

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KUMARLAR (ÇAN-ÇANAKKALE) POLİMETALİK**  
**(Pb-Zn-Cu±Au) CEVHERLEŞMESİNİ OLUŞTURAN**  
**ÇÖZELTİLERİN ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MÜMİN ARAL ABAKA**

**DENİZLİ, OCAK - 2024**

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KUMARLAR (ÇAN-ÇANAKKALE) POLİMETALİK  
(Pb-Zn-Cu±Au) CEVHERLEŞMESİNİ OLUŞTURAN  
ÇÖZELTİLERİN ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MÜMİN ARAL ABAKA**

**DENİZLİ, OCAK - 2024**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**MÜMİN ARAL ABAKA**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Jeoloji Mühendisliği Programı'na tarafımdan Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Öncelikle bu çalışmayı yöneten, tez çalışması süre zarfında değerli öneri ve görüşleriyle beni yönlendirip yoluma ışık tutan danışman hocam, Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA'ya teşekkür ederim.

Ayrıca cevher mikroskopisi çalışmalarında, değerli bilgilerinden yararlandığım ve ince kesitlerin yorumlanmasında yardım ve katkılarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Ömer BOZKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda uygulama sahası olarak seçtiğimiz Kumarlar (Çanakkale) sahası için teknik veri desteği sağlayan Hüseyin Akol Madencilik şirketindeki tüm teknik ve idari personele teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen meslek arkadaşlarım Kübra ARSLAN ve Halil ATAN'a çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarım esnasında tüm zorluklara rağmen, maddi ve manevi desteğini bir an olsun eksik etmeyen nişanlım Mihriban AKPINAR'a ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2024

Mümin Aral ABAKA

Jeoloji Mühendisi

# ÖZET

## KUMARLAR (ÇAN-ÇANAKKALE) POLİMETALİK (Pb-Zn-Cu±Au) CEVHERLEŞMESİNİ OLUŞTURAN ÇÖZELTİLERİN ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MÜMİN ARAL ABAKA  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜLCAN BOZKAYA)

DENİZLİ, OCAK - 2024

Kumarlar (Çanakkale/Çan) Pb-Zn-Cu±Au yatağında çalışma alanının tamamını Eosen yaşlı Çamyayla volkanitleri yüzeylemektedir. Bu volkanitler bazik bir magma kaynaklı olup, cevherleşmelerin kaynağı Tersiyer yaşlı granitoid intrüzyonlardır. Asidik ve nötr intrüzyonlardan gelen hidrotermal akışkanlar andezitlerin ve tüflerin konumlanmasından sonra oluşan kırık ve çatlak yapılarında düşük sülfidasyonlu epitermal tipte cevherleşmeyi oluşturmaktadır. Cevher mineralleri olarak galenit, sfalerit, kalkopirit, pirit gözlenirken, kuvars, kalsit, adularya ve barit gang mineralleri olarak gözlenmektedir. Sıvı kapanım çalışmalarında kuvars ve sfalerit minerallerindeki kapanımlarda sırasıyla; 210-271°C ve 190-273°C arasında, değişim gösteren sıcaklık değerleri tespit edilmiş, tuzluluklarının ise kuvars ve sfalerit minerallerinde %0,8-4,9 NaCl ve %0,8-6,7 NaCl değer aralıklarında olduğu belirlenmiştir. Sıvı ve gazca zengin içerikli kapanımların ve bıçaksı yapıların yaygın bir şekilde gözlenmesi, Kumarlar kurşun-çinko yatağında kaynama (boiling) olduğuna işaret etmektedir. İzotop jeokimyası analizleri sonucunda, sfalerit örneğinde kükürt  $\delta^{34}\text{S}$  değeri -3,8‰, galenit örneğinde ise -5,9‰ olarak ölçülmüş olup cevherleşmedeki sülfürlü minerallerin bünyesinde bulunan kükürtün magmatik kökenli olduğuna işaret etmektedir. Cevherleşmeleri temsil eden sıvı kapanım kesitleri üzerinden yapılan LA/ICP/MS analiz çalışmaları, cevher oluşturucu çözeltilerde Pb-Zn-Cu konsantrasyonlarının fazlasıyla yüksek olduğuna işaret etmektedir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Kumarlar, Epitermal, Pb-Zn, Sıvı Kapanım, İzotop Jeokimyası

## ABSTRACT

### INVESTIGATIONS ON ORE FORMING SOLUTIONS IN KUMARLAR (ÇAN-ÇANAKKALE) LEAD-ZINC POLYMETALLIC (PB-ZN-CU±AU) MINERALIZATION

MSC THESIS

MÜMIN ARAL ABAKA

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜLCAN BOZKAYA)

DENİZLİ, JANUARY 2024

In Kumarlar (Çanakkale/Çan) Pb-Zn-Cu±Au deposit, Eocene aged Çamyayla volcanites cover the entire study area. These volcanites originated from a basic magma and the source of mineralization is Tertiary aged granitoid intrusions. Hydrothermal fluids coming from acidic and neutral intrusions were deposited where they came out of the fracture and crack structures formed after the positioning of andesites and tuffs. Low sulfidation epithermal type mineralization occurs. Galenite, sphalerite, chalcopyrite and pyrite are observed as ore minerals, while quartz, calcite, adularia and barite are observed as gangue minerals. From the fluid inclusion studies, inclusions both quartz and sphalerite minerals have a temperature ranges between 210-271°C and 190-273°C respectively. The salinity ratios of quartz minerals and sphalerite minerals are between 0.8-4.9% NaCl and 0.8-6.7% NaCl, respectively. The determined of the co-existing inclusions (aqueous and vapor rich) and blade-like structures indicates that boiling occurred in the Kumarlar lead-zinc deposit. As a result of isotope geochemistry analyses, the sulfur  $\delta^{34}\text{S}$  value was measured as -3.8‰ in the sphalerite sample and -5.9‰ in the galenite sample, indicating that the sulfur contained in the sulfide minerals in the mineralization is of magmatic origin. LA/ICP/MS analyses of liquid inclusion sections representing the mineralizations indicate that Pb-Zn-Cu concentrations are extremely high in the ore-forming solutions.

**KEYWORDS:** Kumarlar, Epithermal, Pb-Zn, Fluid Inclusion, Isotope Geochemistry

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 Ulaşım ve Yerleşim .....	2
1.3 Topoğrafya .....	2
1.4 Çalışma Alanının Coğrafik Konumu.....	3
1.5 İklim, Bitki Örtüsü ve Ekonomik Durum.....	4
1.6 Önceki Çalışmalar .....	6
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>9</b>
2.1 Saha İncelemeleri .....	9
2.2 Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar .....	11
2.3 Cevher Mikroskobisi Çalışmaları.....	11
2.4 Sıvı Kapanım İncelemeleri .....	12
2.5 Kükürt İzotopları İncelemeleri .....	13
2.6 Lazer-Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (LA/ICP/MS) İncelemeleri .....	14
2.7 Geri Saçılma Elektron Mikroskobu (BSEM) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizleri.....	14
<b>3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ</b> .....	<b>15</b>
3.1 Bölgenin Jeolojisi .....	15
3.2 Bölgenin Stratigrafik Konumu .....	17
3.2.1 Edincik Volkanitleri .....	17
3.2.2 Beyçayır Volkanitleri .....	17
3.2.3 Fıçitepe Formasyonu .....	18
3.2.4 Şahinli Formasyonu .....	19
3.2.5 Soğucak Formasyonu .....	19

3.2.6	Ceylan, Dededağ ve Beybaşı Formasyonları .....	20
3.2.7	Hallaçlar, Küçükkuyu ve Çanakkale Formasyonları .....	21
3.2.8	Taştepe Bazaltı ve Bayramiç Formasyonu.....	21
3.3	Bölgenin Tektonik Konumu .....	23
3.3.1	Çalışma Alanının Tektonik Konumu .....	26
<b>4.</b>	<b>MİNERALojİK VE PETROGRAfİK ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>MADEN JEOLojİSİ .....</b>	<b>33</b>
5.1	Yatakların Dağılımı ve Adlandırılması .....	33
5.1.1	Ada Sektörü.....	35
5.2	Yataklanma Şekli ve Yapısal Özellikleri .....	38
5.3	Cevherleşmenin Mikroskobik Özellikleri .....	39
<b>6.</b>	<b>SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARİ.....</b>	<b>45</b>
6.1	Kapanımların Morfolojik Özellikleri .....	49
6.2	İlk Buz Ergime Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_{FM}$ ) .....	53
6.3	Son Buz Ergime Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_{MICE}$ ).....	53
6.4	Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_H$ ) .....	55
<b>7.</b>	<b>KÜKÜRT İZOTOP JEOKİMYASİ ÇALIŞMALARİ.....</b>	<b>57</b>
<b>8.</b>	<b>LAZER/ENDÜKTİF EŞLEŞMİŞ PLAZMA-KÜTLE SPEKTROMETRESİ (LA/ICP/MS) İNCELEMELERİ.....</b>	<b>60</b>
<b>9.</b>	<b>TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) ÇALIŞMALARİ.....</b>	<b>68</b>
<b>10.</b>	<b>SONUÇLAR.....</b>	<b>73</b>
<b>11.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>75</b>
<b>12.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>80</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.3:</b> H17C4 paftası içerisindeki Hüseyin Akol Madencilik saha sınırlarını gösteren topografik harita ve yüzey haritalaması tamamlanan alanların haritası (Hüseyin Akol Madencilik 2018). .....	2
<b>Şekil 1.4:</b> Çalışma alanının yer bulduru haritası (MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü) (Url-A). .....	3
<b>Şekil 1.5:</b> Çalışma alanının uydu üzerinden görünümü (Url-B). .....	5
<b>Şekil 2.1:</b> Ada-480 ve Ada-420 kot seviyelerinde Sinekli damarından alınan numunelerin dağılım şeması. ....	9
<b>Şekil 2.2:</b> Ada Sektörü detaylı jeoloji ve mostra haritası üzerinde Ada-480 ve Ada-420 kot seviyelerindeki damarların konumu (Ölçek 1/1000) (Hüseyin Akol Madencilik 2018). ....	10
<b>Şekil 3.1:</b> Biga Yarımadası'nın yüzeylenen plütonları ve genelleştirilmiş jeoloji haritası (Konak ve diğ. 2016; Duru ve diğ. 2012; Ersoy ve diğ. 2017). 1: Karabiga plütonu, 2: Güreci plütonu, 3: Çamyayla plütonu, 4: Alanköy plütonu, 5: Kuşçayır plütonu, 6: Kestanbol plütonu, 7: Evciler plütonu, 8: Eybek plütonu, 9: Yenice plütonu, 10: Sarioluk plütonu, 11: Dikmen plütonu. ....	16
<b>Şekil 3.2:</b> Biga Yarımadasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Atabey ve diğ. 2004; Dönmez ve diğ. 2005; Günaydın 2017). ....	22
<b>Şekil 3.3:</b> Çalışma alanının içerisinde bulunduğu H17 paftası ve jeotektonik birlikleri (MTA-1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası). ....	24
<b>Şekil 3.4:</b> Çalışma alanı yakınındaki en büyük kırık hattı (Sarı renk ile gösterilen kırık hattı) (Demirtaş, R.). ....	26
<b>Şekil 4.1:</b> Serizitik alterasyona uğramış cevher mineralleri içeren andezitik yan kayaçların, kaynamayı (boiling) işaret eden bıçaksı kuvars minerallerinin arasını doldurması (Örnek No: 1, a: tek nikol, b: çift nikol), yaygın olarak gözlenen serizitik alterasyon ve serizitleşmeyi kesen kuvarlar (Örnek No: 2, a: tek nikol, b: çift nikol). (Qz: Kuvars, Ser: Serizit). ....	28
<b>Şekil 4.2:</b> Yaygın olarak gözlenen serizitik alterasyon (3a,3b) ve karbonatları kesen; tarak dokulu (comb) kuvarlar ve adularya içeren cevher damarı (Örnek No: 3, a: tek nikol, b: çift nikol), (Örnek No:4, a: tek nikol, b: çift nikol). ....	29
<b>Şekil 4.3:</b> Yarı özşekilli kuvars minerallerinin arasını dolduran opak (cevher) mimeralleri ve yaygın olarak gözlenen serizitik alterasyon (Örnek No: 5, a: tek nikol, b: çift nikol), Tarak dokulu (comb) kuvarların arasını dolduran opak mineraller (Örnek No: 6, a: tek nikol, b: çift nikol). ....	30
<b>Şekil 4.4:</b> Cevher minerallerini kapanımlar şeklinde çevreleyen kuvars ve kalsit mineralleri (Örnek No: 7, a: tek nikol, b: çift nikol), cevherleşme ile yaygın şekilde görülen karbonatlaşmalar (Örnek No: 8, a: tek nikol, b: çift nikol). ....	31
<b>Şekil 4.5:</b> Yaygın olarak gözlenen karbonat minerallerinin arasını dolduran cevher mineralleri (opak) (Örnek No: 9, a: tek nikol, b: çift nikol), ve karbonatlaşmalar (Örnek No: 10, a: tek nikol, b: çift nikol). ....	32
<b>Şekil 5.1:</b> H17C4 paftası içinde bulunan çalışma alanının jeoloji haritası. (Hüseyin Akol Madencilik 2018). ....	34
<b>Şekil 5.2:</b> Ada Sektörü yüzeydeki mostra görünümü. ....	36

<b>Şekil 5.3:</b> Ada Sektörü yüzeydeki yarmada mostra görünümü. ....	<b>36</b>
<b>Şekil 5.4:</b> Ada Sektörü merkezinin detaylı jeoloji ve mostra haritası (Ölçek 1/1000) (Hüseyin Akol Madencilik 2018). ....	<b>37</b>
<b>Şekil 5.5:</b> (a-b-c) Galenit; genellikle özşekilsiz/yaygın tipik üçgen şekilli kırıklar içeren şekilde olup, (d) kalkopiritler özşekilsiz olarak galenit, sfalerit ve pirit ile birlikte yaygın olarak bulunmaktadır. (Gln: Galenit, Sph: Sfalerit, Au: Altın, Cpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Qz: Kuvars). ....	<b>40</b>
<b>Şekil 5.6:</b> (a) Sfalerit; galenit ve kalkopirit ile birlikte gözlenmekte olup, yer yer içerisinde gözlenen kalkopirit yıldızları olarak bilinen kuma dokularından görünüm. (b) Özşekilsiz sfalerit minerallerinin galenit ve kalkopirit tarafından kuşatılması. (c) Galenit mineralleri içerisindeki sfalerit kapanımları. (d) Parlak kesitlerde gözlenen altın minerali. ....	<b>41</b>
<b>Şekil 5.7:</b> (a) Özşekilsiz sfalerit ve kalkopirit minerallerin galenit tarafından kuşatılması. (b) Galenit içerisindeki kuvars kapanımları. (c) Galenit, sfalerit ve sfalerit içerisindeki kalkopirit kuma dokusu. (d) Galenit minerali içerisindeki kalkopirit kapanımları. ....	<b>42</b>
<b>Şekil 5.8:</b> (a) Özşekilsiz sfalerit ve özşekilli kuvars minerallerinin galenit tarafından kuşatılması. (b) Galenit kristalleri içerisindeki yarı özşekilli kuvars kapanımları. (c) Kalkopirit minerali içerisinde gözlenen özşekilli kuvars minerali. (d) Kalkopiritten önce oluşan sfalerit minerali ve kuvars minerallerinin kuşatması. ....	<b>43</b>
<b>Şekil 5.9:</b> Kesitlerin çoğunluğunda galenit, sfalerit ve kalkopirit birlikteliği görülmekte olup, (a) Sfalerit tarafından kuşatılmış galenit ve kalkopirit minerali. (b) Kalkopirit ve sfalerit kapanımları içeren galenit minerali. (c) Galenit ve kalkopirit tarafından ornatılmış safalerit minerali. (d) Breşleşmiş sfalerit minerallerinin arasını dolduran galenit minerali. (e) Özşekilsiz kalkopirit, yarı özşekilli pirit ve galenit birlikteliği. ....	<b>44</b>
<b>Şekil 6.1:</b> Sıvı kapanım çalışmalarında kullanılacak olan örneklerin hazırlanma ve incelenme süreci. ....	<b>46</b>
<b>Şekil 6.2:</b> Kumarlar bölgesi Pb-Zn-Cu±Au yatağında yeraltından alınan örneklerin iki yüzlü parlatma işlemi uygulanmış sıvı kapanım kesitleri. ....	<b>47</b>
<b>Şekil 6.3:</b> İki yüzlü parlatılmış örneklerin petrografik incelemelerde kullanılan tarama görüntüleri. ....	<b>48</b>
<b>Şekil 6.4:</b> Son buz ergime sıcaklığı değerlerinin ölçüm sayılarına göre dağılımı. ....	<b>54</b>
<b>Şekil 6.5:</b> Son buz ergime sıcaklığı değerlerinin homojenleşme sıcaklığı değerlerine göre dağılımı. ....	<b>54</b>
<b>Şekil 6.6:</b> Homojenleşme sıcaklığı değerlerinin ölçüm sayılarına göre dağılımı. ....	<b>55</b>
<b>Şekil 6.7:</b> Homojenleşme sıcaklığı değerleri ve tuzluluk oranları arasındaki dağılım. ....	<b>56</b>
<b>Şekil 7.1:</b> Çalışma alanı ve çevresindeki sfalerit, galenit ve kalkopirit örneklerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değerlerinin (Hoefs 1987) diyagramındaki konumları (Bozkaya, G., Özbaş, F. and Wallington, J. (2014) düzeltilerek alınmıştır. ....	<b>59</b>
<b>Şekil 8.1:</b> İstanbul Üniversitesi/Cerrahpaşa Jeokronoloji ve Jeokimya (LA/ICP/MS) Laboratuvarı (Url-D). ....	<b>60</b>
<b>Şekil 9.1:</b> Pamukkale Üniversitesi, SEM (Scanning Electron Microscope) laboratuvarı. ....	<b>68</b>

<b>Şekil 9.2:</b> Kumarlar işletmesinde yeraltından alınan A-9 numaralı örnekte gözlenen kurşun minerali. ....	<b>69</b>
<b>Şekil 9.3:</b> Kumarlar işletmesinde yeraltından alınan A-13 numaralı örnekte gözlenen mangan minerali. ....	<b>70</b>
<b>Şekil 9.4:</b> Kumarlar işletmesinde yeraltından alınan A-12 numaralı örnekte gözlenen arsenik minerali. ....	<b>71</b>
<b>Şekil 9.5:</b> Kumarlar işletmesinde yeraltından alınan A-13 numaralı örnekte gözlenen civa minerali. ....	<b>72</b>

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 6.1:</b> Sıvı kapanım ölçümleri sırasında elde edilen %NaCl, T <sub>fm</sub> , T <sub>mice</sub> ve T <sub>h</sub> (°C) değerleri. ....	<b>50-52</b>
<b>Tablo 8.1:</b> A8-A9-A13 sıvı kapanım kesitleri üzerinden yapılan LA/ICP/MS analiz çalışmaları sonucu ppm (µg/g) ve % ppm (wt.%) cinsinden elde edilen iz element değerleri. ....	<b>62-67</b>
<b>Tablo 10.1:</b> Yüzeiden alınan örneklerde tuzluluk (%NaCl), ilk buz ergime sıcaklığı, son buz ergime sıcaklığı, homojenleşme sıcaklığı ve kükürt izotopları jeokimyası analizlerinden elde edilen verilerin değer aralıkları. ....	<b>74</b>
<b>Tablo 10.2:</b> Yeraltından alınan örneklerde tuzluluk (%NaCl), ilk buz ergime sıcaklığı, son buz ergime sıcaklığı, homojenleşme sıcaklığı ve kükürt izotopları jeokimyası analizlerinden elde edilen verilerin değer aralıkları. ....	<b>74</b>

## SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ

<b>Pb</b>	:	Kurşun
<b>Zn</b>	:	Çinko
<b>Cu</b>	:	Bakır
<b>Au</b>	:	Altın
<b>UTM</b>	:	Universal Transversal Mercator
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	:	Alüminyum Oksit
<b>SiC</b>	:	Silisyum Karbür
<b>CDT</b>	:	Canon Diablo Troilit
<b>LA/ICP/MS</b>	:	Laser Ablation/Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometer
<b>Hz</b>	:	Heartz
<b>ILTAM</b>	:	İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
<b>BSEM</b>	:	Backscattered Scanning Electron Microscope
<b>SEM</b>	:	Scanning Electron Microscope
<b>KAFS</b>	:	Kuzey Anadolu Fay Sistemi
<b>MTA</b>	:	Maden Tetkik ve Arama
<b>FIA</b>	:	Fluid Inclusion Assemblage
<b>T<sub>micc</sub></b>	:	Son Buz Ergime Sıcaklığı
<b>T<sub>fm</sub></b>	:	İlk Buz Ergime Sıcaklığı
<b>T<sub>H</sub></b>	:	Homojenleşme Sıcaklığı

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Amaç ve Kapsam

Dünyada ki metal üretiminin büyük bir kısmının yapıldığı Tetis Metalojenik kuşağı üzerinde bulunan ülkemiz, maden yatakları ve maden zuhurları bakımından oldukça zengin olup, bu yatakların ve zuhurların büyük bir kısmı Batı Anadolu bölgesinde bulunmaktadır. Ayrıca ülkemiz, madencilik beşiği olarak görülmekte olup, birçok kaynakta bölge üzerinde madencilik faaliyetlerinin milattan önceki yıllara kadar uzandığı belirtilmektedir.

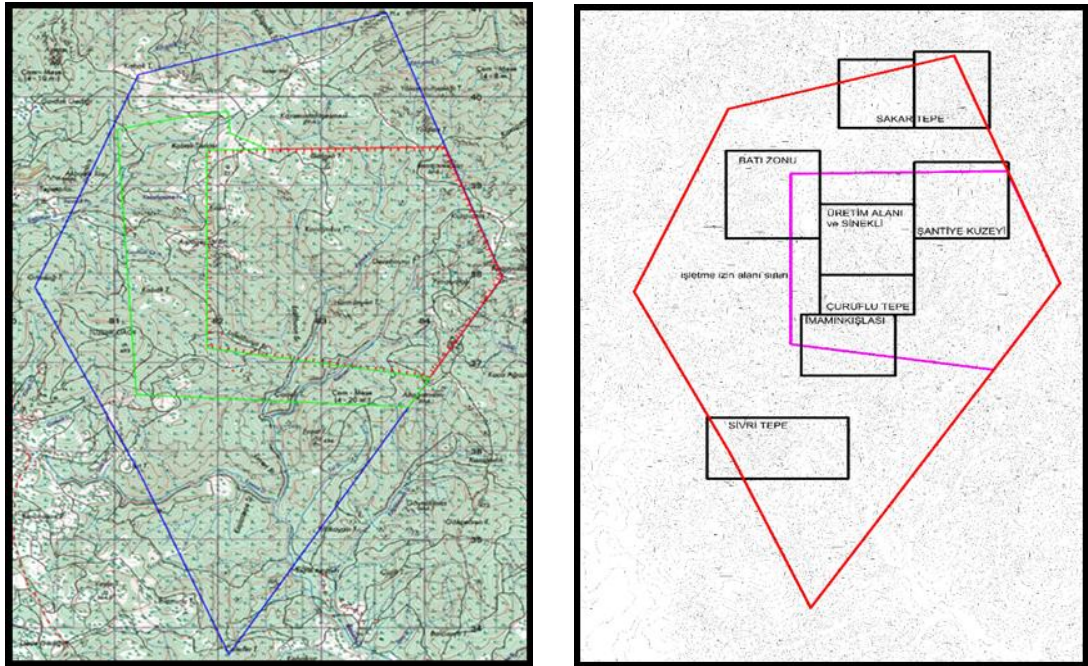
Epitermal, porfiri, damar ve skarn tipi cevherleşmeler bölge üzerinde gözlenmekle beraber en çok bulunan metaller kurşun, bakır, çinko, altın, demir ve antimondur. Çanakkale/Kumarlar bölgesi Pb-Zn-Cu±Au cevherleşmesi de bu cevherleşmelerden birisi olup düşük sülfidasyonlu epitermal sistem içerisinde oluşum göstermiştir. Söz konusu maden yatağında yapılmış daha önceki maden jeolojisi çalışması yüzeyden alınan örneklerle ait verileri içermekte olup, bu tez çalışmasında; yataktaki aktif işletme sırasında, yeraltından örnekler alınarak bu örnekler üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu incelemeler sonucunda da Kumarlar kurşun/çinko yatağının oluşturan cevher oluşturunca sıcak sulu çözeltilerin kökeninin ve özelliklerinin belirlenmesi için sıvı kapanım ve izotop jeokimyası çalışmaları yapılmıştır.

## 1.2 Ulaşım ve Yerleşim

Çanakkale ilinin Çan/Yenice üzerinden Balıkesir hattına bağlanan karayolu üzerinde, Çan ilçesi, Kumarlar köyü sınırları dahilindeki çalışma sahası, Çanakkale'ye 65 km uzaklıkta, Kumarlar Köyü'nün 10 km kuzeyinde yer almaktadır. Sahaya ulaşım Çanakkale/Çan asfalt yolu üzerinden Rüzgâr Enerji Santrali hattı boyunca sağlanmaktadır. Ayrıca Kirazlı, Umurbey/Hacıgelen köyleri üzerinden gelen alternatif şose ve toprak yollar da bulunmaktadır.

## 1.3 Topoğrafya

Çalışma alanı ve çevresi oldukça engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. 1871,92 hektarlık sahadaki en önemli yükseltiler; Kuzey tarafında Sakar Tepe (714 m) ve Kabak Tepe (755 m), batı tarafında Ortadağ Tepe (596 m), doğu tarafında Kocayokuş Tepe (571 m) ve güney tarafında da Caferler Tepe (405 m) ile sınırlıdır. Topografik harita ve yüzey haritalaması tamamlanan alanlar Şekil 1.3'de verilmiştir.

