

## Köprüyanı (Maçka-Trabzon) Fe-Cu skarn cevherleşmesinin jeolojisi ve mineral kimyası özellikleri

*Geology and mineral chemistry features of Köprüyanı (Maçka-Trabzon) Fe-Cu skarn mineralization*

Enver AKARYALI\*<sup>1</sup> , Adem SİVRİKAYA<sup>1</sup> , Mehmet Ali GÜCER<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

• Geliş tarihi / Received: 26.09.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 09.11.2022

### Öz

Bu çalışmada, Doğu Pontidler' in Kuzey Zonunda Trabzon ili sınırlarında Köprüyanı mevkiindeki Fe-Cu skarn cevherleşmesinin; jeolojisi, petrografisi, cevher mikroskobisi özellikleri ve mineral kimyası içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Köprüyanı cevherleşme sahasında, aktinolit, tremolit, pirit, kalkopirit, manyetit ve malakit mineralleri ile kırık çatlak zonları boyunca gelişmiş limonitleşme, hematitleşme kloritleşme ve epidotlaşma türü alterasyonlar gözlenmektedir. Manyetit minerallerinin genellikle kalkopirit, pirit ve granat ile birlikte bulunduğu, TiO<sub>2</sub> içeriklerinin çok düşük (%0,02-1.02) olduğu buna karşılık FeO<sup>I</sup> içeriklerinin ise %83,13-92,00 arasında değiştiği belirlenmiştir. Manyetit ile beraber bulunan ve ekzoskarn zonunda yer alan kalkopirit minerallerinin Cu içeriğinin %33,50-43,27 ve Fe içeriği %29,84-39,11 arasında değiştiği belirlenmiştir. Epidot minerallerinin Al içeriklerinin yüksek (2.06-2.46), Mn içeriklerinin düşük (0.01-0.03) ve Fe<sup>+3</sup> içeriklerinin ise nispeten yüksek (0.59-0.96) olduğu belirlenmiştir. Al bakımından zengin olan epidotların türünün ise klinozoisit olduğu tespit edilmiştir. Granat türleri ağırlıklı olarak andradit ve grossular-andradittir. Cevher mikroskobisi ve mineral kimyası çalışmaları kapsamında derlenen verilere bağlı olarak, Köprüyanı cevherleşmesinin Fe-Cu skarn tipinde olduğu ve bölgede var olan skarn cevherleşmelerinin parajenez, süksesyon ve mineral kimyası verileri ile benzerlik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Epidot, Granat, Köprüyanı, Mineral kimyası, Skarn

### Abstract

In this study, it is aimed to determine the geology, petrography, ore microscopy properties and mineral chemistry content of Fe-Cu skarn mineralization in Köprüyanı locality within the borders of Trabzon province in the Northern Zone of the Eastern Pontides. Actinolite, tremolite, pyrite, chalcopyrite, magnetite and malachite minerals; and limonitization, hematitization, chloritization and epidotization type alterations developed along the fractured crack zones are observed in the Köprüyanı mineralization area. Magnetite minerals are generally found together with chalcopyrite, pyrite and garnet, TiO<sub>2</sub> contents are very low (0.02-1.02%), whereas FeO<sup>I</sup> contents vary between 83.13-92.00%. It has been determined that the Cu content of the chalcopyrite minerals found together with magnetite and located in the exoskarn zone varies between 33.50-43.27% and the Fe content varies between 29.84-39.11%. It was determined that Al contents of epidote minerals were high (2.06-2.46), Mn contents were low (0.01-0.03) and Fe<sup>+3</sup> contents were relatively high (0.59-0.96). It has been determined that the type of epidotes rich in Al is clinzoisite. Garnet species are predominantly andradite and grossular-andradite. Based on the data compiled within the scope of ore microscopy and mineral chemistry studies, it was concluded that Köprüyanı mineralization is of Fe-Cu type and shows similar features in paragenesis, succession and mineral chemistry data when compared to that of the existing skarn mineralizations in the region.

**Keywords:** Epidote, Garnet, Köprüyanı, Mineral chemistry, Skarn

\*Enver AKARYALI; eakaryali@gmail.com

## 1. Giriş

### 1. Introduction

Alpin Orojenezi etkisi ile oluşmuş Doğu Pontid Metalojenik Kuşağı cevherleşme açısından zengin bir alan konumunda olup birçok farklı tür cevherleşmeye ev sahipliği yapmaktadır. Çalışma alanının içinde yer aldığı Doğu Pontidlerin Kuzey zonu da Au ve Ag gibi değerli metallerin yanı sıra Cu, Pb ve Zn gibi metaller açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Kuzey zonda gözlenen cevherleşmelere yönelik önemli çalışmalar; masif sülfid (Eyüboğlu vd., 2014; Abdioğlu vd., 2015; Tüysüz, 2000), porfiri bakır (Yalçınalp, 1992), skarn (Sipahi, 1996, 2011; Saraç & Van, 2005; Sipahi vd., 2017, 2020, 2022) ve epitermal damar tipi (Akaryalı, 2010, 2016; Akaryalı & Tüysüz 2013a,b; Akbulut vd., 2015; Akaryalı & Akbulut, 2016) cevherleşmelerine yönelik yapılmıştır.

Doğu Pontidler’de gerek jeolojik ve jeokimyasal gerekse jeofiziksel veriler kullanılarak yapılmış birçok çalışma ile bölgedeki benzer cevherleşmeler ortaya çıkarılmıştır. Bölgedeki benzer cevherleşmeler çoğunlukla granitik sokulumlarla ilişkili olup Güzelyayla (Maçka- Trabzon) porfiri Cu-Mo oluşumları buna örnek gösterilebilir. Pontid Alt Bazik Karmaşığı ve kuvarslı mikrodioritlerde (Zigana Granitoyidi) gelişen maden yatağı storkwork ve saçınım şeklinde yerleşmiş olup mezotermal karakterde ve 280-460°C koşullarda meydana gelmiştir (Yalçınalp, 1992). Potasik, fillik ve propilitik ayrışma zonlarının izlenebildiği maden yatağında arjilik kuşağın gelişmediği de öne sürülmüştür (Yalçınalp, 1992). Doğu Karadeniz bölgesi Giresun ve Ordu illerinde yer alan skarn cevherleşmelerinin oluşumu ve kökenine yönelik Saraç ve Van (2005) tarafından yapılan araştırmalar sonucu, Çambaşı (Ordu) yöresindeki skarn cevherleşmesindeki granatların grossular-andradit, Dereli (Giresun) yöresindeki granatların ise andradit ve andradit-grossular bileşiminde olduğunu belirlemiştir. Gümüşhane ili Arnastal mevkiinde yer alan skarn yatağına ait parajenezinin piroksen, granat, epidot minerallerinden oluştuğu tespit eden Sipahi (2011), aynı zamanda cevherleşmesinin Fe-Skarn tipinde olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle bölgede gözlenen masif sülfid oluşumlarının Kuruko tip masif sülfid cevherleşmelerinden farklı özellikte olduğundan bölgedeki bu tür cevherleşmeler için bazı araştırmacılar tarafından Doğu Karadeniz Tip Masif Sülfid Yatağı (örneğin Eyüboğlu vd., 2014) kullanımı tercih edilmiştir. Pb-Zn Ünlüpınar (Kelkit-Gümüşhane) cevherleşmesinin adakitik olmayan granitik kayaların etkili olduğunu, sıvı kapanım, mineral kimyası ve duraylı izotop analiz sonuçlarından yararlanarak ortaya koyan Akaryalı & Akbulut (2016)’nın yanı sıra, bölgedeki bir başka Pb-Zn (Altınpınar-Torul) cevherleşmesinin de benzer analiz yöntemleri ile cevherleşmenin granitik kayalarla ilişkili epitermal damar tip olduğunu Akaryalı, (2016) belirlemiştir. Sipahi vd. (2017, 2020 ve 2022), Eğrikar Fe-Cu (Torul-Gümüşhane), Karadağ Fe-Cu (Torul, Gümüşhane) ve Kopuz Fe (Torul, Gümüşhane) skarn cevherleşmelerinde gerçekleştirdiği duraylı izotop çalışmaları sonucunda bölgedeki skarn cevherleşmelerindeki demir oluşumunu kontrol eden mekanizmaları tespit etmiştir. Bölgede bir başka skarn cevherleşmesi üzerinde yapılan çalışmada, cevherleşmenin Fe-Skarn tipinde olduğu, silikat minerallerinde gerçekleştirilen mineral kimyası çalışmaları sonuçlarından yararlanarak belirlenmiştir (Akaryalı & Kurt, 2021).

