



RECEP TAYYIP  
ERDOĞAN  
ÜNİVERSİTESİ

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ZANKAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) CEVHERLEŞMESİNİN**  
**JEOLOJİSİ, JEOKİMYASI VE KÖKENİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Şevval Sıla ÇINAR ÖZDEMİR**

**Danışman**  
**Doç. Dr. Yılmaz DEMİR**

**RİZE**  
**2023**

## KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında, Doç. Dr. Yılmaz DEMİR danışmanlığında, Şevval Sıla ÇINAR ÖZDEMİR tarafından hazırlanan *Zankar (Kelkit-Gümüşhane) Cevherleşmesinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Kökeni* adlı bu tez çalışması, 31/08/2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı SOYADI	İmza
Başkan	: Doç. Dr. Yılmaz DEMİR	
Üye	: Prof. Dr. Raif KANDEMİR	
Üye	: Prof. Dr. İbrahim UYSAL	

## ETİK BEYAN

Jeoloji Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Zankar (Kelkit-Gümüşhane) Cevherleşmesinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Kökeni” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dahil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle Kabul, beyan ve taahhüt ederim.

11/08/2023

**Şevval Sıla ÇINAR ÖZDEMİR**

## ÖN SÖZ

Öncelikle Yüksek Lisans Tez çalışmasının her aşamasında bana yardımcı olan, tecrübelerini paylaşan, samimiyeti, ilgisi sayesinde tez sürecimi rahatlıkla tamamlama vesile olan ve üzerimde büyük emeği olan Danışmanım Doç. Dr. Yılmaz DEMİR'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışmanın mineral kimyası analizleri Ludwig Maximillians Üniversitesi'nde yapılmıştır. Analizlerin yapım aşamasındaki katkılarından dolayı Prof. Dr. İbrahim UYSAL'a ve Ludwig Maximillians Üniversitesi (Münih, Almanya) öğretim üyesi Dirk Müller'e teşekkürü borç bilirim. Arazi çalışmalarındaki desteklerinden ötürü Arş. Gör. İbrahim AKPINAR'a ve tez çalışmaları süresince desteğini esirgemeyen, bilgilerinden faydalandığım Prof. Dr. Raif KANDEMİR'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında hep yanımda olan sevgili aileme ve çok değerli dedeme gönülden sevgilerimi sunarım.

Son olarak, sabırla, özveriyle, bıkmadan, yorulmadan çalışmanın her aşamasında benimle birlikte olan bilgisi ve tecrübeleriyle rehberim olan sevgili eşim Emre ÖZDEMİR'e teşekkürü borç bilirim. Bu çalışmanın ülkemize yararlı olmasını dilerim.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi RTEÜ BAP Birimi tarafından FYL-2022-1371 nolu proje ile desteklenmiştir.

**Şevval Sıla ÇINAR ÖZDEMİR**

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	X
GİRİŞ.....	1
1. GENEL BİLGİLER.....	3
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı.....	3
1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım.....	3
1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü.....	4
1.4. Önceki Çalışmalar.....	5
1.5. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi.....	7
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ANALİTİK YÖNTEMLER.....	10
2.1. Arazi Çalışmaları.....	10
2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	10
2.2.1. Petrografik Parlak Kesitler.....	11
2.2.2. Sıvı Kapanım Kesitleri.....	11
2.2.3. Mineral Kimyası Analizi İçin Örneklerin Hazırlanması.....	12
2.3. Büro Çalışmaları.....	12
2.4. Analitik Yöntemler.....	12
2.4.1. Mineral Kimyası Analizleri.....	12
2.4.2. Sıvı Kapanımların Mikrotermometrik Ölçümleri.....	13
3. BULGULAR.....	14
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi.....	14
3.1.1. Gümüşhane Graniti (Granit, Granodiyorit, Kuvarslı diyorit).....	14
3.1.2. Şenköy Formasyonu.....	17

3.1.3. Berdiga Formasyonu .....	17
3.1.4. Kermutdere Formasyonu .....	18
3.1.5. Alibaba Formasyonu .....	20
3.2. Kazanpınar-Kelkit Bölgesinin Maden Jeolojisi ve Mineralojisi .....	20
3.3. Sülfür Kimyası .....	35
3.3.1. Pirit Kimyası .....	35
3.3.2. Kalkopirit Kimyası .....	37
3.3.3. Sfalorit Kimyası .....	37
3.3.4. Galen Kimyası .....	40
3.4. Sıvı Kapanım Çalışmaları .....	42
3.4.1. Sıvı Kapanım Petrografisi .....	43
3.4.2. Mikrotermometrik Ölçümler ve Tuzluluk Hesaplamaları .....	46
4. TARTIŞMA .....	51
5. SONUÇLAR .....	53
6. ÖNERİLER .....	54
KAYNAKLAR .....	55

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Anabilim Dalı** : Jeoloji Mühendisliği  
**Tez Türü** : Yüksek Lisans Tezi  
**Danışman** : Doç. Dr. Yılmaz DEMİR  
**Hazırlayan** : Şevval Sıla ÇINAR ÖZDEMİR  
**Yıl** : 2023  
**Sayfa Sayısı** : 76

**ÖZET**

**ZANKAR (KELKİT-GÜMÜŞHANE) CEVHERLEŞMESİNİN JEOLojİSİ,  
JEOKİMYASI VE KÖKENİ**

Gümüşhane Kelkit mevkiinde yer alan Zankar Zn-Pb-Cu cevheri andezit bazalt ve piroklastlarından oluşan Şenköy Formasyonu içinde K40D doğrultulu kırık hattı boyunca oluşmuştur. Saha gözlemleri ve mikroskop çalışmalarına göre damar tip cevher yapısının yanında bantlı, ağsal, saçınımlı ve breşik cevher yapıları yaygındır. Pirit, sfalerit ve galen cevherde yaygın olan, kalkopirit ise eser miktarda gözlenen sülfütlüdür. Bu sülfütlere gang olarak kalsit ve kuvars eşlik etmektedir.

Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 155 °C ile 371 °C arasında değişmektedir. Bu kapanımların tuzlulukları ise 1,7 ağı.% NaCl eşd. ile 14,1 ağı.% NaCl eşd. arasında değişmektedir. Kapanımların -41 °C ile -56,7 °C arasında değişen ötektik sıcaklıkları sıvı kapanımların bileşiminin H<sub>2</sub>O-CaCl<sub>2</sub>-FeCl<sub>2</sub> bileşiminde olabileceğini göstermiştir. Homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri Zankar cevherinin epitermal-mezotermal şartlarda oluşmuş damar tip bir cevherleşme olduğunu göstermektedir. Sıvı kapanımların 14,1 ağı.% NaCl eşdeğerine ulaşan tuzlulukları cevher oluşumunda magmatik kökenli çözeltilerin etkin olabileceğine işaret ederken, bu tuzluluk değerlerinin 1,7 ağı.% NaCl eşdeğerine kadar azalma göstermesi önemli miktarda meteorik çözelti karışımına işaret eder.

Mineral kimyası analizlerine göre piritlerin As içerikleri 5,95 ağı.%'ye, Co içerikleri 0,91 ağı.%'ye ulaşırken, Ni içerikleri 0,24 ağı.%'nin altındadır. Sfaleritlerin Fe içerikleri 19,73 ağı.%'ye, Cd içerikleri 8,55 ağı.%'ye, As içerikleri ise 0,89 ağı.%'ye ulaşmaktadır. Piritlerde 0,51 ağı.%'ye, sfaleritlerde 0,64 ağı.%'ye, galenlerde ise 0,26 ağı.%'ye ulaşan Ag değerleri tespit edilmiştir. Piritlerin yüksek Co içerikleri ve sfaleritlerin yüksek Cd içeriklerine göre Zankar cevherini oluşturan çözeltilerin asitik kökenli magmatik sistemle ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zankar, Sıvı Kapanım, Mineral Kimyası, Kelkit, Gümüşhane

**Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies**

**Department** : Geological Engineering

**Thesis Type** : Master's Thesis

**Supervisor** : Assoc. Prof. Dr. Yılmaz DEMİR

**Author** : Şevval Sıla ÇINAR ÖZDEMİR

**Year** : 2023

**Pages** : 76

## **ABSTRACT**

### **GEOLOGY, GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF THE ZANKAR MINERALIZATION (KELKİT-GÜMÜŞHANE)**

Zankar Zn-Pb-Cu mineralization (Kelkit-Gümüşhane) was formed along the N40E trending fracture within the Şenköy Formation consisting of andesite, basalt and pyroclastites. According to field observations and microscope studies, banded, stocwork, disseminated and brecciated ore structures are common in addition to the vein-type ore structure. Pyrite, sphalerite and galena are common sulfides, while chalcopyrite occurs in trace amounts. Calcite and quartz accompany these sulfides as gangue.

The homogenization temperatures of the fluid inclusions vary between 155 °C and 371 °C. The salinity of these inclusions varies between 1.7 wt.% NaCl eq. to 14.1% wt.% NaCl eq. The eutectic temperatures of the inclusions ranging from -41 °C to -56.7 °C showed that the composition of the fluid inclusions could be in the composition of H<sub>2</sub>O-CaCl<sub>2</sub>-FeCl<sub>2</sub>. Homogenization temperatures and salinity values indicate the Zankar ore is vein-type mineralization formed under epithermal-mesothermal conditions. At the same time, the salinity of the liquid inclusions reached 14.1% wt.% NaCl equivalent indicates that magmatic origin solutions may be effective in ore formation, decreasing these salinity values to 1.7 wt.% NaCl equivalent suggests a significant amount of meteoric solution mixture.

According to the mineral chemistry analysis, the As contents of the pyrites reach 5.95 wt.%, the Co contents reach 0.91 wt.%, while the Ni contents are below 0.24 wt.%. The Fe contents of sphalerites reach 19.73 wt.%, Cd contents reach 8.55 wt.% and As contents reach 0.89 wt.%. The Ag values reaching 0.51 wt% in pyrites, 0.64 wt% in sphalerites, and 0.26 wt% in galenas were determined. According to the high Co contents of the pyrites and the high Cd contents of the sphalerites, it has been evaluated that the solutions forming the Zankar ore may have originated from an acidic type magmatic system.

**Keywords:** Zankar, Fluid Inclusion, Mineral Chemistry, Kelkit, Gumushane

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

CO <sub>2</sub>	:	Karbondioksit
Si	:	Silisyum
Al	:	Alüminyum
Na	:	Sodyum
Ca	:	Kalsiyum
H <sub>2</sub> O	:	Hidrojen Dioksit
HCl	:	Hidrojen Klorür
H <sub>2</sub> S	:	Hidrojen Sülfür
S	:	Kükürt
Fe	:	Demir
Ni	:	Nikel
As	:	Arsenik
Zn	:	Çinko
Pb	:	Gümüş
Cu	:	Bakır
Au	:	Altın
µm	:	Mikron

## TABLÖLAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Sıvı Kapanımlara ait mikrotermometrik ölçüm sonuçları .....	50
<b>Ek Tablo 1.</b> Pirit Analiz Sonuçları.....	60
<b>Ek Tablo 2.</b> Sferit Analiz Sonuçları.....	65
<b>Ek Tablo 3.</b> Galen Analiz Sonuçları .....	71
<b>Ek Tablo 4.</b> Kalkopirit Analiz Sonuçları .....	76



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası .....	4
Şekil 2. Türkiye'nin tektonik haritası .....	7
Şekil 3. Çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası .....	15
Şekil 4. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesiti (ölçeksiz) .....	16
Şekil 5. Şenköy Formasyonu ve Berdiga Formasyonuna ait arazi görünümü.....	18
Şekil 6. Şenköy Volkanitleri üzerine Transgresif olarak yerleşen Kermutdere Filişine ait arazi görünümü, fotoğraf KB'dan GD'ye bakılarak çekilmiştir. ....	19
Şekil 7. Zankar cevherine ait eski üretim galeri görünümü.....	22
Şekil 8. Zankar Cevherine ait makro arazi örneği .....	24
Şekil 9. Eski üretim galerisine ait örneğin makro el örneği ve parlak kesit fotoğrafı 25	
Şekil 10. Galeri pasasından alınan örneklerin makro ve parlak kesit fotoğrafları ....	26
Şekil 11. Sfalerit mineralinin sıvı kapanım mikroskop görüntüsü .....	29
Şekil 12. Sfalerit mineralinde gözlenen ornatıma ait mikroskop görüntüsü .....	30
Şekil 13. Sfalerit ve galen minerallerinde gözlenen ornatıma ait mikroskop görüntüsü .....	32
Şekil 14. Kalkopirit ve sfalerit minelerine ait mikroskop altı görüntüsü .....	33
Şekil 15. Makro alınan örneklerin dokusal ilişkilerini gösteren mikroskop altı görüntüsü .....	34
Şekil 16. Pirit minerallerindeki a) As-S arasındaki, b) As-Fe arasındaki, c) Fe-Pb arasındaki, d) Fe-Cu arasındaki, e) Fe-Ni arasındaki ve f) Fe-Co arasındaki negatif korelasyonlar.....	36
Şekil 17. Kalkopirit minerallerindeki a) Fe-Zn arasındaki, b) Cu-Zn arasındaki ve c) Cu-Cd arasındaki negatif korelasyonlar .....	37
Şekil 18. Sfalerit minerallerindeki a) Zn-Fe, b) Zn-Cd, c) Zn-Pb ve d) Te-Cd arasındaki korelasyon ilişkileri.....	39
Şekil 19. Galen minerallerindeki a) As-S, b) As-Ag, c) As-Pb ve d) Fe-Cu arasındaki korelasyon ilişkileri.....	41
Şekil 20. a, b) Kalsit minerallerinde bulunan gaz oranı yüksek sıvı kapanımlar, c, d) Kalsit minerallerinde bulunan sıvı oranı yüksek kapanımlar, e, f) Gaz oranı yüksek ve sıvı oranı yüksek kapanımların bir arada bulunması .....	45

<b>Şekil 21.</b> Sıvı kapanımların Ötektik sıcaklarının $T_h$ sıcaklığına karşılık dağılımları	46
<b>Şekil 22.</b> Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk dağılım grafiği .....	48
<b>Şekil 23.</b> Sıvı kapanımlara ait homojenleşme sıcaklığı histogramı.....	49



## GİRİŞ

Hidrotermal maden yatakları, köken olarak epijenetik, tektonik ve morfolojik olarak geneli uyumsuz cevher kütleleri şeklinde bulunan bu yataklar, sıcak çözeltilerin neden olduğu hidrotermal çözeltilerin ürünüdür. Magmanın ayrımlaşması esnasında oluşan fazların en son bölümü bu sıvı fazlarıdır. Bu fazlar, metallerce zengin olabilmektedir. Bu eriyik metalleri sıcaklığı azalan katı fazların, kayaçların dış kısmına taşırlar. Yan kayaçların katılaşmasından sonra oluşarak ard oluşumlu yatakları meydana getirirler. Magmaların kristalleşmesi hidrotermal evre ile son bulur. Hidrotermal evrede sıcaklıklar düşük ve 50°C-650°C arasında değişmektedir. Bu koşullarda magmasal kütleler tamamıyla katılaşmış ve uçucu elemanlarının çoğu kaybedilmiştir. Ancak üst zonların bazı kısımlarında H<sub>2</sub>O bakımından zengin eriyikler kalmıştır, bu eriyikler HCl, HF, H<sub>2</sub>S, HS ve CO<sub>2</sub> gibi bileşenlerin yanı sıra pek çok metal iyonu içerirler ve mineralleşen sıvılar hidrotermalitler adını alırlar. Birkaç istisna hariç epijenetik maden yatakları içerisinde yer alan hidrotermal maden yatakları, bu çözeltilerin etkileşimi ile meydana gelirler.

Hidrotermal teoriye göre, hidrotermal yataklar magma sokulumu ile direkt ilişkilidirler. Hidrotermalitlerin sıcaklık ve basınçları bu magmasal kütleden uzaklaştıkça ve yer kabuğunda yükseldikçe azalır. Dolayısıyla hidrotermal maden yataklarının oluşumunda hem magmatik hem de meteorik ve metamorfik kökenli sıvılar, çoğunlukla birlikte etkili olmaktadır. Hidrotermal çözeltilerin etken olduğu cevher minerallerinin oluşmasında-çökmesinde rol oynayan başlıca etkenler;

- Kayaç kırık, çatlak ve boşluklarında eritici maddelerin buharlaşması
- Basınç değişimi
- Sıcaklığın azalması
- Ortamdaki pH değişimi
- Yer yüzünden gelen oksijen difüzyonu
- Diğer eriyiklerle karışma olarak sınıflandırılabilir.

Hidrotermal yataklar genellikle damarlar halinde yataklanırlar. Ancak yan kayaç özelliklerine göre ağsal şekillerde de oluştuğu gözlemlenebilmektedir. Yataklanma aşamalarında her türlü birincil ve ikincil süreksizlikler, boşluklar en

uygun ortamlardır. Bu ortamlara ya genel olarak yerleşme mekanizmaları ile doğrudan ya da dolaylı olarak element değişimi yolu ile yataklanırlar. İlk tipte zengin çözeltilerin buldukları boşluklara içerdikleri cevherleri doğrudan bırakarak gelişen bir yataklanma; ikincisinde ise içerisindeki elementleri yan kayaç temaslarında yer değiştirme ile cevherleşme söz konusu olabilmektedir.

Hidrotermal yataklar, Türkiye’de geniş bir dağılım sergilemektedir. Farklı yataklanma şekilleri ve parajenezler gösterirler. Bunlar arasında Menderes Masifi, Manisa Ödemiş, İzmir Tire, Aydın Koçarlı bölgelerinde Au damarları; Pb - Zn - Cu damarları olarak Doğu Karadeniz bölgesinde, Deveci (Malatya), Otlukilise (Sivas), Develi (Kayseri)’de Demir yatakları; Ulukışla Pb - Zn yatakları, Bolkardağ Au - Ag yatakları belirtilebilir. Doğu Karadeniz - Torul - Gümüşhane Pb - Zn - Cu damarları cevher gelişimi bulunmaktadır.

Cevher, damar şeklinde yan kayaça girmiş; kayaçta farklı seviyelerde, kayaç yapısal özelliklerine bağlı olarak ayrışma olayları oluşturmuştur. Cevher oluşum mekanizması hakkında volkanizma sonrası hidrotermal etkinlik ile granodiyoritik sokulum ile ilgili derin kökenli bir çözelti fazı şeklinde görüşler söz konusudur. Tespit edilen mineraller; sfalerit, kalkopirit, galen ve kovelin ana sülfürleri ile karbonat ve kuvars şeklindedir.

Bu makalede Zankar (Kelkit/Gümüşhane) ve civarındaki Alt-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonuna ait volkano-tortul kayaçların jeolojik, jeokimyasal ve kökensel özellikleri ortaya konularak, Zankar cevherinin damar tipi epitermal bir oluşum olduğuna açıklık getirilmeye çalışılacaktır.

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı**

Gümüşhane İli ekonomik maden potansiyeli bakımından ülkemizin önemli bölgelerinden biridir. Bölgedeki maden yataklar ve zuhurlarından bazıları Istala (Torul), Köstere (Torul), Düzköy (Kürtün), Midi (Karamustafa), Eğrikar (Kürtün), Hazinemağara, Kırkpavli, Mastra, Arnastal, Bahçecik, Eskiköy, Belentepe, Melek, Karadağ şeklinde sıralanabilir. Bu yataklardan bazıları eski dönemlerde, dönemin şartları ile işletilmiş iken, bazıları modern madencilik yöntemleri ile halen işletilmekte ve bazılarında ise prospeksiyon çalışmaları devam etmektedir. Bu yataklarla ilgili çok sayıda bilimsel çalışma yapılmış olup oluşum şartları ve kökensel özellikleri detaylı olarak irdelenmiştir.

Bölgede bilinen sahaların dışında prospeksiyon aşamasında olan sahalar da bulunmakla beraber Zankar sahası bunlardan biridir. Kazanpınar Köyü çevresinde Zankar deresi yanında bulunan sahada çok sayıda eski üretim yerleri ve galeriler bulunmakta olup bunların jeolojik ve mineralojik özellikleri incelenerek, saha çalışmaları ve analiz değerleriyle birlikte yorumlanacaktır. Tez çalışması bu kapsamda sahada bulunan cevherleşmenin olduğu sistemin, kökensel özellikleri ve oluşum şartlarının ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

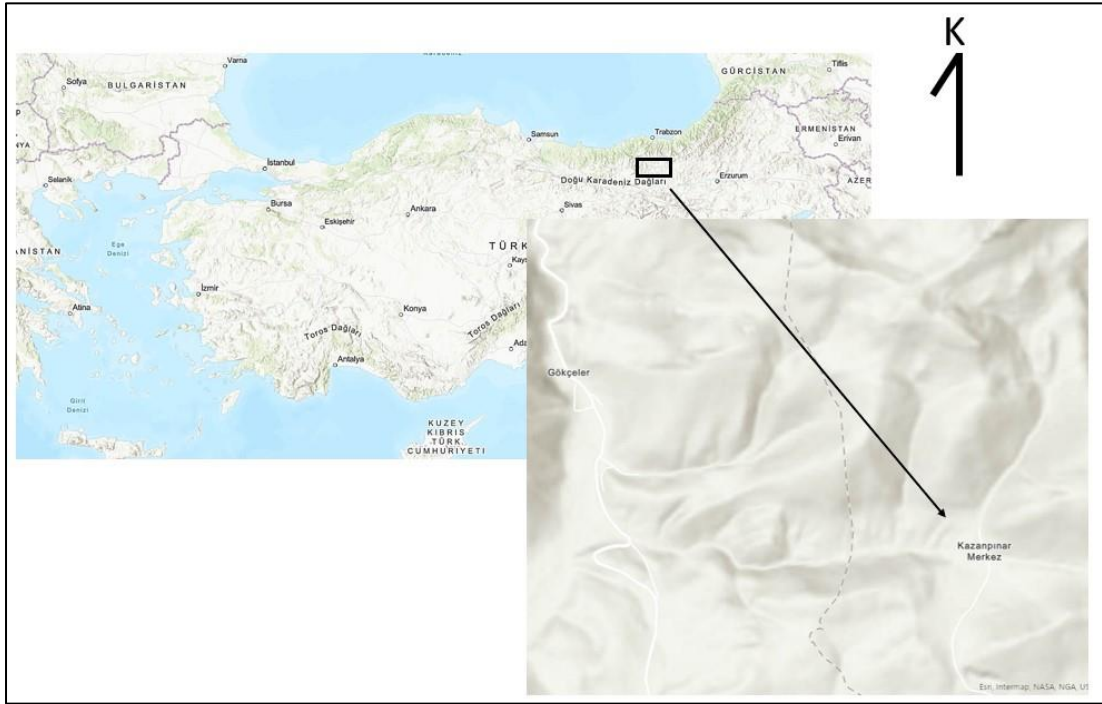
Zankar sahasının saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda jeolojik ve mineralojik özellikleri belirlendikten sonra mineral kimyası çalışmaları ile cevher minerallerinin bileşimleri ve kökensel özellikleri ortaya konmuştur. Sıvı kapanım çalışmaları ile cevheri oluşturan çözeltilerin oluşum şartları (sıcaklık, basınç vb.) ve bu çözeltilerin bileşimsel özellikleri (tuzluluk miktarı, olası tuz türleri) belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen verilerin Zankar sahasının jeolojik ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesinin yanısıra oluşum şartları ve kökensel özelliklerinin belirlenmesine ve bölgede bilinen diğer cevherleşmeler arasındaki kökensel ilişkinin kurulması veya yorum getirilmesi hedeflenmiştir.

### **1.2. Konum, Yerleşim ve Ulaşım**

Çalışma alanı Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Gümüşhane iline bağlı Kelkit ilçesi Kazanpınar Köyü sınırları içerisinde bulunmakta ve 1/25000 ölçekli H42-c2 pafta

sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı doğuda Şen Köyü, güneyde ise Kelkit ilçesine bağlı Sulak Köyü tarafından çevrilmiştir. Kazanpınar Köyü, Kelkit'in kuzeybatısında bulunmakta olup Kelkit ilçe merkezine 22 km uzaklıktadır (Şekil 1). Çalışma alanına, Kelkit ilçe merkezinden Bayburt-Şebinkarahisar karayolu aracılığı ile 18 km ilerledikten sonra 4 km kuzeye Kazanpınar Köyü tali yolu ile devam edilerek ulaşılmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

### 1.3. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü

Zigana Dağları güneyinde bulunan çalışma alanında orta derecede engebeli bir plato morfolojisi hakimdir. Çalışma alanı içerisindeki önemli yükseltileri Zankar Tepesi (2041 m), Karabayır Sırtı (1942 m) ve Yıkıkkaya Tepesi (1749 m) oluşturmaktadır. Saha sınırları içerisinde bulunan Zankar Deresi (1564 m), Karataş Deresi ve Kaçak Deresi, Şensuyu Deresini beslemektedir. Zankar deresi, bölgenin kuzeybatısında Tersunsuyu deresi ile birleşmektedir. Bu dereler, az miktarda su taşıyan veya tamamen kuru olan derelerdir. Kelkit bölgesinde yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı karasal iklim özellikleri egemendir. Çalışma alanının büyük

kısmı bitki örtüsü içermeyen açık alan ve eski galerilerden oluşur. Bununla birlikte sahanın kuzey ve kuzeybatısında ladin ve çam ağaçları bulunur. Çalışma alanında çayırılık alanlara sıkça rastlanmaktadır. Bölge halkı geçimini ağırlıklı olarak hayvancılıktan sağlamaktadır.

