



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

**AYDINDERE (BULANCAK-GİRESUN) ALTIN  
CEVHERLEŞMESİNİN OLUŞUM KOŞULLARI VE KÖKENİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Mert ALKAN**

**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, Mert ALKAN tarafından hazırlanan *Aydındere (Balancak-Giresun) Cevherleşmesinin Oluşum Koşulları ve Kökeni* adlı bu tez çalışması, 28/08/2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliğiyle başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

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

## ETİK BEYAN

Jeoloji Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Aydındere (Bulancak-Giresun) Cevherleşmesinin Oluşum Koşulları 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 dâhil, 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 intihal şeklinde anlaşılacak bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağımı hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

11/08/2023

**Mert ALKAN**

## ÖN SÖZ

Bu çalışmada Aydındere (Bulancak-Giresun) Altın cevherleşmesinin oluşum koşulları ve kökeni araştırılmış, bu kapsamda saha çalışmaları sayesinde mineral kimyası, sıvı kapanım ve duraylı izotop jeokimyası analizleri yapılmıştır. Tez çalışmamın tüm sürecinde destek ve katkılarından dolayı danışman hocam Doç. Dr. Yılmaz DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarına destek veren, her aşamada katkısını esirgemeyen, değerli bilgi ve birikimlerinden faydalandığım Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Raif KANDEMİR'e, Mineral kimyası analizlerinin yapılması sürecindeki katkılarından dolayı KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. İbrahim UYSAL'a ve Ludwig Maximilian Üniversitesi (Münih, Almanya) öğretim üyesi Dr. Dirk MÜLLER'e teşekkürlerimi borç bilirim.

Ayrıca, öğrenim hayatım boyunca her konuda yanımda olan aileme teşekkürü borç bilirim, bu çalışmanın vatanıma, milletime ve bilim dünyasına faydalı olmasını temenni ederim.

Hazırlanan bu yüksek lisans tezi Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2022-1370 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Mert ALKAN

2023

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ .....	III
İÇİNDEKİLER .....	IV
ÖZET .....	VI
ABSTRACT.....	VII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	XI
GİRİŞ .....	1
1. GENEL BİLGİLER .....	2
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	2
1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri.....	3
1.3. Jeomorfolojik, İklim ve Bitki Örtüsü.....	4
1.4. Önceki Çalışmalar .....	5
1.5. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ANALİTİK YÖNTEMLER.....	12
2.1. Arazi Çalışmaları .....	12
2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	12
2.2.1. Petrografik Parlak Kesitler.....	12
2.2.2. Mineral Kimyası Analizi İçin Örnek Hazırlanması .....	13
2.2.3. Sıvı Kapanım Kesitleri.....	13
2.3. Büro Çalışmaları .....	14
2.4. Materyal ve Yöntemler .....	14
2.4.1. Sıvı Kapanımların Mikrotermometrik Ölçümleri .....	14
2.4.2. Mineral Kimyası Analizleri .....	15
3. BULGULAR.....	16
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi.....	16
3.1.1. Çatak Formasyonu .....	16
3.1.2. Kızılkaya Formasyonu .....	20

3.1.3. Çağlayan Formasyonu.....	22
3.1.4. Kaçkar Granitoyidi.....	23
3.2. Maden Jeolojisi .....	24
3.3. Sülfür Kimyası .....	38
3.3.1. Pirit Kimyası .....	38
3.3.2. Kalkopirit Kimyası.....	38
3.3.3. Sfalerit Kimyası .....	39
3.3.4. Galen Kimyası.....	42
3.3.5. Pirotin Kimyası .....	43
3.3.6. Nabit Demir ve Nabit Bakır Kimyası .....	43
3.4. Sıvı Kapanım Çalışmaları .....	46
3.4.1. Sıvı Kapanım Petrografisi.....	48
3.4.2. Mikrotermometrik Ölçümler ve Tuzluluk Hesaplamaları .....	51
4. TARTIŞMALAR .....	59
5. SONUÇLAR .....	61
KAYNAKLAR .....	62
EKLER.....	66

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Anabilim Dalı** : Jeoloji Mühendisliği

**Tez Türü** : Yüksek Lisans

**Danışman** : Doç. Dr. Yılmaz DEMİR

**Hazırlayan** : Mert ALKAN

**Yıl** : 2023

**Sayfa Sayısı** : 79

## ÖZET

### AYDINDERE (BULANCAK-GİRESUN) ALTIN CEVHERLEŞMESİNİN OLUŞUM KOŞULLARI VE KÖKENİ

Aydındere altın cevheri Üst Kretase yaşlı andezit bazalt ve piroklastlarından oluşan volkano tortul birimler içinde epitermal tipte oluşmuş bir altın sahasıdır. Cevher sahada kırık hatları boyunca oluşmuş damar tip cevher yapısının yanı sıra, bantlı, saçınımlı ve breşik cevher yapıları ile karakteristiktir. Pirit, markazit, pirotin, kalkopirit, sfalerit ve galen cevher minerallerini, kuvars ise gang mineralini oluşturmaktadır.

Kuvars minerallerinde bulnan sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 160°C ile 389°C arasında ölçülmüş, tuzlulukları ise 0,2 ağırlık % ile 15,2 ağırlık % NaCl eşdeğerinde hesaplanmıştır. Sıvı kapanımların -20,7 ile -48,5°C arasında değişen ötektik sıcaklıkları Aydındere cevherini oluşturan çözeltilerin H<sub>2</sub>O-NaCl-MgCl<sub>2</sub>-FeCl<sub>2</sub> bileşiminde olduğunu göstermektedir. Sıvı kapanımların düşük homojenleşme sıcaklıkları epitermal sisteme işaret ederken, bu kapanımların % 15,2 ağırlık % NaCl eşdeğerine ulaşan tuzlulukları sisteme magmatik kökenli çözeltilerin karışmış olabileceğini göstermektedir.

Pirit minerallerinin Co içerikleri 1,53 ağırlık %'ye ulaşırken, Ni içerikleri ölçümlerin çoğunda dedeksiyon limitinin altında olmakla birlikte en yüksek Ni değeri 0,39 ağırlık % olarak ölçülmüştür. Sfaleritlerin Cd içerikleri bütün minerallerde 0,29 ağırlık % ile 0,76 ağırlık % arasında ölçülmüş, Zn/Cd oranları da 102 ile 182 arasında hesaplanmıştır. Piritlerin yüksek Co içerikleriyle birlikte 102 ile 182 arasında değişen Zn/Cd oranları Aydındere cevherinin asitik kökenli hidrotermal çözeltiler ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Aydındere (Bulancaq-Giresun), Sıvı Kapanımlar, Mineral Kimyası

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

**Department** : Geological Engineering  
**Thesis Type** : Master's Thesis  
**Supervisor** : Doç. Dr. Yılmaz DEMİR  
**Author** : Mert ALKAN  
**Year** : 2023  
**Pages** : 79

## **ABSTRACT**

### **ORE FORMING CONDITIONS AND GENESIS OF THE AYDINDERE (BULANCAK-GİRESUN) GOLD MINERALIZATION**

Aydindere gold mineralization is an epithermal type of gold deposit formed in volcano-sedimentary units consisting of Upper Cretaceous andesite, basalt and pyroclastites. The ore is characteristic of its banded, disseminated and brecciated ore structures as well as vein-type ore structures formed along the fractures. Pyrite, marcasite, pyrrhotite, chalcopyrite, sphalerite and galena constitute the main ore minerals, while quartz constitutes the gangue mineral.

The homogenization temperatures ( $T_h$ ) of the fluid inclusions found in Quartz minerals were measured between 160°C and 389°C, and their salinity was calculated between 0,2 wt.% to 15,2 wt.%. The eutectic temperatures of the fluid inclusions ranging from -20,7°C to -48,5°C indicate that the hydrothermal solutions forming Aydindere mineralization are in the composition of  $H_2O-NaCl-MgCl_2-FeCl_2$ . While the low  $T_h$  temperatures of the fluid inclusions indicate the epithermal system, the salinity of these inclusions reaching 15,2 wt.% equivalent indicates that magmatic-originated hydrothermal solutions may have mixed into the system.

While the Co contents of the pyrites reached 1,53 wt.%, the Ni contents were below the detection limit in most of the measurements, but the highest Ni value was 0,39 wt.%. The Cd contents of sphalerites were measured between 0,29 wt.% and 0,76 wt.% in all minerals, and Zn/Cd ratios were between 102 and 182. The high Co contents of pyrites lower Zn/Cd ratios varying between 102 and 182 indicate that the Aydindere ore is associated with acidic type hydrothermal solutions.

**Keywords:** Aydindere (Bulancağ-Giresun), Fluid Inclusions, Mineral Chemistry

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR

Mm	:	Milimetre
$\mu\text{m}$	:	Mikrometre
ağ.	:	Ağırlık
m	:	Metre
cm	:	Santimetre
$\text{cm}^3$	:	Santimetreküp
Mg	:	Magnezyum
g	:	Gram
KD	:	Kuzeydoğu
ICP-AES	:	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy
ICP-MS	:	Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy
Au	:	Altın
Ag	:	Gümüş
B	:	Batı
D	:	Doğu
NaCl	:	Sodyum Klorür
$\text{H}_2\text{O}$	:	Su
$\text{CO}_2$	:	Karbondioksit
S	:	Kükürt
Fe	:	Demir
Zn	:	Çinko
Cu	:	Bakır
Pb	:	Kurşun
Mn	:	Mangan

Co	:	Karbonmonoksit
Ni	:	Nikel
Sn	:	Kalay
Te	:	Tellür
Sb	:	Antimon
Bi	:	Bizmut
Cd	:	Kadmiyum
Hg	:	Cıva
As	:	Arsenik
K	:	Potasyum
MgCl <sub>2</sub>	:	Magnezyum Klorür
CaCl <sub>2</sub>	:	Kalsiyum Klorür
FeCl <sub>2</sub>	:	Ferro Klorür
Km <sup>2</sup>	:	Kilometrekare
Eşd.	:	Eşdeğer

## TABLÖLAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Sıvı kapanımlara ait mikrotermometrik ölçüm sonuçları. ....	56
---	----



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası. ....	4
Şekil 2. Türkiye ve yakın çevresinin tektonik haritası .....	10
Şekil 3. Doğu karadeniz bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti .....	11
Şekil 4. İnceleme alanı çevresinin jeoloji haritası . ....	17
Şekil 5. Çatak Formasyonuna ait Üst Kretase yaşlı volkanik birimlerin saha görüntüsü .....	19
Şekil 6. Çatak Formasyonuna ait Üst Kretase yaşlı volkano-tortul birimler içindeki tortul seviyeler. ....	20
Şekil 7. Üst kretase yaşlı dasitik birimlerin saha görüntüsü.....	21
Şekil 8. Dasitik birimler içindeki tortul ara seviyeler.....	21
Şekil 9. Üst Kretase yaşlı dasitik birimlerin saha görüntüsü.....	23
Şekil 10. Üst Kretase yaşlı volkanik birimleri kesen granodiyorit dokanağı. ....	24
Şekil 11. Çıra tepe üzerindeki silis kafalarının saha görüntüsü.....	25
Şekil 12. İnceleme alanı çevresinin jeoloji haritası (Yalçındağ, 2015'den). ....	26
Şekil 13. Çıra tepe üzerindeki silis kafalarının saha görüntüsü.....	27
Şekil 14. Silisli zonlar içindeki boşluklu kuvars yapıları. ....	27
Şekil 15. A) damar tip cevher yapısı, b) breşik cevher yapısı. ....	28
Şekil 16. Çıra tepenin güneyindeki volkanik birimler içinde sülfid damarları. ....	28
Şekil 17. Çıra tepenin kuzey doğusunda yan kayaçlar içindeki kuvars damarları ...	29
Şekil 18. Cevhere ait parlak kesitlerde gözlenen breşik ve saçınımlı cevher yapıları .....	30
Şekil 19. Cevhere ait parlak kesitlerde gözlenen saçınımlı, ağsal ve damar tip cevher yapıları. ....	31
Şekil 20. Aydındere cevherindeki piritlerin boşluklu, saçınımlı cevher dokuları. ...	32
Şekil 21. Aydındere cevherinde piritlerin boşluklu yapısı, sfalerit damarları ve kalkopiritin piriti ornatması. ....	33
Şekil 22. Galenin sfaleriti ornatması, galen damarı, sfaleritlerin ayrılım dokusu, ve sfalerit içinde kalkopirit kapanımları. ....	34
Şekil 23. Saçınımlı piritlere eşlik eden sfalerit, saçınımlı pirit, ve nabit demir ve bakır inklüzyonları. ....	35

<b>Şekil 24.</b> Parlak kesitlerde gözlenen nabit bakır ve demir inklüzyonlarının mikroskop görüntüsü. ....	36
<b>Şekil 25.</b> Parlak kesitlerde gözlenen hematit damarları ve bu hematitler üzerine büyüme gösteren prolüsit minerallerinin tek ve çift nikol görüntüleri. ....	37



## GİRİŞ

Ülkemiz Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Giresun ili, geçmiş dönemlerde işletilen maden sahaları, araştırmalar ve tetkikler yapılmıştır. Burada yapılan çalışmaların çoğunda henüz detaylı şekilde jeokimyasal, petrografik, mineralojik ve kökensel özellikleri ortaya çıkarılamamıştır. Aydındere Altın sahası, çeşitli çalışmalar sonucunda işletme planları yapılabilecek düzeyde cevher içerdđi anlaşılmış ve özel bir şirket tarafından işletme ruhsatı alınmıştır ancak faaliyete geçmemiştir. Bu tez kapsamında Aydındere altın cevherinin oluşum koşulları ve kökeni aydınlatılmaya çalışılmıştır ve elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Dünyada altına olan talep asırlardır devam etmektedir. En kıymetli metallerin başında gelen altın çeşitli kullanım alanlarıyla karşımıza çıkar. Günümüzde bunlardan en bilineni süs eşyası olarak kullanım alanı olan altındır. Her geçen gün altının kullanım alanları genişlemekle birlikte, doğru orantılı olarak talepte artmaktadır. Örnek olarak 2022 yılında bir önceki yıla göre talep %18 artmıştır. Talebin artmasıyla altın madenciliği daha çok önem kazanmıştır.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de altına duyulan ilgi her geçen gün artmaktadır. Küresel ekonomik ihtiyaçların getirdiği zorunlulukla birlikte madenciliğin gelişmesi, arama ve üretim faaliyetlerinin artması ve altın cevherinin yeraltından çıkarılıp ekonomiye kazandırılması daha da önem arz etmektedir. Türkiye altın madeni açısından zengin sayılabilecek bir konuma sahiptir. Yıllar boyunca madencilik faaliyetlerinde bulunulmuş ancak günümüzde yeni altın yataklarının keşfi konusunda yoğun bir çalışma devam etmektedir. İşletilen altın madenlerine örnek olarak; Kışladağ Altın Madeni, Çöpler Altın Madeni, Ovacık Altın Madeni, Efemçukuru Altın Madeni, Mastra Altın Madeni verilebilir.

Ülkemizdeki altın rezervlerinin yaklaşık %30 oranında ki kısmını Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan ve işletilen altın madenleri oluşturur. Yıllar süren araştırmalar sonucu bulunan, işletilen ve işletilmeye hazır altın yataklarının dışında henüz işletmeye açılmamış ve arama faaliyetlerinin devam ettiği umut veren sahalar bulunmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan altın madenlerine örnek olarak; Gümüşhane Mastra Altın Madeni, Ordu Fatsa Altın Madeni, Artvin Cerattepe Altın Madeni, Artvin Hod Altın Madeni ve Giresun Aydındere Altın Madeni verilebilir.

Aydındere sahası 2015 yılında özel bir firma tarafından ruhsatı alınarak inceleme yapılan sahalardan biridir.

Bu kapsamda Giresun ili Bulancak ilçesi Aydındere Beldesi ve çevresinde gelişen altın cevherleşmesinin oluşum koşulları ve kökeninin belirlenip Doğu Karadeniz Bölgesi maden yatakları potansiyelinin araştırılmasına ve bundan sonra yapılacak çalışmalara katkı sağlaması düşünülmektedir.

Bu çalışmada Aydındere altın sahasının jeolojik mineralojik ve jeokimyasal özellikleriyle birlikte, bu sahadaki altının oluşum şartlarının ve kökensel özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik olarak saha çalışması ile yatağın tipi, yapısal özellikleri yan kayaç ilişkisi gibi özellikler incelenmiş, gerekli görülen yerlerden örnekleme yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında parlak kesitler hazırlanmış, mineralojik ve dokusal özellikler incelenmiştir. Seçilen parlak kesitlerden yapılan mineral kimyası analizleriyle, cevher minerallerinin kimyasal özellikleri araştırılmıştır, bunun yanında yataktan alınan kuvars minerallerinden sıvı kapanım örnekleri hazırlanmış bu sıvı kapanımların mikrotermometrik özellikleri incelenmiştir.

## **1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri**

Çalışma alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Giresun İli Bulancak İlçesi Aydındere beldesi ve çevresinde bulunmakta ve 1/25.000 ölçekli G40-d1 pafta sınırları içerisinde yer almaktadır. Aydındere beldesi Giresun il merkezinin güneybatısında 72 km uzaklıkta olup Bulancak ilçe merkezinin güneybatısında 55 km uzaklıktadır. Dağınık yerleşime sahip köylerin hakim olduğu bölgede kuzeydoğusunda Tandır ve Tokmadin köyleri, kuzeybatısında ise Döngeri beldesi bulunmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık 20 km<sup>2</sup> lik alanı kapsamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.

### 1.3. Jeomorfolojik, İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında engebeli ve yer yer yüksek eğimli topoğrafya hakimdir. İç kesimlere doğru gidildikçe rakımda ciddi artış gözlenir. Çalışma alanı 2650m yükseklikte bulunan Karagöl Dağının KB'sında bulunmaktadır. Bölge içerisinde bulunan ve önemli yükseltiler; Güneyde Yörük Tepe (1877 m), kuzeyde Arımın Tepesi (1647m), batıda Gödenlibel tepedir.

Çalışma alanı ve çevresinde yazlar sıcak ve nemli, tüm mevsimlerde yağış hakimdir. Yöre bitki örtüsü bakımından zengindir. Sahil şeridinden itibaren özellikle fındık bahçeleri yoğunluktadır. Kestane ormanlarıyla başlayan bitki örtüsünü kızılağaç, karaağaç, kavak, gürgen gibi ağaçlar takip eder. Rakım yükseldikçe Ladin, Köknar, Meşe, Gürgen ve Çam ormanlarını yoğun olduğu görülmektedir.

#### 1.4. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanının içinde bulunduğu doğu karadeniz bölgesinde uzun yıllardır işletilen ve işletilmeye hazır altın yatakları bulunmaktadır. Bölgede yapılan çalışma ve araştırmaların bazıları şu şekildedir;

Doğu Pontidler içinde, Ordu ili, Fatsa ilçe sınırları içerisinde olan Altıntepe sahasında yapılan çalışmalarda maden yatağı tipinin asit-sülfat tip altın yatağı olduğu belirtilmektedir. Sahadaki mineralizasyonun tanımı Üst Kretase yaşlı andezitik-dasitik-volkanik kayalar içinde geliştiği belirtilmiştir. Altıntepe de bulunan mineralizasyon iki ayrı zona ayrılır. Bunlarda A zonu birden fazla aşamalı kuvars damarlaşması ve breşleşme ile belirginleşen bir hat içerisinde altın-bakır-kurşun-çinko cevherleşmesini içerir. İkinci zon olan B zonunda ise litolojik etkinliğin baskın olduğu düşünülen saçınımlı tip altın cevherleşmesi içerir. A ve B zonu birlikte, A zonunun breşleşmenin etkin olduğu, derin ve erozyonlu düzeylere, B zonunun ise az erozyonlu, asit alterasyonunun yoğun olduğu, boşluklu yapıda silika zonları içeren sığ ortamlara karşılık geldiği tek bir asit-sülfat tipte sistemin olduğuna işaret etmektedirler (Arslan vd., 1997).

Gümüşhane Mastra Au-Ag maden yatağında Eosen yaşlı, bileşimi andezitik olan volkanik ve volkanoklastik kayalar ağırlıkta bulunur. Cevherin içinde olduğu fay zonunun duruşu K50-70°B doğrultulu ve 65-80°KD dur. Cevher bu fay zonu içerisinde bulunan kuvars damarlarına yerleşmiştir. Bu damar zonunda bulunan alterasyonlar başlıca kloritleşme, karbonatlaşma, epidotlaşma, serizitleşme, silisleşme ve killeşme ile adlandırılan hidrotermal tip alterasyonlardır. Çalışmalar, alterasyon zonunun, cevherin bulunduğu zona göre en dıştan içeriye doğru a) propilitik, b) arjillik-serizitik ve c) silisleşme biçiminde olduğunu göstermektedir. Propilitik zon özelinde en dış kısımda kloritleşme-killeşme±karbonatlaşma, arjillik zon tarafına gidildiğinde karbonatlaşma-killeşme±kloritleşme şeklinde görülür. Maden yatağının ana mineralleri Altın, gümüş, pirit, sfalerit, kalkopirit, fahlerz, galen, dijenit, kovellin/kalkozin olmakla birlikte, gang mineralleri ise kuvars, barit, adularya, kalsit, serüzit, jips, hematit, limonit, serizit, azurit, malakit ve kil mineralleridir. Kuvars damarlarında farklı tipte yeniden kristallenme, büyüme ve ornatım dokuları gelişmiştir. Bu dokuların türleri; boşluk dolgusu, tarak dokusu, bantlı doku, kokart dokusu, breş dolgusu, tüysü doku, mozaik doku, flamboyant doku, ghost-sphere, şeker

dokusu ve kafes dokusudur. Yapılan araştırmalar ve çalışmalar neticesinde Mastra Au-Ag madeninin adulya-serizit tip bir epitermal sistem olduğu belirlenmiştir.

Arzular (Gümüşhane, KD Türkiye) cevherleşmesi, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu sınırları içerisinde bulunan Kuzdağı Sırtı mevkiinde kırık zonunda gelişmiş ve bu kırığın duruşu K70D olarak belirtilmiştir. Cevher içeren silis damarlarının kalınlığı 0.1 ile 0.3 m arasında değişir ve devamlılık gözlenmez. Cevherleşmede boşluk dolgusu ve bantlı yapılar yoğun olarak gözlenmektedir. Cevher mineralleri; galen, sfalerit, pirit, kalkopirit ve tetrahedritle birlikte bulunan eser miktarda altındır. Cevherde yan kayaca doğru gidildikçe bulunan alterasyon mineralleri ise kuvars, serizit, K'lu Feldspat Kaolinit, Fe Klorit, Albit, Mg Klorit ve Epidot mineralleridir.

Akıncı, ., (1976): Bulancak ilçesinin güneyinde bulunan sülfid damarlarının cevher ve gang minerallerindeki sıvı kapanımları incelemek suretiyle minerallerin oluştukları sıcaklıkları ve damarları oluşturan eriyiklerin tuzluluk ve yoğunluk oranlarını tespit etmişlerdir. İncelemeler sonucunda tuzluluk oranlarının % 13,2 NaCl eşdeğerinden tatlı su düzeyine kadar değiştiğini, başlangıçta 0,74 g/cm<sup>3</sup> olan eriyiğin yoğunluk oranının baz metal slfidlerinin oluşumundan sonra 0,98 g/cm<sup>3</sup> e yükselmesinden kaynaklandığını ileri sürmüştür. Bu değişimler yorumlanarak aşağıdan yukarıya doğru yükselen cevherli eriyiklerin derinlere doğru inen yüzey sularıyla karşılaştığını ortaya koymuşlardır.

Damar oluşumu başlangıcında homojenleşme sıcaklıklarının 230°C'den 330°C'ye kadar yükseldiği ve sonrasında sürekli olarak eriyiklerin soğuması sonucunda, 80°C'ye ulaşana kadar baz metal sülfidlerin oluşmaya devam ettiğini ortaya koymuşlardır.

