunu öne sürerek ikiye ayırmıştır.

Pollak (1961), Lahanos masif sülfid yatağının, Doğu Pontidlerde belirgin bir volkanik faz oluşturan dasitler izojen olduğunu belirtmiştir.

Pollak (1968), Doğu Pontidleri, Kuzey Anadolu metalojenik provensine dahil etmiş, masif sülfid yataklarını subvolkanik kökenli olarak nitelendirmiş ve bu zuhurların Üst Kretase-Eosen fayları ile kontrol edildiklerini belirtmiştir.

Ovalıoğlu (1969), Türkiye'deki tüm polimetallik yatakları incelediği araştırmasında, Doğu Pontidlerde araştırdığı 26 masif sülfid yatağının eksalatif-sedimanter ve dissemine hidrotermal yataklar sınıfına dahil etmiştir.

Gümüş (1970), Doğu Pontidlerdeki masif sülfid yataklarının teletermal ve epitermal yataklar olduğunu söylemiştir.

Popovic (1975), batıda Rize, doğuda Türkiye – Gürcistan sınır, kuzeyde Karadeniz ve güneyde Çoruh Nehri ile sınırlanan alanda Cu, Pb, Zn yataklarının jeolojik ve yapısal özellikleri, dağılımları ve magmatik faaliyetler ile olan ilişkilerini araştırmıştır.

Pejatovic (1979), Pontid tipi masif sülfid yataklarını, bu yatakların kökenlerini ve metalojenik özelliklerini araştıran bir çalışma yapmıştır. Yazar, bu araştırmada Doğu

Pontidlerdeki masif sülfid yataklarının oluşumunu, Kimmericiyen-alpin metalojenik döneminde kıtasal levha üzerinde oluşmuş olan kompleks volkanik yayın evrimi ile ilişkilendirmektedir. Ayrıca, Pejatovic, bu araştırmanın sonucu olarak; bu yatakların nitelikleri diğer benzer kompleks yaylardaki yatakların benzeri ve köken açısından Kuroko tipi olarak bilinen yataklar ile aynı kökene sahip olduklarını öne sürmektedir. Yazar, Avrasya ile Arap Levhası arasında kalan bölgeyi Karadeniz kuşağı olarak nitelendirmekte olup, bu kuşağın hemen hemen doğu-batı doğrultusunda ve birbirine paralel olarak uzanan, en yaşlısı en kuzeyde, en genci en güneyde bulunan beş bölümden oluştuğunu belirtmektedir. Yazar Pejatovic, Doğu Pontidlerdeki volkan yaylarının oluşumu, Japonya örneğine benzer; yay öncesi evre, merkezi yayın oluşumu, dış yayların oluşumu ve yayların çarpışması evreleri olarak belirtmektedir.

Çakır (1986), İkizdere – İspir metalik cevherleşmeleri incelediği raporda; eski bulgulara ve kendi bulgularına dayanarak, biri Kretase yaşlı diğeri Eosen yaşlı andezit-bazalt lav ve piroklastları şeklinde iki ayrı volkanik fazdan ve bu iki faz arasında granit-mikrogranit ve mikrodioritlerden oluşan bir intrüzyondan bahsetmektedir. Yazar inceleme alanında önemli olmayan bir manyetit – spekülait cevherleşmelerinin bulunduğunu, intrüziplerde; epidotlaşma, limonitleşme, hematitleşme ve piritleşme alterasyonların yer aldığını yazmaktadır.

Özgür ve diğ. (1991), Doğu Karadeniz metalojenik kuşağını araştıran bir çalışma yürütmüşlerdir. Yazarlar, bu çalışma kapsamında; bölgenin ana metal yataklarında yaygın olarak görülen saçınımlı cevherlerde ortalama Cu konsantrasyonunun %0,2 ile %0,8 arasında, stokvork tipi cevherlerde çeşitli Cu konsantrasyonunun ortalamasının %1 ile %3 arasında ve küçük cevher damarlarında görülen Cu konsantrasyonunun ortalaması %5 ile %10 arasında olduğunu belirtmektedirler.

Gökçe ve Spiro (2000), araştırmacılar, Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan masif sülfid yataklarında görülen cevherleşme tiplerini ve sülfid minerallerini araştırarak $\delta^{34}\text{S}$ izotopu analizlerini yapmışlardır.

Abdioğlu (2015), Doğu Pontidler Bölgesi'nde yaptığı arazi gözlemleri, mineralojik incelemeler ve jeokimyasal çalışmalardan elde ettiği bulgulara dayanarak; yan kayaçlarda ve örtü kayaçlarda asidik hidrotermal alterasyon ile gelişen ve faylar ve kırık sistemleri ile kontrol edilen kuvars-klorit-serizit-pirit, serizit-klorit-pirit-, klorit-

serizit-pirit ve klorit-karbonat-epidot-kuvars/alabit-serizit alterasyon zonlarını saptamıştır.

3.2 Doğu Pontidlerdeki Dasitler

Doğu Pontidlerdeki dasitler iki farklı seviyeye ayrılmaktadır. Bunlar 90'dan fazla masif ve damar tipi cevherleşmeyi kapsamakta olup, Alt Dasitik serinin yaşı Üst Kretase-Senoniyen, Üst Dasitik Serisinin yaşı Paleosen-Tersiyer-Eosen'dir. Bu iki seriyi birbirinden ayıran Maastritiyen yaşlı bazik kayalardır.

3.2.1 Alt dasitik seri

Bu serinin taban kayaçları bazik kökenli volkanizma faaliyetlerinden oluşan kayaçları teşkil etmekte olup, Üst Kretase sonuna kadar devam ederek bu zaman içinde asidik ve ortaç volkanizma faaliyetlerinden oluşan kayaçlarla sona ermektedir (Şekil 3.1). Bu volkanizma faaliyetleri sonucu olarak oluşan bu kayaçlar serisini alt dasitik serisi olarak tanımlar ve bakır, kurşun, çinko mineralleri içermektedir (Maucher, 1960). Alt dasitik serisi, dasitik tüfler ile başlamakta ve dasitik sünger tüfleri ile bitmektedir. Bu serinin en önemli özelliği pirit minerallerini bünyesinde bulundurmalarıdır (Mado, 1972). Bu serinin kayaçları bölgedeki (Murgul) bakır yatağının çevre kayaçları olarak nitelendirilmektedirler. Serinin stratigrafik sıralaması aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

3.2.1.1 Dasitik tüfler

Dasitik tüfler, petrografik olarak sünger tüfler ve kumlu tüfler olarak isimlendirilmektedirler (Buser ve Cvetic, 1973). Fakat bu kayaçları içerisinde bulundurdıkları kuvars fenokristalleri nedeniyle kuvars-kretofir ve kuvars-kritofir tüfü isimlerinin verilmesini daha uygun görmüşlerdir. Bu durumda dasitik tüf teriminin kullanılmasının petrografik olarak daha doğru olduğunu düşünülmekte çünkü sünger tüflerin içine dasit kütleleri girmiş bulunmaktadır (Özgür, 1985; Şekil 3.1).

3.2.1.2 Tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu

Bu formasyon dasitik tüfler ve dasitik lavlar arasında yer almaktadır. Tüf-Kumtaşı-Kireçtaşı formasyonu; çört, kahverengi marn, kireçtaşı, tüf, kumtaşı ve konglomera kayaçlarından oluşmakta olup, içinde bulunan fosil nedeni ile Senoniyen yaşına dahil

edilmektedir. Bu formasyonun kalınlığı 20-50 m aralarında olduğu düşünülmektedir (Şekil 3.1).

3.2.1.3 Dasitik lavlar

Bu dasitik lavlar kırmızı ve yeşil renklerinde olup, dasitik sünger tüfler ve tuf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonunu örtmektedir (Şekil 3.1). Bu dasitik lavlar kalınlığı 200-500 m arasındadır ve bunun yaşı Maestrihtiyen'e kadar uzanmaktadır. Dasitik lavlardaki kırmızı rengi dasitin hematitleşmesinin sonucunda medyana geldiği düşünülmektedir. Petrografik çalışmalarda dasitin matriksi mikro ve kriptokristalin yapılarındadır. Kayaç matriksin büyük bir kısmı ince taneli kuvarstan oluşmakta ve tüm kayacın kompozisyonunu; plajioloklas, ortoklas, amfibol ve piroksen mineralleri oluşturmaktadırlar. Kayaç lokal olarak alterasyona uğramış olup, feldispat, kaolinit, serisit ve kalsit tarafından ornatılmış bulunmaktadır. Apatit ve zirkon mineralleri burada aksesuar mineral olarak bulunmaktadır (Özgür, 1985).

3.2.2 Üst dasitik seri

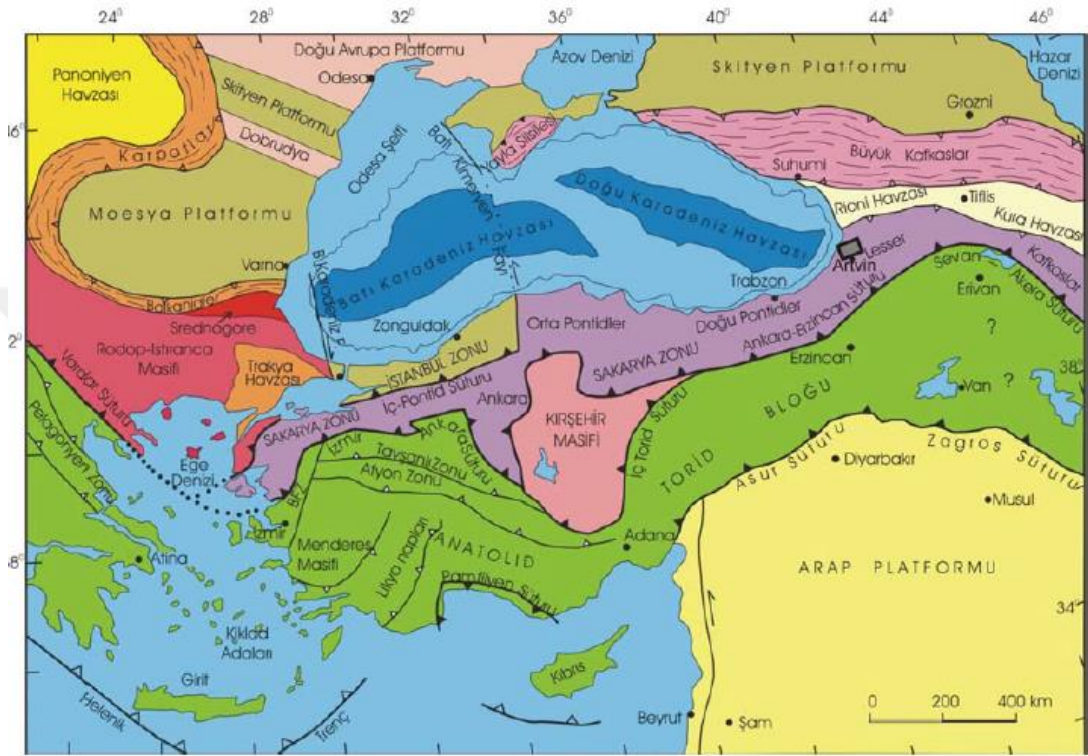
Üst dasitik serisinin yaşı Paleosen ile başlayıp, Eosen ile sona ermektedir. Bu seri filiş ve bezner sedimanterler ile başlamakta, orta kesimlerini cevheri barındıran dasitik ve andezitik tüfler teşkil etmekte olup, andezit kayaçları ile örtülmektedir. Üst dasitik serisinin kalınlığı 100-500 m aralarında olduğu düşünülmektedir (Şekil 3.1).

FORMASYON	LİTOLOJİ	KAYAÇLAR	KALINLIK	CEVHERLEŞME	SERİLER	VOLKANİK EVRELER
TERSİYER EOSEN		Mikrogranit		Steril		
		Andezit				
		Dastitik ve andezitik tuf	100-500 m	✂ Başköy Alacalı Cevher Yatağı	Üst Dastitik Seri	III
Paleosen		Filiş-benzeri sedimetler	?			
Maastrichtiyen		Kiriçtaşı-marn				
		Riyolit-riyedadit ve andezit	150-200 m	Steril	Üst Bazık Seri	II
		Tuf-kireçtaşı arakatlı volkanik breş				
Üst Kretase Senoniyen		Dasit lavları	200-500 m	Steril		
		Tuf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu	20-50 m			
		Alterasyon		⚡ Murgul Cu yatağı	Alt Dastitik Seri	I
Jura-Alt Kretase		Dasitik piroklastikler	150-300 m			
		Dasitik lavları		Steril		
		Kuvars-Kerotofir				
PALEOZOYİK		Kuvars-Kerotofir tuf	100-250 m	Steril	Alt Bazık Seri	
		Spilitik spilitik tuf				
		Gümüşhane granodiyoriti	700-800 m		Temel	
		Kıvrımlanmış metamorfik seriler				

Şekil 3.1: Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özgür, 1985; Özgür vd., 2008’den tekrar çizilmiştir).

3.3 Levha Tektoniği

Doğu Karadeniz Bölgesi, jeotektonik olarak Pontidler içinde bulunup, Doğu Pontid metalojenik kuşağı içinde yer almaktadır (Şekil 3.2). Pontidler, Paleotetis'in kapanması ve Neotetis'in açılması, olgunlaşması ve daha sonra kapanması neticesinde oluşmuştur (Şengör vd., 1980).



Şekil 3.2: İnceleme alanının Türkiye'nin tektonik birlikleri içerisindeki konumu (Okay ve Tüysüz, 1999).

Karbonifer'den günümüze kadar olan bu zaman zarfında tüm bu bölgesel ölçekli levha hareketleri sonucu olarak bölgede volkanizm faaliyetlerinin aktifleştiği ve volkanik hareketlerin meydana geldiği görülmektedir. Bu volkanik hareketler dönemsel olarak dokuz gruba ayrılmakta ve bu gruplar; Permo-karbonifer, Triyas, Liyas, Dogger, Malm-Altkrestase, Üst Kretase, Pleosen-Eosen, Miyosen ve Pliyo-Kuvaterner gruplarıdır (Ercan ve Gedik 1983).