Madencilik açısından önemli bir potansiyele sahip Trabzon ilinde gözlenen cevherleşmeler de genel olarak bölgede hâkim olan kuzeybatı-güneydoğu ve doğu-batı kırık sistemleri ile ilişkilidir. Köprüyanı cevherleşmesi söz konusu kırık sistemine bağlı olarak hidrotermal çözeltilerin yan kayalarla etkileşimi sonucu andezit ve kireçtaşı dokanaklarında ortaya çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında, Köprüyanı cevherleşme alanlarında alterasyon, cevher mikroskobisi ve mineral kimyası çalışmaları sonucu elde edilecek bulgulardan yararlanarak cevherleşmenin oluşum tipinin tespit edilmesi ve bölgede yer alan diğer skarn cevherleşmeleri ile olan ilişkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve metod

### 2. Material and method

Doğu Pontidler’in Kuzey Zonu’nda Trabzon ili sınırlarında Köprüyanı mevkiindeki Fe-Cu skarn cevherleşmesinin; jeolojisi, petrografisi, cevherin içinde geliştiği kayaların jeokimyası ve cevher mikroskobisi özellikleri ile mineral kimyası özelliklerinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışma kapsamında cevher örneklerinden mineral kimyası analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular Doğu Pontid Orojenik Kuşağı’nda yapılan diğer çalışmalarla da karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları oluşturmaktadır. Köprüyanı cevherleşmesinin de içinde bulunduğu yaklaşık 15 km<sup>2</sup>’lik bir alan içinde yaygın olan birimlerin tanımlanması, stratigraflerinin ortaya konması ve yapısal özelliklerinin belirlenmesine yönelik arazi çalışması yapılmıştır. Bu doğrultuda, Köprüyanı ve çevresinde yaygın olan

birimlerde yapılan gözlemler neticesinde mevcut yapısal unsurlardan ölçümler alınmış, formasyon sınırları haritaya işlenmiş ve 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma sahasından toplanan kayaçların, petrografik ve mineralojik tayinlerine yönelik ince kesitler Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında Petrothin cihazı kullanılarak, cevherli örnekler ise Gümüştaş Madencilik A.Ş.'nin laboratuvarında hazırlanmıştır. Cevherleşme sahasından alınan 3 adet örnek üzerinde, epidot, granat, manyetit, pirit ve kalkopirit minerallerine ait mikroprob analizleri, 20 kV ve 30 nA şartlarında çalışan CAMECA SX-100 model analiz aleti ile Amerika'da bulunan New Mexico Bureau of Geology & Mineral Resources New Mexico Institute of Mining & Technology laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

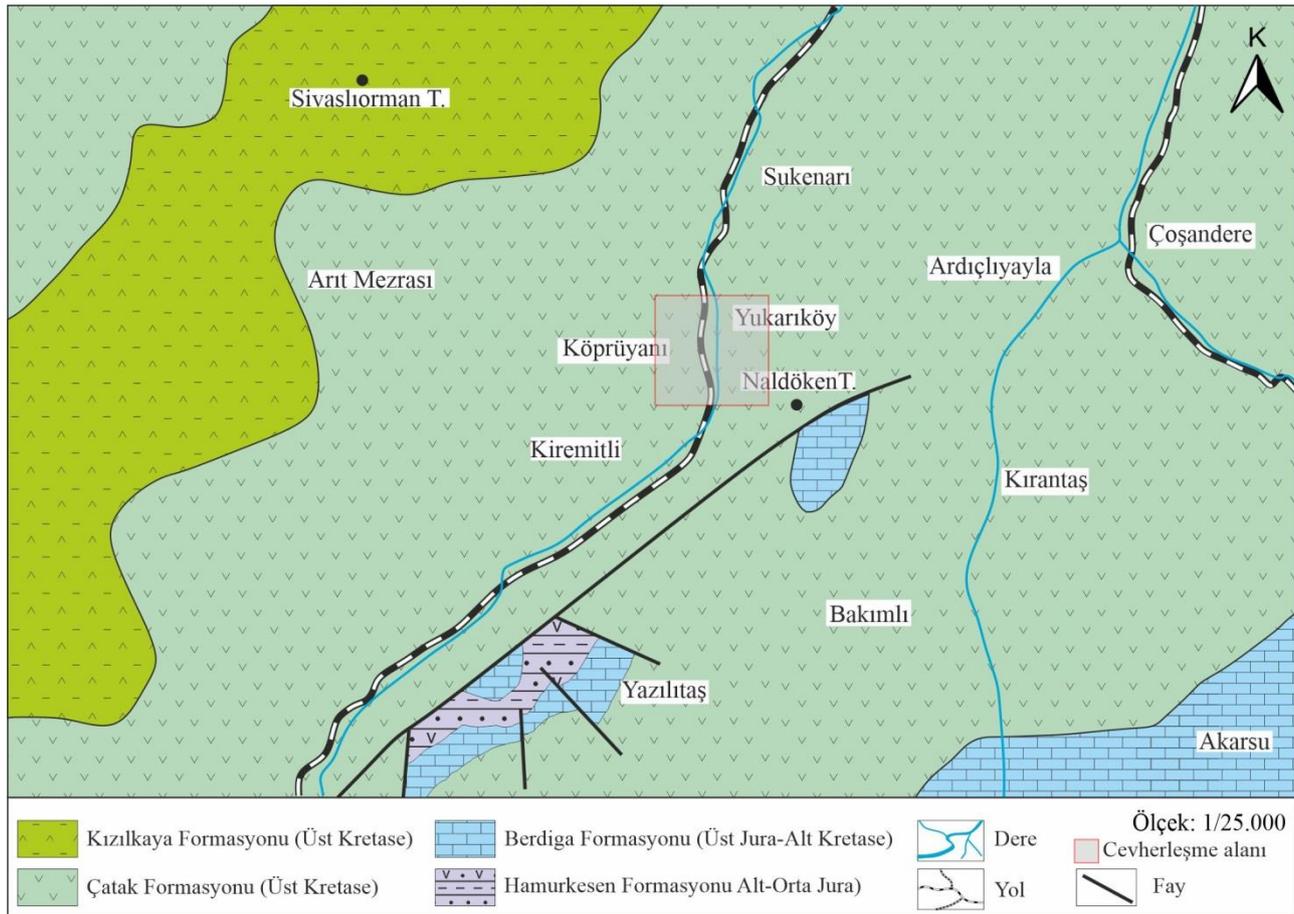
### 3. Bulgular ve tartışma

#### 3. Results and discussion

#### 3.1. Stratigrafi ve petrografi

##### 3.1. Stratigraphy and petrography

Çalışma konusunu oluşturan cevherleşme, Güven (1993) tarafından adlandırılan Çatak Formasyonu içinde gelişmiştir. Bu birim inceleme alanında Kiremitli, Köprüyanı, Sukenarı mahalleleri ve civarında yüzeyleme verir. Formasyonun tabanı inceleme alanında görülmekte olup, Kızılkaya Formasyonu tarafından uyumlu olarak üstlenir. Çatak Formasyonu, inceleme alanında genelde andezitlerden, az oranda da tüf ve breşlerden oluşmakta ve killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, gri kireçtaşı ve tüffit ara seviyeleri içermektedir. Tüf ve breşler, andezitlere oranla daha fazla ayrılmış olarak görülürler (Şekil 1).

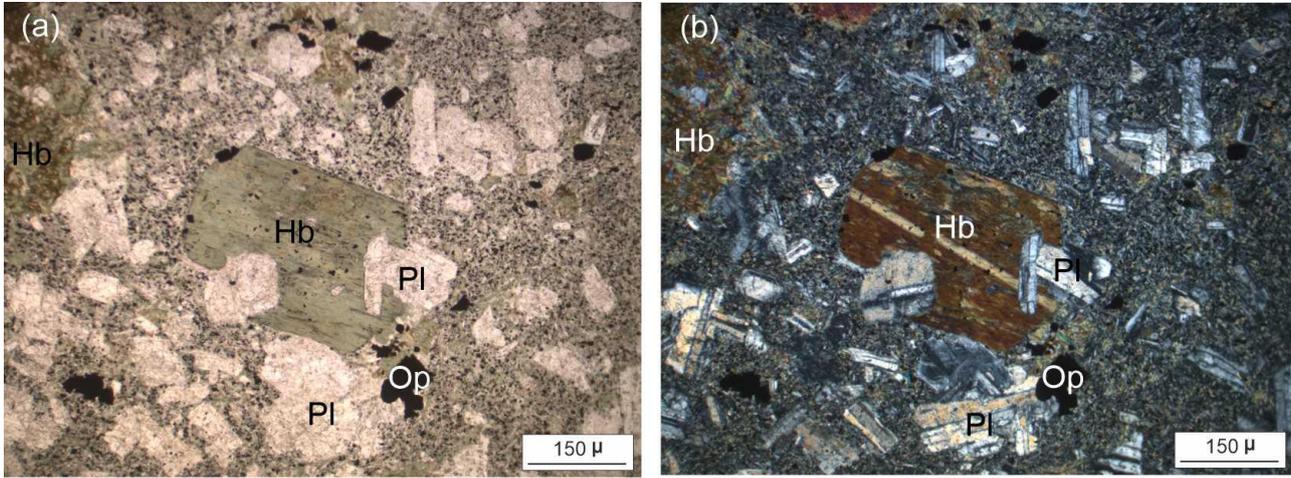


Şekil 1. Köprüyanı çevresinin genel jeoloji haritası

Figure 1. General geological map of Köprüyanı area

Çatak formasyonunda gözlenen andezitik kayaçların genellikle grimsi yeşil ve koyu yeşil renge sahip olduğu, makro görünümünde hornblend ve plajiyoklasların gözlemlendiği tespit edilmiştir. Yapılan mikroskopik incelemelerde, andezitlerin porfirik ve mikrolitik porfirik doku gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 2).