### **1.5. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi**

Anadolu levhası jeolojik özellikler dikkate alındığında Sakarya Zonu, İstanbul Zonu, Rodop Istranca Zonu, Torid-Anatolid Bloku ve Arap Platformu olmak üzere beş ana tektonik birliğe ayrılmaktadır (Okay ve Tüysüz, 1999) (şekil 2). Bu zonlardan Sakarya zonunu temsil eden seri; Paleozoyik yaşlı kristalen özellikte temel kayalar ve bunların üzerine gelen Mesozoyik ve Senozoyik yaşta ki birimlerdir. Doğu Karadeniz bölgesi Sakarya zonunun doğusunda bulunur. yaklaşık 500 km uzunluğunda ve 100

km genişliğindedir. Bölge’de bulunan Paleozoyik yaşlı metamorfik bir temeli, farklı yaşlara sahip tortul, volkanik, volkano-tortul türde istifler ve yer yer bu istifleri kesmekte olan plütonik tipte kayalar yüzeylemektedir.

Bölgede bulunan en yaşlı kayalar Paleozoyik yaşta olan metamorfik kayalardır. Farklı araştırmacıların çalışmaları sonucu metamorfiklere yapılan çeşitli tanımlamalar; (Ketin, 1951), Ağvanis masifi (Okay, 1983), Pulur masifi (Korkmaz ve Baki, 1984), gibidir.

Doğu Karadeniz bölgesinde Paleozoyik yaşlı metamorfikleri ağırlıkla granodiyorit, kuvarslı mikrodiorit, alkalin granitten oluşan Geç Karbonifer öncesi yaşlı (Gürsoy vd., 1993) granitik birimler keser. Metamorfikleri kesen granitik kayaları Yılmaz (1973) Gümüşhane Graniti olarak adlandırılmıştır.

Temelde bulunan Paleozoyik yaşlı kayaların üzerine uyumsuz olarak gelen Mesozoyik yaşlı birimler volkano-tortul seri ile başlar. Bu birim için bazı araştırmacılar; Seymen (1975) Karatepe Formasyonu, Pelin (1977) Hacıören Formasyonu, Açar (1977) Hamurkesen Formasyonu gibi adlandırmalar yapılmıştır. Bunlardan farklı olarak Kandemir (2004) tarafından yapılan çalışmada, Erken-Orta Jura çökel sisteminin tabandan tavana doğru gisildikçe kesiksiz olarak devam ettiği ve tüm fasiyelerin içinde bulunduğu Şenköy (Kelkit-Gümüşhane) yöresi tip alan olarak belirlenerek bu birim Şenköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Buna göre Kuzey zonda daha fazla volkanitlerle temsil edilen istif güney zonda genelde tuf ardalanmalı, sedimanter yoğunluklu olarak devam eder. Bu zonda birimler birbirleriyle yanal geçişli ve kısa alanlarda kalınlık farkları gözlenen andezit, diyabaz, bazalt, aglomera, tuf ve tüfitlerden oluşan volkanik ara seviyeli yersel çakıltaşı, dereceli kumtaşı, marn, kıltaşı ve kumlu kireçtaşıdan oluşmaktadır.

Aktif tektonik aktivitenin sonucuyla oluşan Erken-Orta Jura çökellerinin birikmesinden sonra Malm’dan başlayarak, Geç Kretase’nin sonuna kadar geçen döneme bakıldığında sakin bir tektonizma ile karbonat platformu oluşmuştur (Yılmaz, 2002). Alucra-Giresun yöresinde ilk olarak Pelin (1977) tarafından tanımlanan Berdiga Formasyonu kuzey zonda genelde masif yapıda ve tabakalı, bej ve gri renklere sahip, yanal olarak devamlılığa sahip olmayan kireçtaşı birimleriyle temsil edilir. Güney zonda ise genelde masif yapıda kireçtaşlarından oluşmakta olup lokal düzeyde küçük değişiklikler gösterir. Şenköy Formasyonu’nun üzerine masif yapıda

ve ardalanma gösteren dolomitik özellikte kireçtaşlarıyla gelen birimden üst seviyelere doğru gidildikçe orta düzeyde kalınlığa sahip ardalanmalı kireçtaşları gözlenir.

Taslı (1990) ve Yılmaz (2002)'a göre yüzeyleme alanı geniş olan bol fosil içerikli sığ denizel kireçtaşları, dolomitler ve dolomitik kireçtaşları karbonat platformunun ürünüdür.

Bölge'nin güneyinde Gümüşhane yöresinde gözlenen Geç Kretase yaşlı tortul istif Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Buna göre istifin tabanında ince-orta tabakalanma gösteren, sarı renkli kumlu kireçtaşları ve yer yer konglomeralar bulunmakta, üzerinde gelen birim ince tabakalı yapıda kırmızı-mor renkli mikritik kireçtaşları ile devam etmekte ve gri ve yeşil renkli tuf ara seviyeli ince orta tabakalı kumtaşı, kiltası ve marn ardalanması ile tamamlanmaktadır.

Geç Kretase döneminde Türkiye'nin kuzeydoğusunda bulunan birimlere bakıldığında litolojik özelliklerine göre kuzeyden güneye gidildikçe farklılıklar göstermektedir. Geç Kretase döneminde bölgenin kuzey bölgesinde magmatizma etkin olur iken güney bölgesinde türbiditik karaktere sahip tortul özellikte birimlerin oluşumu devam etmiştir. Bölgenin kuzeyinde gelişen aktif volkanizma sonucunda asidik ve bazik karaktere sahip volkanik bileşimli kayaların ardalanmasıyla oluşan yüksek kalınlığa sahip bir volkano-tortul istif oluşmuştur. Bu yay volkanitleri Neotetis okyanusal kabuğunun kuzey yönüne doğru yitimiyle gelişmiştir. Güven (1993); Güven vd. (1998); Karlı vd. (2004); Okay ve Tüysüz (1999); Topuz vd. (2007); Karlı vd. (2010a); Karlı vd. (2011) tarafından dört farklı formasyona ayrılarak tabandan tavana doğru Çatak, Kızılkaya, Çağlayan ve Tirebolu Formasyonları şeklinde adlandırılmıştır.

İlk kez Güven (1993) tarafından tanımlanan Çatak Formasyonu, öncelikle bazalt, andezit ve piroklastları ile kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşı seviyelerinden oluşan bir ardalanmalı yapıya sahiptir. Birimin içerisinde bulunan volkanik seviyeler boşluklu, kırıklı ve çatlaklı yapıda olup fazla miktarda ayrılmış ve kloritlemiştir. Yaşı Güven (1993) tarafından Turoniyen-Santoniyen olarak verilen birim Berdiga Formasyonu üzerine gelir ve Kızılkaya Formasyonu tarafından da uyumlu olarak örtülmektedir.

Kızılkaya Formasyonu ilk defa Güven (1993) tarafından adlandırılmıştır. Gri, beyaz, grimsi sarı renkli riyodasit, dasit ve bu kayaçların piroklastlarından oluşmaktadır. Uyumlu olarak Çatak formasyonu üzerine gelen dasitler prizmatik kolon yapılıdır ve bu yapılar karakteristik özellikleridir. Kalınlıkları 200-500 m arasında değişir (Güven vd., 1998).

Trabzon güneyinde bulunan Çağlayan köyü çevresinde yüzeylenen bazik karaktere sahip volkanik bileşim sunan kayaçlardan ve tortul bileşimli ara seviyelerden oluşan birim Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim genelde kırmızı renkli mikritik kireçtaşı, kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ara seviyelerine sahip bazalt, andezit ve bu kayaçların piroklastlarından oluşan volkano tortul istif göstermektedir. Genellikle rengi koyu gri olan ve bol kırıklı yapıdaki volkanik birimler Çatak Formasyonu'na oranla daha az miktarda ayrılmıştır. Birim içerisindeki marn, mikritik kireçtaşları ve kumtaşları ince ve orta tabakalı yapı gösterir ancak tuf seviyelerinin tabakaları daha kalın olup merceksi yapıdadır.

Tirebolu Formasyonu Çağlayan Formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelmekte riyolit, riyodasit, tuf ve piroklastları ile bu asitik özellikte kayaçların aralarında merccekler şeklinde bulunan kırmızı ve gri renkli, pelajik kireçtaşlarıyla kumtaşı, kiltası ve siltaşlarından oluşmaktadır (Güven, 1993). Tirebolu Formasyonu tabanda riyolitik ve dasitik yapıda volkaniklerle ile başlamakta ve tavana doğru gidildikçe piroklastik kayaçlar şeklinde devam etmektedir. Tortul ara seviyeler daha yüksek oranda bu piroklastik kayaçlar içinde bulunmaktadır.

Kaçkar Batoliti'nin apofizleri olan genç granitik intrüzyonlar bütün bu birimleri kesmektedir.



SİSTEM		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Neojen	SERİ		
Paleojen	KAT		
FORMASYON			
Neojen	Pliyosen	Karadağ	Olivin-ojit bazalt ve piroklastitleri
Paleojen	Eosen	Kabaköy	Kumtaşı, çamurtaşı ara seviyeleri içeren bazalt, andezit ve bunların piroklastitleri. İkizdere Plütону
Kretase	Üst Kretase	Üst Kampa.	Kalsiklastik türbiditler
		Tonya	Kırmızı-şarabi renkli mikritik kireçtaşı ara seviyeleri içeren riyolit ve piroklastitleri
		Tirebolu	Kırmızı-şarabi renkli mikritik kireçtaşı ara seviyeleri içeren bazalt, andezit ve bunların piroklastitleri
		Çağlayan	Kırmızı-şarabi renkli mikritik kireçtaşı ara seviyeleri içeren dasit, riyodasit ve bunların piroklastitleri
		Kızılkaya	Kırmızı-şarabi renkli mikritik kireçtaşı ara seviyeleri içeren andezit, bazalt ve bunların piroklastitleri
		Çatak	Orta-kalın ve masif tabakalı dolomit ve kireçtaşları
Jura	Alt-Orta	Berdiga	Bazaltik, andezitik litik tuf, volkanojenik kumtaşı, şeyl, bazalt, andezit, konglomera ve bol makro fosilli kırmızı kireçtaşı ve marnlar.
		Şenköy	Gnays ve şistler
Karbonifer	Alt		Granitik kayalar
	Üst	Pülür Melanoriftleri Gümüştaşı Granitoidi	

**Şekil 3.** Doğu Karadeniz bölgesinin geliştirilmiş stratigrafik kesiti. (Kandemir, 2004' den)

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ANALİTİK YÖNTEMLER**

Aydındere (Bulancak-Giresun) cevherinin jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökensel özelliklerinin incelendiği bu çalışmanın ilk aşamasını, çalışma alanında ve yakın çevrede yapılan konu ile benzerlik gösteren literatür araştırması oluşturmaktadır. Sonrasında yapılan arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve ilgili analizlerin yapım aşamaları ile devam etmiştir. Büro çalışmasında elde edilen veriler ışığında tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

### **2.1. Arazi Çalışmaları**

Arazi çalışmalarında Aydındere beldesi ve çevresinde yaklaşık 20 km<sup>2</sup>'lik alanda jeolojik birimlerin özellikleri ve birbirleriyle olan ilişkileri daha önceden yapılan çalışmalar da göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Bu tez çalışmasında yapılan gözlemlerle, daha önceden yapılan çalışmalarla oluşturulan jeoloji haritalarının doğruluğu yerinde teyit edilmiştir.

Daha sonra Aydındere cevherinin yatak tipi, yan kayaç ilişkileri, yapısal özellikleri ve cevherin makro özellikleri saha çalışmalarında incelenmiştir. Daha sonrasında laboratuvarda yapılacak mineralojik incelemeler ve dokusal özelliklerin belirlenmesi için cevher mostralarından örnekleme yapılmıştır. Bunun dışında sıvı kapanım çalışmaları için cevhere eşlik eden kuvars örnekleri alınmıştır. Küresel konumlama sistemi kullanılarak yapılan örneklemede her bir örneğin koordinatı not edilmiştir.

### **2.2. Laboratuvar Çalışmaları**

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

Arazi çalışmalarında belirlenen lokasyonlardan alınan her örneğin mineralojik ve dokusal özelliklerini belirlemek amacıyla Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında parlak kesitler yapılmıştır. Parlak kesit yapmak amacıyla alınan örneklerin yeterince sağlam olanları 2x2 cm ölçülerinde ve kalınlığı 1cm olacak şekilde kesilmiş, bu örneklerin yüzeyleri sırayla 120, 400 ve 1000 mesh boyutlarındaki silisyum karbür tozu kullanılarak

aşındırılmıştır. Daha sonra örneklerin yüzeyleri 1 ve 0,1 µm'lik alüminyum oksit tozu kullanılarak parlatılmıştır.

Örneklerin yeterince sağlam olmayan, dağılma riski olanları yaklaşık olarak 2 cm çapında ve 1 cm kalınlığında kesilmiş olup yaklaşık 2.5 cm çapında kalıplara konulup epoksi yardımıyla kalıba alınmıştır. Kalıba alınan bu örneklerin aşındırılması ve parlatılması kalıba alınmayan örneklerle aynı sistemde yapılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında toplam 35 adet parlak kesit hazırlanmıştır.

### **2.2.2. Mineral Kimyası Analizi İçin Örnek Hazırlanması**

Hazırlanan parlak kesitlerin mineralojik ve dokusal özellikleri detaylı bir şekilde incelendikten sonra kalıba alınan örneklerden uygun olanları seçilmiştir. Gerekli durumlarda kalıba alınmış ilave örnekler hazırlanarak bunlardan cevherin mineralojik ve dokusal özelliklerini temsil eden uygun örnekler analiz için seçilmiştir. Bu örnekler içinde bulunan minerallerin analizini yapmak için yüzeyleri karbonla kaplanarak analize hazır hale getirilmiştir. Parlak kesitlerin hazırlanması RTE Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölüm laboratuvarında karbon kaplama, işleme, Ludwig Maximilian Üniversitesi'nde (Münih-Almanya) yapılmıştır. Pirit, Kalkopirit, Sfalorit, Galen minerallerini içeren toplam 6 adet örnekten analiz edilmiştir.

### **2.2.3. Sıvı Kapanım Kesitleri**

Sıvı kapanım kesitleri ışık geçirgenliği bulunan kuvars mineralini içeren numunelerden hazırlanmıştır. Parlak kesitlerin yüzeyinde yapılan işlemler gibi sıvı kapanım kesitlerinin bir yüzeyi kademeli şekilde aşındırıldıktan sonra parlatma işlemi biten kesitler soğuk yapıştırıcı (entellan) kullanılarak parlatılan yüzeyi cama yapıştırılmıştır.

Örnekler kurduktan sonra yaklaşık kalınlığı 2 mm olacak şekilde kesilmiş, ardından aşındırma makinasıyla bu kalınlık 0.5 mm'ye indirilmiştir. Bu inceltme işlemlerinden sonra 120, 400, 1000 mesh boyutlu aşındırıcı tozları (silisyum karpid) kademeli olarak kullanılmak suretiyle örneğin kalınlığı 200 µm'ye kadar düşürülmüştür. En son aşamada 1 ve 0.05 µm'lik alüminyum oksit tozları yardımıyla parlatılmıştır. Bu işlemlerden geçen ve her iki yüzeyi de parlatılan örnekler ksilen

kullanılıp yapıştırıldığı camdan ayrılmış ve ölçüme hazır hale getirilmiştir. Örneklerin hazırlanması Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Ölçüm işlemlerinde ise Olympus BX51 marka mikroskoba monte edilmiş THMG600 sıvı kapanım sistemi kullanılmış olup, soğutma deneylerinde sıvı azot kullanılmıştır.

### **2.3. Büro Çalışmaları**

Büro çalışmaları kapsamında araziden elde edilen veriler ışığında, İncelenen parlak kesitlerden toplanan veriler arazi gözlemleri ile denestirmek suretiyle detaylı mineralojik özellikler belirlenmiştir. Sıvı kapanımların mineral kimyası analizleri, mikrotermometrik ölçümleri, saha ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler farklı bilgisayar programları ile değerlendirildikten sonra bu verilerin içinde bulunduğu çeşitli grafik ve tablolar hazırlanmıştır. Daha sonra arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve analiz sonuçlarından elde edilen verileri literatürde bulunan çalışmalar ile denestirilerek rapor yazımı gerçekleştirilmiştir.

### **2.4. Materyal ve Yöntemler**

Aydındere (Bulancak-Giresun) Au cevherinin oluşum koşulları ve kökenini araştırmaya yönelik bu çalışma literatür taraması, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları, mineral kimyası analizlerinin yaptırılması ve sıvı kapanımların mikrotermometrik ölçümlerinin yapılması şeklinde gerçekleştirilmiş olup bu analizlerin yöntemleri aşağıda verilmiştir.

#### **2.4.1. Sıvı Kapanımların Mikrotermometrik Ölçümleri**

Sıvı kapanım ölçümleri için Aydındere beldesinden alınan, kuvars minerali içeren toplam 8 adet sıvı kapanım kesiti hazırlanmıştır. Ölçümler Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı'nda markası Olympus BX51 olan polarizan mikroskoba eklenmiş Linkam THMG-600 donanımı ile yapılmıştır. -196 ile 600°C arasında değişen ve ısıtma-soğutma yapılabilen sistemin sıcaklık değişkenlikleri Linksys-32 DV adlı yazılım programı kullanılarak 0.1°C hassasiyetle yapılabilmektedir. Sistemin kalibrasyonu pozitif değerler için saf H<sub>2</sub>O

içeren sıvı kapanımın kritik sıcaklık değeri (374.1°C) ve negatif değerler için ise saf CO<sub>2</sub> içeren sıvı kapanımın ergime sıcaklığı (-56.6°C) dikkate alınarak yapılmıştır.

#### **2.4.2. Mineral Kimyası Analizleri**

Mineral kimyası analizleri için farklı oksit, silikat ve sülfid minerallerinin ölçümü yapılmıştır. Ölçüm işlemlerinde Ludwig Maximilian Üniversitesi Mineraloji ve Petroloji Enstitüsü'nde CAMECA-SX100 marka elektron mikroprop cihazı kullanılmıştır. Sülfidlerde yapılan analizler 20 kV ve 20 nA şartlar altında gerçekleştirilmiş ve ölçümlerde elektron ışınının çapı 1µm olarak seçilmiştir. Sayma zamanı, her element için analizler farklılık göstermektedir. Buna göre sayma zamanı Fe ve S için 10; Zn, Cu ve Pb için 20; Mn, Co, Ni, As, Sn, Te, Sb ve Bi için 30; Ag, Cd ve Au için 60 saniye olarak belirlenmiştir. Analizlerde S, Fe, Cu, Zn, Co, N, ve Mn için K $\alpha$ , Ag, Cd, As, Sn, Te, Au ve Sb için L $\alpha$ , Bi, Pb ve Hg için M $\alpha$  X-ışınları çizgisi kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

İnceleme alanı Giresun-Bulancak ilçesine bağlı Aydındere beldesi ve yakın çevresindeki Ahurlu ve Tandır ile birlikte Seyittepe ve Oyuktepe çevresini kapsamaktadır (Şekil. 4). Yaklaşık 80 Km<sup>2</sup> lik alan içerisinde Üst Kretase'den Eosene kadar değişen yaşlarda volkanik, volkano-tortul ve granitik sokulumlardan oluşan farklı jeolojik birimler yüzeylenmektedir. Bu çalışmada bu araştırmacılar tarafından hazırlanan haritalar denetirilmek suretiyle ve sahada yapılan çalışmalarla karşılaştırılarak çalışma alanı ve çevresine ait aşağıdaki jeoloji haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanında bulunan kayaçların stratigrafik olarak yaşlıdan gence doğru dizilimleri Şekil 3'de sunulmuş bu kayaçların mostradaki yayılımları Şekil 4'te verilmiştir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru sıralaması şu şekildedir.

Çatak Formasyonu (Üst Kretase-Turoniyen-Koniasiyen)

Kızılkaya Formasyonu (Üst Kretase)

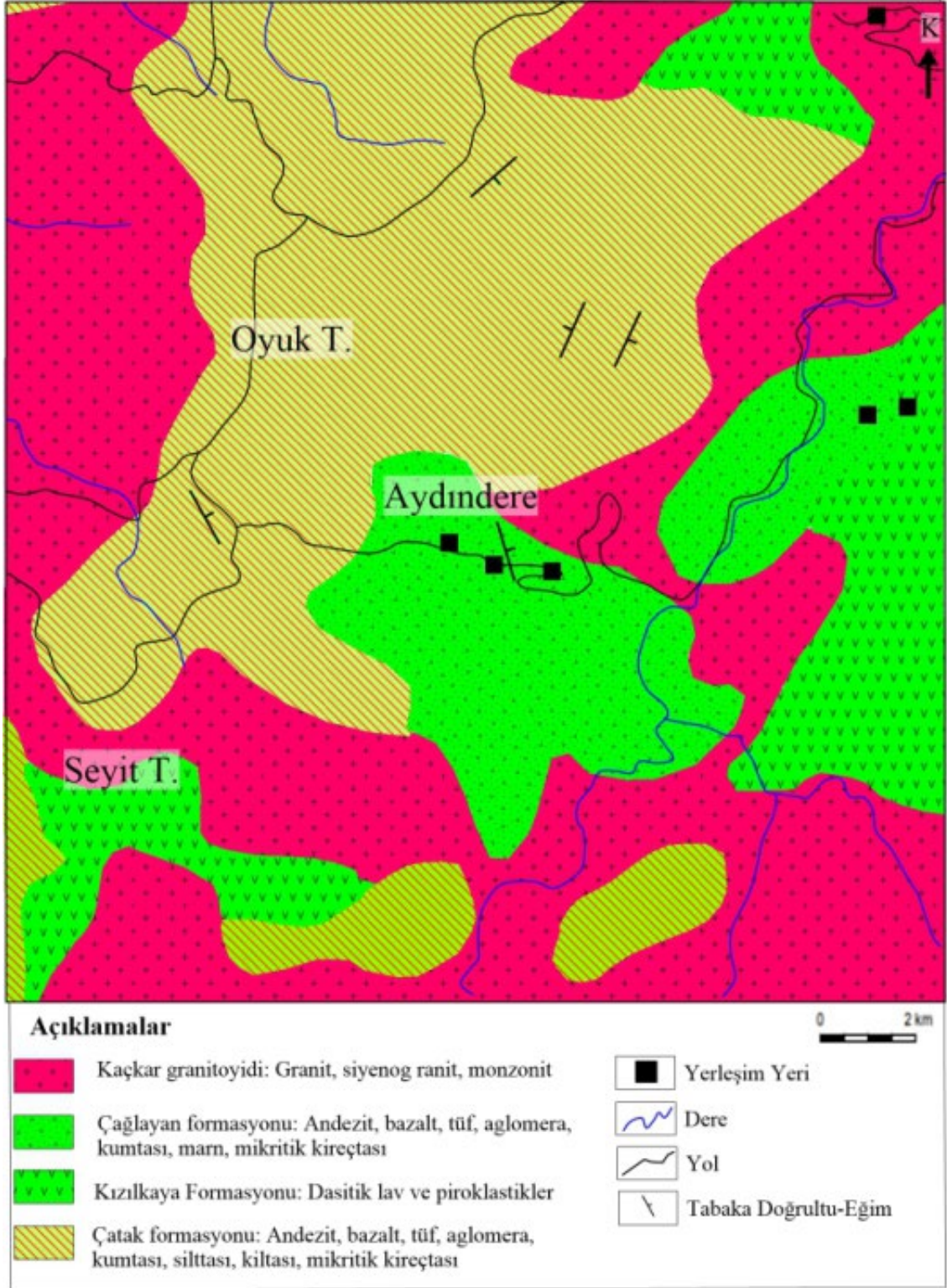
Çağlayan Formasyonu (Üst Kretase)

Kaçkar Granitoyidi (Kampaniyen-Maastrichtiyen)

Yamaç Molozu ve Alüvyon ( Kuvaterner)

##### 3.1.1. Çatak Formasyonu

Çatak Formasyonuna ait birimler sahada Aydındere belde merkezinin kuzeyi, batısı ve kuzeybatısı yönünde geniş alanlarda yüzeyleme vermektedir. Bu birim çalışma alanı içerisindeki en yaşlı birim niteliğindedir.



Şekil 4. İnceleme alanı çevresinin jeoloji haritası (Altun 2013'den değiştirilerek).