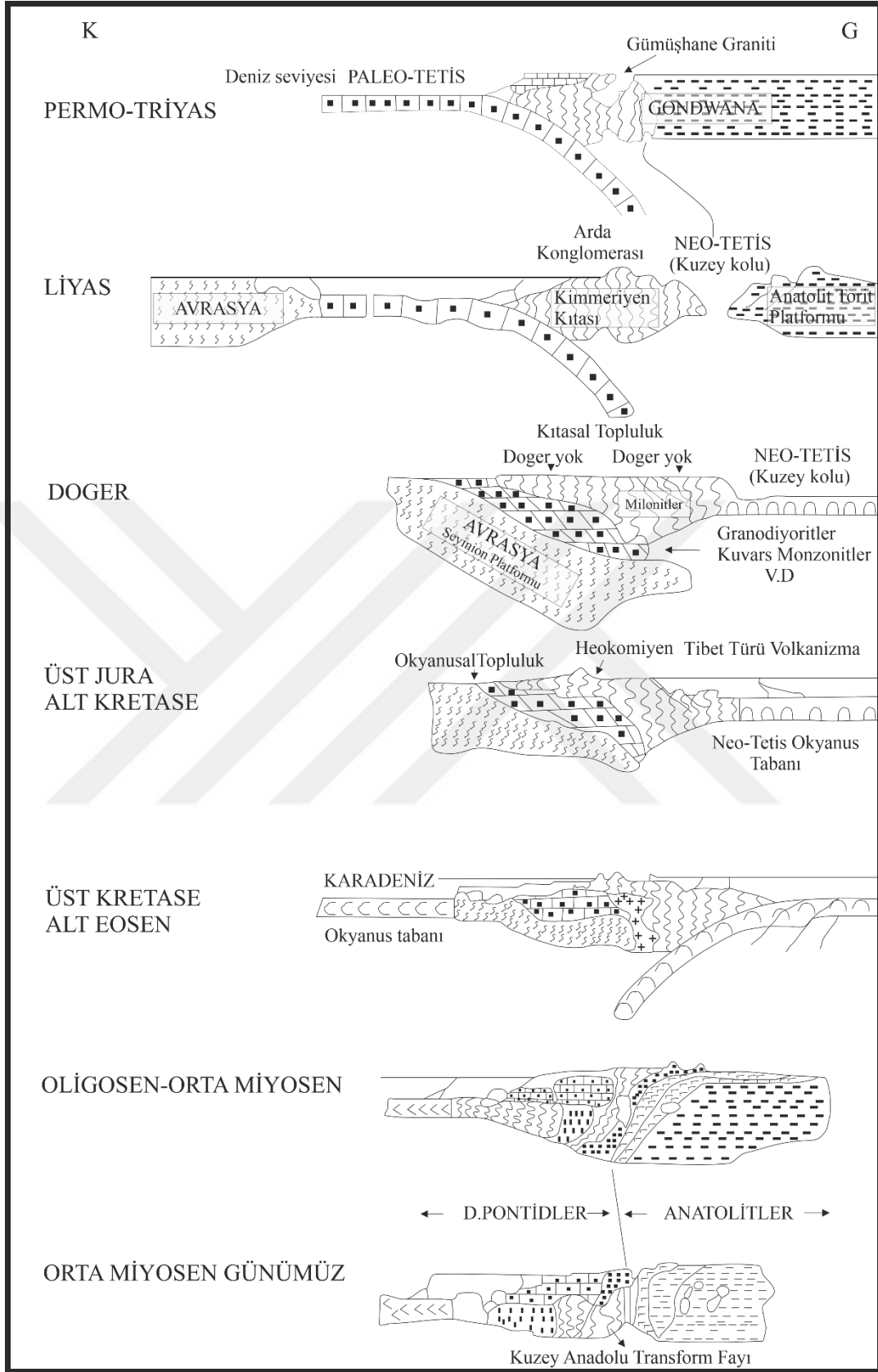
Bu volkanizma gruplarından biri ve Liyas döneminde meydana gelen Liyas volkanizmi tartışmaya neden olmuş ve birçok yazar tarafından güneyde Gondwana kıtasındaki oluşan riftin Liyas'ta oluşmuş olduğunu ve bir açılma evresi ile ilişkilendirilebildiğini öne sürmektedirler (Ercan ve Gedik 1983).

Bu riftleşmenin Paleotetis yitim zonu üzerinde bir kenar deniz açılması şeklinde olduğu, Liyas'ta oluşmaya başlayan bu rift ile birlikte Liyas-Alt Kretase dönemleri boyunca Neotetis okyanusunun giderek açıldığı ve okyanusun kuzeyinde Atlantik tipte bir kıta kenarı ve yitim zonunun olduğu düşünülmektedir (Ercan ve Gedik 1983). Bölgedeki volkanlar üzerinde yapılan birçok araştırmanın sonucunda; bölgedeki volkanların jeokimyasal özellikleri tipik ada yayı volkanizması ürününün olduğu, Neotetis'in kuzey kolunun açılması sonucunda oluşan faylanma, riftleşme sonrası bağlantılı olarak horst-grabenlere karşılık gelen denizaltı tepeleri ve denizel çukurluklar geliştiği, denizaltı tepeler üzerinde ve yamaçlarda genel olarak kondense seriler ve sık karbonat çökelleri oluşurken çukurluklar içinde lav ve tüf ara katkılı türbiditler geliştiği ortaya konulması ile bu volkanların genel olarak Pontidler kuşağının Liyas'ta ada yayı konumunda olduğu düşünülmektedir (Şengör vd., 1980; Şengör ve Yılmaz 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997) (Şekil 3.3).

Doğu Pontidlerde Üst Kretase volkanitlerinin altta dasit, latit ve riyodasit lavlar ve tüf-aglomeralardan oluştuğu saptanarak Alt Dasitik Seri olarak adlandırılırken üstte konumlanan daha genç spilitik bazalt ve trakiandezitleri ise Üst Bazik Seri olarak adlandırılmaktadır (Ercan ve Gedik 1983). Hem Paleotetis okyanusunun hem Neotetis okyanusunun kapanması sonucunda Pontidler'de yaygın olarak magmatik intrüzyonların meydana geldiği belirtilmektedir (Boztuğ vd., 2004; Boztuğ vd., 2006). Doğu Karadeniz Bölgesi bir ada yayını temsil etmekte ve metalojenik kuşağının kuzeydoğusunda yer almaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi doğu-batı yönünde 350 km uzunluğa sahip ve kuzey-güney 60 km genişliğe sahiptir. Genel olarak Jura-Miyosen yaşlı tipik ada yayı volkanik kayalardan oluşmakta ve bu volkanik kayaların kalınlığı bazı yerlerde 3000 metreye kadar ulaşmaktadır.

Bu kayaların içlerinde ardalanmalı olarak sedimenter kaya mercekleri bulunabilmektedirler. Bölgedeki volkanizma Liyas ve Miyosen zaman aralıklarında geliştiği düşünülmektedir (Özgür, 1985).

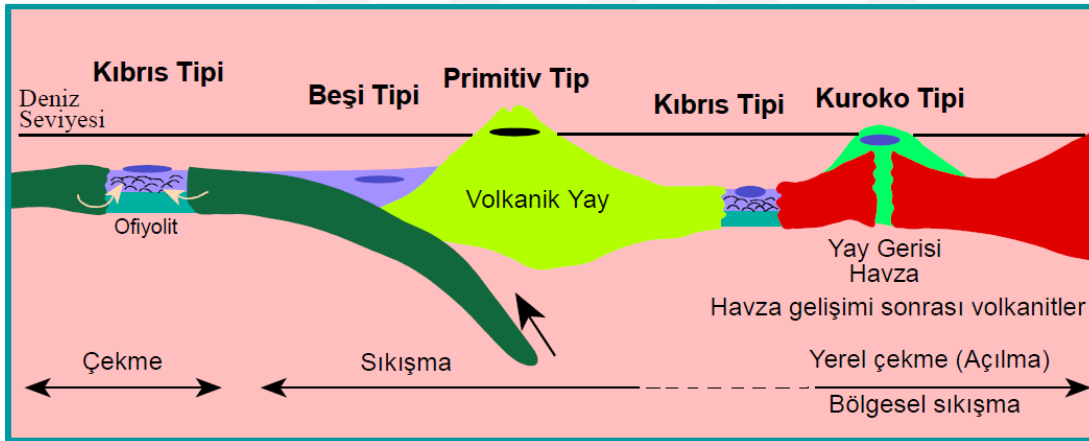


Şekil 3.3: Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının içinde bulunduğu Pontidlerin Permo-Triyas'ın günümüze kadar gelişimi (Şengör vd., 1980'den tekrar çizilmiştir).

3.4 VMS Yataklarının Oluşumu

Volkanizma ile ilişkili olan, hacimsel olarak %60 civarında pirit minerali içeren, volkanik kayalar içinde yer alan ve sülfürlü minerallerden oluşan maden yatakları VMS yatakları olarak adlandırılmaktadır (Akçay, 2016). Bu yatakların morfolojisi genel olarak stratiform, ağsal damarcıklar ve mercek şeklindedir. Mineralojik bileşimi; pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve daha az oranda sülfotuzlar ve bornit minerallerden oluşmakta olup, genellikle gang mineralleri kuvars, klorit, barit ve jips minerallerinden oluşmaktadır (Franklin et al, 1981).

VMS yatakları jeotektonik olarak üç farklı yatak tipine ayrılmakta ve bu tipler; Kıbrıs Tipi, Beşi Tipi ve Kuroko Tipi yataklarıdır. VMS Kıbrıs Tipi yatakları, okyanus ortası açılma zonlarında gelişen bazik volkanik kayalar ve ofiyolitler ile ilişkili iken, VMS Kuroko Tipi yatakları ada yayı oluşumunun son zamanlarında gelişen felsik volkanik kayalar ile ilişkili, VMS Beşi Tipi yatakları ise ada yayı oluşumu esnasında ilk kalkalkali volkanizma fazıyla ilişkilidir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: VMS yataklarının jeotektonik oluşum ortamlarına göre sınıflandırılması (Akçay, 2016).

VMS yatakları; element, volkanik kayalar, sedimanter kayalar, oluşum ortamı, plaka tektoniği ve yaş bakımından aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

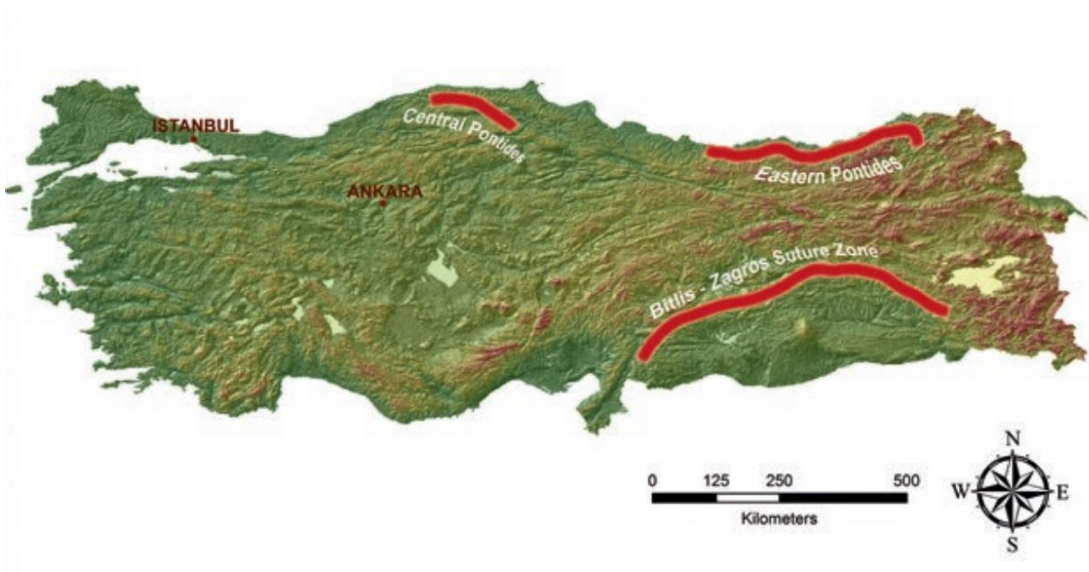
Çizelge 3.1: VMS yataklarının element, volkanik kayaçlar, sedimanter kayaçlar, oluşum ortamı, plaka tektoniği ve yaş bakımından sınıflandırılması (Akçay, 2016).

	Element ler	Volkanik Kayaçlar	Sedimanter Kayaçlar	Oluşum Ortamı	Levha Tektoni ği	Yaş
Kuro ko Tipi	Zn-Cu- Pb±Au± Ag	Toleyitik bazaltlar, kalkalkli lavlar, Piroklastit ler	Volkanoklasti kler, klastikler, az oranda karbonatlı kayaçlar	Patlamalı sığ kalkalkali deniz altı volkanizm ası	Yay gerisi açılma, karasal riftleşm e	Erken Proterpzo yık, Fanerozoi k
Kıbrı s Tipi	Cu±Au	Ofiyolitik kayaçlar, toleyitik bazaltlar	Çok az veya hiç yok	Toleyitik denizel volkanizm a	Okyanu sal riftleşm e	Fanerozoi k
Beşi Tipi	Cu- Zn±Au	Mafik toleyitik	Türbiditik kayaçlar	Derin denizel tortulaşma ve toleyitik volkanizm a	Yay önü havza veya hendek	Geç Proterozoi k, Paleozoik

3.5 Türkiye’deki VMS Yatakları

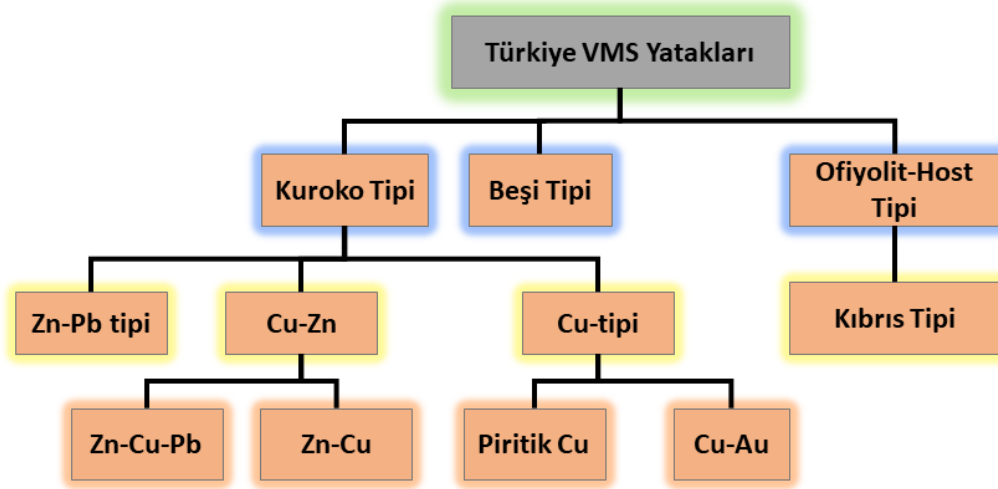
Türkiye’deki VMS yatakları genel olarak Cu-Pb-Zn elemnlerinin en önemli kaynağı ve yan ürün olarak Au-Ag elementlerin kaynaklarından biri sayılmaktadır. Bu yataklar, şekil 3.5’de gösterildiği gibi, Türkiye’nin 3 farklı tektonik bölgesinde dağılım göstermekte olup, (I) Kuroko Tipi VMS yataklar doğu pontit tektonik kuşağında; (II) Kıbrıs Tipi VMS yataklar Küre’de (Kastamonu) ve Bitlis-Zağos suture

zonunuda, ve (III) Beşı Tipi VMS yataklar Hanönü-Taşköprü (Kastamonu) bölgesinde (Çiftçi, 2019).



Şekil 3.5: Geçmişte ve günümüzde Türkiye’deki VMS yataklarının bulunduğu bölgeler (Çiftçi, 2019).