#### **1.4. Önceki Çalışmalar**

Zankar Bölgesi'nde geçmiş dönemlere ait detaylı prospeksiyon çalışmaları bulunmamakla birlikte bölge jeolojisi çalışmalarında ve özel maden arama şirketlerinde bölgeden bahsedilmektedir. Yapılan bu çalışmalar, küçük ölçekli jeoloji haritası, bölgede açılan yarmalar ve firmalara ait sondajlardır. Eski döneme ait galeri üretimleri de mevcuttur. Sözel olarak bölge halkından alınan yanıtla göre galerilerin devamlılığı ve uzunluğu hakkında net bir bilgi yoktur. Gümüşhane iline ait geçmiş akademik çalışmalar ve daha önceki dönemlerde bölgedeki şirketlerin gerçekleştirdiği prospeksiyon çalışmaları, çalışma alanına ait jeolojik özelliklerin yorumlanmasında yol gösterici olmaktadır.

Bölge jeolojisi çalışması olarak; çalışılan alanın taban kayacı metamorfik birimlerden oluştuğu ve bu kayaların intrüzif ve volkanitlerle kesildiği belirtilmiştir (Ketin, 1951). Bölgede bulunan tüm birimlerin tektonik açıdan geçirdiği fazlar belirlenmiştir. Bölgeye ait granitik tip kayalar ile ilgili öncül çalışmalar, bölgede detaylı olarak çalışan Baykal (1952), Ketin (1951) ve Erguvanlı (1951) ile gerçekleştirilmiştir. Dar bir alanda gözlemlenen bu birimlerin, diğer formasyonlarla olan ilişkisinin uyumsuzlukla üzerlendiğini belirtmişlerdir. Kaynaklarda ise Gattinger ve diğ. (1962) bölgenin 1/500 000 ölçekli jeolojik haritasını ilk kez hazırlayanlar olarak belirtilmektedir.

Üst Kretase döneminde bölgenin Hankırı Tepe dışındaki yerlerin karasal kaldığını, denizel alanının bölge batısında baskın olduğunu ve Üst Kretase dönemi sonunda ise aşınmaya uğradığı Yılmaz (1985) tarafından, "Kelkit (Gümüşhane) Yöresinin Jeolojisi" adlı çalışmada belirtmiştir. Paleosen yaşlı oluşumların ise, sığ ve derin denizel ortamdaki farklı fasiyes çökelleri ile baskın olması ve volkanik faaliyetlerin yer yer egemen olması, o dönemde ortamın duraysız olabileceğini göstermiştir. Bölgedeki Paleosen yaşlı kayaların aşınmaya karşı zayıf olması ve

stratigrafik olarak üst seviyelerinde olmasını, zamanla aşınma ile kaybolması şeklinde yorumlamıştır.

Kelkit (Gümüşhane) ve çevresinde yaptığı bölgenin tektonik ve stratigrafik özellikleri ile ilgili çalışmasında, alanı yüzlek veren birimleri, otokton ve allokton olmak üzere iki ana başlığa ayırmış Gürsoy (1989) ve incelemiştir. İnceleme alanında bulunan tabanda metamorfik birimler ile bir temele yerleşen Gümüşhane Granitoidi'nin otokton birimleri oluşturduğunu ve bu oluşumun Liyas-Dogger yaşlı volkano-tortul istifli Kelkit Formasyonu ile transgresif olarak üzerlediğini belirtmiştir.

Gümüşhane ve yakın çevresinde, Gümüşhane Graniti üzerine uyumsuzlukla gelen istifin üst kısımlarında ise Berdiga Formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerleyen birimleri yaptığı çalışmasında Kandemir (2004) Şenköy Formasyonu olarak adlandırmıştır. Şenköy Formasyonunun bölgede andezit-bazalt ve bu birimlere ait piroklastlarından oluştuğu, birimin genel olarak siyah, gri ve grimsi siyah renklerde ve yuvarlak büyük bloklar şeklinde yer yer ise akma yapısının gözlemlendiğini belirtmiştir (Akbulut, 2014). Şenköy Formasyonu içerisindeki volkano-tortul birimlerin genel olarak kırıklı ve çatlaklı yapıda olduğu, bu çatlaklarda ise limonit ve kalsit varlığından bahsetmiştir.

Mastra (Gümüşhane) Yatağında yaptığı çalışmada Aslan (2011), Eosen dönemi andezitik bileşimindeki volkanik ile volkanoklastik yapıdaki kayaların yoğun olarak yer aldığını ve cevherleşmenin fay zonunda bulunan kuvars damarlarında bulunduğunu belirtmiştir. Zon içerisindeki kuvars damarlarında serizitleşme, silisleşme kloritleşme, epidotlaşma, karbonatlaşma ve kil minerallerinin gözlemlendiği hidrotermal alterasyonların olabileceğini belirlemiştir. Yapılan tüm çalışmaları sonucunda Mastra Au-Ag cevherleşmesinin düşük sülfidasyonlu adularya-serizit tip bir epitermal sistem içerisinde geliştiğini belirlemiştir.

Gümüştamla Yayla (Kelkit- Gümüşhane) bölgesindeki Zn-Pb±Ag±Au cevherleşmesi ile ilgili petrografik özellikleri, cevher minerallerinin galen, pirit, sfalerit, kalkopirit, altın, kuvars ve kalsitden oluştuğunu, cevherleşmenin kimyasına göre magmatik kökenli cevherleşme olduğunu Akbulut vd. (2014) yaptığı çalışmaları ile belirtmişlerdir.

Ünlüpinar (Kelkit, Gümüşhane) ve çevresindeki bölgede Pb-Cu-Zn±Au cevherleşmesinin jeokimyasal, jeolojik ve kökensel özellikleri ile birlikte cevherleşme

içeren birimin Şenköy Formasyonuna ait bazalt ve andezit bünyesinde geliştiğini ve cevherleşme oluşumunun pirit, galen, kalkopirit, altın, sfalerit, kalsit ve kuvars olarak tespit edildiğini Akbulut vd. (2015) tarafından yaptığı çalışmalarında belirtmişlerdir. Ayrıca sıvı kapanım çalışmalarında cevher oluşumunun 80-280°C arasında olduğunu, yapılan kükürt izotop termometre çalışmaları sonucu cevherleşmeyi oluşturan sıcaklığın 264°C olduğu tespit edilmiştir.

### 1.5. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi

Doğu Karadeniz Bölgesi içerisinde bulunan Anadolu plakası tektonik özelliklere göre İstanbul Zonu, Rodop Istranca Zonu, Sakarya Zonu, Torid-Anatolid Bloğu ile Arap Platformu olarak beş ana başlığa ayrılır (Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 2). Anadolu'nun kuzey bölgesinde bulunan bu birlik, Pontidler olarak adlandırılmış ve bu yapı özelliği İzmir-Ankara-Erzincan kenetlenen kuşağı ile Anatolid-Torid bloğundan ayrılmaktadır.



Şekil 2. Türkiye'nin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999).

Büyük bir çoğunluğu volkanik birimler olarak belirtilen çalışma alanında Mesozoyik, Paleozoyik ve Senozoyik kayalar yüzeylemektedir. Bu kayalardan

Paleozoyik yaşı olanı temel kayaç, Devoniyen yaşı bilinen metamorfik birimlerden mikaşist, gnays, mermer, amfibolit, metavolkanit ve metakuvarsit özelliktedir (Keskin, 1983; Habiboğlu, 1989; Korkmaz ve Baki, 1984; Tanyolu, 1988; Tanyolu ve akır, 1991). Bölgenin güney alanında bulunan metamorfik birimler, kümülat olarak Pulur Metamorfikleri (Ketin, 1951) adı ile bilinmekte ve Gümüşhane Granit'i olarak yer alan, kalk-alkalin bileşiminde (Tokel, 1972) sokulumlar tarafından kesilmiş halde bulunmaktadır. Devoniyen dönemine ait, yeşil şistten fasiyesinden amfibolit-granülit fasiyesi aralığında metamorfizmaya uğrayan (Habiboglu, 1989; Akdeniz, 1988; Tanyolu ve akır 1991) Pulur metamorfik birimleri, açısal uyumsuzluk ile, Permo-Karbonifer yaşı olarak tanımlanan ortokuvarsit, kömürlü şeyl, konglomera, kuvarslı kumtaşı ve kireçtaşı ardalanması ile oluşan tortul istif ile örtülmektedir (Keskin, 1983; Ağar, 1977; Korkmaz ve Baki, 1984).

(Kovenko, 1943, Zanki, 1959, Schultz-Westrum, 1958 ve 1961, Pollak, 1961, Türk-Yugoslav Ekibi, 1968 ve 1970, Sarman, 1975, Popovic, 1975, Akıncı, 1975, 1982 ve diğerleri), çalışmaları ile yapılan etütler sonucu geniş bir bölgeyi kapsayan birimler yaş özelliklerine aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

1. Paleozoyik döneme ait metamorfik birimler (kristal dokulu şist) ve granitik kayaçlar bölgenin tabanını oluşturmaktadır.

2. Marn, Kumtaşı sedimanter kayaçları ve spilitik birim ile örtülen Jura (Erken Jura) yaşındaki konglomera birimi gelmektedir.

3. Alt kesimde bulunan bazik birimlere ait istif, bölgedeki volkanik faaliyetlerin sonucu olarak oluştuğu bilinmektedir. Üst Jura-Alt Kretase yaş aralığı andezit, spilit bazalt, lav, aglomera ve bu birimlerin piroklastlarından oluşur. Bu istif içerisinde kalker, kumtaşı marn ve marnlı silttaşı gibi tortul seviyesi mevcuttur.

4. Alt bölgede bulunan dasit bileşimindeki birimler, Senoniyen döneminde oluşan dasit, aglomera, riyodasitik lav ve piroklastlarından oluşmaktadır. (Tugal, 1969) yaptığı çalışmalarda istifin kalkalkali özelliğinde olduğunu belirtmiştir. Seriyeye ait birimler; damar tipi, tabakalı ve ağsal cevherleşmeyi oluşturacak yan kayaç tipi olarak gözlendiği için cevherli dasit olarak bilinmektedir.

5. Üst bölgedeki bazik seriyeyi oluşturan birimler; Senoniyen-Eosen yaşı olarak bilinen andezitik lav, bazalt, bu birimlerin piroklastı ve sillerinden ibarettir. Bu serinin arasında kalker ile marn gibi sediman mercekleri görülmektedir.

6. Tersiyer dönemine ait granit tipindeki magmatik birimler,
7. Oligosen-Pliyosen yaşında olan volkanik birimlere ait andezitik breşler, bazalt ve bu birimlere ait çakıltaşları ile bulunan kalker ve marndan oluşur.

Erke-Orta Jurasik dönemine ait birimlerin, tabandan yukarıya doğru bütün olarak gözlemlendiği ve bu istif içerisinde barındıran Şenköy (Kelkit-Gümüşhane) bölgesi kendi tipik özelliğini sunarak bu birim Şenköy Formasyonu olarak Kandemir (2004) tarafından isimlendirilmiştir. Bölgenin kuzeyinde baskın olarak volkano-tortul bir seriden oluşan istif, güneye doğru sedimanter birimler ile bu birimlerin tuf ara katkılı olduğu gözlemlenmiştir. Birimler yanal geçişli özelliktedir ve bazalt, aglomera, diyabaz, tüflerden oluşmakla birlikte volkanik katkılar içeren marn, kumtaşı, çakıltaşı, kumlu kireçtaşı ve kiltası birimlerinden oluşmaktadır (Kandemir ve Yılmaz, 2009). Tamamen karbonatlı bir istiftan oluşan Berdiga Formasyonu bej ve gri renkli, kalın katmanlı, yoğun bentik foraminifer fosiller barındıran, üst seviyelere doğru çörtlü, taban bölgeleri dolomitlerden oluşmuş tüm istif karbonatlı fasiyes içeriğine sahip özelliktedir (Taslı, 1990; Yılmaz, 1997 ve 2002).

Kaçkar Batoliti olarak adlandırılan birimin uzantıları olan daha genç granit tipindeki sokulumları, bölgedeki bütün birimleri kesmektedir. Bölgedeki çalışmalarda alınan örnekler eşliğinde batolitin yaşının Geç Jura dönemine ait olduğunu (Şengör vd., 1980; Dokuz vd., 2010) yaptığı çalışmalarda belirtmiştir.

Şenköy Formasyonu içerisine intrüzif bir şekilde gelen Geç-Jura batolitleri Dokuz vd. (2010)'un çalışmalarına göre paleotetise ait bir kapanma ürününe işaret ederken Topuz vd. (2005); Karlı vd. (2010, 2011)'e göre Erken Senozoyik yaşındaki kayalar ile çarpışma sonrasına ait bir bütün ya da eş yaşlı bir oluşumdur. Eosen yaşlı granitoid tipindeki birim, Karadeniz Bölgesine ait havzanın açılma rejimine karşılık geldiğini (Ustaömer ve Robertson, 1997; Okay ve Şahintürk, 1997; Karlı vd., 2007; Aydın vd., 2008; 2009) tespit etmişlerdir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde öncül çalışmalara ait gözlemlenen tüm zonlar ortak birim içermektedirler. Geç Kretase dönemine ait volkanik faaliyetlerin yoğunluk ve gücüne bağlı oluşan değişiklikler ile birlikte zon ayrımının yapılması gerektiği düşünülmüştür ve çalışmalar buna göre şekillendirilmiştir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ANALİTİK YÖNTEMLER

Zankar (Kelkit-Gümüşhane) cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin incelendiği bu çalışmanın ilk aşaması literatür araştırması ve arazi gözlemlerinin örneklemelerle eş zamanlı yürütüldüğü bir çalışmadır. Daha sonrasında laboratuvar çalışmaları ve ilgili analizler yapılmıştır. Bu kapsamda arazi gözlemleri ve örneklerin analiz sonuçlarından elde edilen veriler doğrultusunda tez yazımı ve yorumu gerçekleştirilmiştir.

### 2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmasında Kazanpınar Köyü (Eski adı ile Zankar) ve çevresinde yaklaşık 16 km<sup>2</sup>'lik alanda arazinin jeolojik özellikleri ve elde edilen verilerin bütünüyle ilişkilendirilip daha önceki çalışmalar da dikkate alınarak bir bütün halinde gözlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma süresince yapılan gözlem ve gözleme dayalı veriler eşliğinde çalışma alanı ve çevresinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur. Arazide bulunan cevher lokasyonları GPS kullanılarak kaydedilmiş pusula yardımı ile mineralizasyon ve genel olarak açılma rejimine bağlı kırık-çatlak sistemleri ölçülmüştür. Cevherin makro olarak mineralojik özellikleri, cevher yapıları ve dokusal özellikleri ilk gözlem olarak saha da belirlenmiştir. Gelişen her bir cevher lokasyonu için ilgili cevherlerin mineralojik ve dokusal özelliklerini detaylandırmak amacıyla mikroskobik çalışmalar için örneklemeler yapılmıştır. Arazi çalışmalarında mineral kimyası analizlerine yönelik yatağın mineralojisini temsil eden örnekler derlenmiştir. Zankar sahasındaki ışığı geçiren cevher (sfalerit) ve gang minerallerinden (kuvars ve kalsit) sıvı kapanım çalışmalarına yönelik örneklemeler yapılmıştır.

### 2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Bu bölüm arazi çalışmaları esnasında galeri, mostra ve pasa alanlarından alınan numuneler hakkında bilgi sağlamaktadır. Alınan numuneler tüm aşamalardan geçerek kesitler haline getirilmiş ve mikroskop altında incelenmiştir.

### **2.2.1. Petrografik Parlak Kesitler**

Arazi alışmaları sırasında cevher içeren lokasyonlardan alınan cevherli örneklerin mineralojik ve dokusal özelliklerini belirlemek amacı ile 46 adet örneğin parlak kesiti hazırlanıp incelenmiştir. Bu alışmalar, Recep Tayyip Erdoğan niversitesi'nde bulunan Jeoloji Mühendisliği Bölümüne ait araştırma laboratuvarında yapılmıştır. Alınan numuneler yaklaşık 2 cm çapında ve 1 cm kalınlığında kesilmiş ve dağılmaması için 2,5 cm çapındaki kalıplara konularak epoksi içinde kalıba alınmıştır. Numunelerin yüzeyi çeşitli boyutlardaki aşındırıcı tozların/kumların kademeli olarak kullanılması yardımı ile kaba aşındırma işlemi tamamlanmıştır. Daha sonra örneklerin yüzeyi 0.1  $\mu\text{m}$  ve 1  $\mu\text{m}$  boyutlu alüminyum oksit tozları kullanılıp parlatma işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada toplam 46 adet parlak kesit rneği hazırlanmıştır. Hazırlanan parlak kesitler Olympus bx51 marka üstten aydınlatmalı mikroskop kullanılarak Zankar cevherinin mineral parajenez ve süksesyonu ile birlikte cevherin dokusal özellikleri belirlenmiştir.

### **2.2.2. Sıvı Kapanım Kesitleri**

Cevherli numunelerde yer alan ve ışık kırınımının az olduğu kuvars, barit ve kalsit minerallerinin olduğu örneklerden sıvı kapanıma ait kesitler alınmış ve hazırlıkları yapılmıştır. İlk olarak numunenin parlak yüzeyine kademeli olarak aşındırma işlemi yapılır, parlatılma işlemi yapılan kesitler soğuk bir yapıştırıcı olan (entellan) ile parlatılan yüzeyi cama yapıştırılarak kurumaya bırakılır. Kuruduktan sonra numune yaklaşık olarak 2 mm kalınlığında olacak şekilde kabaca kesilmiş, ardından aşındırma makinesi kullanılarak numunenin kalınlığı 0.5 mm'ye indirilmiştir. Bu zımparalama işlemden sonra aşındırıcı tozların (silisyum karpid) kademeli olarak kullanılması suretiyle örneğin kalınlığı 200  $\mu\text{m}$ 'ye kadar indirilmiştir. Son aşamada ise 0.05  $\mu\text{m}$  ve 1 ve  $\mu\text{m}$ 'lik alüminyum oksit tozları kullanılır ve parlatılma işlemi yapılır. Bu işlemlerle çift yüzeyi parlatılan yaklaşık 200  $\mu\text{m}$  kalınlığındaki örnek ksilen kullanılarak yapıştırıldığı camdan ayrılmış ve lme hazır hale getirilmiştir.

### **2.2.3. Mineral Kimyası Analizi İçin Örneklerin Hazırlanması**

Parlak kesitleri hazırlanan örneklerin mineralojik ve dokusal özellikleri cevher mikroskobu altında detaylı incelenmiş ve cevherin mineral parajenez ve süksesyonunu temsil eden 6 adet numune mineral kimyası analizi için seçilmiştir. Seçilen bu örneklerin Ludwig Maximillians Üniversitesi laboratuvarında ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Toplamda 6 adet olan parlak kesitlerin kalkopirit, pirit, galen ve sfalerit minerallerine ait mineral kimya analizleri yapılmıştır.

### **2.3. Büro Çalışmaları**

Ofis ortamında yapılan çalışmalar arazi, laboratuvar ve yapılan analizlerden bulunan verilerin değerlendirilmesi, önceki yapılan çalışmalar ile sentezlenerek tez yazım sürecini kapsamaktadır. Önceki yapılan çalışmalardan paraf alınan jeolojik haritalar ve stratigrafik kesitler arazi çalışmaları ile birleştirilerek bilgisayar ortamında çizilmiştir. Arazi çalışmalarında belirlenen cevher lokasyonlarının mineralojik özellikleri, parlak ve ince kesit incelemeleri ile sınıflandırılarak Zankar sahasının cevher mineralojisi oluşturulmuştur. Mineral kimyası, sıvı kapanım ölçümlerinden elde edilen veriler değerlendirildikten sonra bilgisayar programları kullanılarak hazır hale getirilmiştir. Daha sonrasında arazi çalışmalarına ait veriler ile birlikte laboratuvar ve analiz sonuçlarından elde edilen bulgular daha önceden yapılan çalışmalar ile sentezlenerek Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nde bulunan Fen Bilimleri Enstitüsü'ne ait tez yazım kural çerçevesine göre tez yazma işlemi gerçekleştirilmiştir.

### **2.4. Analitik Yöntemler**

#### **2.4.1. Mineral Kimyası Analizleri**

Mineral kimyasına ait analizler, Ankara Üniversitesi'nde bulunan Jeoloji Mühendisliği Bölümü içerisindeki Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) laboratuvarında yapılmıştır. Toplamda 5 adet olan parlak kesitlerin kalkopirit, pirit, arsenopirit, pirotin, sfalerit, bornit ve galen minerallerine ait mineral kimya analizleri yapılmıştır. Sülfid minerallerinde yapılan mineral kimyası analizleri 20 nA ve 20 kV şartlarında yapılmış olup, bu ölçümler elektron ışını 1µm çapında kullanılmıştır. Analizleri tamamlanan her bir minerale göre sayma zamanı değişiklik

göstermektedir. Pirit minerallerinde Au için 60; Ni, Co, ve As için 30; Fe ve S için 10; sfalerit minerallerinde Fe, Mn ve Cu için 30; S ve Zn için 20; Cd ve Ag için 60; kalkopirit minerallerinde Au ve Ag için 60; Cu, S ve Zn için 20; Fe için 10; Te ve S için 30 olarak belirlenmiştir. Bu yapılan analizlerde Cu, S, Co, Fe, N, Zn ve Mn için  $K\alpha$ ; Sn, Ag, Te, Cd, As, Sb ve Au için  $L\alpha$ ; Hg, Pb ve Bi için  $M\alpha$  x-ışın çizgileri kullanılmıştır.

#### **2.4.2. Sıvı Kapanımların Mikrotermometrik Ölçümleri**

Sıvı kapanıma ait yapılan ölçümler, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nde bulunan Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne ait sıvı kapanım laboratuvarında, Olympus BX51 marka polarizan mikroskoba monte edilmiş olup Linkam THMG600 sistemi ile hazırlanmıştır.  $-196^{\circ}\text{C}$  ve  $600^{\circ}\text{C}$  arasındaki değişen sıcaklık değerlerinde soğutma-ısıtma yapabilen bu sistemde sıcaklık değişimleri, Linksys-32 DV yazılımına ait program kullanılarak  $0.1^{\circ}\text{C}$  hassasiyetle kontrol edilebilir ve video görüntüleme sistemi kullanılarak bilgisayar ortamında da izlenebilir. Sistem kalibrasyonu pozitif olan değerler için saf bir H<sub>2</sub>O içeren örnekteki sıvı kapanıma ait kritik sıcaklık değeri ( $374.1^{\circ}\text{C}$ ) ve negatif değerler olan için ise saf CO<sub>2</sub> içerikli standart örnekteki CO<sub>2</sub>'nin ergime sıcaklığı ( $-56.6^{\circ}\text{C}$ ) baz alınıp yapılmıştır. Bazı örneklerinde tekrar eden homojenleşme sıcaklığı ölçümlerine ait olan pozitif değerler, ölçüm hata sınırının  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  olabileceğini, son buz ergime sıcaklığına ait ölçümlerin negatif değerlerdeki hata sınırının  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  olabileceğini göstermiştir. Bu örneklerin soğutma işlemine ait aşamaların gerçekleştirilmesi amacı ile sıvı azot kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

Kelkit (Gümüşhane) ilçesi Kazanpınar köyünü kapsayan bölgede yaş sınıflamasına göre Paleozoyik ile Kuvaterner zaman aralığında beş birim gözlemlenmiştir. Zankar cevherininin çevresinde bulunan birimler paleozoyik yaşlı Gümüşhane Graniti, Erken-Orta-Jura yaşlı Şenköy Formasyonu, Malm-Alt Krataze yaşlı Berdiga Formasyonu ve Geç-Kretase yaşlı Kermutdere formasyonu şeklinde olan bu birimler aşağıda sıralanmış, bunların yaşlıdan gence doğru dizilimleri Şekil 4’de verilmiştir.