Plajiyoklaslar, iri kristaller ve hamur içinde mikro kristaller halinde izlenmekte olup, sönme açısı kullanılarak yapılan tür tayini çalışmalarına göre türlerini andezin ( $An_{35-43}$ ) olarak tespit edilmiştir. Öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde izlenen hornblend mineralleri plajiyoklas ve opak mineral inklizyonları içermektedir. Biyotit küçük prizmatik kristaller halinde, piroksen ise küçük taneler halinde ve az oranda görülmektedir. Piroksenler 40-42 derece arasında değişen sönme açısına sahip olup, kalsit ve epidota dönüşmüştür. Opak mineral, ince kesitte çoğunlukla düzensiz şekilde izlenir. Andezitte ayrışma ürünü olarak ise genellikle klorit ve-serisit mineralleri bulunurlar.



**Şekil 2.** Andezitlerdeki porfirik doku a) Paralel nikol ve b) Çapraz nikol (Pl: Plajiyoklas, Hb: Hornblend, Op: Opak mineral)

**Figure 2.** Prophyritic texture in andezites a) Parallel nicol and b) Cross nicol (Pl: Plagioclase, Hb: Hornblende, Op: Opaque mineral)

Piroklastik kayalar genellikle tüf, az oranda da volkanik breşlerden oluşur. Tüflerde plajiyoklas ve hornblend mineralleri tanınabilmektedir. Breşi oluşturan çakıllar köşeli olup, boyutları 2 cm'den 20 cm'ye kadar değişen andezitik bileşimde kayaç parçalarından oluşur. Değişik seviyelerde ince tabakalı killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, gri kireçtaşı ve tüffit ara seviyeleri, andezitlerle ara katkılı olarak bulunur. Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda [Gedikoğlu \(1978\)](#), [Taslı \(1984\)](#), [Türk-Japon Ekibi \(1985\)](#), [Bulut \(1989\)](#) ve [Yalçınalp \(1992\)](#) tarafından yapılan çalışmalarda formasyonun yaşı Üst Kretase olarak belirtilmiştir. [Güven \(1993\)](#), bu birim içindeki kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşlarından saptadığı fosil türlerine bağlı olarak birimin yaşını Turoniyen-Koniasiyen-Santoniyen olarak tespit etmiştir.

### 3.2. Cevherleşme

#### 3.2. Mineralizations

##### 3.2.1. Köprüyanı skarn cevherleşmesi

###### 3.2.1. Köprüyanı skarn mineralizations

Çatak Formasyonun volkano-tortul seviyelerinin yer aldığı galerinin üst korlarında, kırık çatlak zonları boyunca limonitleşme ve malakit-azurit sıvamaları (Şekil 3a), kireçtaşlarının andezitlerle kontak yaptığı zonlarda kalsit yer yer silisleşme+kalsit (Şekil 3b,c), taze andezitlerde kloritleşme (Şekil 3d), cevherleşme sahasında gözlenen alterasyon ve gang minerallerini oluşturmaktadır. Köprüyanı cevherleşme sahasında, bölgede gözlenen kırık sistemlerine paralellik gösteren K35-50 doğrultu girişli galeri bulunmaktadır. Cevherleşmenin gözlemlendiği K30-50 doğrultulu ana kırık sistemini kesen yer yer paralellik gösteren küçük ölçekli (mikro) kırıklar da gözlenmektedir. Ayrıca galeriden alınan makro örneklerde, aktinolit, tremolit (Şekil 3e), pirit, kalkopirit ve granat ile epidotlaşma gözlenmiştir (Şekil 3f).

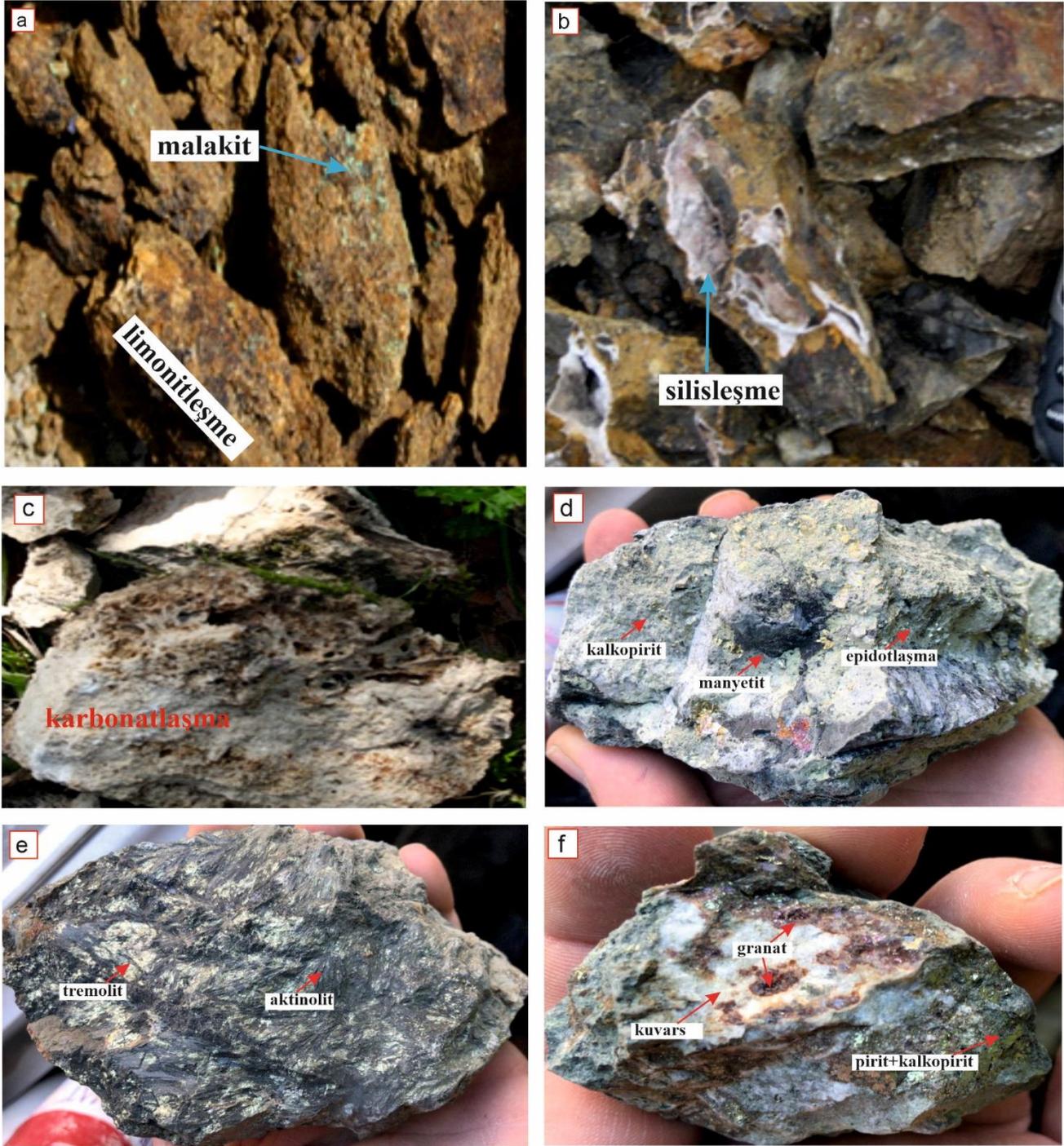
### 3.3. Cevher mikroskobisi ve mineral kimyası