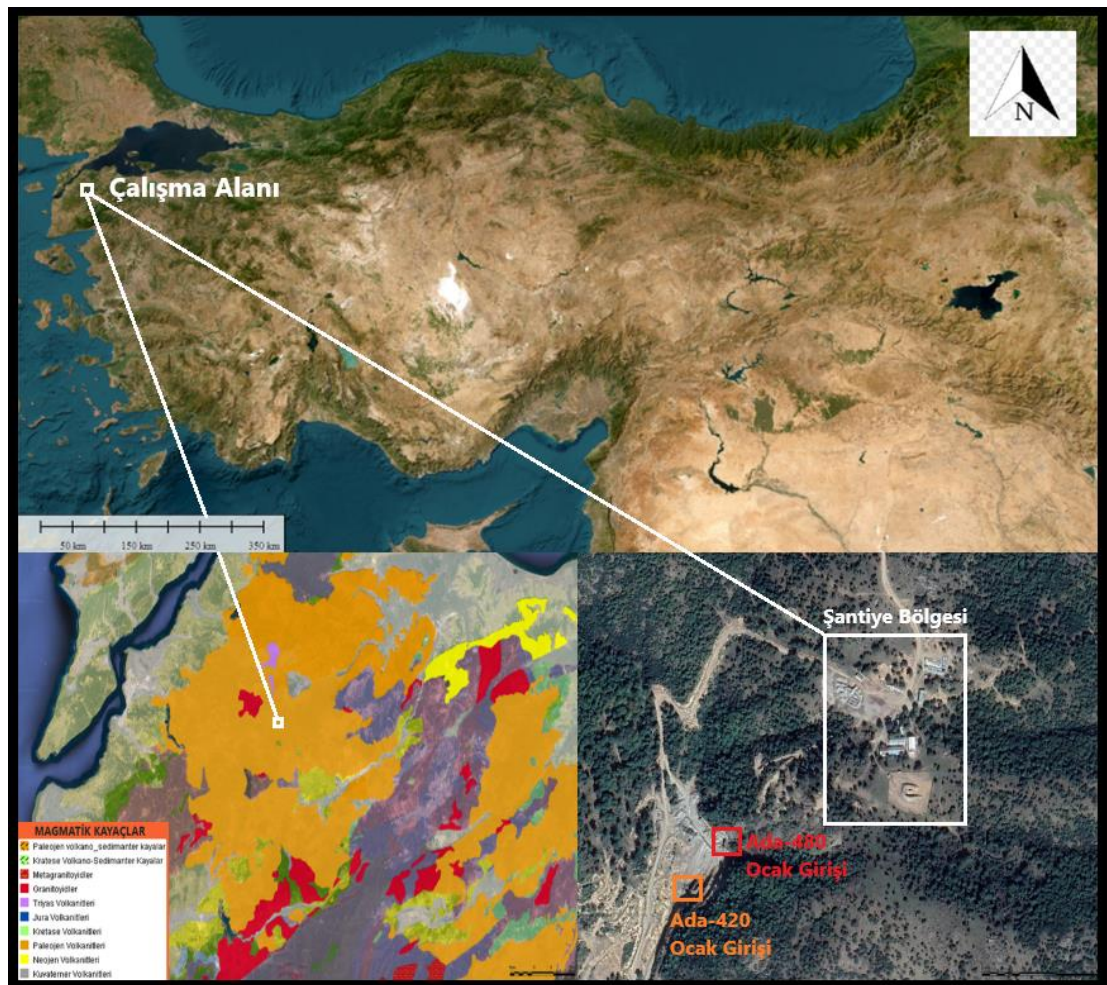


Şekil 1.3: H17C4 paftası içerisindeki Hüseyin Akol Madencilik saha sınırlarını gösteren topografik harita ve yüzey haritalaması tamamlanan alanların haritası (Hüseyin Akol Madencilik 2018).



#### 1.4 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma alanı, UTM 50/35. zonda, Türkiye 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritasının Çanakkale H17-c4 paftası içerisinde, Çanakkale il merkezinin 40 km güneydoğusundadır (Şekil 1.4). Hüseyin Akol Madencilik San. Tic. A.Ş. tarafından işletilen 1871,92 hektar büyüklükteki çalışma sahası, Çanakkale ili Çan ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Şu anda yer altı üretimi ile cevher çıkarılmaktadır. Çalışma alanında başlıca yerleşim merkezleri Kumarlar ve Kocalar köyleridir.



Şekil 1.4: Çalışma alanının yer bulduru haritası (MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü) (Url-A).



## 1.5 İklim, Bitki Örtüsü ve Ekonomik Durum

Çanakkale geçiş iklimi özellikleri gösterir. Genel yapısı itibari ile Akdeniz iklimi özelliklerini yansıtır. İlin kuzey kısımlarında ise kış aylarında ortalama sıcaklık daha düşüktür. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (1929-2019 yılları arası) verilerine göre; en düşük sıcaklık  $-11,5^{\circ}\text{C}$  ile şubat ayı, en yüksek sıcaklık  $+39,1^{\circ}\text{C}$  ile ağustos ayındadır. Yıllık sıcaklık ortalaması  $15,05^{\circ}\text{C}$ , ortalama bağıl nem oranı ise %72,6'dır.

Uzun yıllar yıllık yağış ortalaması 625,8 mm olup, en çok yağış alan ay 105,3 mm ortalama ile aralık ayı ve en az yağış alan ay 9,5 mm ortalama ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 84 gündür. Çanakkale'de ölçülmüş en yüksek yağış miktarı 137,8 mm'dir.

Çanakkale ilinin ekonomisi, tarım, hayvancılık, turizm ve kısmen madencilik kaynaklıdır. Tarım sektörü, gayri safi yurtiçi hasıla içinde aldığı pay, istihdama olan etkisi, bitkisel üretimdeki öncülüğü, markalaşmış ürünleri ve ürettiği katma değer ile Çanakkale'nin öncelikli sektörleri arasında olup çalışan nüfusun önemli bir kısmına istihdam alanı sağlamaktadır. Tarıma dayalı sanayinin ihtiyaç duyduğu birçok tarımsal ürün Çanakkale'nin geniş ve verimli topraklarında yetiştirilmekte olup tarıma dayalı sanayi yatırımları için önemli fırsatlar sunmaktadır (Url-C).

Engelibeli bir topoğrafyaya sahip olan çalışma alanında büyük ve küçük çaplı, yaz aylarında kuru olan dereler bulunmaktadır 700 metre civarında yükseltiye sahip olan sahada kış aylarında yağış ve kar nedeniyle sert iklim koşulları çalışmaya olanak vermemektedir. Çalışma alanının uydu üzerinden görünümü Şekil 1.5'de verilmiştir.



Şekil 1.5: Çalışma alanının uydu üzerinden görünümü (Url-B).

## 1.6 Önceki Çalışmalar

Biga yarımadası ve çevresi tarih boyunca jeolojik zenginliklerinden dolayı birçok bilim insanının ilgisini çekmiş ve çok sayıda büyük ölçekli çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmalar esas olarak jeokimya, sedimentoloji, tektonizma ve maden jeolojisi çalışma alanlarına yönelik çalışmalar olmakla beraber doğrudan çalışma sahası hedefine yönelik çalışmalar değildir. Önceki araştırmacıların yazdıkları ifadeler mümkün olabildiğince değiştirilmemeye gayret gösterilmiş olup, çalışma bölgesi ve civarında gerçekleştirilen önemli çalışmaların özetleri aşağıda kronolojik biçimde sunulmuştur.

**Gjelsvik (1956)**, Biga yarımadasında özellikle Kurşun-Çinko yataklarının maden jeolojisi kapsamında önemli araştırmalarda bulunmuştur. Araştırmaları sonrası bölgedeki birimleri beş önemli başlık altında toplamıştır. Bunlar; Paleozoyik yaşlı kuvarsitler, mermerler, şistler, gnays, amfibolitler ve granodiyoritler, Mesozoyik yaşlı kalkerler ve şistler, Kretase ve Tersiyer yaşlı volkanitlerle tüflü ve sedimanter kayalardan oluşan Tersiyer bölgeleridir.

**Ketin (1966)**, Türkiye'nin yapısal birimlerini kuzeyden güneye doğru olacak şekilde (1) Pontidler, (2) Anatolidler, (3) Toridler ve (4) Kenar kıvrımları olacak şekilde dört yapısal birliğe ayırmış ve Biga Yarımadası'nı Pontidler içerisine dahil etmiştir.

**Okay vd. (1990)**, Biga ve Gelibolu yarımadaalarında Tersiyer öncesi tektonik zonları sınıflandırmış ve bu yapılarıdaki formasyonlar üzerinde çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Sakarya Zonu'nda Jura dönemi öncesi geniş bir yayılım gösteren orojenik Karakaya Kompleksinin tektonostratigrafik istifini aşağıdan yukarı; Nilüfer birimi, Hodul birimi, Orhanlar grovakı ve Çal birimi olacak şekilde ayırımını sağlamışlardır.

**Atabey vd. (2004)**, Çanakkale havzasında çökelen Orta/Üst Miyosen yaşlı karasal ve denizel sedimanter kaya birimlerinin Çanakkale Boğazı'nın doğu hattı boyunca yüzeylendiğini ve sedimanter kaya birimlerini Orta Miyosen yaşlı Sarıyar formasyonu ile Üst Miyosen yaşlı Çanakkale formasyonunun meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Magmatik ve metamorfik temel birimlerinin üzerinde açılı uyumsuzlukla konumlanan Sarıyar formasyonunun bordo-kırmızı renkli alüvyon yelpazesi çökellerinden oluştuğunu, Üst Miyosen yaşlı Çanakkale Formasyonu'nun ise Pleistosen denizel taraçaları ve Pleistosen/Günümüz alüvyon çökelleriyle örtüldüğünü ifade etmişlerdir.

**Kasapçı (2005)**, Arapuçan Dere ve Cehennem Dere Pb-Zn yataklarında sıvı kapanım ve cevher mikroskobisi alanında önemli çalışmalar yapmıştır. Cevher mikroskobisi incelemelerine göre ana cevher mineralleri, galenit, kalkopirit, pirit ve sfalerittir. Gang mineralleri ise öncelikle kuvars olmak üzere, aktinolit, kalsit, klorit, granat ve epidottur. Sıvı kapanım kapsamındaki homojenleşme sıcaklıklarını kuvars mineralleri üzerinde 300°C – 500°C, sfalerit üzerinde 270°C – 350°C, kalsit minerallerinde 270°C – 290°C olarak ölçmüştür.

**Bozkaya ve Gökçe (2009)**, Kuru (Çanakkale) baritli kurşun-çinko yataklarında yapmış oldukları çalışmalarda cevherleşmelerin Adadağı piroklastikleri içerisinde bulunmaktadır, üst bölümlerinde stockwork tipi ve alt bölümlerinde BKB/DGD yönlemindeki fay zonları boyunca cevher damarları gibi iki türde mineralizasyon şekli göstermektedir. Ana mineraller olarak sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, kuvars, barit ve kalsit olmakla beraber bu minerallere az oranda tennantit, markazit, kovellit ve bornit eşlik etmektedir. Damar tipi cevherleşme, K60°B/50°GB doğrultu ve eğime sahip fay zonları boyunca meydana gelmiştir. Sülfür izotopları sonuçlarından, cevher bünyesinde çökelen sülfür ve sülfat minerallerindeki sülfürün farklı kaynaklardan türetildiğini belirtmişlerdir. Baritin  $\Delta^{34}\text{S}$  değerlerinin sedimanlardaki çökelmiş sülfat mineralleri veya Geç Tersiyer zaman diliminde deniz suyunda çözülmüş olan  $\text{SO}_4$  iyonları ile olan benzerliği, baritteki sülfürün çökelmiş sülfat minerallerinden veya  $\text{SO}_4$  iyonlarından türetildiği sonucuna varmışlardır.

**Bozkaya ve Çelik (2009)**, Kumarlar (Çanakkale) kurşun çinko cevherleşmesinin sıvı kapanım özellikleri konusunda yüzeyden almış oldukları örneklerde incelemelerde bulunup, kuvars ve sfalerit kristalleri üzerindeki birincil ve ikincil kapanımlarda, ilk buz ergime ( $T_{fm}$ ), son buz ergime ( $T_{mice}$ ), homojenleşme sıcaklıkları ( $T_h$ ) ve tuzluluk (%NaCl) tespiti üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu çalışmalar sonucunda, ilk buz ergime ( $T_{fm}$ ) sıcaklığı değerleri  $-55,5/-52^{\circ}\text{C}$  aralığında ölçülmüş olup, kuvarslarda homojenleşme sıcaklık değerlerinin  $252,8/281,4^{\circ}\text{C}$  aralığında %18,5 NaCl eşdeğeri tuzluluğa, sfaleritlerde ise  $238,6/263,5^{\circ}\text{C}$  aralığında %15,8 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip olduğunu belirtmişlerdir.

**Demirela (2011)**, Çanakkale-Lapseki-Çataltepe Pb-Zn±Cu±Ag yatağında, S ve Pb izotoplarından bulunan veriler doğrultusunda, sfalerit, galenit, kalkopirit ve pirit gibi cevher minerallerinin magmatik bir kökene bağlı şekilde meydana geldikleri varsayımını desteklemiştir. Sıvı kapanım verileri, granatların  $300-353^{\circ}\text{C}$  arası sıcaklık ve %0,5 ile 1,4 NaCl eşdeğeri tuzluluklarda, bal rengi sfaleritler ile onlarla beraber oluşum göstermiş kuvarsların ise  $200-310^{\circ}\text{C}$  arası sıcaklıklarda ve %0,5 ile 1,1 NaCl eşdeğeri tuzluluklarda meydana geldiğini belirtmiştir.

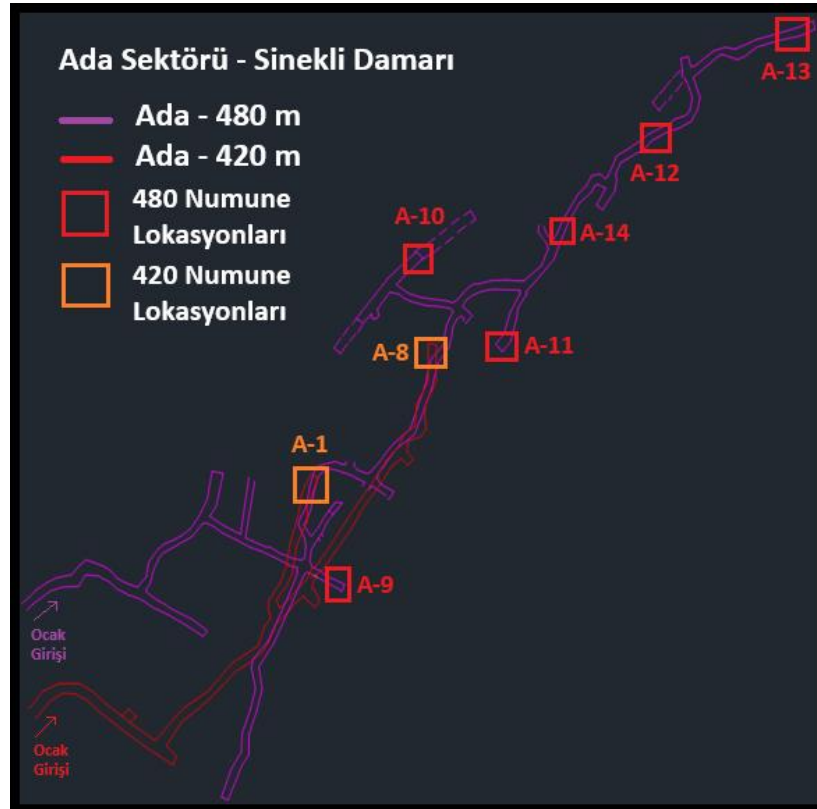
**Bozkaya ve Banks (2016)**, Balcılar (Çanakkale) barit-galenit cevherleşmesinin maden jeolojisi ve sülfür izotop jeokimyası üzerine yaptıkları çalışmada litolojik sınıflamayı Akçaalan andeziti (Eosen), Adadağı piroklastikleri (Oligosen), Dededağ dasiti (Miyosen), Karaömerler bazaltı (Pliyo-Kuvaterner) ve alüvyon (Kuvaterner) şeklinde belirtmişlerdir. Barit ve galen damarlarının andezitler içinde gelişme gösteren faylar boyunca oluşum gösterdiğine değinip, ana minerallerin galen, barit ve kuvars olduğunu bunlara az miktarda pirit, kalkopirit, sfalerit, kovellit ve markazit minerallerinin eşlik ettiğini vurgulamışlardır. Ayrıca Sülfür izotoplarının, galende indirgenmiş olan sülfürün bakteriyel ya da inorganik olarak indirgenmiş sülfattan ya da izotopik olarak hafif indirgenmiş bir S kaynağından geldiğini ifade etmişlerdir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Kumarlar (Çan-Çanakkale) polimetalik (Pb-Zn-Cu±Au) yatağının oluşumunu sağlayan cevherli çözeltilerin özelliklerinin belirlenmesi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda yatağın jeolojik özelliklerinin ve oluşum koşullarının ortaya çıkarılmasına ışık tutmayı hedefleyen bu tez çalışması esnasında aşağıda belirtilen araştırmalar yapılmıştır.

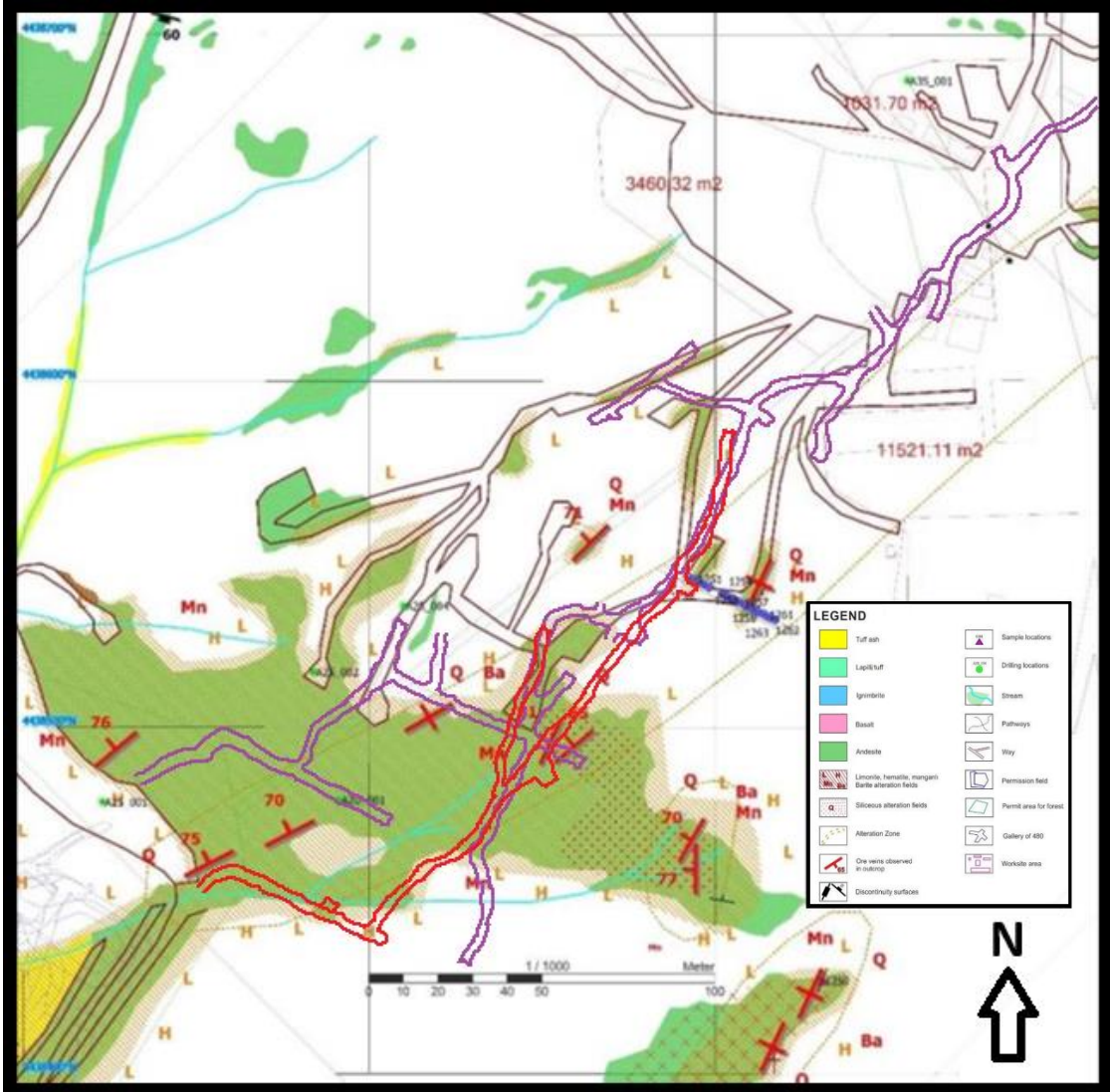
### 2.1 Saha İncelemeleri

Saha çalışmalarından önce çalışma alanının maden ve genel jeolojisi hakkında önceden yapılmış olan çalışmaları içeren literatür taraması yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında, işletilmekte olan kurşun-çinko damarından, tüm birimleri temsil edebilecek yeterli miktarda cevher ve kayaç örnekleri alınmıştır (Şekil 2.1) ve bu damarların konumu, detaylı jeoloji ve mostra haritası üzerinde verilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.1: Ada-480 ve Ada-420 kot seviyelerinde Sinekli damarından alınan numunelerin dağılım şeması.





Şekil 2.2: Ada Sektörü detaylı jeoloji ve mostra haritası üzerinde Ada-480 ve Ada-420 kot seviyelerindeki damarların konumu (Ölçek 1/1000) (Hüseyin Akol Madencilik 2018).

## **2.2 Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar**

Çalışma alanında yeraltından almış olduğumuz örneklerin petrografik özelliklerini, mineralojik bileşimlerini ve cevher/yan kayaç ilişkilerini tespit edebilmek adına ince kesit örnekleri hazırlanmıştır. Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı bünyesindeki ince kesit laboratuvarında hazırlanmış olan ince kesitlerde BX51 Olympus model alttan ve üstten aydınlatmalı özelliklere sahip polarizan mikroskop kullanılarak incelemeler ve kayaç sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır.

## **2.3 Cevher Mikroskopisi Çalışmaları**

Yeraltı cevher damarlarından alınan numunelerden, Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı bünyesindeki Cevher Mikroskopisi Laboratuvarında Struers RotoPol-35 model cihaz ile parlak kesit örnekleri hazırlanmıştır. Numuneler sırasıyla 600/800/1000/1200'lük Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiC tozları ile aşındırılmış sonrasında da Dur/Dac/Nap solüsyonları ile numunelerin parlatılması sağlanmıştır. Hazırlanmış olan bu parlak kesitler, Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Cevher Mikroskopisi Laboratuvarında BX51 Olympus model alttan ve üstten aydınlatmalı polarizan mikroskopta incelenmiş ve cevherleşmenin doku çeşitleri ve mineral parajenezleri konusunda çalışmalar yapılmıştır.



## 2.4 Sıvı Kapanım İncelemeleri

Sıvı kapanımları, minerallerin oluşumu sırasında kristal yapı içinde hapsolmuş sıvı damlacıklarıdır. Kapanımların içerisindeki fazların oda sıcaklığındaki sayısı, homojenleşme ve donma verileri göz önünde bulundurularak, sıvı kapanım topluluklarını belirlemeye yönelik petrografik ve mikrotermometrik çalışmalar ile mineralin oluşum derinliği, oluşum sıcaklığı ve minerali oluşturan hidrotermal çözeltilerin kimyasal özellikleri konusunda önemli bilgiler edinilebilmektedir.

Sıvı kapanım incelemeleri Pamukkale Üniversitesi. Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Sıvı Kapanım Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kumarlar bölgesi yeraltı cevher damarlarından alınan örneklerin sfalerit ve kuvars minerallerince yoğunluk gösteren kısımlarından yaklaşık olarak 110 mikron kalınlık ölçülerinde iki tarafı da parlatılmış kesitleri hazırlanmıştır.

İlk aşama olarak sıvı kapanımı gösteren topluluklar konusunda literatür taraması ve tanımlamaları yapılmış, daha sonrasında hazırlanan parlak kesitler üzerinde mikrotermometrik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda BX51 Olympos model polarize mikroskopla senkronize şekilde çalışan Linkam THMS-600 ve LNP-95 tipinde ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılmış olup, gerçekleştirilen ölçümlerde ilk buz ergimesi ( $T_{FM}$ ), son buz ergimesi ( $T_{MICE}$ ) ve homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerleri belirlenmiştir. Buz ergimesi ölçümleri esnasında kapanımların soğutmasını sağlayabilmek için nitrojen-azot (sıvılaştırılmış) kullanılmıştır.

## 2.5 Kükürt İzotopları İncelemeleri

Kükürt izotopları inceleme çalışmaları, Kumarlar bölgesi yeraltı cevher damarlarından alınan numunelerden ayrılmış saf galenit ve sfalerit kristalleri üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Ayırma işlemine tabi tuttuğumuz mineralleri daha da saflaştırmak adına numuneler kırılma ve öğütülme sürecine uğradıktan sonra serbestleşmenin en iyi görüldüğü “-250/+125” mikron tane boyutunda fraksiyonu özenle yıkanmış, sonrasında da cımbız yardımıyla yapılan elle seçim yöntemi binoküler mikroskop altında uygulanmıştır.

Ayırma işlemi uyguladığımız saf galenit ve sfalerit kristalleri, agat havan içerisinde tane boyutları küçültülüp toz formuna getirilmiş, sonrasında ise kükürt ve izotop analizleri için Amerika’da bulunan Arizona Üniversitesi bünyesindeki İzotop Araştırmaları Laboratuvarına gönderilmiş ve analiz sonuçları alınmıştır. Sülfürlü mineraller üzerinden yürütülen bu analiz çalışmaları, Robinson ve Kusakabe (1975) tarafından hayata geçirilmiş yöntemler baz alınarak gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar, uluslararası kapsamda kabul görmekte olan CDT standardından sapma ( $\delta^{34}\text{S}\%$ ) değerleri biçiminde açıklanmış olup, uygulanan yöntemlerin hassasiyet ve tekrarlanabilirlik olarak (0,2%) oranından daha iyi olduğu ifade edilmiştir.

## **2.6 Lazer-Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (LA/ICP/MS) İncelemeleri**

Sıvı kapanım çalışmaları kapsamında yapılan iz element analizleri (LA/ICP/MS-Laser Ablation/Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometer), İstanbul Üniversitesi/Cerrahpaşa Jeokronoloji ve Jeokimya Laboratuvarı'nda bulunan PerkinElmer's NexION 2000 model numaralı cihaz ile yapılmıştır. Sıvı kapanımlarında yapılan jeokimyasal çalışmalar, anyon ve katyon oranlarına göre çözeltilerin kökenleri, bileşimleri ve metal iyonlarının taşınma şekilleri konularına ışık tutmaktadır. (Gunther ve diğ. (1998); Samson (2003); Sylvester (2008); Leisen ve diğ. (2012); Richard ve diğ. (2012); Bozkaya ve diğ. (2011))

## **2.7 Geri Saçınımlı Elektron Mikroskobu (BSEM) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri**

Geri Saçınımlı Elektron Mikroskobu (BSEM) ve Taramalı Elektron (SEM) Mikroskop incelemeleri Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (ILTAM) gerçekleştirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu yüksek ölçekli büyütme seviyelerinde üst çözünürlüklerde görüntü alma yöntemidir. Bu yöntem sayesinde düşük ölçekli büyütmelemlerden en yükseğe (x300.000 ve daha fazla) ulaşırken, morfolojik, yapısal ve elementel olarak veriler elde edilmektedir. Yüksek vakum şartları altında geri saçılma elektron (BSE), ikincil elektron (SE) veya karışık (BSE+SE) sinyal görüntülemesi yapılarak fotoğraflama işlemi gerçekleştirilir.