Doğu Karadeniz kuşağı boyunca geniş alanda yayılım göstermekte olan ve çalışma alanı içerisinde yüzeyleme gösteren volkano-tortul bileşimde olan kayalar bazı araştırmacılar tarafından Alt Bazik Seri olarak (Schultze-Westrum, 1961; Aslaner, 1977; Gedikoğlu vd. 1979; Şen, 1988; Aydınçakır, 2006), bazı araştırmacılar tarafından ise Pontid Alt Bazik Karmaşığı olarak isimlendirilmiştir (Köprübaşı, 1992; Yalçınalp, 1992; Hasançebi, 1993). Bazik karaktere sahip volkano-tortul kayalar aynı birime karşılık gelmekte ve Güven (1993) tarafından Değirmendere (Trabzon) vadi içerisinde, Çatak mevkinde Çatak Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada Güven (1993) tarafından yapılan adlandırma kullanılmıştır.

Çatak Formasyonu'na ait bazik volkano tortul kayalar çalışma alanı içerisinde Aydındere beldesi çevresinde geniş alanlarda yüzeyleme vermektedir. Volkanik birimler saha çalışmalarında gri, yeşilimsi renkli ve siyaha yakın koyu renkli tonlarda gözlenmekte ve andezit, bazalt ve yer yer aglomeralardan oluşmaktadır. Yer yer tabakalı yapı gösteren volkanitlerde yaygın olarak kırıklı yapılar da görülmektedir. Çatak İnce orta tabakalı, oldukça açık renkli tüfler stratigrafik olarak volkanitlerin alt seviyelerinde bulunmaktadır. Tüflerin kalınlıkları 10-20 m arası değişir ve devamlılıkları takip edilememiştir. Boşluklu yapı ve gevşek dokuda olmaları sebebiyle kolaylıkla parçalanmaya müsait tüfler nadiren gözle görülebilecek büyüklükte kuvars mineralleri içermektedir.

Çatak Formasyonu içinde bulunan tortul ara seviyeler bu birimin denizaltı volkanizmasına bağlı geliştiği ve volkanizmanın duraksama dönemlerinde oluştuğunu gösterir. Tortul birimlerde yapılan incelemeler sonucunda ince-orta tabakalı kumtaşı, marn, kiltası ve killi kireçtaşı aralanması ile oluşan seviyeler gözlenmektedir. 20 metreye varan kalınlıktaki bu birimin duruşu D-B/30-80° G şeklindedir.

Birim içerisinde yaşlandırma yönteminin uygulanabileceği fosil bulgusuna rastlanmamıştır. Ancak Güven (1998), Değirmendere vadisi içerisinde yaptığı çalışmada birim içindeki kırmızı-bordo renkli kireçtaşlarında saptadığı *Globotruncana lapparenti* (Brotzen), *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncana sp.*, *Marginotruncana sp.*, *Globigerinella sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Gümbelina sp.*, *Hedbergella sp.* Fosil bulgularına göre birimin yaşını Turoniyen-Santoniyen olarak belirlemiştir. Kurt (2006) ise aynı birim içinde saptadığı *Helvetoglobotruncana cf. helvetica* (BOLLI), *Praeglobotruncana sp.* *Marginotruncana pseudolinneiana*

PESSAGNO, *Stomiosphaerica* (KAUFMAN), *Pithonella ovalis* (KAUFMAN), *Dicarinella sp.* *Marginotruncana sp.* Fosil bulgularından yola çıkarak birimin yaşını Alt Turoniyen olarak belirlemiştir. Bu çalışmada Çatak Formasyonu'nun yaşı Turoniyen-Santoniyen aralığında kabul edilmiştir.



**Şekil 5.** Çatak Formasyonuna ait Üst Kretase yaşlı volkanik birimlerin saha görüntüsü.



**Şekil 6.** Çatak Formasyonuna ait Üst Kretase yaşlı volkano-tortul birimler içindeki tortul seviyeler.

### **3.1.2. Kızılkaya Formasyonu**

Kızılkaya formasyonuna ait birimler sahada Aydındere belde merkezinin Doğu, Kuzeydoğu ve Güneybatısında yüzeyleme vermektedir. Çatak Formasyonunun bazik volkanikleri üzerine uyumlu olarak gelen bu birimin en karakteristik özelliği tortul ara seviyeler içeren dasit ve piroklastlarından oluşmasıdır (Şekil 8). Kızılkaya Formasyonu genel olarak gri ve beyaz renktedir. Hidrotermal aktiviteler etkisine bağlı olarak sülfür içeren mineralizasyon oluşumları ve buna etki eden hidrotermal ayrışmalar sonucu yan kayaçlarda (silişleşme, serizitleşme ve killeşme) mevcuttur. Formasyon içerisinde ki alterasyon ürünleri piritleşme, silisleşme, kaolenleşme, serizitleşme, kloritleşme ve limonitleşmedir (Yılmaz vd., 1997).



**Şekil 7.** Üst kretase yaşlı dasitik birimlerin saha görüntüsü.



**Şekil 8.** Dasitik birimler içindeki tortul ara seviyeler.

### 3.1.3. Çağlayan Formasyonu

Çağlayan formasyonuna ait birimler koyu gri renk tonları ile arazide ayırt edilmekte olup çalışma alanının Aydındere belde merkezi ve doğusunda mostra vermektedir. Andezit bazalt ve piroklastlarından oluşan birim içerisinde ince tabakalı, devamlılığı fazla olmayan tortul seviyeler bulunmaktadır.

Doğu Pontidler’de Üst Kretase dönemi volkanizma faaliyetleri döneminde gelişmiş olan bazik özellikte volkanik-volcano sedmanter istif, Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında formasyon Aydındere belde merkezi ve çevresinde gözlenmektedir. Formasyon andezit, bazalt, proklastikleri ve tuf, aglomera, kumtaşı ve mikritik kireçtaşıdan oluşur. Çağlayan formasyonunun içinde yer yer gelişen yastık lav yapıları izlenir. Ayrıca bazaltlarda gelişen gaz boşlukları karakteristiktir. Gaz boşluklarında genellikle klorit, kalsit ve zeolit gibi minerallerle dolguludur. Çalışma alanı dışında formasyon Düzköy, Çayırbağı, Derecik, Yomra-Arsin-Araklı güneyi, Esiroğlu, Köprübaşı ve Of yörelerinde yaygın şekilde mostraları gözlenen formasyonun kalınlığı 100-600 m arasında değişmektedir. Birim Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Güven, 1993).



**Şekil 9.** Üst Kretase yaşlı dasitik birimlerin saha görüntüsü.

#### **3.1.4. Kaçkar Granitoyidi**

Kaçkar Granitoyidleri doğu Pontidler’de Üst Kretase döneminde volkanotortul istif içerisinde sokulum halinde bulunan intrüzif kayalar, bazı araştırmacılar (Taner, 1977, Yılmaz, 1985, Keskin vd., 1990) tarafından “Rize Plütönu” adı altında incelenmiştir. Çökeller içerisinde değişik zamanlarda yerleşen kütleler halinde bulunan, mineralojik ve petrografik özellik bakımından farklı özelliklerde olması bu kayaların belirli magmatik aktivite sonucunda oluştuğunu göstermektedir. Bundan farklı olarak Güven (1993) tarafından granitten gabroya kadar değişken litolojiye sahip temsil edilebilen söz konusu intrüzif kayaları “Kaçkar Granitoidleri” olarak adlandırmıştır. Volkanitler içerisinde birbirlerine bağlı olmayan sokulumlar yapan ve dokanakları boyunca sokulum yaptığı birimlerde kontakt metamorfizmaya sebep olmuş granitoidler Kaçkar Granitoidi olarak adlandırılmıştır.

Birim inceleme alanı çevresinde yoğunlukta bulunmakla birlikte Oyuk Tepe, Çıra Tepe civarlarında yüzeyleme vermektedir. Birim açık-pembe ve gri renkte olup genellikle Granit-Granodiyorit-Mikrokuvarslıdyorit-Mikrogranit bileşimlidir. Taneli

yapı sunan ve kuvars-plajyoklaz- alkali feldspat-biotit yer yer hornblend minerallerini içeren bu granotoidlerin yaşı Üst Kretase-Paleosen'dir (Güven, 1993).



**Şekil 10.** Üst Kretase yaşlı volkanik birimleri kesen granodiyorit dokanağı.

### **3.2. Maden Jeolojisi**

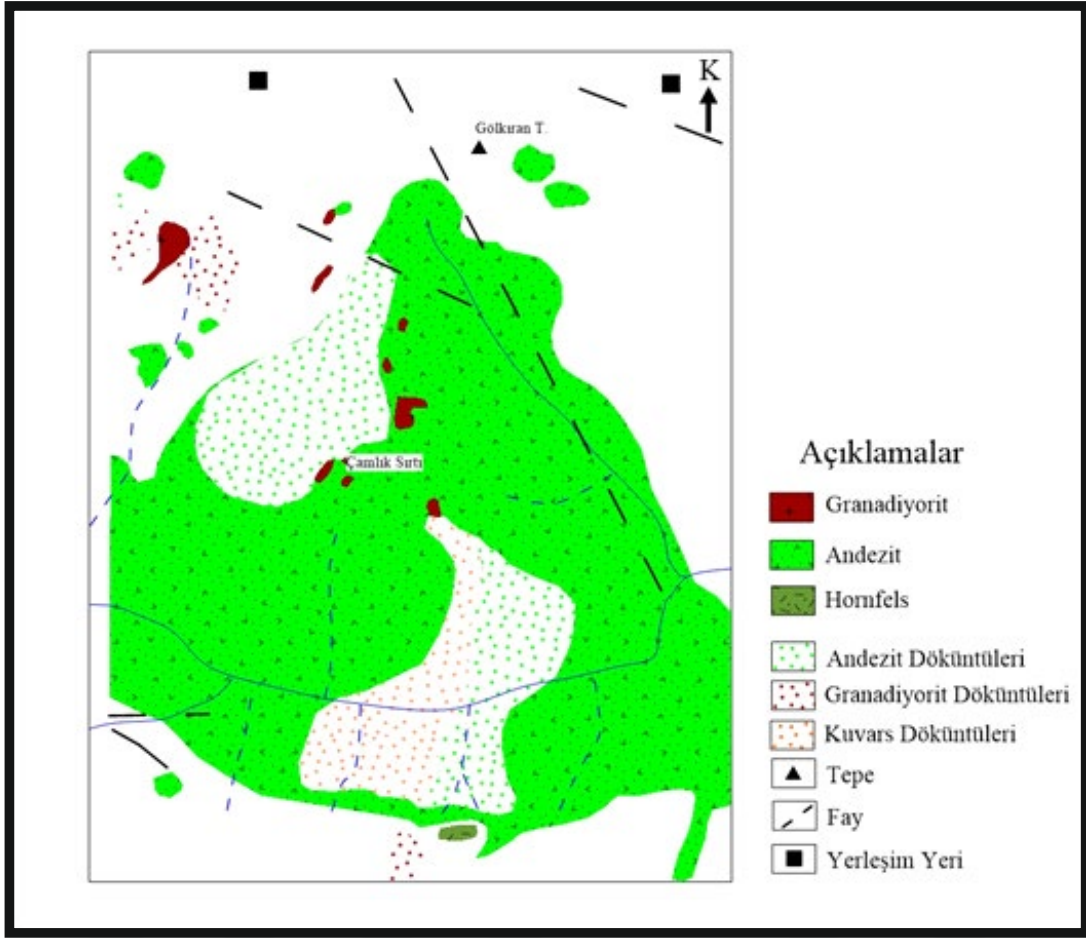
Aydındere beldesinin yaklaşık 4 km kadar kuzeybatısında bulunan Çıra Tepenin zirvesinde mostra veren altın cevheri yoğun silisleşmiş bir zon içerisinde. Aydındere altın cevheri Üst Kretase yaşlı andezit bazalt ve bunların piroklastlarından oluşan, yer yer kumtaşı, kıltaşı ve marn seviyeleri içeren volkano-tortul karakterdeki Çatak Formasyonu içerisinde (Şekil 12). Arazide yoğun silisli zonlar ile karakteristik olan cevher mostrada çikintılar oluşturmaktadır.

Bu silisli yapılar volkanik yan kayaçlar içerisinde yaklaşık olarak 40-150 derece doğrultulu bir zon içerisinde bulunmaktadır. Silisli zon boyunca kalsedonik kuvars yapısının yanı sıra vuggy kuvars, sünger boşluklu (spongy) kuvars ve şeker yapılı kuvars dokuları yaygındır. Yoğun bir şekilde silisleşmiş zonlar yer yer 2 metre kalınlığa ulaşan ve KB-GD doğrultulu olan damarlar şeklindedir. Yan kayaç içinde yoğun silisleşmenin gözlemlendiği zonlar da bulunmaktadır. Hem yan kayaç içindeki bu yoğun silisli kesimler, hem de yoğun silisli kuvars damarları yer yer ağsal yapıdaki

(stokwork) kuvars damarları tarafından kesilmektedir. Bu yoğun silisli zonlar boyunca yaygın bir şekilde hidrotermal breşler yaygındır.

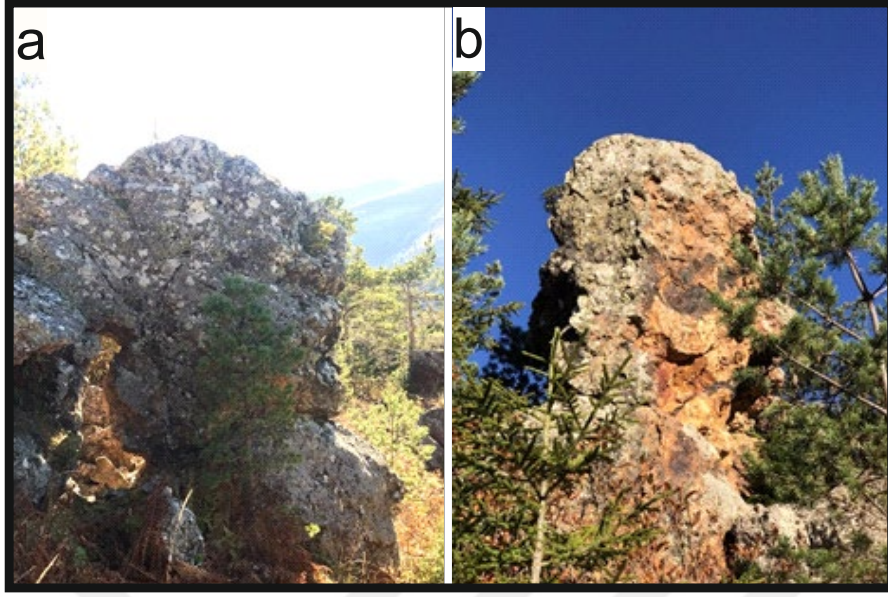


**Şekil 11.** Çıra tepe üzerindeki silis kafalarının saha görüntüsü.

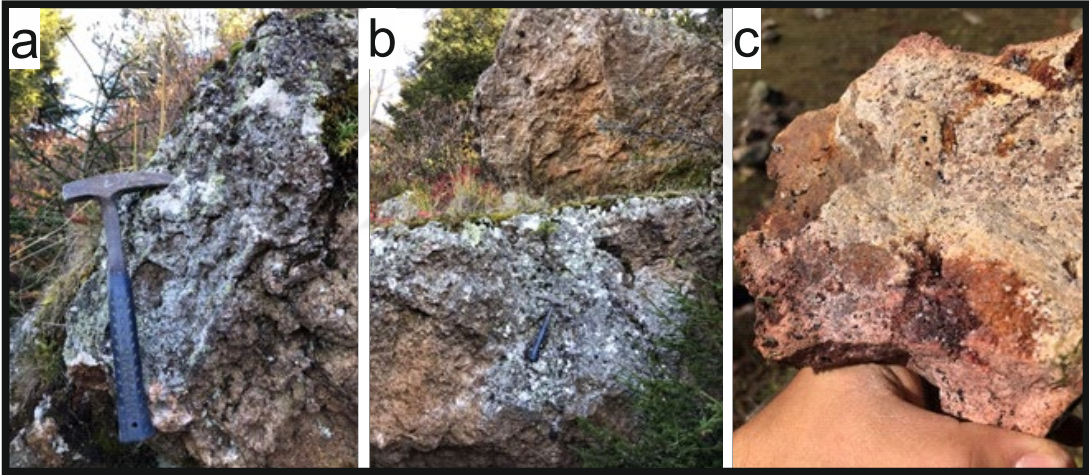


**Şekil 12.** İnceleme alanı çevresinin jeoloji haritası (Yalçındağ, 2015'den değiştirilerek).

Çıra tepenin zirvesinde ve bu zirvenin güney yamacına doğru yoğun bir şekilde silisleşmiş silis kafaları bulunmaktadır. Bu silis kafalarının boyutu birkaç metreden 50 metreye kadar değişmektedir. Silis kafaları içerisinde boşluklu yapılan yaygın olarak görülmekte olup bu yapılar, vuggy kuvars, sünger dokulu kuvars ve kalsedonik kuvars yapıları şeklindedir. Silisli zonlar içerisinde hematit damarları yer yer görülmektedir. Bu hematit damarları yoğun bir şekilde silisleşmiş yan kayaç içerisindedir.



**Şekil 13.** Çıra tepe üzerindeki silis kafalarının saha görüntüsü.



**Şekil 14.** Silisli zonlar içindeki boşluklu kuvars yapıları.

Bunun yanında silisli zonlar boyunca yer yer breşleşmiş yan kayaç içinde sülfür damarlarının oluşturduğu breş dolgusu yapıları görülmektedir. Bu breşik yapılar hidrotermal breşlere karşılık gelmektedir. Hazırlanan parlak kesitlerde de gözlenmektedir.



**Şekil 15.** A) damar tip cevher yapısı, b) breşik cevher yapısı.

Çıra tepenin güney yamacında volkanik yan kayaçların kırıkları boyunca oluşmuş sülfid damarlarını görmek mümkündür (Şekil 16).



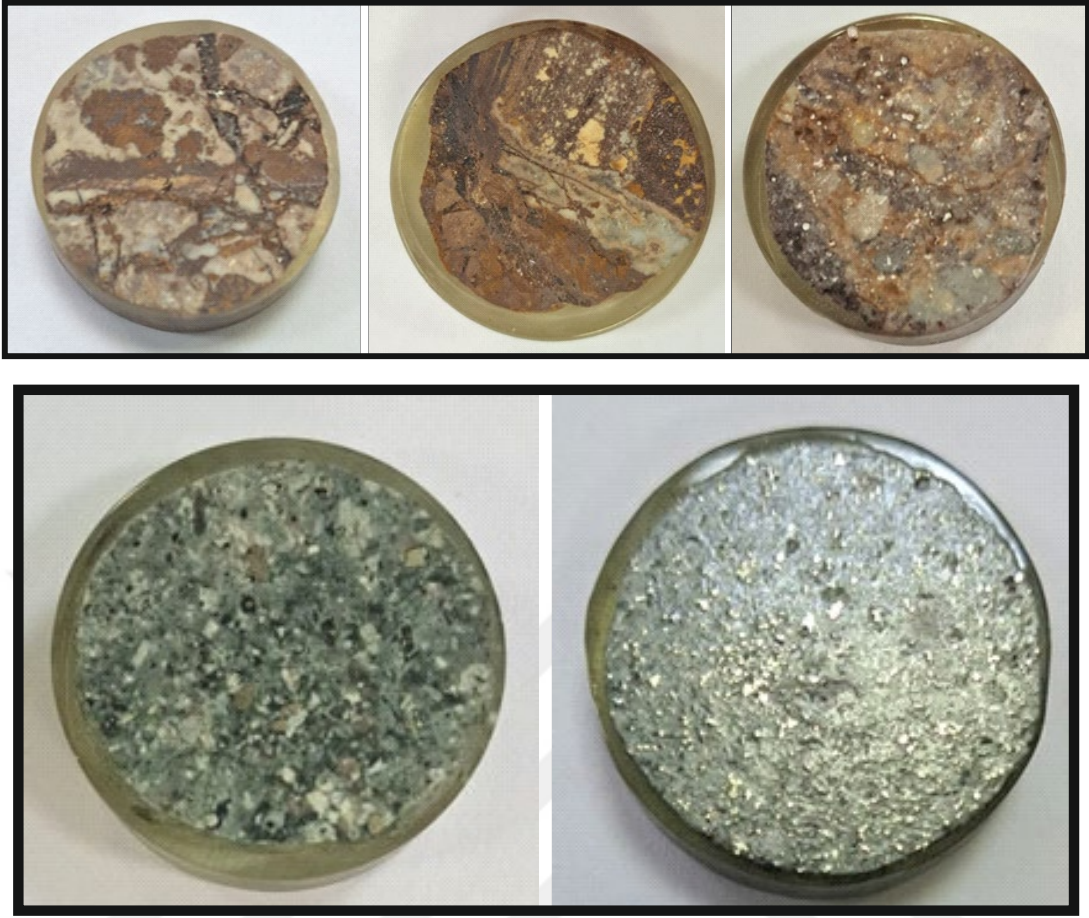
**Şekil 16.** Çıra tepenin güneyindeki volkanik birimler içinde sülfid damarları.

Saha gözlemlerinde yoğun silisli volkanik kayaçlar içerisinde kalınlıkları mm ölçeğinden birkaç cm ye kadar değişen kuvars damarları da sahada yaygın olarak görülmektedir.

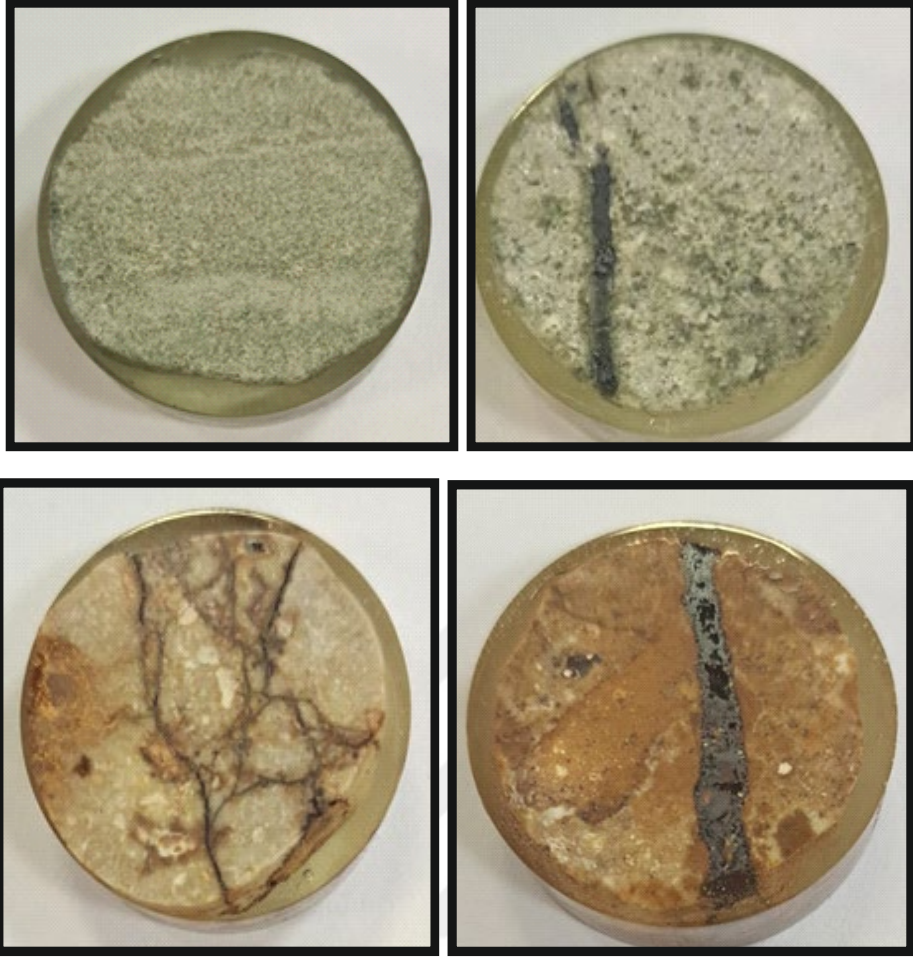


**Şekil 17.** Çıra tepenin kuzey doğusunda yan kayalar içindeki kuvars damarları.

Cevherde hidrotermal breşik yapılar yaygın olup bu breşlerin kırıkları boyunca veya breşler arasındaki boşluklar boyunca sülfid damarları görülmektedir. Bunun yanında hem sahada hem de hazırlanan parlak kesitlerde saçınımlı piritlerin makro olarak gözlenebildiği saçınımlı cevher yapısı görülmektedir. Bazı durumlarda volkanik yan kayacın sedimanter dokanaklarında bu kayaların katman seviyelerine paralel olacak şekilde yoğun piritli zonlar gözlenmiştir. Bu zonlar boyunca saçınımlı piritlerin yer yer bantlı yapı sunmaktadır. Yoğun silisli zon boyunca kayaların kırıkları takip eden kalınlıkları genellikle mm ölçeğindeki sülfid damarları bulunur. Cevher sahası içerisinde gözlenen bir diğer cevher yapısı da kayaların düzensiz kırıkları boyunca gelişen sülfid damarlarının oluşturduğu ağsal (stokwork ) cevher yapısıdır. Aydındere madeninde yukarıda özetlenen sülfid oluşumlarının yanında kayaların kırıkları boyunca nadiren gelişen mangan içerikli damarlar dikkati çekmektedir.