#### 3.3. Ore microscopy and mineral chemistry

Köprüyanı cevherleşmesindeki epidot ve granat gibi silikat mineralleri ile pirit, kalkopirit ve manyetit gibi cevher minerallerinin kimyasal içeriklerinin belirlenmesine yönelik mikroprob analizleri 3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sülfür grubu pirit ve kalkopirit minerallerinin analizi çoğunlukla 1 ve 13 nolu örnekler

üzerinde, oksit grubu manyetit mineralinin analizleri 1, 5 ve 13 nolu örneklerde, silikat grubu granat ve epidot minerallerinin analizi ise sırasıyla 1, 13 ve 5 nolu örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Ekzoskarn zonundan alınan pirit minerali analizleri 1 nolu örnekte 4 nokta üzerinde, kalkopirit minerali analizleri 1 nolu örnekte 6 nokta üzerinde, 13 nolu örnekte ise 26 nokta üzerinde yapılmıştır. 1, 5 ve 13 nolu örnekte gerçekleştirilen ekzoskarn zonuna ait manyetit minerallerinin analizleri sırasıyla 4, 6 ve 23 nokta üzerinde yapılmıştır. Epidot mineralinin üzerinde yapılan toplam analiz sayısı 53 olmakla birlikte, bu analizlerin 45 tanesi ekzoskarn zonuna ait 5 nolu örnek üzerinde, 8 tanesi ise 1 nolu örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Granat analizi 1 nolu örnekte toplam 14 noktada ve 13 nolu örnekte ise toplam 15 noktada granat mineralinde analiz yapılmıştır. Mineral kimyası kapsamında yapılan analizlere ait ölçüm sonuçları ve hesaplamalar Ek Tablo 1-5'te verilmiştir.

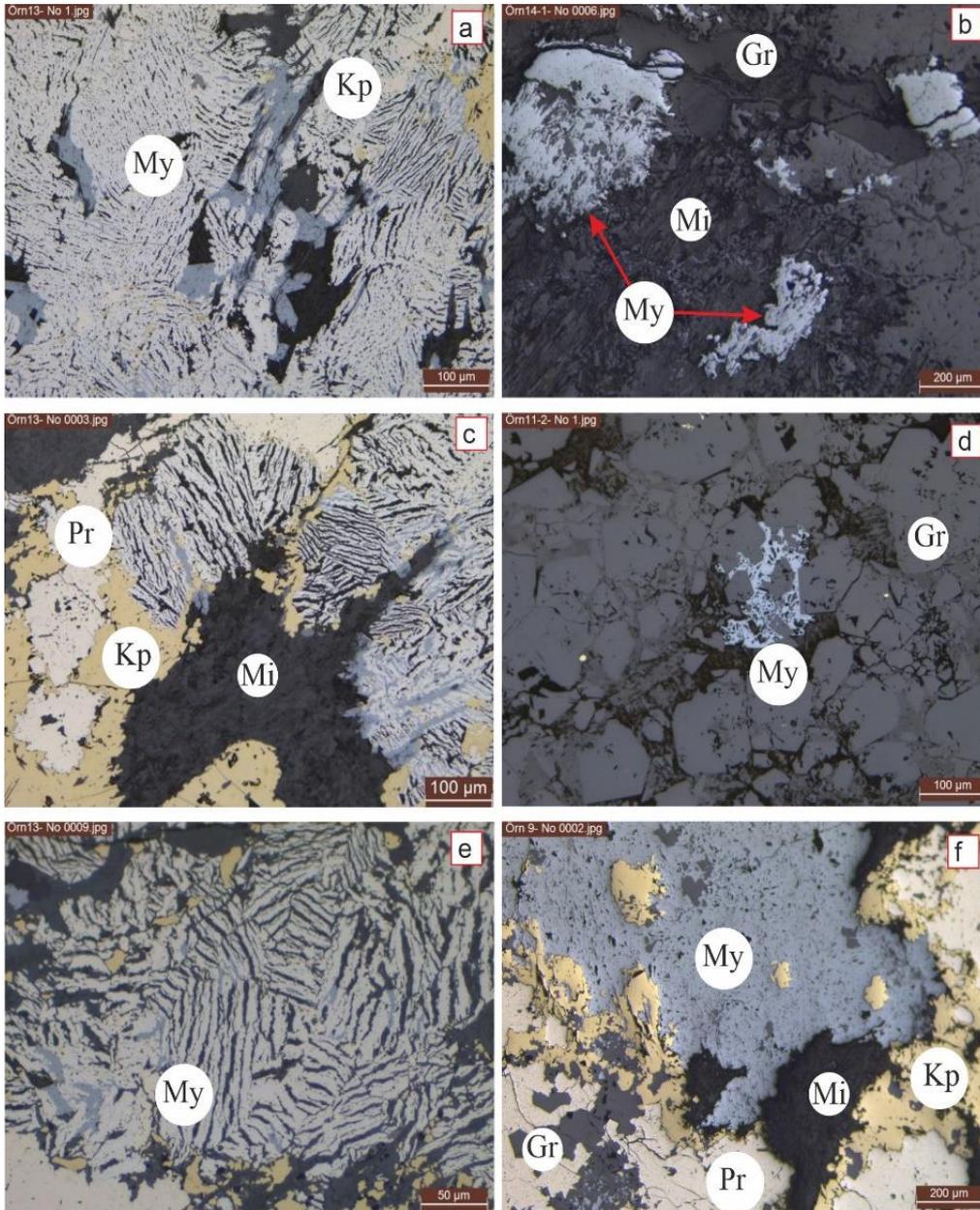


**Şekil 3.** Cevherleşme sahasında gözlenen minerallerin makroskobik ve alterasyon görünüşleri  
**Figure 3.** Macroscopic and alteration views of the minerals observed in the mineralization area

### 3.3.1. Manyetit

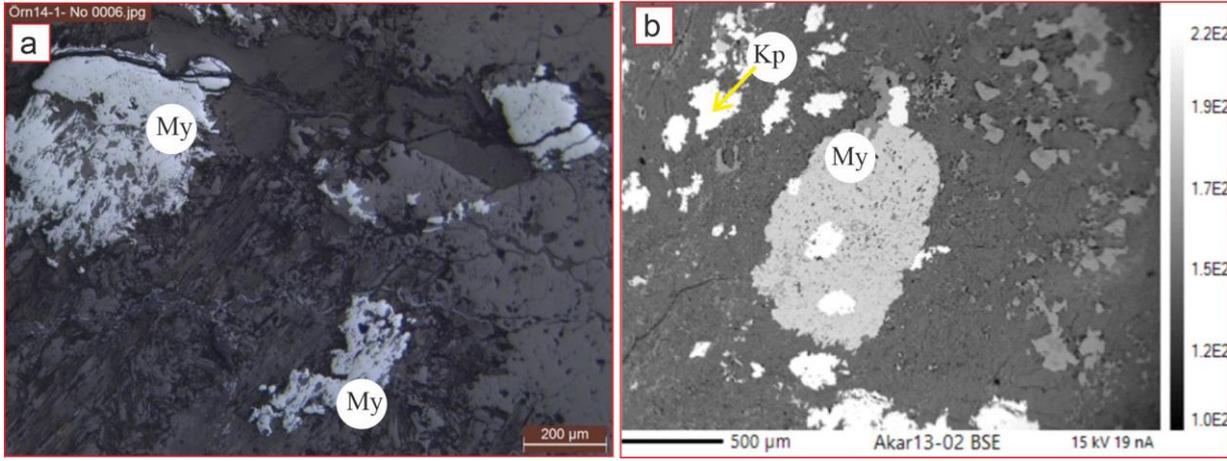
#### 3.3.1. Magnetite

Köprüyanı Fe-Cu skarn yatağı ekzoskarn zonunda çoğunlukla kuvars mineralleri ile birlikte bulunan manyetit az miktarda da olsa granat minerallerinin arasındaki boşluklarda, 1 mm'ye kadar varan boyutlarda ve öz şekilsiz olarak gözlenmektedir. Manyetitlerde hematit lataları da gelişmiştir. İki evrede oluşan manyetit minerallerinin gang tarafından ornatıldığı ve ilk evrede oluşmuş olanların alterasyon sonucu hematite dönüştüğü, genel olarak öz şekilsiz ve kırıklı olarak gözlenen manyetitlerin ise ikinci evrede oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4). Köprüyanı Fe-Cu skarn yatağında ekzoskarn zonunda manyetit minerallerinin genellikle kalkopirit, pirit ve granat ile birlikte bulunduğu (Şekil 4) gözlenmektedir.  $TiO_2$  içeriklerinin çok düşük (%0,02-1,02) olduğu buna karşılık  $FeO^t$  içeriklerinin ise %83,13-92,00 arasında değiştiği belirlenmiştir.  $SiO_2$  içerikleri %0,13-3,06 arasında değişmekte olup ekzoskarn zonundaki manyetit ve hematitlerde merkezden kenara doğru  $SiO_2$  içeriği artmaktadır (Şekil 5b, Ek Tablo 1).  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  kanyonları sırasıyla 8,02-8,93 ve 13,67-15,90 arasında değişmekte olup Bacon ve Hirschmann (1988) tarafından önerilen diyagrama göre türlerinin manyetit (Şekil 6) olduğu belirlenmiştir.