### 3. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

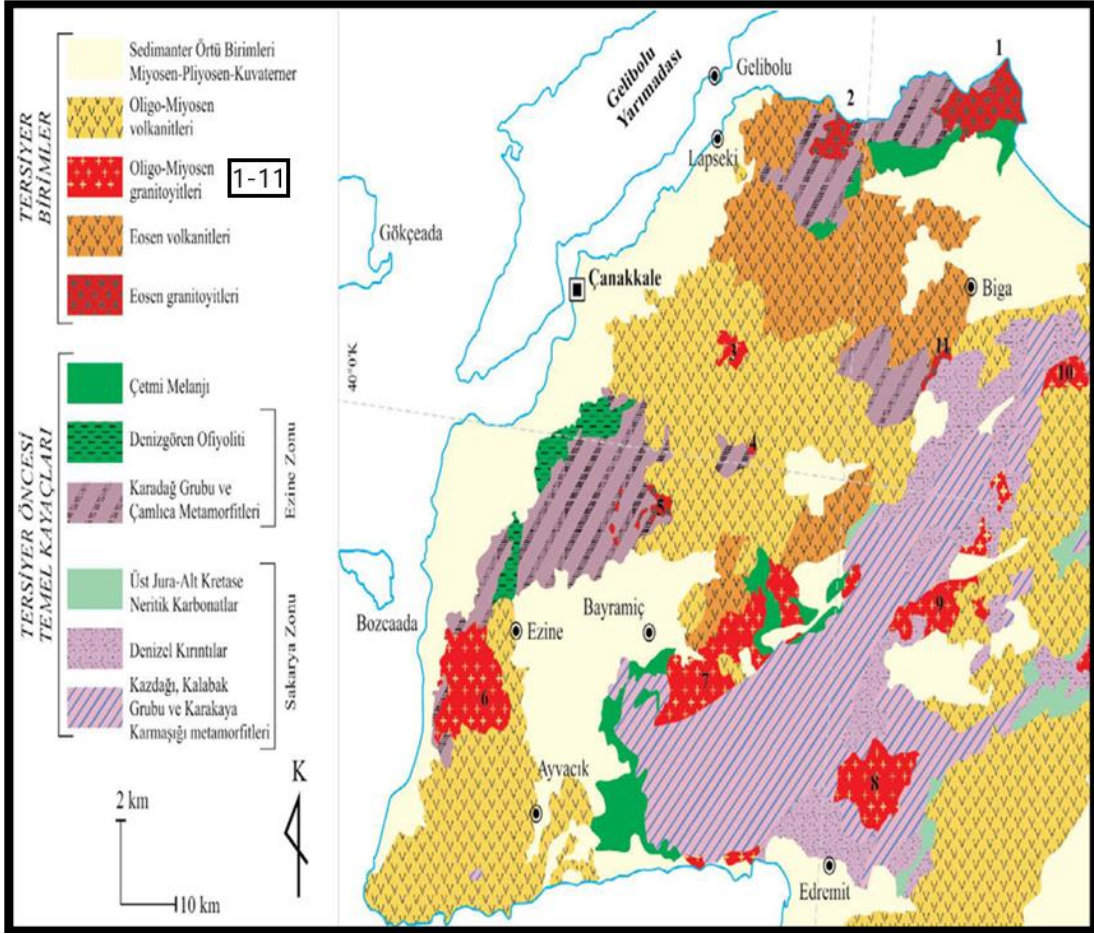
#### 3.1 Bölgenin Jeolojisi

Gelibolu ve Biga Yarımadaı, kuzeydoğudan güneybatıya uzanan Tersiyer zaman dilimi öncesi dört tektonik zona sahiptir. Bunlar kuzeybatıdan başlayarak Gelibolu, Ezine, Ayvacık-Karabiga ve Sakarya zonlarıdır (Şekil 3.1).

Gelibolu Zonu, Geç Kretase/Paleosen yaşlı radyolarit, pelajik kireçtaşı, mavişist, serpantin, gabro gibi kayalardan oluşum göstermiş ofiyolitli bir melanjdır ve bu birim Çetmi Ofiyolit melanji olarak tanımlanmıştır. Gelibolu Yarımadası üzerinde Eosen ile başlangıç gösteren sedimanter istifin temelini meydana getirir. Bu zonun güneydoğu kısmında kıtasal kökenli kayalardan meydana gelen Ezine Zonu bulunmaktadır.

Ezine Zonu, batı tarafında yeşilşist fasiyesi sürecinde metamorfizmaya uğramış, Permo/Karbonifer yaşlı sedimanter bir istiften ve bu istifi Permo/Triyas zaman diliminde üzerleme ile oluşturan ofiyolitten, doğu tarafında ise sedimanter kökende, yüksek derece metamorfik birimlerden meydana gelir. Bu zonun güneydoğusunda bulunan Ayvacık/Karabiga zonu, Gelibolu zonunda olduğu gibi Çetmi Ofiyolit Melanji'ndan meydana gelmektedir (Okay ve diğ. 1990).

Sakarya Zonu, özellikle Kazdağ Masifi metamorfitlelerinden, bu metamorfitleleri tektonik üzerleme ile Karakaya Karmaşığı birimlerinden ve Triyas sonrasında çökellerden meydana gelmektedir. Biga Yarımadası üzerindeki Karakaya Karmaşığı ile aynı zaman diliminde ama farklı havza şartları ve tektonik konumları belirten dört adet tektonostratigrafik istiften oluşmuştur: Nilüfer Birimi, Hodul Birimi, Orhanlar Grovakı ve Çal Birimi (Okay ve diğ. 1990).



Şekil 3.1: Biga Yarımadası'nın yüzeylenen plütonları ve genelleştirilmiş jeoloji haritası (Konak ve diğ. 2016; Duru ve diğ. 2012; Ersoy ve diğ. 2017). 1: Karabiga plütonu, 2: Güreci plütonu, 3: Çamyayla plütonu, 4: Alanköy plütonu, 5: Kuşçayır plütonu, 6: Kestanbol plütonu, 7: Evciler plütonu, 8: Eybek plütonu, 9: Yenice plütonu, 10: Sarioluk plütonu, 11: Dikmen plütonu.

## **3.2 Bölgenin Stratigrafik Konumu**

Biga Yarımadası'nda Okay ve diğ. (1990) tarafından tespit edilmiş ve temeli meydana getiren birimleri Permo/Triyas yaş diliminde örttüğü öne sürülen ofiyolitik kayalar gözlemlenmektedir. Bölgede Jura devrini, kumtaşları ve üzerlerinde konumlanan kumlu kireçtaşları ile birlikte sileks ve oolitik yumru kireçtaşları temsil etmektedir. Bu birimlerin üstünde de Üst Kretase yaşında ofiyolitli melanj birimleri bulunmaktadır. Biga yarımadasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 3.2'de yer almaktadır.

### **3.2.1 Edincik Volkanitleri**

Biga Yarımadası'nda Eosen volkanizmanın ilk oluşumları Edincik volkanitleri ile ortaya çıkmaktadır. Birimler genellikle daha yaşlı temel birimlerini kesen andezitik nitelikte dayklar şeklinde, bazen de bu dayklarla desteklenen lav akıntıları şeklinde konumlanmaktadır. Bu volkanitler Pliyosen yaşlı çökeller ile diskordans olarak üzerlenmektedir. Petrografik analizler sonucunda Edincik volkaniti lavlarının andezitik bileşimde olduğu belirlenmiştir. Bütün örnekler porfirik dokuya sahiptir. Edincik volkanitleri jeolojik zaman tablosunda Lütesiyen yaşlı olarak belirtilmektedir.

### **3.2.2 Beyçayır Volkanitleri**

Bölge üzerinde geniş yayılım gösteren Tersiyer yaşlı kayalar, Alt Eosen yaşlı andezitik ve dasidik nitelikte lavlar ve piroklastiklerden meydana gelen Beyçayır Volkanitleri ile başlangıç göstermektedirler (Dönmez ve diğ. 2005). Volkanizma, Beyçayır köyü ve kuzeyi ile birlikte Taştepe köyleri, Adatepe dolaylarında geniş bir yayılım göstermekle birlikte karasal ortamda etkinliğini sürdürmüştür. İnce kesit çalışmalarında ele alınan andezit örneklerinde, kayaların holokristalin porfirik dokulu oldukları görülmüştür.

Başlıca fenokristalleri plajiyoklaz, çok az olarak sanidin, amfibol ve mika psedomorflarıdır. Plajiyoklaz fenokristalleri yarı özşekilli ve özşekilli olmakla beraber polisentetik ikizlenme ve zonlanma göstermektedir. Sanidinler yarı özşekilli olarak zaman zaman gözlenmekle beraber amfibol psedomorfları da genellikle özşekilli olarak gözlenmiştir. Dasidik örnekler üzerinde yapılan optik mikroskop çalışmalarında kayaçların holokristalen porfirik dokuya sahip olduğu ve başlıca fenokristallerini kuvars, plajiyoklaz, sanidin, biyotit, amfibol ve opak minerallerin oluşturduğu görülmüştür. Geç Eosen yaşındaki resifal kireçtaşları, Beyçayır birimi üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Kazmalı köyünün doğu kısmında ise birim üzerine Ünal (1967) tarafından Ceylan formasyonu olarak isimlendirilen çökeller üzerlemektedir. Volkanitler ile Ceylan formasyonu arasında volkanitlerden türeme gösteren çakıltaşı seviyesi bulunmaktadır. Beyçayır volkanitlerini Şahinli ve Fıçitepe formasyonu üzerlemektedir. Stratigrafik ilişkiler göz önüne alındığında, volkanizmanın Orta Eosen'de aktif olduğu öngörülmektedir.

### **3.2.3 Fıçitepe Formasyonu**

Biga yarımadası'nda Lapseki'nin doğu tarafı ve Marmara Denizi'nin güney tarafında Alpagut, Adatepe ve Şevketiye civarlarında kısıtlı bir bölgede Üst Kretase/Alt Eosen zaman diliminde Fıçitepe formasyonu olarak yüzeylenmekte olup, delta düzlüğü ve flüviyal çökellerle (ince kömürden arakatkılı olarak konglomera kumtaşı, şeyl) temsil edilmektedir (Sfondrini 1961; Siyako ve diğ. 1989). Zaman zaman da bu birimlerle arakatkılı olan andezitik lavlar ve tüflerden meydana gelen volkanik oluşumlar birliktelik gösterirler. Gelibolu Yarımadası'nda Karaağaç formasyonu (Sfondrini 1961) Fıçitepe formasyonunun alt kısmında konumlanırken, Biga Yarımadası tarafında ise Lapseki'nin doğusunda ve güneyinde volkanik ve volkanoklastik birimler gözlenmektedir. Fıçitepe formasyonu bünyesinde bulunan istiflerdeki fosil topluluk içeriklerinin incelenmesi sonucunda formasyonun yaş tayini Orta Eosen (Bartoniye) olarak belirtilmiştir.

### 3.2.4 Şahinli Formasyonu

Şahinli Formasyonunda, Beyçayır volkanitlerini takiben bölge üzerinde sığ deniz çökelleri oluşum göstermeye başlamış ve bu süreç doğrultusunda lavlarla birlikte yoğun bir şekilde volkanoklastik birimler çökelmiştir. Piroklastikler, bazaltlar, bazaltik andezitik lavlar ve zaman zaman da volkanoklastiklerden oluşan birimler Şahinli formasyonu olarak isimlendirilmiştir (Dönmez ve diğ. 2005). Çanakkale'nin doğusu Çiflik Mahallesi dolaylarında, Çanakkale-Çan ilçesi arasında olan bölgede ve Lapseki-Beyçayırı arasında kalan çok geniş alanlarda yüzeilenmektedir.

Bu birimler bazaltik bileşim gösteren çok sayıda daykılarla kesilmeye uğramıştır. Bu formasyon bünyesindeki lav seviyelerinden alınan örneklerin petrografik analizleri bazalt olarak sonuçlanmıştır. Kayaçları hipokristalin porfirik dokuya sahip olup en önemli fenokristalleri, klinopiroksen, plajiyoklaz, titanit, biyotit ve opak mineraller meydana getirmektedir. İkincil olarak izlenen mineraller kuvars, kalsit, dolomit, klorittir. Bölgenin stratigrafik durumu ve kayaçlarla olan ilişki durumları göz önünde bulundurulduğunda birimin yaşının Orta Eosen olduğu sonucuna varılmış, bu birim üzerine de Orta/Geç Eosen yaşlı resifal kireçtaşlarından meydana gelen Soğucak formasyonu yüzlek vermiştir.

### 3.2.5 Soğucak Formasyonu

Biga yarımadası üzerinde fosilli kireçtaşları çoğunlukta, kumlu, çakıllı kireçtaşları, kumtaşları ve bunlarla ardalanmalı olarak gelişen volkanoklastik çökeller az orandadır. Bu litoloji topluluğu, Biga Yarımadası üzerinde sınırlı bir bölgede gözlenmektedir. Trakya bölgesinde Terlemez ve Sümengen (1991)'in tanımladıkları ve özellikleri bakımından benzerlikler gösteren birime ithafen Soğucak Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Ünal 1967).

Kumtaşları, kumlu ve çakıllı kireçtaşları ile mikritik ve spartik kireçtaşlarından meydana gelen Soğucak formasyonu, sahip olduğu fosil topluluğuna ve sedimanter yapı niteliklerine göre sığ denizel bir ortamda oluşan çökeli mi göstermektedir.



Soğucak formasyonu, Beyçayır volkanitleri ile Fıçitepe formasyonu birimleri üzerini uyumsuz bir şekilde yüzeylemekte olup (Holmes 1965), üzerindeki Ceylan formasyonu birimleri ile uyumluluk göstermektedir. Formasyonun yaşı, bünyesinde bulunan fauna topluluğu göz önüne alındığında Orta Eosen (En üst seviyesi) (Toker ve Erkan 1985) ve Lütesiyen (Siyako ve diğ. 1989) olarak tespit edilmiştir.

### **3.2.6 Ceylan, Dededağ ve Beybaşı Formasyonları**

Ceylan formasyonu türbidik akıntılarla ilişkili olarak derin denizel ortamda oluşum göstermekle beraber, düşey ve yanal yönlerde yer yer sığ denizel ortamda çökelime uğrayan fasiyeslere geçiş özelliği göstermektedir. Bu formasyon Soğucak kireçtaşları üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Ceylan Formasyonunda kumtaşı, marn ve şeyl aralanmaları gözlenmektedir (Ünal 1967). Ayrıca bu istif bünyesinde seviye olarak ayırt edilebilen mavi/yeşil renkli dasitik tuf seviyeleri ile birlikte bazı kesimlerde andezit ve dasitik lavlar da bulunmaktadır. İncelenen fosil topluluklarına göre formasyonun yaş tayini Geç Eosen olarak tespit edilmiştir.

Ceylan formasyonu birimleri ile eş zamanlı olarak Dededağ volkanitleri gözlenmektedir. Dededağ volkanitlerini, andezitik/riyolitik lav ile piroklastiklerden (ignimbritler egemen şekilde) meydana gelen kayaçlar oluşturmaktadır (Dönmez ve diğ. 2005).

Bu iki formasyonu Üst Eosen yaşlı kıltaşı, kumtaşı ve resifal kireçtaşlarından meydana gelen Beybaşı Formasyonu üzerlemektedir (Dönmez ve diğ. 2005). Beybaşı formasyonunu da bazaltik lavlardan ve piroklastiklerden meydana gelen Erdağ Volkanitleri örtmekte olup, dokanaklar ani geçişlilik özelliği gösterir.

### **3.2.7 Hallaçlar, Küçükkuuyu ve Çanakkale Formasyonları**

Hallaçlar Formasyonu, Oligosen/Alt Miyosen yaş aralığında yaygın olarak yüzlekler oluşturan andezitik, bazaltik, dasitik, riyolitik lav ve piroklastik birimlerden meydana gelmektedir. Bu formasyonda Oligosen yaş diliminde bölgede konumlanma gösteren granitoyitik kayalardan ötürü ciddi bir alterasyona maruz kalmıştır. Alt Miyosenden sonra çok sayıda gölsel havzalar oluşum göstermiştir. Oluşan havzalarda, kumtaşı, konglomera, kıltaşı ve şeyllerden meydana gelen Küçükkuuyu formasyonu çökelim göstermiştir. Bu çökelleme ile birlikte yoğun derecede, bazaltik, andezitik, dasitik ve riyolitik lavlar, piroklastikler ve ignimbiritler bu gölsel havzaları doldurmuşlardır. Sonrasında bütün bu birimlerin üzerine diskordans olarak sığ denizel kumtaşı, çamurtaşı, marn, şeyl ve kireçtaşlarından meydana gelen Çanakkale Formasyonu konumlanmıştır (Atabey ve diğ. 2004; Dönmez ve diğ. 2005).

### **3.2.8 Taştepe Bazaltı ve Bayramiç Formasyonu**

Biga Yarımadasında gerçekleşen son volkanik aktiviteyi Üst Miyosen yaşındaki alkali nitelikte Taştepe bazaltı meydana getirmektedir. Bu birimleri Pliyo/Kuvaterner zaman diliminde oluşan kumtaşı, çakıltaşı ve şeyllerden meydana gelen flüvyal çökeller ve gölsel karbonatlar uyumsuz olarak üzerlemektedir (Dönmez ve diğ. 2005). Yaygın şekilde yüzlekler veren bu birimler Siyako ve diğ. (1989) tarafından "Bayramiç Formasyonu" olarak isimlendirilmiştir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	ÜYE	SEMBOL	KAYAÇ TİPİ	AÇIKLAMALAR			
SENOZOYİK	KUVATERNER				Qal		Alüvyon			
		PLİYOSEN	Bayramiç		Tplb		Çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı			
	Gülpınar			Tgü		Fosilli-killi kireçtaşı				
	MİYOSEN	ORTA	Çanakale	Taştepe bazaltı		Tmt		Bazalt ve bazaltik piroklastikler		
				Tekkedere		Tmçt		Kireçtaşı, marn		
				İntepe		Tmçi		(Gelgit ortamı karbonatları)		
				Güzelyalı		Tmçg		Çamurtaşı, marn, sittaşı, kumtaşı		
				(Gelgit düzlüğü ve kanal çökelleri)						
		Sarıyar		Tms		Çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı				
		İlyasbaşı		Tmi						
		ALT	Orta Miyosen Volkanikleri	Soma		Tmsö		Çakıltı, kumtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, marn, tuf		
				Çan		Tmç		(Gösel kıyıyüzü, plaj, ağız barı tipi delta, ve akarsu)		
				Anklı				Kumtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, bitümlü şeyl, kömür, volkanoklastik kayalar		
							Vitrik-kristal-litik tuf, andezitik-riyolitikdasitik lavlar ve piroklastikler			
	OLİGOSEN	ALT	Andezitik Volkanikleri	Küçükkuyu		Tmk		Çakıltı, kumtaşı, kireçtaşı, bitümlü şeyl, çamurtaşı ve tuf		
								(derin göl türbiditik çökeller)		
				Hallaçlar		Toh		Andezitik, bazaltik-riyolitik-dasitik lavlar ve piroklastikler		
				Bağburun		Tob				
				Saraycık		Tos				
				Yeniköy		Toy		Granitoidik kayalar		
				Atikhisar		Toa				
				ORTA	Biga Yarımadası Granitoidleri					
	EÖSENER	ORTA	Ceylan Dedeoğlu Volkanikleri	Erdag Volkanikleri		Teer		Bazaltik lavlar ve bazaltik piroklastikler		
				Beybaşı		Tebe		Kumtaşı, kiltası, resifal kireçtaşı		
ÜST	Karasu İgnimbiritli Fıçsıklar lav Karmalı tufu									
MİYOSEN	ALT	Ceylan Dedeoğlu Volkanikleri	Sogucak		Tes		Yeşil renkli tuf			
EÖSENER	ORTA	Ceylan Dedeoğlu Volkanikleri	Şahinli		Teş		Denizel ignimbiritler andezit, dasit			
EÖSENER	ORTA	Ceylan Dedeoğlu Volkanikleri	Fıçtepe		Tef		Kumtaşı-kiltası ardalanması (derin deniz türbiditik çökelleri)			
EÖSENER	ORTA	Ceylan Dedeoğlu Volkanikleri	Beyçayırı Volkanikleri		Teb		Resifal kireçtaşı			
MESOZOYİK PALEOZOYİK			Edincik Volkanikleri		Tec		Bazaltik lavlar ve piroklastikler, volkanoklastik ve bazaltik dayklar			
			Temel Kayaçlar				Çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı, (Gilbert, kıyıyüzü ve ağız barı delta çökelleri)			
						Andezitik lavlar ve piroklastikler				
						Andezitik lavlar ve piroklastikler				
						Tersiyer öncesi temel kayalar				

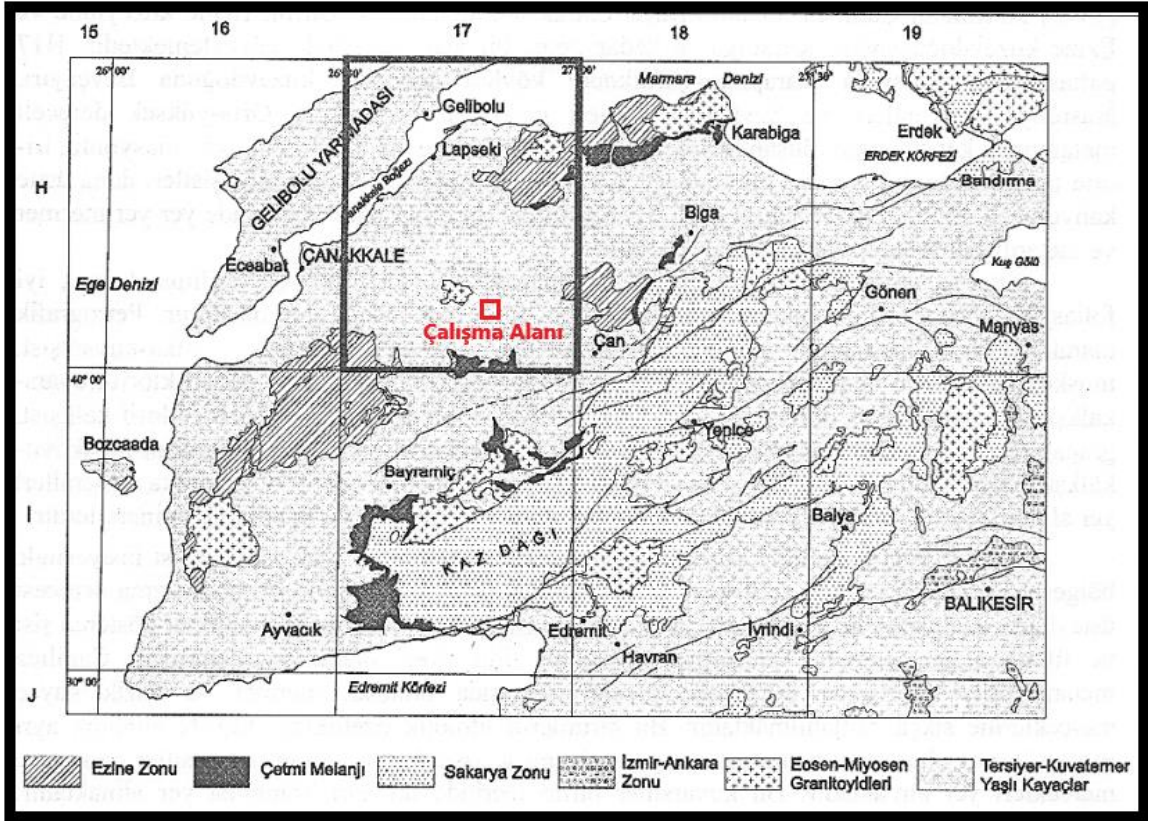
Şekil 3.2: Biga Yarımadasının geliştirilmiş stratigrafik kesiti (Atabey ve diğ. 2004; Dönmez ve diğ. 2005; Günaydın 2017).

### 3.3 Bölgenin Tektonik Konumu

Biga Yarımadası, Türkiye'nin kuzeybatı kısmında, kuzey Ege bölgesinin Alp orojenik sistemi bünyesinde konumlanmaktadır. Doğu kısmında ise Sakarya Zonu'nun batı kısmının en ucu ile sınırlanır (Okay ve diğ. 1991; Bozkurt ve Mittwede 2001). Kuzeybatı tarafında yarımada, kıta içi suture boyunca da Rodop/Strandja ve İstanbul zonları ile sınırlanır (Okay ve Tüysüz 1999). Güney tarafındaki İzmir/Ankara/Erzincan suture, Sakarya Zonu'nu bileşik Anatolid/Torid bloğundan ayırmaktadır (Okay ve Tüysüz 1999) (Şekil 3.3). Biga Yarımadası üzerinde öne çıkan ana jeolojik birimler şunlardır:

- (a) Kazdağ Masifi, Kemer Mikaşisleri ve Çamlıca Metamorfitlerinde bulunan orta ve yüksek derecede temel kayalar
- (b) Karakaya Kompleksi'nin çeşitlilik gösteren birimleri
- (c) Kretase yaşlı Çetmi Melanjı
- (d) Permo/Triyas yaşlı tortul Ezine grubu ve Erken Kretase yaşlı Denizgören Ofiyolitini ortaya çıkaran Ezine zonu
- (e) Yaygın Tersiyer tortul ve volkanik örtü dizileri ve plütonik kayalar

Belirtilen birimler, Kuzey Anadolu Fay Sistemine (KAFS) ait uzanımsal ayrılımlar, yaşlı faylar ve sığ dalımlı milonitik makaslama zonları tarafından tektonik olarak sınırlandırılmıştır (Okay ve diğ. 1991; Okay ve Satır 2000<sup>a,b</sup>, Beccaletto ve Steiner 2005).



Şekil 3.3: Çalışma alanının içerisinde bulunduğu H17 paftası ve jeotektonik birlikleri (MTA-1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası).

Tersiyer örtü birimleri, Paleosen/Erken Eosen yaşlı flüviyo/deltaik klastikler ve volkaniklerle başlangıç gösterir ve Orta Eosen/Oligosen yaşlı karbonat tortulları ve volkaniklerle uyumsuz biçimde örtülmektedir (Siyako ve diğ. 1989). Örtü birimlerinin alt kısımlarında aşınma gösteren litolojilerden sonra, faylarla sınırlanma gösteren grabenlerde gösel şeyllerin baskınlık gösterdiği Erken/Orta Miyosen yaşlı çökellerin çökmesine yaygın olarak piroklastik kayaçlar, kalk/alkalin nitelikte lavlar ve intrüzif birimler eşlik etmiştir. Sedimentasyon süreci Geç Miyosen dönemine kadar devam etmiş, magmatik aktiviteler de sona ermiştir (Yılmaz ve Karacık 2001).

Anadolu Bloğu, Miyosen devrinden itibaren doğrultu atımlı fay hatları boyunca Batı tarafına doğru kaymaya başlamıştır. Bu sürece bağlı olarak Orta Miyosen devrinde Biga Yarımadası'nı da içinde bulunduran Batı Anadolu'da kabuk incelleme göstermiş ve grabenler meydana gelmiştir. Biga Yarımadası, transform bir fay zonu (sağ yönlü) olan Kuzey Anadolu Fay Zonu sisteminin etkisinde kalmıştır (Kasapçı 2005).

Kazdağ Metamorfitleri, horst adı verilen bir yükselti yapısı oluşturmaktadır. Bütün birimler ve tektonik hatlar GB/KD yönlü olarak uzanım gösterirler. Tersiyer granitoidleri ve volkanitleri bu sınır hatları boyunca konumlanmıştır, kalkalkali volkanitler ve granitoidler Tersiyer başlangıcındaki bir yitim süreci ile ilgilidir.

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı gösel karbonatlar ve flüvyal tortullar, graben sisteminin oluşumu ve Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Biga Yarımadası üzerinde yayılım göstermesiyle ilgili genişlemeden doğrultu atımlı faylanmaya kadar tekrarlanan çökelleme döngüsünü göstermektedir (Şengör ve diğ. 1985; Yılmaz ve diğ. 2000; Bozkurt ve Mittwede 2001).