Türkiye’deki Kuroku Tipi VMS yataklarının tümü Geç Kretase felsik volkanitleri ile ilişkilidir. Bu Geç Kretase felsik volkanitleri esasta riyoitikler, piroklastikler ve dasitiklerden oluşmakta olup, Karadeniz’in doğu kıyısına paralel olarak dar bir alan teşkil ederek paleomagmatik yayının aksiyal zonunu temsil etmekteledir. Kuroku Tipi VMS yataklarının alt tip sınıflaması Cu-, Zn-Cu, Cu-Zn, Zn-Pb-Cu sınıflarıdır (Şekil 3.6). Genel olarak, bu tür yataklar Cu, Zn, ve Pb çıkarılması için işletilmektedir. Bazı yataklarda önemli oranda altın (Ceratetepe ve Hod yatakları, Artvin) ve gümüş (Köprübaşı yatağı, Giresun) madeni bulunabilmektedir (Çiftçi, 2019).



Şekil 3.6: Türkiye'deki VMS yataklarının sınıflandırılması (Çiftçi, 2019).

Türkiye'deki Kıbrıs Tipi VMS yatakları Bitlis-Zağros suture zone boyunca yer almakta ve tamamı allocton ve ofiyolit yitim zone mafik volkanitleri ile ilişkili olup, (I) Orta Eosen Maden Kompleksi – mafik volkanitler istif, plajik sedimanlar, kireçtaşı blokları ve (II) Geç Triyas-Geç Kretase Koçali Kompleksi – tektonik olarak bindirilmiş bir takım dizi plajik kayalar, platform karbonatlar, klastik sedimanlar, serpantin, ve mafik volkanikler ile ilişkilidir. Türkiye'de en büyük kıbrıs VMS maden yatakları; Türkiye'de şu ana kadar bilinmiş en büyük VMS yatağı ve 40 Mt rezerve sahip olan Madenköy (Şirvan-Siirt), ve Maden (Aka ergani) (Maden-Elazığ); bu 2 yatak Maden Kompleksi içinde yer alırken, Ortaklar (Gaziantep) yatağı Koçali Kompleksi içinde yer almaktadır. Küre yöresinde yer alan VMS yatakları da allocton ve hepsinin çevre kayaları Üst Triyas yaşlı Küre Kompleksi'nin mafik volkanikler-siyah şeyller, oldukça kalın bidirmeli derin deniz sedimanları, ve aralanmış ve parçalanmış yitim zone ofiyoliti. Bu bölgede, geçmişte ve günümüzdeki başlıca işletilen yataklar, Aşıköy, Toykundu, Kızılsu, ve Bakibaba yataklarıdır (Çiftçi, 2019).

Türkiye'deki Beşi Tipi VMS yatakları oldukça güncel zamanlarda keşfedilmiştir. Bu yataklar Hanönü-Taşköprü bölgesinde bulunmaktadır. Bu yataklar, Akgöl Formasyonu'nda yer almaktadır. Akgöl Formasyonu, düşük dereceli metamorfik siliklastik tortul kayalar, ensimatik ada yayı volkanitlerini ve yay-önü havza çökellerini içeren Orta Jura yaşlı Çangaldağ Kompleksi, okyanus kabuğu kalıntıları, ve volkano-klastiklerden oluşmaktadır. Bu yatakların en majör örnekleri Zeybek,

Hanönü, Gökırmak, ve daha önce işletilen Cozoğlu yataklarıdır. Bu yataklar genel olarak düşük rezervlere sahip olup, bazen 25 Mt'a ulaşabilmektedir (Çiftçi,2019).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Başköy Jeolojisi

4.1.1 Stratigrafi

Çalışma alanı stratigrafik olarak 4 farklı formasyondan oluşmaktadır. Bu formasyonlar; Kabacadere Volkanitleri, Murgul, Küre ve Balıklıdağ formasyonlarıdır (Şekil 4.1).

4.1.1.1 Karacadere volkanitleri

Bu volkanitler ilk olarak 1991 yılında Er vd. tarafından adlandırılmıştır. Bu volkanitler çalışma alanının güneydoğusunu oldukça belirgin bir şekilde kapsamaktadır. Kabacadere Volkanitleri'nin tabanı çalışma alanı sınırları içerisinde görülmemekte olup, üst sınırı Murgul Formasyonu'nun alt birimleri olan dasitik tuf ve breş birimleri ile uyumlu bir dokanağa sahiptir.

Kabacadere Volkanitleri tabanı grimsi-beyaz renkli lavlar ile başlamak, orta seviyelerinde kuvars-andezit mevcut, üst seviyeleri ise tuf ve tuf-breşler ile son bulmaktadır. Kuvars-andezit seviyeleri aralarında pirit tabaklarının görülmesi mümkündür. Bunun yanı sıra bu volkanitlerde ciddi miktarda limonitleşme, kloritleşme ve silisleşme alterastionlarına rastlanabilmektedir. Yapılan arazi çalışmalarından elde edilen bulgulara istinaden bu volkanitlerin kalınlığı yaklaşık 200 m civarındadır. Kabacadere Volkanitleri'nin yaşı Jura-Alt Kretase olduğu düşünülmektedir (Er vd., 1991).

4.1.1.2 Murgul formasyonu

Murgul Formasyonu ilk olarak 1991 Er vd. tarafından adlandırılmıştır. Murgul Formasyonu'nun dokanakları alttan Kabadere Volkanitleri ile, üstten Küre Formasyonu ile uyumlu olarak nitelendirilmektedir. Bu formasyon iki farklı üyeden oluşmaktadır. Alt üyesi dasitik tuf-breşten oluşurken üst üyesi ise volkano-sedimenterlerden oluşmaktadır. Bu formasyon içinde yer yer diyabaz dayklara ve sillere rastlanabilmektedir. Murgul Formasyonu'nun üst üyesi; gri, açık bej ve yeşilimsi renkleri ile ayırt edilebilmektedir. Ayıran diğer bir özelliği feno kristalli kuvarsların bulunmasıdır. Bu üyede sık sık serizitleşme, kloritleşme ve limonitleşme alterasyonları görülmektedir. Bu üyenin üst seviyeleri içinde masif sülfid mineralleri yer almaktadır. Bu üyenin kalınlığı 600-800 metre arasındadır (Er vd., 1991).

Volkanosedimanter üyesi gri-bej, açık gri ve pembemsi tuf, kırmızımsı-yeşilimsi çamurtaşı, kiltası, silt ve morumsu tüflerden oluşmaktadır. Bu üye felsik, kloritli ve serizitli tüfler ile başlamakta olup, üste doğru morumsu tüflere geçmektedir. Bu üyenin kalınlığı 10-50 metre arasındadır.

Masif tipli mineralizasyon bölgesi ve damar tipli mineralizasyonu bölgesi, Murgul Formasyonu'nun dasitik tuf-breş seviyelerinde konumlanmaktadır. Murgul Formasyonu'nun yaşı Üst Kretasedir (Er vd., 1991).

4.1.1.3 Küre formasyonu

Küre Formasyonu ilk olarak Er vd. tarafından 1991 yılında isimlendirilmiştir. Bu formasyon çalışma alanının ortasında yayılmaktadır. Küre Formasyonu, altta uyumlu olarak Murgul Formasyonu üzerinde gelmekte olup, üstte Balıklıdağ Formasyonu ile uyumlu bir dokanağı çizmektedir.

Küre Formasyonu temelde kireçtaşı ve marnlardan oluşmaktadır. Bu kireçtaşları makro fosiller içermekte, grimsi-siyah renkli ve genel olarak orta-kalın tabakalar halindedir. Bu kireçtaşların kalınlığı 30-60 metre arasındadır. Marnlar grimsi-yeşilimsi-siyah renklidir ve Küre Formasyonu'nun üst seviyelerini teşkil etmektedirler. Marnların kalınlığı 80-100 metre arasındadır. Küre Formasyonu'nun yaşı Senonyen-Alt Paleosen'dir (Er vd., 1991).

4.1.1.4 Balıklıdağ formasyonu

Balıklıdağ Formasyonu ilk olarak 1979 yılında Çınar ve Güner tarafından adlandırılmıştır. Bu formasyon çalışma alanının kuzey kesimlerinde görülmekte ve uyumlu olarak Küre formasyonu üzerinde gelmektedir.

Balıklıdağ Formasyonu grimsi-yeşilimsi-kahverengimsi dasitik ve andezitik tüf ve breşlerden oluşmakta olup, yer yer kloritleşme alterasyon tipine rastlanabilmektedir. Bu formasyon kalınlığı 200 metre civarındadır (Özgür, 2018).

Balıklıdağ Formasyonu'nun yaşı Eosen'dir (Schultze-Westrun, 1961).

4.2 Murgul-Artvin Bölgesindeki VMS Yatakları

Murgul bölgesinde birden fazla çeşitli ölçeklere sahip VMS yatak tipi mevcuttur. Bu yataklar aşağıdaki gibi;

Murgul-Anayatak: bu yatak bakır ve pirit bakımından zengindir. Bu yatağın ismi birden fazla değişmiştir. Murgul-Anayatak, ilk Caucasu Ltd tarafından araştırıldı ve Dzambul olarak bilindi (Magakyan, 1962). İkinci dünya savaşından öncesindeki dönemde Murgul olarak bilindi (Zimmer, 1938). Bu yatak ilk 1953 yılında işletilmeye başlandı ve Murgul-Çankara olarak bilindi ve ilerleyen zamanlarda birden fazla VMS tipi yatak keşfedilince artık Murgul-Anayatak bilinmeye başladı (Hamamcıoğlu ve Sawa, 1971).

Anayatak'ın çevre kayaları piroklastik-aglomera, breş, ignimbrit ve pomza-tüf kayalarından oluşmakta ve yaşı Jura-Alt Kretase yaşlarıdır. Örtü kayası ise volkanosedimanter ve kalınlığı 10-50 metre arasındadır (Pollak, 1961).

Cevher mineralleri genel olarak pirit ve kalkopiritlerden oluşmakta, daha az oranda sfalerit, galen ve tetrahidrit, iz mineral olarak opal, kuvars, amatist, hematit ve kalsitlerden oluşmaktadır (Schneiderhöhn, 1955).

Çakmak kaya: Bu yatak Murgul bölgesinin en büyük ikinci VMS tipi yatağıdır. Bu yatağın host kayası Jura-Alt Kretase ve piroklastik-aglomera, tüf ve breşlerden oluşmaktadır. Cevher mineralleri genel olarak pirit ve kalkopiritlerden oluşmakta, daha az oranda sfalerit, galen ve tetrahidritlerden oluşmaktadır (Schneiderhöhn, 1955).

Çarkbaşı: Bu cevherleşme kısmen Eosen yaşlı lavlar ile kaplıdır. Diğer yataklardaki sülfürlü minerallerin yanı sıra sidrit ve barit minerallerinin varlığı öne sürülmüştür.

Bu cevherleşme ekonomik olarak değerlendirilememektedir (Sawa ve Teşrekli, 1970).

Karagöl: Bu cevherleşme kalkopirit bakımından oldukça fakir olup, ekonomik olarak değerlendirilmemektedir (Sawa ve Teşrekli, 1970).

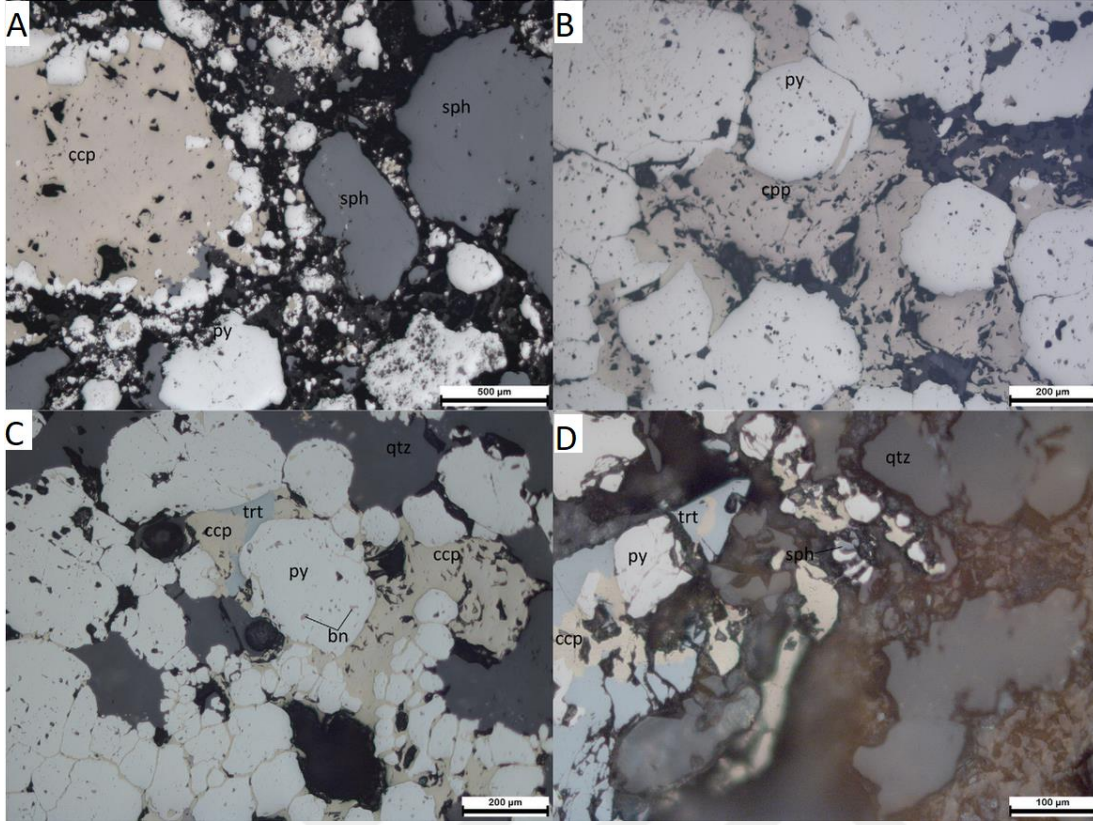
Akarşen: Bu cevherleşmeler dasitikli tüflerin en üst seviyelerinde yer almakta ve damar ve masif şeklinde morfolojilere sahiplerdir. Bu cevherleşmenin oluşu Üst Kretase volkanizma faaliyetlerine bağlı olduklarını düşünülmektedir (Sawa ve Teşrekli, 1970).

4.3 Cevher Mineralojisi ve Petrografisi

4.3.1 Cevher mikroskobu çalışmaları

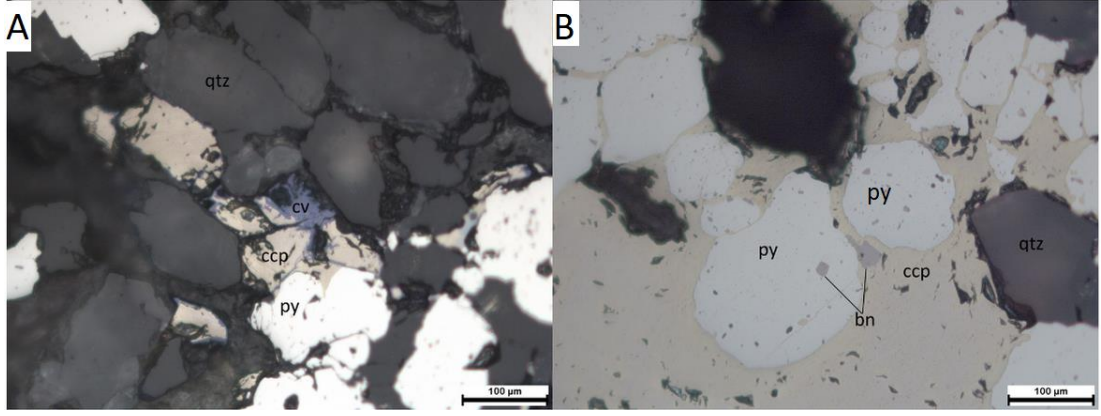
Saha çalışmasından sonra çalışma kapsamındaki Doğu Pontidler kuşağında bulunan VMS yataklarından Başköy yatağındaki ana cevher tiplerini temsil eden örneklerden parlak kesitler yapılarak, ana cevher mineralleri, gang mineralleri ve cevher dokuları incelenmiş olup, yatağın cevher mineral süksesyonu ortaya konulmuş ve yatağın VMS sınıflaması içerisindeki alt tipi belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda yatağın genelleştirilmiş “parajenetik sekansı” ortaya çıkarılmıştır. Yataklanma için bulgular aşağıda sunulmuştur.