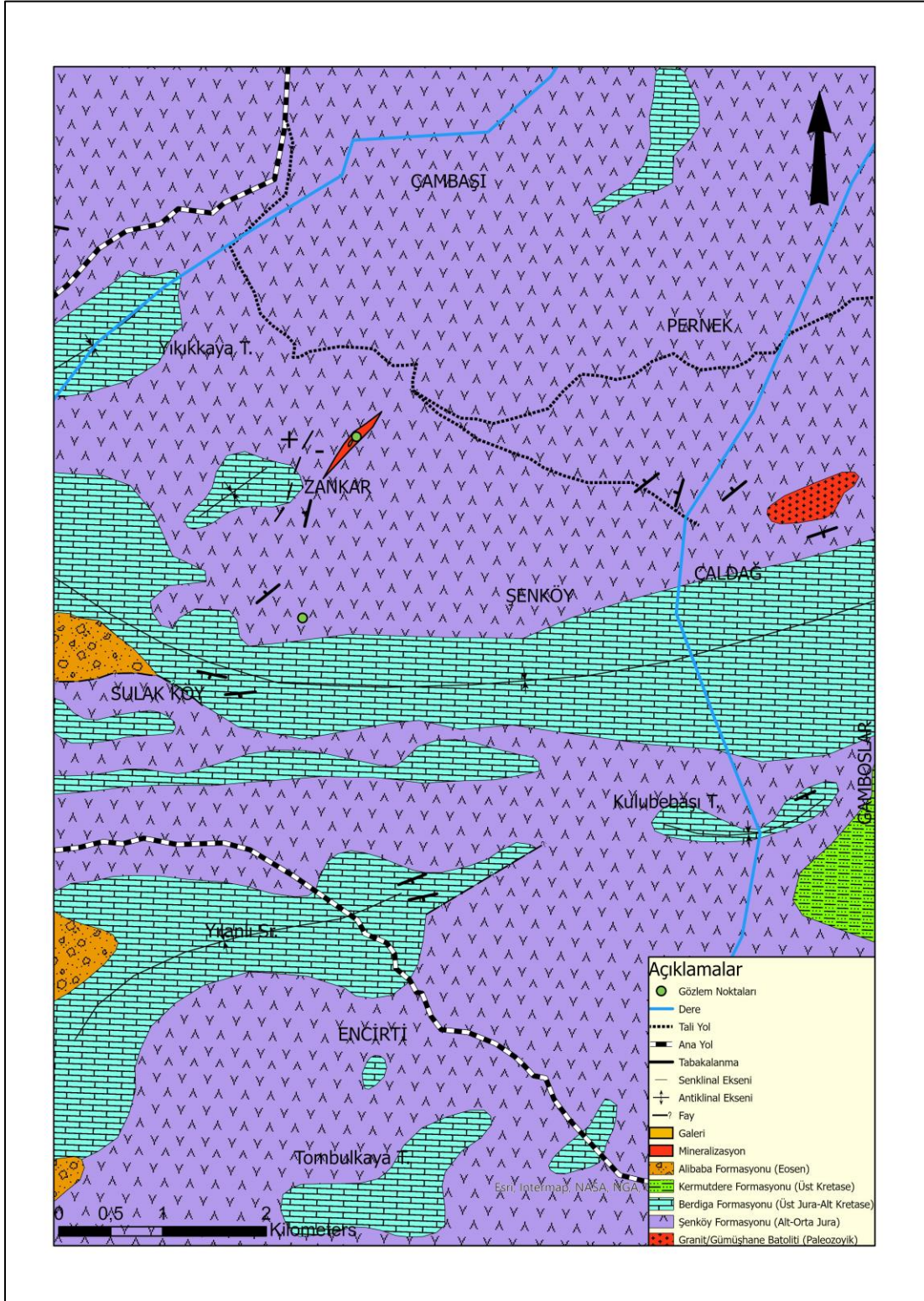
Bu birimlerin sahadaki dağılımları (Şekil 3). Bu birimler ile ilgili yapılan saha gözlemleri aşağıda yaş sırasına göre verilmiştir.

- Gümüşhane Graniti (Granit, Granodiyorit, Kuvarlıdiyorit) (Paleozoyik)
- Şenköy Formasyonu (Erken-Orta Jura)
- Berdiga Formasyonu (Geç Jura-Alt Kretase)
- Kermutdere Formasyonu (Üst Kretase)
- Yamaç Molozu ve Alüvyon (Kuvaterner)

##### 3.1.1. Gümüşhane Graniti (Granit, Granodiyorit, Kuvarlı diyorit)

Gümüşhane İli ve çevresinde yüzlek veren granitik tip kayaçlarına ilişkin ilk çalışmalar Ergüvanlı (1951), Ketin (1951) ve Baykal (1952) tarafından verilmiştir. Yaklaşık olarak 1,5 km<sup>2</sup> lik bir alanda gözlemlenir. Diğer formasyonlarla olan ilişkisi uyumsuzlukla üzerlenir.

Gümüşhane Granit’i topografyada az eğimli yamaç ve sırtları oluşturur. Bu birim, başlıca büyük bir granit kütlesi ve bu kütlede değişik fasiyelerindeki (granit, granodiyorit ve kuvarlıdiyorit) ürünlerini barındırır.



Şekil 3. Çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası (MTA, 1985 Düzenlenmiştir).

ÜST SİSTEM		SİSTEM		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENZOİK	TERSEYER	KUV	SERİ		
MESOZOİK	KRETASE	ÜST KRETASE	ALIBABA		<p>Yamaç molozu</p> <p>Diskordans</p> <p>Andezit-bazalt ve piroklastlan</p> <p>Nummulitli kireçtaşları ve kilttaşları</p> <p>Konglomera ve kumtaşları</p> <p>Diskordans</p> <p>Gri-yeşil renkli, ince orta tabakalı kumtaşı, kiltaş, marmer ve silttaş ardalanması</p> <p>Kırmızı-şarabi renkli, ince tabakalı mikritik kireçtaşları</p> <p>Sarı renkli, ince-orta tabakalı kumlu kireçtaşı ve kumtaşları</p> <p>İnce-orta tabakalı çöet yumru kireçtaşı</p> <p>Orta-kalın tabakalı Kireçtaşı</p> <p>Dolomit ve Dolomitik kireçtaşı</p> <p>Volkaniklastikler ve bazalt, andezit</p> <p>Kırmızı krem renkli bol makro fosilli kireçtaşı ve marmar</p> <p>Çörlü kireçtaşı</p> <p>Bazalt, andezit ve piroklastlan</p> <p>Kumtaşı</p> <p>Bazalt, andezit ve piroklastlan</p> <p>Kömür ara seviyeli konglomera, kumtaşı ve kilttaşları</p> <p>Diskordans</p> <p>Gümüşhane Batoliti granit, granodiyorit, kuvars porfir, dasit</p>
			BERDİGA	<p>KERMUTDERE</p>	
	ALT KRETASE	<p>ÜST JURA</p>			
	JURA	<p>ALT-ORTA JURA</p> <p>SENKÖY</p>			
PALEOZOYİK					

Şekil 4. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesiti (ölçeksiz)

### 3.1.2. Şenköy Formasyonu

Şenköy formasyonuna ait volkano tortul kayaçlar çalışma alanı içerisinde Şenköy, Çambaşı, Zankar, Pernek ve Tirekes çevresinde yayılım sunmakta ve çalışma alanının büyük kısmında yüzeyleme vermektedir. Gümüşhane ili ve çevresinde büyük bir alanda yüzlek veren Şenköy Formasyonu volkanotortul bir istiften meydana gelmektedir. Klastik bir yapıya sahip kıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmasını içeren geniş ölçekte andezitik/bazaltik bir istif ve dasit bileşiminde intrüzif bir kütle varlığı gözlemlenmiştir. Klastik yapıdaki kıltaşı ve marn birimlerinin kil mineralleri ise; smektit ve illit / klorit olarak belirtmişlerdir.

Gümüşhane İli güneyinde yer alan Kelkit yöresi ve çevresinde yüzlek veren Şenköy Formasyonu'nun Erken-Orta Jura yaşa sahip olduğunu litoloji olarak bazalt ve bazaltik andezit bileşiminde ve bunlara ait piroklastlarından oluştuğu Akbulut ve diğ. (2014) araştırmalarında belirtilmiştir. Volkanotortul istif içerisinde kırık-çatlak hatlarına yerleşen KD doğrultulu sülfid cevherleşmeleri içermektedir. Alterasyon çeşitleri limonitleşme, kükürtleşme ve hematitleşme olarak gözlemlenmiştir. Formasyona ait birimler genişleme rejimine ait oluşan kırık çatlak sistemleri içerisine yerleşen hematit, limonit ve kalsit dolguludur. Kazanpınar Köyünü içine alan bölgede Şenköy formasyonunu Berdiga Formasyonuna ait dolomitik kireçtaşları üzerlemektedir

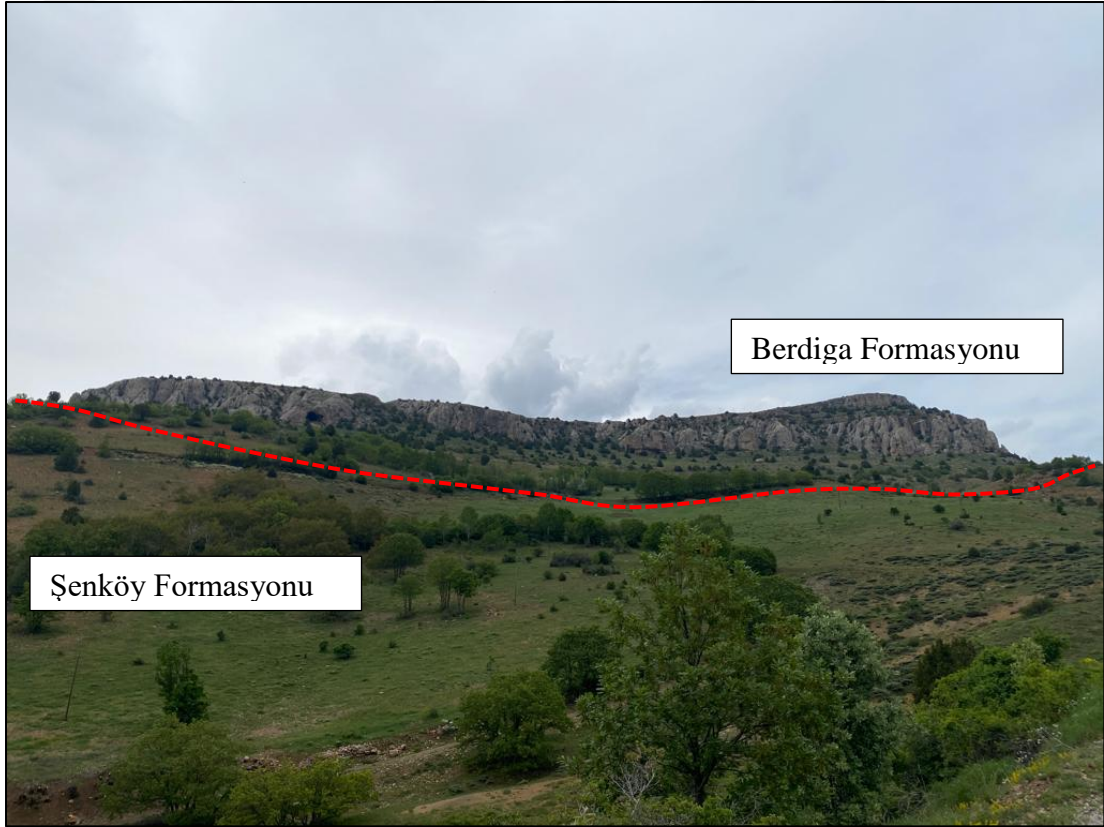
Birimin karakteristik özelliklerini Şenköy çevresinde gözlemleneyen Kandemir (2004) bu birim için Şenköy Formasyonu adlamasını ilk defa kullanmıştır.

### 3.1.3. Berdiga Formasyonu

İlk kez Pelin (1977) tarafından tanımlanan Berdiga formasyonu, çalışma alanının içinde bulunan Kazanpınar Köyünün genel olarak batı ve güney kısımlarında gözlenmektedir. Volkano tortul istiften oluşan Şenköy formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Berdiga formasyonuna ait kireçtaşları çalışma alanı içerisinde topoğrafyanın yüksek olduğu kesimlerde gözlemlenmektedir. Yıkıkaya, Şensuyu ve Yılsırtı çevresinde yaklaşık doğu-batı istikametinde devamlılığı olan kireçtaşlarının senkinal yapısı oluşturduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3). Masif katmanlı, gri renkli dolomitlerden, orta seviyelerde kalın katmanlı, dolomitleşmiş kireçtaşlarından, üst seviyelerde ise orta-ince katmanlı çört yumrulu kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil

5). Üst Jura-Erken Kretase yaşlı kalın tabakalı dolomitik kireçtaşlarından oluşan bu formasyonda Orta-Üst Jura döneminde karbonatlı istifte oluşan Berdiga formasyonunun litolojik olarak kumlu kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı birimlerinden oluştuğunu Gedikoğlu ve diğ. (1979) ile Pelin (1977) tarafından ortaya konulmuştur. Çalışılan bölgede düşük eğimde katman sunan ve gri renkte gözlemlenen Berdiga Formasyonunun kalınlığını yaklaşık olarak 306m olarak belirtmişlerdir. Formasyonun ammonit, krinoyit, pelecypoda parçaları içeren kireçtaşı birimi ile başladığını ve üst kesimlere kadar dolomitik-kireçtaşı geçişlerinin gözlemlendiğini teyit etmişlerdir.

Kelkit ve çevresinde yüksek kotları oluşturan bu formasyonun sarımsı bir renkte olduğunu (Taslı, 1984) ve karbonatlı fasiyesin yer yer karstik boşluklar içerdiğini belirtmiştir.



**Şekil 5.** Şenköy Formasyonu ve Berdiga Formasyonuna ait arazi görünümü

#### **3.1.4. Keremutdere Formasyonu**

Çalışılan Bölgenin güneydoğu kesiminde yüzlek veren Geç Kretase dönemine ait sedimanter kayalar Keremutdere Formasyonu olarak Tokel (1972) tarafından yaptığı çalışmalarla belirlenmiştir. Sarı renkle gözlenen kumlu kireçtaşı ince ve orta

tabakalanma sunmakta, konglomera ve kumtaşları ile birlikte taban bölgesini oluşturmaktadır. Bu istifin devamını ince tabakalı ve kırmızı renkli mikritik kireçtaşları takip ederek ince tabakadan orta tabakaya değişen aralıklarda kıltaşı, marn ve kumtaşı aralanmaları ile tamamlanmaktadır. Üst Kretase yaşına sahip Kermutdere Formasyonu çoğunluk olarak Berdiga Formasyonu'na ait çakıl ve bloklardan oluşan bir istif sunduğunu Tokel (1977) çalışmasında tespit etmiştir. Fliş görünümünde bir fasiyes sunan bu formasyonunun grimsi renkte olduğunu belirtmiştir (Şekil 6).

Tokel (1972) yaptığı çalışmalar neticesinde Kermutdere Formasyonu olarak tanımladığı Geç Kretase dönemine ait sedimanter kayaçların uyumsuz bir şekilde Berdiga Formasyonu üzerine konumlandığını, Hacıoğlu (1983) ise yaptığı çalışmalarda istifi oluşturan bu kayaçların ilk olarak sığ denizel ortamlarda, Geç Kretase dönem sonunda ise derin denizel ortamında oluştuğunu belirtmektedir. Eren (1983) çalışmalarında yer aldığı durum, genel olarak türbiditik oluşumlu Geç Kretase dönemine ait sedimanter kayaçların kendisinden yaşlı formasyonlar üzerinde transgresif bir görünüm sunmakta ve Eosen dönemine ait formasyonlar tarafından yine transgresif olarak kapatıldığını savunmaktadır.



**Şekil 6.** Şenköy Volkanitleri üzerine Transgresif olarak yerleşen Kermutdere Filişine ait arazi görünümü, fotoğraf KB'dan GD'ye bakılarak çekilmiştir.

### **3.1.5. Alibaba Formasyonu**

Bayburt yöresinin jeolojisi çalışması kapsamında bölgenin 1/100 000 ölçekli jeoloji haritasını yapan Ketin (1950, 1951) volkano tortul istifin genel olarak diğer birimleri transgresif olarak örttüğünü ve istifin kalınlığının yaklaşık olarak 2000 m olduğunu teyit etmiştir.

Gümüşhane İli ve çevresinde yaptığı çalışmada, Mesozoyik yaşındaki birimlerin Üst Jura-Erken Kretase yaşlı volkano tortul serisi ile başladığını üzerine dolomitik ve çörtlü kireçtaşlarından oluşan bir istif geldiğini Özer (1984), belirtmiştir. Aynı zamanda bu istiflerin yanal geçişli olduğunu teyit etmiştir.

Bölgede en yaşlı birimlerin metamorfitlere ait olduğunu ve Üst Jura-Erken Kretase yaşlı volkano tortul istifin uyumsuz olarak üzerlediğini Bektaş ve diğ., (1984), Doğu Pontid çalışmasında bahsetmiştir.

Zankar cevherinin batı-kuzeybatısı istikametinde Kermutdere Formasyonu üzerinde aşınma uyumsuzluğu ile gelen eosen yaşlı volkano tortul seri taban kesiminde konglomeralarla başlamaktadır.

### **3.2. Kazanpınar-Kelkit Bölgesinin Maden Jeolojisi ve Mineralojisi**

Zankar sahasında madencilik çalışmalarının tarihi geçmişi tam olarak bilinmemekle birlikte Cumhuriyet öncesi döneme kadar dayanmaktadır. Bu madeni işletmek için eski dönemlerde açılmış çok sayıda galeri bulunmaktadır. Bu galerilerin tamamı çökme nedeniyle kapalı durumdadır, hatta bazılarının yeri bile zamanla kaybolmuştur. Bölge halkı ile sözlü görüşmede otuzdan fazla galerinin varlığından söz edilmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yerli maden firmalarına ait sondaj çalışmaları bulunmaktadır. Genellikle eski üretim galerileri şeklinde gözlemlenen bölgede bazaltik andezitler içinde K40D kırık-çatlak hatları boyunca yerleşen Zn-Pb-Fe/Cu cevherleşmesini içermektedir. Alterasyon türleri olarak hematitleşme ve limonitleşme yer almaktadır.

Kazanpınar Köyünün 400 m kuzeyinde bölgenin en büyük galeri şeklinde (3x1.5m) üretimi yapılmıştır (Şekil 7). Genel olarak bu büyük galerinin çevresinde kuyu ya da 1x1m ebatlarında galeriler mevcuttur. Cevherleşmeler çoğunlukla

hematitleşme içermektedir. Makro örneklerde gözlenen fakat cevherleşmeyi etkilemeyen mikro ölçekli faylanmalar mevcuttur.

Bölgede çeşitli maden şirketleri, arama ve prospeksiyon çalışmalarını yürütmeye devam etmektedir. Ancak henüz ekonomik değerlendirme amacıyla potansiyel bir rezerv bulunamaması sebebiyle ruhsat işletmeye geçmemiştir. Cevher oluşumları aslen Şenköy Formasyonuna bağlı olarak gelişmektedir.

Kelkit ilçesi Kazanpınar mevkiisinde bulunan Zankar cevheri Liyas yaşlı Şenköy formasyonuna ait volkano tortul kayalar içerisinde bulunmaktadır. Saha çalışmaları sırasında Zankar madenini işletmek için açılmış olan galeriler bulunmaktadır. Bu galerilerden ilki Zankar tepenin 500 m kadar kuzeydoğusunda bulunmaktadır. Galeri K40D doğrultulu cevher damarı boyunca açılmış olup sonradan kapanmıştır. Bundan dolayı açılan galeri boyunca cevher damarı gözlemlenememiştir. K40D yönünde devam eden damar düşey konumdadır, vadi içerisinde bulunduğundan damarın girişi gözlenebilmektedir ancak arazi yüzeyinde cevher damarının devamlılığı mostrada izlenememiştir.

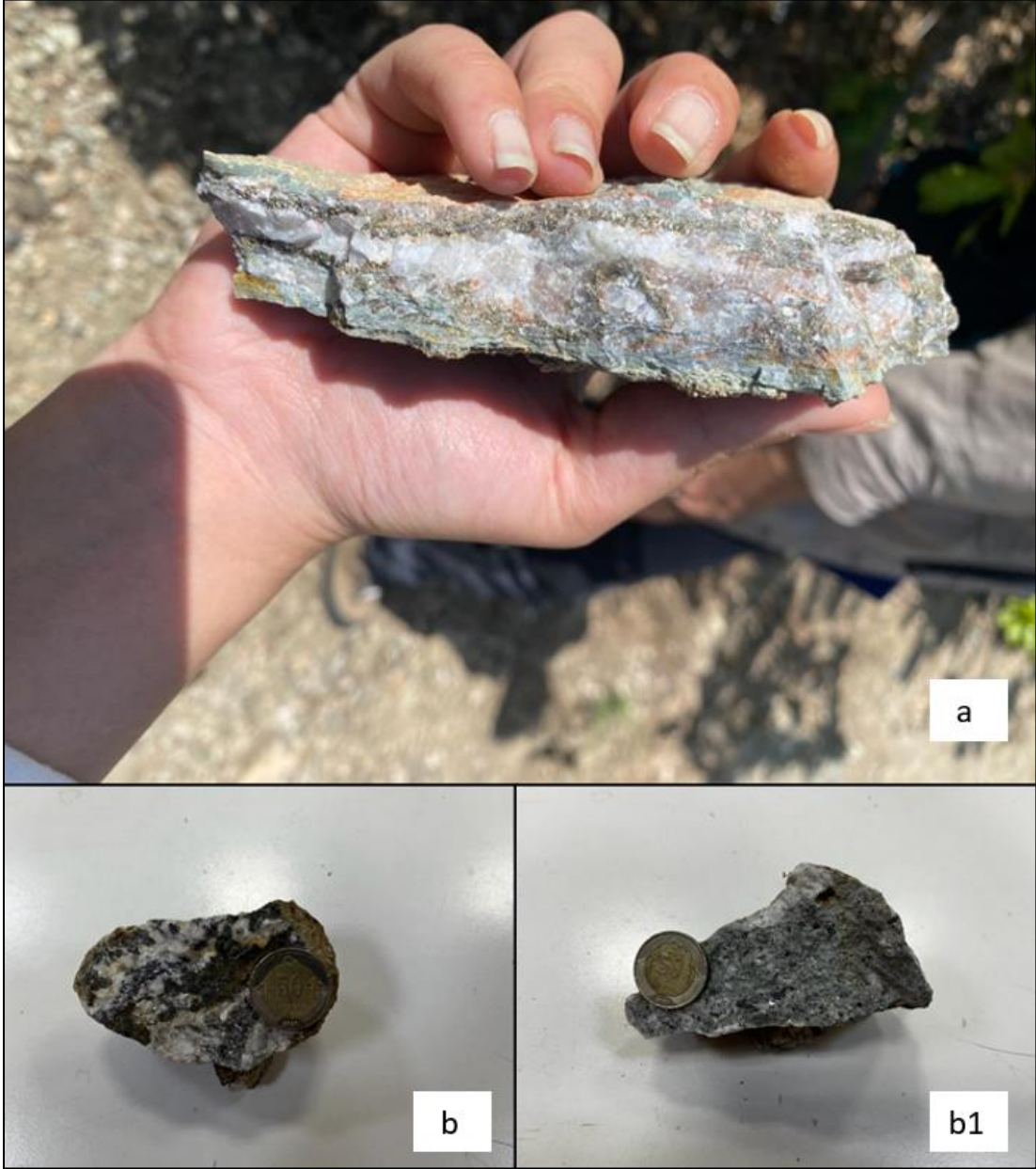


**Şekil 7.** Zankar cevherine ait eski üretim galeri görünümü

Damarın doğrultusu boyunca ilerlendiğinde 500 m uzaklıkta bulunan Kazanpınar köyü içinde de cevher damarının doğrultusuna dik yönde açılmış galeriler bulunmakta olup bu galerilerde çökme nedeniyle tamamen kapalıdır. Bu gözlemlere

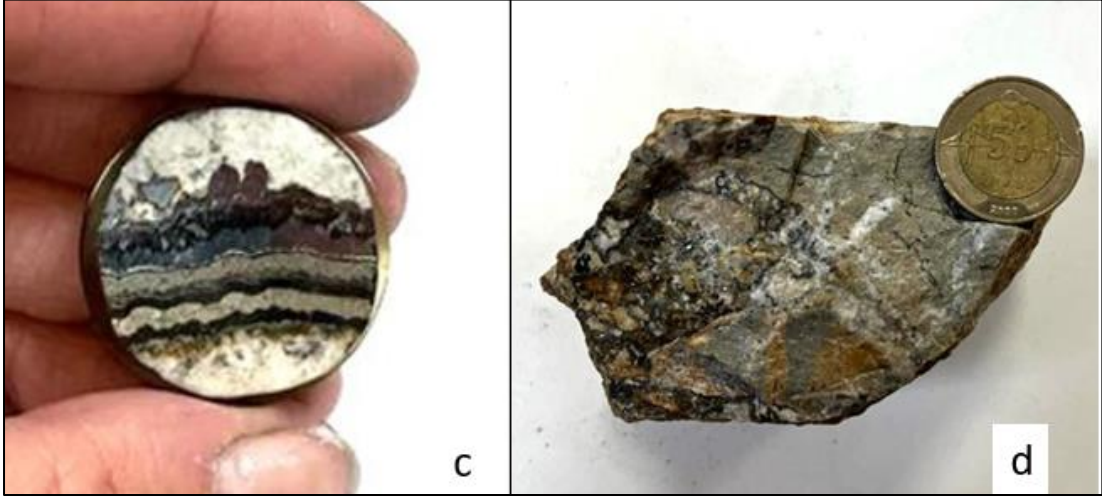
göre zankar cevherinin ana cevher yapısının damar tipi olduğunu söylemek mümkündür. Cevher damarının dere içinde açılmış olan galeri boyunca yan kayalar içine epijenetik olarak yerleştiği ve damar yapısında olduğu sahada gözlemlenmiştir. Saha çalışmalarında cevher damarının Berdiga kireçtaşlarını kestiği mostrada gözlemlenmemiştir.

Galeri pasalarında yapılan incelemelerde ana cevher yapısı olan damar tipinin dışında kırıklar boyunca gelişmiş daha küçük ölçekli damar tipi cevher yapıları gözlemlenmiştir (Şekil 8.a). Bu yapıda kuvars damarları içerisinde saçınımlı pirit mineralleri görmek mümkündür. Damarların beraberinde galeri girişinde volkanik yan kayalar içerisinde saçınımlı cevher yapıları bulunmaktadır (Şekil 8.b). Saçınımlı cevherleri kuvars damarı boyunca gözlemek mümkündür (Şekil 8.b1).



**Şekil 8.** Zankar Cevherine ait makro arazi örneği

Pasadan derlenen örneklerde pirit, kuvars, galen ve sfalerit bantlaşmalarının izlendiği bantlı cevher yapıları bulunmaktadır (Şekil 9.c). Hem cevher damarının mostrasında hemde pasada volkanik yan kayaçların kırıkları boyunca gelişen sülfür damarlarının oluşturduğu ağsal/stokwork cevher yapıları yaygın olarak gözlemlenmektedir (Şekil 9.d).