Genellikle, volkanik, sedimanter, volkano/sedimanter ve ilişkili olan plütonik kayaçlar Senozoyik dönemi boyunca çarpışmalı tektonik rejimden genişlemeli tektonik rejime geçiş göstermesiyle ilişkilidir (Ercan ve diğ. 1995; Aldanmaz ve diğ. 2000; Yılmaz ve diğ. 2001).

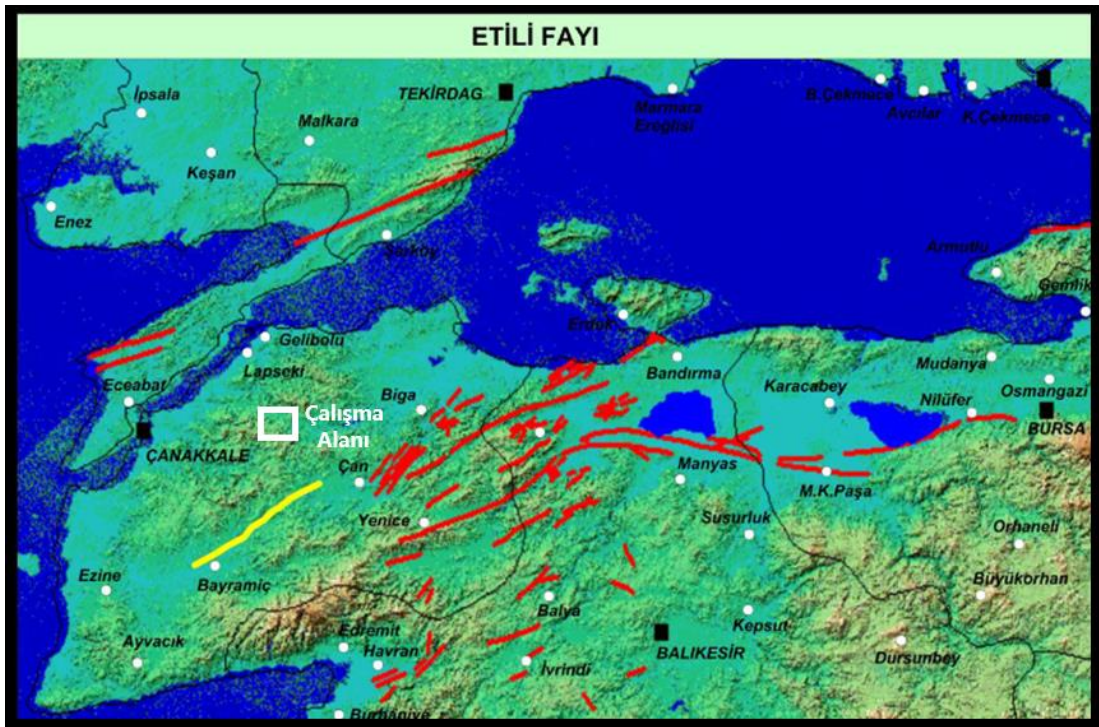


### 3.3.1 Çalışma Alanının Tektonik Konumu

Sahada görülen kırık ve çatlak yapıları, Kuzey Anadolu Fay hattının batı uzantısında Etili Fayı'nın meydana getirdiği KD/GB ve KB/GD yönlü büyük çapraz kırıkların bir parçasıdır.

Çalışma alanının yakınındaki en büyük kırık hattı KD/GB yönlü uzanan ve sahanın GD sınırı dışından çalışma alanı sınırına paralel olarak geçen 11 kilometrelik kırıktır (Şekil 3.4).

KD/GB yönlü uzanım gösteren birbirine paralel birçok kırık ve çatlak da gözlenmiştir. Kırık ve çatlaklar  $0-30^{\circ}$  ve  $90-110^{\circ}$  doğrultulu olup mineralizasyon fay kontrollüdür.



Şekil 3.4: Çalışma alanı yakınındaki en büyük kırık hattı (Sarı renk ile gösterilen kırık hattı) (Demirtaş, R.).

## 4. MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR

Kumarlar bölgesi Pb-Zn-Cu±Au yatağında yeraltından alınan numunelerden ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitler üzerinde yan kayaçları etkileyen cevherleşmelerle ilişkili olan alterasyonlar ve mineral oluşum sürecinin aydınlatılmasına yönelik çalışmalar polarizan mikroskop altında gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1;4.2;4.3;4.4;4.5).

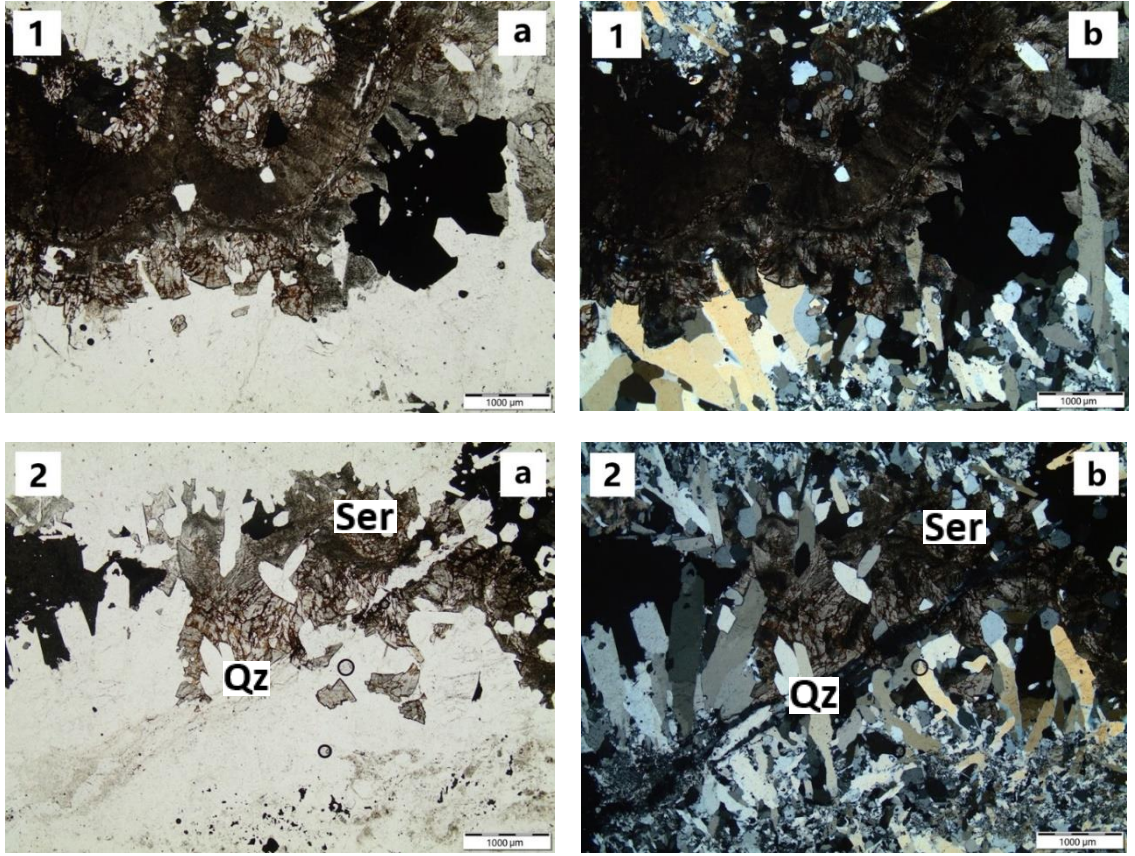
İnce kesitler üzerinde yapılan optik mikroskop çalışmaları sürecinde; cevherleşmenin yan kayaçlarını, porfirik doku özellikleri taşıyan andezitlerin ve tüflerin (piroklastik kayaçlar) oluşturduğunu ve andezitik kayaçların genel olarak porfirik özellikteki hipokristalin dokuya sahip olduğu görülmüştür.

Genel olarak serizitik (fillik) alterasyonun hakim olduğu ve bu alterasyona maruz kalmış cevher mineralleri içeren andezitik yan kayaçlarda, kaynamayı (boiling) gösteren bıçaksı kuvars oluşumları görülmektedir. Bıçaksı kuvarlar, karbonatları ve serizit minerallerini keserek bir birliktelik oluşturmuş ve ornatım dokusu meydana getirmiştir (Şekil 4.1).

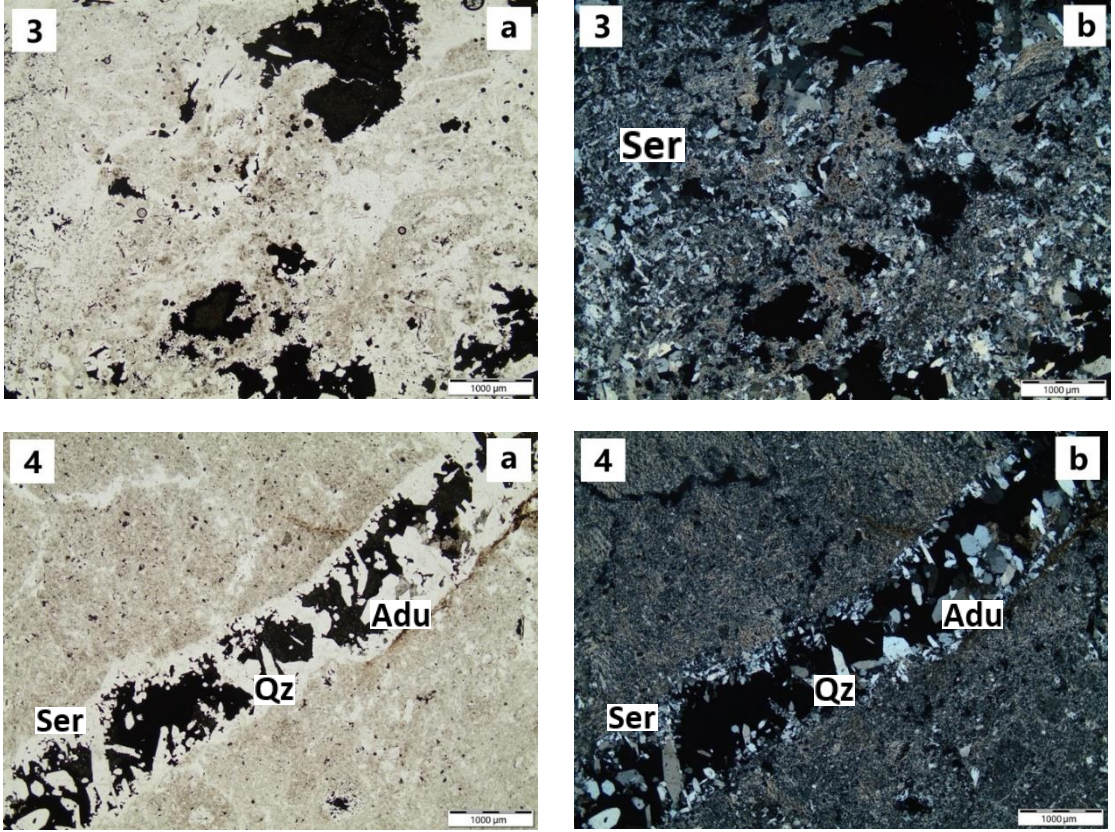
Serizitleşmenin, silisli ve adularyalı cevher damarı çevresinde yaygın olarak gözlendiği (Şekil 4.2) ve karbonat minerallerinin eşlik ettiği ve opak nitelikte olan galenitlerin bulunduğu görülmüştür (Şekil 4.5).

Cevher mineralleri (opak) ve kuvars birlikteliğinin görülmesinin (Şekil 4.3) yanı sıra cevher minerallerini (opak) içeren damarları kesen karbonatlaşmalar gözlenmiştir (Şekil 4.4).



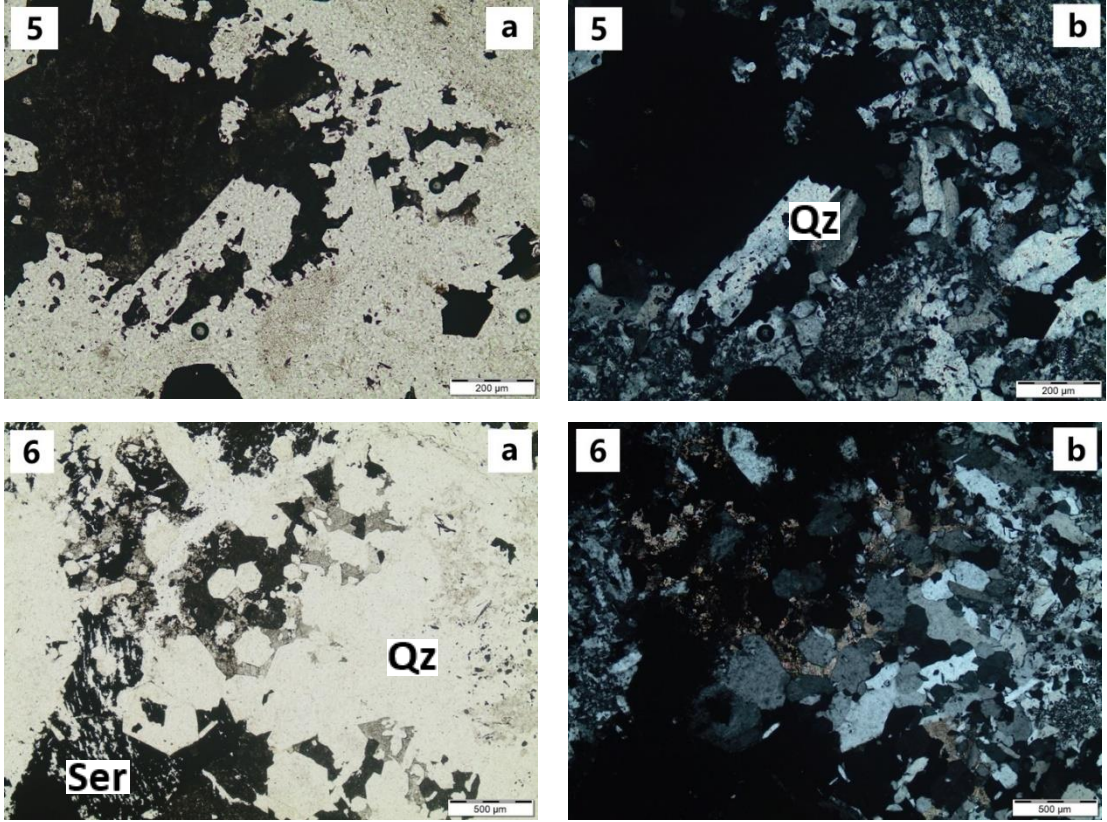


Şekil 4.1: Serizitik alterasyona uğramış cevher mineralleri içeren andezitik yan kayaçların, kaynamayı (boiling) işaret eden bıçaksı kuvars minerallerinin arasını doldurması (Örnek No: 1, a: tek nikol, b: çift nikol), yaygın olarak gözlenen serizitik alterasyon ve serizitleşmeyi kesen kuvarslar (Örnek No: 2, a: tek nikol, b: çift nikol). (Qz: Kuvars, Ser: Serizit).

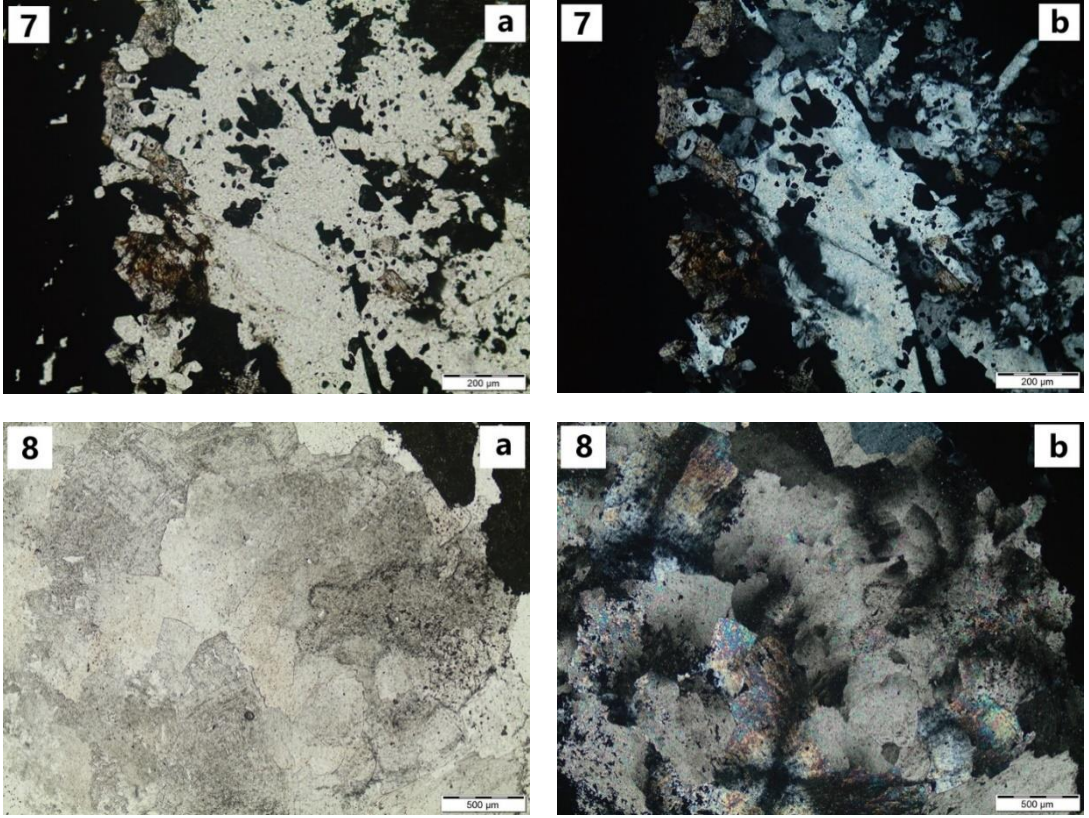


Şekil 4.2: Yaygın olarak gözlenen serizitik alterasyon (3a,3b) ve karbonatları kesen; tarak dokulu (comb) kuvarslar ve adularya içeren cevher damarı (Örnek No: 3, a: tek nikol, b: çift nikol), (Örnek No:4, a: tek nikol, b: çift nikol).

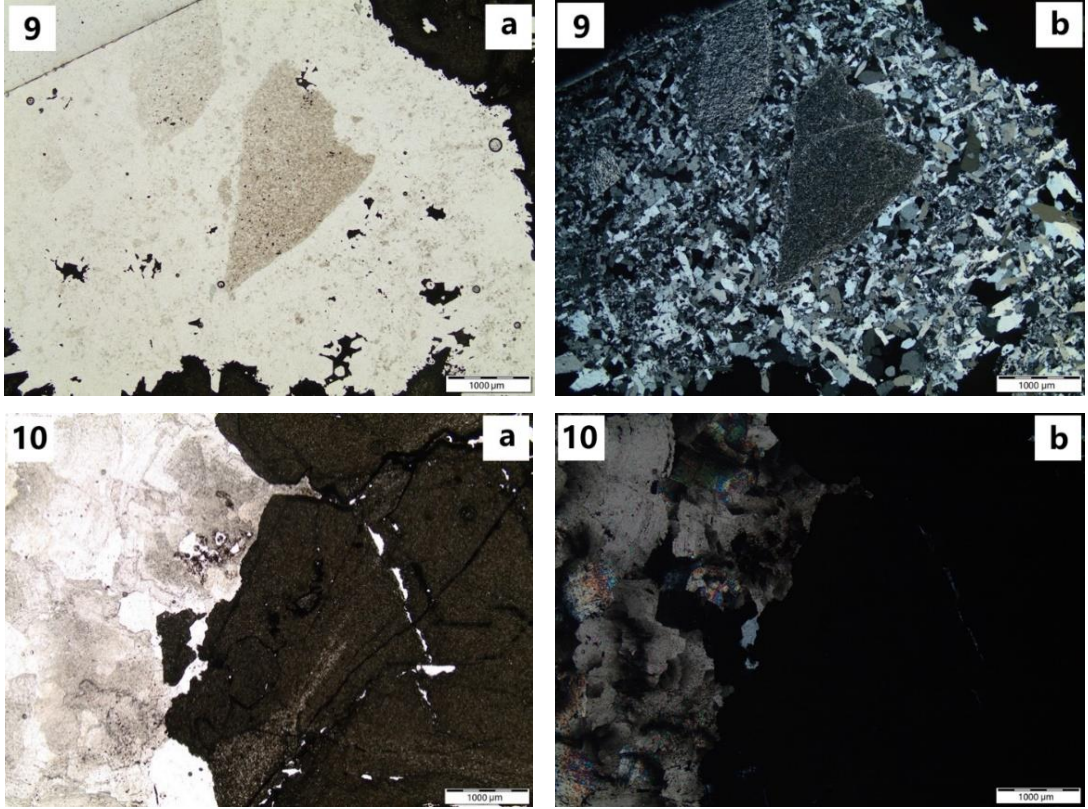




Şekil 4.3: Yarı özşekilli kuvars minerallerinin arasını dolduran opak (cevher) mimeralleri ve yaygın olarak gözlenen serizitik alterasyon (Örnek No: 5, a: tek nikol, b: çift nikol), Tarak dokulu (comb) kuvarsların arasını dolduran opak mineraller (Örnek No: 6, a: tek nikol, b: çift nikol).



Şekil 4.4: Cevher minerallerini kapanımlar şeklinde çevreleyen kuvars ve kalsit mineralleri (Örnek No: 7, a: tek nikol, b: çift nikol), cevherleşme ile yaygın şekilde görülen karbonatlaşmalar (Örnek No: 8, a: tek nikol, b: çift nikol).



Şekil 4.5: Yaygın olarak gözlenen karbonat minerallerinin arasını dolduran cevher mineralleri (opak) (Örnek No: 9, a: tek nikol, b: çift nikol), ve karbonatlaşmalar (Örnek No: 10, a: tek nikol, b: çift nikol).



## 5. MADEN JEOLJİSİ

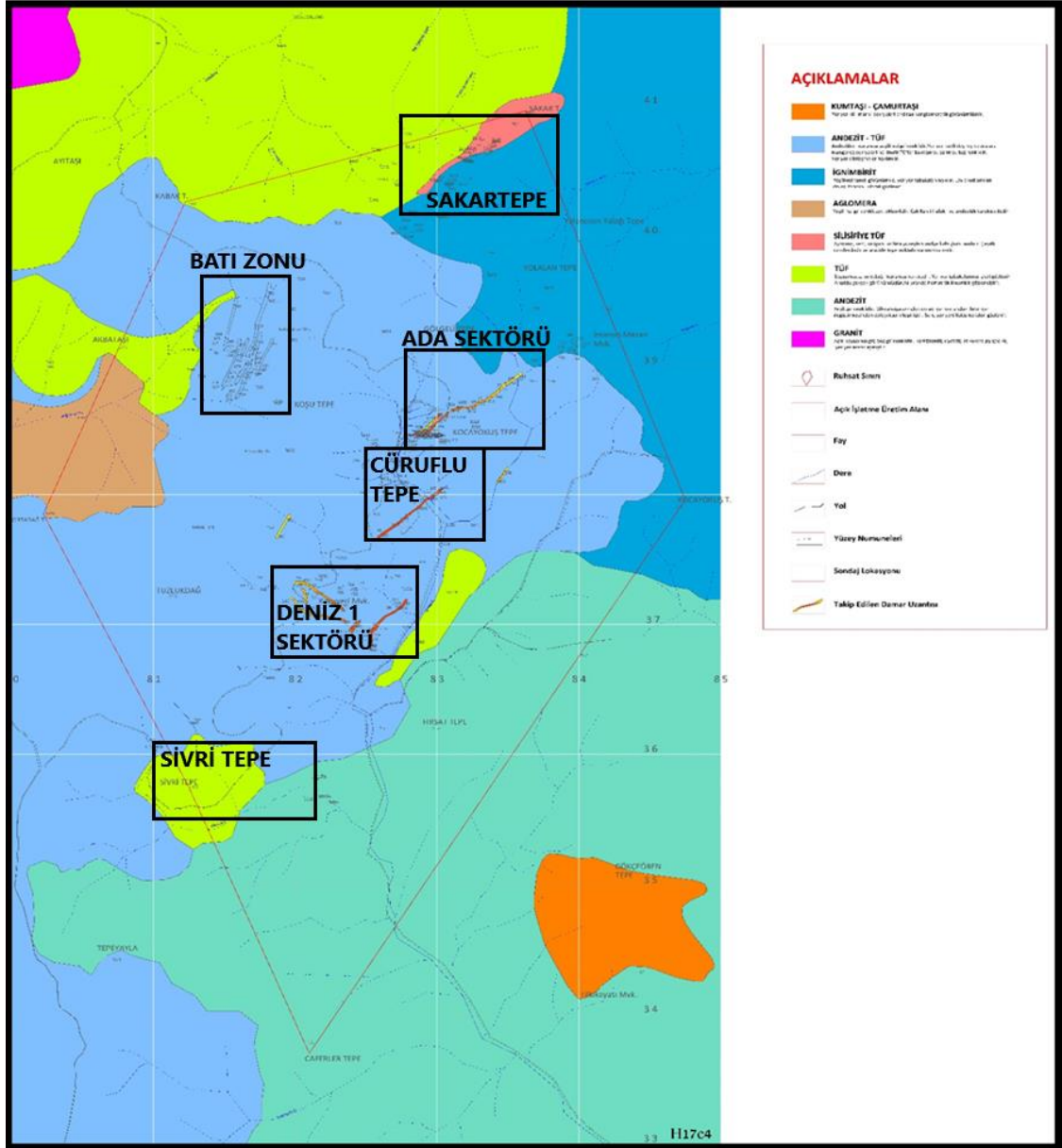
### 5.1 Yatakların Dağılımı ve Adlandırılması

Çalışma alanının içinde yer aldığı Biga Yarımadası, metalik cevherler bakımından oldukça zengin bir bölgedir. Yarımada'da çok sayıda sülfürlü ve oksitli mineralizasyonun varlığı bilinmektedir. Bu cevherleşmeler ayrıca altın, gümüş, kadmiyum gibi iz elementler bakımından önem arz etmektedir. Genel jeolojik yapı içerisindeki cevherleşmeler, Tersiyer yaşlı granit ve volkanitlere bağlı olarak gelişim göstermişlerdir. Daha önce inceleme alanında yapılan çalışmalardan ve MTA verilerinden yola çıkılarak inceleme alanının tamamının Eosen yaşlı Çamyayla volkanitlerinden; andezit, andezitik/tüf, tüf, silisifiye tüf, aglomera, ignimbrit ve bazalttan oluştuğu belirtilmiştir (Şekil 5.1). Volkanitler orijin olarak bazik bir magma kaynaklıdır.

Çalışma sahası içerisinde bulunan Pb-Zn-Cu±Au cevherleşmeleri sektör bazında altı ayrı lokasyonda bulunmaktadır. Bunlar;

- ❖ Ada Sektörü
- ❖ Ege Sektörü
- ❖ Cürüflu Sektörü
- ❖ Deniz 1 Sektörü
- ❖ Sivri Tepe Sektörü
- ❖ Sakar Tepe Sektörü'dür.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, ağırlıklı olarak madencilik faaliyetlerinin yürütülmüş olduğu Ada Sektörü'nde yapılmıştır.



Şekil 5.1: H17c4 paftası içinde bulunan çalışma alanının jeoloji haritası. (Hüseyin Akol Madencilik 2018).