Sahadan alınan örnekler masif ve breşik yapılarındadır. Sarı cevher ve yarı siyah cevher olmak üzere 2 cevher tipi belirlenmiştir. Cevher mineralleri pirit, kalkopirit, sfalerit ve tetrahidrit yaygın, kovalit, bornit ve götit minörden esere değişen miktarlarda bulunmaktadır. Gang minerali olarak, kuvars gözlenmiştir. Birincil mineral bolluk sırası şu şekilde kaydedilmiştir; pirit, kalkopirit, sfalerit, tetrahidrit, stanit ve galen. İncelenen kesitlerde hidrotermal ornatım dokularına sık sık rastlanılmıştır. Yapılan incelemelerde, kalkopiritin piriti ornatması, tetrahidritin kalkopiriti ornatması ve sfaleritin kalkopiritin içine yerleşmesi sıklıkla gözlemlenmiştir (Şekil 4.2).



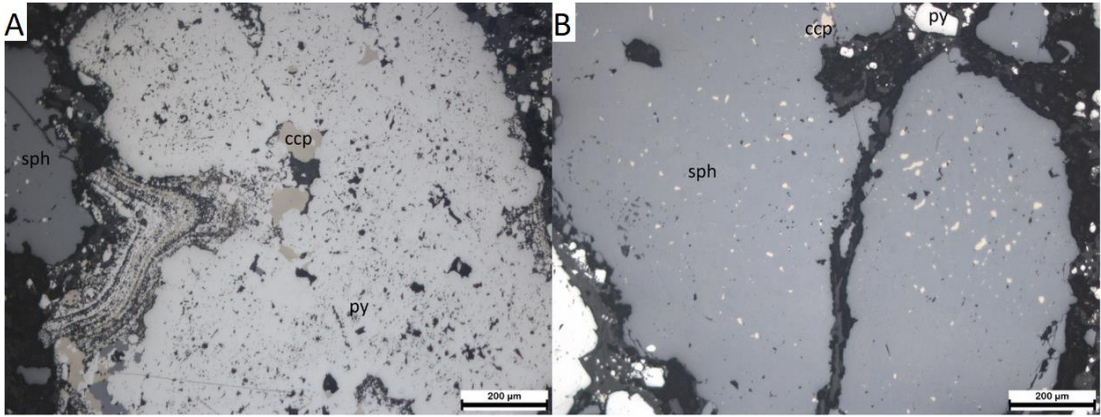
Şekil 4.2: (A) yarı siyah cevherin mikroskop görüntüsü: Kalkopiritin (ccp) piriti (py), sfaleritin (sph) kalkopiriti (ccp) ornatması; (B) sarı cevherde kalkopirit (ccp) ve pirit (py) arasındaki hidrotermal ornatım dokusu; (C) öz ve yarı öz şekilli en bol bulunan piritin (py) kalkopirit tarafından ornatılması, kalkopiritin (ccp) tetrahedrit (tt) tarafından ornatması, bornitin (bn) pirit (py) içinde oluşması. Kuvars (qtz) en yaygın gang mineralidir; (D) kalkopirit (ccp) piriti (py), sfaleritin (sph) kalkopiriti (ccp), tetrahedritin (tt) kalkopiriti (ccp) ornatması. Kuvars (qtz) gang mineralidir.

İncelemede en yaygın gözlenen birincil minerallerden pirit, öz ve yarı-öz şekilli olarak bulunmakta olup, bazı numunelerde piritin götite ve kalkopiritin yüzeysel bozuşması ve kovellite dönüşmesi gözlemlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: (A) Kalkopiritin (ccp) piriti (py) ornatması ve bozuşması ve kovellite (cv) dönüşmesi. Kuvars (qtz) baskın gang mineralidir; (B) öz ve yarı öz-şekli pirit (py) ile kalkopirit (ccp) ve bornit (bn) birlikteliği. Kuvars (qtz) yegane gang mineralidir.

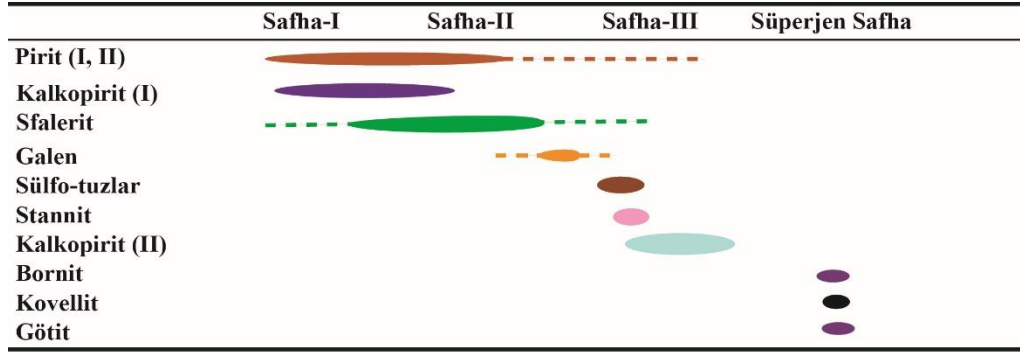
Yapılan mikroskop incelemesinde, sfaleritin “kalkopirit hastalığı” dokusu (chalcopyrite disease) gösterdiği gözlemlenmiş olup, kalkopiritin ikinci bir jenerasyonunu olduğu kanaatine varılmıştır (Şekil 4.4). İncelenen bazı parlak kesitlerde piritin ve kalkopiritin kolloform (colloform) büyümelerine rastlanmıştır. Bu kolloforom büyümelerin var olması, cevherleşmenin başlangıçta çabuk soğuma ile başladığını göstermektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: (A) Murgul-Başköy maden sahasında gözlenen ilk jenerasyon piritin (py-I) ve kalkopiritin (ccp-I) kolloform büyümeleri, dokusal ilişkileri ve sfalerit (sph) ile dokusal ilişkileri; (B) sfaleritin (sph) kalkopirit-hastalığı dokusu göstermesi.

Başköy maden sahasının cevher örneklerini incelenmesi sonucunda, cevherleşmenin 3 birincil safhada olduğu, çok zayıf bir süperjen safha yaşadığı dokusal ilişkilerden ortaya konmuştur. Ayrıca yatağın Cu-Zn tipi VMS yatağı mineral parajenezine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Doğu Pontid metalojenik kuşağında çalışılan Murgul-Başköy maden sahası için genelleştirilmiş cevher mmineral parajenetik sekansı Şekil 4.5’de gösterilmektedir.



Şekil 4.5: Murgul-Başköy maden sahası için genelleştirilmiş parajenetik sekansı.

4.3.2 Sıvı kapanım çalışmaları

Sıvı kapanımlar, minerallerin oluşumu sürecinde kristal kusur alanlarına yerleşip kapanlanmış ve günümüze kadar korunarak gelmiş, gerçek anlamda cevher oluşturan çözeltilerin fiziki örnekleridir. Köken olarak birincil, ikincil ve yalancı ikincil kökenli sıvı kapanım olarak farklı tipleri mevcuttur.

Sıvı kapanım çalışmaları maden yataklarının jenetik çalışmaları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmalarda sık sık kullanılan bir yöntemdir.

Bu tez çalışmasında cevherin oluşum ortamları ve cevheri oluşturan çözeltiler hakkında bilgi edinmek için sıvı kapanım çalışmaları yapılmıştır. Sıvı kapanım analizlerinde kullanılan kesitler kuvarslı örneklerden hazırlanıp, incelenmiştir.

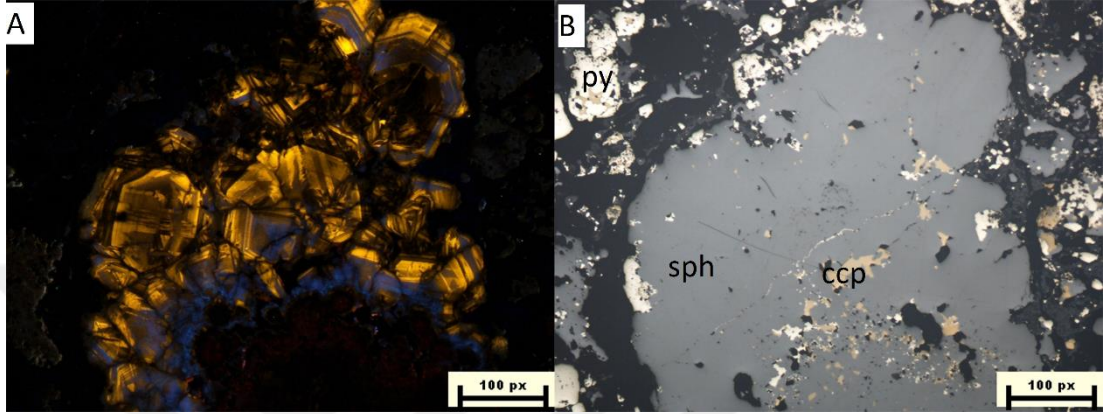
Yapılan incelemeler sırasında birincil kapanımlar bulunamadığından ötürü veri elde edilememiştir.

4.3.3 Katodoluminesans mikroskobu (CLM) çalışmaları

CLM vastasıyla bir elektron ışını tarafından ışınlanmış katıların parlatılmış yüzeylerinin lümenisans özelliklerini incelemek mümkündür. CLM kullanarak, normal ışık altında görülemeyen kristallerin iç yapıları (deformasyon veya kimyasal nonlanmalar) görülebilmekte ve böylece minerallerin büyümesi ve büyüme koşulları hakkında daha fazla bilgi elde edilebilmek mümkündür.

Cevherleşmedeki diğer mineraller CLM çalışması için uygun olmadığından CLM çalışmaları sadece sfalerit kistalleri üzerinde yapılmıştır. Mikroskop incelemesi

esnasında, bazı sfalerit minerallerinin büyümeleri ve kristal şekilleri hakkında daha fazla bilgi elde etmek için CLM ile incelenmiştir. İncelenen örneklerde sfalerit kristallerinde jeokimyasal zonlanmalara rastlanılmıştır. Jeokimyasal zonlanmaların bulunması, mineralin oluşum sırasında çözelti kimyasının değiştiğine işaret etmektedir. Fe^{+2} CL söndürücü element olduğundan siyah veya non-lüminesan zonların bu elementçe zengin olduğu sonucuna gidilmiştir (şekil 4.6).



Şekil 4.6: CLM ile gözlenen sfalerit (sph) zonlanması: (A) CLM görüntüsü, (B) RLM tek nikol görüntüsü.

4.4 Jeokimyasal Analizler

4.4.1 S-izotop analizleri

Kükürtün 4'ü kararlı toplam 23 adet izotopu vardır. Kükürdün kararlı izotopları; ^{32}S (% 95,02), ^{33}S (% 0,75), ^{34}S (% 4,21) ve ^{36}S (% 0,02) (Stanton, 1972).

Kükürt izotopları oranları $^{34}S/^{32}S$ olarak verilmekte ve üzerinde anlaşılmaya varılan Vienna Canyon Diablo Troilite (VCDT) referansı ($^{34}S/^{32}S = 0,0450045$) ile verilmektedir. $^{34}S/^{32}S$ için δ -gösterimi ($\delta^{34}S$ 0.0‰ olarak elde edilmektedir) elde etmek için aşağıdaki yaklaşımı kullanılmıştır (Jensen, 1967):

$$\delta^{34}S = \left\{ \frac{(^{34}S/^{32}S)_{Sample} - (^{34}S/^{32}S)_{Reference}}{(^{34}S/^{32}S)_{Reference}} \right\} \times 1000$$

Kükürt içeren bileşikler ve sülfürlü minerallerdeki kükürt izotop oranları, dünyanın başlıca kimyasal rezervuarları ve maden yataklarının oluşumu arasındaki kükürt döngüsü hakkında yararlı bilgi sağlamaktadır. Böylece S-izotop oranları, maden

yataklarının oluşum süreçlerinin araştırılmasında kıymetli ve iz bulucu veriler olarak kullanılmaktadır.

S-izotopları, alınan örneklerdeki sülfürlü minerallerin yapısındaki kükürdün ve cevheri oluşturan hidrotermal zltelerdeki kükürdün kökeninin belirlenmesi için yapılmıştır.

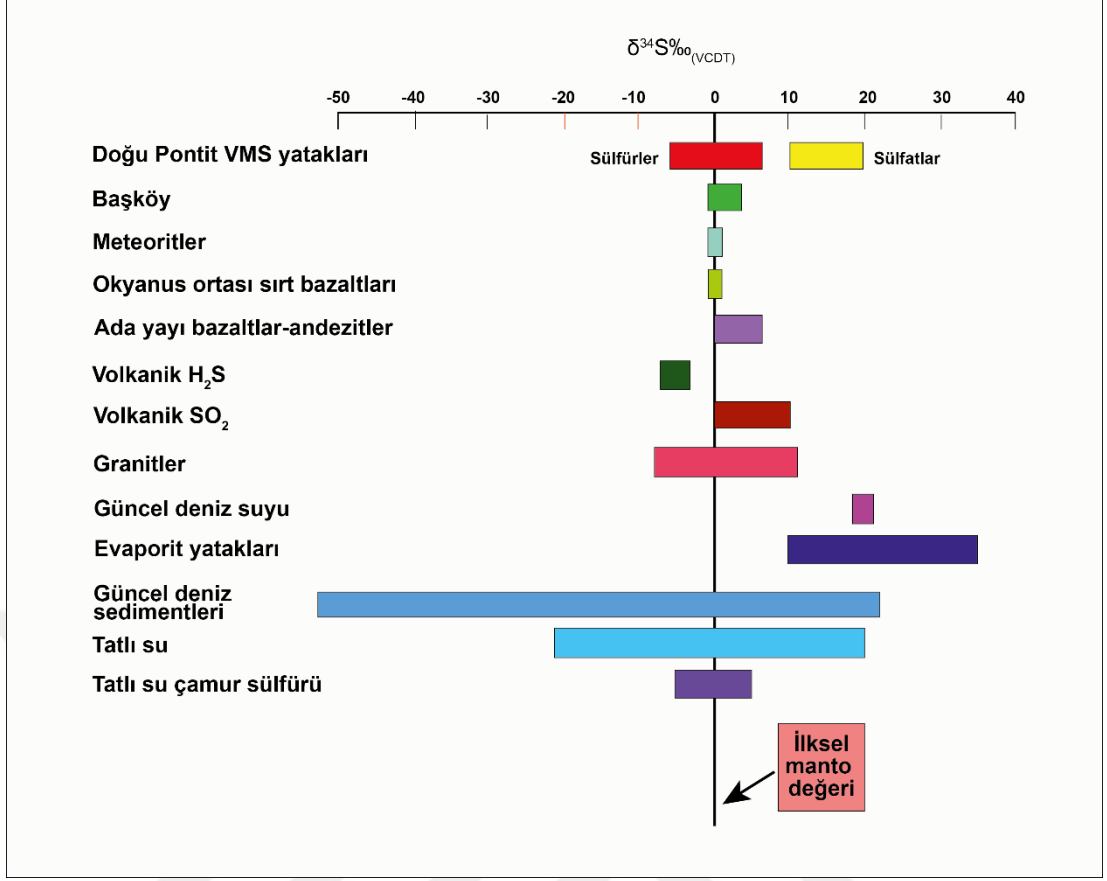
Pirit ve kalkopiritten elde edilen ortalama $\delta^{34}\text{S}$ ‰ değerleri -0.3 ve +3.8'dir. Taban kaya içinde yer alan epijenetik ağsal zonlardan alınan örneklerde +3.8'e yakın değerlere (ağır kükürt) raslanılırken, tavan kayalarına yakın kısımlarda ve okside zonlarında ise daha az negatif (hafıf kükürt) tespit edilmiş olup, S-izotop analiz sonuçları izelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Murgul-Başköy maden sahasına ait ortalama S-izotop oranları.

rnek	$\delta^{34}\text{S}$ (VCDT)
Kalkopirit	-0.3
Pirit	+3.8

Murgul-Başköy maden sahası için elde edilen kükürt izotop oranları değerlendirilip, bilinen kükürt rezervuarları için rapor edilen S-izotop oranları ile mukayesesi yapılmıştır (şekil 4.7).