**Şekil 9.** Eski üretim galerisine ait örneğin makro el örneği ve parlak kesit fotoğrafı

Her ne kadar mostrada cevher damarı ile karbonatlı kayaçlar arasında dokanak ilişkisi gözlemlenmese de pasadan alınan örneklerde karbonatlı yan kayaçlara ait yoğun kırıklı breşik parçalar gözlemlenmiştir. Bu karbonatlı breşlerin kırıklarını dolduran sülfür dolgusu sahada yaygın olarak gözlemlenmektedir (Şekil 10.e1,e2,e3,e4). Bu durum galeri boyunca cevher damarının karbonatlı kayaçları kesmiş olabileceğini işaret etmektedir. Pasadan alınan örneklerde kalınlıkları mm-cm ölçeğinde değişen çoğunlukla pirit bantlarının üstüste ritmik büyümesiyle tekrarlanan yer yer bu pirit bantları arasında galen ve sfalerit seviyelerinin makro olarak gözlemlenebildiği bantlı cevher yapıları gözlenmiştir (Şekil 10.f). Diğer bir doku türü ise cevherli zonlar boyunca karbonatlı yan kayacın ornatılmasıyla oluşan karbonat ornatımlı cevher yapısıdır (Şekil 10.g).



Şekil 10. Galeri pasasından alınan örneklerin makro ve parlak kesit fotoğrafları

Saha gözlemlerine göre Zankar yatağında bulgular ve yukarıda belirtilen dokusal ilişkiler karşılaştırıldığında Zankar yatağında pirit en yaygın sülfür mineralini oluşturmaktadır. Pirite daha az oranda sfalerit ve galenin eşlik ettiği gözlenmiştir. Hem cevher damarı hem de pasada yapılan incelemelerde bu sahada gözle görülebilecek boyutta kalkopirit bulunmamaktadır. Cevher minerallerine damar boyunca yaygın bir şekilde kuvars minerali gang olarak eşlik etmektedir. Cevher damarı boyunca ve pasada önemli ölçüde kalsitin kuvarsa eşlik ettiği belirlenmiştir. Kalsit damarlarının makro olarak kuvars damarlarını kesmesi kalsitin kuvarstan sonra oluştuğuna işaret etmektedir.

Zankar sahasından alınan 46 adet örneğin parlak kesitleri hazırlanarak cevherin mikroskobik özellikleri incelenmiştir. Yapılan incelemelere göre el örneklerinde pirit, sfalerit ve galenin hakim olduğu cevherde mikroskobik boyuttada benzer mineralojik bileşimler gözlenmiştir. Sınırlı sayıdaki örnekte makro olarak gözlenmemesine rağmen çok az miktarda boyutları 50 µm'ü geçmeyen kalkopiritler gözlenmiştir. Ancak bu kalkopiritler yatak için ekonomik boyutta önem taşımamaktadır. Örneklerde pirit bantlarının üstüste büyüme gösterdiği bantlı yapılar mikroskopik boyutta yaygın olarak gözlenmektedir. Bu bantlı yapıların kalınlıkları birkaç µm'dan birkaç mm'ye kadar değişmektedir. Gözlenen pirit bantları boyunca piritlerin mineral boyutları içten dışa doğru giderek büyümektedir. Yatağa ait bütün örneklerde gerek bantlı yapılarda gerekse de diğer cevher yapılarında pirit mineralleri boşluklu yapıda olup iskelet dokusuna sahiptir.

Örneklerde tek nikolde benzer olmakla birlikte çift nikoldeki anizotropisinden bazı piritlerin markazit formunda oldukları tespit edilmiştir. Bu markazitler pirite kıyasla tek nikolde daha açık renk tonları ile de ayırt edilebilmektedir. Markazitlerde öz şekilli kristal formları piritlere kıyasla daha yaygın olup bunlar genel olarak daha iri kristallidir. Piritlerin üstüste büyüme gösteren bantlar boyunca piritlerin yer yer masif yer yer saçınımlı ve bazende bantların iç kısmından dış kısmına doğru ışınal büyüme gösterdikleri gözlenmiştir.

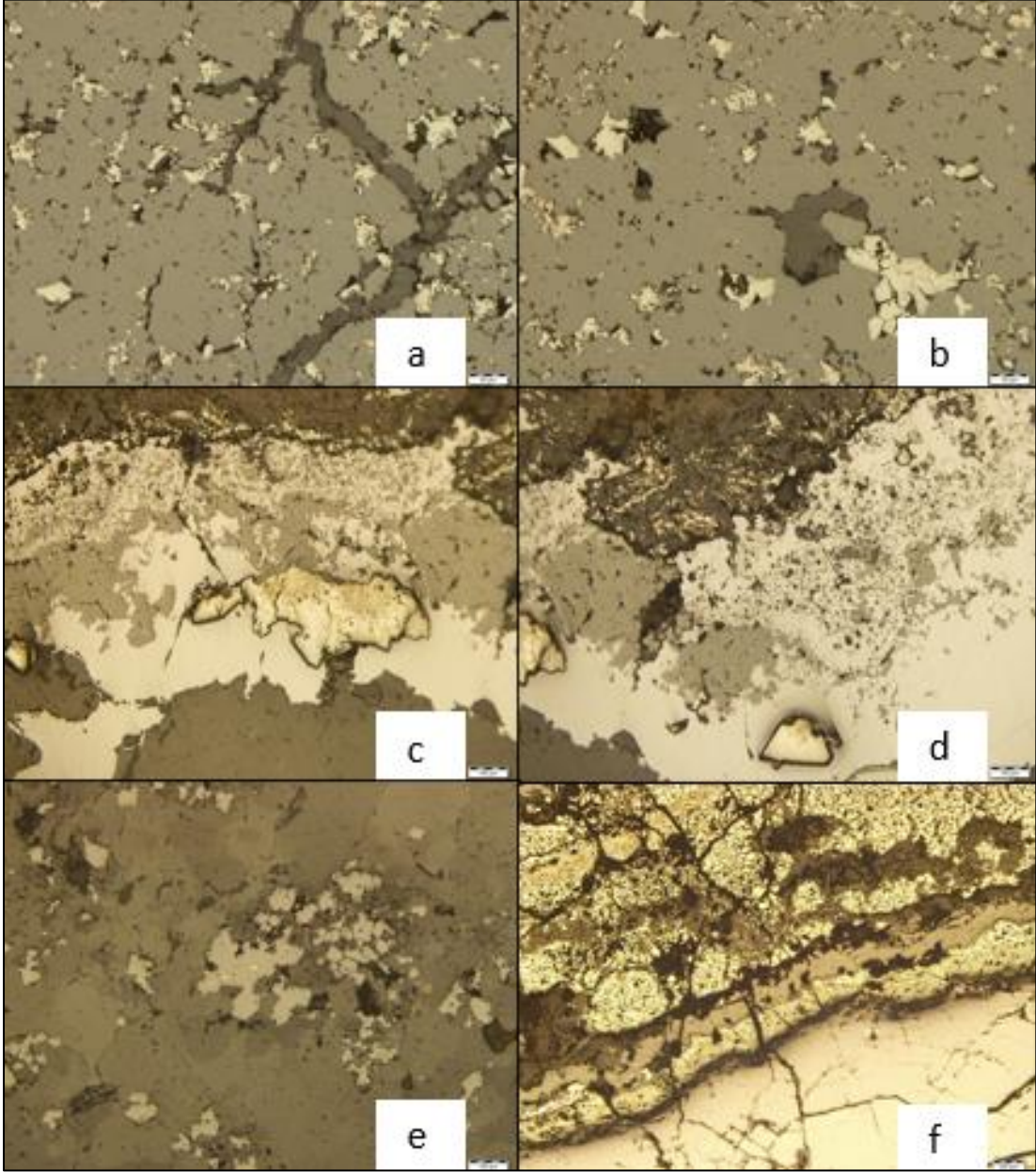
Bantlı yapıdaki piritlerin yanında sfalerit içerisinde saçınımlı şekilde boyutları 50-100 µm'ü geçmeyen markazitler sahada görülmektedir (Şekil 11.a, b). Bantlı örneklerde yaygın olan pirit bantlarının arasında yer yer mm ölçeğinden cm ölçeğine kadar değişecek boyutlarda sfalerit ve galen bantları da piritle birlikte ritmik olarak

tekrarlanmaktadır. Bu bantlar boyunca sfaleritler yer yer birkaç mm boyutuna ulaşmakla birlikte bazen sfalerit bantlarının kalınlığı 50 µm'a kadar düşmektedir.

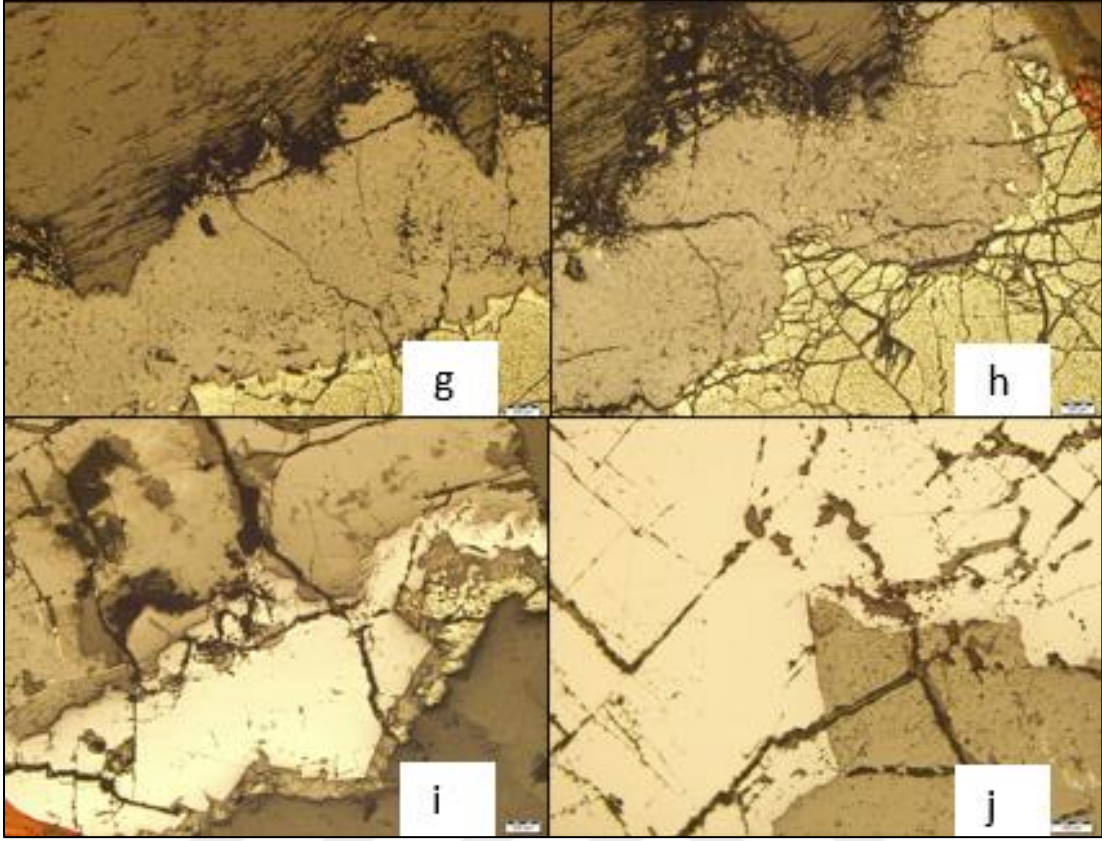
Sfaleritler içinde kalkopirit ayrılımları kesitlerin hiçbirinde gözlenmemiştir, bunların tamamı ayrılım içermeyen tek düze mineral formundadır. Ancak zankar yatağının sfaleritleri ayrılım dokusuna benzer şekilde bulunan gang kapanımlarıyla karakteristiktir.

Sfaleritler bantlı zonlar boyunca piriti sınırlı miktarda ornatmıştır, ancak sfalerit ile galen dokanaklarına bakıldığında galenin sfaleriti ileri düzeyde ornatıldığı gözlenmiştir (Şekil 11.c) Bazen bu ornatımlar o kadar ilerlemiştir ki ornatım artığı sfaleritler galen içerisinde birkaç µm'luk boyutlara inecek kadar küçülmüştür (Şekil 11.d) Karbonat gangı içerisinde saçınımlı yapıda sfalerit mineralleri (Şekil 11.e) oldukça iri kristalli yapı sunmaktadırlar (Şekil 11.f) öz kristal formunu korumaktan ziyade karbonatlı gang içinde masif ve yer yer de devamlılığı olmayan bulut dokusu oluşturmaktadır (Şekil 12.g,h).

Sfaleritler yer yer karbonatlar tarafından ornatılmaktadır. Buna bağlı olarak sfaleritler içinde tüy dokulu ornatım şekli gelişmiştir (Şekil 12.i). Kesitlerde bütün minerallerin bantlı yapı boyunca üst üste büyüme gösteren birçok farklı evreden oluştuğu belirlenmiştir. Bu bantlar boyunca sfaleritten sonra oluşan galenler kendinden önce oluşan sfaleritleri ileri derecede ornatırken, galenlerden sonra oluşan sfaleritler ile galen dokanaklarında belirgin bir ornatımın gelişmediği gözlenmiştir. (Şekil 12.j).



Şekil 11. Sfalerit mineralinin sıvı kapanım mikroskop görüntüsü



**Şekil 12.** Sfalerit mineralinde gözlenen ornatıma ait mikroskop görüntüsü

Sfaleritler yer yer galen tarafından iç kısımlarındaki boşluklardan itibaren ornatılmıştır. Bu şekilde benekli ornatımdan da söz etmek mümkündür. Galen Zankar madeninde pirit ve sfaleritlerden sonra en bol bulunan cevher mineralidir. Bantlı yapıdaki cevherde pirit ve sfalerit bantları boyunca bu minerallerle birlikte ritmik bantlı olarak galen oluşumları söz konusudur. Galenler yaygın olarak öz şekilli ve iri kristallidir (Şekil 13.a). Mineralin dilinimleri iyi geliştiğinden kübik yapıları karakteristiktir.

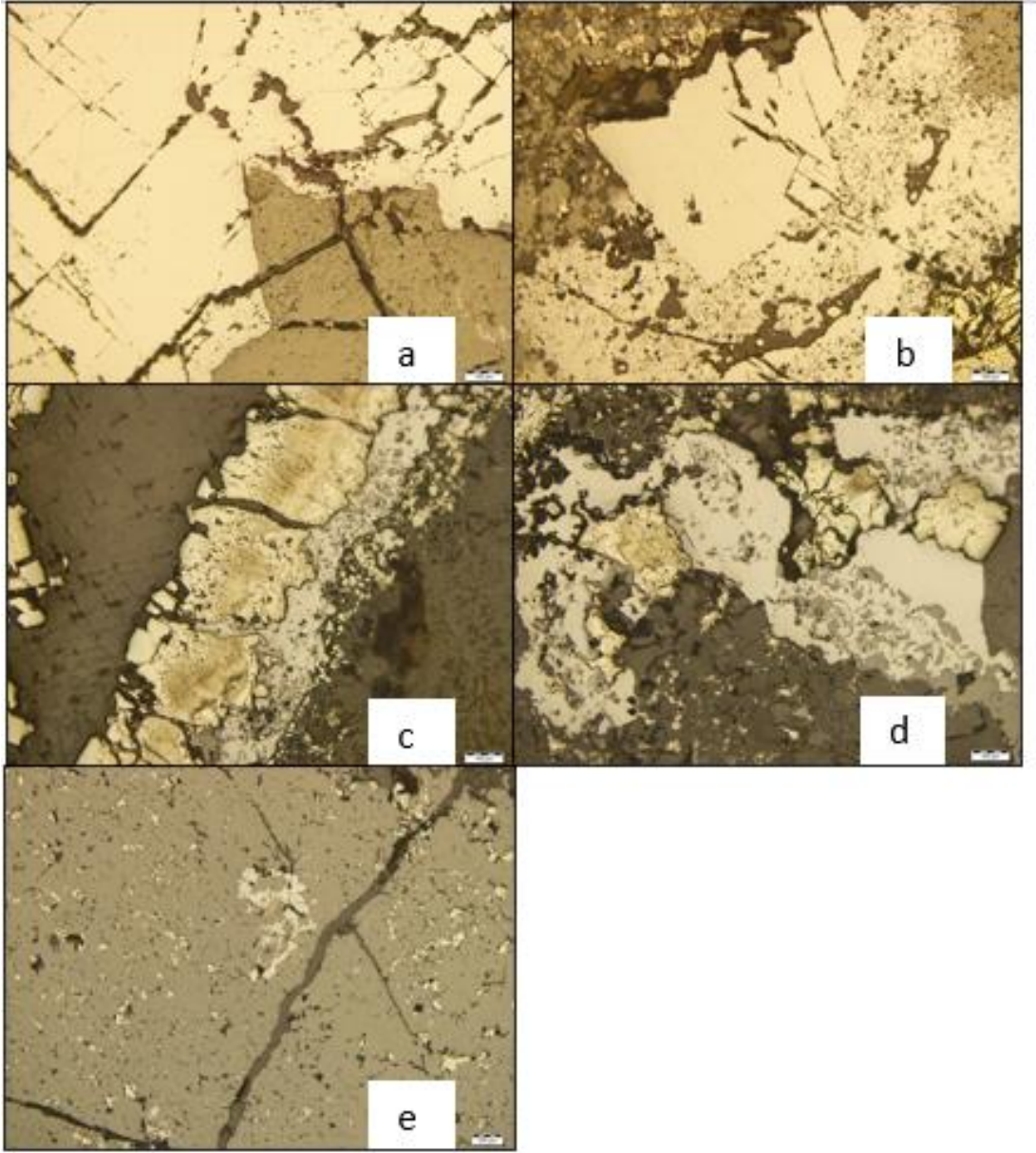
Galenlerin iki farklı evresi bulunmaktadır. İlk evre galenler öz şekilli ve oldukça iri kristalli iken, ikinci evrenin galenleri diğer minerallerin etrafını saran öz şekilsiz oluşumlar şeklindedir. Bazen ilk evrenin öz şekilli galenlerinin ikinci evre galenler tarafından çevrelediği durumlar söz konusudur (Şekil 13.b). Yüksek dayanım değerine ulaştıktan sonra dayanım değerlerinde tekrar bir azalma göstermeleridir.

Bantlı cevher içerisinde bazen galen bantları birkaç yüz mikronun altında ince bantlar şeklinde bulunmaktadır. Bu ince bantlar boyunca da galen kendinden önce oluşan hem piriti hemde sfaleriti yoğun bir şekilde ornatmaktadır (Şekil 13.c).

Kesitlerde galen ile sfalerit ilişkisine bakıldığında galen her zaman sfaleriti ve piriti yoğun bir şekilde ornatmaktadır. Ornatılan sfaleritler, galen içerisinde ornatım artığı küçük kapanımlar şeklinde kalmıştır. Buna karşın galenlerin piriti ornatımı daha düşük düzeydedir (Şekil 13.d).

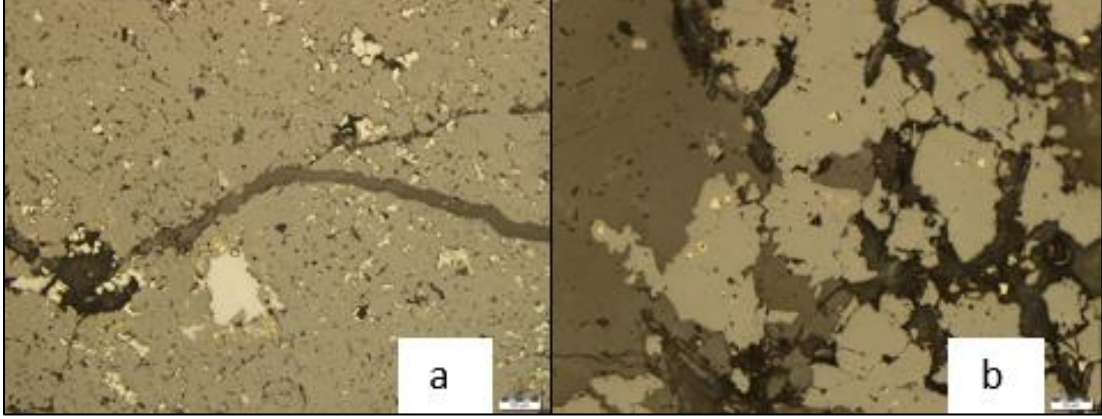
Galen sfaleriti yaygın olarak galen bantlarının dokanakları boyunca ornatırken yer yer de bantlı galen cevheri olmaksızın sfaleriti merkezinden itibaren ornatıldığı gözlenmiştir (Şekil 13.d).





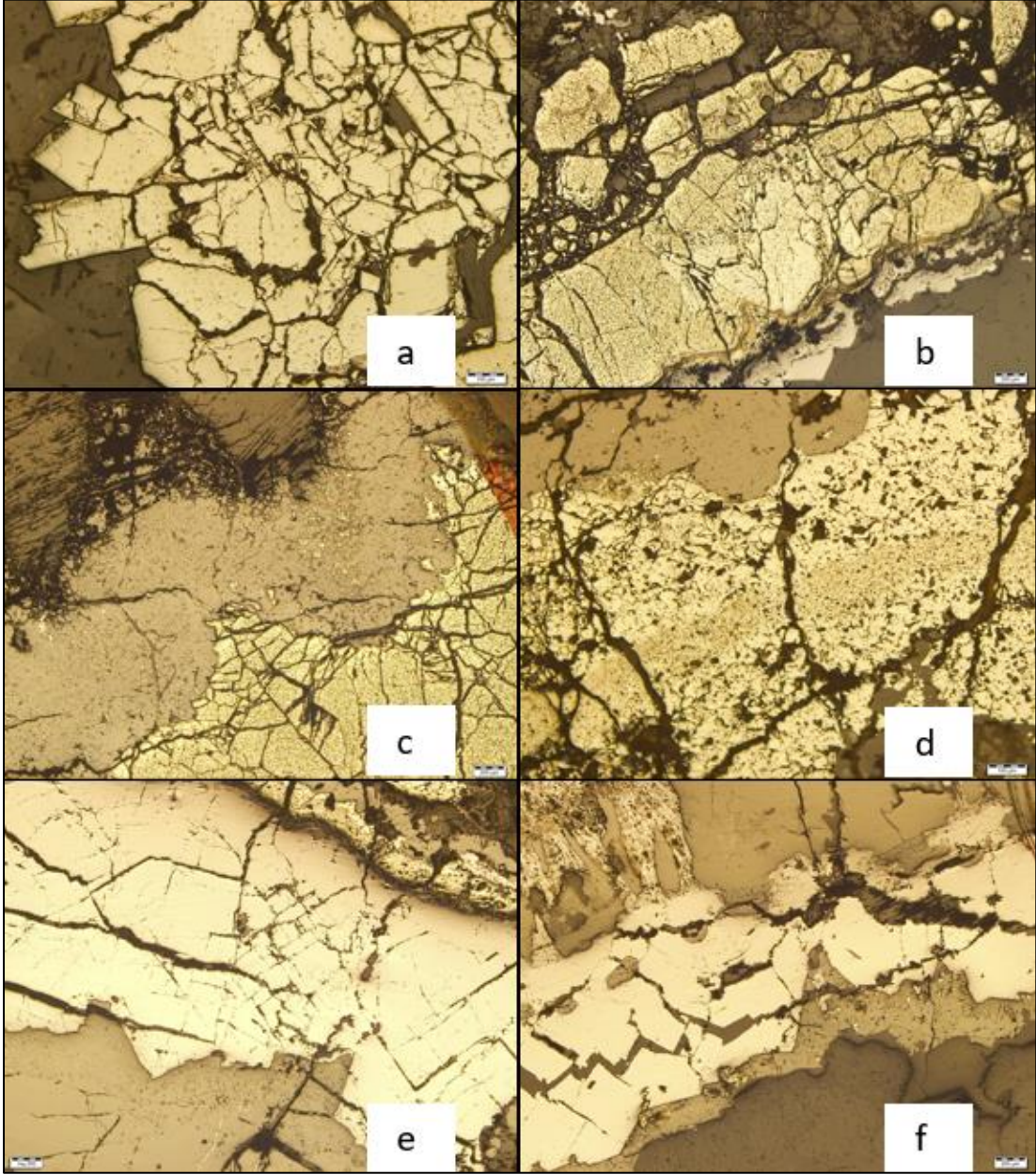
**Şekil 13.** Sfalerit ve galen minerallerinde gözlenen ornatıma ait mikroskop görüntüsü

Zankar madeninde kalkopirit minerali makro örneklerde hiç gözlenmezken mikroskop çalışmalarında çok az miktarda kalkopirit gözlemlenerek tanımlanmıştır. Kalkopiritler, sfaleritler içerisinde boyutları 100  $\mu\text{m}$ 'u geçmeyen kapanımlar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 14.a). Daha yaygın olarak ise sfalerit içerisindeki kalkopirit kapanımları 10  $\mu\text{m}$ 'un altındadır (Şekil 14.b). Bu kalkopirit kapanımları sfaleritler içerisinde nadiren gözlenmekte ve her bir mineral içinde birkaç kapanımı geçmemektedir. Bundan dolayı küçük boyutlu kalkopirit kapanımlarının ayrılım ile oluşan kalkopirit ayrılımları olmadığı tespit edilmiştir.