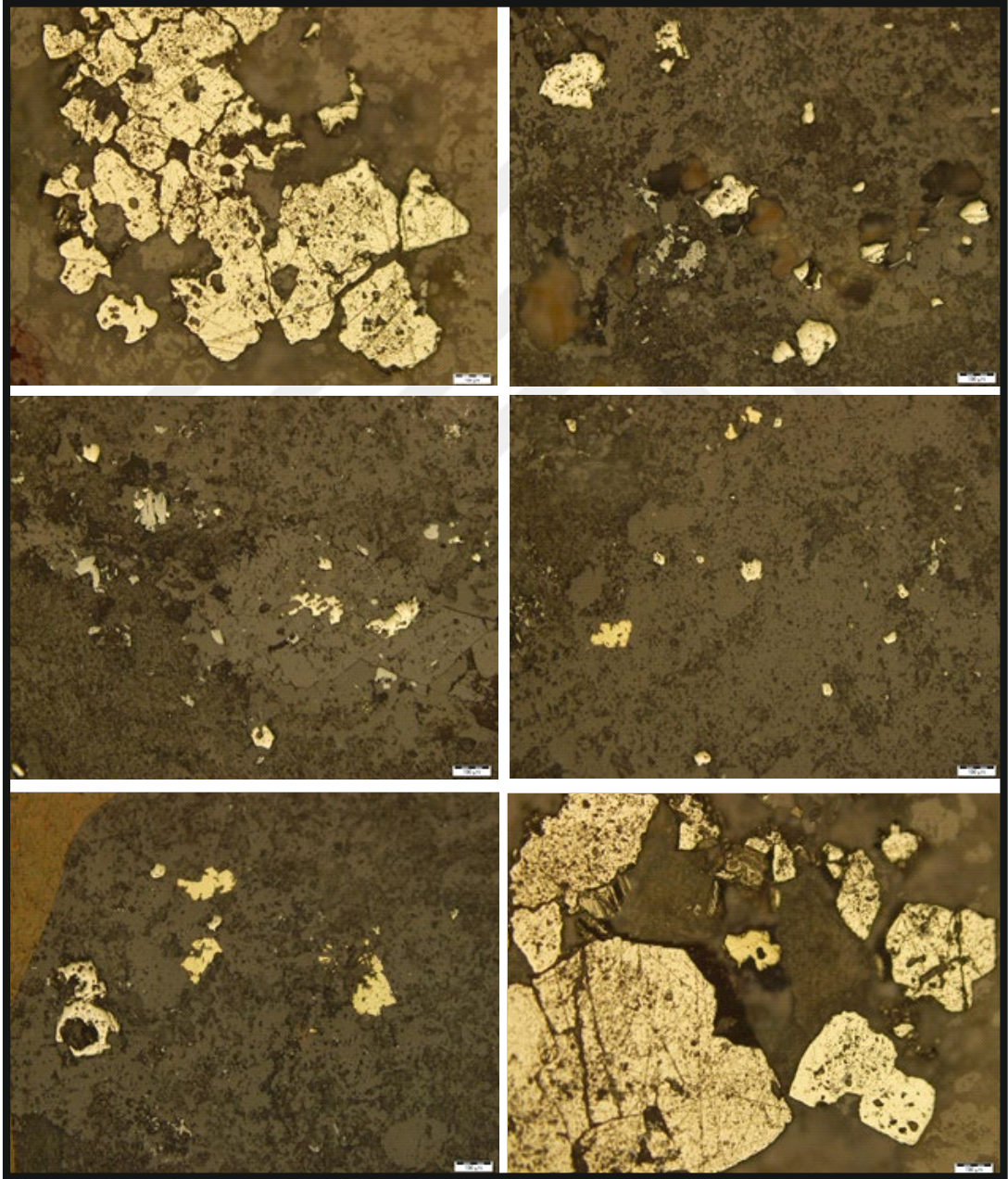


**Şekil 18.** Cevhere ait parlak kesitlerde gözlenen breşik ve saçınımlı cevher yapıları.



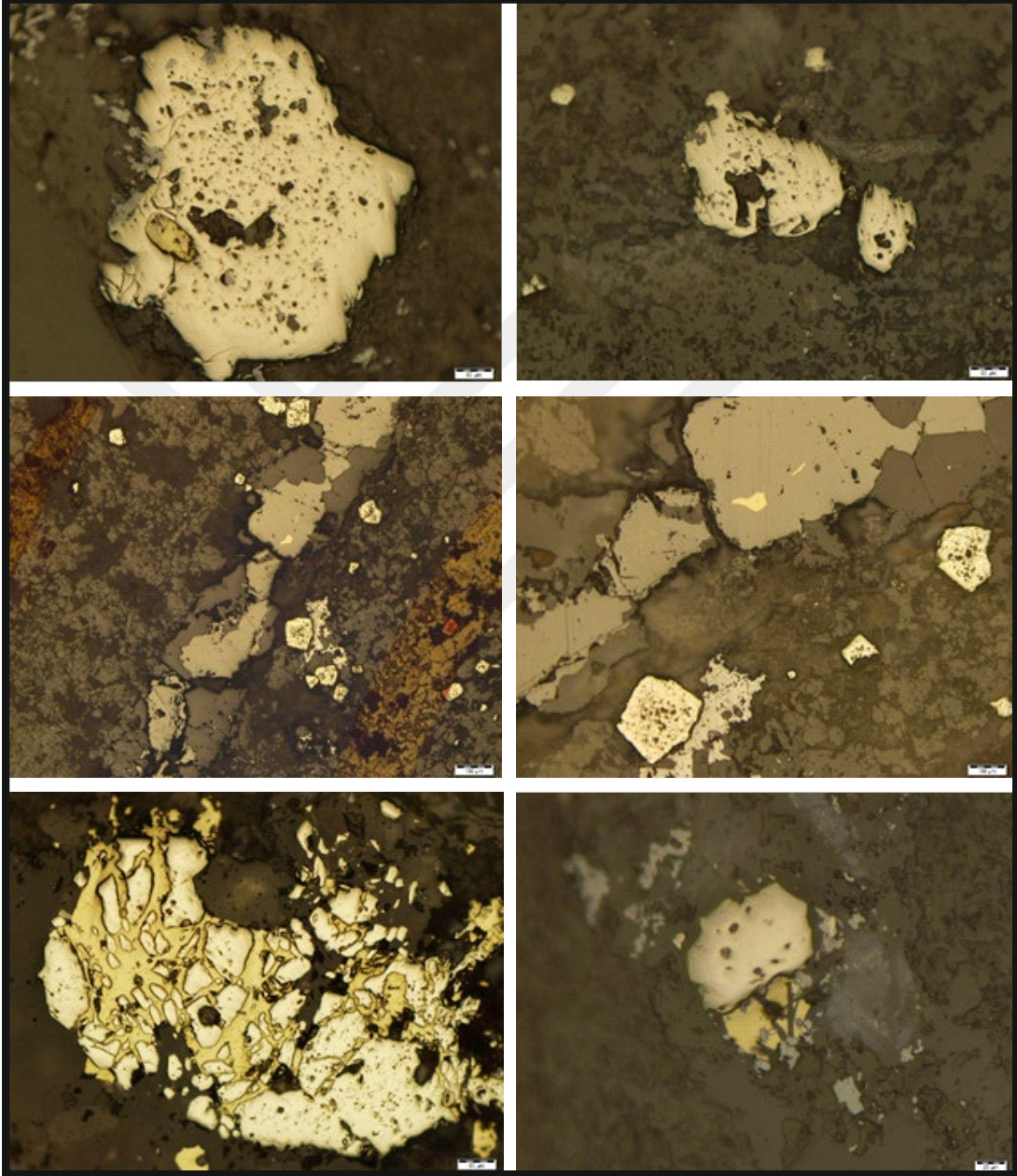
Şekil 19. Cevhere ait parlak kesitlerde gözlenen saçınımlı, ağsal ve damar tip cevher yapıları.

Aydındere sahasında en yaygın sülfür minerali pirittir. Örneklerde yer yer iri kristalli olan piritler genellikle boşluklu yapıda olup bu yapı iskelet dokulu pirit olarak tanımlanmaktadır. Örneklerde iri kristalli piritten daha yaygın olarak boyutları birkaç yüz mikronu geçmeyen saçınımlı piritler bulunur. Saçınımlı piritlere hematitler eşlik eder. Kalkopirit Aydındere sahasında nadiren gözlenmekte olup, hem saçınımlı piritlere, Hem de iskelet dokulu piritlere eşlik etmektedir. Piritler içerisinde kapanım şeklinde kalkopirit nadiren bulunur.



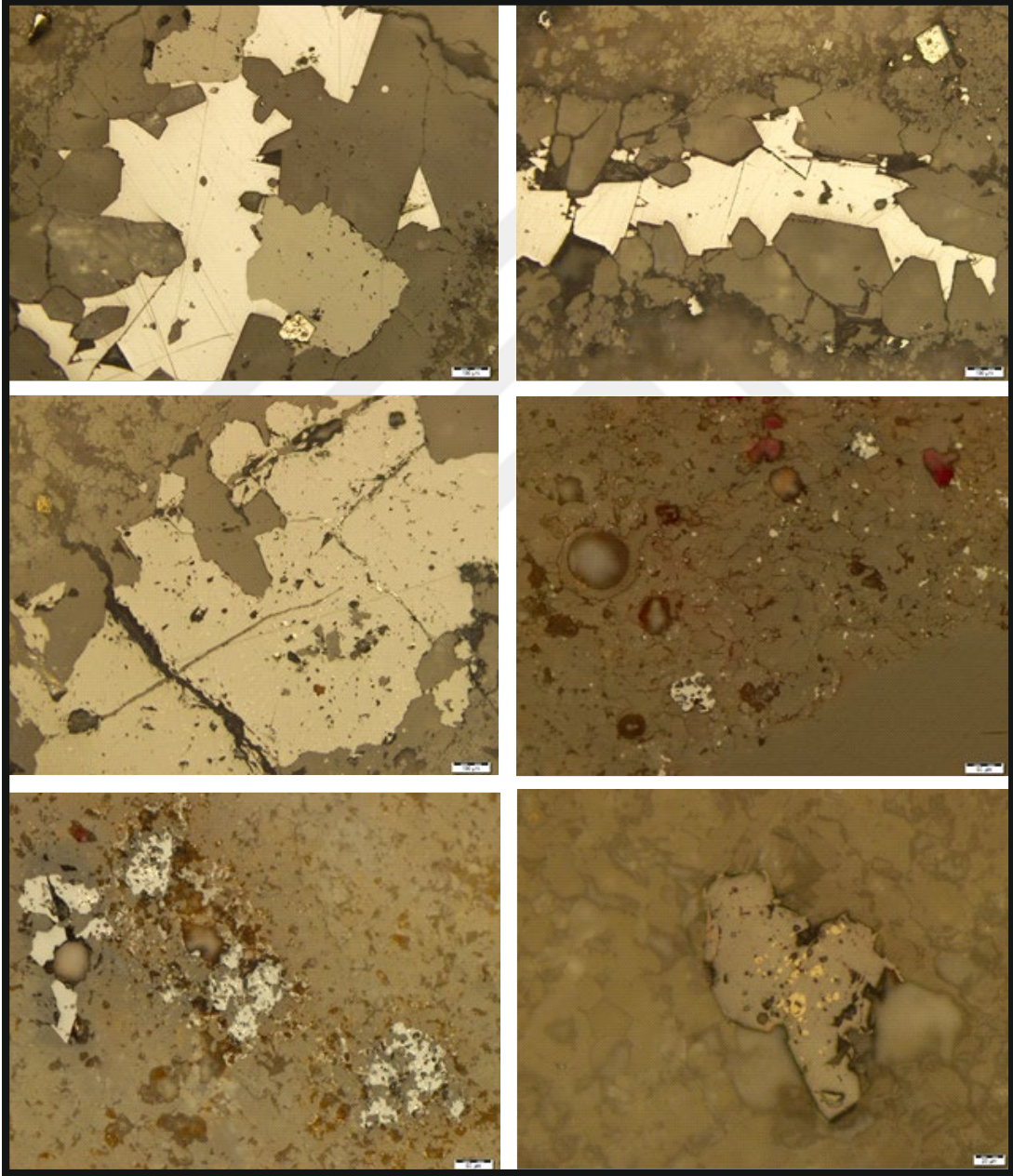
**Şekil 20.** Aydındere cevherindeki piritlerin boşluklu, saçınımlı cevher dokuları.

Bazen bu kalkopiritlerin pirit ile dokanak şeklinde olduğu görülmüştür. Piritler içerisinde kalkopirit kapanımının yanı sıra yaygın olarak hematitler gözlenmiştir. Örneklerde saçınımlı piritlere yer yer oldukça küçük boyutlu saçınımlı sfaleritler de eşlik eder.



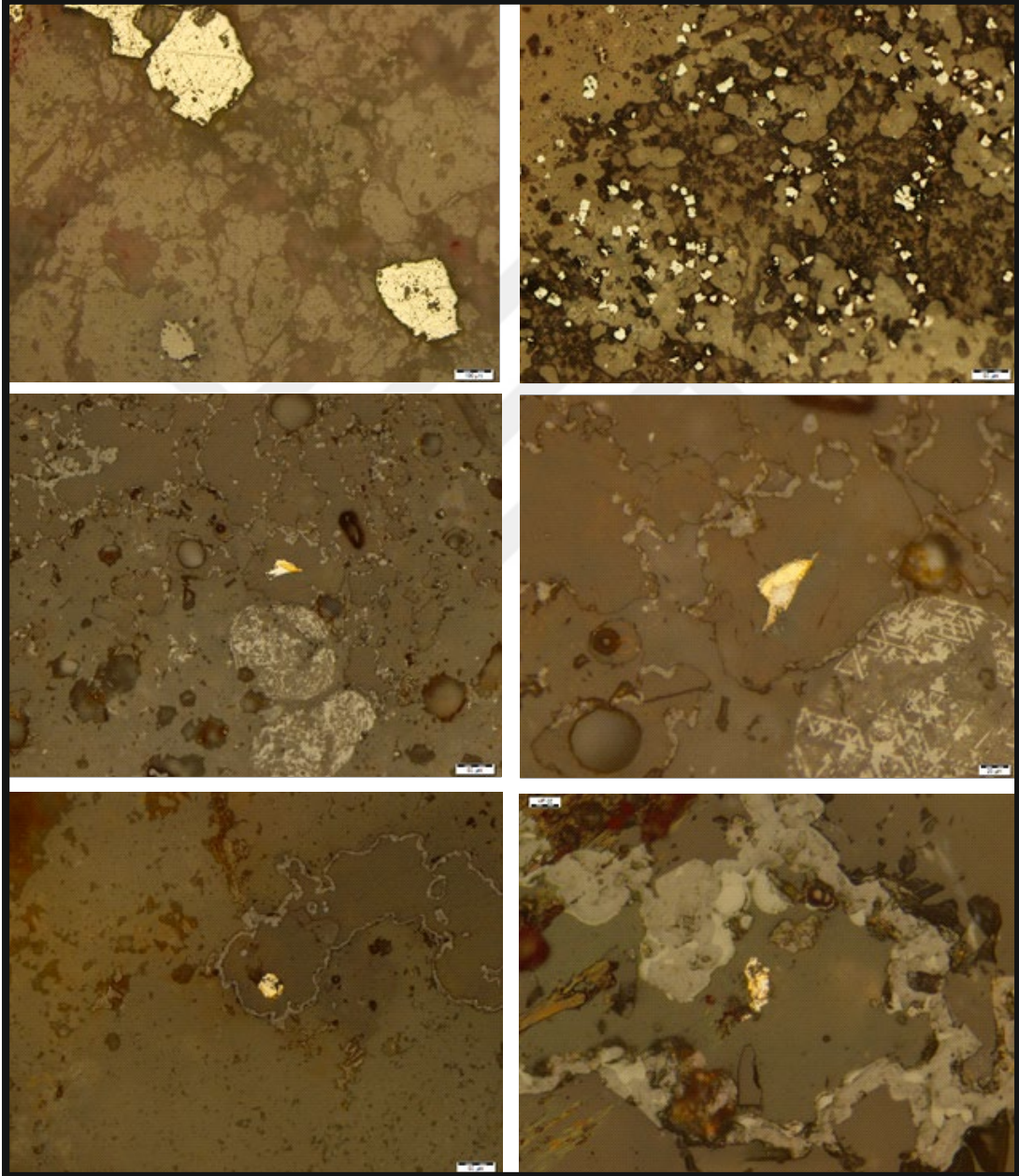
**Şekil 21.** Aydınere cevherinde piritlerin boşluklu yapısı, sfalerit damarları ve kalkopiritin piriti ornatması.

Aydındere sahasında sülfit mineralleri nadiren kırık hatları boyunca görülen damarlar şeklindedir. Bu damarlar boyunca sfalerit, pirit ve kalkopirite eşlik eder. Sfalerit içerisinde çok az miktarda kalkopirit kapanımı gözlenmiştir. Pirit mineralleri bazen kalkopirit tarafından ileri düzeyde ornatılmıştır. Damarlar boyunca gelişen sülfitler sfalerit ve galen bakımından baskındır. Sfaleritler genellikle kalkopirit ayrılımı içermez.



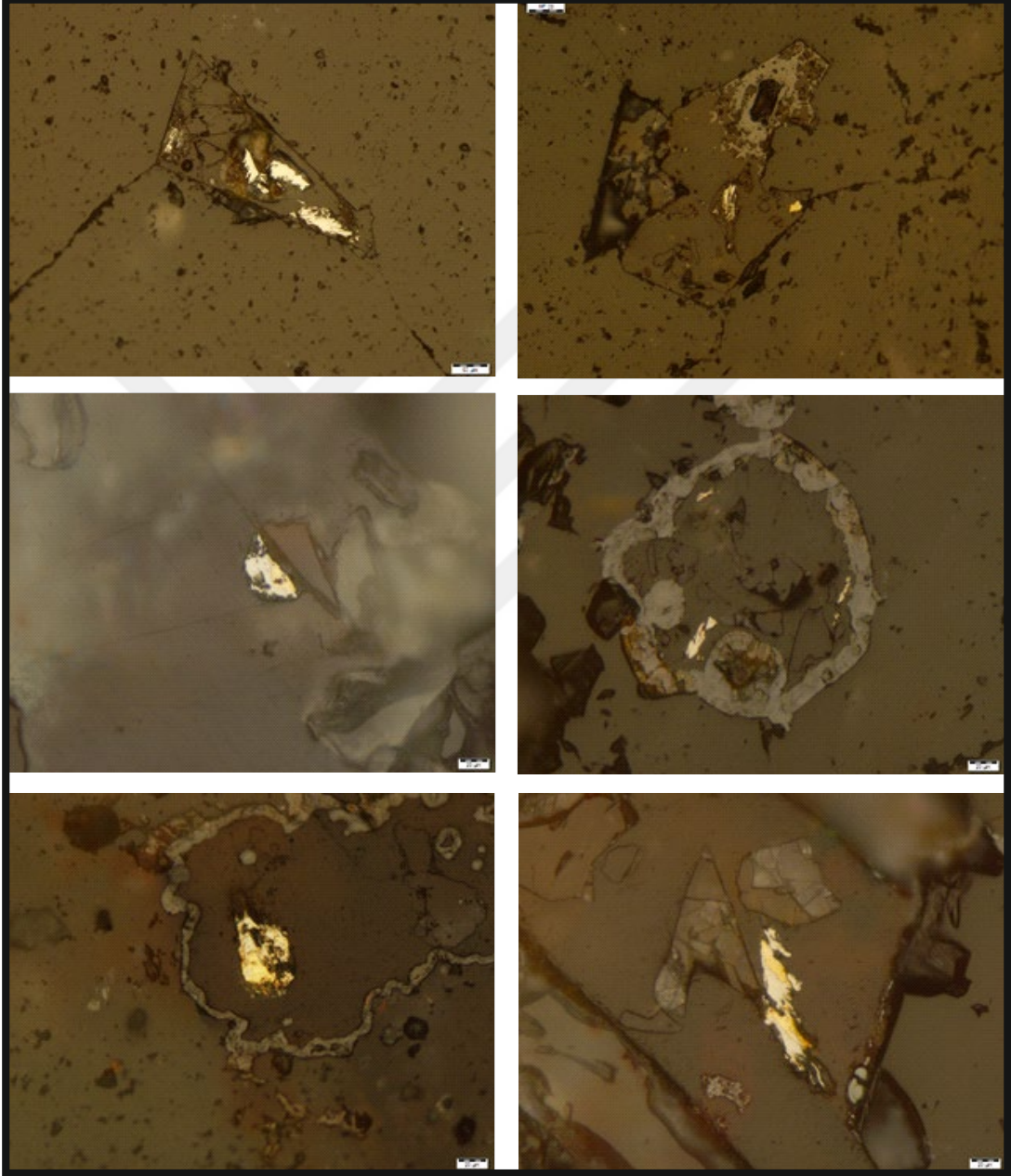
**Şekil 22.** Galenin sfaleriti ornatması, galen damarı, sfaleritlerin ayrılım dokusu, ve sfalerit içinde kalkopirit kapanımları.

Damarlar boyunca galenler öz şekilli ve iri kristallidir. Galenlerin üçgen boşluklu yapıları karakteristiktir. Sfaleritlerde nadiren çok ince taneli kalkopirit ayrılımları gözlenir. Sfaleritler içinde boyutları 10 mikronu geçmeyen kalkopirit kapanımları dikkati çeker. Bu kapanımların mineral içinde tek bir yerde bulunması, bunların ayrılımlardan farklı olduklarını düşündürmektedir.