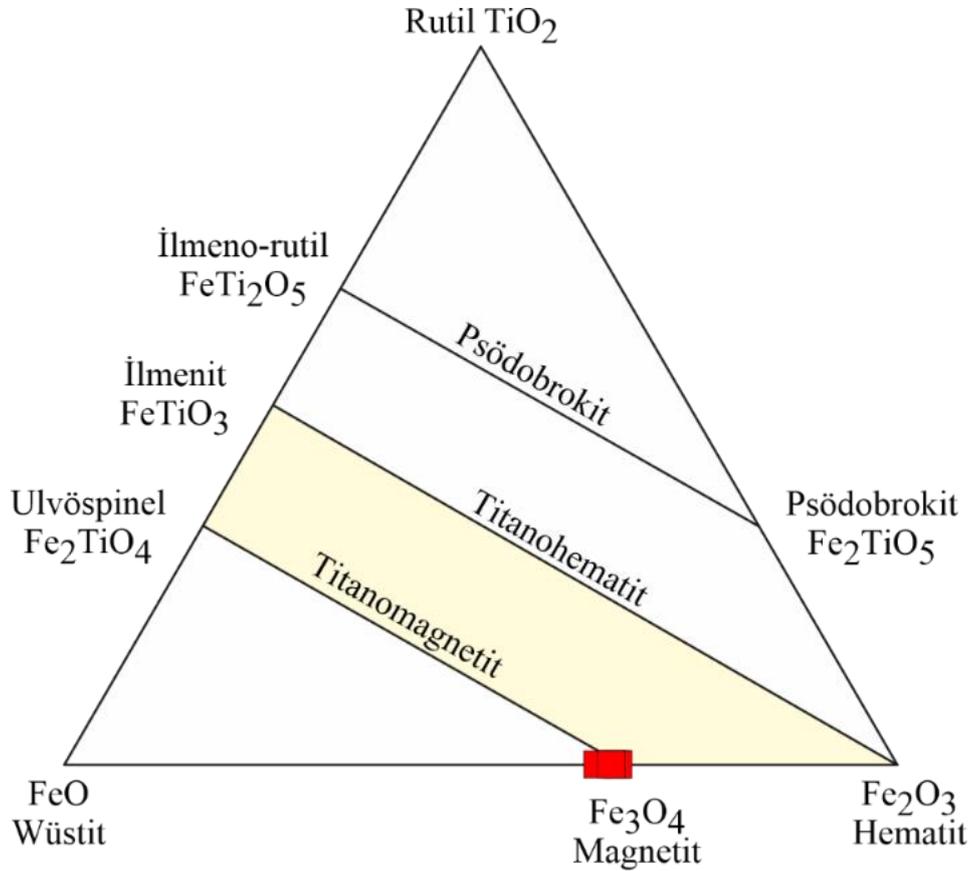


**Şekil 4.** Manyetit minerallerinin cevher mikroskobu görünüşleri (Pr: Pirit, Kp: Kalkopirit, My: Manyetit, Gr: Granat, Mi: Mika.)

**Figure 4.** Ore microscope views of magnetite minerals (Pr: Pyrite, Kp: Chalcopyrite, My: Magnetite, Gr: Garnet, Mi: Mica)



**Şekil 5.** Manyetit minerallerinin mikroskopik (a) ve BSE (b) görünüşleri (My: Manyetit, Kp: Kalkopirit)  
**Figure 5.** Microscopic (a) and BSE (b) views of magnetite minerals (My: Magnetite, Kp: Chalcopirite)



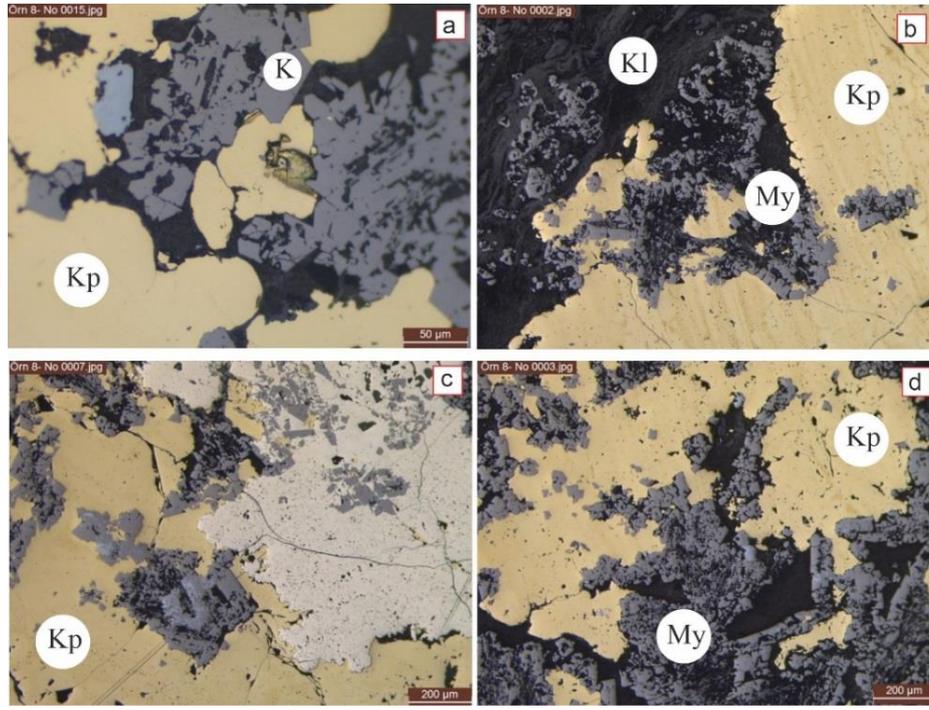
**Şekil 6.** Fe-Ti oksit minerallerinin bileşimi (Bacon & Hirschmann, 1988).

**Figure 6.** Composition of Fe-Ti oxide minerals (Bacon & Hirschmann, 1988).

### 3.3.2. Kalkopirit

#### 3.3.2. Chalcopirite

Kalkopirit minerali açık sarı renklere ve çoğunlukla öz şekilsiz olarak gözlenmektedir. Köprüyanı Fe-Cu skarn yatağında bulunan kalkopirit minerali, manyetit mineralinden sonra en fazla gözlenen cevher minerali olup, genellikle açık sarı renklere ve çoğunlukla öz şekilsiz olarak gözlenmektedir. İki farklı evrede gelişen kalkopirit, manyetit mineralleri arasında küçük ve öz şekilsiz kapanımlar halinde bulunurken, genellikle manyetiti ornatmış olarak gözlenmesinin yanı sıra, kalsit ve kuvars tarafından ise kataklasta uğratılmıştır (Şekil 7).



**Şekil 7.** Kalkopirit minerallerinin cevher mikroskobu görüntüleri (Pr: Pirit, Kp: Kalkopirit, My: Manyetit, K: Kuvars, Kl: Kalsit)

**Figure 7.** Ore microscope views of chalcopyrite minerals (Pr: Pyrite, Kp: Chalcopyrite, My: Magnetite, K: Quartz, Kl: Calcite)

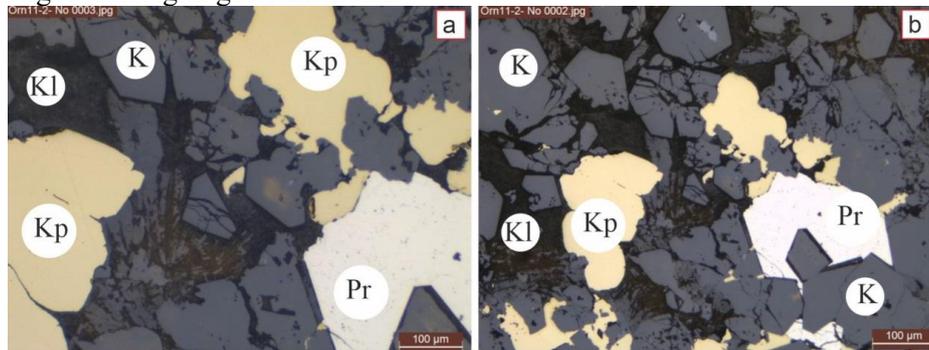
Manyetit ile beraber bulunan ve ekzokarn zonunda yer alan kalkopirite ait mineral kimyası analiz sonuçlarına (iki örnek üzerinde 46 noktada) göre, Cu içeriğinin %33,50-43,27 ve Fe içeriğinin %29,84-39,11 arasında değiştiği, kimyasal bileşiminde herhangi bir iz element zenginleşmesi olmadığı belirlenmiştir.