Kükürt izotop değerleri dar bir aralıktaki değişim göstermekte ve magmatik kükürt değerlerine yakın dağılım göstermektedir. Değerlerin Başköy cevherleşmesinden sorumlu hidrotermallerdeki kükürdün magmatik kökenli olduğunu ve cevherleşme süresince koşulların nispeten değişim göstermediğini ifade etmektedir.



Şekil 4.7: Murgul-Başköy maden sahasına ait S-izotop oranlarının bilinen kükürt kaynakları ile mukayesesi (Çiftçi, 2019).

4.4.2 O-İzotop analizleri

O-izotopları, suların kökenleri, suların ne tür akiferlerden beslendikleri, farklı akiferlerden ve kaynaklardan gelen suların karışımları ve kayaç-akışkan etkileşimleri gibi köken ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılan bir enstrümandır.

Laboratuvardan rapor edilen analizler kuvarsa ait oksijen izotopsal oranları olduğu için, Kuroku-tipi VMS yatakların ideal oluşum sıcaklık aralıklarında dengede oldukları akışkanlara ait oksijen izotopsal değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm hesaplamalarında Sharp & Kirschner (1994) formülü kullanılmıştır:

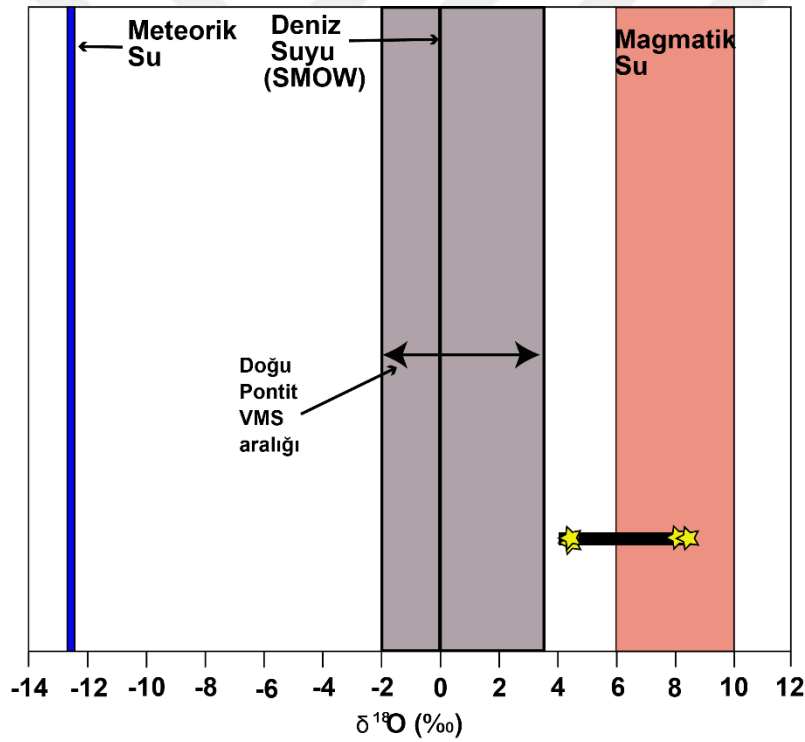
$$10^3 \ln \alpha_w^{qtz} = \frac{3.38 \times 10^6}{T^2} - 3.40 \approx \Delta_w^{qtz} = \delta^{18}O_{qtz} - \delta^{18}O_w$$

Bu yaklaşım yardımı ile Başköy maden sahasına ait O-izotop oranları oluşturulmuştur (Çizelge 4.2). Formülde kullanılan T değerleri bölgeden rapor edilen en üst ve alt (225-325 °C) değerler baz alınarak uygulanmıştır (Çiftçi, 2019).

Çizelge 4.2: Murgul-Başköy maden sahasına ait O-izotop oranları.

Sıcaklık (°C)	$\delta^{18}\text{O}_Q$ ‰	$\delta^{18}\text{O}_w$ ‰
225	14.166	4.466
325	14.166	8.166
225	14.865	4.665
325	14.865	8.865

Başköy maden sahası için elde edilen hidrotermal oksijen izotop oranları, muhtelif kaynakların değerleri ile mukayese edilerek, hangi rezervuara ait sular olabilecekleri değerlendirilmiştir (Şekil 4.8).



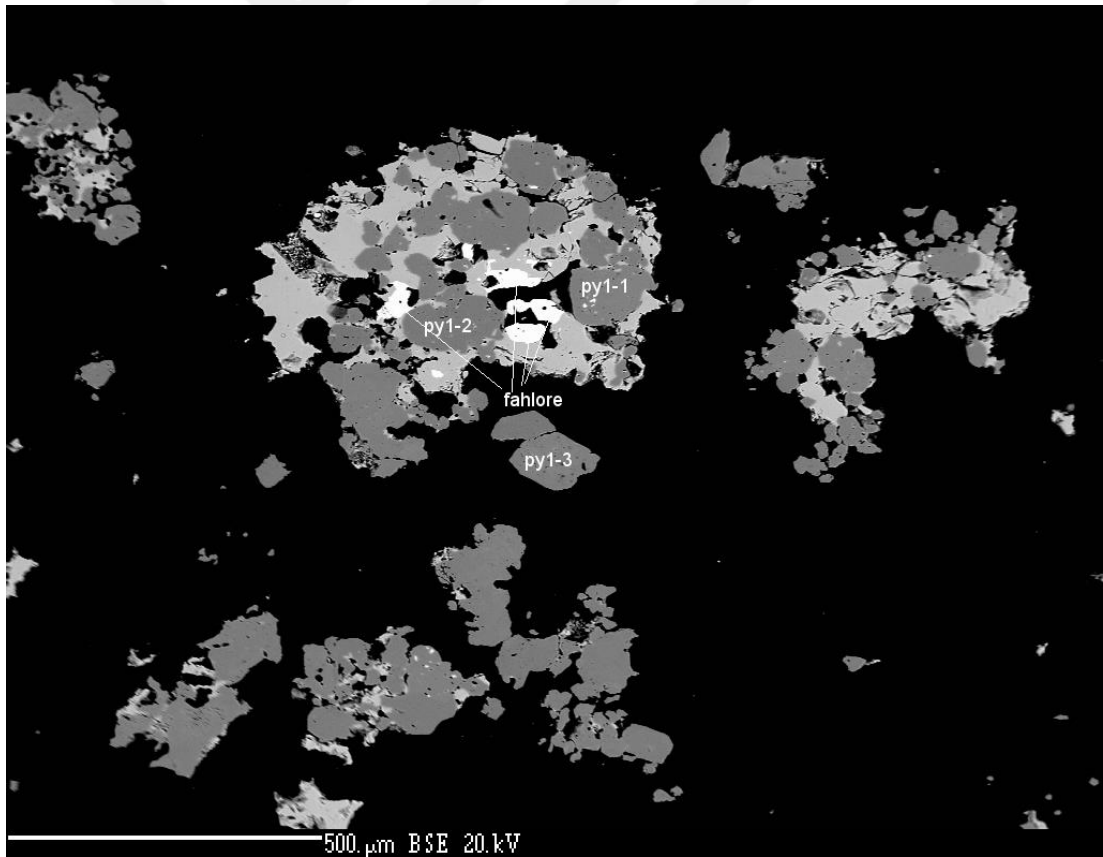
Şekil 4.8: Murgul-Başköy maden sahası için elde edilen oksijen izotop oranları ve dünyadaki temel su rezervuarlarına ait izotop oranları ile mukayesesi (Clark and Fritz 1997'den tekrar çizilmiştir).

4.4.3 Mineral kimyası analizleri (EPMA)

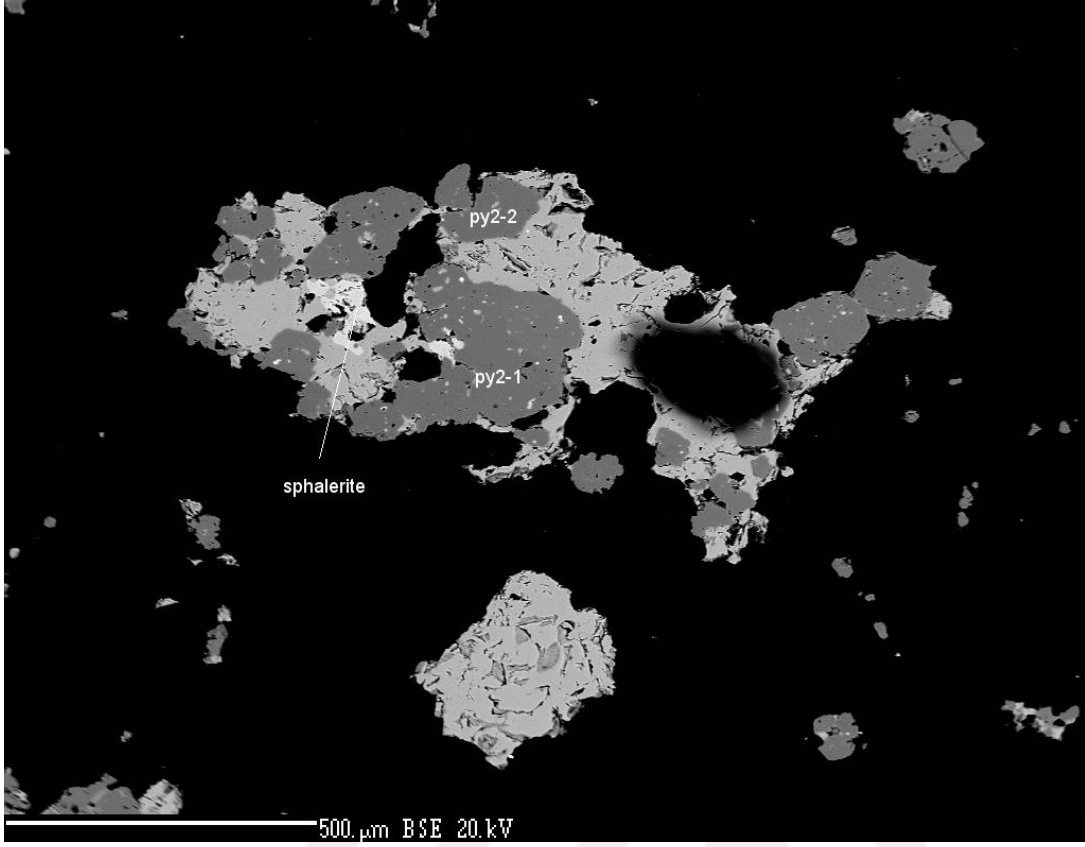
EPMA çalışması, dalgaboyu dispersiv (wave-length dispersive - WDS) spektrometreler ile donatılmış bir elektron mikroskobu kullanılarak yapılmıştır.

EPMA, küçük hacimli katı malzemelerde numuneyi tahrip etmeden yerinde kimyasal bileşenlerin elde edilmesini sağlayan bir analiz yöntemidir. EPM'nin seçilmiş bir alanın yüzeyinde belirli bir derinlikte ve çapta (1 mikron kareye kadar geniş ve bir kaç 100 angström kadar derinliğe kadar) uyarılmış olan kısmının kiyasal analizini sağlaması, materyalleri analiz etmekte kullanılan diğer analiz yöntemlerinden farklı olmasını sağlamaktadır. EPM analizi, mineral tanımlanmasında, mineral kimyasının belirlenmesinde ve minerallerin eser element içerik ve/veya potansiyellerinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir.

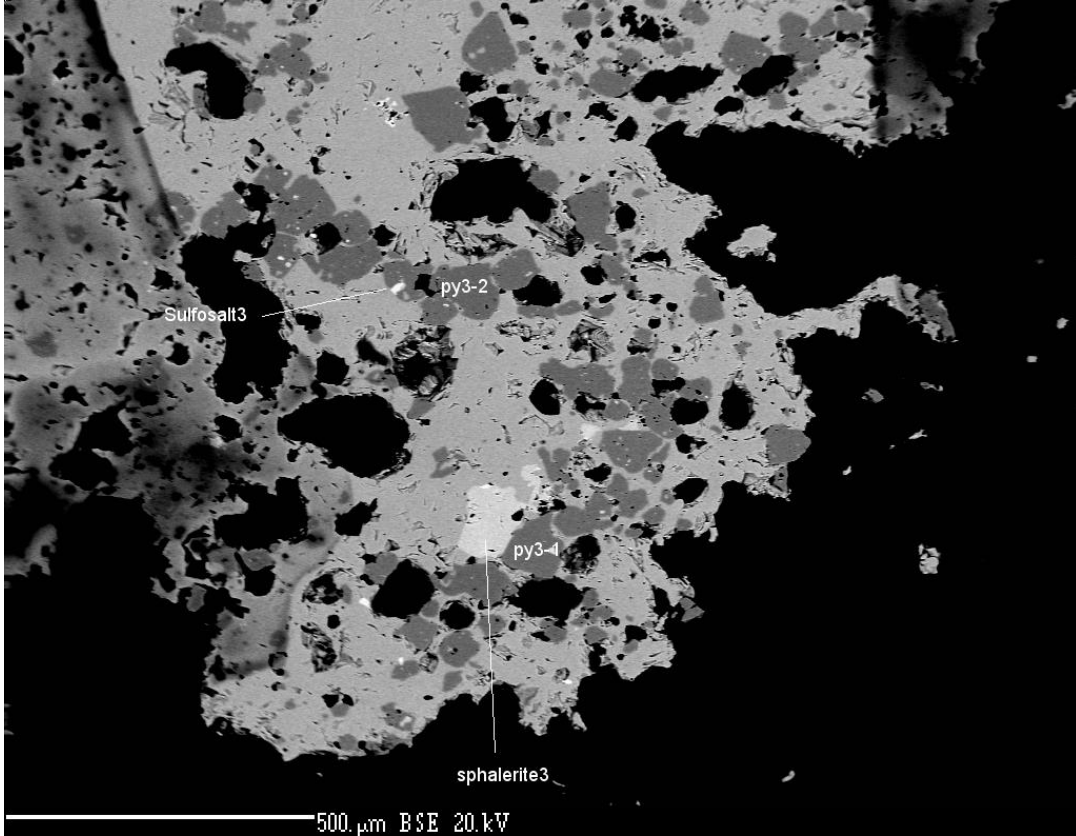
Bu tez çalışmasında, 1 adet numune içinde seçilen 3 adet mineralin (pirit, sfalerit ve sülfo-tuzlar) EPM analizi yapılarak pirit, sfalerit ve sülfo-tuz minerallerin ortalama mineral kimyaları belirlenmiştir. Analiz sonuçları Ekler kısmında çizelge 0.1-0.4'de listelenmiştir. Analiz edilen alanların BSEI (back-scattered electron image)'leri Şekil 4.9 ila 4.11'de gösterilmektedir.