### 5.1.1 Ada Sektörü

Ağırlıklı olarak andezit ve tüflerin gözlendiği bu sektörde cevherleşme, andezit ve tüflerin KD yönlü kırık ve çatlaklarında, yer yer ise andezit/tüf kontaklarında gözlenmektedir. Söz konusu bu cevherleşmeler yüzeyde manganlı, hematitli, yer yer de limonit, barit ve silisleşmiş olarak izlenmektedir (Şekil 5.2 ve Şekil 5.3). Yine bu cevherli zonlar yeraltında ise, adularya, kalsit ve kuvars mineralleri ile birliktelik göstermektedir.

Yüzeyde, birbirlerine paralel şekilde 5 farklı damar gözlenmektedir. Bu damarlar silsilesi, yüzeyde doğrultu boyunca yaklaşık olarak 250-1100 m arasında takip edilebilmektedir. Bahsi geçen bu damarların K40-60D/60-90KB doğrultulu ve eğimli oldukları görülmektedir.

Ada sektöründe haritalama çalışmaları ile birlikte, alterasyon ve mineralleşme takibi üzerine çalışmalar da yapılmış, bu sektörün alterasyon ve mineralleşme dağılımının geniş olmasından dolayı yüzey çalışmalarında kuzey, merkez ve güney olarak 3 ayrı alt lokasyona ayrılmıştır. Bu alt lokasyonlarda merkez için oluşturulmuş detaylı jeoloji ve mostra haritası aşağıda Şekil 5.4’de verilmiştir.





Şekil 5.2: Ada Sektörü yüzeydeki mostra görünümü.



Şekil 5.3: Ada Sektörü yüzeydeki yarmada mostra görünümü.



Şekil 5.4: Ada Sektörü merkezinin detaylı jeoloji ve mostra haritası (Ölçek 1/1000) (Hüseyin Akol Madencilik 2018).

## 5.2 Yataklanma Şekli ve Yapısal Özellikleri

Çalışma alanı ve çevresinde yapılan arazi çalışmaları sonucunda genel olarak KD/GB yöneliminde yüzeyde görülen alterasyonlardan ve kırık hatlarından yola çıkılarak 6 ayrı alanda cevher mostraları gözlenmiş ve takibi yapılmıştır.

Cevherleşmeler, andezitik lav ve piroklastiklerdeki kırık, çatlak ve fay zonları içerisinde damarlar şeklinde gözlenmektedir. Bu kırık ve çatlaklarda gözlenen mineralizasyon birkaç cm'den 10 m'ye kadar uzanım gösteren damar tipi oluşumlardır. Cevherin doğrultu hattı boyunca yüzlek veren demirli zonlar yüzeyde manganlaşmıştır. Yüzeyde kuvars ve barit ile beraberinde limonitleşme ve hematitleşme gözlenmektedir.

Cevherleşmenin kaynağı Tersiyer yaşlı granitoid intrüzyonlarıdır. Asidik ve nötr karakter gösteren intrüzyonlardan gelen hidrotermal akışkanlar andezit ve tüflerin yerleşmesinden sonra oluşan kırık ve çatlaklardan çıkarak buldukları yere çökelim göstermişlerdir.

Kırık ve çatlak hatları boyunca bakır/kurşun/çinko mineralleri gözlenmiştir. Bu mineralleri yüzeyde gözle ayırt edebilmek zordur ve daha çok bunların oksidasyona uğrayan minerallerini ayırt edebilmek mümkündür. Yapılan sondaj çalışmaları neticesinde yüzeye doğru zengin metal mineralleşmesinden ziyade adularya ile beraberinde kuvars ve kalsit minerallerini görmek mümkündür.

Yüzey çalışmalarında cevherleşme, altere olmuş volkanikler içerisinde limonit ( $\text{FeO}(\text{OH})_n\text{H}_2\text{O}$ ), hematit ( $\text{FeO}-\text{OH}$ ) ve manganiz ( $\text{MnO}_2$ ,  $\text{MnO}(\text{OH})$ ) ile birlikte bulunmakla beraber cevherli zondan uzaklaştıkça çok çabuk azalan pirit ( $\text{FeS}_2$ ), sfalerit ( $\text{ZnS}$ ) ve galen ( $\text{PbS}$ ) gözlenmektedir. Kurşun minerali olarak galen ( $\text{PbS}$ ), çinko minerali olarak sfalerit ( $\text{ZnS}$ ), bakır minerali olarak ise yüzey kotlarında altere olmuş halde azurit ( $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) ve malahit ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) ile kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ) bulunmaktadır. Gang mineralleri ise kuvars ( $\text{SiO}_2$ ), kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), adularya ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) ve barit ( $\text{BaSO}_4$ )'tir.

### 5.3 Cevherleşmenin Mikroskobik Özellikleri

Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı bünyesindeki Cevher Mikroskopisi Laboratuvarında Struers RotoPol-35 model cihaz kullanılarak parlak kesit örnekleri hazırlanmıştır. Alınan numunelere 3x2x1 cm ebatlarında kesilme işlemi uygulanıp bir yüzeyi sırasıyla 600/800/1000/1200'lük Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiC tozları ile simetrik şekilde aşındırılmış sonrasında da elmas bazlı Dur/Dac/Nap solüsyonları ile parlatılması sağlanmıştır. Hazırlanan bu parlak kesitler, BX51 Olympus model üstten aydınlatmalı polarizan mikroskopta incelenmiş ve cevherleşmenin mineral parajenezleri ve doku çeşitleri belirlenmiştir.

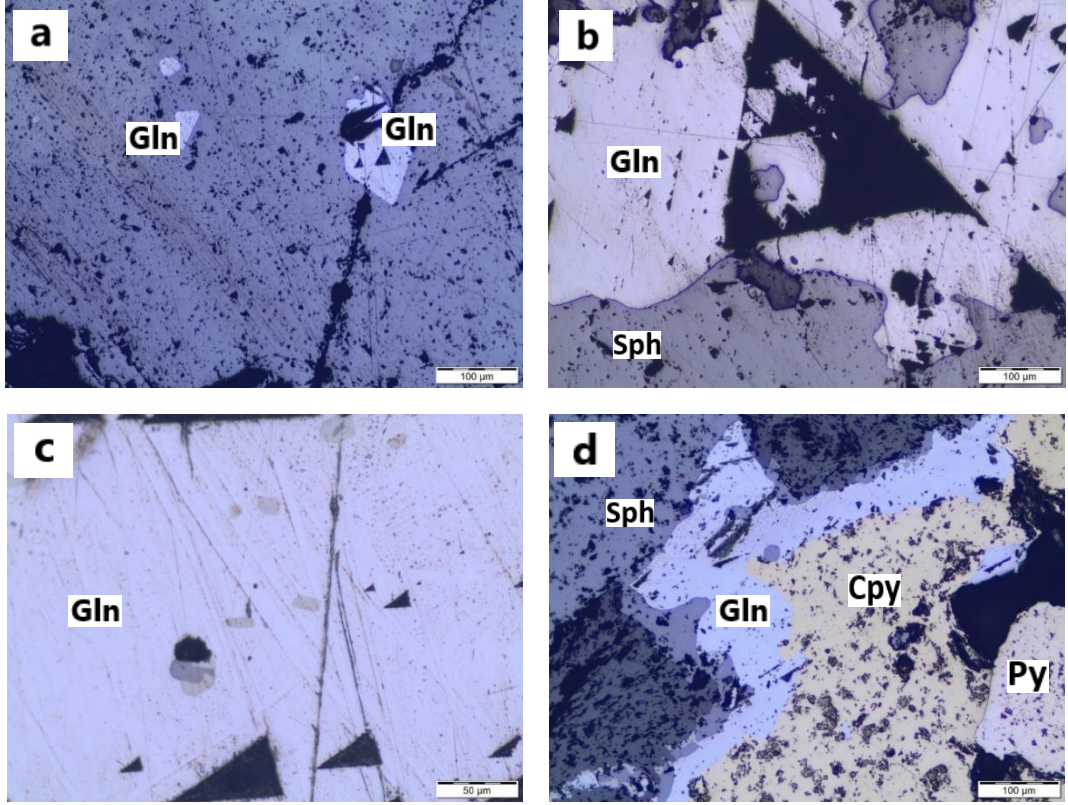
Galenit; genellikle özşekilsiz ve yaygın tipik üçgen şekilli kırıklar içeren şekilde örneklerde gözlenmektedir (Şekil 5.5). Kesitlerin hepsinde galenit sfalerit ve kalkopirit birlikteliği bulunmaktadır (Şekil 5.5;5.6;5.7;5.8;5.9). Galenit içerisinde yer yer gümüş sülfotuzları (tetrahedrit?) kapanımlar şeklinde gözlenmektedir.

Sfalerit; galenit ve kalkopirit ile birlikte gözlenmekte, yer yer içerisinde kalkopirit yıldızları olarak bilinen kuma dokuları tespit edilmiştir (Şekil 5.6). Özşekilsiz sfalerit mineralleri pek çok kesitte galenit tarafından kuşatılmış olarak gözlenmiştir (Şekil 5.6;5.7;5.8). Sfalerit mineralleri içerisinde kuvars kapanımları da görülmüştür (Şekil 5.6;5.7;5.8).

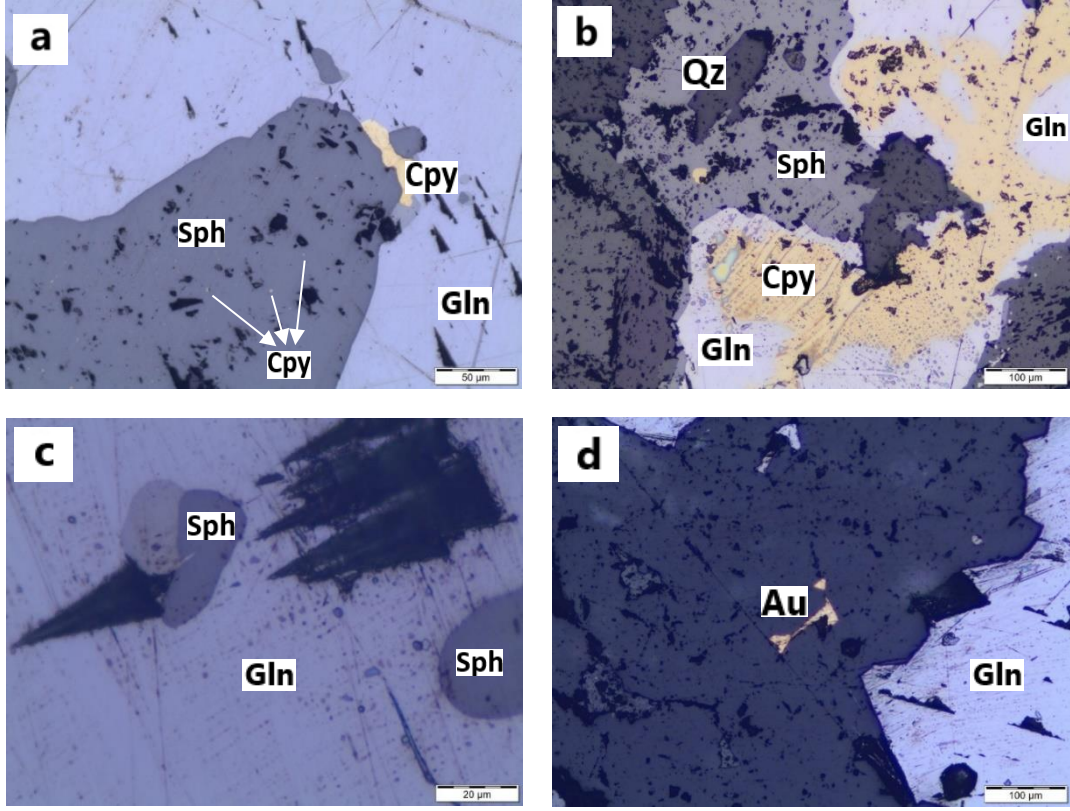
Kalkopiritler özşekilsiz olarak galenit, sfalerit ve pirit ile birlikte yaygın olarak tüm kesitlerde gözlenmektedir (Şekil 5.5;5.9). Çoğunlukla galenit minerali içerisinde kalkopirit kapanımları şeklinde görülürken, daha az olarak kuvars kapanımları içerdiği görülmektedir (Şekil 5.7).

Piritler çok yaygın olmamakla birlikte kalkopirit ve galenit ile birlikte yarı özşekilli olarak gözlenmiştir (Şekil 5.9).

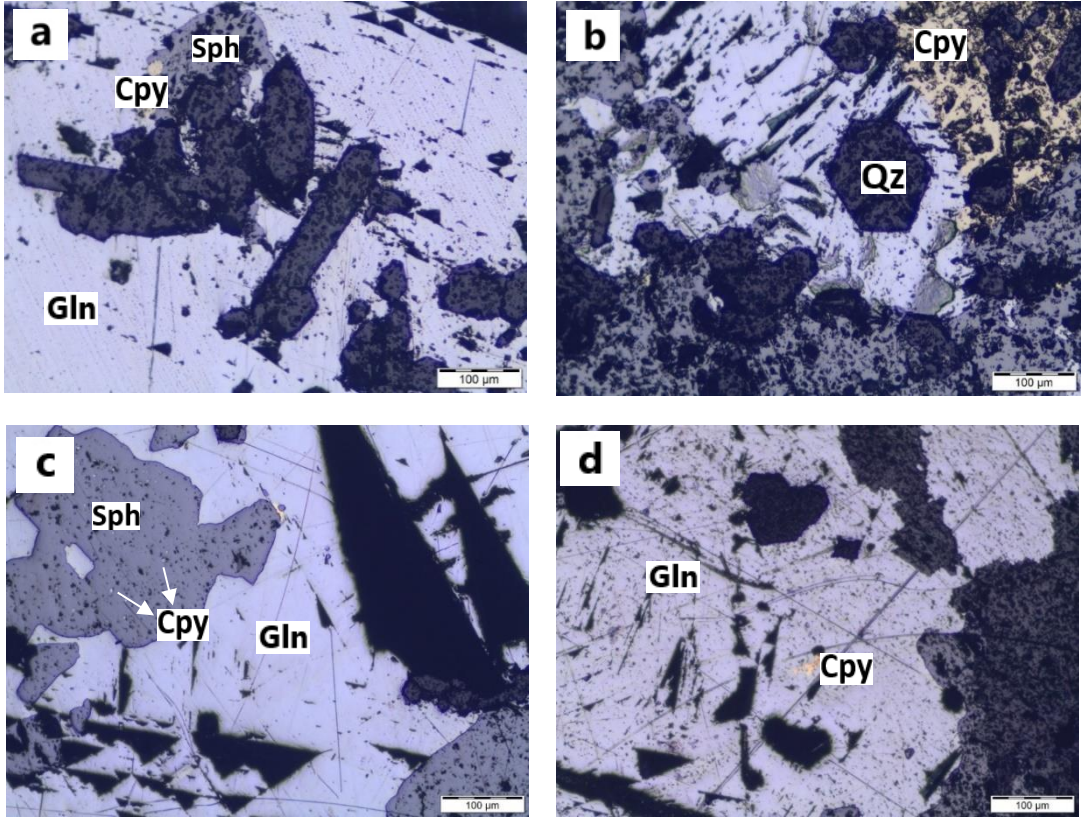




Şekil 5.5: (a-b-c) Galenit; genellikle özşekilsiz/yaygın tipik üçgen şekilli kırıklar içeren şekilde olup, (d) kalkopiritler özşekilsiz olarak galenit, sfalerit ve pirit ile birlikte yaygın olarak bulunmaktadır. (Gln: Galenit, Sph: Sfalerit, Au: Altın, Cpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Qz: Kuvars).

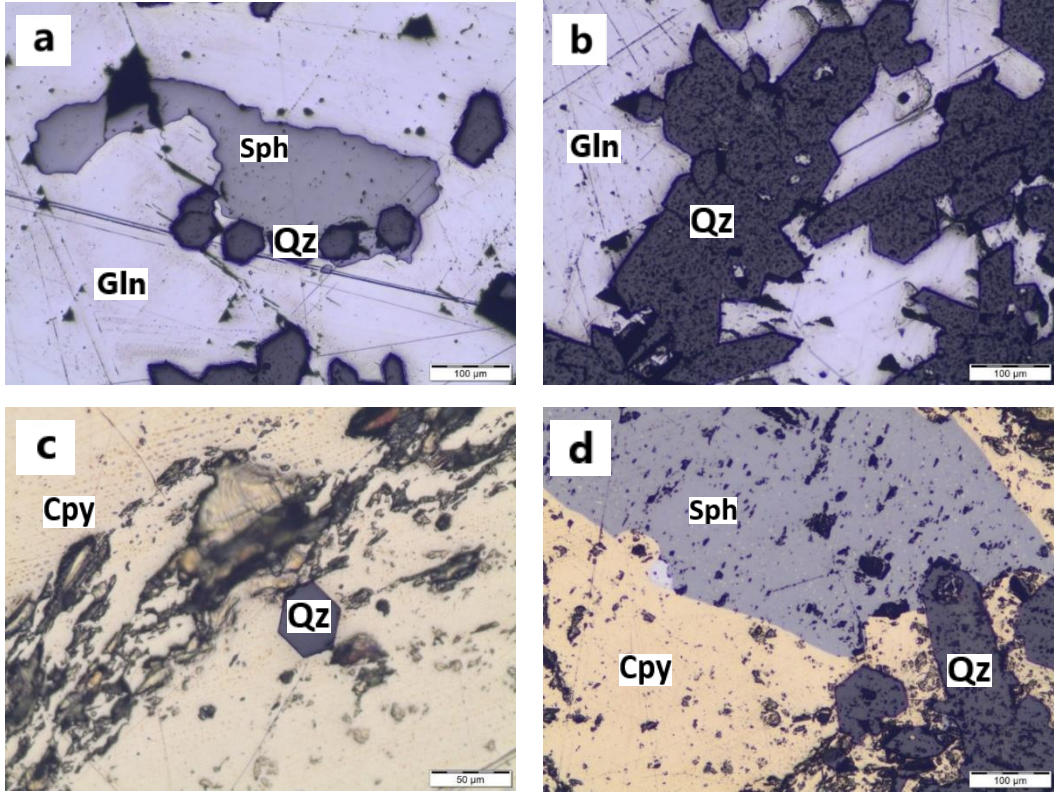


Şekil 5.6: (a) Sfalerit; galenit ve kalkopirit ile birlikte gözlenmekte olup, yer yer içerisinde gözlenen kalkopirit yıldızları olarak bilinen kusma dokularından görünümler. (b) Özşekilsiz sfalerit minerallerinin galenit ve kalkopirit tarafından kuşatılması. (c) Galenit mineralleri içerisindeki sfalerit kapanımları. (d) Parlak kesitlerde gözlenen altın minerali.



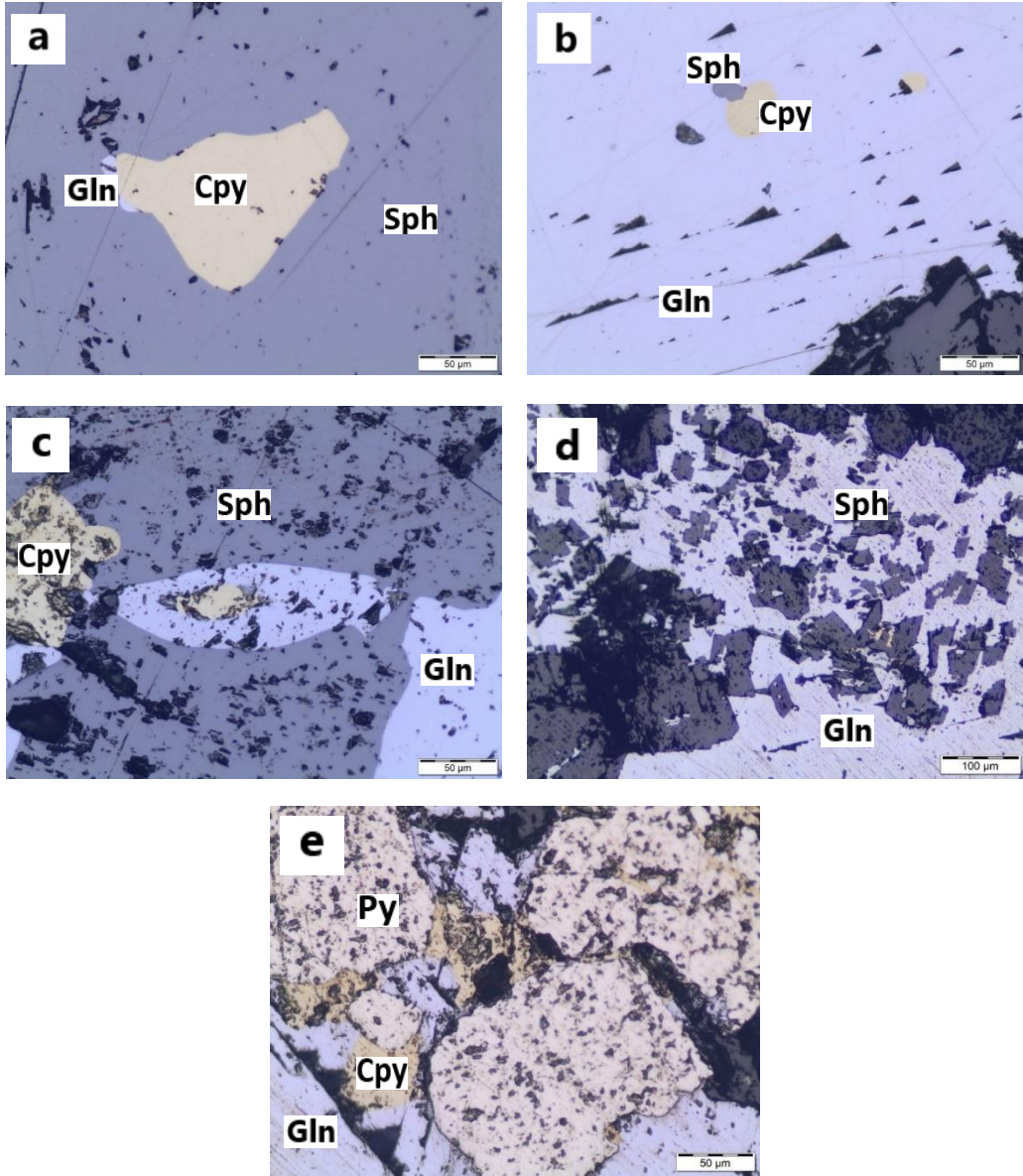
Şekil 5.7: (a) Özşekilsiz sfalerit ve kalkopirit minerallerin galenit tarafından kuşatılması. (b) Galenit içerisindeki kuvars kapanımları. (c) Galenit, sfalerit ve sfalerit içerisindeki kalkopirit kuma dokusu. (d) Galenit minerali içerisindeki kalkopirit kapanımları.





Şekil 5.8: (a) Özşekilsiz sfalerit ve özşekilli kuvars minerallerinin galenit tarafından kuşatılması. (b) Galenit kristalleri içerisindeki yarı özşekilli kuvars kapanımları. (c) Kalkopirit minerali içerisinde gözlenen özşekilli kuvars minerali. (d) Kalkopiritten önce oluşan sfalerit minerali ve kuvars minerallerinin kuşatması.





Şekil 5.9: Kesitlerin çoğunluğunda galenit, sfalerit ve kalkopirit birlikteliği görülmekte olup, (a) Sfalerit tarafından kuşatılmış galenit ve kalkopirit minerali. (b) Kalkopirit ve sfalerit kapanımları içeren galenit minerali. (c) Galenit ve kalkopirit tarafından ornatılmış safalerit minerali. (d) Breşleşmiş sfalerit minerallerinin arasını dolduran galenit minerali. (e) Özşekilsiz kalkopirit, yarı özşekli pirit ve galenit birlikteliği.

## 6. SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Sıvı kapanım çalışmaları Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya – Maden Yatakları Ana Bilim Dalı'nda bulunan Sıvı Kapanım Laboratuvarında yapılmıştır (Şekil 6.1).

Çalışma alanında imalat galerisinden alınan örneklerden yaklaşık olarak 110 µm kalınlığında iki yüzü parlatılmış 12 adet kesit hazırlanmıştır (Şekil 6.2;6.3). Sonrasında ise kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemeler ile sıvı kapanım birliktelikleri (FIA) belirlenmiş ve bu FIA'larda mikrotermometrik incelemeler gerçekleştirilmiştir.

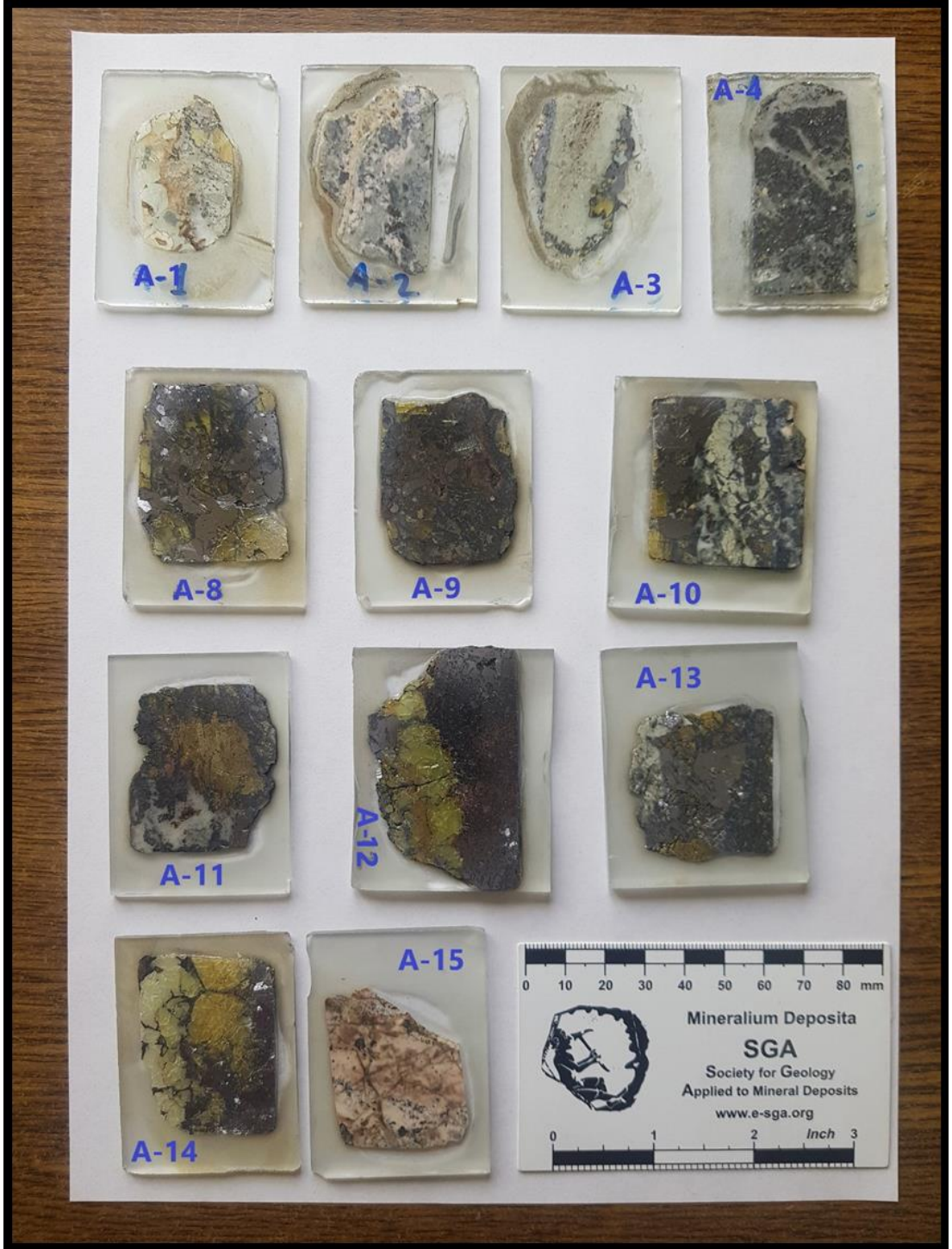
Pamukkale Üniversitesi bünyesindeki Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda Olympos BX51 model numaralı polarize özellikte mikroskoba entegre edilmiş Linkam LNP/95 ve THMS/600 tipi soğutma ve ısıtma sistemleri, yapılan mikrotermometrik ölçümlerde kullanılmıştır. Bu ölçümlerin sonucunda son buz ergime sıcaklığı ( $T_{m_{ice}}$ ), ilk buz ergime sıcaklığı ( $T_{fm}$ ) ve homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerleri elde edilmiştir.