### 3.3.3. Pirit

#### 3.3.3. Pyrite

Pirit, manyetit ve kalkopiritten sonra yaygın olarak gözlenen bir diğer cevher mineralidir. Öz şekilsiz ve kısmen de öz şekilli olarak ekzokarn zonunda gözlenen piritlerin oluşumları iki farklı evrede gerçekleşmiş olup, aynı zamanda pirit minerali tektonik faaliyetlere bağlı olarak kataklastik doku da sunmaktadır (Şekil 8).

Pirit minerallerinde yapılan kimyasal analiz (Ek Tablo 3) sonuçlarına göre Fe içeriği %46,01-46,73 arasında olup çok az Cu (%0,05-0,07) belirlenmiştir. Merkezde %0,06-0,07 arasında Cu bulunurken kenar kısımda %0,05-0,07 arasında Cu içeriği tespit edilmiştir. Bu durum mineralin merkez ve kenar arasında belirgin bir bileşimsel farklılığın olmadığını göstermektedir.



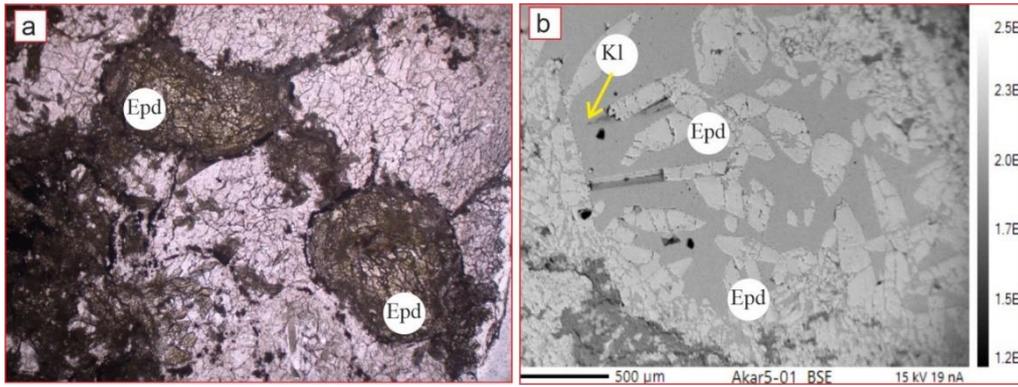
**Şekil 8.** Pirit minerallerinin cevher mikroskobu görüntüleri (Pr: Pirit, Kp: Kalkopirit, K: Kuvars, Kl: Kalsit)

**Figure 8.** Ore microscope views of pyrite minerals (Pr: Pyrite, Kp: Chalcopyrite, K: Quartz, Kl: Calcite)

### 3.3.4. Epidot

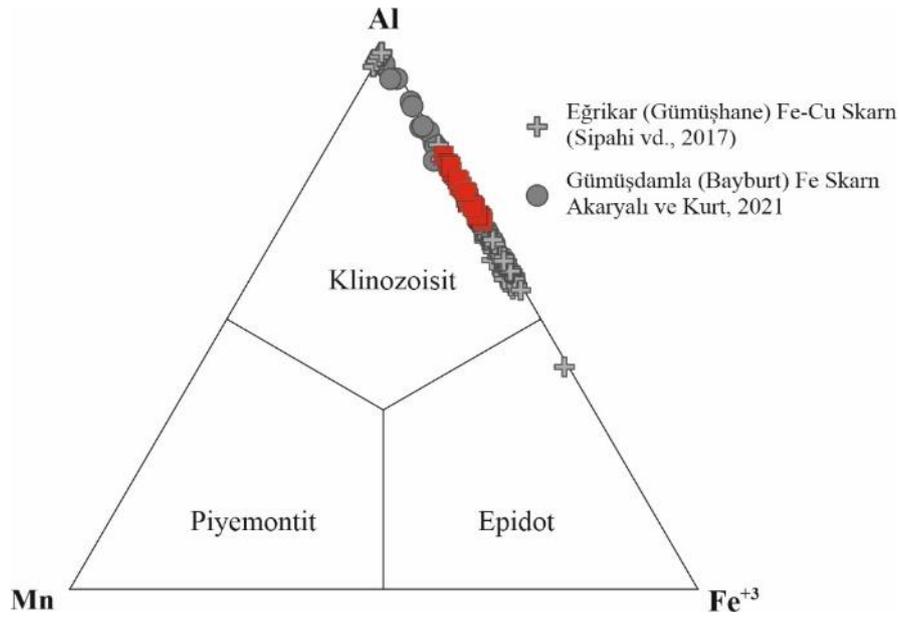
#### 3.3.4. Epidote

Köprüyanı Fe-Cu skarn cevherleşmesinde, yapılan parajenez ve süksiyon çalışmaları sonucu, epidot minerallerinin ekzoskarn zonda oluştuğu tespit edilmiş olup, mikroskopik ve BSE görüntüleri Şekil 9'da verilmiştir. Cevhere yakın alanda daha az oranda ve andezitlerin kırık ve çatlaklarında damarlar halinde bulunmakta iken, ekzoskarn zonunda granat ve manyetit ile birlikte bol miktarda ve küçük kristaller şeklinde gözlenmektedir. Epidot minerallerinin (Ek Tablo 4) SiO<sub>2</sub> içerikleri; %36,22-38,54 arasında değişmektedir. Epidot minerallerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve FeO<sup>t</sup> bileşimleri sırasıyla %21,92-26,66 ve %9,05-14,44 arasında değişmekte ve yüksek CaO (%22,15-23,76) değerleri göstermektedir. İri kristallerde merkezden kenara doğru Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğinin nispeten arttığı, buna karşılık FeO<sup>t</sup> içeriğinin ise nispeten azaldığı, diğer ana oksitlerde ise belirgin bir değişikliğin gözlenmediği ortaya konmuştur. Özellikle ekzoskarn zonunda gözlenen FeO<sup>t</sup> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> arasındaki bu ilişki dikkat çekmekte olup FeO<sup>t</sup> içeriği artarken Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> azalmaktadır (Ek Tablo 4). Benzer durum Ayazmant (Balıkesir) Fe-Cu skarn (Oyman, 2010) ve Eğrikar Fe-Cu skarn (Sipahi vd., 2017) yataklarındaki ekzoskarn epidotlarının FeO<sup>t</sup>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriklerinde de gözlenmekte olup çalışılan cevherleşme ile benzer olduğu görülmektedir.



**Şekil 9.** Epidot minerallerinin mikroskopik (a) ve BSE (b) görüntüleri (Epd: Epidot, Kl: Kalsit)  
**Figure 9.** Microscopic (a) and BSE (b) views of epidote minerals (Epd: Epidote, Kl: Calcite)

Epidot mineralleri Köprüyanı Fe-Cu skarn cevherleşmesinde en yaygın gözlenen sulu silikat mineralini oluşturmaktadır. Al içeriklerinin yüksek (2.06-2.46), Mn içeriklerinin düşük (0,01-0,03) ve Fe<sup>+3</sup> içeriklerinin ise nispeten yüksek (0,59-0,96) olduğu epidot grubu minerallerinin Al bakımından zengin olduğu belirlenmiş, Armbruster vd. (2006) üçgen sınıflama diyagramına göre ise türü klinozoisit olarak bulunmuştur (Şekil 10). Epidot grubu minerallerin Doğu Pontid Orojenik Kuşağı Kuzey Zonu'nda yer alan Eğrikar ve Karadağ (Gümüşhane) Fe-Cu skarn (Sipahi vd., 2017; Sipahi vd., 2022) cevherleşmesi ile güney zonda yer alan Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn (Akaryalı & Kurt, 2021) cevherleşmesinde gözlenen epidot mineralleri ile benzer bileşime sahip oldukları, ancak Al içeriklerinin Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn epidotlarına göre nispeten yüksek, Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn epidotlarına göre ise nispeten düşük olduğu görülmektedir.