Şekil 4.9: Pirit ve fahlerz üzerinde uygulanan EPM analizinin BSE görüntüsü.



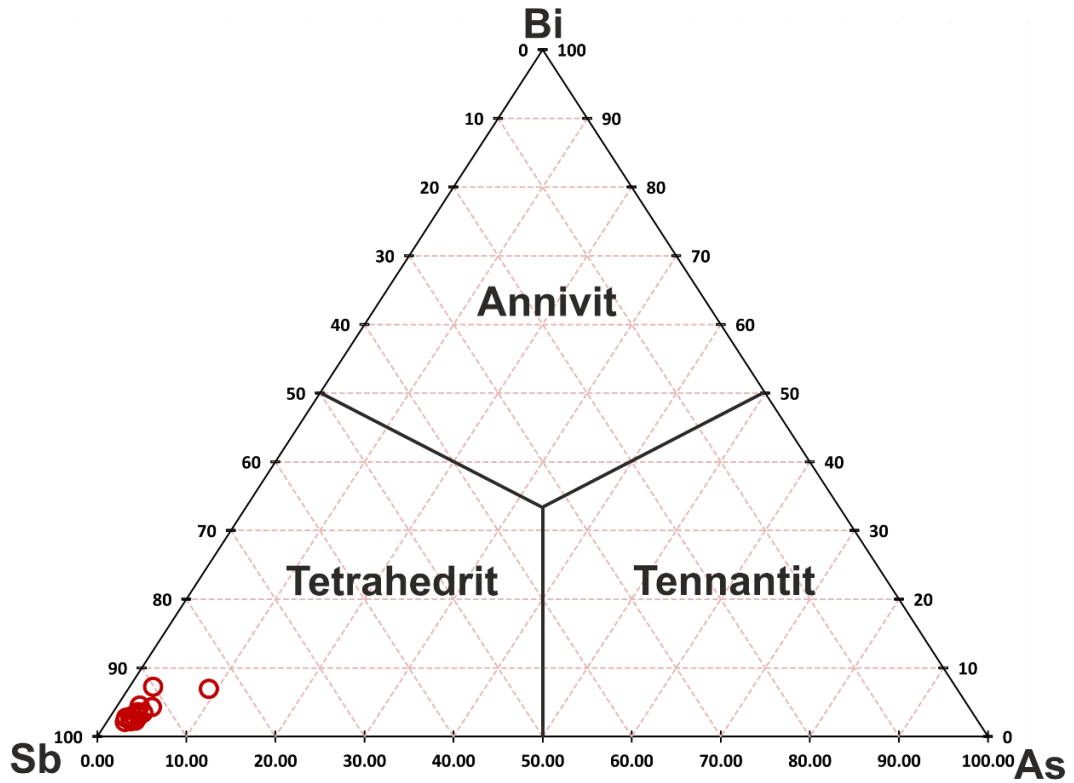
Şekil 4.10: Pirit ve sfalerit üzerinde uygulanan EPM analizinin BSE görüntüsü.



Şekil 4.11: Sulfo-tuzlar ve pirit üzerinde uygulanan EPM analizinin BSE görüntüsü.

Pirit üzerinde yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları Ekler bölümünde Çizelge 0.1’de gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, demir (Fe) ve kükürt (S) ana elementler ve piritin %98.82’ünü teşkil ettiği belirlenmiş ve bakır (Cu) eser miktarda %0.47 oranda bulunmuştur.

İlk mikro-alanda uygulanan ikinci EPM analizi fahlerz üzerinde uygulanmış olup, fahlerzin elementel konsantrasyonları Ekler bölümünde Çizelge 0.2’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, fahlerzi oluşturan ana elementler; bakır (Cu) %36.51, kükürt (S) %25.21, antimon (Sb) %22.41, çinko (Zn) %7, bizmut (Bi) %3.56, arsenik (As) %3.23 ve demir (Fe) %1.5. Bu analiz sonuçları ışığında, incelenen bu fahlerzin tetrahedrit olduğu kanaatine varılmıştır (Şekil, 4.12).



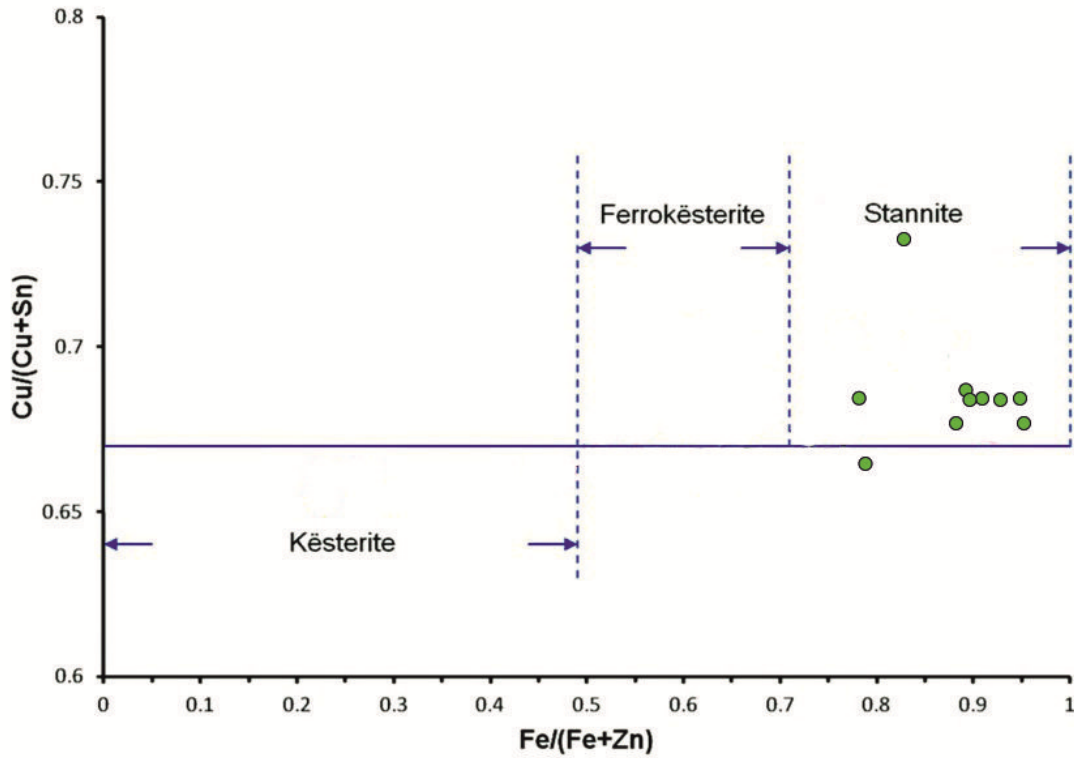
Şekil 4.12: Sb-Bi-As üçgen diyagramı yardımı ile incelenen fahlerz türü belirlenmiştir.

EPM analiz sonuçlarına göre cevherleşmede tetrahedritin gümüş taşıyıcısı olduğu (%0.67) söylenebilir.

Sfalerit üzerinde yapılan mikro analiz sonuçlarında belirlenen element derişimleri Ekler bölümünde Çizelge 0.3’de gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, sfaleritin ana elemntleri; çinko (Zn) %62.28, kükürt (S) %33.12, demir

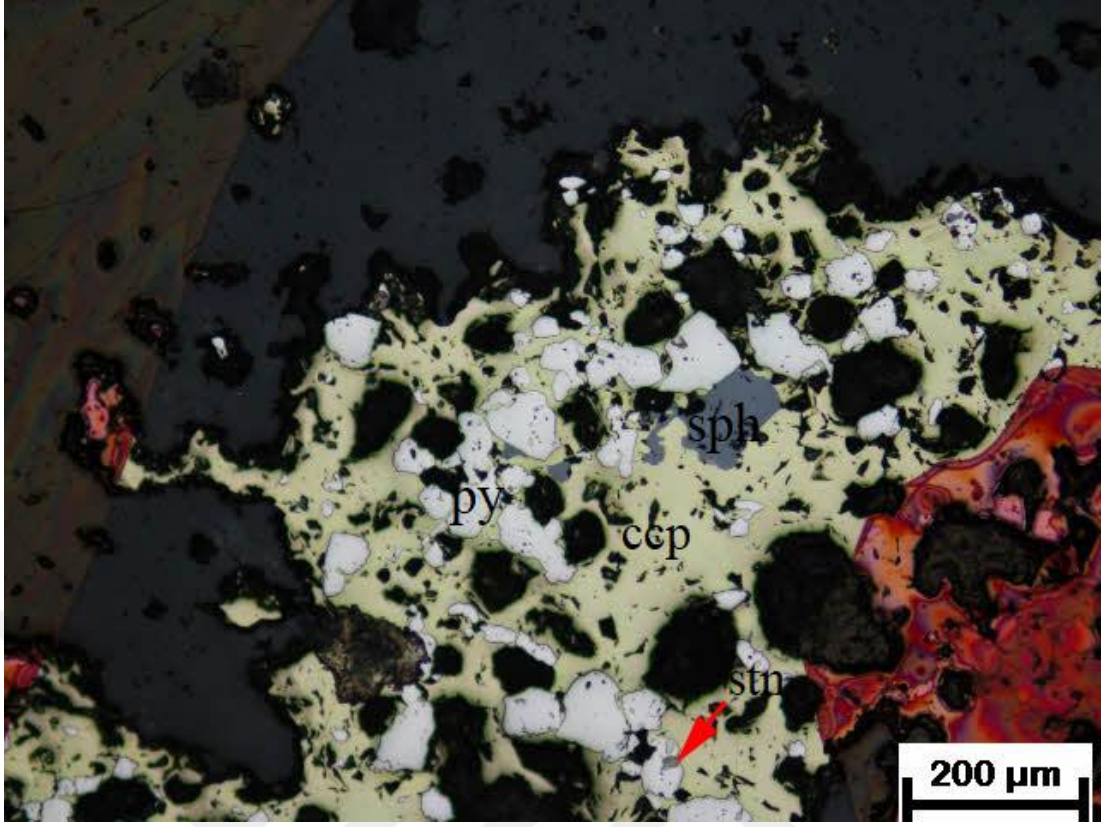
(Fe) 1.16 ve indiyum (In) %1.04; sfaleritin eser elemntleri; bakır (Cu) %0.98 ve kadmiyum (Cd) %0.44.

Sulfo-tuzlar üzerinde yapılan EPM analizleriyle belirlenen element derişimleri Ekler bölümünde Çizelge 0.4’de gösterilmekte olup, elde edilen sonuçların incelenmesinin sonucunda ana elementler; kükürt (S) %40.2, demir (Fe) %28.07, bakır (Cu) %17.9, kalay (Sn) %8.35 ve çinko (Zn) %3.28. Ana elementlerin yüzdelik oranları göz önünde bulundurulduğunda, bu alanda stannitin olduğu kanıtlanmıştır (şekil 4.13).



Şekil 4.13: Cu/(Cu+Sn) ve Fe/(Fe+Zn) diyagramı yardımı ile incelenen sulfo-tuzlar mineralinin stannit olduğu kanıtlanmıştır.

Stannit genel olarak hidrotermal damarlarda kalkopirit, sfalerit, tetrahedrit ve pirit ile birlikte bulunabilen bakırlı kalaylı bir mineraldir. Analiz edilen stannit minerali cevher mikroskop görüntüsü şekil 4.14’de gösterilmiştir. Stannit Doğu Pontid VMS yataklarında daha önce rapor edilmemiştir.



Şekil 4.14: Analiz edilen stannit minerali cevher mikroskop görüntüsü (sağ altta görünen kırmızılık mürekep lekesidir).



5. SONUÇLAR

Başköy cevher oluşumunu araştırmayı ve bölgedeki VMS yatakları ile benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymayı hedefleyen bu çalışma ve araştırma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Bölgedeki bakır cevhermeleri Balıklıdağ Formasyonu içinde yer almakta ve çevre kayacı; dasitik ve andezitik tüfler ve bu çevre kayaları andezitik kayalar ile örtülmektedir. Bu formasyonun yaşı Paleosen (Er ve diğ., 1991). Dolayısıyla, bu cevherleşmenin yaşı stratigrafik olarak Paleosendir.

Saha çalışması sırasında toplanan örnekler birçok yöntem ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler ve bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

Araziden alınan örnekler daha sonra parlak kesit haline getirilerek cevher mikroskobu ile incelenmiş olup, cevherleşmenin 3 birincil safhada olduğu, başlangıçta çabuk soğuma ile başladığı, çok zayıf bir süperjen safha yaşadığı, mineral topluluğunun pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, sülfotuzlar, stannit, bornit, götit ve kovellit minerallerinden olduğu, ve yatağın Cu-Zn Kuroko tipi VMS yatağı mineral parajenezine sahip olduğu tespit edilmiştir. Mikroskop analizi sonucunda Başköy cevherleşmesi için elde edilen parajenetik sekans, büyük oranda Doğu Pontid Bölgesi'nde bulunan diğer yatakların (Murgul, Akarşen Cu-tipi, Çayeli Madenköyü Cu-Zn tipi, Kanköy Cu-Zn tipi, ve Lahanos Cu-Zn tipi (Çiftçi, 2019)) parajenetik sekansı ile uyumaktadır.

Sıvı kapanım analizleri yapmak üzere kuvars örneklerinden kesitler hazırlanmış olup, sıvı kapanım analizleri yapılmıştır. Yapılan incelemeler sırasında birincil kapanımlar bulunamadığından ötürü veri elde edilememiştir.

Bu çalışma esnasında sfalerit minerallerinin büyümeleri ve kristal şekilleri hakkında daha fazla bilgi elde etmek için CLM ile incelenerek, sfalerit kristallerinde jeokimyasal zonlanmalarına rastlanmıştır. Bu jeokimyasal zonlanmalarının bulunması, sfaleritin oluşum sırasında çözelti kimyasında bir değişiklik meydana geldiğine işaret etmektedir. Fe^{+2} , CL söndürücülük özelliğine sahip bir element

olduğu için siyah ve non-lüminesan zonların bu elementçe zengin olduğu sonucuna varılmıştır.