Ölçümlerde uygulanan standartlar kapsamında hata payları %0.5°C'den az olmaktadır. İlk ve son buz ergime sıcaklık değerleri ölçümleri sırasında soğuma sürecini sağlayabilmek için sıvılaştırılmış azot olan nitrojen kullanılmıştır.

Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 6.1'de sıvı kapanım görselleriyle birlikte verilmiştir.

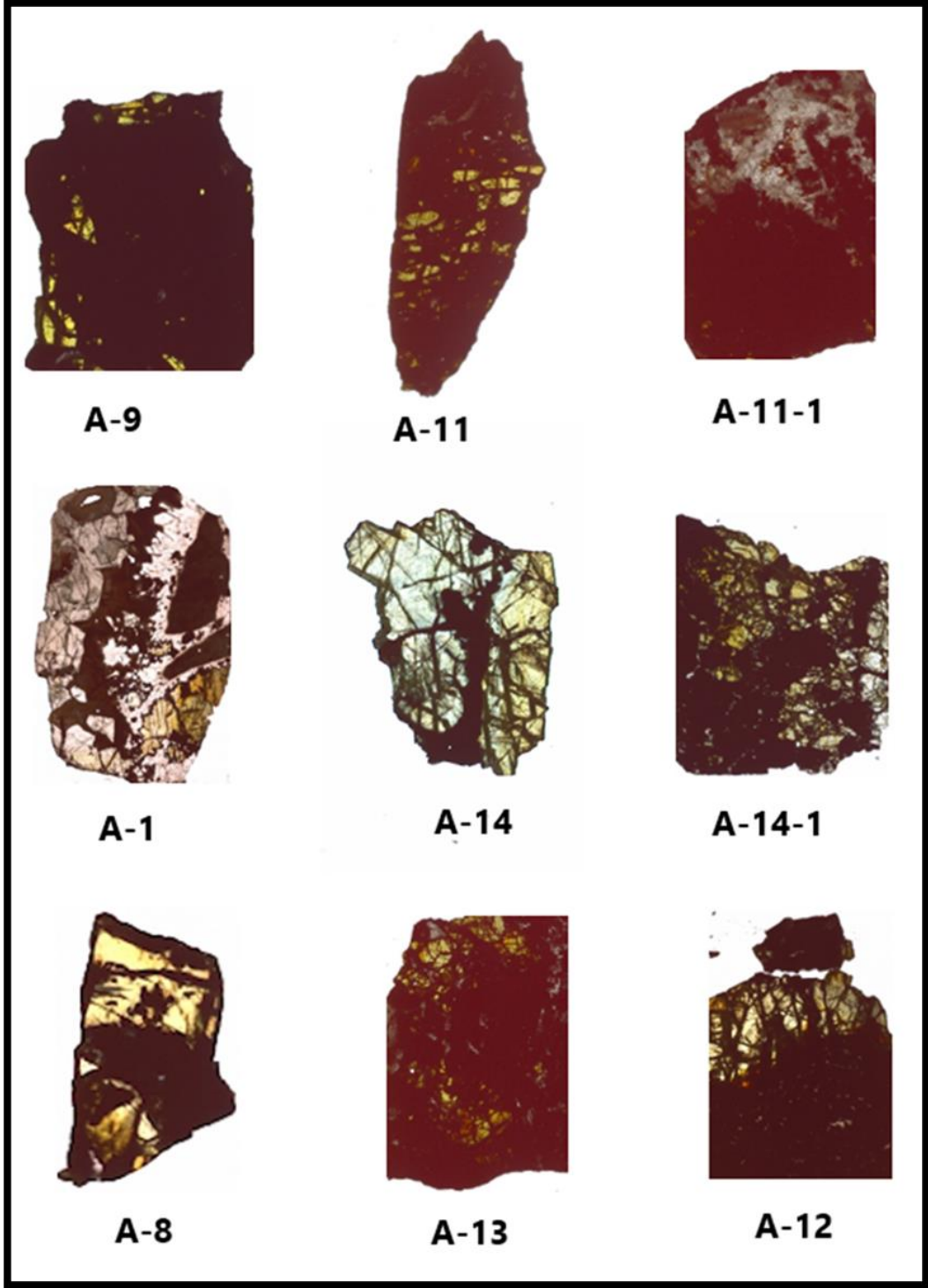


Şekil 6.1: Sıvı kapanım çalışmalarında kullanılacak olan örneklerin hazırlanma ve incelenme süreci.



Şekil 6.2: Kumarlar bölgesi Pb-Zn-Cu±Au yatağında yeraltından alınan örneklerin iki yüzü parlatma işlemi uygulanmış sıvı kaptanım kesitleri.











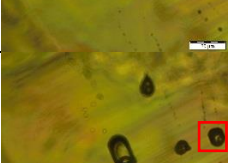
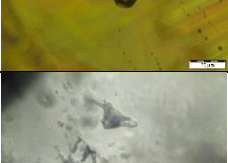

Şekil 6.3: İki yüzlü parlatılmış örneklerin petrografik incelemelerde kullanılan tarama görünümleri.

## 6.1 Kapanımların Morfolojik Özellikleri



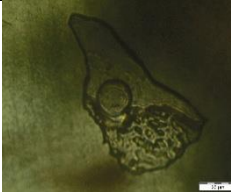





Sıvı kapanım çalışmaları, kuvars ve sfalerit mineralleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. İki yüzlü parlak kesitler üzerinden sıvı kapanımların petrografik olarak belirlenmesi Hein (2001) ve Van Den Kerkhof ve Goldstein (2003)'de verilen kriterler dikkate alınarak işleme koyulmuştur. Sıvı kapanımları, köken açısından birincil ve ikincil olarak iki şekilde ele alınmış olup, oda sıcaklığındaki faz durumuna göre de tek veya iki fazlı olarak sınıflandırılmışlardır. Yapılan ölçümler birincil kapanımlar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

İki fazlı kapanımların sıvı/gaz oran değeri %40-25 sıvı ve %60-75 gaz olarak tanımlanmıştır. Kapanımların boyut değerleri 5-40  $\mu$  aralığında değişmekle beraber genellikle elipsoidal ve dairesel şekilde bulunmaktadır.

Tablo 6.1: Sıvı kapanım ölçümleri sırasında elde edilen %NaCl, T<sub>FM</sub>, T<sub>mice</sub> ve T<sub>H</sub> (°C) değerleri.


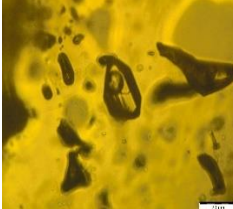


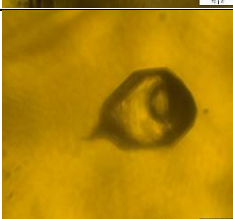
Örnek No	Mineral	Sıvı Kapanım Fotoğraf	%NaCl	T <sub>FM</sub> (°C)	T <sub>mice</sub> (°C)	T <sub>H</sub> (°C)
A1-50X-2Q	Kuvars		1,225	-50,3	-0,7	269
A1-50X-2Q	Kuvars		1,225	-52,5	-0,7	270
A1-50X-2Q	Kuvars		1,225	-53,5	-0,7	271
A1-50X-1Q	Kuvars		0,879	-51,6	-0,5	220
A8-50X-1	Sfalerit		5,712	-50,8	-3,5	223
A8-50X-1	Sfalerit		5,712	-49,6	-3,5	190
A8-50X-1	Sfalerit		5,712	-47,5	-3,5	217
A8-50X-2Q	Kuvars		3,708	-49,2	-2,2	210
A8-50X-2	Sfalerit		1,736	-46,7	-1,0	210

Tablo 6.1: (devam)

Örnek No	Mineral	Sıvı Kapanım Fotoğrafı	%NaCl	T <sub>FM</sub> (°C)	T <sub>MICE</sub> (°C)	T <sub>H</sub> (°C)
A8-50X-2	Sfalerit		1,736	-45,9	-1,0	216
A10-50X-4Q	Kuvars		4,957	-54,4	-3,0	230
A8-50X-4	Sfalerit		1,736	-49,7	-1,0	204
A12-50X-7	Sfalerit		6,009	-53,3	-3,7	236,5
A12-10X-8	Sfalerit		5,563	-52,8	-3,4	238
A9-50X-2	Sfalerit		0,879	-52	-0,5	250
A9-50X-2	Sfalerit		0,879	-53,6	-0,5	250
A12-10X-9	Sfalerit		4,957	-54,1	-3,0	257



Tablo 6.1: (devam)

Örnek No	Mineral	Sıvı Kapanım Fotoğraf	%NaCl	T <sub>FM</sub> (°C)	T <sub>mICE</sub> (°C)	T <sub>H</sub> (°C)
A12-50X-8	Sfalerit		6,738	-53,2	-4,2	251,2
A9-50X-1	Sfalerit		5,712	-55	-3,5	273
A14-50X-2	Sfalerit		4,804	-51,4	-2,9	264
A13-50X-1	Sfalerit		3,548	-47,2	-2,1	250
A11-50X-1	Sfalerit		6,009	-43,5	-3,7	256

## 6.2 İlk Buz Ergime Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_{FM}$ )

Kuvars ve sfalerit mineralleri içerisindeki kapanımlarda  $-55,0^{\circ}\text{C}$  ile  $-43,5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkları arasında değişen ilk buz ergime sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Bu elde edilen sıcaklık verileri, farklı tuz-su sistemlerinin ötektik sıcaklık verileri ile mukayese edildiklerinde, çözelti içerisinde  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  ve  $\text{NaCl}$  gibi tuzların bulunduğu işaret etmektedir (Shepherd ve diğ. 1985).

$(\text{H}_2\text{O}/\text{NaCl}/\text{CaCl}_2)$  sistemi için ötektik sıcaklık;  $-55,0^{\circ}\text{C}$  veya  $-52,0^{\circ}\text{C}$

$(\text{H}_2\text{O}/\text{MgCl}_2/\text{CaCl}_2)$  sistemi için ötektik sıcaklık;  $-52,2^{\circ}\text{C}$

$(\text{H}_2\text{O}/\text{CaCl}_2)$  sistemi için ötektik sıcaklık;  $-49,5^{\circ}\text{C}$  (Shepherd ve diğ. 1985).

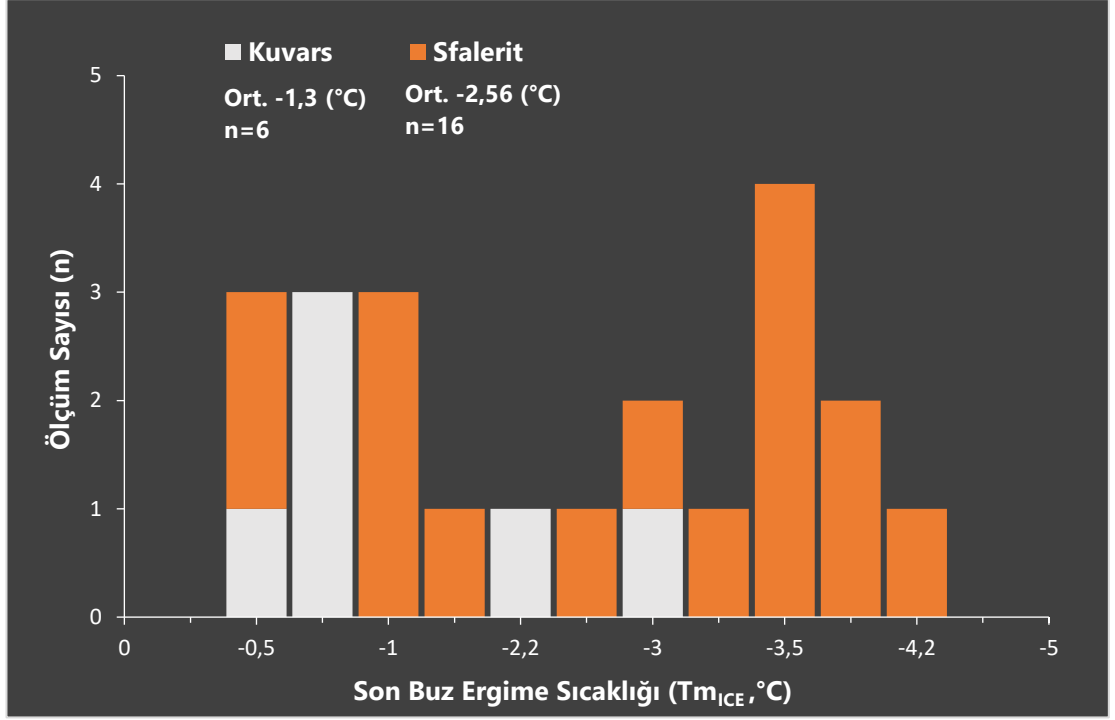
## 6.3 Son Buz Ergime Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_{mICE}$ )

Kuvars ve sfalerit mineralleri içerisindeki kapanımlarda son buz ergime değerleri;  $-4,2^{\circ}\text{C}$  ile  $0,5^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Son buz ergime sıcaklık değerleri (Bodnar, 1993) tarafından geliştiren aşağıdaki formül üzerinde kullanılmıştır;

$$\text{Tuzluluk (\%NaCl)}: (-1,78 \times T_m) - (0,0442 \times (T_m)^2) - (0,000557 \times (T_m)^3)$$

Bu eşitlik yardımıyla Tuzluluk (%NaCl) değerleri elde edilmiş olup, kuvars ve sfalerit mineralleri içerisindeki kapanımlarda tuzluluğun; %0,879 ile %6,738 aralığında olduğu belirlenmiştir.

Son buz ergime sıcaklık değerlerinin, ölçüm sayılarına göre dağılımı ve homojenleşme sıcaklık değerleri arasındaki dağılımı, Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'de verilmiştir.



Şekil 6.4: Son buz ergime sıcaklığı değerlerinin ölçüm sayılarına göre dağılımı.



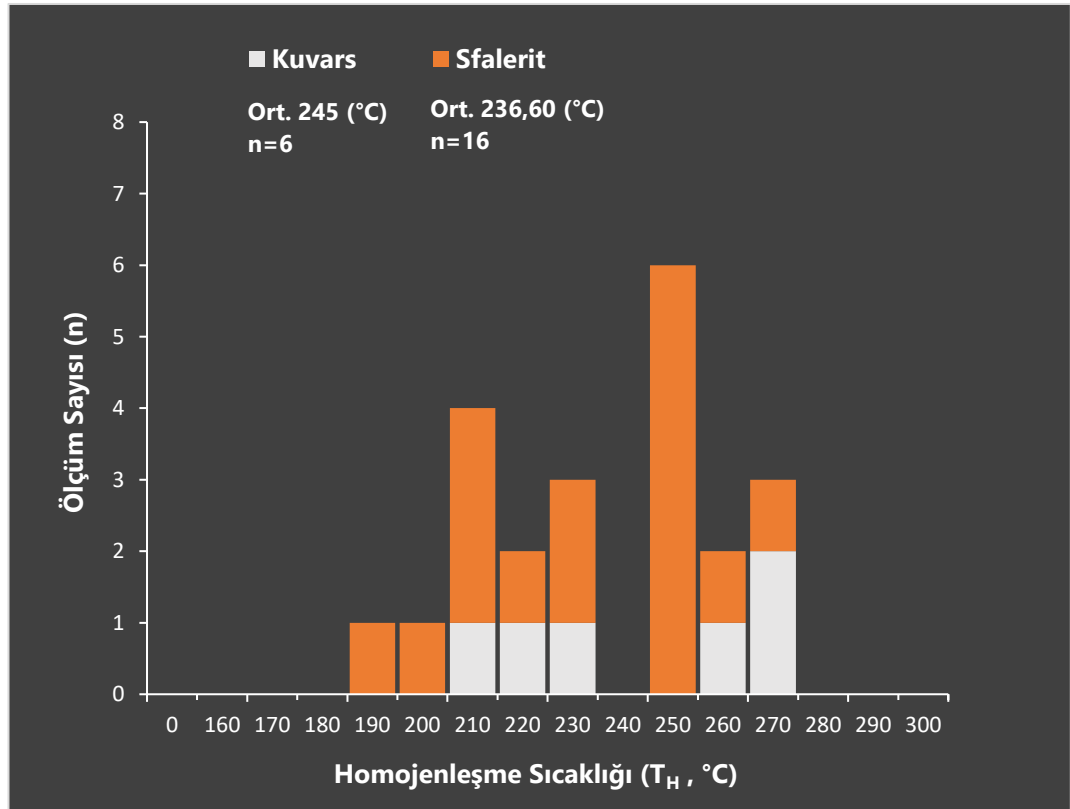
Şekil 6.5: Son buz ergime sıcaklığı değerlerinin homojenleşme sıcaklığı değerlerine göre dağılımı.

#### 6.4 Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_H$ )

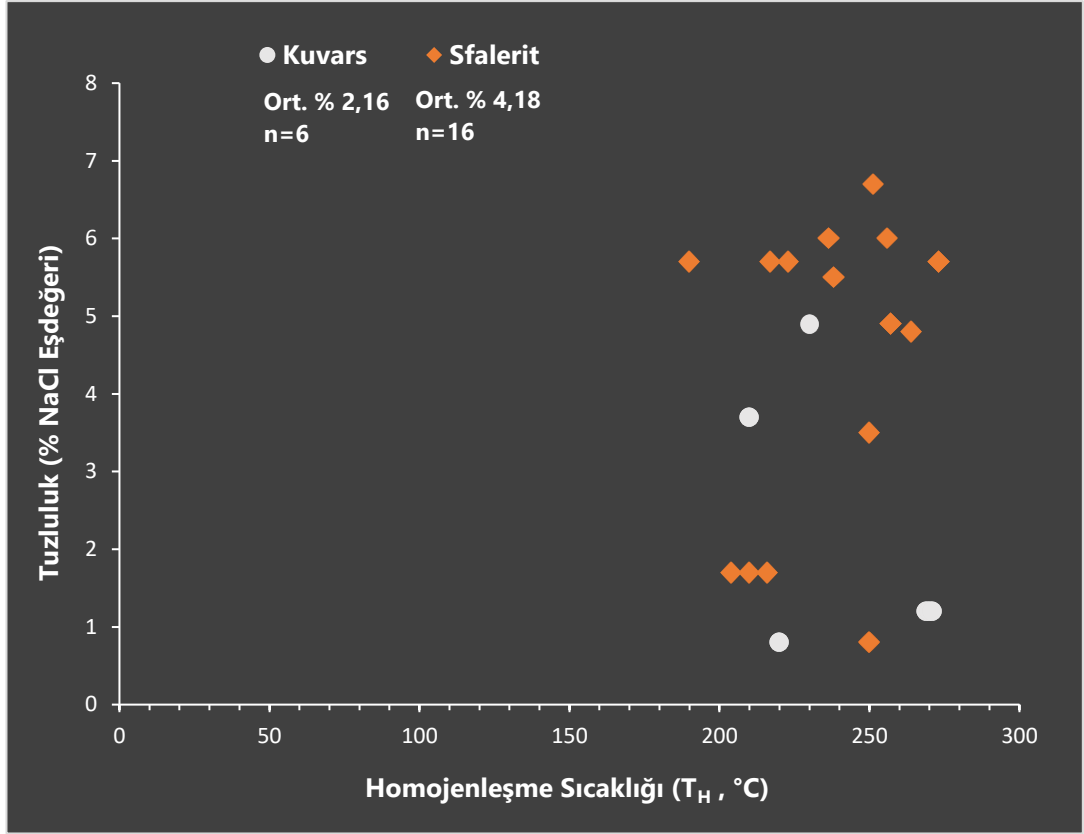
Homojenleşme sıcaklık ölçümleri, minerallerin oluşumunu sağlayan hidrotermal çözeltiler ve bu minerallerin oluşum sıcaklıkları hakkında önemli veriler sağlamaktadır.

Kuvarslar ve sfaleritler içerisindeki kapanımlarda yapılan ölçümler sonucunda kuvarslar için; 210°C ile 271°C arasında, sfaleritler için ise; 190°C ile 273°C arasında değişim gösteren homojenleşme sıcaklık değerleri ( $T_H$ ) ölçülmüştür.

Homojenleşme sıcaklık değerlerinin, ölçüm sayılarına göre dağılımı ve tuzluluk oranları arasındaki dağılımı, Şekil 6.6 ve Şekil 6.7’de verilmiştir.



Şekil 6.6: Homojenleşme sıcaklığı değerlerinin ölçüm sayılarına göre dağılımı.



Şekil 6.7: Homojenleşme sıcaklığı değerleri ve tuzluluk oranları arasındaki dağılım.

## 7. KÜKÜRT İZOTOP JEOKİMYASI ÇALIŞMALARI

Metal olmayan element niteliğindeki kükürt, sülfürün yoğun bir şekilde varlık gösterdiği maden yataklarında ana bileşen durumunda bulunabilmekte olup, evaporitik yataklarda sülfat olarak görülebilmektedir. Metamorfik ve magmatik ortamların haricinde, deniz sularından farklı şekilde sedimanter ortamlara kadar geniş bir sıcaklık yelpazesinde oluşabilmektedir.

Doğal halde bulunan kükürt, stabil izotoplar karışımıdır. Bu karışımın yaklaşık yüzde değer dağılımları,  $^{32}\text{S}$ : 95,02%,  $^{33}\text{S}$ : 0,75%,  $^{34}\text{S}$ : 4,21%,  $^{36}\text{S}$ : 0,02% şeklindedir. Jeolojik açıdan önem arz eden malzemelerde (bazaltik kayalar/granitik kayalar/metamorfik kayalar/sedimanter kayalar, bakteriyel/biyolojik sülfürler, deniz suyu sülfatları, sülfat mineralleri) izotop bileşim dağılımlarına Şekil 7.1' de yer verilmektedir.

Magmatik kayalarda; 0 ‰ değerine yakın

Deniz suyu içerisindeki sülfatta; +18 ‰ ile +20 ‰ arasında

Sülfatlı minerallerde; +5 ‰ ile +25 ‰ arasında

Metamorfik ve sedimanter kayalarda ise; çok daha geniş aralıklarda değişim gösteren  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri gözlenmektedir. Ayrıca sülfürlü mineraller hafif, sülfatlı mineraller ise ağır izotopsal bileşimler göstermektedir.

Yapılan analizler sonucu, mineraller arasındaki ayrımlanma durumları da göz önünde bulundurarak;

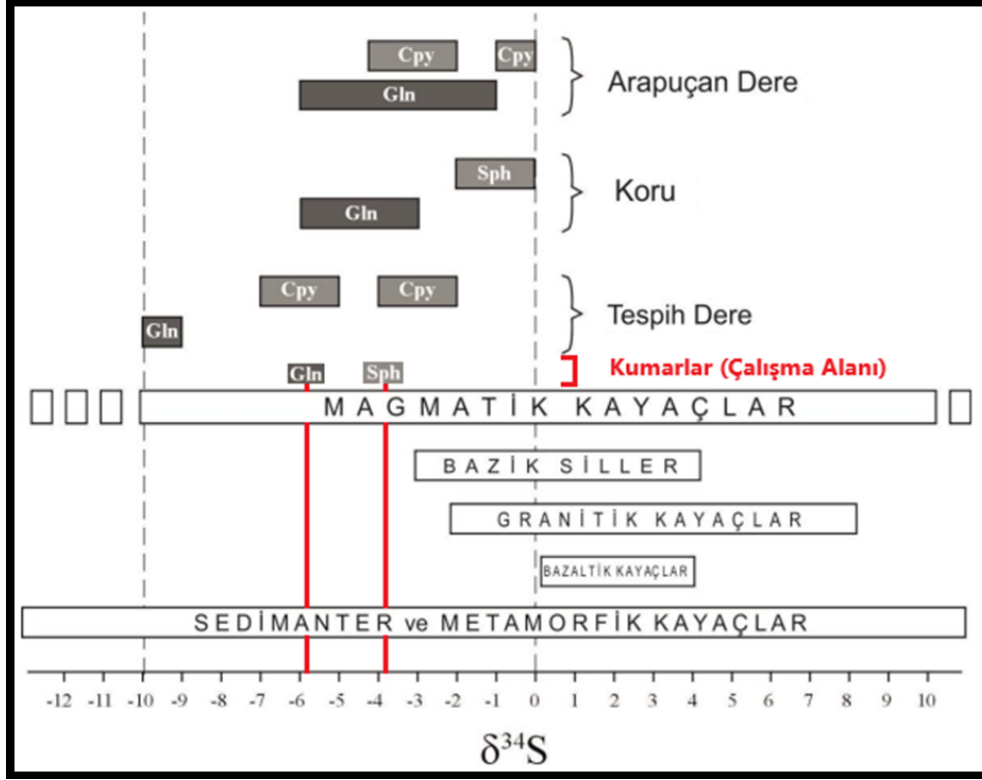
Magmatik kökenli ise; 0'a yakın değerde

Denizel sülfat kökenli ise; +8'den daha yüksek değerde

Bakteriyel/biyolojik kökenli ise; -10'dan daha az değerde olarak değerlendirilmek istenmektedir. -10 ile +8 arası değerler tartışılmakta olup, negatif değerler için magmatik/biyolojik kökenli kükürtün karışımı, pozitif değerler için de magmatik/denizel sülfat kökenli kükürtün karışımı biçiminde karma bir köken önerilmekte ve/veya Eh ve pH koşullarındaki değişimden kaynaklanan ayrımlaşmalar düşünülmektedir (Gökçe 2009).

Sülfid minerallerinde en yaygın görülen üç mineral (galenit, çinkoblend, pirit) arasında pirit minerali her zaman en yüksek  $\delta^{34}\text{S}$ , galenit ise en düşük  $\delta^{34}\text{S}$  değerine sahiptir. Farklı sülfid mineralleri arasında izotop fraksiyonlaşması konusunda yürütülen deneysel çalışmalar sonuç olarak minerallerin çoğunluğunun arasında herhangi bir uyum olmadığını göstermektedir. Birlikte oluşum gösteren ve izotopik açıdan denge halinde duran mineral çiftleri arasında termometrik çalışmalar için en uyumlu olan çift galenit/sfalerit (çinkoblend) çiftidir.