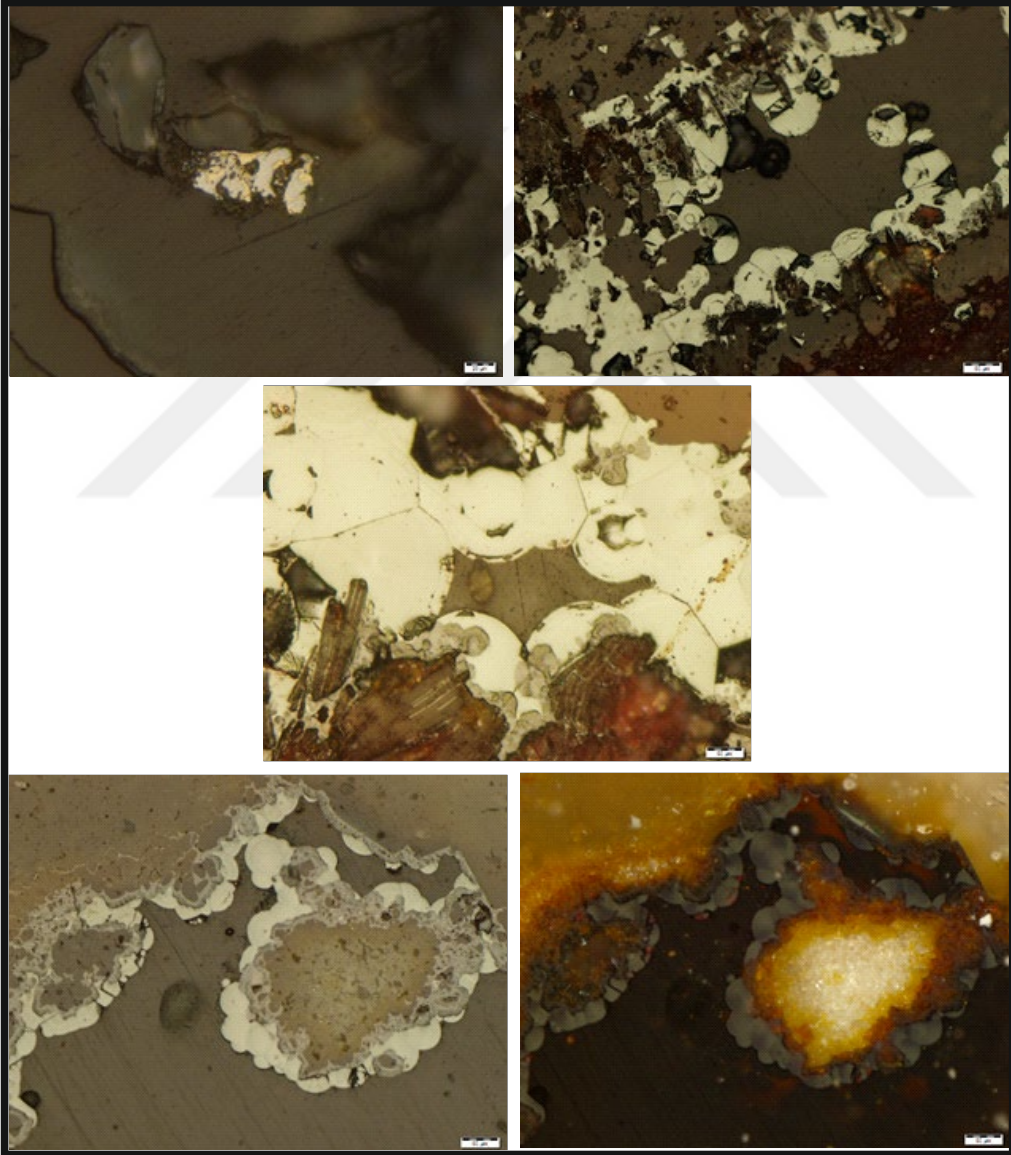
**Şekil 23.** Saçınımlı piritlere eşlik eden sfalerit, saçınımlı pirit, ve nabit demir ve bakır inklüzyonları.

Örneklere boyutları 10 mikronu geçmeyen nabit bakır ve nabit demir inklüzyonları gözlenmiştir. Bu bakır ve demir inklüzyonlarının çoğu zaman homojen bileşimde olmadığı gözlenmiştir. Bu inklüzyonların bir kısmı nabit bakır bileşiminde iken diğer bir kısmı nabit demir bileşimindedir.



**Şekil 24.** Parlak kesitlerde gözlenen nabit bakır ve demir inklüzyonlarının mikroskop görüntüsü.

Daha az oranda nabit demirin homojen bileşimde olduğu görülmüştür. Örneklerde makro olarak damarlar şeklinde bulunan mangan mineralleri mikroskopik boyutta da gözlemlenmiştir. Mangan mineralleri örneklerde yaygın olarak böbreğimsi yapı sunmaktadır. Bu böbreğimsi yapı mangan mineralleri kayaç içi boşluklarda bulunur. Böbreğimsi yapı mangan minerallerinin bu boşluklarda hematitlerin üzerine büyümüş olması, manganın hematitten sonra olduğunu göstermektedir. Tek nikelde açık metalik renkte olan böbreğimsi mangan mineralleri çift nikelde gri renkli anizotropi gösterir. Buna göre mangan minerallerinin piroluzit olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 25.** Parlak kesitlerde gözlenen hematit damarları ve bu hematitler üzerine büyüme gösteren piroluzit minerallerinin tek ve çift nikel görüntüleri.

### 3.3. Sülfid Kimyası

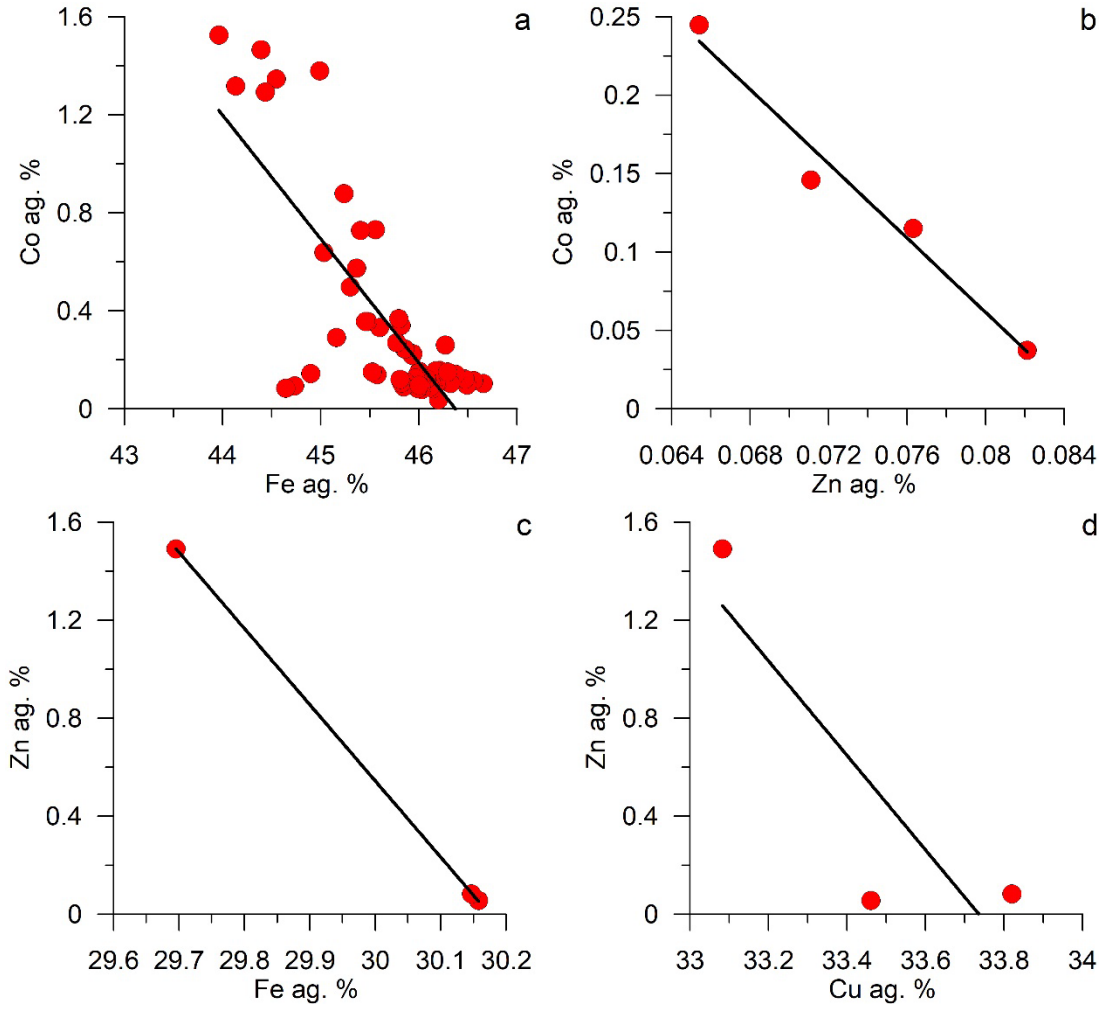
Aydındere cevherinde ana cevher minerallerini pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen oluşturmakta olup bu minerallerin mineralojik ve dokusal özellikleri maden jeolojisi bölümünde verilmiştir. Bu sülfid minerallerinin benzer tip yataklarla olan jenetik ilişkilerini ortaya koyabilmek amacıyla her bir mineralden mineral kimyası analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

#### 3.3.1. Pirit Kimyası

Pirit minerali Aydındere cevherinde yaygın olarak bulunan bir sülfid mineralidir. Parlak kesitlerde bazen tek başına bulunan pirit, çoğunlukla diğer sülfidlere eşlik etmekte ve bu diğer sülfidler tarafından ornatılmaktadır. Pirit minerallerinde yapılan mineral kimyası analiz sonuçları (Tablo 1)'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre piritlerin iz element içerikleri oldukça düşüktür. Buna göre pirit minerallerinde tespit edilen iz elementler en yüksek değerler olarak (ağ.%); Co; 1,53, Pb; 0,44, Ni; 0,39, As; 0,24, Au; 0,16, Zn; 0,13, Ag; 0,12, Cu; 0,09, Te; 0,07, Se; 0,06, Mn; 0,05 şeklindedir. Bu elementlerden Fe ile Co arasında (Şekil 26-a) ve Zn ile Co arasında (Şekil 26-b) negatif korelasyon bulunmaktadır. Bu korelasyonlar piritlerdeki Co elementinin Fe ve Zn ile değiş tokuş yaptığını göstermektedir.

#### 3.3.2. Kalkopirit Kimyası

Aydındere sahasında, makro olarak gözlenmesi oldukça güç olan ve mikroskop altında pirit ve sfalerite eşlik ettiği görülen kalkopirit minerallerinden yaptırılan mineral kimyası analiz sonuçları (Tablo 1)'de verilmiştir. Analizi yapılan 33 adet kalkopirit mineralinin tamamına yakını, mineralin ana bileşimini oluşturan Cu, Fe ve S'nin dışında sınırlı sayıda mineral içinde, ölçüm dedeksiyon sınırına yakın değerlerde iz element içermektedir. Kalkopiritlerde en yüksek değerler olarak ölçülen iz elementler ağ.% olarak Zn; 1,49, Pb; 0,32, Se; 0,07, As; 0,05, , şeklindedir. Bunların dışında tekil ölçümlerde Co; 0,09, Ag; 0,07 ve Te; 0,05 tespit edilmiştir. Analizlerde Fe ile Zn arasında (Şekil 26-c). ve Cu ile Zn arasında (Şekil 26-d). yüksek negatif korelasyon bulunmakta olup, bu korelasyonlar Zn'nin hem Fe ile hem de Cu ile değiş tokuş yaptığını göstermektedir.



**Şekil 26.** Pirit minerallerindeki a) Fe-Co arasındaki ve b) Zn-Co arasındaki negatif korelasyonlar; kalkopiritlerde c) Fe-Zn arasındaki ve d) Cu-Zn arasındaki negatif korelasyonlar.

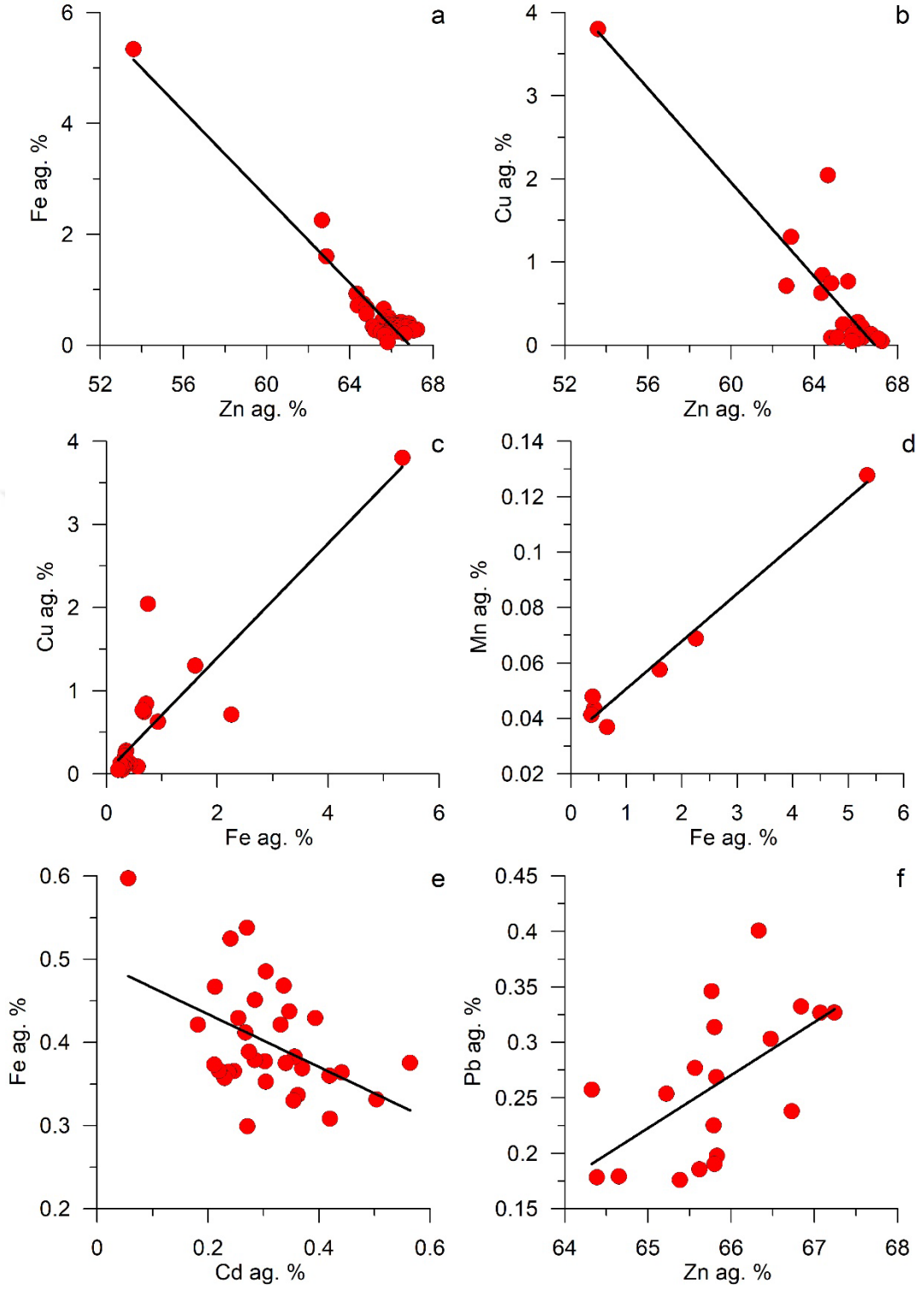
### 3.3.3. Sfalerit Kimyası

Aydındere sahasında sfalerit minerali kırıklar boyunca damar şeklinde ve silisli zon içerisinde saçınımlı şekilde izlenmektedir. Sfaleritlerde 45 adet mineralde ölçüm yapılmış ve sonuçlar (Tablo 1)'de verilmiştir. Sfaleritlerin Fe içerikleri 5,34 ağı.%'ye, Cu içeriği 3,8 ağı.%'ye çıkmaktadır. Bütün sfaleritlerin Cd içerikleri 0,3 ağı.% ile 0,76 ağı.% arasında değişmektedir. Sfaleritlerin Mn içerikleri 0,13 ağı.%'ye, Au içerikleri 0,18 ağı.%'ye ve Co 0,26 ağı.%'ye ulaşmaktadır. Bunların dışında Ag; 0,05, Se; 0,05 ve Sn; 0,12 ağı.% şeklinde ölçülmüştür.

Sfaleritlerde Zn ile Fe (Şekil 27-a). ve Zn ile Cu arasındaki (Şekil 27-b). yüksek negatif korelasyonlar bu mineralin bileşiminde Fe ve Cu'nun Fe'nin yerini aldığı göstermektedir. Buna karşın sfaleritlerin Fe içerikleri Cu ile (Şekil 27-c). ve Mn ile

(Şekil 27-d). yüksek pozitif korelasyon göstermekte olup Cu ile Mn artışının Fe ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bunun yanında Fe ile Cd arasında negatif korelasyon (Şekil 27-e). Zn ile Pb arasında da pozitif korelasyon (Şekil 27-f). bulunur.

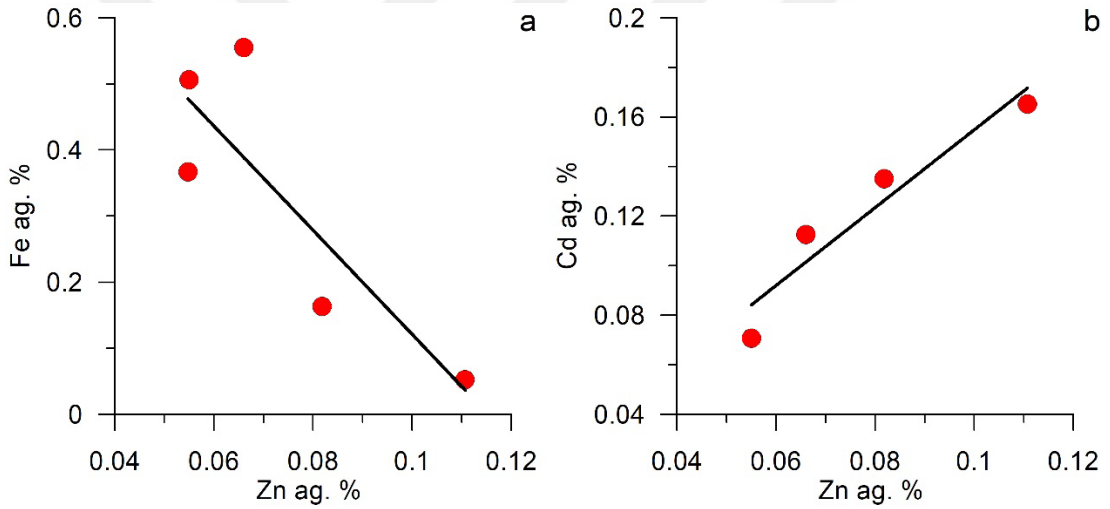




**Şekil 271.** Sfalerit minerallerindeki a) Zn-Fe, b) Zn-Cu, c) Fe-Cu, d) Fe-Mn, e) Cd-Fe ve Zn-Pb arasındaki korelasyon ilişkileri.

### 3.3.4. Galen Kimyası

Aydındere sahasında galen minerali yaygın olarak kırıklar boyunca sfalerite eşlik etmekte ve bu sfaleritleri ornatmaktadır. Galenlerde yapılan toplam 36 mineral analizi sonuçları (Tablo 1)'de verilmiştir. Buna göre galenler, analizlerin çoğunda dedeksiyon limitinin üzerinde Fe, Co, Cd ve Te içermekte olup bu elementlerin bollukları en yüksek değerler olarak sırasıyla Fe; 0,56, Co; 0,15, Cd; 0,17 ve Te; 0,12 ağırlık % şeklindedir. Bu elementlerin dışında az sayıda analizde ölçülen Hg; 1,15, Cu; 0,05, Zn; 0,11 ve Ni; 0,05 ağırlık % şeklindedir. Galenlerde Zn ile Fe arasında (Şekil 28-a). bulunan negatif korelasyon Fe ile Zn arasındaki değiş tokuşu gösterirken, Zn ile Cd arasındaki yüksek pozitif korelasyon (Şekil 28-b). Cd'un Zn ile birlikte hareket ettiğini göstermektedir.



Şekil 28. Galen minerallerindeki a) Fe-Co arasındaki ve b) Zn-Co arasındaki negatif korelasyonlar.

### 3.3.5. Pirotin Kimyası

Aydındere sahasında piritler içinde boyutları 20 mikronu geçmeyen oldukça küçük pirotin kapanımları tanımlanmış olup bunlardan yapılan analiz sonuçları (Tablo 1)'de verilmiştir. Buna göre pirotinler mineralin ana bileşimini oluşturan Fe ve S dışında 0,12 ile 0,50 ağırlık % arasında Ni içermektedir. Bunun dışında pirotin minerallerinde tek bir ölçümde 0,05 Ag; 0,061 Cu; 0,076 ağırlık % Se tespit edilmiştir.

### 3.3.6. Nabit Demir ve Nabit Bakır Kimyası

Aydındere sahasında bulunan diğer bir metalik cevher minerali de nabit Demir ile nabit Bakır elementleridir. Sülfür içermeyen veya bazen % 3'ü geçmeyen miktarda sülfür içeren bu nabit demir ve bakır mineralleri mineral parajenezinde oldukça küçük boyutlu 20 mikronu geçmeyen inklüzyonlar şeklinde tanımlanmıştır. Optik mikroskopta homojen yapıda olmadıkları anlaşılan bu nabit metallere yapılan analizler, inklüzyonların küçüklüğü nedeniyle çoğu zaman sağlıklı olarak ölçülememiştir. Buna rağmen tekrarlanan ölçümlerde elde edilen sonuçlar (Tablo 1)'de verilmiştir.

Bu sonuçlara göre nabit demir olarak tanımlanan ölçümler 97 ağırlık %'ye ulaşan oranda Fe içeriğine sahiptir. Bu nabit demirlerde Fe'nin dışında ağırlık % 30,44 ağırlık %'ye ulaşan Cu, 1,81 ağırlık % Zn, 1,60 ağırlık % Ni, ve 7,67 ağırlık %'ye ulaşan Sn tespit edilmiştir. Bunların dışında Ag, Bi, As, Mn, Au, Te ve Co ölçüm sınırını üzerinde olup sınırlı ölçümde tespit edilen diğer elementlerdir.

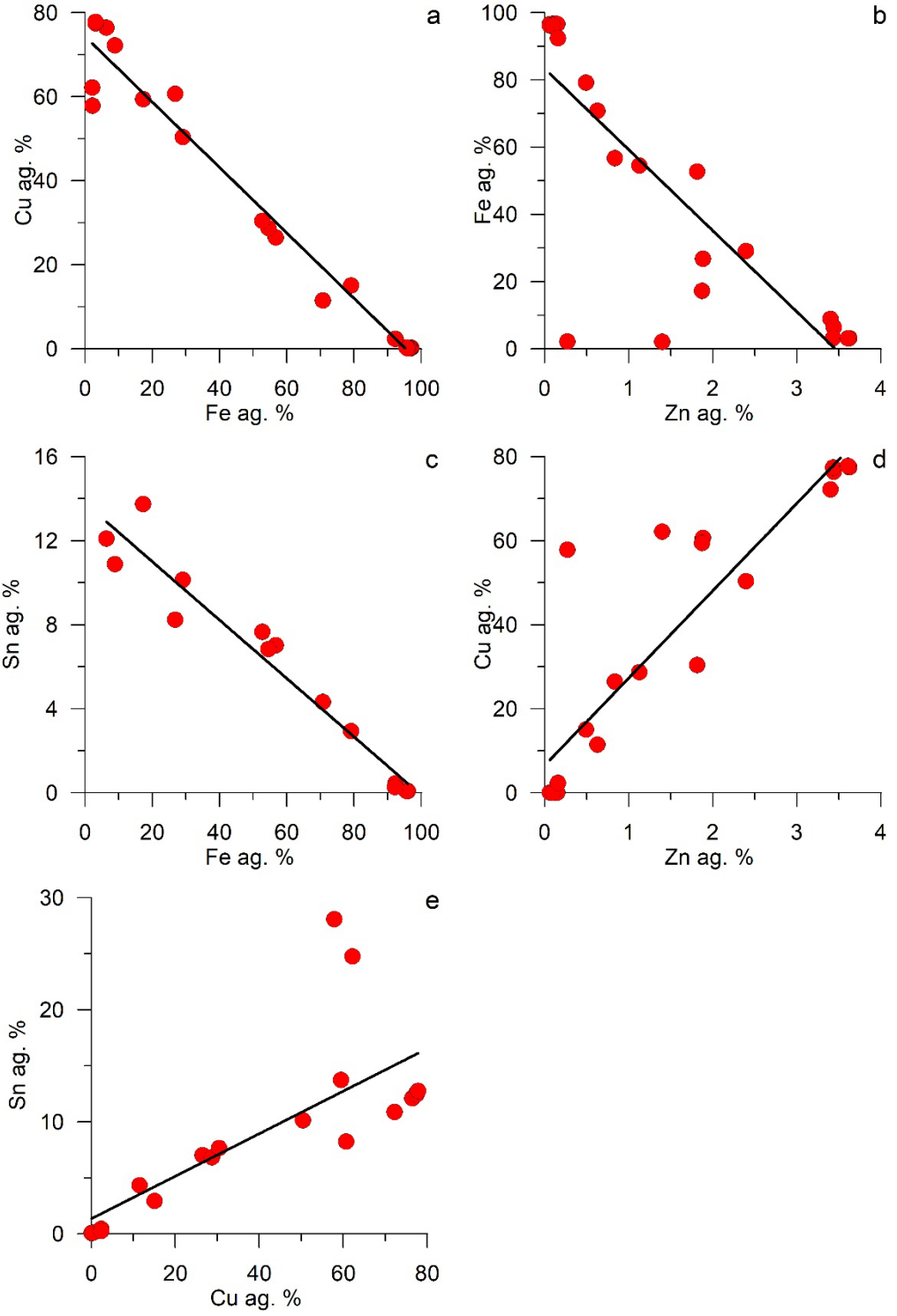
Nabit bakır örneklerde bulunan diğer elementlerdir. Bunların da Cu içerikleri 77,80 ağırlık %'ye kadar çıkmaktadır. Nabit bakırda Cu'un dışında ölçülen diğer elementler ise en yüksek değerler olarak 29,1 ağırlık % Fe, 3,60 ağırlık % Zn, 2,31 ağırlık % Ni ve 8,24 ağırlık % ile 28,1 ağırlık % arasında değişen oranlarda Sn şeklindedir. Bunların dışında nabit bakır minerallerinde az sayıdaki analizde Bi; 0,07, Pb; 0,27, Mn; 0,098, Au; 0,08 şeklinde ölçülmüş olup analiz sonuçlarının detayı (Tablo 1)'de detaylı olarak görülmektedir.