S-izotopları, cevheri oluşturan hidrotemal çözeltilerdeki suyun kökeni belirlemek amacıyla pirit ve kalkopirit üzerinde yapılmış ve bu 2 minerale elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ % değerleri -0.3 ve +3.8'dir. Epijenetik ağsal zonlardan alınan örnekte +3.8'e yakın değere (ağır kükürt) ve okside zonundan alınan örnekte -0.3'e yakın değerlere (hafif kükürt) rastlanmıştır. Kükürt izotop değerlerine bakıldığında magmatik kükürt değerlerine yakın dağılım gösterdiği görülmektedir. Değerlerin Başköy cevherleşmesinden sorumlu hidrotermal kükürdün cevherleşme süresince koşulların nispeten değişim göstermediğini ifade etmektedir.

Laboratuvardan rapor edilen oksijen izotop analizleri kuvarsa ait oksijen izotopsal oranları olduğu için, Kuroko tipi VMS yatakların ideal oluşum sıcaklık aralıklarında dengede oldukları akışkanlara ait oksijen izotopsal değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Shar & Kirschner (1994) yaklaşımını kullanılarak elde edilen hidrotermal oksijen izotop oranları, muhtelif kaynakların değerleri ile mukayese edilerek, magmatik su ve deniz suyu rezervuarların karışımına ait olduğu görülmüştür. Bölgedeki Murgul, Kanköy, Akarşen, ve Çayeli Madenköy yataklarının hidrotermal oksijen izotop oranları deniz suyu rezervuarına, Lahanos yatağının hidrotermal oksijen izotop oranları magmatik su ve deniz suyu rezervuarların karışımına aittir (Çiftçi, 2019). Başköy bakır cevherleşmesinin bölgede bulunan diğer VMS yataklarından farklı şartlarda oluşmuş olduğu düşünülebilmektedir.

EPM analizleri 1 adet numune içinde seçilen 4 adet mineral (pirit, sfalerit, fahlerz, ve sülfotuzlar) üzerinde yapılmıştır. Bu analizler sonucunda minerallerin mineral kimyası belirlenmiştir. piritin ana elementleri; demir (Fe) ve kükürt (S) ve %98.82'ini teşkil ettiği belirlenmiş ve bakır (Cu) eser miktarda %0.47 oranda bulunmuştur. Sfaleritin ana elementleri; çinko (Zn) %62.28, kükürt (S) %33.12, demir (Fe) 1.16 ve indiyum (In) %1.04, eser elementleri; bakır (Cu) %0.98 ve kadmiyum (Cd) %0.44. fahlerzin ana elementleri; bakır (Cu) %36.51, kükürt (S) %25.21, antimon (Sb) %22.41, çinko (Zn) %7, bizmut (Bi) %3.56, arsenik (As) %3.23 ve demir (Fe) %1.5. Fahlerzin kimyasına bakıldığında tetrahedrit olduğu sonucuna gidilmiştir.

Sülfo-tuzların ana elementleri; kükürt (S) %40.2, demir (Fe) %28.07, bakır (Cu) %17.9, kalay (Sn) %8.35 ve çinko (Zn) %3.28. Ana elementlerin yüzdelik oranlarına bakıldığında, bu alanda stannit olduğu ispat edilmiştir. Stannit Doğu Pontid VMS yataklarında daha önce rapor edilmemiştir.





KAYNAKLAR

- Clark, I.D., ve Flirtz, P.** (1997). Environmental Isotopes in Hydrogeology, Lewis Publishers, New York, P 328.
- Clayton, R.N., O'Neil, J.R. ve Mayeda, T.K.** (1972). Oxygen isotope exchange between quartz and water. J. Geophys. Res. 77, pp. 3057-3067.
- Çağatay, M.N.** (1995). Hydrothermal alteration associated with volcanogenic massive sulfide deposits: examples from Turkey. Econ. Geol., 88, 606-621.
- Çağatay, M.N., ve Boyle D., R.** (1980). Geology, geochemistry and hydrothermal alteration of the Madenköy massive-sulphide deposit, Eastern Black Sea Region, Turkey. Proc. 5th Quadrennial IAGOD Symp., 653-677.
- Çağatay, M., N., ve Eastoe C., J.** (1995). A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulfide deposits of the Eastern Black Sea province, Turkey. Mineral. Deposita, 30, 55-66.
- Er vd.** (1991). Murgul Cu madeni arama ve geliştirme projesi, Genel jeoloji raporu, MTA projesi no 90-147.
- Ercan, T. ve Gedik A.** (1983). Pontid'lerdeki volkanizma. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 18, 3-22.
- Gökçe, A.** (2000). Sulfur isotope characteristics of the volcanogenic Cu-Zn-Pb deposits of the Eastern Pontide Region, Northeastern Turkey. Internat. Geol. Rev., 42, 565-576.
- Görür, N., A.M.C. Şengör, R. Akkök, ve Y. Yılmaz.** (1983). Sedimentological data regarding the opening of the northern branch of the Neo-Tethys (in Turkish): Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni. 26, 11-19.
- Jensen, ML.** (1957). Sulfur isotopes and mineral genesis. In: Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. Barnes HL (ed) Holt, Rinehart, and Winston, p 143-165.
- Kahrer, C.** (1958). Die Kupferlagerstaette Murgul in der nordöstlichen Türkei. Ph.D. thesis, Universität-Bonn, 119 S.
- Kraeff, A.** (1963). Geology and Mineral Deposits of the Hopa-Murgul Region Western Part of the Province of Artvin, NE Turkey, MTA Bull., 60, 45-60.
- Mado, M.** (1972). Kuzeydoğu Türkiye'de bulunan Murgul madenindeki bakır cevheri yataklarının jeolojisi ve mineralizasyonu. Yayınlanmamış MTA raporu, No. 1103, 1-27.
- Maucher, A.** (1960). Die Kieserze von Keltaş. Ein Beispiel submariner Gleitfaden in exhalativ-sedimentären Erzlagerstätten, Neues Jahr f. Min. Abh. Bb. 94 (Ramdohr-Festband), 495-5005.

- Maucher, A.** (1962). Schultze- Westrum, H. ve Zankl, H., Geologish lagerstätten kundliche Unter-suchungen im Ostpontischen Gebirge. Beyerische Akad. Wiss., Mathematik-Naturw. Kl., 107, 97 S.
- Okay, A. ve Şahintürk, Ö.** (1997). Geology of the Pontides. Am. Assoc. Petrol. Geologists Memoris 68, 291-311.
- Özgür, N.** (1991). Gold contents of the Akarşen copper deposit, E-Pontides/Turkey: in: Ladeira, E. A. (ed.), Proc. 5th Internat. Conference (Brazil Gold 91). Belo horizonte, Minas Gerais, Brazil. 477-480.
- Özgür, N.** (1993). Geochemical pathfinder elements of the Murgul copper deposit, Resource Geology Special 16. 163-168.
- Özgür, N.** (1993). Volcanogenic massive sulfide deposits in the East Pontic metallotect. NE Turkey, Resource Geology Special 17. 180-185.
- Özgür, N. ve Palacios, C.M.** (1990). Doğu Karadeniz Metalajonik Kuşağında Bulunan Volkanojenik Kökenli Murgul Bakır Yatağının Jeokimyasal Önemli İndikatör Elementleri. MTA Dergisi, 111 , 119-132.
- Özgür, N., Elitok, Ö. ve Zerener, M.** (2008). Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Murgul masif sülfür yatağının Hidrotermal çözeltileri ve gelişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Tübitak Araştırma Raporu, 141 S.
- Özgür, N., Graf, W., Stichler, W. ve Wolf, M.** (2004). Origin of the high sulfate contents in thermal waters of Kizildere and environs. Werstren Anatolia, Turkey: Internat. Symp. On Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, 14-20 April, 2004, 3, 1306-1309.
- Özgür, N.** (1985). Zur Geochemie und Genese der Kupferlagerstätte Murgul, E-Pontiden. Türkei, Ph.D. thesis, Freie Universität Berlin, 139.
- Özgür, N.** (1988). N. ve Schneider, H.J., 1988. New metallogenetic aspects concerning the copper deposit of Murgul. NE Turkey, Soc. Geology Applied to Mineral Deposits, Spec. Pub. 6, 229-239.
- Pejatovic, S.** (1979). *Pondit tipi masif sülfür yataklarının metalojenisi*. MTA yayınları 177, 98.
- Pirjano, P., Ünlü, T., Dönmez, C., Şahin, M.B. ve Çiftçi, E.** (2019). Modern Approaches in Solid Earth Science-Minerals Resources of Turkey. Volume 16, 429, 432, 457, 458.
- Sawa, T. ve Sawamura, K.** (1971). *Murgul madeni ve civarındaki Cu yatakları hakkında rapor*. Yayınlanmamış Etibank Raporu, No:24/300.
- Schneiderhöhn, H.** (1923). Vorläufige Mitteilung über pyrometamorphe Paragenesen in den Siegerländer Spateisengängen. Z. Krist. 58, 309-329.
- Schneiderhöhn, H.** (1955). Die Kupferlagerstaette Murgul im Schwarzmeer-Küstengebiet. Provinz Çoruh, Nordost-Türkei, Erzmetall, Bd. 8, H. 10, 468- 478.
- Stanton, R.L.** (1972). Ore Petrology: Mc Graw-Hill, New York, 713 S.

- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y.** (1981). Tethyan evolution of Turkey, A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-24.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. ve Ketin, I.** (1980). Remnants of a pre-late Jurassic ocean in northern Turkey: fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys. *Geological Society of America Bulletin*, 91, 559-609.
- Tüysüz, N.** (2000). Geology, lithogeochemistry and genesis of the Murgul massive sulfide deposit, NE-Turkey, *Chem. Erde* 60, 231-250.







EKLER

EK A: Çizelgele

EK A

Çizelge 0.1: Pirit üzerinde mirko alanda yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları.

DataSet/Point	S	V	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Ag	Au	Tl	Total
1 / 1.	53.293	0.021	46.887	#N/A	#N/A	0.16	0.014	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0.042	100.228
1 / 2.	53.186	0.003	47.083	#N/A	#N/A	0.11	0.003	#N/A	#N/A	0.036	#N/A	0.105	100.419
1 / 3.	53.557	#N/A	46.904	#N/A	#N/A	0.099	0.004	0.987	#N/A	0.02	#N/A	0.104	101.606
1 / 4.	53.047	0.004	46.974	#N/A	#N/A	0.276	0.008	0.116	#N/A	#N/A	#N/A	0.067	100.381
1 / 5.	52.441	#N/A	46.072	#N/A	#N/A	2.124	#N/A	0.137	#N/A	0.022	0.025	0.036	100.785
1 / 6.	53.354	0.004	46.987	#N/A	#N/A	0.156	0.01	0.307	#N/A	0.015	0.035	#N/A	100.82
1 / 7.	53.577	#N/A	47.023	#N/A	#N/A	0.116	0.01	0.085	#N/A	0.025	#N/A	0.122	100.911
1 / 8.	53.338	#N/A	46.961	#N/A	#N/A	0.151	#N/A	0.011	0.059	0.046	0.022	#N/A	100.542
1 / 9.	53.64	0.007	47.241	#N/A	#N/A	0.14	#N/A	#N/A	0.122	0.01	0.026	0.021	101.09
1 / 10.	51.866	0.007	45.26	#N/A	#N/A	2.524	0.009	0.286	0.072	0.042	0.053	#N/A	100.107
2 / 1.	52.38	0.012	46.721	#N/A	#N/A	0.335	#N/A	0.106	#N/A	0.041	#N/A	0.103	99.579
2 / 2.	52.465	#N/A	47.249	#N/A	#N/A	0.144	#N/A	0.551	0.027	0.002	0.005	0.035	100.419
2 / 3.	52.797	#N/A	47.172	#N/A	#N/A	0.292	0.007	1.693	#N/A	0.028	#N/A	0.007	101.948
2 / 4.	52.142	0.014	46.969	#N/A	0.002	0.488	0.008	0.097	#N/A	0.041	0.013	0.065	99.767
2 / 5.	52.857	0.01	47.344	#N/A	0.002	0.159	#N/A	0.542	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	100.809
2 / 6.	52.501	0.002	47.343	#N/A	#N/A	0.062	0.013	0.404	0.052	0.016	0.031	0.017	100.422
2 / 7.	52.865	#N/A	47.357	#N/A	0.012	0.207	0.013	0.536	#N/A	#N/A	#N/A	0.096	101.028
2 / 8.	52.367	0.003	46.76	#N/A	#N/A	0.404	#N/A	0.264	#N/A	0.047	#N/A	0.085	99.859
2 / 9.	52.889	#N/A	47.099	#N/A	0.01	0.155	0.005	0.475	#N/A	0.015	#N/A	0.013	100.546
2 / 10.	52.006	#N/A	46.842	#N/A	#N/A	0.182	#N/A	#N/A	#N/A	0.022	0.019	0.092	99.022
3 / 1.	52.753	0.013	46.8	#N/A	0.011	0.368	0.037	0.134	#N/A	0.045	#N/A	0.068	100.172
3 / 2.	52.907	0.01	46.783	0.004	#N/A	0.601	0.019	0.699	#N/A	0.048	0.023	0.078	101.076