**Şekil 14.** Kalkopirit ve sfalerit minelerine ait mikroskop altı görüntüsü

Zankar yatağında saha gözlemleri sırasında makro örneklerde görülen yoğun kırıklı yapılar mikroskop çalışmalarında da yaygın olarak gözlenmiştir. Kataklastik dokuya işaret eden bu kırıklı yapılar piritlerde en yaygın olarak görülmektedir (Şekil 15.a, b). Çoğu zaman düzensiz kırıklar şeklinde olan bu kırıklı yapılar bazende mineraller arası boyunca gelişmiştir. Kırılma yapıları düzensiz kırıklar şeklinde sfaleritte de gelişmiş ancak sfaleritin pirit kadar yoğun bir şekilde kırılmadığı gözlenmiştir (Şekil 15.c, d). Yatak içerisinde diğer mineral fazlarında olduğu gibi galenlerde de yoğun bir şekilde kırılma gerçekleşmiştir. Diğer mineraller düzensiz şekilde kırılırken galenlerin daha çok dilinimler boyunca kırılmıştır (Şekil 15.e,f).



**Şekil 15.** Makro alınan örneklerin dokusal ilişkilerini gösteren mikroskop altı görüntüsü

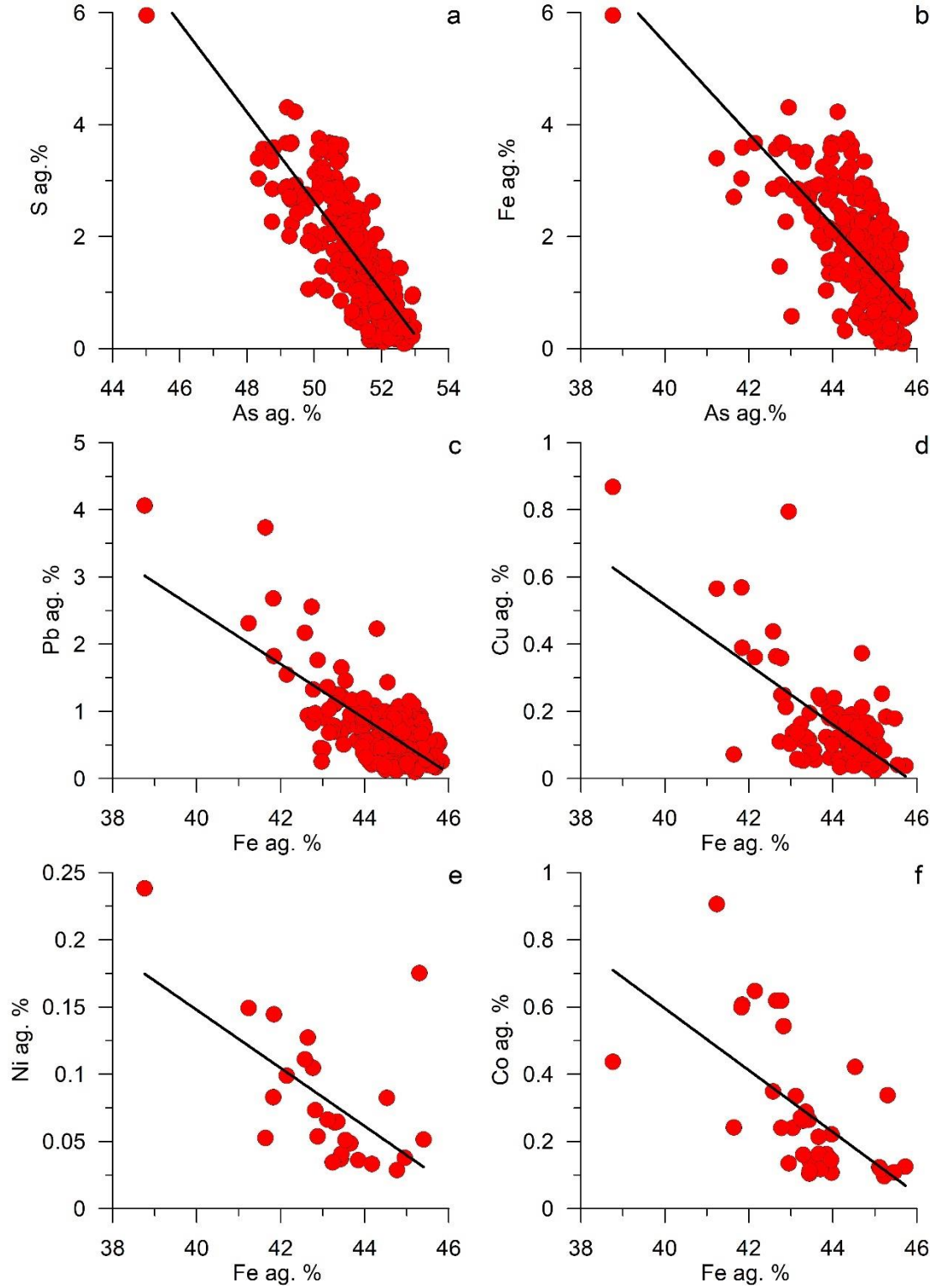
### 3.3. Sülfür Kimyası

Zankar cevherinin mineralojik ve dokusal özellikleri maden jeolojisi bölümünde verilmiştir. Buna göre Zankar madeninin mineral parajenezi oldukça sade olup, pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenden oluşmaktadır. Zankar madeninde bulunan sülfür minerallerinin bileşimleri elektron mikroprop aletiyle ölçülmüş, her bir mineralin içerdiği iz element konsantrasyonları ve bu iz elementlerin minerali oluşturan ana elementle olan ilişkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bu mineral kimyası analizleriyle cevheri oluşturan minerallerin benzer tip yataklarla olan kökensel ilişkileri irdelenmiştir. Her bir mineralden elde edilen mineral kimyası analiz sonuçları aşağıda ayrı başlıklar altında ayrı ayrı verilmiştir.

#### 3.3.1. Pirit Kimyası

Zankar madeninde en yaygın mineral olan pirit hem makro örneklerde, hem de parlak kesitlerde yaygın olarak bantlı dokuda görülmektedir. Bazen tek başına pirit minerallerinin oluşturduğu bantlar, bazen de bu bantlar boyunca piriti ornatan kalkopirit, sfalerit ve galene eşlik etmektedir. Üst üste büyüme gösteren pirit bantlarından elde edilen mineral kimyası analiz sonuçları Ek Tablo 1’de verilmiştir.

Mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Zankar madeninde bulunan piritler minerali oluşturan Fe ve S’in yanında önemli ölçüde iz element içermektedir. Buna göre piritlerde yaygın olarak bulunan iz element konsantrasyonları bolluk sırasına göre en yüksek değerler olarak As: 5,95; Pb: 4,07; Zn: 1,94; Co: 0,91; Ni:0,24; Hg:0,88; Cu: 0,87 şeklindedir. Bu elementlerin dışında az sayıdaki analizde tespit edilen elementler ise Au: 0,09; Sn:0,08; Se: 0,06; Ag: 0,06 ve Te: 0,05 şeklindedir. Bu elementlerden As hem S ile (Şekil 16.a), hem de Fe ile (Şekil 16.b) negatif korelasyon göstermektedir. Bu durum As’nin pirit minerallerinin bileşiminde hem S’in, hem de Fe’nin yerini aldığını göstermektedir. Bunun dışında Fe ile Pb arasında (Şekil 16.c), Fe ile Cu arasında (Şekil 16.d), Fe ile Ni arasında (Şekil 16.e) ve Fe ile Co arasında (Şekil 16.f) görülen negatif korelasyonlar da pirit minerallerinin bileşiminde bulunan Pb, Cu, Ni ve Co’ın Fe ile değiş tokuş yaptığını, Fe’nin yerini aldığını göstermektedir.

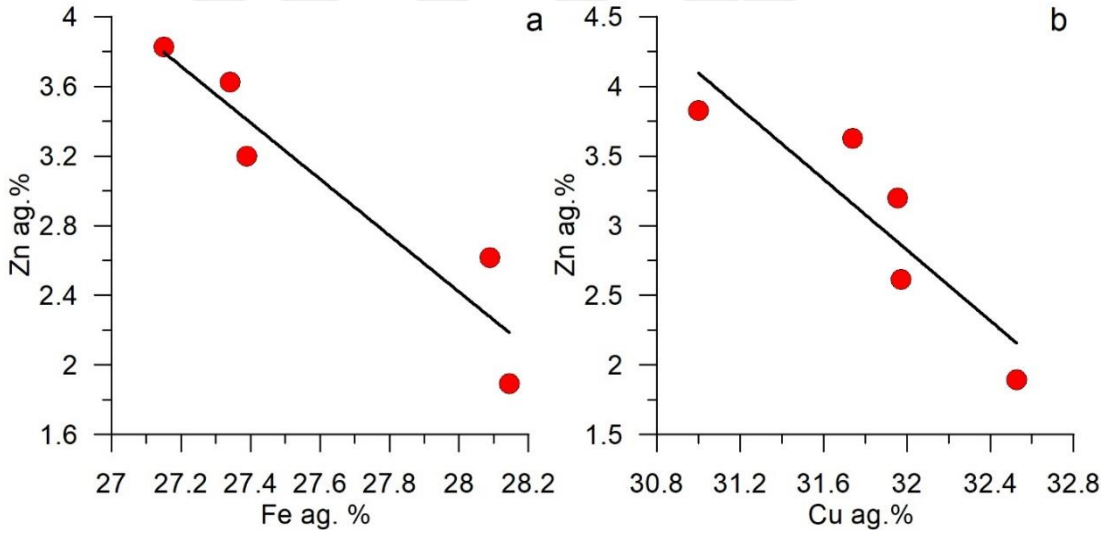


**Şekil 16.** Pirit minerallerindeki a) As-S arasındaki, b) As-Fe arasındaki, c) Fe-Pb arasındaki, d) Fe-Cu arasındaki, e) Fe-Ni arasındaki ve f) Fe-Co arasındaki negatif korelasyonlar

### 3.3.2. Kalkopirit Kimyası

Zankar madeninde kalkopirit minerali genellikle kalkopiriti ornatmakta ve sfalerit tarafından ornatılmaktadır. Nadiren sfalerit içinde kapanımlar şeklinde de gözlenmiştir. Zankar madeninde kalkopirit minerali nadiren gözlenmektedir. Bundan dolayı hazırlanan parlak kesitlerde yalnızca 6 adet kalkopirit gözlenmiş, bu kalkopiritlerden yapılan mineral kimyası analiz sonuçları Ek Tablo 2’de verilmiştir.

Kalkopirit analizlerinde ağ. %3,83’e ulaşan Zn tespit edilmiştir. Bunun dışında ölçülen diğer iz elementler ise ağ. % olarak Cd: 1,68; As: 0,64; Pb: 0,41; Ag: 0,08 şeklindedir. Kalkopiritlerde tek bir ölçümde belirlenen Sn 0,05 ağ. % şeklindedir. Kalkopirit analizlerinde Fe ile Zn arasında (Şekil 17.a) ve Fe ile Cu arasında (Şekil 17.b) yüksek negatif korelasyon bulunmaktadır. Bu ilişki Zn’nin hem Fe ile hem de Cu ile değiş tokuş yaptığını göstermektedir.



Şekil 17. Kalkopirit minerallerindeki a) Fe-Zn arasındaki ve b) Cu-Zn arasındaki negatif korelasyonlar.

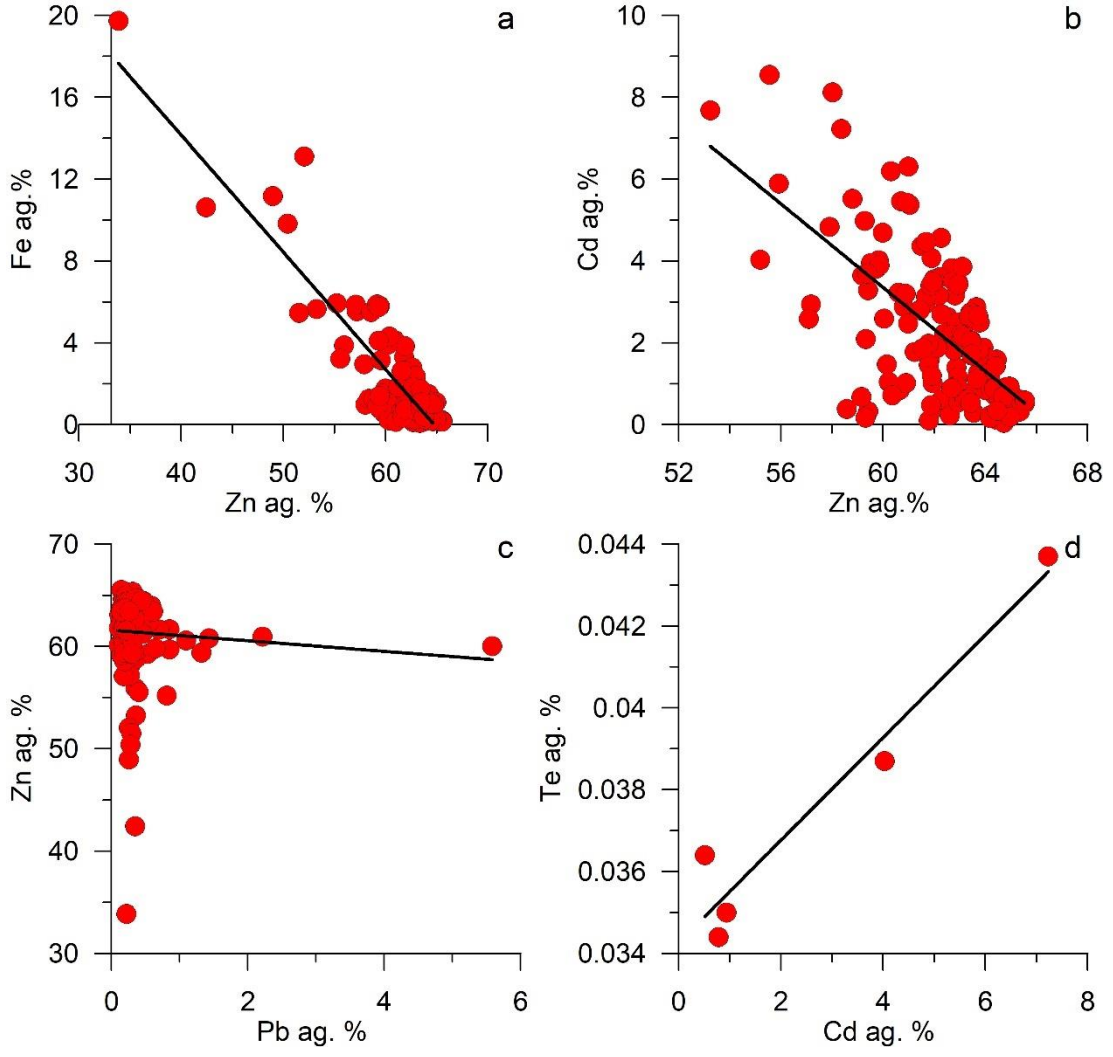
### 3.3.3. Sfalerit Kimyası

Zankar madeninde pirit ve galenlerle ardışık bantlar oluşturan galen minerali oldukça yaygın olarak gözlenmektedir. Bu galen bantlarından toplam 146 adet mineral kimyası analizi elde edilmiş ve sonuçlar Ek Tablo 3’te verilmiştir.

Bu analizlere göre sfaleritlerin Fe içerikleri 19,73 ağ. %’ye kadar ulaşmaktadır. Sfaleritlerde önemli ölçüde Cd tespit edilmiş olup Cd’un en yüksek değeri de 8,55 ağ.

% şeklinde ölçülmüştür. Sfaleritlerde tek bir ölçümde 7,25 ağırlık % Cu tespit edilmiş, diğer analizlerin tamamında Cu konsantrasyonu 0,34 ağırlık %'nin altında ölçülmüştür. Bunların dışında ölçümü yapılan diğer elementlerin en yüksek değerleri ağırlık % olarak Pb:5,58; Hg:0,99; Ag:0,64; As:0,89; Mn: 0,08; Sn:0,07; Te:0,04 şeklindedir.

Sfaleritlerde Fe ile Zn arasında (Şekil 18.a) ve Zn ile Cd arasında (Şekil 18.b) negatif korelasyon bulunmaktadır. Bu korelasyonlar Fe'nin ve Cd'un kristal kafesinde Zn'nin yerini aldığını göstermektedir. Örneklerde iki farklı sfalerit evresi bulunmakta olup bu sfaleritlerden erken evrenin önemli ölçüde Pb içerdiği ve bu Pb'nin Zn ile negatif korelasyon gösterdiği (Şekil 18.c), buna karşın ikinci evre sfaleritlerin Pb içeriklerinin ilk evreye kıyasla artış gösterdiği tespit edilmiştir. Sfaleritlerde az sayıdaki analizde tespit edilen dedeksiyon limiti üzerindeki Te ile Cd arasında pozitif korelasyon belirlenmiş olup (Şekil 18.d) bu Te'nin Cd ile birlikte hareket ettiği anlaşılmıştır.

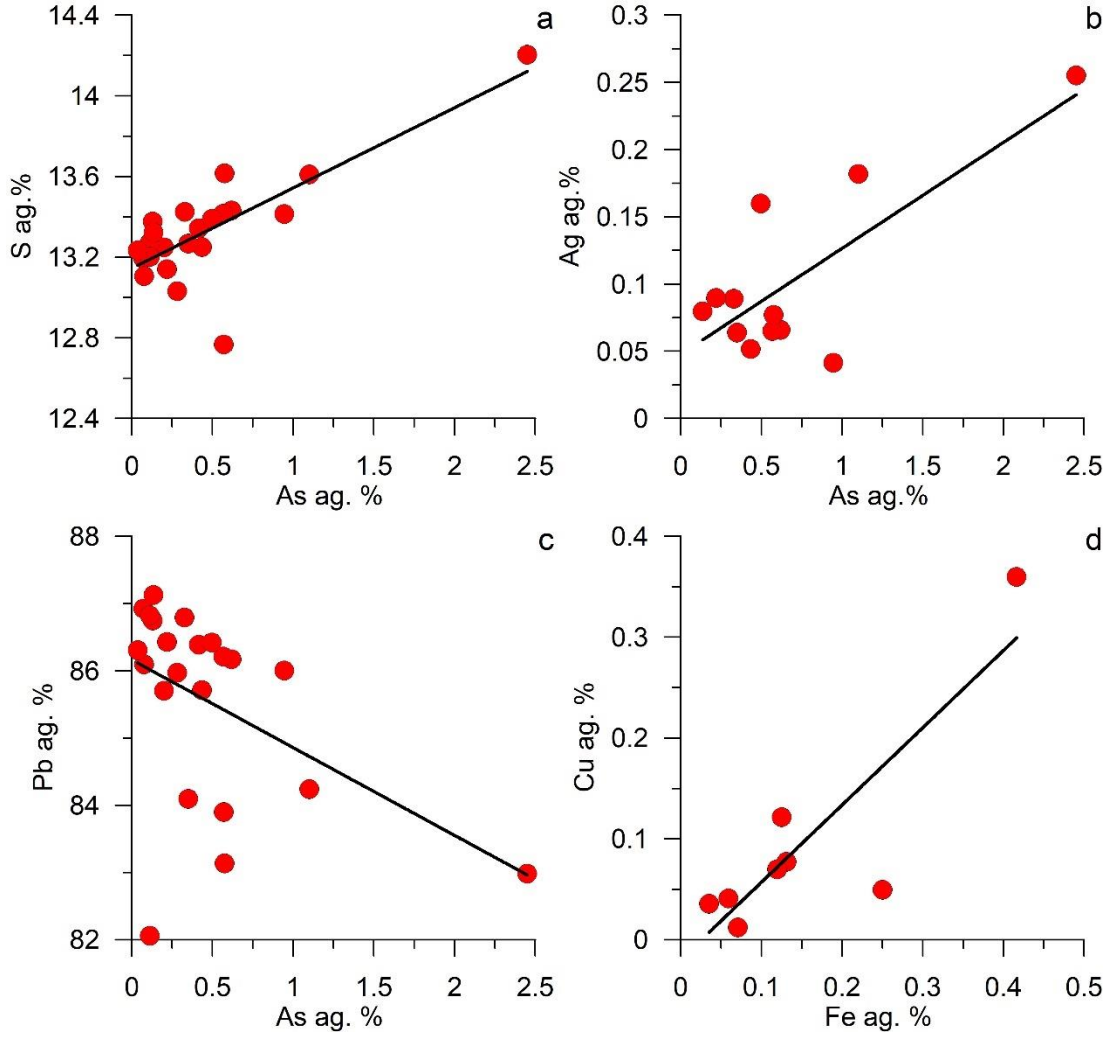


**Şekil 18.** Sfalerit minerallerindeki a) Zn-Fe, b) Zn-Cd, c) Zn-Pb ve d) Te-Cd arasındaki korelasyon ilişkileri

### 3.3.4. Galen Kimyası

Galen Zankar cevherinde yaygın olarak bulunan, bantlı cevherde pirit ve sfalerite eşlik eden bir mineraldir. Galen minerallerinde yapılan mineral kimyası analiz sonuçları Ek Tablo 4'te verilmiştir. Zankar yatağında galen mineralleri ağırlıkça %8,13'e ulaşan Zn içerikleri ile karakteristiktir. Ağırlıkça %2,45'e ulaşan As galenlerde yaygındır. Bunun dışında ölçümlerin önemli bir kısmında ağırlıkça %0,61'e ulaşan Cd ve ağırlıkça %0,09'a ulaşan Te tespit edilmiştir. Galenlerde analizlerin çoğunda Fe bulunmakta olup Fe değeri tek bir ölçüde tespit edilen ve ağırlıkça %7,36'ya ulaşan değer dışında ağırlıkça %0,42'nin altındadır. Bu elementlerin dışında daha az sayıda analizde tespit edilen diğer elementlerin bollukları ağırlıkça % olarak Cu: 1,61; Hg: 1,21; Ag: 0,26; Co: 0,14; Ni: 0,08 ve Sn: 0,07 şeklindedir.

Galenlerde As ile S arasında pozitif korelasyon (Şekil 19.a) bulunur. Bu korelatif ilişki As'nin galenlerde S'in yerini almadığı, bunun yerine S ile birlikte artış gösterdiği anlamına gelmektedir. Ag ile As arasındaki pozitif korelasyon (Şekil 19.b) galenlerin Ag içeriklerinin As ile birlikte artış gösterdiğine işaret etmektedir. Buna karşılık Pb ile As arasındaki negatif korelasyon (Şekil 19.c) As'nin galenlerde Pb ile değiş tokuş yaptığını göstermektedir. Bunların dışında Fe ile Cu elementleri de galenlerde birlikte artış göstermiştir (Şekil 19.d).



**Şekil 19.** Galen minerallerindeki a) As-S, b) As-Ag, c) As-Pb ve d) Fe-Cu arasındaki korelasyon ilişkileri

### 3.4. Sıvı Kapanım Çalışmaları

Zankar (Kelkit-Gümüşhane) madeninde sıvı kapanım çalışması kalsit minerallerinde yapılmıştır. Sıvı kapanımların mikrotermometrik ölçümleri kapsamında bu kapanımların Ötektik Sıcaklığı ( $T_e$ ), Son Buz Ergime Sıcaklığı ( $T_{m-ice}$ ), Clathrate Ergime Sıcaklığı ( $T_{m-clth}$ ) ve Homojenleşme Sıcaklığı ( $T_h$ ) ölçülmüştür. Aşağıda ölçülen bu parametrelerin terimsel anlamları özetlenmiştir.

*Ötektik Sıcaklığı ( $T_e$ ):* Ötektik sıcaklığı tamamen dondurulan sıvı kapanımın ısıtılması sırasında kapanım içindeki ergimenin ilk başladığı sıcaklık olarak tanımlanır. İçerisinde çözünmüş halde tuz bulunan dondurulmuş bir suyun ilk ergimesi bu suyun içerdiği tuz miktarından bağımsız olup tuzun türü ile ilişkilidir. Sıvı kapanımların ötektik sıcaklıklarını ölçmek suretiyle bu kapanımlar içinde bulunan olası tuz türlerini teorik olarak belirlemek mümkündür. Bunun için ölçülen  $T_e$  sıcaklık değerinin mevcut referanslar ile kıyaslanması gereklidir. Doğada oluşan sıvı kapanımlarda bazı durumlarda sıvı kapanımlar içerisinde tek bir tuz türünden ziyade farklı tuz türleri bir arada bulunur. Bu şekilde farklı tuz türlerinin bir arada bulunduğu sıvı kapanımlardan ölçülen  $T_e$  sıcaklıklarının tuz türlerinin karakteristik ötektik sıcaklık değerleri arasında olması gerekir.

*Son Buz Ergime Sıcaklığı ( $T_{m-ice}$ ):* Tamamen dondurulmuş sıvı kapanımın ısıtılması sürecinde ötektik sıcaklığını takip eden, ergimenin tamamen bittiği sıcaklık değeri son buz ergime sıcaklığı veya final buz ergime sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır. Sıvı kapanım içindeki buz kristalinin tamamen ergime sıcaklığı tuz miktarına bağlı olduğundan, son buz ergime sıcaklığını ölçmek suretiyle kapanımların bileşimindeki tuzun miktarı % olarak belirlenebilir.