Nabit demir ve nabit bakır minerallerinin çoğunluğu homojen bileşimde olmayıp heterojen bir yapıya sahiptirler. Bunların heterojen yapıları maden jeolojisi ve mineralojisi bölümünde verilmiştir. Bunlardan yapılan analizler de her bir inklüzyonu değil, bu inklüzyon içinde farklı noktalardan yapılan analizleri temsil

etmektedir. Buna göre bu inklüzyonları nabit demir veya nabit bakır olarak ayırmak çoğu zaman mümkün değildir. Buna göre bu inklüzyonlar demir ve bakırın bir arada bulunduğu heterojen yapılı metaller şeklindedir.

Analiz sonuçlarına göre heterojen yapıdaki nabit demir ve bakır elementlerinde Fe ile Cu arasında (Şekil 29-a) Zn ile Fe arasında (Şekil 29-b) ve Fe ile Sn arasındaki (Şekil 29-c) yüksek negatif korelasyonlar bu elementlerin birbirinin yerini aldığını gösterirken, Zn ile Cu (Şekil 29-d) ve Cu ile Sn (Şekil 29-e) elementleri arasındaki yüksek pozitif korelasyonlar bu elementlerin birlikte hareket ettiğini göstermektedir.





**Şekil 292.** Nabıt demir ve bakır minerallerinde a) Fe ile Cu arasındaki, b) Zn ile Fe arasındaki, c) Fe ile Sn arasındaki negatif korelasyonlar, d) Zn ile Cu ve e) Cu ile Sn arasındaki yüksek pozitif korelasyonlar.

### 3.4. Sıvı Kapanım Çalışmaları

Aydındere (Balıncak-Giresun) cevherinde sıvı kapanım çalışması kuvars minerallerinde yapılmıştır. Bu kapsamda sıvı kapanımların Ötektik Sıcaklığı (Te), Son Buz Ergime Sıcaklığı (Tm-ice), Clathrate Ergime Sıcaklığı (Tm-clth) ve Homojenleşme Sıcaklığı (Th) ölçülmüştür. Sıvı kapanımlar, minerallerin oluşumu sırasında kristal kafesindeki boşluklarda hapsolan sıvılar olarak tanımlanabilir. Mineralin oluşumu sırasında mineral ile eş zamanlı olarak hapsolan kapanımlar birincil, mineral oluşuktan sonra mineral içinde gelişen kırık, çatlak veya dilinimler boyunca hapsolan kapanımlar ise ikincil sıvı kapanımlar olarak tanımlanır (Shepherd vd., 1985).

Sıvı kapanım çalışmaları, incelenen madenin oluşumunu sağlayan hidrotermal çözeltilerin bileşimleri, bu çözeltilerin tuzluluk miktarları, olası tuz türleri, oluşum sıcaklıkları ve oluşum basınçlarının belirlenmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak bunun için birincil kapanımların belirlenip ölçülmesi gerekmektedir. İkincil kapanımlar söz konusu maden yatağının oluşumu sonrasındaki süreçlerden etkilendikleri veya bu süreçlerin ürünleri oldukları için, bu ikincil kapanımlarda yapılacak ölçümler, söz konusu madenin ilksel oluşum özelliklerini yanıstılmaktan daha çok, oluşum sonrasındaki süreçler hakkında bilgi sağlamaktadır. Bundan dolayı bir maden yatağında birincil kapanımların belirlenip incelenmesi gereklidir.

Bir maden yatağının oluşumu farklı jeolojik ve jeokimyasal süreçler altında oluşabileceğinden aynı yatak içinde bile farklı evrelerde oluşmuş sıvı kapanımları bulmak mümkündür. Bu nedenle yatak içinde farklı evrelerde oluşan sıvı kapanımların belirlenmesi, her bir evrenin özelliklerinin ayırt edilmesi için önem arzeder. Bunun için söz konusu yatakta sıvı kapanımların mikrotermometrik ölçümlerini yapmadan önce yatak içindeki farklı evre sıvı kapanımların petrografik olarak tanımlanması gereklidir.

Sıvı kapanımların mikrotermometrik ölçümlerinin yapılması sürecinde sıvı kapanım içinde bulunan bütün fazların tamamen dondurulduktan sonra kademeli olarak ısıtılması ve bu esnada faz geçişlerinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Sıvı kapanımların bileşimine bağlı olarak her çalışmada farklı faz geçiş evrelerinin tanımlanması gerekebilir. Bu çalışmada ölçümü yapılan faz geçişleri ve bunların açıklamaları aşağıda verilmiştir.

**Ötektik Sıcaklığı (Te):** Ötektik sıcaklığı tamamen dondurulan sıvı kapanımın ısıtılması sırasında kapanım içindeki ergimenin ilk başladığı sıcaklık olarak tanımlanabilir. İçerisinde çözülmüş halde tuz bulduran dondurulmuş bir suyun ilk ergimesi bu suyun içerdiği tuz miktarına bağlı olmayıp, tamamen tuzun türü ile ilişkilidir. Her bir tuz türünü içeren çözeltinin ilk ergime sıcaklığı daha önceden deneysel çalışmalar ile belirlendiğinden sıvı kapanımların ötektik sıcaklıklarını ölçmek suretiyle bu kapanımlar içinde bulunan olası tuz türlerini teorik olarak belirlemek mümkündür. Bunun için ölçülen Te sıcaklık değerinin mevcut referanslar ile kıyaslanması gereklidir. Doğada oluşan sıvı kapanımlarda bazı durumlarda sıvı kapanımlar içerisinde tek bir tuz türünden ziyade farklı tuz türlerinin bir arada bulunması mümkündür. Bu şekilde farklı tuz türlerinin bir arada bulunduğu sıvı kapanımlardan ölçülen Te sıcaklıklarının tuz türlerinin karakteristik ötektik sıcaklık değerleri arasında olması gerekir.

**Son Buz Ergime Sıcaklığı (T<sub>m-ice</sub>):** 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 sıcaklığı ölçümleri kullanılarak sıvı kapanımların bileşimindeki tuzun miktarını % olarak belirlemek mümkündür.

**Klatrate (Clathrate) Ergimesi (T<sub>m-clth</sub>):** Bileşiminde CO<sub>2</sub> bulunan sıvı kapanımlarda CO<sub>2</sub> su ile reaksiyona girerek klatrate (CO<sub>2</sub>·5.7H<sub>2</sub>O gaz hidrat) oluşturmaktadır. Klatrate bulunan sıvı kapanımlarda, oluşan klatrate sistemdeki suyun azalmasına neden olduğundan son buz ergime sıcaklıklarına göre hesaplanan tuzluluk miktarı gerçekte olduğundan daha düşük çıkacaktır. Bundan dolayı eğer sistemde klatrate 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, diğer bir deyişle 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.

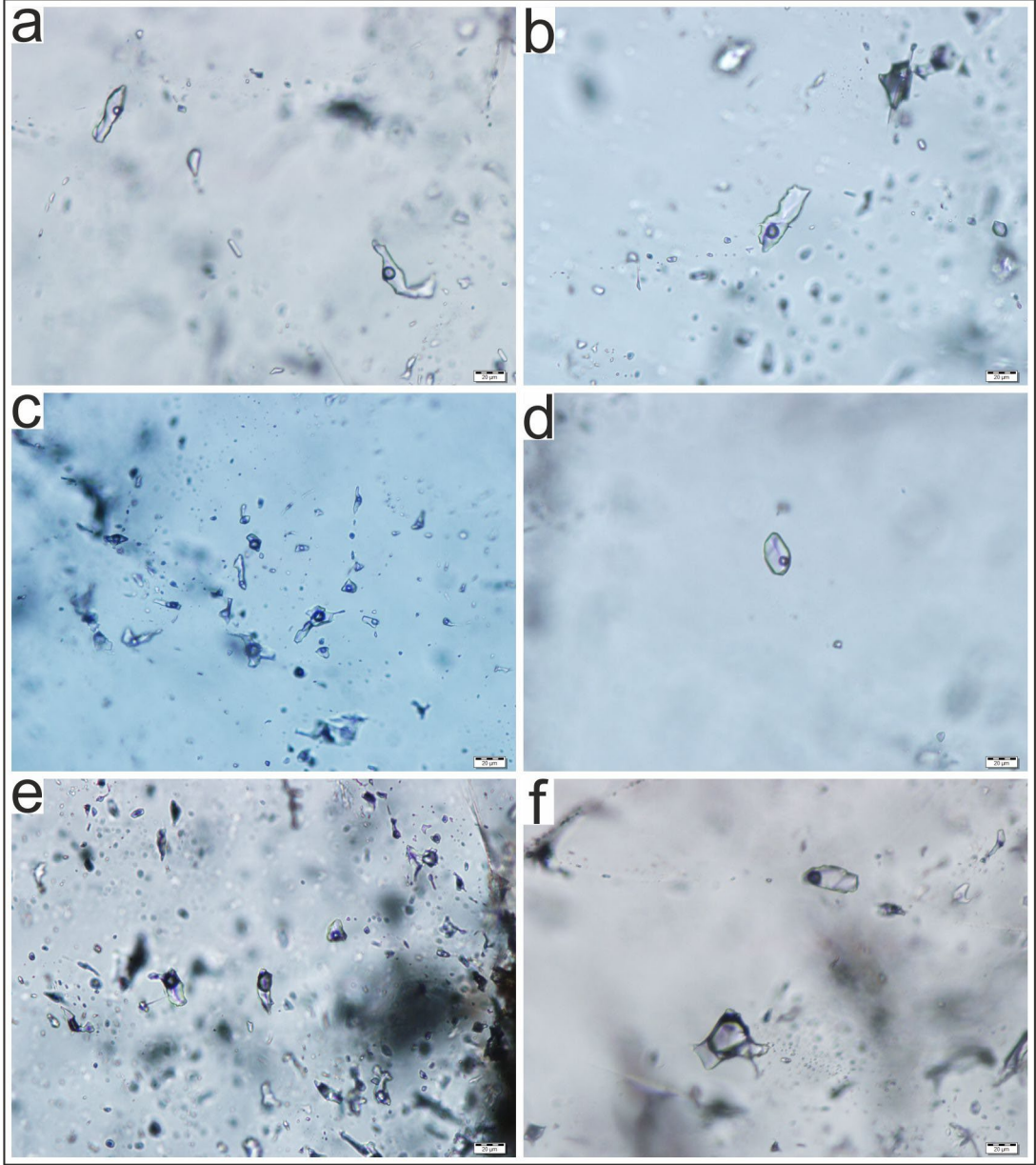
**Homojenleşme Sıcaklığı ( $T_h$ ):** Sıvı kapanımların ısıtılması sırasında içerisindeki gaz fazın tamamen sıvı faza, veya sıvı fazın tamamen gaz faza dönüştüğü sıcaklık homojenleşme sıcaklığı ( $T_h$ ) olarak bilinir. Ölçülen homojenleşme sıcaklığı bir maden yatağı için atmosfer basıncı altında ölçülen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

### 3.4.1. Sıvı Kapanım Petrografisi

Aydındere (Bulancak-Giresun) cevherinde sıvı kapanım çalışmaları cevhere eşlik eden kuvars minerallerinde yapılmıştır. Mikrotermometrik ölçümlere başlamadan önce örneklerde bulunan sıvı kapanımların şekli, boyutu, kapanım tipleri, bu kapanımların birbirleriyle olan zamansal ve mekânsal ilişkileri incelenmiş buna göre sıvı kapanımlar petrografik açıdan Roedder (1984) ve Shepherd vd. (1985) tarafından belirtilen kriterlere göre birincil ve ikincil olarak sınıflandırılmıştır. Birincil sıvı kapanımlar, mineralin oluşumu sırasında mineral içinde hapsoldüğünden bu minerallerin özellikleri hakkında sağlıklı bilgiler vermektedir. Buna karşın ikincil kapanımlar mineral oluşumu sonrasındaki süreçlerin ürünü olduklarından bu ikincil kapanımlar mineral oluşum sonrasındaki süreçleri yansıtmaktadır (Kerkhof ve Hein, 2001). Bundan dolayı bu çalışmada sıvı kapanımların mikrotermometrik ölçümleri birincil sıvı kapanımlarda yapılmamıştır. Birincil kapanımlar belirlendikten sonra bu kapanımlarda mikrotermometrik ölçümler yapılabilmesi için ölçüm yapılan kapanımların yeterince şeffaf, faz geçişlerinin gözlemlenebilecek boyutta olmalarına özen gösterilmiştir.

Aydındere cevherinde sıvı kapanımlar örneklerde yaygın olarak gözlenmektedir. Örneklerde birincil sıvı kapanımlar ile birlikte yaygın olarak ikincil kapanımlar da bulunmaktadır. İkincil kapanımlar genel olarak kırık hatları boyunca geliştiklerinden bunların birincil kapanımlardan ayrılmaları kolay olmuştur. Birincil kapanımlar çoğunlukla düzensiz geometrik şekillerde bulunmaktadır. Bunun yanında elipsoidal, uzun çubuksu ve dairesel şekilli kapanımlar da bulunmaktadır. Bunların dışında örneklerde yaygın olarak negatif kristal şekilli kapanımlar da gözlenmiştir. Kapanımların boyutları birkaç mikrondan 30 mikrona kadar değişim göstermektedir.

Birincil kapanımlar yaygın olarak birbirinden uzakta, izole kapanımlar şeklindedir. Bununla birlikte kapanımların bir arada bulunduğu kapanım birliklikleri (Assemblage) de bulunmaktadır. Örneklerdeki birincil kapanımların tamamı oda sıcaklığında iki fazlıdır. Buna göre sıvı (L) ve gaz (G) fazın bir arada bulunduğu iki fazlı kapanımlar olarak tanımlamak mümkündür. Kapanımların çoğunluğu sıvı fazın gaz fazdan daha büyük olduğu sıvı bakımından zengin kapanımlardır. Bu kapanımların gaz oranı %10 ile %30 arasında değişmektedir. Isıtma deneyleri sırasında bu kapanımların homojenleşmesi sıvı faza olmuştur. Bununla birlikte az sayıdaki kapanımda gaz fazın oranı sıvı fazdan fazladır. Gaz bakımından zengin bu kapanımların gaz oranı ise %70 ile 90 arasında ölçülmüştür. Örneklerde yer yer sıvı ve gaz bakımından zengin kapanımların bir arada bulunduğu gözlenmiştir. Gaz bakımından zengin olan bu tip kapanımlar ise ısıtma deneyleri sırasında gaz faza homojenleşmiştir. Örneklerde katı tuz kristali ve CO<sub>2</sub> içeren faz gözlenmemiştir.



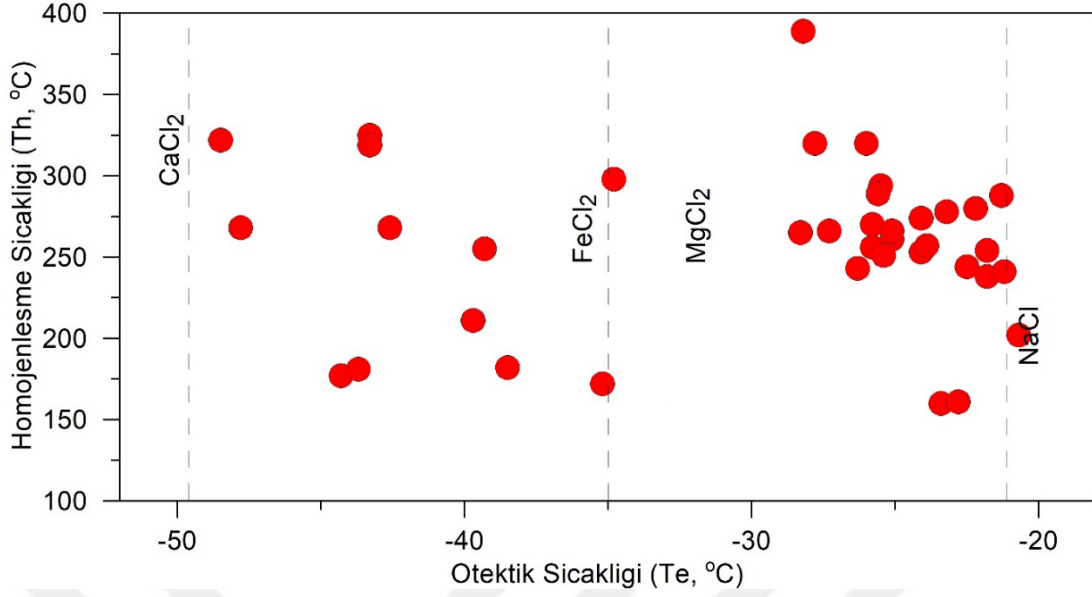
**Şekil 30.** A, b) Kuvars minerallerinde bulunan çubuksu kapanımlar, c) Sıvı kapanım birlikletliği, d) Negatif kristal şekilli kapanım, e, f) Sıvı ve gaz bakımından zengin kapanımların bir arada bulunması.

### 3.4.2. Mikrotermometrik Ölçümler ve Tuzluluk Hesaplamaları

Sıvı kapanım çalışması kapsamında birincil sıvı kapanımların Ötektik Sıcaklıkları ( $T_e$ ), Son Buz Ergime Sıcaklıkları ( $T_{m-ice}$ ), Klatrate Ergime Sıcaklıkları ( $T_{m-clth}$ ) ve Homojenleşme sıcaklıkları ( $T_h$ ) ölçülmüş, ölçüm sonuçları (TABLO 1)'de verilmiştir. Aydındere cevherinde bulunan kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların ötektik sıcaklıkları tüm kapanımlarda  $-48,5^{\circ}\text{C}$  ile  $-20,7^{\circ}\text{C}$  arasında ölçülmüştür. Ölçülen ötektik sıcaklıkları (Şekil 31)'de  $T_h$  sıcaklığına karşılık ötektik sıcaklığı diyagramına aktarıldığında tüm kapanımların  $T_e$  sıcaklıklarının önemli bir kısmının  $-21,2^{\circ}\text{C}$ 'ye yakın dağılım sunduğu görülmektedir. Bunların dışında kalan ikinci grup kapanımların ise  $-35^{\circ}\text{C}$  ile  $-50^{\circ}\text{C}$  arasında dağılım sunduğu görülmektedir.

Sıvı kapanımların içinde bulunan tuz türleri bu kapanımların ötektik sıcaklıkları kullanılarak belirlenebilmektedir. Bunun için ötektik sıcaklıklarının karşılık geldiği tuzların türleri Roedder (1979), Hein (1989), Shephard vd., (1985), Wilkinson (2001) tarafından geliştirilen çeşitli tablolar kullanılarak belirlenebilmektedir. Verilen bu referans çalışmalara göre ötektik sıcaklıkları  $\text{CaCl}_2$  için  $-49,8^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{MgCl}_2$  için  $-33,6^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{NaCl}$  için ise  $-21,2^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu değerler sıvı kapanımların bileşiminde yukarıda verilen tuz türlerinin saf halde bulunması durumunda geçerlidir. Eğer kapanımların bileşiminde bulunan tuz türleri birden çok tuzun karışımı şeklinde olur ise bu kapanımların ötektik sıcaklıklarının verilen referans değerler arasında değişim sunacağı bilinmektedir.

(Şekil 31). incelendiğinde Aydındere sahasında bulunan sıvı kapanımların ötektik sıcaklıklarının verilen referans değerlere uymadığı, bu referans değerler arasında dağılım sunduğu görülmektedir. (Şekil 31)'de görülen sıvı kapanım sonuçlarının iki farklı gruba ayrıldığı, bunlardan ilkinin  $-21,2^{\circ}\text{C}$ 'ye yakın olduğu, diğer grubun ise yaklaşık olarak  $-35^{\circ}\text{C}$  ile  $-50^{\circ}\text{C}$  arasında dağılım sunduğu görülmektedir. İki farklı gruba ayrılan bu ötektik sıcaklıklarını literatürde verilen ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldığında  $-21,2^{\circ}\text{C}$ 'ye yakın olan ilk grubunun bileşiminin  $\text{NaCl}$  türü tuzun baskın olduğu bir sisteme karşılık geldiği,  $-35^{\circ}\text{C}$  ile  $-50^{\circ}\text{C}$  arasında dağılım sunan ikinci grubun bileşiminin ise  $\text{FeCl}_2$  ile  $\text{CaCl}_2$  arasında bir bileşime karşılık geldiği anlaşılmaktadır (Şekil 32).



**Şekil 31.** Sıvı kapanımlara ait Otektik sıcaklığı histogramı.

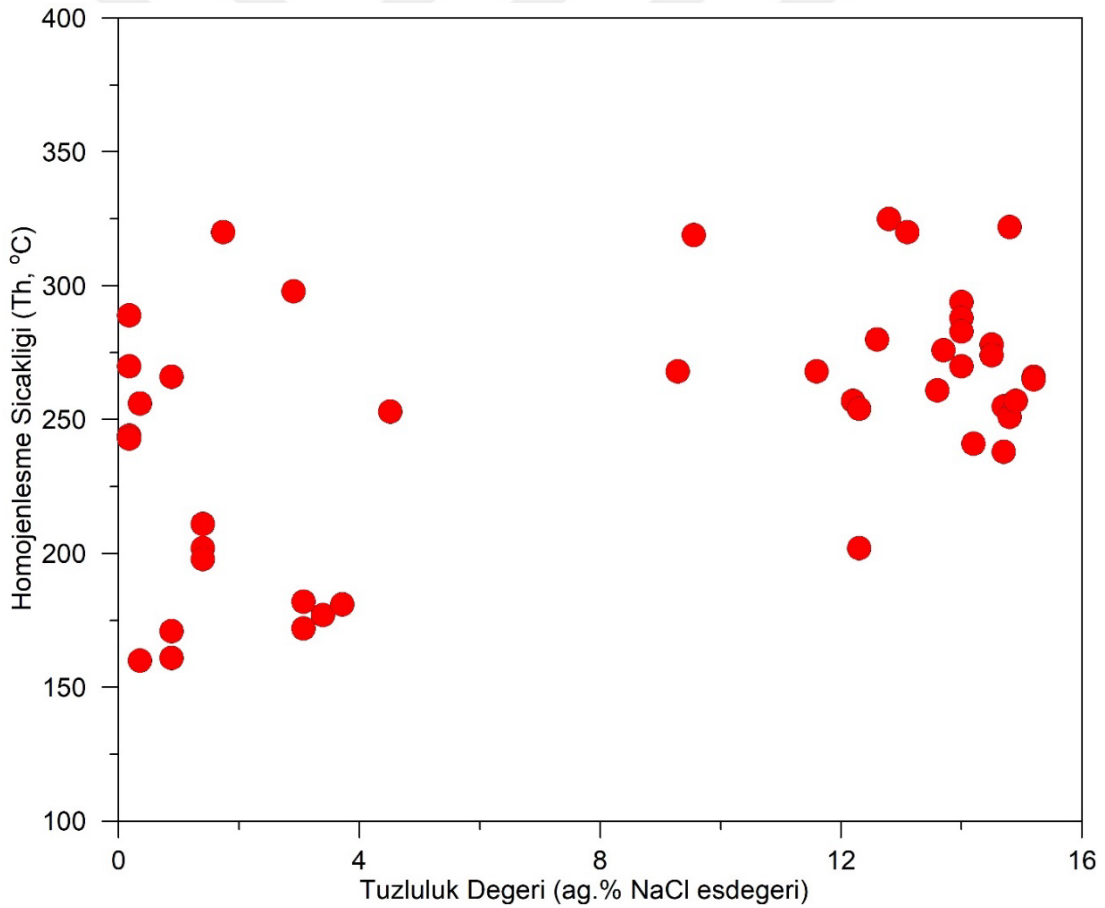
Son buz ergime sıcaklığı sıvı kapanımların ısıtılması sırasında bu kapanım içindeki buz kristalinin tamamen ergidiği son sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Sıvı kapanımların bileşiminde bulunan tuz bu kapanımların içindeki dondurulmuş buz kristalinin ergimesinin  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşmesine neden olmaktadır. Teorik olarak kapanımın bileşiminde bulunan tuz miktarı arttıkça ölçülecek son buz ergime sıcaklığı o ölçüde düşmektedir. Buna göre sıvı kapanımın bileşiminde bulunan tuz miktarını son buz ergime sıcaklığı ile tuz miktarı arasındaki ilişkiye bağlı olarak geliştirilen ampirik yöntemle hesaplamak mümkündür (Shepherd vd., 1985; Bodnar, 1993; Wilkinson, 2001).

Aydındere sahasında bulunan sıvı kapanımların son buz ergime sıcaklıkları bu çalışmada  $-0,1^{\circ}\text{C}$  ile  $-8,8^{\circ}\text{C}$  arasında ölçülmüştür. Ölçülen bu son buz ergime sıcaklıkları kullanılarak Bodnar (1993) tarafından geliştirilen formüle göre sıvı kapanımların tuzlulukları  $0,2$  ağ.% ile  $12,8$  ağ.% NaCl eşdeğeri arasında hesaplanmıştır.

Sıvı kapanımların bileşiminde bir miktar  $\text{CO}_2$  bulunması durumunda bu kapanımların içinde bulunan dondurulmuş tuz kristalinin ergimesi, oluşan klatrate nedeniyle son buz ergime sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda olmaktadır (Darling, 1991). Klatrate bulunması durumunda bu kapanımların tuzluluklarını Darling 1991 tarafından geliştirilen yöntemle göre klatrate ergime sıcaklıkları

kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu çalışmada sıvı kapanımların önemli bir kısmında klatrate ergime sıcaklıkları ölçülmüş olup bu kapanımların tuzluluk miktarları klatrate ergime sıcaklıklarına göre hesaplanmıştır. Ölçülen klatrate ergime sıcaklıkları 0,4°C ile 2,8°C arasında değişmekte olup bu sıcaklık değerleri 12,2 ağ.% NaCl eşdeğeri ile 15,2 ağ.% NaCl eşdeğerine karşılık gelmektedir.

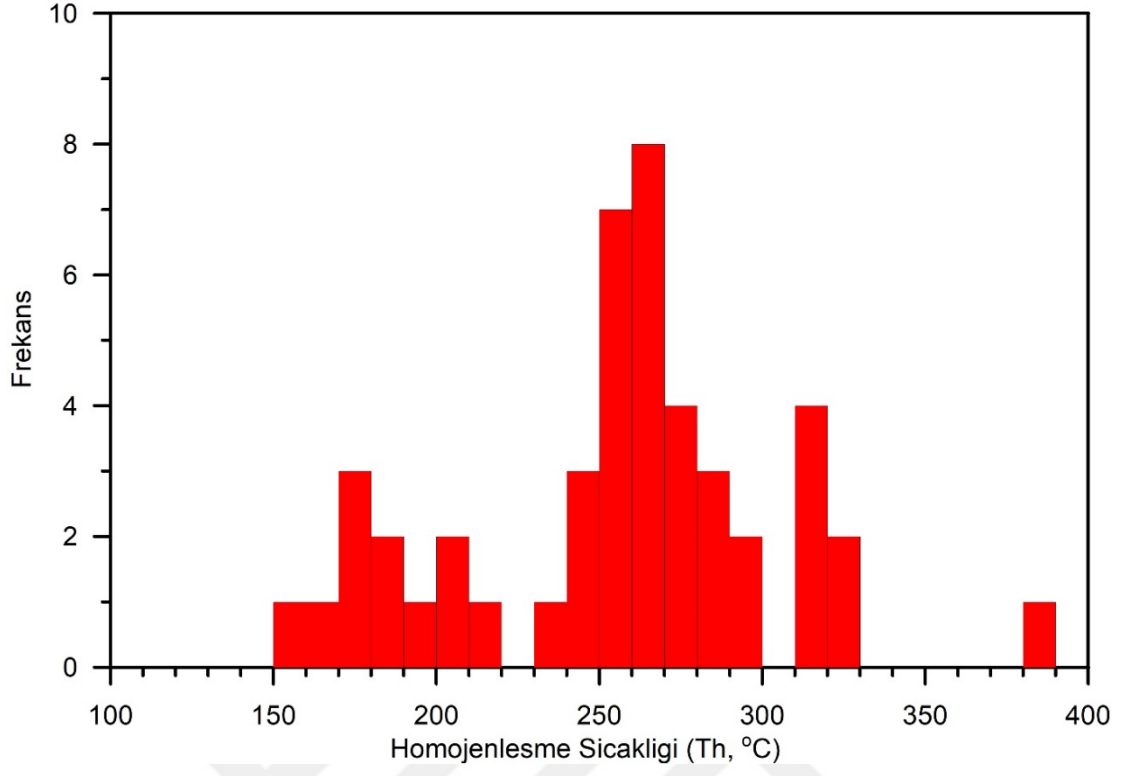
Gerek son buz ergime sıcaklığı gerekse klatrate ergime sıcaklığı kullanılarak Aydındere sahasında bulunan bütün sıvı kapanımların tuzluluk miktarları 0,2 ağ.% ile 15,2 ağ. % arasında hesaplanmıştır. Bu tuzluluk değerleri Homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk dağılımı grafiğine aktarıldığında sıvı kapanımların bir kısmının yaklaşık olarak % 10'un üzerinde tuzluluğa sahip olduğu, diğer kısmının ise %4'ün altında tuzluluğa sahip olduğu görülmektedir.



**Şekil 32.** Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk dağılım grafiği.

Bu çalışmada Aydındere sahasında bulunan sıvı kapanımlardan toplam 46 adet homojenleşme sıcaklığı ölçülmüş, ölçülen bu değerler (Tablo 1)'de verilmiştir. Buna göre tüm sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 160°C ile 389°C arasında değişmektedir. Ölçülen homojenleşme sıcaklıkları kullanılarak bu sıcaklıkların dağılım histogramı oluşturulmuştur (Şekil 32). Bu histogram üzerindeki verilerin dağılımı incelendiğinde bütün homojenleşme sıcaklıklarının iki farklı grupta yoğunlaştığı görülmektedir. Buna göre bu sıcaklık değerlerinin bir kısmının 160°C ile 220°C arasında, diğer kısmının ise 230°C ile 330°C arasında dağılım sunduğu görülmektedir. Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı histogramı Aydındere sahasında bulunan cevherin iki farklı evrede oluştuğuna işaret ederken, 389°C olarak ölçülen tek bir ölçü bu dağılımın dışındadır. Bu yüksek sıcaklık değerinin cevherde başka kapanımlarda bulunup bulunmadığının teyiti gereklidir. Bunun için ilave ölçümler yapılmalıdır.

Sıvı kapanımların Homojenleşme Sıcaklığına karşılık tuzluluk dağılımları (Şekil 33). iki farklı alanda yoğunlaşmaktadır. Bunlardan düşük tuzluluğa sahip olan kapanımların meteorik çözeltilerin etkisinde geliştiği ortadadır. Ancak yüksek tuzluluğa sahip kapanımların sadece meteorik çözeltilerin baskın olduğu bir sistemde oluşmasından bahsetmek oldukça güçtür. Diğer bir deyişle % 15,2 ağırlık % NaCl eşdeğeri tuzluluğa ulaşan bu kapanımları oluşturan çözeltilerin magmatik sistemden etkilenmesi kuvvetle muhtemeldir.



**Şekil 33.** Sıvı kapaımlara ait homojenleşme sıcaklığı histogramı.

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

KapaÖrnek No	Homojenleşme Fazı	Ötektik Sıcaklığı (Te)	Son Buz Ergime Sıcaklığı (Tm ice)	Klatrate Ergime Sıcaklığı (Tm-clth)	Homojenleşme Sıcaklığı (Th)	Tuzluluk (Tm ice)	Tuzluluk (Tm clth)
S1-5	Sıvı	-22,5	-0,1		244	0,2	
	Sıvı	-25,8	-0,2		256	0,4	
	Sıvı	-24,1	-2,7		253	4,5	
	Sıvı	-26,3	-0,1		243	0,2	
	Sıvı	-22,2		2,5	280		12,6
	Sıvı	-42,6	-7,8		268	11,6	
	Sıvı	-43,3	-8,8		325	12,8	
Parça 2	Sıvı	-44,3	-2		177	3,4	
	Sıvı	-43,7	-2,2		181	3,7	
	Sıvı	-35,2	-1,8		172	3,1	
	Sıvı	-38,5	-1,8		182	3,1	
	Sıvı	-39,7	-0,8		211	1,4	
	Sıvı		-0,8		202	1,4	
	Sıvı	-21,8		0,8	238		14,7
	Sıvı			2,8	257		12,2
	Sıvı	-39,3		0,8	255		14,7

**Tablo 1 (Devam).** Sıvı kapanımlara ait mikrotermometrik ölçüm sonuçları

KapaÖrnek No	Homojenleşme Fazı	Ötektik Sıcaklığı (Te)	Son Buz Ergime Sıcaklığı (Tm ice)	Klatrate Ergime Sıcaklığı (Tm-clth)	Homojenleşme Sıcaklığı (Th)	Tuzluluk (Tm ice)	Tuzluluk(Tm clth)
	Sıvı	-22,8	-0,5		161	0,9	
	Sıvı		-0,5		171	0,9	
	Gaz	-23,2		1	278		14,5
	Sıvı	-21,8		2,7	254		12,3
	Sıvı	-20,7		2,7	202		12,3
Parça 4	Gaz	-26		2,1	320		13,1
	Sıvı	-21,2		1,2	241		14,2
	Gaz				312		
	Sıvı	-48,5		0,7	322		14,8
	Sıvı	-47,8	-6		268	9,3	
	Sıvı	-25,5		1,4	294		14,0
Parça 5	Sıvı	-24,1		1	274		14,5
	Gaz	-25,1		1,7	261		13,6
	Gaz	-21,3		1,4	288		14,0
	Sıvı			1,6	276		13,7

**Tablo 1 (Devam).** Sıvı kapanımlara ait mikrotermometrik ölçüm sonuçları

KapaÖrnek No	Homojenleşme Fazı	Ötektik Sıcaklığı (Te)	Son Buz Ergime Sıcaklığı (Tm ice)	Klatrate Ergime Sıcaklığı (Tm-clth)	Homojenleşme Sıcaklığı (Th)	Tuzluluk (Tm ice)	Tuzluluk (Tm clth)
S2-1	Sıvı	-43,3	-6,2		319	9,6	
	Sıvı	-27,8	-1		320	1,7	
Parça 1	Sıvı	-25,4		0,7	251		14,8
	Sıvı	-25,6	-0,1		289	0,2	
	Sıvı	-25,8	-0,1		270	0,2	
	Sıvı	-25,1	-0,5		266	0,9	
Parça 3	Gaz	-28,2	-0,1		389	0,2	
Parça 4	Sıvı	-23,9		0,6	257		14,9
	Sıvı	-27,3		0,4	266		15,2
	Sıvı	-28,30		0,4	265		15,2
	Sıvı			1,4	270		14,0
	Sıvı			1,4	283		14,0
	Sıvı	-34,80	-1,7		298	2,9	

#### 4. TARTIŞMALAR

Aydındere cevherinde bulunan sfalerit minerallerinden mineral kimyası anal, izleri yaptırılmış ve sonuçlar Ek Tabloda verilmiştir. Mineral kimyası analizlerine göre sfaleritler 0.29 ağ.% ile 0.76 ağ. % arasında değişen Cd içeriklerine sahiptir. Sfaleritlerin Zn/Cd oranları pek çok çalışmada yatağın kökenini belirlemede kriter olarak kullanılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları Craig ve Vaughan, 1994; Cook, 1996; Holten vd., 2000; 2002 şeklinde sıralanabilir.

Bunların dışında yine bazı çalışmalarda sfaleritlerin bileşimleri ve Zn/Cd oranları cevher oluşum şartlarının ve kökenlerini belirlenmesinde kriter olarak kullanılabilir. Bu durumun nedeni bu araştırmacılara göre sfaleritin cevher oluşum sonrasındaki süreçlerden etkilenmemesidir.

Bu çalışmada Aydındere sahasında bulunan sfaleritlerin Zn/Cd oranları oldukça sabit bir aralıkta değişim sunmakta ve 102 ile 182 arasında değişmektedir. Araştırmacılar bu oranın volkano tortul yataklarda en yüksek olduğunu ve 417 ile 531 arasında değiştiğini belirtirken (Jonasson ve Sangster, 1978), diğer bazı araştırmacılar da bu oranın magmatik çözeltilerle ilişkili hidrotermal yataklarda en düşük olup 104 ile 214 arasında değiştiğini belirtmektedir (Xuexin, 1984). Zaw ve Large, (1996)'ya göre bu oran karbonat ilişkili tabakaya uyumlu yataklarda, metamorfize olmuş tortul yataklarda ve stratiform yataklarda 252-330 arasında değişmektedir.

Bunların dışında Brill 1989, metamorfize olmuş hidrotermal yataklarda bu oranın 698 e kadar çıktığını belirtmektedir. Gottesman ve Kampe 2007 ise bazaltik kayaçlarla ilişkili yataklarda bu oranın 477 ve üzerinde olduğunu, andezitik kayaçlarla ilişkili yataklarda bu oranın 328 ile 427 arasında değiştiğini belirtmektedir.

Bu çalışmada Aydındere sahasında sfaleritlerin Zn/Cd oranları yukarıda özetlenen literatür ile kıyaslandığında asitik magmatik kayaçlarla ilişkili hidrotermal sistemlere benzerlik sunmaktadır.

Sıvı kapanım çalışmalarında Aydındere sahasında bulunan kuvarsların 389°C olarak ölçülen bir ölçünün dışında 320°C'nin altındaki sıcaklıklarda geliştiği görülmektedir. Bu sıcaklık değerlerine göre Aydındere cevheri epitermal sistemlere benzerlik göstermektedir.

Sıvı kapanım analizlerinde çözelitlerin bir kısmı 15,2 ağ.%'ye ulaşan tuzluluk değerlerine sahipken, diğer ölçümlerin tuzluluk değerleri 4 ağ.%'nin altında kalmaktadır. Bu durum Aydındere cevherinde rol oynayan çözeltilerin magmatik sistemden etkilenmiş, ancak içerisine dışardan meteorik çözeltilerin baskın olduğu bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır.



## 5. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalara göre Aydındere cevheri üzerinde elde edilen bulgular şu şekilde sıralanabilir.

Aydındere cevheri Üst Kretase yaşlı volkanik birimler içinde damar tipte gelişmiş epitermal bir yatak sistemine sahiptir.

Cevherin ana mineral parajenezini, Pirit, Pirotin, Markazit, Kalkopirit, Sfalerit, ve Galen, gang mineralini ise Kuvars oluşturmaktadır.

Damar tip cevher yapısının yanında, saçınımlı, breşik, bantlı ve ağsal cevher yapıları sahada yaygındır.

Pirit minerallerinin Co içerikleri Ni'den daha yüksek olup bu durum asitik karakterli hidrotermal çözeltilere işaret etmektedir.

Sfaleritlerin 102 ile 182 arasında değişen Zn/Cd oranları asitik karakterli çözeltilere işaret eder.

Sıvı kapanım çalışmaları Aydındere cevherinin 160°C ile 320°C arasında değişen oluşum sıcaklıklarına sahip olduğunu göstermiştir.

Sıvı kapanımların Ötektik sıcaklıkları çözelti bileşiminin FeCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NaCl sisteminde olabileceğini gösterir.

Sıvı kapanımların 15,2 ağırlık % ye ulaşan tuzluluklar magmatik sistemle olan çözelti ilişkisine işaret ederken, bu tuzluluk değerlerinin 0'a çok yakın değerleri sisteme meteorik çözelti karışımının etkin rol oynadığını göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi*, İstanbul, 1977.
- Akıncı, Ö. T. (1976). Bulancak'taki Sülfid Damarlarında Keşfedilen Betektinit Minerali Hakkında, *Maden Tetkik Arama Bülteni*, 86(86), 50-55.
- Altun, İ., 2013. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara, Türkiye Jeoloji Haritaları.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. Ve Kurt, N., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the *Eastern Pontide Volcanic Rocks*, Northern Turkey, *Chem.Erde*, 57, 157-187.
- Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır-Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojik Ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi*, Yayın No: 12, Trabzon.
- Aydınçakır, E., 2006. Dağbaşı (Araklı-Trabzon) Granitoyidi Ve Çevresinin Petrografik, Jeokimyasal Ve Petrolojik Özelliklerinin İncelenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solution, *Geochem. Cosmochim. Acta*, 57, 683-684.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solution, *Geochimica Cosmochimica Acta*, 57, 683-884.
- Brill, B.A., 1989. Deformation textures and recrystallisation microstructures in deformed ores from the CSA mine, Cobar, Australia, *Journal of Structural Geology*, 11, 591-601.
- Cook, N.J., 1996. Mineralogy Of The Sulphide Deposits At Sulitjelma, *Northern Norway*, *Ore Geology Reviews*, 11, 303-338.
- Craig, J.R. Ve Vaughan, D.J., 1994. Ore Microscopy And Ore Petrography, 2nd. Edition. *Wiley-Interscience*, New York, 434s.
- Darling, R.S., 1991. An extended equation to calculate NaCl contents from final clathrate melting temperatures in H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl fluid inclusions: Implications for P-T isochore location, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55, 3869-3871.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. Ve Özsayar, T., 1979. The Main Lines Of The Geotectonic Evolution Of The Eastern Pontides İn Mesozoik Era, *Gescience*, 68-69.

- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, *MTA Yayınları*, Ankara.
- Güven, İ.H, Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoğlu, S., 1998. 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli *Türkiye Jeoloji Harita Serisi*.
- Hasançebi, N., 1993. Dağbaşı (Araklı-Trabzon) Granitoyidine Bağlı Cevherleşmelerin İncelenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 65s.
- Holten, T., Jamtveita, B. Ve Meakina, P., 2000. Noise And Oscillatory Zoning Of Minerals, *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 64, 11, 1893-1904.
- Jonasson, I.R. ve Sangster, D.F., 1978. Zn/Cd ratios for sphalerites from some Canadian sulfide ore samples, *Geological Survey*, 78, 195-201.
- Karşlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, M.B., 2004. The Morphology and Chemistry of Kfeldspar 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., Dokuz, A., Uysal, I., Aydın, F., Bin, C., Kandemir, R. And Wijbrans, R.J., 2010a. Relative Contributions Of Crust And Mantle To Generation Of Campanian High-K Calc-Alkaline I-Type Granitoids İn A Subduction Setting, With Spezial Reference To The Harşit Pluton, Eastern Turkey. *Contributions To Mineralogy And Petrology*, 160, 467- 487. DOI: 10.1007/S00410-010-0489-Z.
- Karşlı, O., Ketenci, M., Uysal, I., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. And Wijbrans, J., 2011. Adakite-Like Granitoid Porphyries İn The Eastern Pontides, NE Turkey: *Potential Parental Melts And Geodynamic İmplications*. *Lithos*, 127, 354- 372.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane Yakın Yörelilerindeki Erken- Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 274s.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, Seri B, Cilt XVI, 113-127.
- Korkmaz, S. Ve Baki, Z., 1984. Demirözü (Bayburt) Yöresinin Stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 5, 107-115.
- Köprübaşı, N., 1992. Aşağı Harşit Bölgesinin Magmatik Petrojenezi Ve Masif Sülfidlerde Jeokimyasal Hedef Saptama Uygulamaları, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Okay, A., 1983. Ağvanis Metamorfitleri ve Çevre Kayaçlarının Jeolojisi, *MTA Dergisi*, 1, 56-71.

- Okay, A. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan Stures Northern Turkey. In The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within The Alpine Orogen, *Geological Society London, Special Publication*, 156, 475-515.
- Pelin, S. 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi, *K.TÜ. Yayınları*, 87, 103s, Trabzon.
- Roedder, E., 1979. Fluid inclusions as samples of ore fluids. In H.L. Barnes (ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. 2nd edition, Wiley Interscience, New York, 684-737.
- Roedder, E. 1984. Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy: Washington. Mineral. Soc. Am. 12, 644 p.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions, Mineralogical Society of America, Reviews in *Mineralogy*, 12, 644 pp, Washington.
- Schultze-Westrum, H.H. 1961. Giresun Civarındaki Aksu Deresinin Jeolojik Profili, Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus Cevher ve Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütealalar, *MTA Dergisi*, 57, 63-71.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 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 (UK), 235s.
- Şen, C., 1988. Dağbaşı (Trabzon) Bölgesinde Yüzeyleyen Alt Bazik (Jura)-Granitoid (Üst Kretase) Formasyonlarının Petrografik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 92s.
- Taner, M. F., 1977. Etuda Géologique Et Pétrographique De La Région De Güneyce-İkizdere, Située Au Sud De Rize (Pontides Orientales, Turquie), Phd Thesis, *Universite De Geneve*, 180.
- Taslı, K., Gümüşhane-Bayburt yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat istiflerinin stratigrafisi ve mikropaleontolojik incelemesi, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 1990.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey), Doktora Tezi, *University of College*, London.
- 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 (2007) 861-873.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, *Lithos*, 55, 229-272.