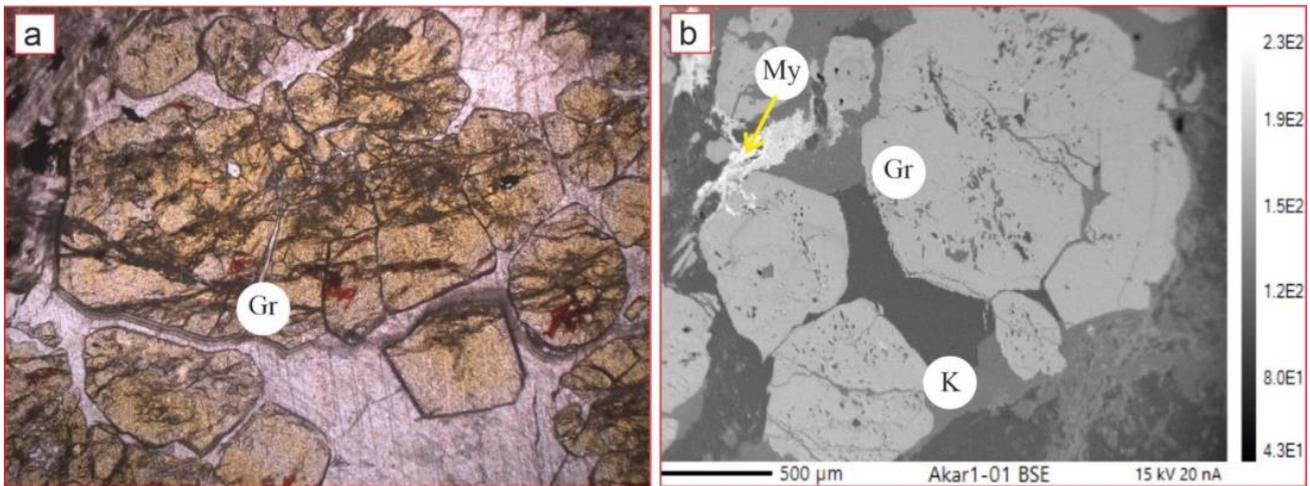


**Şekil 10.** Epidot grubu minerallerinin üçgen sınıflama diyagramı (Armbruster vd., 2006).  
**Figure 10.** Triangular classification diagram of epidote group minerals (Armbruster vd., 2006).

### 3.3.5. Granat

#### 3.3.5. Garnet

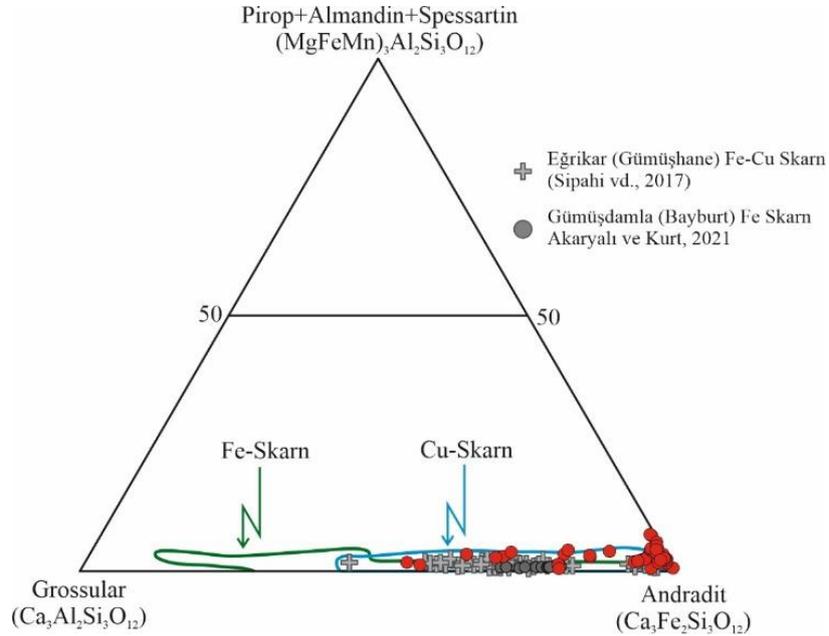
Granat mineralleri genel olarak yeşilimsi kahverenginde ve yuvarlağımsı, iri ve küçük kristalli, öz ve yarı öz şekilli halde gözlenmektedir. Granatlar bazı örneklerde kalıntı olarak kalmış ve yerleri kısmen kuvars, Fe-oksit ve epidot tarafından alınmış şekilde izlenir. Kırıklı ve kataklastik doku gösteren granat mineralleri (Şekil 11) bazı kesitlerde manyetitle birlikte ve küçük kristaller halinde izlenmektedir.



**Şekil 11.** Granat minerallerinin mikroskobik (a) ve BSE (b) görünüşleri (Gr: Granat My: Manyetit, K: Kuvars)  
**Figure 11.** Microscopic (a) and BSE (b) views of garnet minerals (Gr: Garnet, My: Magnetite, K: Quartz)

Analiz sonuçlarına göre (Ek Tablo 5) granatların merkezden kenara belirgin bileşimsel farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Granatlarda  $Al_2O_3$  (%0,06-10,47),  $MnO$  (%0,46-1,43) ve  $MgO$  (%0,01-0,06) içerikleri düşük, buna karşın  $Fe_2O_3$  (%17,84-32,58) ve  $CaO$  (%30,65-33,89) içerikleri ise yüksektir. Yapılan hesaplamalar türlerinin andradit ve grossular-andradit ( $And_{54.99}Gr_{S0.3.44}$ ) olduğunu göstermektedir (Şekil 12). Granat minerallerinde ferro demir ( $Fe^{+2}$ ) çok düşük (0,01-0,11) olup örneklerde ferri demirin ( $Fe^{+3}$ ) hâkim olduğu (1,2-2,24) ortaya konmuştur. Çalışılan cevherleşmedeki granat minerallerine ait kimyasal veriler üçgen sınıflandırma diyagramına aktarıldığında, söz konusu cevherleşmesinin Fe ve Cu skarn alanlarında yer aldığı görülmektedir. Dolayısıyla, mikroskobik ve mineral kimyası incelemelerinde manyetit varlığının tespit

edilmesine bağlı olarak, Köprüyanı cevherleşmesinin Fe-Cu skarn tipinde olduğu değerlendirilmektedir. Granat grubu minerallerin Doğu Pontid Orojenik Kuşağı kuzey zonunda yer alan Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn (Sipahi vd., 2017) cevherleşmesi ile güney zonda yer alan Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn (Akaryalı ve Kurt, 2021) cevherleşmesinde gözlenen granat mineralleri ile benzer bileşime sahip oldukları, ancak Ca ve Fe içeriklerinin Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn ve Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn granatlarına göre ise nispeten yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 12).



**Şekil 12.** Granatların üçgen diyagramında sınıflandırılması (Fe- ve Cu-Skarn alanları Meinert, (1992)'den alınmıştır).

**Figure 12.** Triangular classification diagram of garnet (Fe- and Cu-Skarn fields are taken from Meinert, (1992))

### 3.4. Parajenez ve süksesyon

#### 3.4. Paragenesis and succession

Köprüyanı cevherleşmesi kapsamında yapılan mikroskobik çalışmalar neticesinde cevherleşmenin parajenezinin granat, epidot, manyetit, pirit, kalkopirit, kuvars ve kalsitten oluştuğu belirlenmiştir. Söz konusu mineraller arasında tespit edilen dokusal özelliklere bağlı olarak belirlen süksesyon Şekil 13'te verilmiştir.

Mineraller	Endoskarn	Ekzoskarn		Oksidasyon
		I. Faz	II. Faz	
Granat	? - - - - -	- - - - -	- - - - -	
Epidot	? - - - - -	- - - - -	- - - - -	
Manyetit	? - - - - -	- - - - -	- - - - -	
Pirit		- - - - -	- - - - -	
Kalkopirit		- - - - -	- - - - -	
Kuvars	? - - - - -	- - - - -	- - - - -	
Kalsit	? - - - - -	- - - - -	- - - - -	
Hematit			- - - - -	- - - - -
Limonit				- - - - -
Malakit				- - - - -
Azurit				- - - - -

**Şekil 13.** Köprüyanı Fe-Cu skarn cevherleşmesinin parajenez ve süksesyonu

**Figure 13.** Paragenesis and succession of Köprüyanı Fe-Cu skarn mineralization

Epidot ve granat minerallerinin iki farklı fazda gözleendiği Şekil 13'te görülmektedir. Benzer şekilde manyetit, kuvars ve kalsitin de oluşumunun ekzoskarn zonunda gerçekleştiği, buna karşın pirit ve kalkopiritin ekzoskarn zonunda birinci faz ve ikinci fazda oluşumlarının gözleendiği belirlenmiştir. Cevher oluşumundan sonra gerçekleşen oksidasyon zonunda ise hematit, limonit, malakit ve azurit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir.