Kumarlar bölgesi Pb-Zn-Cu±Au yatağında yeraltından alınan örnekler üzerinden analiz yapılabilmesi için yeterli miktarda galenit ve sfalerit minerali binoküler mikroskop altında ayırtlanmıştır. Analiz sonucunda sfalerit örneği içerisindeki kükürt  $\delta^{34}\text{S}$  değeri -3,8‰, galenit örneği içerisindeki kükürt  $\delta^{34}\text{S}$  değeri -5,9‰ olarak analiz edilmiş olup, bu değerler cevherleşmedeki sülfürlü minerallerin bünyesinde bulunan kükürtün magmatik kökenli olduğuna işaret etmektedir.

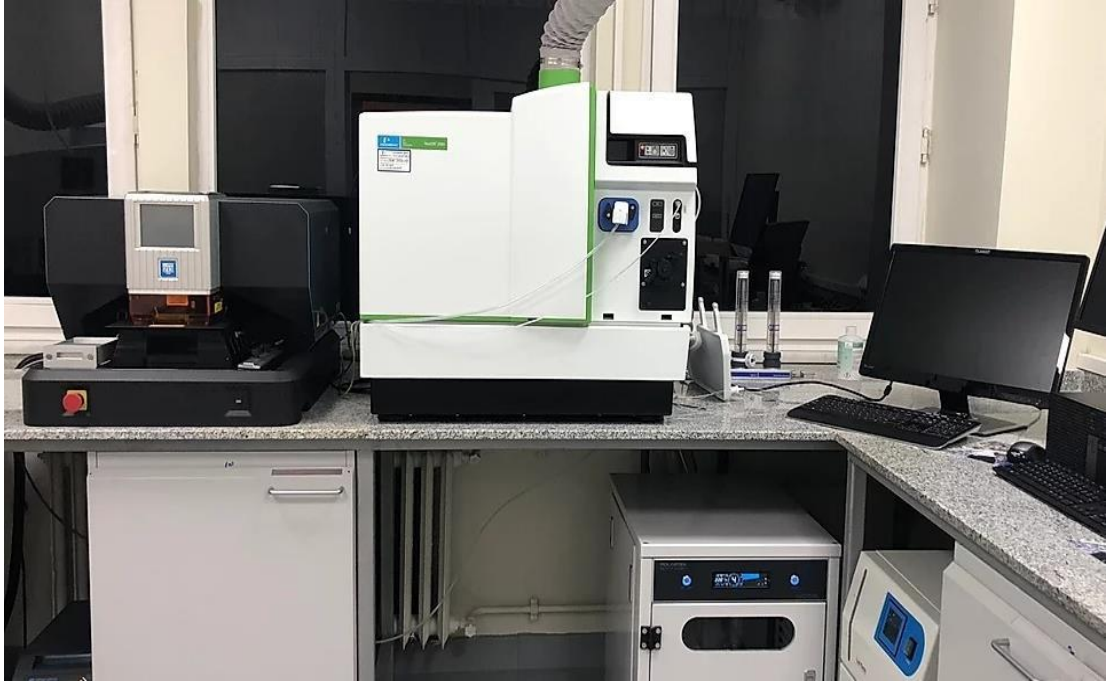


Şekil 7.1: Çalışma alanı ve çevresindeki sfalerit, galenit ve kalkopirit örneklerinin  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) izotop değerlerinin (Hoefs 1987) diyagramındaki konumları (Bozkaya, G., Özbaş, F. and Wallington, J. (2014) düzeltilerek alınmıştır.



## 8. LAZER/ENDÜKTİF EŞLEŞMİŞ PLAZMA-KÜTLE SPEKTROMETRESİ (LA/ICP/MS) İNCELEMELERİ

LA/ICP/MS (Laser Ablation/Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometer) multi/element kantitatif analizleri, ayrı ayrı veya gruplaşma gösteren büyük çaplı sıvı kapanımlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu analizler, İstanbul Üniversitesi/Cerrahpaşa Jeokronoloji ve Jeokimya Laboratuvarı'nda bulunan PerkinElmer's NexION 2000 model numaralı cihaz ile yapılmıştır (Şekil 8.1). Ablation sisteminde, örnek yüzeyine  $20 \text{ J/cm}^2$  enerji kütlelerini, 10-15 Hz darbe frekansında 5/120  $\mu\text{m}$  nokta ebatında ulaştırılır, ayrıca bu sistem 193 nm dalga boyuna sahip COMPex 102F/Eksimer Arf lazer kullanmaktadır.



Şekil 8.1: İstanbul Üniversitesi/Cerrahpaşa Jeokronoloji ve Jeokimya (LA/ICP/MS) Laboratuvarı (Url-D).

İz element analizleri, iki yüzü parlatılmış kesitlerden tanımlanmış ve daha öncesinde mikrotermometrik ölçümler yapılan örneklerden seçilerek yapılmış olup, optik çalışmalara göre aynı bölgede ve aynı tipte yer alan sıvı kapanımlar üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan LA/ICP/MS analiz çalışmaları, başlıca olarak sfaleritler üzerinden yürütülmüştür. Sıvı kapanım çalışmaları kuvarslarda yapılabilmesine rağmen kapanımların küçük boyutlu olmasından dolayı LA/ICP/MS analizleri yapılamamıştır.

Sıvı kapanım toplulukları üzerinde yapılan çalışmaların sonucu çizelgede (Tablo 8.1) verilmekte olup, sonuçlar elementlerin zamana entegre edilmiş konsantrasyon dağılımı (time-cps) şeklinde verilmiştir. Çalışma alanındaki cevherleşmeleri temsil eden sıvı kapanım kesitleri üzerinden yapılan LA/ICP/MS analiz çalışmaları, cevher oluşturuçu çözeltilerde Pb-Zn-Cu konsantrasyonlarının fazlasıyla yüksek olduğunu işaret etmektedir.

Tablo 8.1: A8-A9-A13 sıvı kapanım kesitleri üzerinden yapılan LA/ICP/MS analiz çalışmaları sonucu ppm ( $\mu\text{g/g}$ ) ve % ppm (wt.%) cinsinden elde edilen iz element değerleri.

Analysis No. Reconstructed analyses (ppm)		A8-1	A8-2	A8-3	A8-4	A8-5	A8-6	A8-7
Na23	$\mu\text{g/g}$	43027	43027	43769	40802	43769	27449	28932
Li7	$\mu\text{g/g}$							2516
B11	$\mu\text{g/g}$							
Mg25	$\mu\text{g/g}$	14642	10200	8782	2985	20280	4796	3536
K39	$\mu\text{g/g}$	67444	20889	15738	39235	46482	19645	32492
Ca43	$\mu\text{g/g}$	574261	428945				70424	
Fe57	$\mu\text{g/g}$	80245	58682	52055	7727	17345	11438	11715
As75	$\mu\text{g/g}$	6870		3340	648	1786		
Sr88	$\mu\text{g/g}$	206	316	78	65	290	81	90
Au197	$\mu\text{g/g}$			1748	383			

Analysis No. Reconstructed analyses (ppm)		A8-8	A8-9	A8-10	A8-11	A8-12	A8-13	A8-14
Na23	$\mu\text{g/g}$	28190	25965	12612	13353	14837	14837	42286
Li7	$\mu\text{g/g}$					887		
B11	$\mu\text{g/g}$	2478	794			1902		22034
Mg25	$\mu\text{g/g}$	1824	1784	1669	1751	2424	1800	18503
K39	$\mu\text{g/g}$	11383	35817	5992		35458	16030	
Ca43	$\mu\text{g/g}$	170970		369739		91054	63880	413824
Fe57	$\mu\text{g/g}$	27245	66696	32120	23597	8755	7678	48022
As75	$\mu\text{g/g}$			1454	1093			
Sr88	$\mu\text{g/g}$		89	85	32	28	14	287
Au197	$\mu\text{g/g}$		86			203		

Tablo 8.1: (devam)

<b>Analysis No.</b>		<b>A8-1</b>	<b>A8-2</b>	<b>A8-3</b>	<b>A8-4</b>	<b>A8-5</b>	<b>A8-6</b>	<b>A8-7</b>
<b>Reconstructed analyses (%)-(ppm)</b>								
<b>Na2O</b>	wt.%	5,8	5,8	5,9	5,5	5,9	3,7	3,9
<b>Fe2O3</b>	wt.%	11,5	8,4	7,4	1,1	2,5	1,6	1,7
<b>FeO</b>	wt.%	10,3	7,5	6,7	1,0	2,2	1,5	1,5
<b>MgO</b>	wt.%	2,4	1,7	1,5	0,5	3,4	0,8	0,6
<b>CaO</b>	wt.%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>K2O</b>	wt.%	8,1	2,5	1,9	4,7	5,6	2,4	3,9
<b>Li7</b>	µg/g							2515,6
<b>B11</b>	µg/g							
<b>As75</b>	µg/g	6870,3		3339,9	647,8	1786,4		
<b>Sr88</b>	µg/g	206,5	315,5	77,9	65,3	289,6	80,6	90,3
<b>Au197</b>	µg/g			1748,2	382,7			

<b>Analysis No.</b>		<b>A8-8</b>	<b>A8-9</b>	<b>A8-10</b>	<b>A8-11</b>	<b>A8-12</b>	<b>A8-13</b>	<b>A8-14</b>
<b>Reconstructed analyses (%)-(ppm)</b>								
<b>Na2O</b>	wt.%	3,8	3,5	1,7	1,8	2,0	2,0	5,7
<b>Fe2O3</b>	wt.%	3,9	9,5	4,6	3,4	1,3	1,1	6,9
<b>FeO</b>	wt.%	3,5	8,6	4,1	3,0	1,1	1,0	6,2
<b>MgO</b>	wt.%	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	3,1
<b>CaO</b>	wt.%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>K2O</b>	wt.%	1,4	4,3	0,7		4,3	1,9	
<b>Li7</b>	µg/g					887,2		
<b>B11</b>	µg/g	2477,9	794,1			1901,8		22034,2
<b>As75</b>	µg/g			1454,0	1092,6			
<b>Sr88</b>	µg/g		88,9	85,4	32,4	28,5	14,5	286,9
<b>Au197</b>	µg/g		85,7			202,9		

Tablo 8.1: (devam)

<b>Analysis No. Reconstructed analyses (ppm)</b>		<b>A9-1</b>	<b>A9-2</b>	<b>A9-3</b>	<b>A9-4</b>	<b>A9-5</b>	<b>A9-6</b>	<b>A9-7</b>
<b>Na23</b>	µg/g	6677	7419	8160	5193	5935	5935	42286
<b>Li7</b>	µg/g		357				197	
<b>B11</b>	µg/g		288			788		1014
<b>Mg25</b>	µg/g	1362	2253	2504	595	1004	989	10237
<b>K39</b>	µg/g	9807	4355	7587	5460	7525	6927	69654
<b>Ca43</b>	µg/g		17706	67411	10384			207539
<b>Fe57</b>	µg/g	3899	18709	10911	6617	21807	8168	134385
<b>As75</b>	µg/g		266	185			140	
<b>Sr88</b>	µg/g	29	40	26	30	32	25	176
<b>Au197</b>	µg/g				14		11	

<b>Analysis No. Reconstructed analyses (ppm)</b>		<b>A9-8</b>	<b>A9-9</b>	<b>A9-10</b>	<b>A9-11</b>	<b>A9-12</b>	<b>A9-13</b>
<b>Na23</b>	µg/g	40802	8902	9644	10386	6677	25965
<b>Li7</b>	µg/g	2471			339		30
<b>B11</b>	µg/g			143	1777		193
<b>Mg25</b>	µg/g	8867	1574	1865	2400	594	8215
<b>K39</b>	µg/g	88847	11672	16497	34931	14074	23594
<b>Ca43</b>	µg/g	251128	11735	11623	14443		20238
<b>Fe57</b>	µg/g	50596	11107	12965	14268	18809	3320
<b>As75</b>	µg/g	2253	108	260	463	257	151
<b>Sr88</b>	µg/g	165	18	46	14	47	217
<b>Au197</b>	µg/g	88	7		65	13	9

Tablo 8.1: (devam)

<b>Analysis No.</b>		<b>A9-1</b>	<b>A9-2</b>	<b>A9-3</b>	<b>A9-4</b>	<b>A9-5</b>	<b>A9-6</b>	<b>A9-7</b>
<b>Reconstructed analyses (%)-(ppm)</b>								
<b>Na2O</b>	wt. %	0,9	1,0	1,1	0,7	0,8	0,8	5,7
<b>Fe2O3</b>	wt. %	0,6	2,7	1,6	0,9	3,1	1,2	19,2
<b>FeO</b>	wt. %	0,5	2,4	1,4	0,9	2,8	1,1	17,3
<b>MgO</b>	wt. %	0,2	0,4	0,4	0,1	0,2	0,2	1,7
<b>CaO</b>	wt. %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>K2O</b>	wt. %	1,2	0,5	0,9	0,7	0,9	0,8	8,4
<b>Li7</b>	µg/g		356,7				197,0	
<b>B11</b>	µg/g		287,9			788,3		1014,1
<b>As75</b>	µg/g		265,6	184,7			139,9	
<b>Sr88</b>	µg/g	29,3	39,9	26,0	29,7	32,3	25,0	175,5
<b>Au197</b>	µg/g				14,4		10,7	

<b>Analysis No.</b>		<b>A9-8</b>	<b>A9-9</b>	<b>A9-10</b>	<b>A9-11</b>	<b>A9-12</b>	<b>A9-13</b>
<b>Reconstructed analyses (%)-(ppm)</b>							
<b>Na2O</b>	wt. %	5,5	1,2	1,3	1,4	0,9	3,5
<b>Fe2O3</b>	wt. %	7,2	1,6	1,9	2,0	2,7	0,5
<b>FeO</b>	wt. %	6,5	1,4	1,7	1,8	2,4	0,4
<b>MgO</b>	wt. %	1,5	0,3	0,3	0,4	0,1	1,4
<b>CaO</b>	wt. %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>K2O</b>	wt. %	10,7	1,4	2,0	4,2	1,7	2,8
<b>Li7</b>	µg/g	2471,2			339,2		29,8
<b>B11</b>	µg/g			143,1	1776,6		193,4
<b>As75</b>	µg/g	2252,7	107,6	259,8	462,7	257,0	150,6
<b>Sr88</b>	µg/g	165,1	18,2	46,0	13,8	46,9	216,6
<b>Au197</b>	µg/g	87,6	7,3		64,6	12,9	9,2

Tablo 8.1: (devam)

<b>Analysis No. Reconstructed analyses (ppm)</b>		<b>A13-1</b>	<b>A13-2</b>	<b>A13-3</b>	<b>A13-4</b>	<b>A13-5</b>	<b>A13-6</b>
<b>Na23</b>	µg/g	26707	25965	27449	31158	29674	32642
<b>Li7</b>	µg/g	661	2539			908	
<b>B11</b>	µg/g			1041	4370		
<b>Mg25</b>	µg/g	4897	9431	3866	706	1576	5393
<b>K39</b>	µg/g	64506	30554	63693	37489	39463	55941
<b>Ca43</b>	µg/g	23065				52286	30567
<b>Fe57</b>	µg/g	13127	116947	71361	1093	51689	18454
<b>As75</b>	µg/g		1679		1312	1301	181
<b>Sr88</b>	µg/g	132	137	106	125	538	225
<b>Au197</b>	µg/g	82		649		554	227

<b>Analysis No. Reconstructed analyses (ppm)</b>		<b>A13-7</b>	<b>A13-8</b>	<b>A13-9</b>	<b>A13-10</b>	<b>A13-11</b>	<b>A13-12</b>
<b>Na23</b>	µg/g	28932	400600	30416	30416	27449	27449
<b>Li7</b>	µg/g			1287			
<b>B11</b>	µg/g	3234	82860		1951	2992	5716
<b>Mg25</b>	µg/g	4165	84028	2717	2557	3681	4014
<b>K39</b>	µg/g	66092	547148	27765	60158	62155	20197
<b>Ca43</b>	µg/g		5036555		243033	44539	
<b>Fe57</b>	µg/g	41180		105677	35096	68266	4732
<b>As75</b>	µg/g		36859		912		1799
<b>Sr88</b>	µg/g	73		101	98	56	18
<b>Au197</b>	µg/g	258	5304	1251	182	703	

<b>Analysis No. Reconstructed analyses (ppm)</b>		<b>A13-13</b>	<b>A13-14</b>	<b>A13-15</b>	<b>A13-16</b>
<b>Na23</b>	µg/g	25965	24481	26707	27449
<b>Li7</b>	µg/g	1423		1206	
<b>B11</b>	µg/g	2021			
<b>Mg25</b>	µg/g	3622	1551	3408	5877
<b>K39</b>	µg/g	92087	61510	41497	55574
<b>Ca43</b>	µg/g				
<b>Fe57</b>	µg/g	55618	34548	73898	112101
<b>As75</b>	µg/g		2809	1310	2462
<b>Sr88</b>	µg/g	105	84	140	156
<b>Au197</b>	µg/g		235	181	1088



Tablo 8.1: (devam)

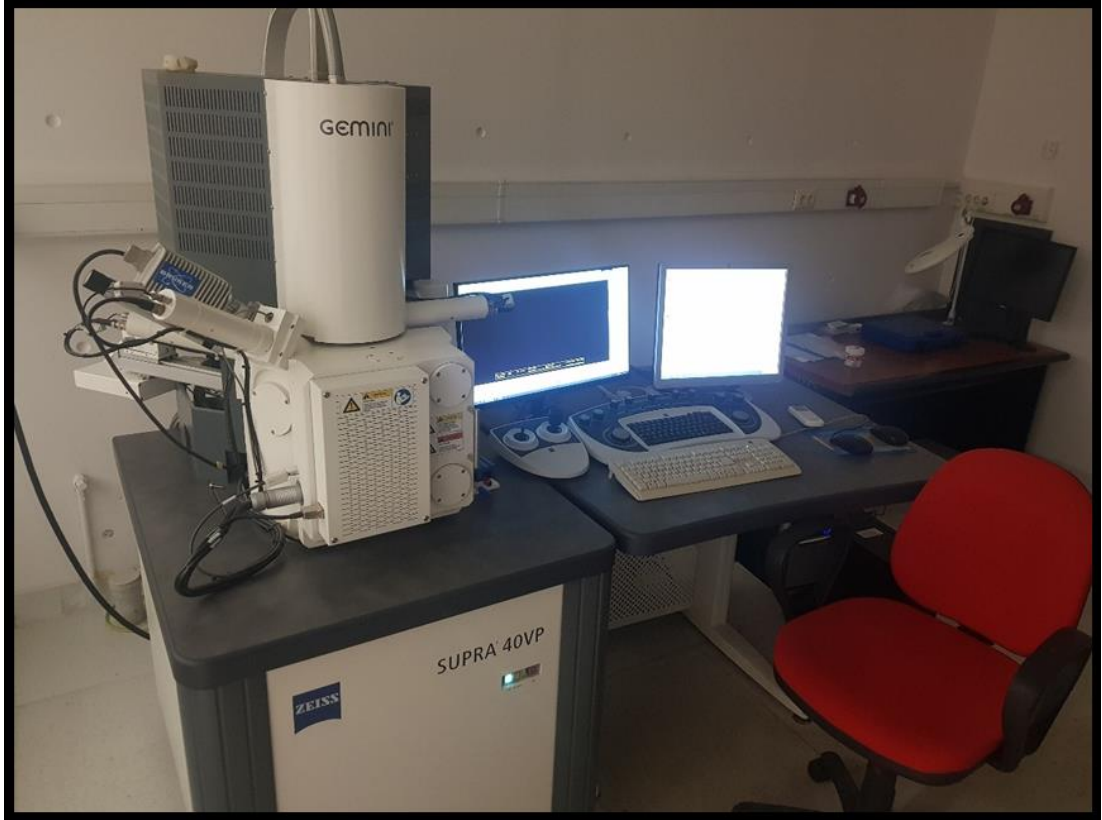
Analysis No. Reconstructed analyses (%) - (ppm)		A13-1	A13-2	A13-3	A13-4	A13-5	A13-6	A13-7
Na <sub>2</sub> O	wt. %	3,6	3,5	3,7	4,2	4,0	4,4	3,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	wt. %	1,9	16,7	10,2	0,2	7,4	2,6	5,9
FeO	wt. %	1,7	15,0	9,2	0,1	6,6	2,4	5,3
MgO	wt. %	0,8	1,6	0,6	0,1	0,3	0,9	0,7
CaO	wt. %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K <sub>2</sub> O	wt. %	7,8	3,7	7,7	4,5	4,8	6,7	8,0
Li7	µg/g	660,5	2539,0			907,9		
B11	µg/g			1041,0	4370,4			3233,6
As75	µg/g		1679,5		1312,3	1300,7	181,2	
Sr88	µg/g	132,2	137,4	106,1	125,0	538,4	225,0	72,7
Au197	µg/g	81,6		649,0		554,3	227,4	257,9

Analysis No. Reconstructed analyses (%) - (ppm)		A13-8	A13-9	A13-10	A13-11	A13-12	A13-13
Na <sub>2</sub> O	wt. %	54,0	4,1	4,1	3,7	3,7	3,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	wt. %		15,1	5,0	9,8	0,7	8,0
FeO	wt. %		13,6	4,5	8,8	0,6	7,2
MgO	wt. %	13,9	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6
CaO	wt. %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
K <sub>2</sub> O	wt. %	65,9	3,3	7,2	7,5	2,4	11,1
Li7	µg/g		1287,2				1423,3
B11	µg/g	82860,4		1951,3	2992,0	5715,6	2020,6
As75	µg/g	36859,4		911,6		1799,0	
Sr88	µg/g		101,0	98,4	55,5	18,1	104,7
Au197	µg/g	5303,6	1251,0	182,1	703,5		

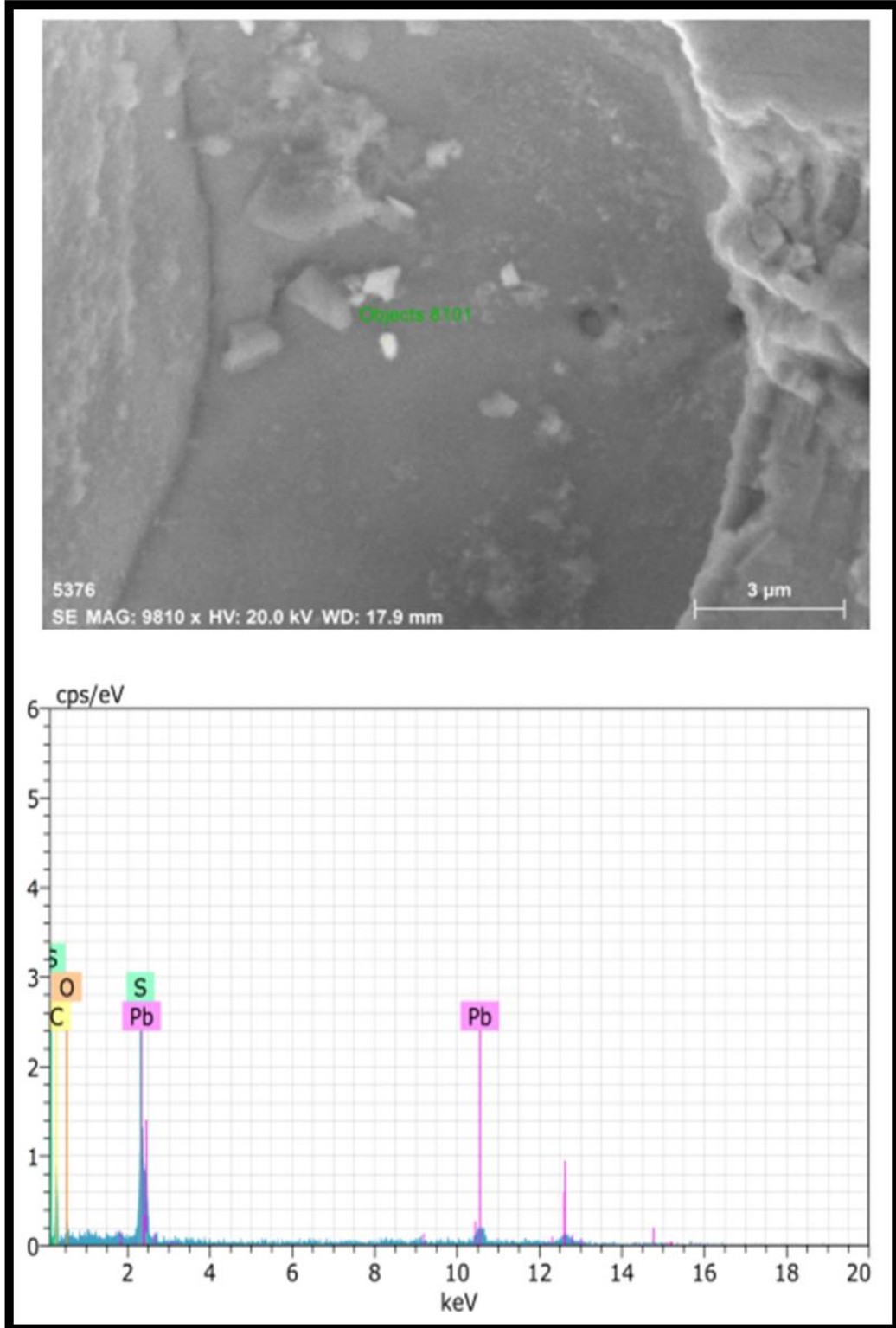
Analysis No. Reconstructed analyses (%) - (ppm)		A13-14	A13-15	A13-16
Na <sub>2</sub> O	wt. %	3,3	3,6	3,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	wt. %	4,9	10,6	16,0
FeO	wt. %	4,4	9,5	14,4
MgO	wt. %	0,3	0,6	1,0
CaO	wt. %	0,0	0,0	0,0
K <sub>2</sub> O	wt. %	7,4	5,0	6,7
Li7	µg/g		1206,0	
B11	µg/g			
As75	µg/g	2809,1	1310,0	2462,0
Sr88	µg/g	83,9	140,3	156,5
Au197	µg/g	234,8	180,7	1088,2

## 9. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) ÇALIŞMALARI

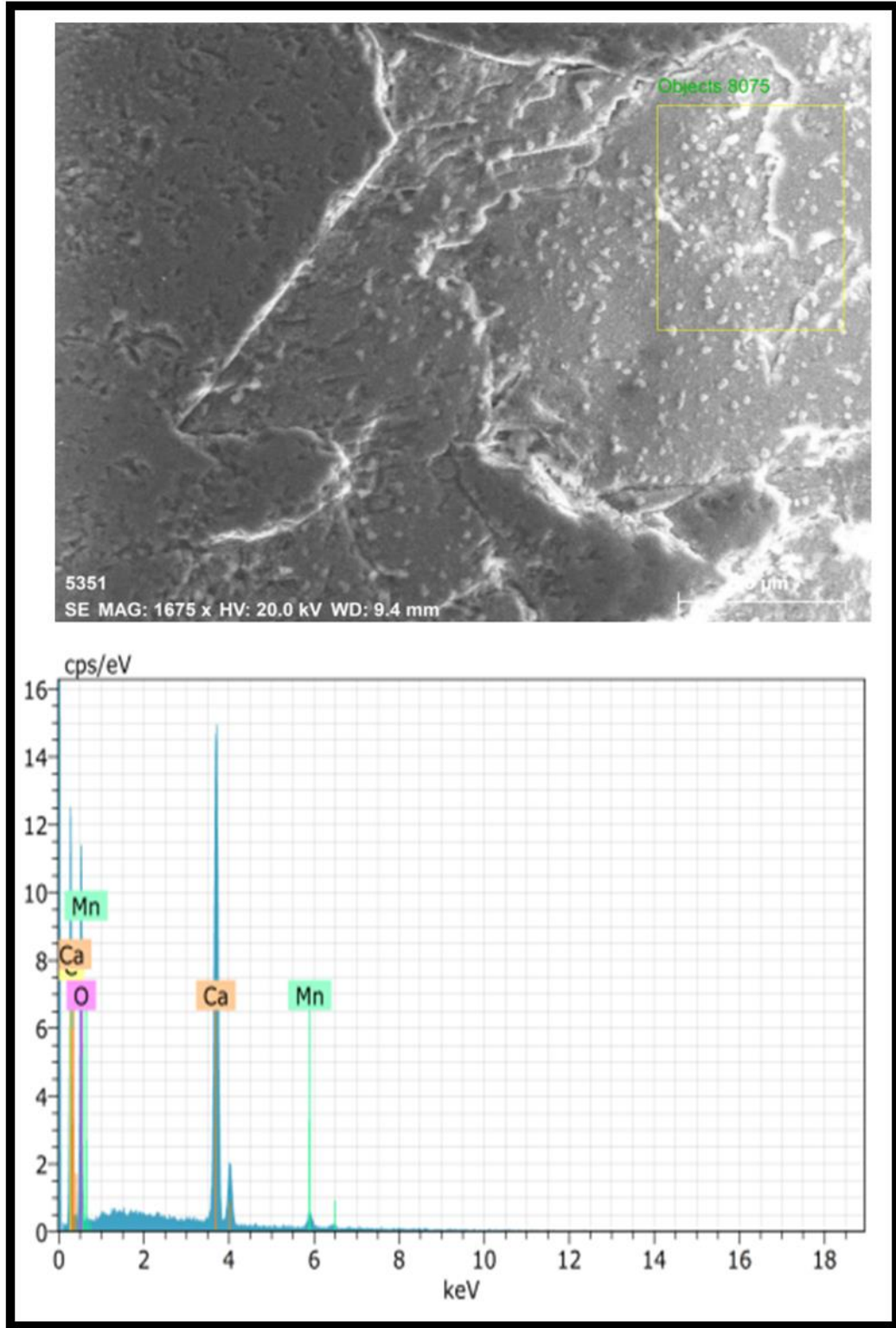
Kumarlar bölgesi Pb-Zn-Cu±Au yatağında yeraltı cevher damarlarından alınan örnekler üzerinden hazırlanan iki yüzü parlatılmış kesitlerin, Pamukkale Üniversitesindeki Merkezi Araştırma Laboratuvarında (ILTAM) bulunan SEM (Scanning Electron Microscope)'de incelemeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 9.1). Yapılan incelemeler sonucu örneklerde, kurşun, mangan, arsenik ve civa tespit edilmiştir (Şekil 9.2;9.3;9.4;9.5).