- Xuexin, S., 1984. Minor elements and ore genesis of the Fankou Lead-Zinc deposit, China, *Mineral Deposita*, 19, 95-104.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla-Maçka-Trabzon Porfiri Mo-Cu Cevherleşmesinin Jeolojik, Yerleşimi Ve Jeokimyası, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Trabzon.
- Yalçındağ, T., 2015. *Giresun İli, Bulancak İlçesi, Aydındere Beldesi Mevkii Altın-Bakır Madeni Açık Ocak İşletmesi Nihai Çevre Etki Değerlendirmesi Raporu Ekleri*, Cilt II, Ankara.
- Yılmaz, Y., 1973. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, *Cumhuriyet 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri*, 485-490.
- Yılmaz, C., 1985. Kelkit (Gümüşhane) Yöresinin Jeolojisi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon , 166.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. Ve Şengör, A.M.C., 1997. Geology Of Tectonic Evolution Of The Pontides, *AAPG Memorial*, 68, 183–226.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimantolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45 (2002) 141- 165.
- Zaw, K. ve Large, R.R., 1996. Petrology and geochemistry of sphalerite from the Cambrian VHMS deposits in the Rosebery- Hercules district, western Tasmania: implication for gold mineralisation and Devonian metamorphic processes, *Mineralogy and Petrology*, 57, 97-118.
- İnternet Kaynağı (www.mta.gov.tr). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

## EKLER

Ek-1. Pirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P14_CS	16/2.	53.18		45.91			0.24	0.06			0.19								97.44
P14_CS	14/3.	50.72		46.29			0.01			0.20				0.15					100.30
P14_CS	16/1.	53.26	0.07	46.10			0.08	0.05			0.39								100.09
P15_2	33/39.	53.27		46.17															100.03
P15_2	33/38.	53.52		46.11						0.22									99.81
P15_2	33/1.	53.25	0.05	46.03			0.04			0.23				0.10					100.01
P15_2	33/3.	53.52		46.03		0.08				0.31									100.33
P15_2	33/40.	53.20		46.00		0.07				0.27				0.15		0.05			100.17
P15_2	33/2.	53.81		45.96										0.13					100.56
P15_3	34/15.	53.27	0.12	46.67						0.31									99.77
P15_3	34/20.	52.58	0.05	46.56		0.08				0.23				0.12					99.83
P15_3	34/4.	52.95	0.06	46.55															99.92
P15_3	34/19.	52.92	0.06	46.47		0.08				0.30									99.60
P15_3	34/22.	52.63	0.07	46.38						0.27				0.14					100.69
P15_3	34/6.	53.65		46.35						0.26									98.47
P15_3	34/10.	51.95		46.29								0.09							99.34
P15_3	34/13.	52.61	0.06	46.29		0.10					0.04								100.25
P15_3	34/16.	53.45		46.27										0.26					99.17
P15_3	34/21.	52.26	0.06	46.20		0.08								0.04					99.88
P15_3	34/3.	53.17		46.20		0.07				0.23									99.51
P15_3	34/8.	52.31		46.20						0.20									99.82
P15_3	34/14.	53.27		46.18									0.06						100.29
P15_3	34/5.	52.96		46.17						0.22				0.16					100.02
P15_3	34/18.	53.44	0.12	46.13															100.75
P15_3	34/17.	53.17	0.06	46.12										0.16					99.59
P15_3	34/12.	52.57		46.11						0.37									100.25
P15_3	34/9.	53.50		46.08						0.20									97.99
P15_3	34/1.	51.61		45.99						0.19				0.08					100.71
P15_3	34/7.	53.62		45.99		0.06													98.60
P15_3	34/23.	52.33	0.05	45.96							0.04								98.86
P15_3	34/11.	52.33	0.07	45.93						0.19				0.22					100.73
P15_3	34/2.	53.33		45.82		0.04								0.34					100.92

Ek-1 (Devam). Pirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P15_C4	38/9.	53.59	0.05	46.49						0.28				0.10					100.27
P15_C4	38/20.	53.55	0.08	46.38			0.04			0.23							0.05		99.92
P15_C4	36/4.	52.98		46.32						0.23									100.64
P15_C4	38/8.	53.50		46.26						0.23									100.01
P15_C4	38/12.	53.52		46.19						0.24				0.09					100.16
P15_C4	38/10.	53.27		46.11						0.24									100.65
P15_C4	38/13.	53.64		46.10						0.24		0.07							98.50
P15_C4	38/19.	51.79		46.10			0.04			0.24									100.07
P15_C4	36/5.	53.71		46.08						0.24									100.01
P15_C4	38/6.	53.65		46.05			0.06			0.34	0.04								99.68
P15_C4	38/5.	53.21	0.05	46.03						0.34									99.96
P15_C4	36/3.	52.83	0.06	46.02						0.39				0.09					100.06
P15_C4	38/16.	53.44		46.00						0.39				0.23					99.83
P15_C4	36/1.	53.44		45.94						0.33									99.99
P15_C4	38/17.	53.13	0.07	45.93						0.27									100.47
P15_C4	38/1.	53.69		45.91						0.27			0.08						100.21
P15_C4	38/3.	53.91		45.86						0.36									98.73
P15_C4	38/11.	52.18	0.08	45.81						0.42								1.06	101.16
P15_C4	38/2.	53.61	0.06	45.78		0.05				0.27									100.21
P15_C4	38/14.	53.92	0.05	45.78						0.27					0.08				98.75
P15_C4	38/4.	52.83		45.67						0.20									99.04
P15_C4	36/2.	52.92		45.67						0.18									99.92
P15_C4	38/18.	53.95		45.63						0.24									98.57
P15_C4	38/7.	52.73		45.43						0.19									99.26
P15_C4	38/15.	53.26		45.57						0.19									99.16
P15_C4_inc	37/3.	53.08		45.70			0.04			0.19									101.06
P15_C5	35/1.	53.63	0.07	46.94						0.26	0.04			0.10					100.61
P15_C5	35/5.	53.53		46.66				0.00		0.26				0.12					100.17
P15_C5	35/2.	53.26	0.05	46.47						0.23				0.10					100.51
P15_C5	35/10.	53.69		46.34						0.23				0.10					100.85
P15_C5	35/4.	53.94		46.32	0.08					0.44				0.10					101.33
P15_C5	35/3.	53.61	0.07	46.19						0.44				0.11					100.25

Ek-1 (Devam). Pirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P15_C5	35/11.	53.25	45.97	0.11															100.28
P15_C5	35/12.	53.84	45.90	0.05						0.32	0.05								99.63
P15_C5	35/9.	53.46	45.84	0.09						0.24									99.72
P15_C5	35/8.	53.04	45.81							0.25									98.69
P15_C5	35/6.	52.06	45.23							0.20	0.05								99.71
P15_C6	39/13.	52.69	46.45	0.16															99.55
P15_C6	39/3.	53.10	46.21																100.30
P15_C6	39/15.	53.306	46.18																99.68
P15_C6	39/1.	53.15	46.15	0.08						0.33									99.84
P15_C6	39/4.	53.04	46.14																100.19
P15_C6	39/19.	53.73	46.08	0.12			0.04			0.23									99.58
P15_C6	39/20.	53.22	46.03							0.20									99.90
P15_C6	39/2.	53.37	46.00	0.15						0.33									100.09
P15_C6	39/5.	53.46	45.98							0.30			0.07			0.0651			100.22
P15_C6	39/18.	53.33	45.97																99.65
P15_C6	39/17.	53.31	45.94	0.04			0.04			0.20									100.12
P15_C6	39/16.	53.21	45.82																97.86
P15_C6	39/6.	51.87	45.49	0.06	0.07					0.37					0.0819				97.93
P15_C6	39/14.	51.94	45.41							0.44	0.04		0.07						100.22
P15_C7	40/4.	53.20	46.40																99.73
P15_C7	40/2.	52.84	46.39							0.07									100.24
P15_C7	40/8.	53.44	46.29	0.08	0.06					0.21			0.09						100.66
P15_C7	40/3.	53.78	46.27	0.08						0.29		0.04							100.50
P15_C7	40/7.	53.79	46.24							0.19									100.09
P15_C7	40/5.	53.17	46.12				0.04												100.22
P15_C7	40/1.	53.32	46.03	0.10						0.22				0.08					99.45
P15_C7	40/6.	52.91	45.91	0.13						0.29						0.05			99.81
P9_C1	14/1.	53.32	46.06								0.09								100.99
P9_C1	17/1.	54.43	45.77	0.05						0.29				0.27					100.50
P9_C1	13/1.	53.63	45.60			0.10					0.20								98.68
P9_C1	16/1.	53.93	44.54																100.31
P9_C2	18/2.	53.36	45.79	0.04			0.04				0.10			0.37					100.11

Ek-1 (Devam). Pirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P15_C5	35/11.	53.25		45.97										0.11					100.28
P15_C5	35/12.	53.84	0.05	45.90						0.32	0.05								99.63
P15_C5	35/9.	53.46		45.84										0.09					99.72
P15_C5	35/8.	53.04		45.81						0.24									98.69
P15_C5	35/6.	52.06		45.23						0.25		0.05							99.71
P15_C6	39/13.	52.69		46.45	0.05					0.20									99.55
P15_C6	39/3.	53.10		46.21										0.16					100.30
P15_C6	39/15.	53.306		46.18															99.68
P15_C6	39/1.	53.15	0.07	46.15										0.08					99.84
P15_C6	39/4.	53.04		46.14						0.33									100.19
P15_C6	39/19.	53.73		46.08			0.04							0.12					99.58
P15_C6	39/20.	53.22		46.03						0.23									99.90
P15_C6	39/2.	53.37		46.00						0.20				0.15					100.09
P15_C6	39/5.	53.46		45.98						0.33							0.0651		100.22
P15_C6	39/18.	53.33		45.97						0.30			0.07						99.65
P15_C6	39/17.	53.31		45.94			0.04	0.04											100.12
P15_C6	39/16.	53.21		45.82						0.20									97.86
P15_C6	39/6.	51.87	0.06	45.49	0.07											0.0819			97.93
P15_C6	39/14.	51.94		45.41						0.37			0.07						100.22
P15_C7	40/4.	53.20		46.40						0.44	0.04								99.73
P15_C7	40/2.	52.84		46.39							0.07								100.24
P15_C7	40/8.	53.44	0.08	46.29		0.06				0.21			0.09						100.66
P15_C7	40/3.	53.78	0.08	46.27						0.29		0.04							100.50
P15_C7	40/7.	53.79		46.24						0.19									100.09
P15_C7	40/5.	53.17		46.12			0.04												100.22
P15_C7	40/1.	53.32	0.10	46.03						0.22				0.08					99.45
P15_C7	40/6.	52.91		45.91		0.13				0.29						0.05			99.81
P9_C1	14/1.	53.32	0.09	46.06							0.09								100.99
P9_C1	17/1.	54.43	0.05	45.77			0.10			0.29				0.27					100.50
P9_C1	13/1.	53.63		45.60							0.20								98.68
P9_C1	16/1.	53.93		44.54															100.31
P9_C2	18/2.	53.36		45.79			0.04	0.04			0.10			0.37					100.11

Ek-1 (Devam). Pirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Eleman	S	Ag	Bj	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P9_C2	18/1.	53.55		45.24						0.19			0.07	0.88					99.99
P9_C3	25/1.	53.02	0.07	45.86	0.07	0.05				0.25	0.04			0.24					97.27
P9_C3	25/3.	50.97		45.46	0.06	0.05				0.28	0.04			0.36					99.42
P9_C3	26/4.	52.98		45.37						0.27	0.09			0.57					99.45
P9_C3	25/7.	53.14		45.03										0.64					99.67
P9_C3	25/2.	52.82	0.10	44.99						0.32				1.38					99.19
P9_C3	25/8.	53.02	0.06	44.13										1.32					99.29
P9_C4	24/1.	52.94		45.95		0.06													99.65
P9_C4	19/1.	52.71	0.03	45.78		0.12	0.04				0.13								99.93
P9_C4	24/6.	53.73		45.63		0.18				0.25									99.85
P9_C4	24/5.	53.36		45.48						0.35	0.09			0.36					99.74
P9_C4	20/1.	53.20		45.41						0.22				0.73					99.61
P9_C4	22/1.	53.04		45.16						0.19	0.14			0.29					99.57
P9_C4	24/2.	53.41		44.86	0.05														99.82
P9_C4	24/4.	53.07		44.39			0.05			0.18	0.07			1.47					99.19
P9_C4	21/1.	53.38	0.04	43.96						0.09				1.52					99.42
P9_C5	28/4.	53.43		45.55						0.21									99.54
P9_C6	30/1.	53.34		45.57						0.29				0.14	0.08				99.55
P9_C6	30/2.	53.03	0.09	45.48		0.07				0.38	0.29						0.05		99.75
P9_C6	30/3.	53.30		45.30						0.21	0.26			0.50					99.60
P9_C7	31/4.	53.45		45.82						0.18				0.11					99.80
P9_C7	31/7.	53.36		45.81	0.06					0.17				0.12					99.76
P9_C7	31/9.	53.52		45.77						0.31									99.74
P9_C7	31/8.	53.48		45.69	0.06		0.06			0.25							0.05		100.04
P9_C7	31/5.	53.40	0.05	45.60		0.06	0.05			0.30			0.07	0.33					99.61
P9_C7	31/1.	53.38	0.06	45.53		0.04				0.23				0.15					99.31
P9_C7	31/6.	52.95	0.06	44.55						0.22		0.05		1.35					99.90
P9_C7	31/10.	53.18		44.43										1.29					99.14
S5_C6	60/5.	53.89		44.73	0.06		0.04			0.33				0.09					99.40
S5_C6	60/4.	54.02		44.64										0.08					98.39
S5_C6	60/13.	52.88		44.90	0.09		0.07	0.05			0.05			0.14					98.91
S9_C11	53/1.	52.21		45.75			0.06												98.50

Ek-1 (Devam). Pirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bj	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sr	Te	Hg	Total
S9_C11	53/3.	52.89		45.11						0.25									99.04
S9_C7	48/1.	53.04		44.94	0.05					0.26									99.49
S9_C8	51/2.	52.96		46.00						0.24			0.07	0.10					99.72
S9_C8	51/4.	52.98		46.28						0.26									99.06
S9_C8	51/3.	52.15		46.17						0.29									99.05
MP7-C1	1/2.	54.77		46.67			0.03			0.19									101.79
MP7-C1	1/3.	54.32		46.26						0.24									100.98
MP7-C1	1/4.	54.47		46.47						0.21									101.24
MP7-C1	1/5.	52.29		45.34		0.10				0.24									98.06
P14_C5	16/2.	53.18		45.91			0.24	0.0564		0.19									99.85
P14_C5	14/3.	50.72		46.29			0.01			0.20				0.15					97.44
P14_C5	16/1.	53.26	0.07	46.10			0.08	0.0549		0.39									100.30
P15_2	33/39.	53.27		46.17						0.22									100.09
P15_2	33/38.	53.52		46.11						0.23				0.0986					100.03
P15_2	33/1.	53.25	0.05	46.03			0.0404			0.31									99.81
P15_2	33/3.	53.52		46.03						0.27				0.146			0.0457		100.01
P15_2	33/40.	53.20		46.00		0.07				0.27				0.126					100.33
P15_2	33/2.	53.81		45.96						0.31									100.17
P15_3	34/15.	53.27	0.12	46.67						0.23				0.115					100.56
P15_3	34/20.	52.58	0.05	46.56			0.08			0.23									99.77
P15_3	34/4.	52.95	0.06	46.55						0.23									99.83
P15_3	34/19.	52.92	0.06	46.47			0.08			0.30									99.92
P15_3	34/22.	52.63	0.07	46.38						0.27				0.1412					99.60
P15_3	34/6.	53.65		46.35						0.26									100.69
P15_3	34/10.	51.95		46.29									0.0947						98.46
P15_3	34/13.	52.61	0.06	46.29			0.10				0.0443								99.33
P15_3	34/16.	53.45		46.27										0.2604					100.24
P15_3	34/21.	52.26	0.06	46.20		0.08								0.0374					99.17
P15_3	34/3.	53.17		46.20		0.07				0.23									99.87
P15_3	34/8.	52.31		46.20						0.20									99.50
P15_3	34/14.	53.27		46.18									0.0619						99.82
P15_3	34/5.	52.96		46.17						0.22				0.1554					100.28

Ek-1 (Devam). Pirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sr	Te	Hg	Total
P15_3	34 / 18.	53.44	0.12	46.13															100.02

Ek-2. Kalkopirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P15_2	33/27.	34.27		29.70	33.08	1.49				0.29									99.81
P15_C6	39/8.	34.51		30.59	33.41					0.21									99.24
P15_C6	39/7.	33.71		30.31	33.43									0.09					98.16
P15_C6	39/12.	34.22		30.27	33.54					0.28									98.40
P15_C6	39/9.	34.44		30.16	33.46	0.06													98.72
P15_C6	39/10.	34.00		30.08	33.49					0.27									98.06
P15_C6	39/11.	33.51	0.07	29.59	33.71					0.23									97.25
P9_C4	23/1.	34.59		30.53	32.48					0.24									98.32
P9_C4	23/2.	34.38		30.43	32.40					0.18									97.79
P9_C5	28/3.	34.59		29.82	33.00		0.04												97.67
P9_C5	27/3.	34.43		29.76	33.20														97.77
P9_C5	27/1.	34.49		29.70	32.91					0.21									97.45
P9_C5	28/1.	34.54		29.68	32.84			0.07		0.30									97.95
P9_C5	28/2.	34.24		29.60	32.91			0.03		0.26									97.18
P9_C5	27/2.	34.45		29.47	32.98			0.04											97.14
P9_C5	27/4.	34.68		29.40	32.75					0.24									97.49
P9_C6	30/14.	34.79		30.63	33.79			0.05											99.40
P9_C6	30/15.	34.73		30.15	33.82	0.08													99.36
P9_C6	30/11.	34.53		29.93	32.94														97.97
P9_C6	30/12.	34.49		29.86	32.90														97.56
P9_C6	30/10.	34.57		29.81	33.09			0.04									0.05		97.86
P9_C6	30/18.	34.57		29.79	32.80					0.21									97.50
P9_C6	30/17.	34.24		29.74	32.97							0.01							98.19
P9_C6	30/6.	33.97		29.73	32.51					0.31									96.70
P9_C6	30/5.	34.26		29.71	32.91														97.23
P9_C6	30/13.	34.16		29.68	33.01					0.18									97.48
P9_C6	30/7.	34.06		29.49	32.50														96.49
P9_C6	30/4.	34.29		29.47	32.80			0.05		0.28									96.99
P9_C6	30/8.	34.19		29.44	32.84														96.63
P9_C6	30/16.	33.74		29.44	32.86			0.07		0.23									96.47
P9_C6	30/9.	34.49		29.41	33.10					0.32									97.80
P9_C6	30/19.	34.61		29.25	32.79		0.05												97.45

**Ek-2 Devam.** Kalkopirit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları  
(%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
S9_C2	55 / 4 .	0.14	0.06	34.50	35.52	1.30	0.05	0.05			1.02	0.08				5.99			78.88
S9_C2	55 / 5 .	1.30		30.25	30.88	0.49					1.45					13.57			78.25

Ek-3. Sfalorit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P15_1	32/39.	32.95		5.34	3.80	53.60				0.31		0.13			0.29	0.12			96.93
P15_1	32/31.	32.84		2.25	0.71	62.65					0.07				0.33				99.12
P15_2	33/24.	32.82		1.60	1.30	62.88					0.06	0.08			0.38				99.31
P15_1	32/13.	32.48		0.93	0.63	64.32				0.26			0.12		0.53				99.32
P15_1	32/40.	33.02		0.75	2.04	64.65				0.18			0.11		0.38				101.15
P15_1	32/38.	32.50		0.72	0.85	64.39				0.18					0.36				99.62
P15_2	33/30.	32.80		0.68	0.75	64.81					0.06				0.33				99.73
P15_2	33/18.	32.61		0.65	0.77	65.62		0.05		0.19		0.04		0.08	0.38				100.48
P15_2	33/22.	32.40		0.56	0.09	64.80									0.38				98.43
P15_1	32/30.	32.75		0.50		65.86									0.33		0.03		100.25
P15_2	33/15.	32.71		0.44		65.56				0.28			0.18		0.36				100.47
P15_1	32/29.	32.80		0.42	0.13	66.45					0.04				0.31				100.41
P15_2	33/11.	32.50		0.42		65.90								0.13	0.36		0.02		99.48
P15_1	32/32.	32.61		0.39		66.84				0.33		0.05			0.43		0.00		100.77
P15_2	33/31.	32.70		0.37	0.12	65.83					0.04				0.37		0.00		100.02
P15_2	33/16.	32.77		0.36		66.12							0.07		0.34				100.00
P15_2	33/23.	32.75		0.36	0.28	66.09						0.10			0.38				100.11
P15_2	33/12.	32.66		0.35		66.33				0.40		0.06			0.33				100.28
P15_1	32/10.	32.30		0.35	0.25	65.38				0.18				0.26	0.44				99.62
P15_2	33/13.	32.85		0.34	0.22	66.28								0.10	0.38				100.32
P15_2	33/26.	32.35		0.34	0.10	65.11	0.04					0.04		0.14	0.47				99.00
P15_1	32/41.	32.79		0.33	0.13	66.73				0.24		0.08			0.42				101.48
P15_2	33/14.	32.56		0.30	0.10	66.06									0.49				100.40
P15_2	33/28.	32.77		0.30	0.09	66.29									0.35				100.98
P15_2	33/29.	32.59		0.30		67.01								0.09	0.38				100.50
P15_2	33/33.	32.64		0.28		66.47				0.30					0.45				100.21
P15_1	32/27.	32.49		0.28	0.05	67.24				0.33			0.08		0.38				100.94
P15_1	32/42.	32.84		0.27	0.08	66.08					0.08				0.39				100.79
P15_1	32/28.	32.50		0.27		66.69									0.30				99.96
P15_2	33/32.	32.55		0.27		65.22				0.25		0.07			0.54				99.05
P15_1	32/33.	32.71		0.27	0.08	67.07				0.33					0.41				101.01
P15_2	33/21.	32.68		0.25	0.13	65.83				0.20					0.43				99.92
P15_2	33/17.	32.71		0.25		66.25					0.06				0.37				99.78

**Ek-3 Devam Sfalerit minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)**

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P15_1	32/14.	32.54	0.05	0.24	65.79	0.23	0.35	0.23	0.36	0.52									99.47
P15_1	32/9.	32.24	0.05	0.24	65.76	0.35	0.04	0.10	0.36	0.36									99.48
P15_1	32/11.	32.43		0.24	65.49				0.36	0.36							0.04		98.81
P15_2	33/19.	32.74		0.23	66.01				0.36	0.36									99.63
P15_2	33/25.	32.24		0.22	65.80	0.31	0.04		0.37	0.47									99.17
P15_1	32/12.	32.40		0.21	65.80	0.19			0.37	0.47									99.30
P15_1	32/26.	32.69		0.21	66.64	0.04	0.05		0.37	0.42									100.37
P15_2	33/20.	32.66		0.18	65.68				0.42	0.60									99.63
P15_2	33/36.	32.66		0.06	65.82	0.27			0.60	0.65				0.07					99.49
P15_2	33/37.	32.73			66.23				0.65	0.76									100.48
P15_2	33/34.	32.50			66.41				0.76										99.86

Ek-4. Galen minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Min	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P15_1	32/5.	13.09								88.79									102.77
P15_1	32/19.	13.27								88.12				0.13	0.09				102.42
P15_1	32/22.	13.34								87.58					0.13		0.07		101.16
P15_1	32/21.	13.29								87.45				0.09	0.14		0.09		101.51
P15_1	32/34.	13.39								87.37							0.06		100.90
P15_1	32/23.	13.28								87.19				0.12			0.12		101.60
P15_1	32/4.	13.27		0.05						87.16				0.03	0.10		0.07		101.09
P15_1	32/7.	13.31								87.05							0.05		100.77
P15_1	32/25.	13.26		0.01						87.02	0.05						0.10		100.59
P15_1	32/3.	13.14								86.95				0.15	0.12		0.04		101.13
P15_1	32/2.	13.38						0.05		86.87				0.14			0.07		100.61
P15_1	32/24.	13.13		0.03						86.72							0.04		100.13
P15_1	32/8.	13.21								86.53		0.05					0.10		100.44
P15_1	32/18.	13.38								86.53							0.05		100.72
P15_1	32/1.	13.27								86.51							0.07		100.51
P15_1	32/16.	12.98								86.48							0.06		99.72
P15_1	32/37.	13.20								86.44				0.09	0.09		0.05	1.17	101.10
P15_1	32/15.	13.04								86.36				0.10			0.08		99.61
P15_1	32/17.	13.42								86.28	0.04						0.07		100.71
P15_1	32/35.	13.02								86.09				0.13			0.07		99.72
P15_1	32/20.	13.22								85.99							0.05		99.46
P15_1	32/6.	13.24								85.86					0.16		0.07		99.41
P15_1	32/36.	13.04								85.77					0.02		0.07		99.06
P15_2	33/4.	13.17								87.26					0.08		0.05		101.44
P15_2	33/6.	13.11		0.06						87.04				0.09			0.12		100.48
P15_2	33/5.	13.30								86.99					0.08				100.46
P15_2	33/9.	13.36								86.61				0.15	0.05				100.97
P15_2	33/7.	13.17		0.03		0.11				86.59					0.17		0.09		100.34
P15_2	33/8.	13.09		0.06						85.51		0.02		0.09	0.05		0.06		99.03
P15_C6	39/25.	13.14		0.37		0.05				88.25							0.08		102.76
P15_C6	39/27.	13.17		0.27						87.45					0.09		0.08		101.24
P15_C6	39/28.	13.44		0.56		0.07				87.23					0.11		0.05		102.02

**Ek-4 Devam.** Galen minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P15_C6 39 / 29 .	13.50			0.28						86.79					0.03		0.07		100.78
P15_C6 39 / 30 .	13.35			0.16		0.08				86.49				0.13	0.14				101.31
P15_C6 39 / 26 .	13.24			0.51		0.06				85.90					0.07		0.06		100.36
P15_C6 39 / 24 .	13.12			0.53						85.73							0.05		99.71

Ek-5. Pirotin minerallerine ait elektron mikroprop analiz sonuçları (%)

Analiz / Element	S	Ag	Bi	Fe	Cu	Zn	As	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Au	Co	Cd	Sn	Te	Hg	Total
P9_C4 23 / 3 .	38.96	0.05		59.39	0.61			0.08			0.12								99.79
P9_C7 31 / 3 .	37.65			59.13		0.04					0.50								97.64
P9_C7 31 / 2 .	39.31			58.83							0.26								98.48