*Klatrate (Clathrate) Ergimesi ( $T_{m-clth}$ ):* Bileşiminde  $CO_2$  bulunan sıvı kapanımlarda  $CO_2$  su ile reaksiyona girerek klatrate ( $CO_2 \cdot 5.7H_2O$  gaz hidrat) oluşturmaktadır. Klatrate bulunan sıvı kapanımlarda, oluşan klathrate sistemdeki suyun azalmasına neden olduğundan son buz ergime sıcaklıklarına göre hesaplanan tuzluluk miktarı gerçekte olduğundan daha düşük çıkacaktır. Bundan dolayı eğer sistemde klathrate bulunuyor ise tuzluluk miktarının buna göre hesaplanması gerekir. Klatrate ergimesine göre tuzluluk hesabı Darling (1991) tarafından geliştirilen formülle yapılabilmektedir.

*Tuzluluk Miktarı (ağ. % NaCl eşd.):* Sıvı kapanımların içindeki toplam tuz miktarına sıvı kapanımların tuzluluk miktarına denir. Sıvı kapanımların içindeki tuz

miktarı ile son buz ergime sıcaklığı arasında bir ilişki bulunmaktadır. Buna göre bir kapanımın tuzluluk miktarı ne kadar fazla ise o kapanımın son buz ergime sıcaklığı o ölçüde azalmaktadır. Buna göre ölçülen son buz ergime sıcaklığı kullanılarak sıvı kapanımların toplam tuzluluk miktarını hesaplamak mümkündür.

*Homojenleşme Sıcaklığı ( $T_h$ ):* Sıvı kapanımların ısıtılması sırasında içerisindeki gaz fazın tamamen sıvı faza, veya sıvı fazın tamamen gaz faza dönüştüğü sıcaklık homojenleşme sıcaklığı ( $T_h$ ) olarak bilinir. Ölçülen homojenleşme sıcaklığı bir maden yatağı için atmosfer basıncı altında ölçülen en düşük oluşum sıcaklığıdır.

### **3.4.1. Sıvı Kapanım Petrografisi**

Zankar (Kelkit-Gümüşhane) cevherinde sıvı kapanım çalışmaları cevhere eşlik eden kalsit minerallerinde yapılmıştır. Mikrotermometrik ölçümlere başlamadan önce örneklerde bulunan sıvı kapanımların petrografik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bunun için mineralojik olarak farklı evrelerde oluşan kapanımlar ayırt edilmeli, birincil ve ikincil kapanımlar tanımlanmalı, her bir evredeki kapanımlar şekil, boyut, kapanım tipi gibi özelliklere göre sınıflandırılmalıdır.

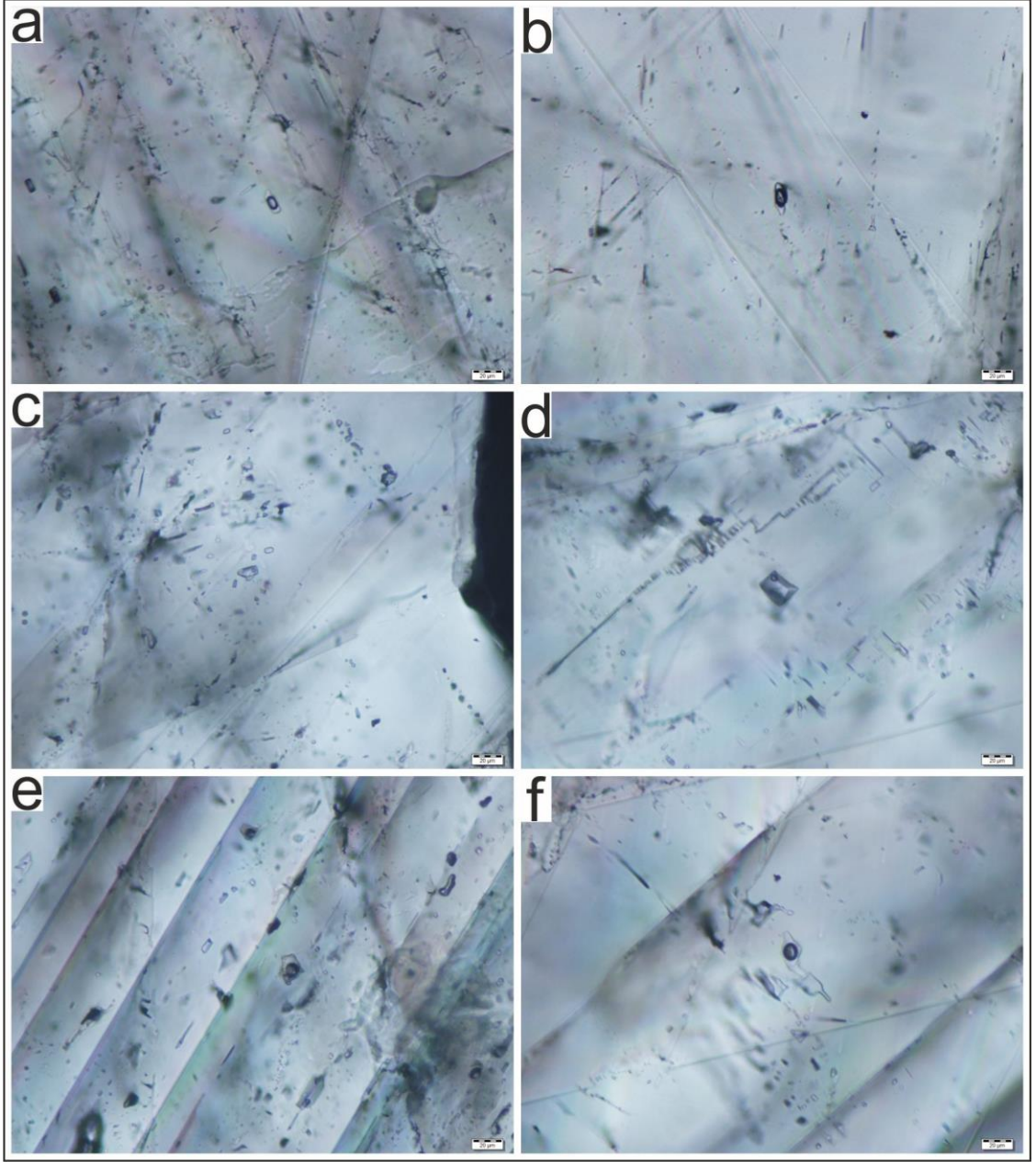
Bu çalışmada Zankar madeninde bulunan sıvı kapanımlar Roedder (1984) ve Shepherd vd. (1985) tarafından belirtilen kriterlere göre birincil ve ikincil kapanımlar olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre birincil kapanımlar mineralin oluşumu sırasında mineral içi boşluklarda hapsolan kapanımlar iken, ikincil kapanımlar mineralin oluşumu sonrasında mineral içinde gelişen kırık, çatlak veya dilinimler boyunca mineral içine girip burada hapsolan kapanımları ifade etmektedir. Bundan dolayı birincil kapanımlar incelenen mineralin ilksel oluşum koşullarını yansıtırken, ikincil kapanımlar mineral oluşumu sonrasında geçirdiği süreçlerin fiziko kimyasal özelliklerini yansıtmaktadır (Kerkhof ve Hein, 2001). Bundan dolayı bu çalışmada sıvı kapanım çalışmasının birincil olduğu belirlenen kapanımlar üzerinde yapılmasına özen gösterilmiştir.

Zankar cevherinde kalsit mineralleri yaygın olarak hem birincil hem de ikincil sıvı kapanımlar içermektedir. İncelenen örneklerdeki birincil kapanımlar yukarıda açıklanan kriterler doğrultusunda ayırt edildikten sonra bunların mikrotermometrik ölçümlerine geçilmiştir. İncelenen birincil kapanımlar yaygın olarak kalsitin ronbohedral kristal sistemine uygun şekilde baklava dilinimi şekli sunarlar. Bunların

dışında t p Şekilli, kare Şekilli ve düzensiz geometrik Şekiller izlenmiŐtir. Kapanımlar yer yer kalsit içinde mineralin dilinimlerine paralel olacak Şekilde uzanım gösterirler. Kalsit içindeki sıvı kapanımların boyutu genel olarak 30 mikronun altındadır. Ölüm yapılan kapanımlar yaygın olarak 10 ile 20 mikron arasında boyuta sahiptir.

Örneklere kapanımların yaygın olarak birbirinden uzakta izole kapanımlar Şeklinde olduğu görülmüŐtür. Nadiren birkaç kapanımın bir arada bulunduğu kapanım birliktelikleri de söz konusudur.  rnekleredeki sıvı kapanımların tamamı oda sıcaklığında iki fazlı olup sıvı ve gaz fazı içermektedirler. Ancak bu iki fazlı kapanımlarda gaz/sıvı oranı bakımından farklılık bulunmaktadır. Buna göre kapanımların bir kısmı gaz bakımından zengindir (Şekil 20.a, b). Diğer grupta bulunan kapanımlar ise sıvı bakımından zengindir (Şekil 20.c, d). Gaz bakımından zengin kapanımların tamamı gaz faza homojenleŐirken, sıvı fazın zengin olduğu ikinci gruptaki kapanımların bir kısmı sıvı faza, diğer kısmı ise gaz faza homojenleŐmiŐtir. Gaz bakımından zengin kapanımların gaz oranı %60 ile %90 arasında değişmektedir. Sıvı bakımından zengin kapanımlarda bu oran %10 ile 40 arasındadır.

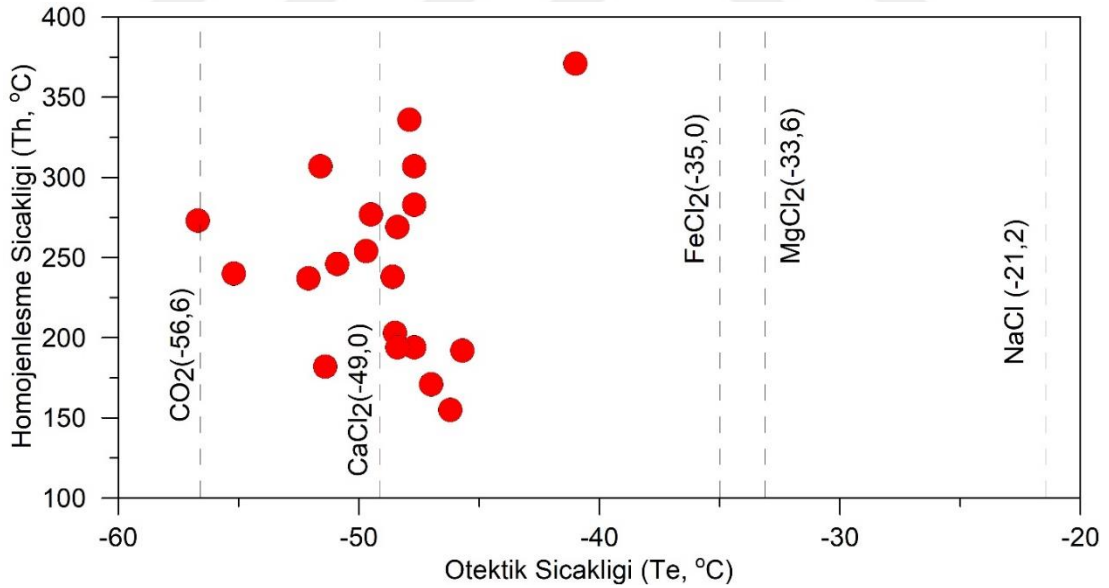
Örneklere yer yer gaz oranı yüksek ve gaz oranı düşük kapanımların bir arada olduğu gözlenmiştir (Şekil 20.e, f). Mikrotermometrik  l mler sırasında bir arada bulunan bu sıvı kapanımların birisi gaz faza homojenleŐirken, diğeri ise sıvı faza homojenleŐmiŐtir. Sıvı kapanımlarda CO<sub>2</sub> fazı veya katı tuz kristali gözlenmemiştir.



**Şekil 20.** a, b) Kalsit minerallerinde bulunan gaz oranı yüksek sıvı kapanımlar, c, d) Kalsit minerallerinde bulunan sıvı oranı yüksek kapanımlar, e, f) Gaz oranı yüksek ve sıvı oranı yüksek kapanımların bir arada bulunması

### 3.4.2. Mikrotermometrik Ölçümler ve Tuzluluk Hesaplamaları

Zankar cevherinde kalsit minerallerinde bulunan sıvı kapanımların mikrotermometrik özellikleri kapsamında bu kapanımların Ötektik Sıcaklıkları ( $T_e$ ), Son Buz Ergime Sıcaklıkları ( $T_{m-ice}$ ), Klathrate Ergime Sıcaklıkları ( $T_{m-clth}$ ) ve Homojenleşme sıcaklıkları ( $T_h$ ) ölçülmüş, ölçüm sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Kalsit minerallerindeki sıvı kapanımların ötektik sıcaklıkları  $-56,7$  °C ile  $-41$  °C arasında ölçülmüştür. Ölçülen bu ötektik sıcaklıkları Şekil 21’deki ötektik sıcaklığı dağılım diyagramına aktarılmış, bilinen bazı tuz türlerinin karakteristik ötektik sıcaklıklarıyla karşılaştırılmıştır. Bütün sıvı kapanımların ötektik sıcaklıklarının bu şekil üzerindeki dağılımları  $CaCl_2$ ’nin karakteristik ötektik sıcaklığı olan  $-49$  °C’ye yakın bir dağılım sunduğu görülmektedir. Ancak kapanımların bir kısmının ötektik sıcaklıklarının  $CaCl_2$ ’ün ötektik sıcaklıklarının altına sarkma gösterdiği görülmektedir. Bu ötektik sıcaklıkları kısmen  $FeCl_2$ ’nin ötektik sıcaklıklarına yakınlık göstermektedir. Bundan dolayı Zankar sahasındaki sıvı kapanımların bileşimlerinin  $H_2O-CaCl_2-FeCl_2$  şeklinde olabileceği anlaşılmaktadır (Şekil 21).



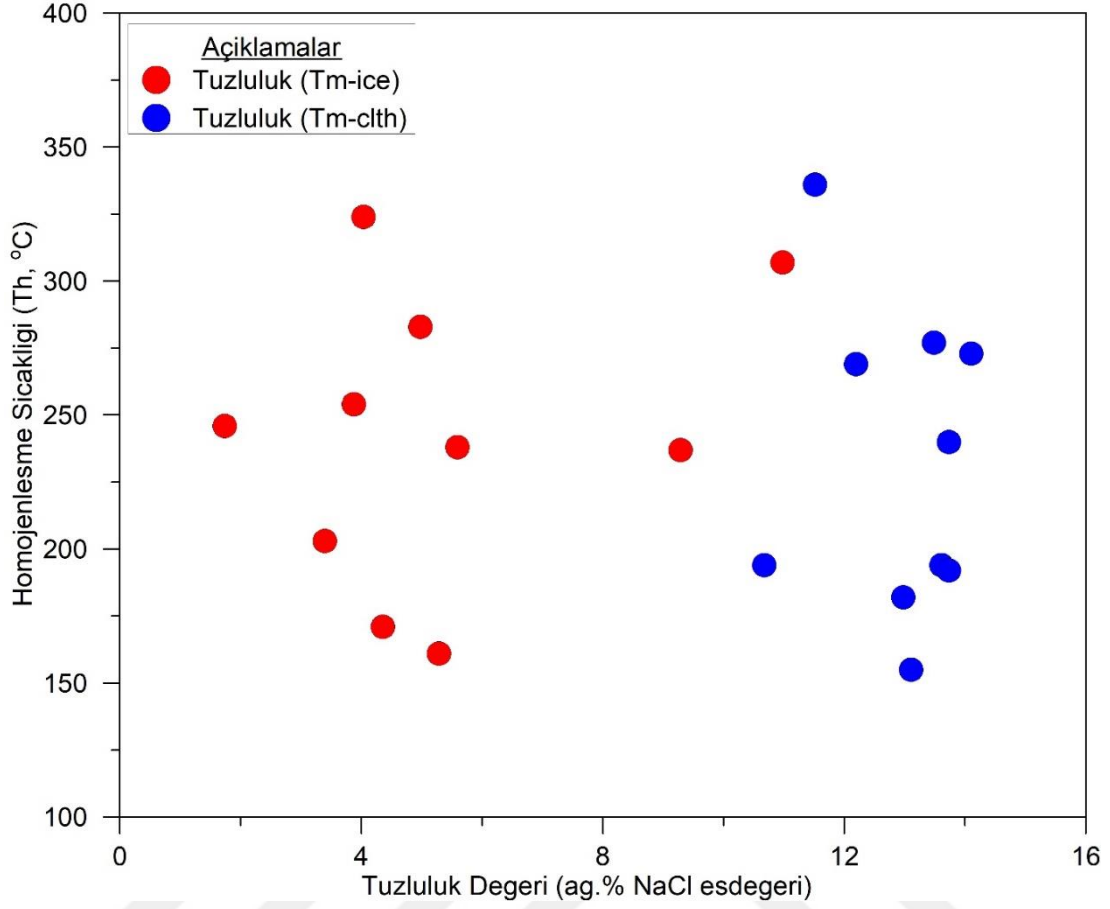
Şekil 21. Sıvı kapanımların Ötektik sıcaklıklarının  $T_h$  sıcaklığına karşılık dağılımları

Sıvı kapanımların son buz ergime sıcaklığı ( $T_{m-ice}$ ) tamamen dondurulan kapanımın ısıtılması sırasında içindeki buz kristallerinin tamamen ergidiği sıcaklıktır. Sıvı kapanım içerisindeki tuz miktarı ne kadar fazla ise buz kristalinin ergime sıcaklığı

o derece düşmektedir. Sıvı kapanım içindeki tuz miktarı ile son buz ergime sıcaklığı arasındaki ilişki kullanılarak bu kapanımların tuzluluk miktarı hesaplanabilmektedir (Shepherd vd., 1985; Wilkinson, 2001). Bunun için geliştirilmiş ampirik yöntemler mevcuttur (Bodnar, 1993). Bu çalışmada Zankar cevherindeki sıvı kapanımların son buz ergime sıcaklıkları -1 ile -7,3 °C arasında ölçülmüştür. Ölçülen bu son buz ergime sıcaklıkları kullanılarak Bodnar (1993) tarafından geliştirilen yöntemle bu kapanımların tuzlulukları 1,7 ağı. % NaCl eşd. ile 11 ağı. % NaCl eşd. arasında hesaplanmıştır. Sıvı kapanımların bileşiminde CO<sub>2</sub> bulunması durumunda bu kapanımların içindeki buz kristalinin ergimesi pozitif değerlerde olabilmektedir. Bu durumun nedeni oluşan klathrate nedeniyle kapanımın içindeki buz kristalinin ergimesinin gecikmesidir (Darling, 1991).

Zankar madenindeki sıvı kapanımların bir kısmında son buz kristalinin ergimesinin pozitif değerlerde olduğu gözlenmiştir. Bu durumun nedeni kapanım içindeki klathrate oluşumdur. Klathrate bulunan bu kapanımların tuzlulukları Darling, 1991 tarafından geliştirilen ampirik yöntemle göre yapılmıştır. Zankar madenindeki sıvı kapanımlarda ölçülen klathrate ergime sıcaklıkları 1,3 ile 3,9 C arasındadır. Ölçülen bu klathrate ergime sıcaklıklarına göre kapanımların tuzlulukları 10,7 ağı. % NaCl eşd. ile 14,1 ağı. % NaCl eşdeğeri arasında hesaplanmıştır.

Hem son buz ergime sıcaklıkları hem de klathrate ergime sıcaklıkları kullanılarak Zankar madenindeki bütün sıvı kapanımların tuzlulukları 1,7 ağı. % NaCl eşd. ile 14,1 ağı. % NaCl eşd. arasında hesaplanmıştır. Hesaplanan tuzluluk değerlerinin homojenleşme sıcaklığına karşılık dağılımları incelendiğinde (Şekil 22) klathrate içeren kapanımların kısmen daha yüksek tuzluluğa sahip oldukları görülmektedir. Buna göre bütün kapanımların tuzluluk değerlerinin hidrotermal damar tip yatakların tuzluluk değerleriyle uyumlu oldukları anlaşılmaktadır.



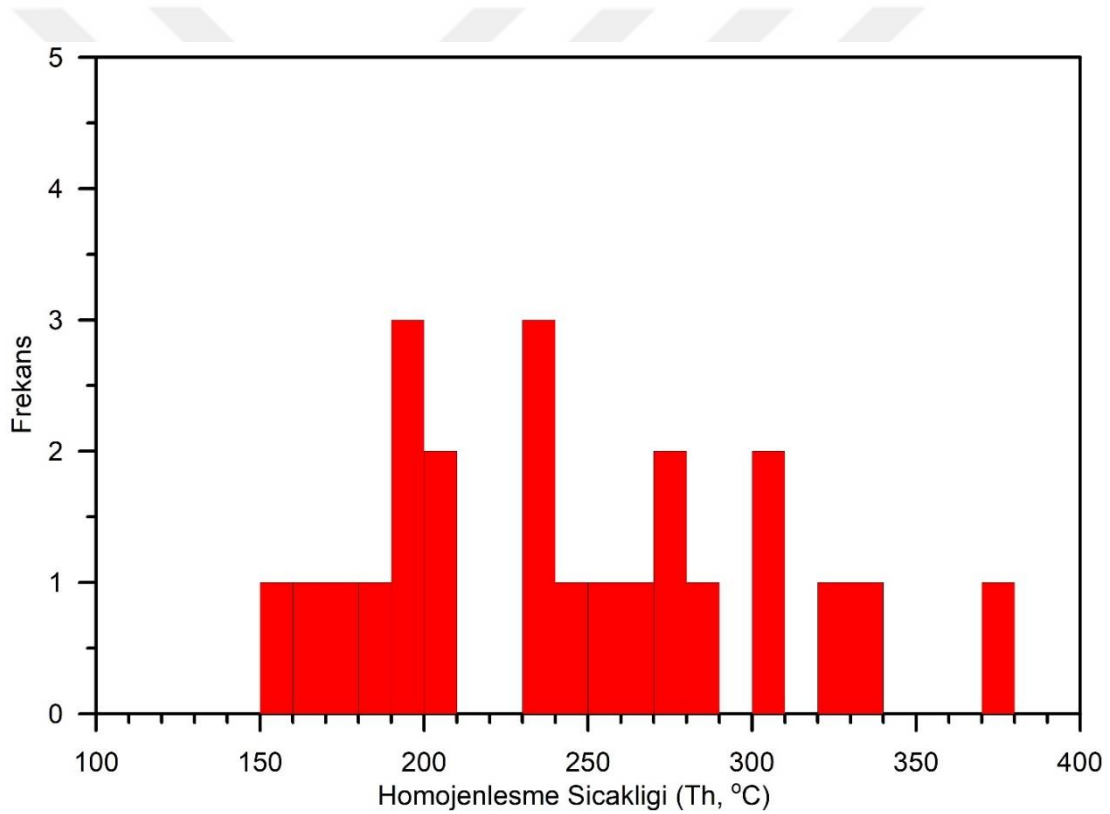
**Şekil 22.** Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk dağılım grafiği

Zankar cevherindeki sıvı kapanımlardan toplam 24 adet homojenleşme sıcaklığı ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’deki veriler incelendiğinde bütün sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 155 °C ile 371 °C arasında değiştiği görülmektedir. Bu homojenleşme sıcaklıkları homojenleşme sıcaklığı histogramına aktarıldığında bu verilerin dağılımının yaklaşık olarak 3 farklı alanda yönseme verdiği görülmektedir (Şekil 23). Buna göre Th sıcaklıklarının dağılım aralıkları 3 farklı gruba ayrılmaktadır. Bunlardan ilki 150 °C ile 210 °C arasında, ikincisi 230 °C ile 290 °C arasında, üçüncü grup ise 300 °C’nin üzerindedir.

Cevherin mineralojik ve dokusal özellikleri incelendiğinde 3 farklı evre mineralojik olarak tanımlanamamıştır. Ancak sıvı kapanımların Th sıcaklığı histogramı Zankar cevherinin 3 farklı evrede oluştuğunu göstermektedir. Bununla birlikte histogram üzerindeki verilerin yeterli olmadığı bunun için ilave ölçümlerin yapılması gerektiği dikkate alınmalıdır.

Zankar cevherine ait bu homojenleşme sıcaklıkları bu cevherin oluşum sıcaklığının oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Homojenleşme sıcaklıklarının bu değişim aralığı hidrotermal yatakların epitermal-mezotermal sıcaklık şartlarına karşılık gelmektedir.

Her ne kadar sıcaklık değerleri düşük olsa da sıvı kapanımların 14,1 ağı. % NaCl eşdeğerine ulaşan tuzlulukları Zankar cevherinde kısmen bir magmatik etkinin olabileceğini, hidrotermal çözeltilerin magmatik kökenli çözeltilerle ilişkili olabileceğini göstermektedir. Bu tuzluluk değerlerin 1,7 ağı. % NaCl eşdeğerine kadar azalması ise magmatik kökenli çözeltilerin meteorik çözeltiler ile etkileşim halinde olduğuna işaret etmektedir.