3 / 3.	52.165	0.017	45.903	0.02	0.019	1.677	0.11	0.375	#N/A	0.086	#N/A	0.099	100.383
3 / 4.	52.18	0.007	46.346	#N/A	#N/A	0.623	0.014	0.321	#N/A	0.033	#N/A	0.062	99.498
3 / 5.	53.087	#N/A	46.724	#N/A	0.015	0.187	0.027	0.738	#N/A	0.024	#N/A	0.005	100.76
3 / 6.	50.492	0.005	45.559	0.006	#N/A	0.173	0.026	0.411	#N/A	0.055	0.075	#N/A	96.726
3 / 7.	52.753	0.022	46.877	#N/A	#N/A	0.044	0.007	0.119	#N/A	0.039	0.01	0.115	99.92
3 / 8.	50.148	#N/A	45.393	#N/A	#N/A	0.091	0.052	#N/A	#N/A	0.005	0.043	#N/A	95.625
3 / 9.	52.944	#N/A	46.859	#N/A	#N/A	0.047	#N/A	0.519	#N/A	0.022	#N/A	0.045	100.388
3 / 10.	52.587	#N/A	47.351	#N/A	#N/A	0.042	0.002	0.067	#N/A	0.01	0.02	0.043	99.992
1 / 1.	52.831	#N/A	47.343	#N/A	#N/A	0.033	0.005	0.108	#N/A	0.006	0.026	0.111	100.422
1 / 2.	52.201	#N/A	46.93	#N/A	#N/A	0.234	0.012	0.186	#N/A	0.043	0.027	0.051	99.598
1 / 3.	52.469	#N/A	46.974	#N/A	#N/A	0.627	0.008	0.195	#N/A	#N/A	#N/A	0.057	100.185
1 / 4.	52.415	0.012	47.26	#N/A	0.003	0.068	#N/A	0.276	#N/A	0.024	0.014	0.001	99.961
1 / 5.	52.621	0.008	46.91	#N/A	#N/A	0.067	0.022	0.213	#N/A	0.037	#N/A	0.053	99.849
1 / 6.	52.139	#N/A	46.877	#N/A	0.013	0.105	0.02	0.131	#N/A	0.018	0.037	0.085	99.391
1 / 7.	52.578	0.015	47.199	#N/A	#N/A	0.083	0.031	0.037	#N/A	0.032	0.054	0.111	100.089
1 / 8.	52.365	0.017	47.14	#N/A	#N/A	0.037	0.014	0.046	#N/A	#N/A	0.009	0.072	99.577
1 / 9.	52.618	#N/A	46.762	#N/A	0.007	0.033	0.018	0.294	#N/A	#N/A	#N/A	0.086	99.749
1 / 10.	52.316	#N/A	47.209	#N/A	#N/A	0.024	0.015	0.072	#N/A	0.031	#N/A	0.095	99.696
2 / 1.	52.47	0.013	47.235	0.007	0.007	0.1	0.012	#N/A	0.014	0.032	#N/A	0.065	99.861
2 / 2.	52.114	#N/A	47.001	#N/A	#N/A	0.105	#N/A	0.196	0.006	0.007	#N/A	0.082	99.435
2 / 3.	52.099	0.004	46.689	#N/A	0.004	0.992	#N/A	#N/A	#N/A	0.013	#N/A	#N/A	99.567
2 / 4.	51.841	0.013	46.623	#N/A	#N/A	0.33	0.014	0.254	#N/A	0.024	#N/A	0.095	99.151
2 / 5.	50.221	#N/A	44.749	#N/A	#N/A	5.189	#N/A	0.599	#N/A	0.037	#N/A	0.037	100.724
2 / 6.	52.222	#N/A	47.287	0.003	0.011	0.138	0.008	0.121	#N/A	0.016	0.026	0.029	99.82
2 / 7.	52.423	#N/A	46.944	#N/A	#N/A	0.127	0.005	0.425	#N/A	#N/A	0.01	0.08	99.918
2 / 8.	52.163	0.02	46.844	#N/A	0.011	0.119	#N/A	#N/A	0.004	0.03	#N/A	0.093	99.109
2 / 9.	52.519	#N/A	47.079	#N/A	0.008	0.117	#N/A	0.281	#N/A	0.02	#N/A	0.102	100.058

2 / 10.	52.481	#N/A	47.02	#N/A	0.015	0.225	0.007	#N/A	0.005	0.03	0.025	#N/A	99.775
3 / 1.	49.463	0.011	40.052	#N/A	#N/A	11.916	0.007	0.416	#N/A	0.012	#N/A	0.041	101.788
3 / 2.	52.821	#N/A	46.996	#N/A	#N/A	0.159	0.017	0.047	0.005	#N/A	#N/A	#N/A	99.973
3 / 3.	53.151	#N/A	46.828	#N/A	#N/A	0.062	0.01	0.375	#N/A	0.03	#N/A	#N/A	100.386
3 / 4.	52.887	0.013	46.583	#N/A	0.02	0.074	0.003	0.033	#N/A	0.017	#N/A	0.075	99.563
3 / 5.	53.143	#N/A	47.06	#N/A	#N/A	0.179	0.003	0.24	#N/A	0.017	#N/A	0.058	100.632
3 / 6.	52.967	#N/A	46.842	0.001	0.015	0.065	0.025	0.104	#N/A	#N/A	#N/A	0.057	99.922
3 / 7.	53.135	#N/A	46.828	0.009	#N/A	0.068	0.009	0.529	#N/A	0.022	0.003	0.104	100.68
3 / 8.	52.778	#N/A	46.869	#N/A	#N/A	0.046	#N/A	0.025	#N/A	0.02	#N/A	0.039	99.688
3 / 9.	53.153	#N/A	46.932	#N/A	#N/A	0.035	0.011	0.001	#N/A	0.034	#N/A	0.08	100.188
3 / 10.	52.822	#N/A	47.067	#N/A	0.002	0.044	#N/A	0.109	0.015	0.036	0.023	0.052	100.144
1 / 1.	51.209	0.004	46.871	#N/A	#N/A	0.043	0.075	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0.12	98.076
1 / 2.	51.037	#N/A	46.896	#N/A	0.004	0.055	0.067	0.448	#N/A	0.034	#N/A	0.084	98.566
1 / 3.	51.459	#N/A	46.49	#N/A	#N/A	0.05	0.081	0.492	#N/A	0.01	#N/A	0.091	98.578
1 / 4.	51.014	#N/A	46.991	#N/A	#N/A	0.08	0.101	0.063	#N/A	0.02	0.027	0.012	98.238
1 / 5.	51.559	#N/A	46.905	#N/A	#N/A	0.086	0.116	0.41	#N/A	#N/A	0.009	0.111	99.095
1 / 6.	51.055	0.018	46.998	#N/A	0.01	0.087	0.111	#N/A	#N/A	0.003	0.009	0.094	98.198
1 / 7.	51.23	0.019	47.032	#N/A	#N/A	0.128	0.101	0.322	#N/A	0.042	#N/A	0.021	98.848
1 / 8.	51.03	0.001	46.839	#N/A	#N/A	0.175	0.111	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	97.887
1 / 9.	51.225	0.006	46.812	#N/A	#N/A	0.213	0.135	0.184	#N/A	0.019	#N/A	0.038	98.556
1 / 10.	50.256	0.013	46.499	#N/A	#N/A	1.211	0.168	#N/A	0.003	0.017	#N/A	0.1	98.197
2 / 1.	51.399	#N/A	47.146	#N/A	#N/A	0.116	0.01	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0.074	98.431
2 / 2.	51.015	#N/A	46.966	#N/A	#N/A	0.12	0.015	#N/A	#N/A	0.024	0.01	0.025	98.004
2 / 3.	51.454	#N/A	46.941	#N/A	#N/A	0.084	0.014	0.326	#N/A	0.038	0.011	0.04	98.847
2 / 4.	50.939	0.019	46.966	#N/A	0.003	0.173	0.002	#N/A	0.007	#N/A	#N/A	0.043	97.957
2 / 5.	51.442	0.01	47.186	#N/A	0.001	0.129	0.017	#N/A	#N/A	0.019	0.02	0.03	98.776
2 / 6.	50.95	0.001	47.011	#N/A	0.006	0.137	#N/A	0.304	#N/A	0.001	0.005	#N/A	98.29

2 / 7.	51.191	#N/A	47.234	#N/A	0.007	0.282	0.005	0.014	0.023	#N/A	0.032	0.156	98.885
2 / 8.	50.909	#N/A	47.026	#N/A	0.004	0.408	#N/A	#N/A	#N/A	0.025	#N/A	0.043	98.143
2 / 9.	51.393	0.018	47.029	#N/A	0.006	0.239	0.024	0.286	0.026	0.008	#N/A	0.02	99.012
2 / 10.	51.233	0.014	47.193	0.004	#N/A	0.35	#N/A	#N/A	#N/A	0.028	0.035	#N/A	98.76
3 / 1.	51.071	0.008	47.354	#N/A	0.008	0.123	#N/A	#N/A	#N/A	0.024	#N/A	0.12	98.458
3 / 2.	50.723	0.005	47.193	#N/A	0.001	0.142	#N/A	0.171	0.01	0.002	0.085	0.055	98.353
3 / 3.	51.262	0.003	47.117	#N/A	#N/A	0.106	#N/A	#N/A	#N/A	0.022	0.02	0.06	98.456
3 / 4.	50.753	0.008	47.172	#N/A	0.01	0.138	0.015	0.307	#N/A	0.012	0.042	0.014	98.391
3 / 5.	50.941	0.012	46.94	#N/A	0.003	0.788	#N/A	#N/A	#N/A	0.012	0.02	0.13	98.776
3 / 6.	50.424	0.017	46.883	#N/A	#N/A	0.812	#N/A	0.175	#N/A	0.037	0.022	0.017	98.326
3 / 7.	51.082	#N/A	47.29	#N/A	#N/A	0.218	0.018	#N/A	#N/A	0.028	0.003	0.1	98.627
3 / 8.	50.948	#N/A	47.414	#N/A	0.009	0.232	#N/A	0.131	#N/A	0.022	0.025	0.13	98.884
3 / 9.	50.773	#N/A	46.984	#N/A	#N/A	0.735	0.063	0.044	#N/A	0.025	0.016	0.037	98.616
3 / 10.	50.172	#N/A	46.24	#N/A	#N/A	2.029	0.075	#N/A	0.004	0.004	#N/A	0.138	98.544

Çizelge 0.2: Fahlerz üzerinde mirko alanda yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları.

DataSet/Point	S	Fe	Cu	Zn	As	Se	Ag	Sb	Te	Au	Bi	Sn	Total
1 / 1.	26.592	7.039	35.206	5.707	1.922	#N/A	0.573	18.779	0.065	#N/A	2.695	0.085	98.583
1 / 2.	25.245	2.746	36.759	6.942	3.165	#N/A	0.741	23.73	0.087	#N/A	2.271	0.094	101.683
1 / 9.	25.268	1.223	37.167	7.187	2.524	0.054	0.654	24.578	0.124	0.032	3.024	0.102	101.939
1 / 14.	26.377	0.893	38.19	7.205	9.102	0.037	0.47	12.719	#N/A	0.054	6.899	0.056	101.989
1 / 15.	25.639	0.802	37.128	7.282	3.473	0.021	0.669	23.271	0.088	0.003	3.454	0.099	101.93
1 / 16.	24.804	0.865	35.212	6.865	2.727	0.061	0.632	23.745	0.085	#N/A	2.222	0.094	97.296
1 / 17.	24.398	1.151	36.168	7.121	2.076	#N/A	0.678	25.243	0.103	0.004	2.084	0.144	99.13
1 / 20.	23.167	0.508	32.15	6.258	2.691	0.05	0.729	17.709	#N/A	#N/A	7.212	0.078	90.506

1 / 23.	25.47	0.8	37.048	7.263	2.461	0.001	0.736	25.227	0.052	0.044	2.593	0.151	101.846
1 / 24.	25.458	0.633	37.058	7.265	2.851	#N/A	0.831	24.116	0.099	#N/A	3.496	0.107	101.846
1 / 26.	25.334	0.745	36.861	7.154	2.568	0.014	0.69	23.71	0.103	#N/A	4.467	0.103	101.713
1 / 28.	25.237	1.028	37.652	7.288	4.025	#N/A	0.543	21.439	0.096	0.006	4.263	0.122	101.697
1 / 29.	25.024	1.282	37.334	7.256	3.207	0.061	0.626	24.004	0.047	#N/A	2.925	0.085	101.841
1 / 30.	24.994	0.696	37.252	7.324	2.409	0.073	0.793	25.401	0.046	#N/A	2.711	0.117	101.755

Çizelge 0.3: Sfalerit üzerinde mirko alanda yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları.

DataSet/Point	S	Fe	Zn	Ga	Ge	Cd	In	Sn	Sb	Hg	Tl	Pb	Ag	Mn	Co	Cu	Total
1 / 5.	32.867	1.655	62.017	0.176	#N/A	0.449	1.224	#N/A	#N/A	0.004	0.068	#N/A	#N/A	0.009	#N/A	1.263	99.437
1 / 6.	33.21	1.766	61.642	#N/A	0.007	0.47	0.558	0.023	#N/A	#N/A	0.009	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	1.062	98.539
1 / 10.	32.888	0.87	62.572	#N/A	#N/A	0.422	0.962	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0.017	0.781	97.967
1 / 12.	32.492	0.756	63.295	#N/A	0.141	0.44	0.932	#N/A	#N/A	#N/A	0.105	#N/A	#N/A	0.007	0.014	0.682	98.209
1 / 13.	32.541	0.705	63.329	#N/A	0.066	0.465	0.841	#N/A	#N/A	#N/A	0.023	#N/A	#N/A	#N/A	0.001	0.68	97.804
1 / 14.	32.508	0.744	63.486	0.029	0.059	0.455	0.886	0.026	#N/A	#N/A	0.108	#N/A	0.004	#N/A	#N/A	0.702	98.747
1 / 15.	32.164	0.726	62.912	0.078	#N/A	0.453	0.981	#N/A	#N/A	0.008	0.017	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0.763	97.769
1 / 16.	33.911	0.878	60.359	#N/A	0.012	0.409	1.081	#N/A	#N/A	0.031	0.036	#N/A	0.042	#N/A	#N/A	0.996	97.42
1 / 17.	32.379	0.843	61.617	#N/A	#N/A	0.419	2.222	#N/A	#N/A	0.021	0.083	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	1.407	98.366
1 / 18.	32.205	0.801	62.104	#N/A	#N/A	0.439	1.679	#N/A	#N/A	0.083	0.016	#N/A	#N/A	0.026	#N/A	1.199	98.016
1 / 21.	34.349	1.883	62.575	#N/A	#N/A	0.409	0.561	0.017	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0.003	0.003	0.004	0.7	100.149
1 / 22.	34.403	1.52	62.48	#N/A	#N/A	0.397	0.768	#N/A	#N/A	0.027	0.049	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0.905	100.176
1 / 23.	33.899	1.487	61.277	0.26	0.023	0.443	1.035	0.073	#N/A	#N/A	0.133	#N/A	0.02	0.012	#N/A	1.257	99.692
1 / 24.	33.845	1.598	62.19	#N/A	0.073	0.418	0.923	#N/A	#N/A	0.039	0.035	#N/A	0.021	0.007	#N/A	1.238	100.083

Çizelge 0.4: Sulfo-tuzlar üzerinde mirko alanda yapılan EPM analizlerden elde edilen element konsantrasyonları.

DataSet/Point	S	Fe	Cu	Zn	As	Se	Ag	Sb	Te	Au	Bi	Sn	Total
1 / 1.	46.029	38.266	6.742	4.158	#N/A	0.047	0.05	0.066	#N/A	#N/A	#N/A	3.074	97.11
1 / 2.	40.325	27.333	16.982	5.891	0.446	#N/A	0.006	0.299	#N/A	#N/A	#N/A	5.966	97.057
1 / 3.	42.347	31.586	13.967	3.86	#N/A	0.013	0.01	0.236	#N/A	0.031	#N/A	6.623	98.074
1 / 4.	44.58	35.058	11.498	1.764	0.028	#N/A	#N/A	0.19	#N/A	0.054	#N/A	5.522	98.386
1 / 5.	39.155	26.307	20.536	2.49	0.013	0.059	#N/A	0.481	#N/A	#N/A	#N/A	9.52	98.394
1 / 6.	43.766	33.857	12.733	1.555	0.195	#N/A	0.009	0.202	#N/A	0.027	#N/A	6.023	98.155
1 / 7.	38.669	25.53	21.236	2.671	0.371	0.06	0.029	0.441	#N/A	#N/A	#N/A	10.02	98.854
1 / 8.	32.542	15.7	30.055	4.032	#N/A	0.052	#N/A	0.765	#N/A	#N/A	#N/A	14.476	97.233
1 / 9.	41.477	30.735	16.073	2.077	0.398	0.038	0.034	0.274	#N/A	#N/A	#N/A	7.707	98.696
1 / 10.	33.019	16.295	28.835	4.304	0.566	0.079	0.01	0.574	#N/A	#N/A	#N/A	14.538	98.099



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Kamal BAKOUR

--

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği