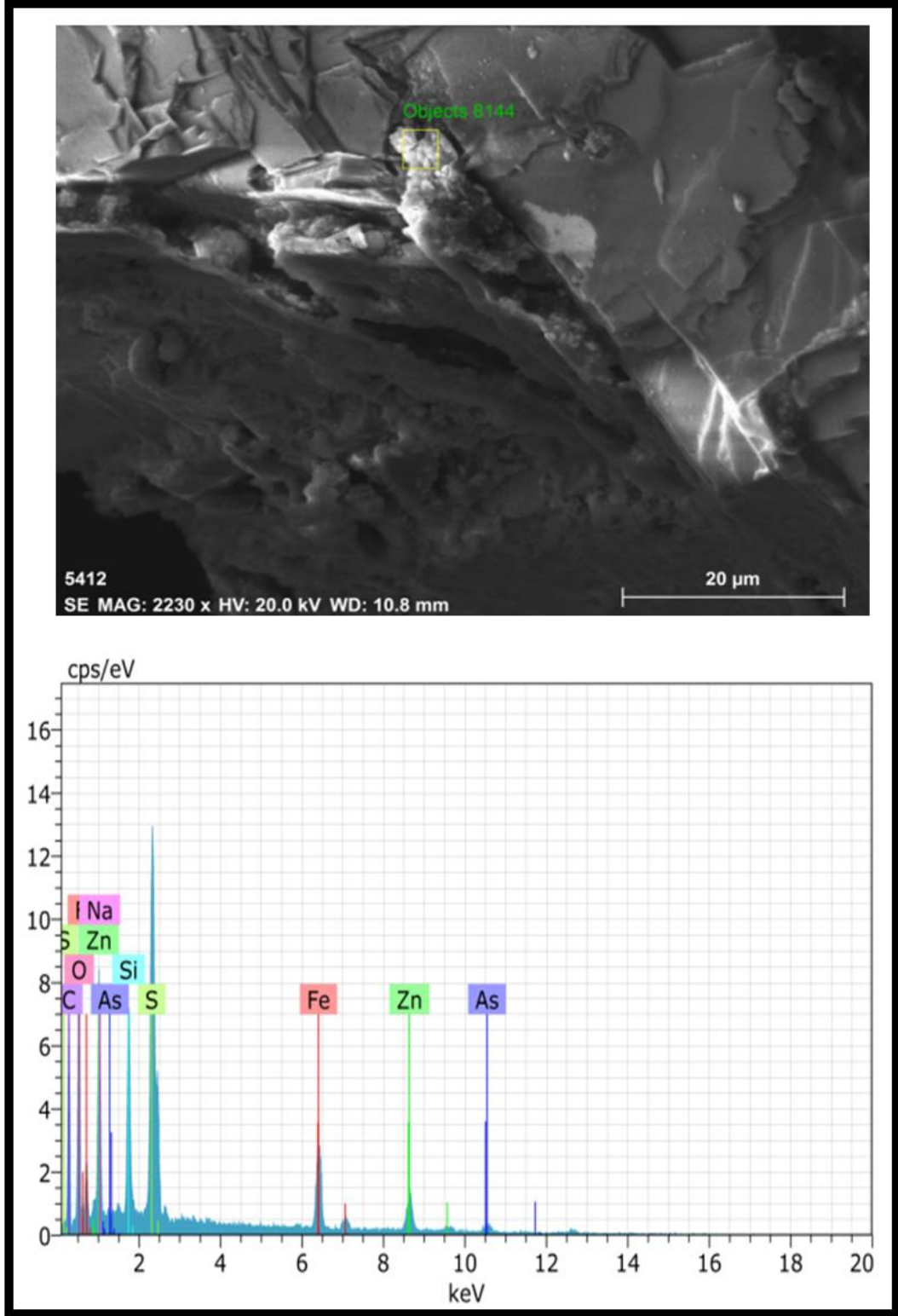
Şekil 9.1: Pamukkale Üniversitesi, SEM (Scanning Electron Microscope) laboratuvarı.



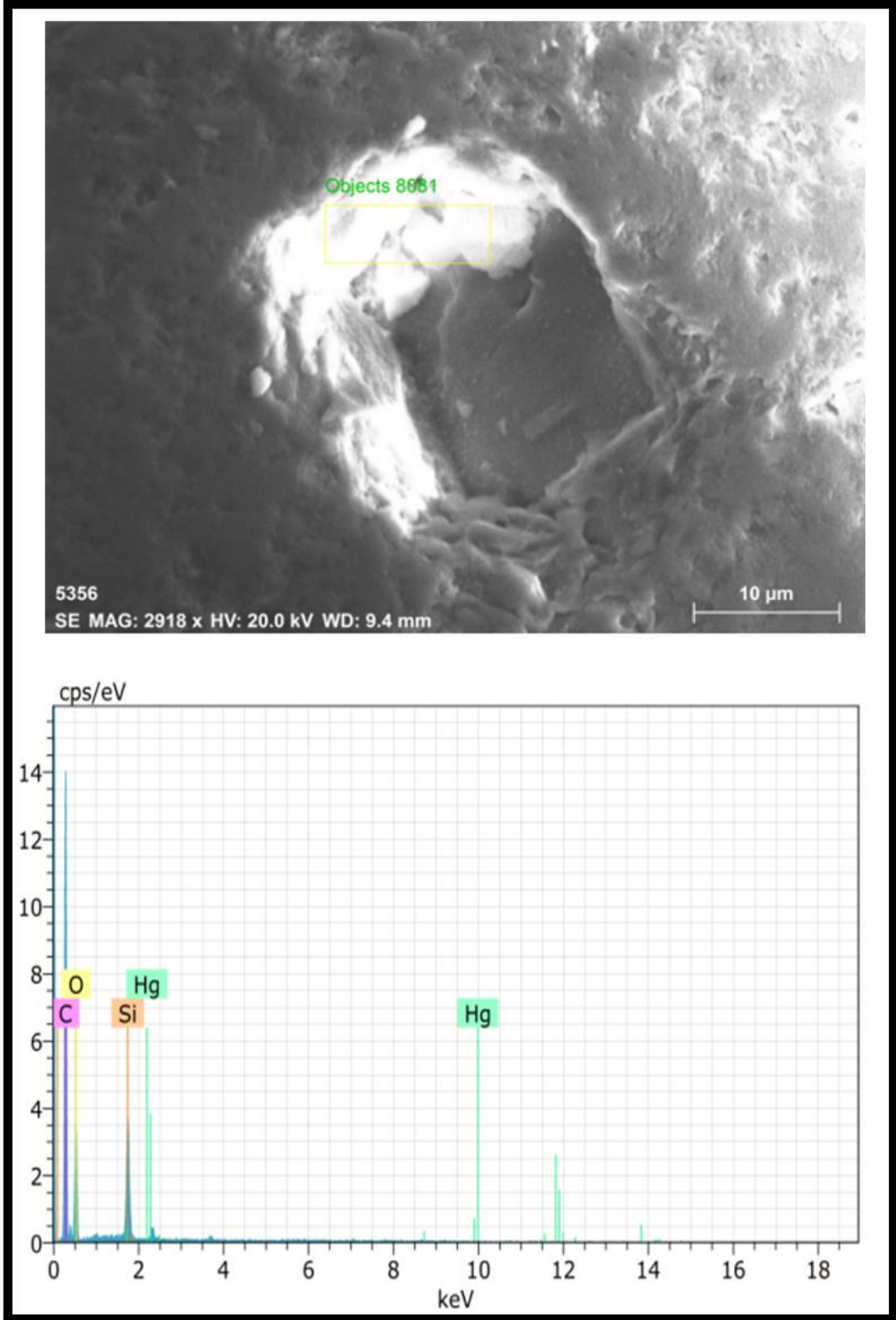
Şekil 9.2: Kumarlar işletmesinde yeraltından alınan A-9 numaralı örnekte gözlenen kurşun minerali.



Şekil 9.3: Kumarlar işletmesinde yeraltından alınan A-13 numaralı örnekte gözlenen mangan minerali.



Şekil 9.4: Kumarlar işletmesinde yeraltından alınan A-12 numaralı örnekte gözlenen arsenik minerali.



Şekil 9.5: Kumarlar işletmesinde yeraltından alınan A-13 numaralı örnekte gözlenen civa minerali.

## 10. SONUÇLAR

Çalışma alanının içinde yer aldığı Biga Yarımadası, metalik cevherler bakımından oldukça zengin bir bölgedir. Yarımada'da çok sayıda sülfürlü mineralizasyonun varlığı bilinmektedir. Kumarlar (Çan-Çanakkale) Pb-Zn-Cu±Au cevherleşmesi, yarımada üzerinde bilinen Pb-Zn cevherleşmelerinden (Çataltepe, Koru, Arapuçandere, Tespihdere, Balçılar) birisi olup, günümüzde madencilik faaliyetleri devam etmektedir.

Çalışma alanının tamamının Eosen yaşlı Çamyayla volkanitlerinden; andezit, andezitik/tüf, tüf, silisifiye tüf, aglomera, ignimbrit ve bazalttan oluştuğu belirtilmiştir. Yüzeyde görülen alterasyonlar ve kırık hatları genel olarak KD-GB yönelimindedir. Cevherleşmeler, andezitik lav ve piroklastiklerdeki kırık, çatlak ve fay zonları içerisinde damarlar şeklinde gözlenmekte olup, kırık ve çatlaklarda gözlenen mineralizasyon birkaç cm'den 10 m'ye kadar uzanım göstermektedir. Galenit, sfalerit, pirit, kalkopirit ve altından oluşan parajenezde gang minerali olarak kuvars ve kalsit görülmektedir. Kumarlar yatağı, Biga yarımadasında pek çok farklı lokasyonda gözlenen düşük sülfidasyon epitermal tip cevherleşmelerden birisidir.

İnce kesitlerde yapılan optik mikroskop çalışmalarında cevherleşmenin yan kayaç oluşumlarını, porfirik doku özelliklerine sahip andezitler ile tüflerin sağlamakta olduğu ve andezitik kayaçların genel olarak porfirik özellikteki hipokristalin dokuya sahip olduğu belirtilmiştir. Genel olarak serizitik alterasyon hakim şekilde bulunmakla beraber bu alterasyona maruz kalmış cevher mineralleri içeren andezitik yan kayaçlarda, kaynamayı gösteren bıçaksı kuvars oluşumları görülmüştür.

Söz konusu maden yatağında yapılmış daha önceki maden jeolojisi çalışması, yüzeyden alınan örneklerle ait verileri içermekte olup, bu tez çalışmasında yeraltından alınan örnekler üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda elde edilen analiz verileri aşağıda karşılaştırmalı olarak verilmiştir;



Yüzeiden alınan örneklerde tuzluluk (%NaCl), ilk buz ergime sıcaklığı, son buz ergime sıcaklığı, homojenleşme sıcaklığı ve kükürt izotopları jeokimyası analizlerinden elde edilen verilerin değer aralıkları (Tablo 10.1) (Bozkaya ve Çelik 2009);

Tablo 10.1:

<b>Mineral</b>	<b>%NaCl</b>	<b>T<sub>FM</sub>(°C)</b>	<b>T<sub>mICE</sub>(°C)</b>	<b>T<sub>H</sub>(°C)</b>
Sphalerit	9,5/15,8	-55,5/-52	-14,8/-2,8	181.5/299.5
Quartz	10,11/18,47	-55,5/-52	-22.7/-5.4	155.3/337.1
<b>Mineral</b>	<b>δ<sup>34</sup>S (‰)</b>			
Galenit	-6,28/10,41 (n = 10, ort = -7.6)			

Bu tez çalışmasında yeraltından alınan örneklerde tuzluluk (%NaCl), ilk buz ergime sıcaklığı, son buz ergime sıcaklığı, homojenleşme sıcaklığı ve kükürt izotopları jeokimyası analizlerinden elde edilen verilerin değer aralıkları (Tablo 10.2);

Tablo 10.2:

<b>Mineral</b>	<b>%NaCl</b>	<b>T<sub>FM</sub>(°C)</b>	<b>T<sub>mICE</sub>(°C)</b>	<b>T<sub>H</sub>(°C)</b>
Sphalerit	0,879/6,738	-55,0/-43,5	-4,2/-0,5	190/273
Quartz	0,879/4,957	-54,4/-49,2	-3,0/-0,5	210/271
<b>Mineral</b>	<b>δ<sup>34</sup>S (‰)</b>			
Galenit	5,9			
Sphalerit	3,8			

Bu tez çalışması sırasında gerçekleştirilen incelemeler ile Kumarlar yatağının; düşük tuzluluk (0,8-6 %NaCl) ve orta sıcaklığa (190-273 (°C) sahip çözeltilerce oluştuğu, bölgede etkin olan tektonik faaliyetlere bağlı olarak basınç değişiminden kaynaklanan kaynamayı işaret eden özellikler gösterdiği belirlenmiştir.

## 11. KAYNAKLAR

Aldanmaz, E., Pearce, J. A., Thirlwall, M. F. and Mitchell, J.G., “Petrogenetic evolution of Late Cenozoic, post collision volcanism in Western Anatolia, Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102, 67-95, (2000).

Atabey, E., Ilgar, A. and Sakıtaş, A., “Çanakkale Havzasının Orta Üst Miyosen Stratigrafisi”, *Çanakkale KB Türkiye: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derg.* 128, 79-97, (2004).

Beccaletto, L. and Steiner, C., “Evidence of two-stage extensional tectonics from the northern edge of the Edremit Graben, NW Turkey”, *Geodinamica Acta*, 18(3-4): 283-297, (2005).

Beccaletto, L., Bonev, N., Bosch, D. and Bruguier, O., “Record of a Paleogene syncollisional extension in the North Aegean region: Evidence from the Kemer micaschists (NW Turkey)”, *Geological Magazine*, v. 144(2), p. 393-400, (2007).

Bingöl, E., Akyürek, B. and Korkmazer, B., “Biga Yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri:”, *Cumhuriyetin 50. yılı yer bilimleri kongresi tebliğleri*, MTA Enstitüsü, 70-77, Ankara, (1973).

Bodnar, R. J., “Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57, 683-684, (1993).

Bonev, N., Beccaletto, L., Robyr, M. and Monie, P., “Metamorphic and age constraints on the Alakeci shear zone: implications for the extensional exhumation history of the northern Kazdağ Massif, NW Turkey”, *Lithos*, v. 113, p. 331-345, (2009).

Bozkaya, G. and Banks, D. A., “Sulfur isotope geochemistry and mineralogy of Balcılar vein type barite-sulphide mineralization, Biga peninsula, NW Turkey”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 200-205, (2016).

Bozkaya, G. and Çelik, Ş., “Kumarlar (Çanakkale) Pb-Zn Cevherleşmesinin Sıvı Kapanım Özellikleri”, *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri* 26 (1-2): 43-56, (2009).

Bozkaya, G. and Gökçe, A., “Lead and sulfur isotope studies of the Kuru (Çanakkale, Turkey) lead-zinc deposits”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18, 127-137, (2009).

Bozkaya, G., Gökce, A. and Bodnar, R.J., “Epithermal mineralization in Western Turkey: Nature and origin of the fluids. European Current Research on Fluid Inclusions”, ECROFI-XXI Abstracts Volume, 9-11 August, (2011).

Bozkaya, G., Özbaş, F. and Wallington, J., “Fluid processes in the Tesbihdere base-metal-Au deposit: Implications for epithermal mineralization in the Biga Peninsula, NW Turkey”, Central European Journal of Geosciences. 6.10.2478/s13533-012-0169-9, (2014).

Bozkurt, E. and Mittwede, S.K., “Türkiye jeolojisine giriş-bir sentez”, Uluslararası Jeoloji Dergisi 43, 578-594, (2001).

Çakır, Ş. and Karakaş, A., “Geology of Biga-Karabiga (Çanakkale) and Surrounding Areas”, Journal of Applied Earthsciences, Vol: 17, No: 1, (27-38), (2018).

Çağatay, A., “Batı Anadolu kurşun-çinko yataklarının jeoloji-mineraloji etüdü ve kökenleri hakkında görüşler”, T.J.K. Bült., v. 28(2), p. 119-132, (1980).

Demirela, G., “Çataltepe (Lapseki-Çanakkale) Pb-Zn±Cu±Ag Yatağı'nın Jeolojisi ve Kökeni”, (2011).

Demirela, G., Akiska, S., Sayılı, I.S. and Kuşçu, İ., “Çataltepe (Lapseki-Çanakkale) Pb-Zn±Cu±Ag Yatağı'nın Jeolojisi ve Alterasyon Özellikleri”, (2014).

Demirtaş, R., “Marmara Bölgesi Diri Fayları, Paleosismolojik Çalışmalar ve Gelecek Deprem Potansiyelleri”, (2019).

Dönmez, M., Akçay, A.E., Duru, M., Ilgar, A. and Pehlivan, S., “1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası”, ÇANAKKALE-H17 Paftası. Ankara: MTA. No:101, (2008).

Dönmez, M., Akçay, A.E., Eyüpoğlu, M. and Atıcı, Y., “Biga Yarımadası Tersiyer Volkanitleri”, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ara Rapor (Yayınlanmamış), (2002-2003).

Dönmez, M., Akçay, A.E., Genç, Ş.C. and Acar Ş., “Biga yarımadasında Orta-Üst Eosen volkanizması ve denizel ignimbiritler”, Maden Teknik Arama Dergisi, 131, 49-61, (2005).

Duru, M., Pehlivan Ş., Şentürk Y., Yavaş, F., and Kar, H., “New Results on The Lithostratigraphy of The Kazdağ Massif in Northwest Turkey”, Turkish Journal of Earth Sciences, A Special Issue Commemorating, Okan Tekeli, Pp: 177-186, (2004).

Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A.İ., Şentürk, Y. and Kar, H., “Biga Yarımadası'nın Tersiyer Öncesi Jeolojisi”, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel yayın serisi No:28 Ankara, (2012).

Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis, C., Walter, H. and Yıldırım, T., “Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri”, M.T.A. Dergisi, 117, 55-86, (1995).

Ercan, T., Türkecan, A., Guillou, H., Satır, M., Sevin, D. and Şaroğlu, F., “Marmara Denizi çevresindeki Tersiyer volkanizmasının özellikleri”, MTA Dergisi, 120: 199-221, (1998).

Gjelsvik, T. “Türkiye'nin Batısında Biga Yarımadası Bölgesinde Alpin Volkanizmaya bağlı Maden Yatakları Üzerinde Aramalar”. MTA Raporu. No: 2480, (1956).

Goldstein R H., “Petrographic Analysis of Fluid Inclusions: Samson, I., Anderson, A., Marshall, D., Fluid Inclusions: Analysis and interpretation”, Ottawa: Mineralogical Association of Canada, 9–53, (2003).

Günaydın, A., “Geology And Geochemistry Of Nodular-Phosphate And Fault-Controlled Hydrothermal-Phosphate Mineralizations In Arıklı And Nusratlı Villages (Ayvacık-Çanakkale, Nw Turkey)”, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 155 (155), 131-146. DOI: 10.19111/bulletinofmre.314197, (2017).

Hoefs, J., “Stable isotope geochemistry”, (Third Edit.): 241 p., New York, USA, Springer Verlag, (1987).

Holmes, A., “Principles of Physical Geology. 2nd Edition”, The Ronald Press, New York, 1288, (1965).

Hüseyin Akol Madencilik, “İR 1811 Kumarlar Ruhsat Sahası Genel Değerlendirme Raporu”, (Yayınlanmamış), (2017).

Hüseyin Akol Madencilik, “Kumarlar Sahası Mineral Kaynak Raporu”, EGEMAD (Yayınlanmamış), (2018).

Kasapçı, C., “Kuzeybatı Anadolu Pb-Zn Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumlarının Karşılaştırmalı İncelemesi”, İstanbul Üni., Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, (2005).

Ketin, İ., “Anadolu'nun Tektonik Birlikleri”, MTA Dergisi, 6, 20-34, (1966).

Kıran, D.Y., “Koru (Çanakkale) Yöresi Kurşun-Çinko Cevherleşmelerinin Oluşum Mekanizmasının Jeokimyasal Modellenmesi”, (2013).

Okay, A., Siyako, M. and Bürkan, K. A., “Biga Yarımadası’nın jeolojisi ve tektonik evrimi”, TPJD Bülteni 2(1), s. 83-121, Ankara, (1990).

Okay, A.I., Siyako, M. and Bürkan, K.A., “Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula, northwest Turkey”, Bulletin of the Technical University of Istanbul, Special Issue on Tectonics, v.44, p. 191-256, (1991).

Okay A.I. and Satır M., “Upper Cretaceous Eclogite – Facies Metamorphic Rocks from the Biga Peninsula, Northwest Turkey”, Turkish Journal of Earth Sciences, 9:47–56, (2000<sup>a</sup>).

Okay, A.İ. and Satır, M., “Geochronology of Eocene plutonism and metamorphism in northeast Turkey: evidence for a possible magmatic arc”, Geodinamica Acta, 19/5: 251-266, (2006).

Okay, A. and Tuysuz, O., “Tethyan Sutures of northern Turkey”, Geological Society London Special Publications. 156. 475-515. 10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22, (1999).

Robinson, B.W. and Kusakabe, M., “Quantitative preparation for sulfur dioxide for 34S/32S analysis from sulfides by combustion with cuprous oxide”, Anal. Chem. 47, 1179–1181, (1975).

Sfondrini, G., “Surface Geological Report on AnTPO/1/538 and 537:”, TPAO Arama Grubu Rap. No:1429, 9s. (Yayımlanmamış), (1961).

Shepherd, T.J., Rankin, A.H. and Alderton, “D.H.M., A practical guide to fluid inclusion studies”, Blackie, London, s.235, (1985).

Siyako, M., Bürkan, K.A. and Okay, A.İ., “Biga ve Gelibolu Yarımadaı’nın Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları”, TPJD Bülteni, C. 1/3: 183-199, (1989).

Sümengen, M. and Terlemez, İ., “Stratigraphy of Eocene Sediments in the Southwest Thrace”, Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 113(113), 15-29, (1991).

Şengör, A. M. C., Görür, N. and Şaroğlu, F., “Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. (Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation”, Editörler: Biddle, K.T., Chrisite-Blick, N.). Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 227- 264, (1985).

Şengün, F. and Çalık, A., “Çamlıca Metamorfitlerinin (Biga Yarımadası, KB Türkiye) metamorfizma özellikleri ve korelasyonu”, Türkiye Jeoloji Bülteni, v.50, p.1-16, (2007).

Toker, V. and Erkan, E., “Gelibolu Yarımadası Eosen Formasyonları Nannoplankton Biyostratigrafisi”, Maden Tetkik ve Arama Dergisi 101–102, 68–72, (1985).

Url-A-<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx> (yerbilimleri.mta.gov.tr) MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü (Erişim Tarihi: 15.12.2023).

Url-B-<http://www.googleearth.com> Alındığı Tarih: (2023).

Url-C-<https://canakkale.afad.gov.tr/kurumlar/canakkale.afad/PdfDosyaları/Canakkale-IRAP.pdf>, Çanakkale İl Afet Risk Azaltma Planı (IRAP) (Erişim Tarihi: 03.12.2023).

Url-D-<https://ggl.iuc.edu.tr/tr/content/jeokronoloji-laboratuvari/jeokronoloji-laboratuvari> (İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, Jeokronoloji Laboratuvarı) (Erişim Tarihi: 20.12.2023).

Ünal, O., “Trakya jeolojisi ve petrol imkanları”, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Grubu Rapor No: 391, 103 s. Ankara (Yayımlanmamış), (1967).

Van Den Kerkhof A.M. and Hein, U.F., “Fluid Inclusion Petrography”, Lithos (55), p.27-47, (2001).

Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, O.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacik, Z., Altunkaynak, Ş. and Elmas, A., “When Did The Western Anatolian Grabens Begin to Develop In: Bozkurt, E., Winchester, J.A., Piper, J.A.D., (eds.), Tectonics and Magmatism in Turkey and The Surrounding Area”, Journal of Geology Society London Special Publication,173, 353-384, (2000).

Yılmaz, Y., Genç, S.C., Karacik, Z. and Altunkaynak, Ş., “Two Contrasting Magmatic Associations of NW Anatolia and Their Tectonic Significance”, Journal of Geodynamics, 31, 243-271, (2001).

Yılmaz, Y. and Karacik, Z., “Geology of the northern side of the Gulf of Edremit and its tectonic significance for the development of the Aegean grabens”, Geodinamica Acta-GEODIN ACTA. 14. 31-43. 10.1016/S0985-3111(00)01060-3, (2001).