**Şekil 23.** Sıvı kapanımlara ait homojenleşme sıcaklığı histogramı

**Tablo 1.** Sıvı Kapanımlara ait mikrotermometrik ölçüm sonuçları

Örnek No	Homojenleşme	Ötektik Sıcaklığı	Son Buz	Klathrate Ergime	Homojenleşme	Tuzluluk	Tuzluluk
M6	Gaz	-48,6	-3,4		238	5,6	
	Gaz	-49,7	-2,3		254	3,9	
	Gaz				208		
	Sıvı	-50,9	-1		246	1,7	
	Sıvı	-48,5	-2		203	3,4	
	Sıvı	-52,1	-6		237	9,3	
	Gaz	-47,9		3,3	336		11,5
	Sıvı	-51,6	-7,3		307	11,0	
	Gaz	-47	-2,6		171	4,4	
	Sıvı	-47,7		1,7	194		13,6
	Sıvı	-45,7		1,6	192		13,7
	Sıvı	-46,2		2,1	155		13,1
	Sıvı	-51,4		2,2	182		13,0
		-55,2		1,6	240		13,7
	Gaz		-2,4		324	4,0	
	Sıvı	-56,7		1,3	273		14,1
	Gaz	,52,2	-3,2		161	5,3	
	Gaz	-48,4		3,9	194		10,7
	Gaz	-41			371		
	Sıvı	-48,4		2,8	269		12,2
	Gaz	-49,5		1,8	277		13,5
	Gaz	-47,7			307		
	Sıvı	-47,7	-3		283	5,0	

#### 4. TARTIŞMA

Zankar cevheri Erken-Orta Jura yaşlı andezit bazalt ve prioklastlarından oluşan Şenköy Formasyonu içinde N40D doğrultulu kırık hattı boyunca damar tipte oluşmuştur. Cevherde damar tip yatakların karakteristik cevher yapıları olarak ağsal, saçınımlı, breşik ve damar tip cevher yapıları yaygındır. Mostrada cevher damarının Şenköy Formasyonu üzerine gelen Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarını kestiği yer gözlenmemiştir. Ancak cevher paşasından derlenen örneklerde karbonatlı yan kayaç dokanakları boyunca gelişmiş bantlı cevher yapıları yaygındır. Bu bantlı cevher yapısında pirit, sfalerit ve galen bantlarının ardışık büyümesi söz konusudur. Bu yapı içinde hem sfaleritin piriti, hem de galenin sfalerit ve piriti ornatımı yaygındır. Bu cevher bantlarının karbonatlı yan kayacı ornatarak oluştuğu hem makro hem de mikro örneklerde gözlenebilmektedir. Bu durum Zankar cevherinin her ne kadar volkano tortul yan kayalar içinde epijenetik olarak oluştuğunu gösterse de pasadan alınan örneklerin karbonat ornatımı cevherin damar boyunca yeraltında kireçtaşlarını kestiğini göstermektedir. Kireçtaşlarını kesen bu damar boyunca da karbonat ornatımlı cevher gelişmiştir. Sahada Zankar cevherinin Berdiga kireçtaşlarını kestiği mostra görülmese de Kazanpınar köyünün bulunduğu alanın faylanma ile birlikte düşen kireçtaşlarından oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3). Volkanitler içindeki cevher damarı, doğrultu boyunca bu kireçtaşlarını kesmektedir. Buna göre mostrada her ne kadar kireçtaşları ile cevher ilişkisi gözlenmese de cevher damarının yüzeyin altında kireçtaşlarını kestiği anlaşılmaktadır.

Sıvı kapanım çalışmaların ötektik sıcaklıkları  $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $-56,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. Bu sıcaklık değerleri sıvı kapanımların bileşiminin  $\text{CaCl}_2$  bakımından zengin çözeltilere bağlı olarak oluştuğunu göstermektedir. Bu  $\text{CaCl}_2$  içerikli çözeltiler yukarıda açıklanan karbonat ornatımının bir sonucu olabilir.

Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları  $155\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $371\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri hidrotermal damar tip yataklara kıyasla düşük kalmaktadır. Bundan dolayı Zankar cevherinin epitermal-mezotermal arası sıcaklık şartlarında oluşmuş düşük ısılı bir cevher olduğu anlaşılmaktadır.

Sıvı kapanımların tuzluluk değerleri 1,7 ağı. % ile 14,1 ağı. % arasında değişmektedir. Bunlardan 14,1 ağı.%'ye çıkan tuzluluk değerleri Zankar cevherinin

oluşumunda magmatik kökenli çözeltilerin etkin rol oynamış olabileceğine işaret etmektedir. Ancak bazı sıvı kapanımların tuzluluklarının 1,7 ağırlık % NaCl eşdeğerine kadar düşmesi bu hidrotermal çözeltilere önemli ölçüde meteorik su karışımına işaret etmektedir. Açıklanan bu bulgular Zankar cevherinin magmatik kökenli çözeltiler ile meteorik çözeltilerin karışmasının birlikte rol oynadığını işaret etmektedir.

Mineral kimyası analizlerine göre Zankar cevherinde bulunan pirit mineralleri 0,96 ağırlık %'ye ulaşan oranda Co içermektedir. Buna karşın bu piritlerin Ni içerikleri analizlerin bir çoğunda dedeksiyon limitinin altında olmakla birlikte 0,24 ağırlık %'nin altındadır. Piritlerin yüksek Co içerip, düşük Ni içeriklerine sahip olması pek çok araştırmacı tarafından asitik magmatik sistemle ilişkilendirilmiştir.

Piritlerin yanında sfaleritlerin Cd içerikleri ve Zn/Cd oranları da çözelti kaynağını belirleme kriter olarak kullanılmıştır (Xuexin'e (1984; Zaw ve Large, (1996; Brill (1989; Gottesmann ve Kampe, 2007). Bu çalışmalara göre sfaleritlerin yüksek Cd içerikleri ve düşük Zn/Cd oranları hidrotermal çözeltilerin asitik magmatik sistemlerle ilişkili olduğunun göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Bütün bu veriler Zankar cevherinin yan kayaçlar içinde epijenetik olarak oluştuğunu, oluşum sıcaklığının 155 °C ile 371 °C arasında değiştiğini, magmatik ve meteorik çözeltilerin karışımının yatak oluşumunda birlikte rol aldığını göstermektedir. Ayrıca hem pirit kimyası, hem de sfalerit kimyası verileri zankar cevherinin asitik bileşimli magmatik sistemlerle ilişkili olduğuna işaret etmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Zankar cevherinin jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökensel özelliklerini konu alan bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Zankar Cevheri andezit bazalt ve piroklastlarından oluşan Şenköy Formasyonu içinde K40D doğrultulu kırık hattı boyunca epijenetik olarak oluşmuştur.
- Cevherin mineral parajenezini pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen oluşturken, kuvars ve kalsit cevhere eşlik eden gang mineralleridir.
- Sıvı kapanımların ötektik sıcaklıklarına göre Zankar cevherini oluşturan çözeltilerin bileşimi  $H_2O-CaCl_2-FeCl_2$  şeklindedir.
- Sıvı kapanım çalışmalarına göre Zankar cevherini oluşturan çözeltilerin tuzluluk değerleri 1,7 ağırlık % ile 14,1 ağırlık % arasında değişmekte olup bu tuzluluk değerleri magmatik kökenli çözeltiler ile meteorik çözeltilerin birlikte rol oynadığını göstermektedir.
- Sıvı kapanım verilerine göre Zankar cevheri düşük-orta sıcaklıktaki hidrotermal çözeltilerden itibaren oluşmuştur.
- Pirit minerallerinin yüksek Co'ya karşılık düşük Ni içerikleri zankar cevherini oluşturan çözeltilerin asitik bileşimli magmatik sistemle ilişkili olduğunu göstermektedir.
- Sfalerit minerallerinin yüksek Cd içerikleriyle birlikte düşük Zn/Cd oranları asitik çözelti kaynağıyla uyumludur.
- Pirit, sfalerit ve galen minerallerinde Ag bulunması Zankar cevherinin gümüş açısından ekonomik olabileceğine işaret etmektedir.

## 6. ÖNERİLER

Zankar Cevheri Liyas yaşlı Şenköy formasyonuna ait volkanitler içinde K40 D doğrultulu damar şeklindedir. Bu damarı işletmek için eski dönemlerde açılmış galeriler bulunmaktadır. Bu galeriler günümüzde tamamen kapalı olduğundan cevher damarının devamlılığı konusunda bilgi elde etme olanağı yoktur. Ancak bu tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular Zankar cevherinin yalnızca Şenköy formasyonuna ait volkanitler içinde bulunmadığını, Berdiga Formasyonuna ait kireçtaşları ile dokanak olabileceğini göstermektedir. Bu durumda Zankar cevheri yalnızca volkanitler içinde gelişen damar tip cevher olmayıp, kireçtaşları içinde gelişmiş karbonat ornatımlı cevherin de sahada bulunabileceği öngörülmektedir. Bundan dolayı hem volkanitler içindeki cevher damarı için, hem de kireçtaşı dokanakları boyunca sondajlı aramalar önerilir.

Zankar cevherinin makro ve mikro cevher yapıları bu cevherin epijenetik olarak geliştiğini işaret etmektedir. Sıvı kapanım ve mineral kimyası bulguları ise söz konusu cevherin magmatik kökenli çözeltiler ile ilişkili olabileceğini göstermektedir. Buna göre sahada güncel olarak yüzeylememiş olası bir magmatik sokulumun varlığı öngörülmektedir. Eğer böyle bir magmatik sokulum mevcut ise bu durumda Zankar cevherinin bulunduğu saha çevresinde Zankar cevherine benzer şekilde cevherleşmelerin bulunma ihtimali yüksektir. Bundan dolayı Kazanpınar köyü çevresinde geniş yayılım alanına sahip kireçtaşlarını kesen başka cevher damarlarının olup olmadığı incelenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. *Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi*, Doktora tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul, 56.
- Akbulut, K., Akaryalı, E., Akpınar, İ. ve Atay, U., 2014. Gümüşdamla Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Pb-Zn±Au±Ag Cevherleşmesinin Petrografisi ve Cevher Mikroskobisi. *67. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, MTA, Ankara.
- Akbulut, K., Akaryalı, E., Aydınçakır, E. ve Akpınar, İ., 2015. Ünlüpinar Kelkit Gümüşhane Pb Zn Au Cevherleşmesinin Jeolojik Jeokimyasal ve Kökensele Olarak İncelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 34-39.
- Aslan, N., 2011. *Mastra (Gümüşhane) Yatağı'nın Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 211.
- Aydın, F., Karşlı, O. ve Chen, B., 2008. Petrogenesis of the Neogene Alkaline Volcanics with Implications for Post Collisional Lithospheric Thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Lithos* 104, 249-266. 62.
- Aydın, F., Thompson, R., Karşlı, O., Uchida, H., Burt, J.B. ve Downs, R.T., 2009. C2/c Pyroxene Phenocrysts from there Potassic Series in Neogene Alkaline Volcanics, Ne Turkey: Their Crystal Chemistry with Petrogenetic Significance as a İndicator of P-T Conditions. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 158, 131-147.
- Bakker, R. J. (2003). Package Fluids 1. Computer programs for analysis of fluid inclusion data and for modelling bulk fluid properties. *Chemical Geology*, 194(1-3), 3-23.
- Bodnar, R.J. ve Vityk, M.O., 1994. Interpretation of microthermometric data for H<sub>2</sub>ONaCl fluid inclusions. In *Fluid Inclusions in Minerals, Methods and Applications* (ed. B. De Vivo ve M. L. Frezotti), Virginia Tech, 117-130.
- Boynukalın, S., 1990. *Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 255.
- Boztuğ, D., Erçin, A.I., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, I. ve Iskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo- Tethyan convergence system, eastern Pontides, Turkey, *Jour. of Asian Earth Sci.* 27, 286-302.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G.A. ve Yeğingil, Z., 2004. Slow Senonian and fast Paleocene-Early Eocene uplift of the granitoides in the central eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results. *Tectonophysics* 382, 213-228.

- Brown, P. E., 1989. Flinkor: A Microcomputer Program For The Reduction ve Investigation of Fluid- Inclusion Data, *Amer. Mineralogist*, 74, 1390-1393.
- Bulguroğlu, N., 1991. *Düzköy-Çayırbağ Yöresinin Jeolojik İncelemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 80 s.
- Çoğulu, E., 1975. *Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar*. İTÜ Yayını, no. 1034, İstanbul.
- Demir, Y., 2005. *Istala ve Köstere (Torul-Gümüşhane) Madenlerinin Mineralojik ve Dokusal Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 124.
- Demir, Y., Uysal, İ. ve Sadıklar, M.B., 2013. Mineral Chemical Investigation on Sulfide Mineralization of the Istala Deposit, Gümüşhane, NE-Turkey, *Ore Geology Reviews*, 53, 306-317.
- Dokuz, A., 2000. *Yusufeli (Artvin-Türkiye) Yöresinin Jeolojisi, Jeotektoniği, Magmatik-Metamorfik Kayaçların jeokimyası ve Petrojenezi*, Doktora Tezi. K.T.Ü., Trabzon, 311 s.
- Dokuz, A., Karanlı, O., Chen, B. ve Uysal, I., 2010. Sources and Petrogenesis of Jurassic Granitoids in the Yusufeli Area, Northeastern Turkey: Implications for Pre-and Post-Collisional Lithospheric Thinning of the Eastern Pontides, *Tectonophysics* 480, 259–279.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, FBE, Trabzon, 197s. Field, C.W. ve Fifarek, R. H., 1985. Light Isotope Systematics in the Epitermal Environment, in Berger, B. R., Bekte, P. M., Eds., *Geology and Geochemistry of Geothermal Systems, Reviews in Econ. Geology*, 2, 99-128.
- Gürsoy, H., 1989. *Kelkit ve Yakın Dolayının Stratigrafisi ve Tektoniği*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sivas, 140.
- Gürsoy, H., Öztürk, A. ve İnan, S., 1993. Kelkit (Gümüşhane) ve Yakın Dolayının Tektonostratigrafik Gelişimi, *A. Suat Erk Sempozyumu Bildiriler*, 53-64.
- Güven, İ.H., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoğlu, S., 1998. 1/100.000 Ölçekli Açınısama Nitelikli Türkiye Jeoloji Harita Serisi.
- Güven, İ.H., 1993. *Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu*, MTA Yayınları, Ankara.
- Hacıalioglu, T., 1983. *Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes incelemeesi*, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, FBE, Trabzon, 121s.
- Hoefs, J., 1987. *Stable isotope Geochemistry*, Springer Verlag, Berlin, 241p.

- Kandemir, R., 2004. *Gümüşhane Yakın Yörelerindeki Erken- Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 274s.
- Kandemir, R., ve Yılmaz, C. (2009). Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Turkey: implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34(4), 586-598.
- Karşlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, M.B., 2004. The Morphology and Chemistry of K-Feldspar Megacrysts from İkizdere Pluton: Evidence for Acid and Basic Magma Interactions in Granitoid Rocks, NE Turkey. *Chemie der Erde-Geochemistry* 64, 155-170.
- Karşlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Sen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariçiçek Plutons, Eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting, *Lithos*, 98, 67-96.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, I., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010. Relative contributions of crust and mantle to generation of Campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşit Pluton, Eastern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160(4), 467-487.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010a. Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: Implications for crustal thickening to delamination, *Lithos*, 114, 109-120.
- Karşlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010b. Relative contributions of crust and mantle to generation of campanian high-K calcalkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harsit Pluton, eastern Turkey, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 160, 467-487.
- Karşlı, O., Uysal, İ., Ketenci, M., Dokuz, A., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2011. Adakite-like grabitoid porphyries in eastern pontides, NE Turkey: potencial parental melts and geodynamic implications. *Lithos* 127, 354-372.
- Kaygusuz, A., Chen, B., Aslan, Z., Siebel, W. ve Şen, C., 2009. U-Pb SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of the Late Cretaceous I-type Sariosman Pluton, Eastern. *Turk. J. Earth Sci.* 18 (4), 549–581.
- Kesgin, Y., 1983. *Bayburt (Gümüşhane) İlçesi, Aksar Köyü ve Güneybatısının Jeolojik İncelemesi*, Master Tezi, Karadeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 94.

- Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, Cilt XVI, 113-127.
- Korkmaz, S., 1993. Tonya-Düzköy (GB-Trabzon) Stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36, 151-158.
- Li, N., Deng, J., Yang, L., Groves, D.I., Liu, X.W. and Dai, W.G., 2018. Constraints on depositional conditions and ore-fluid source for orogenic gold districts in the West Qinling Orogen, China: Implications from sulfide assemblages and their traceelement geochemistry. *Ore Geology Reviews*, 102, 204–219.
- Likhoidov, G.G., Plyusnina, L.P. and Shcheka, Z.A., 2007. The behavior of gold during listvenitization; experimental and theoretical simulation. *Dokl., Earth Science*, 415, 723–726.
- Moore, W.J., McKee, E.H. ve Akıncı, Ö.T., 1980. Chemistry and chronology of plutonic rocks in the Pontid mountains, northern Turkey. In: Jankovic, S., Sillitoe, R.H. (Eds.), *Eur. Copper Deposits*, Belgrade, 209-216.
- Ohmoto, H. ve Rye, R.O., 1979. Isotopes of Sulfur and Carbon: in Barnes, H. L. (ed.) *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2nd, ed., p. 509-567. John Wiley & Sons, New York.
- Okay, A., 1983. Ağvanis Metamorfikleri ve Çevre Kayaçlarının Jeolojisi, *MTA Dergisi. 1.* 56-71.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: A.G. Robinson, (ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, *AAPG Mem.*, 68, 291-311.
- Okay, A.I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of Northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horváth, F., Séranne, M., (Eds), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*. Geological Society London Special Publications 156, 475-515.
- Pelin, S., 1977. *Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi*, KTÜ Yayını, 87, 103.
- Ramdohr, P. (1985): *The ore minerals and their intergrowths*, second edition, 1207 pp. Pergamon press.
- Seymen, İ., 1975. *Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 192.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H. ve Aiderton, D.H.M., 1985. *A practical guide to fluid inclusion studies*, Blackie and Son Limited, Glasgow (U.K.), 235s.
- Sofracıoğlu, D., Kandemir, R., 2013. The upper cretaceous calciclastic submarine fan deposits in the eastern pontides, NE Turkey: facies architecture and controlling factors. *Turk. J. Earth Sci.* 22, 588–610.

- Solomon, M., Tornos, F., Large, R.R., Badham, J.N.P., Both, R.A. ve Zaw, K., 2004. Zn-Pb-Cu Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits: Criteria for Distinguishing Brine Pool-Type From Black Smoker-Type Sulphide Deposition, *Ore Geology Reviews*, 25, 3-4, 259-283.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. ve Ketin, I., 1980. Remnants of pre-late jurassic ocean in northern Turkey: fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys. *Geol. Soc. Am.* 91, 599–609.
- Tokel, S., 1972. *Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey)*, Doktora Tezi, University of College, London.
- Topuz, G., 2000. *Zur Petrologie der metamorphen gesteine des pulur-massive, östliche pontiden, NE-Turkei*, Doktora tezi, Universität Heidelberg, 270.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M., Dokuz, A., 2005. Postcollisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 150, 441-455.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Dokuz, A. ve Meyer, H.P., 2007. Variscan Amphibolite-facies Rocks From the Kurtoğlu Metamorphic Complex, Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey, *International Journal of Earth Sciences* 96, 861–873.
- Ustaomer, T., & Robertson, A., 1997. *AAPG Memoir 68: Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*. Chapter 14: Tectonic-Sedimentary Evolution of the North Tethyan Margin in the Central Pontides of Northern Turkey.
- Van den Kerkhof, A.M., & Hein, U.F. (2001). Fluid inclusion petrography. *Lithos*, 55(1-4), 27-47.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, *Lithos*, 55, 229-272.
- Yılmaz, C., 1985. *Kelkit (Gümüşhane) Yöresinin Jeolojisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 166.
- Yılmaz, Y., 1973. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebligleri*, 485-490.
- Yılmaz, A., & Yılmaz, H., 2004. Geology and structural evolution of the Tokat Massif (eastern Pontides, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13(2), 231-246.
- Yüksel, S., 1976. *Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Flişinin Petrografik ve Sedimentolojik İncelemesi*, Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

**EKLER****Tablo 1.** Pirit Analiz Sonuçları

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn Au	Co Cd	Sn	Te	Hg	Total
G7_C2	52.58	0.06		45.83			0.60			0.26							99.69
G7_C2	52.63			45.32			0.56			0.94							99.64
G7_C2	52.22			45.57			0.91			0.50							99.75
G7_C2	52.28			45.77			0.78			0.52							99.48
G7_C2	52.00			45.32			0.60			0.77							98.87
G7_C2	52.92			45.71			0.93			0.47							100.18
G7_C2	52.69	0.06		45.73	0.04		0.54			0.29							100.12
G7_C2	52.45	0.04		45.28			0.79			0.92							99.65
G7_C2	52.31			45.54	0.04		0.83			0.35							99.80
G7_C2	52.41	0.04		45.53			0.17			0.40				0.05			98.73
P2	51.12			44.62	0.08		0.54			0.28							97.22
P2	51.52			44.68	0.37		1.91			0.21							98.74
P2	50.55	0.05		44.05			2.88			0.91							98.58
P2	49.31			43.84		0.45	2.66			0.85	0.04		0.16				97.51
P2	50.72	0.04		43.91			2.74			0.91			0.15				98.69
P2	50.98	0.08		44.53	0.04		2.67			0.89	0.08		0.42				99.77
P2	51.49			45.23			1.80			0.47							99.11
P2	50.18			43.81		0.97	1.88			0.57							97.81
P2	50.60	0.06		43.90		0.13	2.16			1.00							97.99
P2	52.42			45.31			0.93			0.38							99.19
P2	50.33			43.90		0.21	2.04			1.17							97.82
P2	51.84			45.15			1.64			0.43							99.13
P2	50.02			43.94			3.14			0.70							97.93
P2	50.63			44.10			2.55			0.98							98.43
P2	50.92			44.20		0.12	2.16			1.03							98.51
P2	50.55			44.32			2.28			1.01							98.31
P2	51.65	0.06		44.91			1.87			0.50							99.05
P2	51.33	0.06		44.83			2.08			0.41							98.93

**Ek Tablo 1 (Devamı) Pirit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P2	52.23			44.98			1.42			0.32									99.13
P2	50.43			43.93	0.06	0.23	2.96			0.74				0.11					98.64
P2	48.75	0.07		43.44	0.10	0.55	2.85			1.23				0.11					97.19
P2	49.40	0.10		43.04	0.14	0.66	2.83			0.90				0.24					97.52
P2	50.10	0.06		43.46	0.08	0.75	2.79			1.18				0.14					98.65
P2	49.44	0.12		42.77	0.25	1.02	2.93			1.33				0.24					98.35
P2	50.16	0.04		43.76		0.36	3.25			0.87									98.67
P2	49.18	0.04		43.57	0.06	0.31	2.89			0.77									96.94
P2	52.75			45.41			0.11			0.81									99.29
P2	51.79			45.37		0.12	0.15			0.59									98.20
P2	51.95			45.41			1.16			0.28									98.86
P2	51.75	0.04		45.24			1.55			0.28									99.07
P2	51.62			45.49			1.47			0.37									99.58
P2	50.78	0.10		44.98			0.86			0.79									97.56
P2	50.90			44.86			2.00			0.60									98.52
P2	51.31	0.09		45.02			0.47			0.49									97.58
P2	51.85			45.00	0.02		0.96			0.58									98.90
P2	51.15	0.04		44.14	0.06		2.02			1.07									98.73
P2	51.77	0.09		44.97			0.82			0.60									98.56
P2	45.01	0.51		38.76	0.87	0.09	5.95			4.06	0.24			0.44					96.10
P2	48.47	0.11		42.65	0.36		3.57			0.94	0.13			0.62					97.30
P2	49.31	0.14		42.76	0.36		3.68			0.83	0.10			0.62					97.85
P2	48.79	0.14		41.84	0.39		3.59			1.82	0.14			0.61					97.49
P2	49.28	0.05		43.43	0.12		2.68			0.68	0.04			0.26					96.64
P2	49.17	0.17		42.14	0.36		3.67			1.55	0.10			0.65					97.84
P2	50.44			44.29			2.33			0.81									97.99
P2	49.29	0.10		42.82	0.25		3.66			0.98	0.07			0.54					97.76
P2	50.77			44.67			2.07			0.57									98.38

**Ek Tablo 1 (Devamı) Pirit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P2	51.14	0.05		44.77			2.03			0.45									98.62
P2	50.72			44.41			2.39			0.67									98.34
P2	50.84	0.05		44.63			1.82			0.69									98.39
P2	50.59	0.06		44.72			1.75			0.71									98.01
P2	49.19	0.07		42.95	0.80	1.40	4.31			0.46				0.14					99.37
P2	52.36	0.05		44.85		0.15	1.17			0.18									98.85
P2	51.58			45.12			1.89			0.25									99.12
P2	51.02			45.27			1.49			0.30									98.43
P2	50.47	0.05		44.89			2.72			0.23									98.58
P2	49.43			44.11	0.19		4.23			0.25									98.81
P2	51.59	0.05		45.07	0.10		1.39			0.18									98.74
P2	51.32			44.17	0.06	1.47	0.58			0.21									97.85
P2	51.64	0.10		45.17	0.25	0.29	0.15			0.46									98.19
P2	50.68			43.67		0.16	2.93			0.88				0.16					98.94
P2	50.78			43.97		0.09	3.41			0.38				0.22					98.98
P2	50.94	0.04		44.26		0.20	1.88			0.91									98.84
P2	51.03	0.05		44.23		0.09	1.75			1.09							0.68		98.99
P2	49.75			43.27		0.21	2.75			0.79							0.59		97.42
P2	51.54			44.77			1.87			0.49									98.71
P2	51.24			45.34			1.95			0.26									98.85
P2	50.24	0.17		42.73	0.11	0.08	1.47			2.56									97.44
P2	51.74			44.95			0.97			0.51									98.39
P4	50.15	0.14		44.48	0.13		1.13			0.44									97.00
P4	51.94	0.08		43.01			0.58			0.44									96.12
P4	50.94	0.19		44.83	0.17		1.14			0.58									97.88
P4	51.32	0.18		44.70	0.13		0.85			0.63							0.88		98.74
P4	51.65	0.07		44.83	0.05		1.17			0.48									98.31
P4	52.73			45.32			0.17			0.47									98.78

**Ek Tablo 1 (Devamı) Pirit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P4	50.81			44.28			2.27			0.62									98.40
P4	51.59	0.06		44.78			1.62			0.71									99.09
P4	50.80	0.05		44.85	0.04		2.25			0.47									98.77
P4	49.71	0.05		44.70			2.64			0.42									97.74
P4	50.81	0.07		45.10			1.44			0.59				0.12					98.15
P4	51.79	0.09		44.83	0.09		1.06			0.57						0.05			98.75
P4	51.48	0.09		44.85	0.06		1.25			0.42									98.27
P4	51.61	0.21		44.65	0.15		0.79			0.72									98.20
P4	51.64			45.43			0.23			0.29									97.93
P4	52.13			45.69			0.17			0.17									98.26
P4	51.45			45.37			0.55			0.26									97.73
P4	52.22			45.68			0.17			0.22									98.37
P4	52.74			45.49			0.16			0.21									98.73
P4	50.91	0.16		44.38	0.11		1.86			0.59									98.15
P4	50.49	0.15		44.42	0.10		2.04			0.46									98.13
P4	51.13	0.23		44.37	0.16		1.21			0.88									98.01
P4	51.34	0.30		43.90	0.21		1.57			1.00									98.39
P4	50.87	0.24		43.98	0.19		1.59			0.91									98.07
P4	50.71	0.27		44.09	0.17		1.58			0.85									97.85
P4	50.59	0.26		44.26	0.18		1.41			0.98									97.83
P4	51.33	0.22		43.91	0.18		1.34			1.00									98.47
P4	52.32			45.24			0.30			0.65									98.56
P4	51.85			45.19			0.69			0.99									98.81
P4	52.18			44.82			0.38			1.04									98.47
P4	52.05			45.16			0.12			1.10									98.73
P4	52.53			45.34			0.26			0.63									98.82
P4	52.23			45.00			0.54			0.69									98.57
P4	52.62			45.53			0.13			0.34									98.92

**Ek Tablo 1 (Devamı) Pirit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P4	52.39			45.18			0.24			0.55									98.61
P4	51.93			45.32			0.40			0.88									98.66
P4	52.67	0.05		45.65			0.09			0.33									98.83
P4	52.28			45.22			0.52			0.46									98.58
P4	52.28			45.54			0.27			0.47									98.87
P4	52.61			45.21			0.27			0.57									99.00
P4	52.67	0.04		45.63			0.18			0.39									99.03
P4	52.40			45.36			0.20			0.85									99.02
P4	51.91	0.05		45.17			0.44			0.52									98.45
P4	52.02	0.04		45.05			0.29			0.97									98.41
P4	52.13	0.04		45.44			0.21			0.26									98.23
P4	51.92			45.68			0.22			0.33									98.26
P4	51.66			44.54			0.63			1.43									98.43
P4	51.60	0.06		44.29			0.32			2.23									98.64
P4	51.94			44.80			0.51			1.07									98.73
P4	52.10			44.96			0.44			0.84									98.51
P4	52.18			45.10			1.03			0.59									99.02
P4	51.67	0.04		44.95			1.32			0.43									98.54
P4	51.45			45.04			1.27			0.28									98.22
P4	52.40			45.28			1.07			0.36									99.32
P4	52.14	0.04		44.97			0.82			0.89									99.01
P4	52.29			44.97			0.76			0.81							0.60		99.51
P4	50.35	0.13		43.84	0.12		1.04			0.78									96.32
P4	52.95			44.78			0.37			0.79						0.04			99.08
P4	50.70	0.15		44.10	0.12		1.32			0.86									97.41
P4	51.52	0.15		44.78	0.11		0.95			0.94									98.66
P4	52.14			44.98			0.66			0.84									99.06
G1_C1	50.79			44.44			3.64			0.34									99.43

**Ek Tablo 2. Sfalorit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
G7_1	31.37	0.08		0.71	0.27	60.61	0.23			1.10					3.22				97.60
G7_1	30.89	0.07		0.78	0.34	59.41	0.34			1.32					3.28		0.80		97.26
G7_1	31.28	0.04		1.01	0.13	60.04	0.19			5.58					2.59				100.95
G7_1	31.58	0.08		0.59	0.18	61.69	0.19			0.85					3.05				98.70
G7_1	31.46	0.09		0.87	0.14	60.81	0.17			1.43					2.88				98.28
G7_1	31.89	0.05		1.06	0.14	61.66	0.14			0.70					2.95				98.65
G7_C2	31.13	0.35		1.33		59.28	0.07			0.53					4.98				97.79
G7_C2	30.93	0.19		0.97		58.01	0.04			0.27					8.12				99.16
G7_C2	31.61			0.64		61.04				0.18					5.37				98.90
G7_C2	31.76	0.17		2.96		57.91	0.05			0.24					4.83				98.06
G7_C2	31.60	0.15		5.65		53.24	0.07			0.36					7.68				99.18
G7_C2	31.41	0.15		3.88		55.92	0.04			0.35					5.89				97.74
G7_C2	31.61	0.06		5.93	0.12	55.19	0.27			0.81					4.03	0.04			98.47
G7_C2	31.70	0.15		1.77	0.04	59.98				0.29					4.69				98.99
G7_C2	31.58	0.14		1.26		58.36				0.26					7.23	0.04			99.44
G7_C2	31.49	0.64		1.53	0.10	59.73	0.10			0.85					3.81				98.34
G7_C2	31.15	0.18		3.22		55.55	0.05			0.40					8.55				99.15
G7_C2	32.83			0.16		65.40									0.50				99.06
G7_C2	32.87			0.19		65.54									0.52				99.25
G7_C2	32.56			0.28		65.28				0.22					0.63				99.00
G7_C2	32.36			0.26		64.83				0.24					0.92				98.70
G7_C2	32.89	0.04		0.32		64.19				0.26					1.11				99.01
G7_C2	32.53			0.44		64.52				0.18					0.66				98.39
G7_C2	32.69			0.32		65.05				0.20					0.51	0.04			99.02
G7_C2	32.71			0.37		64.71									0.69				98.63
G7_C2	32.72			0.20		64.55		0.04		0.23					0.74				98.72
G7_C2	32.85			0.20		64.82				0.20					0.74				99.43
G7_C2	32.69			0.15		65.35				0.31					0.32				99.00

**Ek Tablo 2 (Devamı) Sfalorit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
G7_C2	32.37			0.98		64.33				0.36					0.73				99.18
G7_C2	32.68	0.04		0.16		64.62				0.17		0.04			0.56				98.85
G7_C2	32.78			0.15		65.54				0.14					0.59				99.27
G7_C2	32.49			0.19		64.45				0.23					1.59				99.36
G7_L2_re	31.28	0.35		1.27		59.83	0.10			0.65					4.02				97.54
P2	30.81	0.33		1.27		58.80	0.05			0.36					5.52				97.47
P2	32.24			1.47		62.86				0.25					1.40				98.56
P2	32.17			0.44		63.92				0.24					1.88				98.88
P2	32.01			0.14		63.65				0.18					2.87		0.59		99.45
P2	32.25			3.15		59.53				0.21					3.95				99.26
P2	32.14			0.46		62.82				0.20					3.16				99.03
P2	32.12			5.53	0.05	57.18	0.14			0.27					2.94				98.44
P2	32.14			0.21		63.41				0.15					2.74				98.98
P2	31.97			0.39		62.26				0.17					4.56				99.49
P2	32.15			1.48		62.40	0.04			0.27					2.22				98.86
P2	32.09	0.08		2.25		61.83				0.32					1.60				98.35
P2	32.69			2.78		61.94				0.19					1.01				98.65
P2	32.70			4.11		60.65				0.21					0.85				98.57
P2	31.79			0.47		60.69				0.24					5.46				99.04
P2	32.58			3.98		60.14				0.11					1.47				98.63
P2	32.43			0.93		64.51				0.23					0.70				98.85
P2	31.94			0.92	0.05	62.18				0.27					3.15				98.91
P2	30.86			1.17		60.88				0.16					3.20				96.63
P2	32.67			5.86	0.07	57.10	0.03			0.18					2.58				98.56
P2	29.17			1.33		62.53				0.20					2.63				96.09
P2	31.70			0.29		63.44				0.15					2.06				97.90
P2	31.11			0.25		63.49				0.18		0.03			2.55				97.77
P2	32.02			0.31		62.92				0.14					3.49				98.93

**Ek Tablo 2 (Devamı) Sfalerit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P2	32.12			0.39		62.88				0.17					2.50				98.24
P2	32.31			2.70		62.00				0.23					0.40				98.14
P2	32.45			1.66		63.54				0.25					0.29				98.64
P2	32.35			1.33	0.07	62.35	0.21			0.55	0.04				0.58				97.60
P4	31.83			0.87		62.30				0.29	0.08				0.62				96.03
P4	31.83			0.26		60.92				0.21					5.43				98.72
P4	32.16			0.31		63.36				0.16					2.63				98.72
P4	32.80			0.30	0.04	60.98				2.22					2.47				98.99
P4	31.26			0.56	0.07	59.86				0.28					3.89		0.95		96.94
P4	31.84			0.12		62.69				0.21					3.82				99.02
P4	32.52			5.50		58.57				0.19					0.38				97.34
P4	31.90			0.91		59.18				0.34					3.64				96.26
P4	31.82			0.31		62.23				0.25					3.60				98.38
P4	32.00			0.32	0.18	62.75				0.20					3.50				99.24
G1_C2	32.74	0.05		5.79		59.42	0.03			0.33					0.32				98.70
G1_C2	32.56			0.23		64.04				0.20					1.54				98.61
G1_C2	32.46			1.48		64.19				0.49		0.07			0.23				99.26
G1_C2	32.12	0.20		1.06		63.98		0.04		0.58		0.07			0.85				99.12
G1_C2	32.62			1.69		62.93				0.25					1.16				99.01
G1_C2	31.78			0.60		61.50				0.26					4.36				98.71
G1_C2	32.27			0.28		64.94				0.19					0.93				98.70
G1_C2	32.54			3.31		61.79	0.05			0.31					0.11				98.26
G1_C2	32.20			0.69		63.71				0.44					1.25		0.99		99.36
G1_C2	31.71	0.04		0.24		63.46				0.18					1.69	0.07			97.54
G1_C2	32.53			0.82		62.64				0.27	0.03				1.91	0.04			99.02
G1_C5	32.38			0.74	0.04	62.84				0.34	0.03				0.94		0.04		97.60
G1_C5	32.54	0.06		0.62		63.48				0.49					0.78		0.03	0.66	98.80
G1_C5	32.66			0.74		64.24				0.30					1.58				99.64

**Ek Tablo 2 (Devamı) Sfalorit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
G1_C5	32.22	0.04		1.66		61.68				0.22					3.13				98.96
G1_C5	32.22			0.19		63.10				0.11					3.86				99.52
M2_C1	32.53			0.96		64.14				0.24					1.61				99.52
M2_C1	33.21			5.87		59.15				0.14					0.68				99.51
M2_C1	32.96			4.13		60.89									1.02				99.63
M2_C1	32.96			3.84		61.87				0.23					0.47				99.56
M2_C2	32.87			0.64	0.05	64.09				0.28					1.35				99.38
M2_C2	32.63			0.98	0.16	63.67				0.22					1.11				98.83
M2_C2	32.42			1.48		62.69				0.16					2.20				99.13
M2_C2	32.76			5.74		59.31	0.05			0.27		0.03			0.17				98.54
M2_C2	32.50			3.92		60.23				0.19					1.04				98.28
M2_C3	32.66			0.95		64.45				0.47					0.12				98.73
M2_C3	33.19			2.80		62.61	0.03			0.18					0.22				99.34
M2_C3	32.78			1.02		64.72				0.38					0.05				99.13
M2_C3	32.82			1.10		64.96				0.22					0.19				99.34
M2_C3	32.65			1.14		64.17				0.45					0.16				98.73
M2_C3	32.56			2.30		62.95				0.15		0.03			0.54				98.98
M2_C5	32.40			1.23	0.11	62.77				0.21					1.81				99.12
M2_C5	32.49			2.64	0.05	61.80				0.11					1.46				98.56
M2_C5	32.30			0.86		63.73				0.14		0.03			1.66				99.19
M2_C5	32.58			0.92	0.18	64.35				0.21					0.87				99.37
M2_C5	32.54			2.01		62.12				0.15					1.87				98.79
M2_C5	32.58			1.98		61.44				0.21					2.80				99.43
M2_C5	32.26			0.93	0.06	63.75				0.18					1.82				99.06
P22_C1	32.31	0.04		0.43		61.89				0.24					4.07				99.03
P22_C1	31.86			0.22		60.30				0.18					6.19				98.83
P22_C1	29.33			0.13		60.99				0.25					6.30				97.41
P22_C1	32.00			0.09		63.37				0.24					2.66				98.53

**Ek Tablo 2 (Devamı) Sfalerit Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P22_C2	32.30	0.06		0.93	0.04	61.91				0.27					1.20				97.01
P22_C2	30.83			0.42	0.06	61.99	0.03			0.33					3.55				97.51
P22_C2	31.64			0.42	0.06	61.85				0.26					3.40				97.80
P22_C3	32.10			0.54	0.15	63.04				0.21					2.20				98.85
P22_C3	32.13			0.27	0.08	62.93				0.20					3.42				99.26
P22_C3	32.37			0.67	0.10	63.12				0.21					2.16				98.68
P22_C3	32.55			0.19	0.07	64.39				0.25					1.42				99.01
P22_C3	31.95			0.35	0.02	61.68				0.17					4.46				98.91
P22_C3	32.63			1.24	0.04	62.28				0.21					2.69				99.19
P22_C3	32.49			0.27		63.78				0.20					2.50				99.60
P22_C4	32.34			0.73		61.94				0.18					3.49				98.74
P22_C4	30.82			1.84		61.23				0.45					1.78				96.26
P22_C4	31.05			1.39	0.07	59.39				0.19					3.69				95.99
P22_C4	32.57			2.22		61.78				0.18					1.98				98.76
P22_C4	32.64			2.38		62.91				0.25					0.95				99.21
P22_C4	32.38			1.43	0.06	63.18	0.08			0.33					0.61				98.38
P22_C5	32.25			0.80	0.05	63.44				0.14					2.04				98.99
P22_C5	32.25			1.69		63.30				0.53					0.62				98.65
P22_C5	32.29			1.84		62.67				0.35					0.89				98.07
P22_C5	32.63			4.29		60.36	0.09			0.31					0.71				98.44
P22_C5	32.36			4.11		59.32				0.30					2.09				98.27
P22_C5	33.03			1.73		63.42	0.05			0.61					0.53				99.42
P22_C5	32.50			0.99		64.70				0.35					0.69				99.44
P22_C5	32.21			0.39		63.72				0.21					2.66				99.83
P22_C5	32.49			1.01		64.46				0.44					0.34				98.86
P22_C5	32.43			1.08		63.46				0.26					1.72				99.06
P22_C5	32.41			2.62		61.55				0.22					1.86				98.89
P2	39.83			19.73	0.06	33.87	0.89			0.22					0.82				95.80

**Ek Tablo 2 (Devamı) Sfalerit Analiz Sonuçları**

<b>Comment</b>	<b>S</b>	<b>Ag</b>	<b>Bi</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Sb</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Mn</b>	<b>Au</b>	<b>Co</b>	<b>Cd</b>	<b>Sn</b>	<b>Te</b>	<b>Hg</b>	<b>Total</b>
M2_C1	33.41			13.10		52.04				0.26					0.07				99.01
M2_C5	32.73	0.05		10.61	7.25	42.43	0.23			0.35					1.88				95.80
P22_C2	31.45	0.07		5.46		51.52				0.29					8.25				97.26
G7_C2	32.04	0.06		11.17	0.07	48.97	0.13			0.26					5.80				98.64
G1_C2	37.62			9.82	0.06	50.41	0.61			0.28					1.16	0.07			100.17

**Ek Tablo 3. Galen Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
G7_C2	15.31			7.36						74.65							0.05		97.65
G7_C2	13.34			0.29						87.44					0.09		0.07		101.65
G7_C2	13.61	0.18		0.13	0.08		1.10			84.24					0.06		0.07		99.54
G7_C2	13.35			0.12		1.00				87.16							0.05		102.03
G7_C2	13.43	0.07					0.62			86.17					0.08		0.06		100.48
G7_C2	13.42	0.09					0.33			86.80					0.10				100.78
G7_C2	13.19						0.07			86.93									100.81
G7_C2	13.25	0.05					0.43			85.71					0.06		0.08		100.24
G7_C2	13.25						0.20			85.71							0.05		99.82
G7_C2	13.38						0.13			86.75					0.05				100.38
G7_C2	13.28									86.83					0.08				100.28
G7_C2	13.49									87.58					0.05		0.06		101.77
G7_C2	13.27	0.06		0.42	0.36	0.16	0.35			84.10					0.07				98.86
G7_C2	13.27			0.12	0.12		0.11			82.06				0.11	0.07				95.93
G7_C2	13.03			0.12	0.07	0.19	0.28			85.97					0.09		0.05		99.95
G7_C2	12.77			0.19		0.57	0.57			83.90									98.29
G7_C2	13.41	0.04					0.95			86.01							0.05		101.02
G7_C2	13.06									86.24									99.94
G7_C2	14.20	0.26			0.17		2.45			82.98							0.06		100.52
G7_C2	13.34						0.41			86.39					0.05		0.04		100.32
G7_C2	13.42	0.07					0.57			86.21	0.03				0.06		0.04		100.45
G7_C2	13.17				0.05					87.16							0.04		100.48
G7_C2	13.35									87.11							0.04		100.57
G7_C2	13.35									87.66							0.05		101.24
G7_C2	13.13					1.29				86.47					0.07				101.00
P2	13.27									86.84					0.07		0.04		100.42
P2	13.20									87.06					0.08				100.54
P2	13.31									86.81							0.05		100.33

**Ek Tablo 3 (Devamı) Galen Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P2	13.36			0.04						87.17							0.05		100.87
P2	13.45					0.51				86.69					0.09		0.05		100.96
P2	13.47			0.05						87.24					0.06		0.04		101.30
P2	13.35				0.04	1.04				86.70					0.06				101.23
P2	13.31					0.75				86.59	0.03						0.06		100.81
P2	13.24					1.47				86.85					0.05		0.05		101.72
P2	13.20			0.03						87.00					0.06		0.04		100.49
P2	13.24									86.38					0.09		0.06		99.91
P2	13.29									87.14							0.08		100.94
P2	13.12									86.30					0.08		0.04		99.62
P2	13.16									86.45					0.07		0.05		99.82
P2	13.23									86.24							0.04		99.62
P2	13.33									86.37					0.08	0.05	0.06		100.02
P2	13.17									86.66									100.13
P2	13.17									86.62					0.07				100.22
P2	13.33									87.15					0.06		0.08		101.01
P2	13.34									87.03									100.59
P2	13.09			0.06						86.28					0.06				99.61
P2	12.95			0.17		0.09				85.27									98.74
P2	13.14			0.15		0.62				85.41				0.12					99.49
P2	13.15					0.11				87.00					0.08				100.42
P2	13.39	0.16			0.06		0.50			86.42					0.10		0.07		101.12
P4	13.07			0.03		0.37				85.98	0.06				0.07		0.04		99.66
P4	13.13			0.04		0.26				86.55	0.06						0.06		100.71
P4	13.24			0.12		0.23				86.37	0.03						0.05		100.27
P4	13.19			0.04		1.25				86.40	0.06						0.04		101.02
P4	13.33					0.43				87.04	0.08								101.12
P4	13.21					0.09				86.75	0.03								100.18

**Ek Tablo 3 (Devamı) Galen Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P4	13.09					0.10				86.03	0.04								99.32
P4	13.26									86.97									100.51
P4	13.33				0.04	0.12				86.04								0.68	100.28
P4	13.21					0.15				86.19	0.07								100.15
P4	13.24					0.16				86.82	0.04				0.05		0.04		100.84
P4	13.20					0.22	0.11			86.83									100.44
P4	13.11						0.08			86.10	0.06								99.69
G1_C2	13.29					0.09				87.20					0.06		0.05	0.71	101.48
G1_C2	13.25			0.04						86.87							0.05		100.46
G1_C2	13.27			0.04	0.04					87.25	0.04			0.13		0.05			101.45
G1_C2	13.27									86.82							0.04		100.25
G1_C2	13.39					0.41				85.85									99.79
G1_C2	14.69			0.05		7.03				76.93					0.25		0.08		99.22
G1_C3	13.10			0.11		0.76				86.42					0.05				100.72
G1_C3	13.24					0.29				87.03				0.13					101.22
G1_C3	13.25			0.04		0.20				86.19					0.07		0.04		99.81
G1_C3	13.41			0.03		0.38				86.82							0.06		101.27
G1_C3	13.26					0.09				86.57									100.02
G1_C3	13.57			0.07		0.09				87.61							0.08		101.54
G1_C3	13.19			0.09		0.10				86.71							0.05	0.77	101.05
G1_C3	13.29			0.04		0.27				86.46	0.04								100.27
G1_C3	13.30			0.07	0.01	0.53				86.50	0.03								100.66
G1_C4	13.19					0.14				87.94							0.05		101.63
G1_C4	13.09			0.04						87.49						0.07	0.07		101.35
G1_C4	13.31			0.09						87.12				0.10	0.08				100.73
G1_C4	13.09			0.04						86.48				0.14	0.07		0.05	1.21	101.10
G1_C4	13.19			0.06		0.12				87.51								1.09	102.04
G1_C4	13.22			0.05						87.82					0.10			0.90	102.27

**Ek Tablo 3 (Devamı) Galen Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
G1_C4	13.25				0.05				0.04	85.49				0.12	0.05	0.05			99.67
G1_C4	13.20				0.05	0.12				88.40					0.11			0.65	102.60
G1_C5	13.30			0.04		0.15				85.92				0.10	0.05		0.06		99.99
G1_C5	13.14									86.56					0.14				99.90
G1_C5	13.24									87.37					0.06		0.06		100.79
G1_C5	13.08					0.12				86.21				0.12			0.04		100.01
G1_C5	13.07					0.81				86.51							0.05		100.53
G1_C5	13.18					1.18		0.04		86.98				0.13			0.04		102.23
P22_C1	13.32					0.08				86.97					0.07		0.06		100.91
P22_C1	13.31					0.11				87.07					0.06		0.04		100.88
P22_C1	13.22									86.79					0.07		0.04		100.49
P22_C1	13.32					0.41				87.14					0.05				101.51
P22_C1	13.32	0.08				0.11	0.14			87.13					0.07		0.06		101.02
P22_C1	13.23				0.08		0.04			86.31					0.07		0.03		99.87
P22_C1	13.32									87.26					0.06		0.05		100.87
P22_C1	13.23									86.30									99.88
P22_C2	13.23									86.34					0.07		0.04		100.02
P22_C2	13.18									86.39							0.05		99.81
P22_C2	13.28									86.70					0.05		0.05		100.32
P22_C2	13.26									86.26									99.94
P22_C2	13.29									86.68					0.08		0.04		100.18
P22_C2	15.60			0.25	0.05	8.13				77.53					0.47		0.09		102.14
P22_C2	13.21									86.20							0.05		99.62
P22_C2	13.09									86.68					0.08		0.04		100.09
P22_C2	13.13									86.74					0.06		0.05		100.09
P22_C2	13.21									86.08					0.05		0.04		99.58
P22_C2	13.14	0.09					0.22			86.43					0.06		0.04		100.19
P22_C2	13.62	0.08			1.61		0.58			83.14					0.61		0.04		99.76

**Ek Tablo 3 (Devamı) Galen Analiz Sonuçları**

Comment	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P22_C3	13.25									86.85					0.07		0.05		100.26
P22_C3	13.32			0.06	0.04	1.00				86.71					0.08		0.04		101.25
P22_C3	13.18					0.28				86.63									100.71
P22_C3	13.16									86.74					0.07		0.05		100.05
P22_C3	13.32					0.36				87.10					0.06		0.06		101.37
P22_C4	13.16									86.57					0.07		0.03		100.18
P22_C4	13.27					0.78				87.38					0.06		0.04		101.54
P22_C4	13.31			0.01		1.31				87.36							0.06		102.19
P22_C4	13.43			0.02		1.61				87.56							0.04		102.83
P22_C5	13.19									86.30					0.07		0.05		100.14
P22_C5	13.33					1.34				87.81					0.11		0.05		102.78
P22_C5	13.36					2.16				87.12							0.06		103.27
P22_C5	13.30					1.53				87.01					0.07		0.03	0.65	102.66
P22_C5	13.27					0.75				86.49				0.09	0.06		0.04		100.90

**Ek Tablo 4.** Kalkopirit Analiz Sonuçları

<b>Comment</b>	<b>S</b>	<b>Ag</b>	<b>Bi</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Sb</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Mn</b>	<b>Au</b>	<b>Co</b>	<b>Cd</b>	<b>Sn</b>	<b>Te</b>	<b>Hg</b>	<b>Total</b>
M2_C2	34.13			28.09	31.97	2.61	0.40			0.29									97.76
M2_C2	33.98	0.05		27.15	31.00	3.83	0.35			0.24					0.07				96.76
M2_C5	34.08			27.39	31.96	3.20	0.54			0.25									97.65
M2_C5	34.34			28.15	32.53	1.89	0.58			0.13									98.11
M2_C5	34.17			27.34	31.74	3.63	0.45			0.21					0.06				97.84
P22_C3	33.95	0.08		27.84	32.30	1.36	0.58			0.38									96.51