Köprüyanı cevherleşmesinin Fe-Cu skarn tipinde olduğunu ortaya koyan en önemli veriler, bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen, cevher mikroskobisi ve mineral kimyası çalışmalarıdır. Bu çalışmalar sonucunda, inceleme alanının bulunduğu bölgedeki skarn yataklarına (Aslan 1991; Sadıklar, 1993; Sipahi, 2011; Sipahi vd., 2017; Sipahi vd., 2018; Akaryalı ve Kurt 2021) ait mikrokimyasal analiz verileri, Köprüyanı skarn cevherleşmesi ile karşılaştırıldığında önemli benzerlikler elde edilmiştir. Bu bağlamda, yapılan karşılaştırmalar neticesinde elde edilen veriler, Köprüyanı cevherleşmesinin Fe-Cu skarn tip bir cevherleşme olduğu yönündeki görüşü desteklemektedir

#### 4. Sonuçlar

##### 4. Conclusions

Doğu Pontidler'in Kuzey Zonu'nda Trabzon ili sınırlarında Köprüyanı mevkiindeki Fe-Cu skarn cevherleşmesine yönelik cevher mikroskobisi ve mineral kimyası çalışmaları ile elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

Çalışma alanı ve yakın çevresindeki yaşlıdan gence doğru Hamurkesen Formasyonu, Berdiga Formasyonu, Kızılkaya Formasyonu, Çatak Formasyonu ve Alüvyon birimleri yer almaktadır. Köprüyanı cevherleşme sahasında, bölgede gözlenen kırık sistemlerine paralellik gösteren K35-50 doğrultu girişli galeri stok alanı ve çevresinde aktinolit, tremolit, pirit, kalkopirit, manyetit ve malakit mineralleri ile kırık çatlak zonları boyunca gelişmiş limonitleşme, hematitleşme kloritleşme ve epidotlaşma türü alterasyonlar gözlenmektedir.

Köprüyanı Fe-Cu skarn yatağında ekzoskarn zonunda manyetit minerallerinin genellikle kalkopirit, pirit ve granat ile birlikte bulunduğu, TiO<sub>2</sub> içeriklerinin çok düşük (%0,02-1,02) olduğu buna karşılık FeO<sup>t</sup> içeriklerinin ise %83,13-92,00 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kalkopirit minerallerinde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçlarına göre çoğunlukla manyetit ile beraber bulunan ve ekzoskarn zonunda yer alan kalkopirit minerallerinin Cu içeriğinin %33,50-43,27 ve Fe içeriği %29,84-39,11 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Pirit minerallerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre Fe içeriğinin %46,01-46,73 arasında olduğu, mineralin merkezinde ve kenarında Cu içeriğinin bileşimsel farklılık göstermediği belirlenmiştir.

Köprüyanı Fe-Cu skarn cevherleşmesinde en yaygın gözlenen sulu silikat minerali olan epidotun Al içeriklerinin yüksek (2,06-2,46), Mn içeriklerinin düşük (0,01-0,03) ve Fe<sup>+3</sup> içeriklerinin ise nispeten yüksek (0,59-0,96) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, epidot grubu minerallerinin Al bakımından zengin olduğu ve üçgen sınıflama diyagramına göre, türünün klinozoisit olduğu belirlenmiştir.

Granatlarda gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçları türlerinin andradit ve grossular-andradit (And<sub>54-99</sub>GrS<sub>0,3-44</sub>) olduğu ve granat minerallerinde ferro demir (Fe<sup>+2</sup>) çok düşük (0,01-0,11) olup örneklerde ferri demirin (Fe<sup>+3</sup>) hâkim olduğu (1,2-2,24) ortaya konmuştur. Çalışılan cevherleşmedeki granat minerallerine ait kimyasal verilere göre, söz konusu cevherleşmenin Fe-Cu skarn tipinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Granat grubu minerallerin Doğu Pontid Orojenik Kuşağı Kuzey Zonunda yer alan Eğrikar (Gümüşhane) Fe-Cu skarn cevherleşmesi ile güney zonda yer alan Gümüşdamla (Bayburt) Fe skarn cevherleşmesinde gözlenen granat mineralleri ile benzer bileşime sahip oldukları belirlenmiştir. Epidot ve granat minerallerinin ekzoskarn zonunda iki farklı evre de gözleendiği, benzer şekilde manyetit, kuvars ve kalsitin de oluşumunun da ekzoskarn zonunda gerçekleştiği, pirit ve kalkopiritinde ekzoskarn zonunda birinci faz ve ikinci fazda oluşumlarının gözleendiği belirlenmiştir. Cevher oluşumundan sonra gerçekleşen oksidasyon zonunda ise hematit, limonit, malakit ve azurit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm veriler neticesinde; Köprüyanı cevherleşmesinin Fe-Cu skarn türünde ve bölgede var olan skarn cevherleşmelerinin parajenez, süksasyon ve mineral kimyası verileri ile benzerlik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

**Teşekkür***Acknowledgement*

Bu araştırma, ikinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Yazarlar arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı Jeoloji Yüksek Mühendisi Ekrem SARI ve Jeoloji Mühendisi Hakan TÜFEK'e teşekkür eder. Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından (Proje No: 21.E0115.07.01) desteklenmiştir.

**Yazar katkısı***Author contribution*

Birinci yazar yayının her aşamasında, ikinci yazar arazi laboratuvar ve parlak kesitlerinin incelenmesinde, üçüncü yazar mineral kimyası değerlendirmelerinde katkı sağlamıştır.

**Etik beyanı***Declaration of ethical code*

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

**Çıkar çatışması beyanı***Conflicts of interest*

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Kaynaklar***References*

- Abdioğlu, E., Arslan, M., Kadir, S., & Temizel, İ. (2015). Alteration mineralogy, lithochemistry and stable isotope geochemistry of the Murgul (Artvin, NE Turkey) volcanic hosted massive sulfide deposit: Implications for the alteration age and ore forming fluids. *Ore Geology Reviews*, 66, 219-242.
- Akaryalı, E. (2010). *Arzular (Gümüşhane KD-Türkiye) altın yatağının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökenselel incelenmesi*. [Doktora lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon].
- Akaryalı, E., & Tüysüz, N. (2013a). The genesis of the slabindow-related Arzular low- sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). *Geoscience Frontiers*, 4(4),409-421. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2012.12.002>
- Akaryalı, E., & Tüysüz, N. (2013b). Arzular (Gümüşhane KD Türkiye) Epitermal altın cevherleşme sahasındaki hidrotermal alterasyonlar ve kütle değişim hesaplamaları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 49-76.
- Akaryalı, E. (2016). Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb–Zn ± Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey). *Ore Geology Reviews*, 74, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.11.013>
- Akaryalı, E., & Akbulut, K. (2016). Constraints of C–O–S isotope compositions and the origin of the Ünlüpinar volcanic-hosted epithermal Pb–Zn ± Au deposit, Gümüşhane, NE Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 117, 119-134. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.12.012>.
- Akaryalı, E., & Kurt, A.H. (2021). Gümüşdamla (Aydıntepe Bayburt) skarn cevherleşmesinin mineral kimyası özellikleri. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(3), 166-197. <https://doi.org/10.17780/ksujes.898544>
- Akbulut, K., Akaryalı, E., Akpınar, İ., ve Aydınçakır, E. (2015). Ünlüpinar Kelkit Gümüşhane Pb Zn Au cevherleşmesinin jeolojik jeokimyasal ve kökenselel olarak incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 34-49
- Armbruster, T., Bonazzi, P., Akasaka, M., Bermanec, V., Chopin, Ch., Giere', R., ... Pasero, M. (2006). Recommended nomenclature of epidote-group minerals. *European Journal of Mineralogy*, 18, 551-567.

- Aslan, Z. (1991). *Özdil (Yomra-Trabzon) yöresinin petrografisi, skarn oluşukları ve granat-piroksen ritmitleri*. [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon]
- Bacon, C.R., & Hirschmann, M.M. (1988). Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. *American Mineralogist*, 73, 57-61.
- Bulut, Y., Ögün, Y., Dümenci, S., Bozkuş, C., Taka, M., & Öner, A. (1989). Tortum-Narman-Oltu-Olur dolayının jeolojisi ve kömür olanakları. MTA Rapor No: 8889, Ankara.
- Eyüboğlu, Y., Santosh, M., Keewook, Yi., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Akaryalı, E., ... Bektaş, O. (2014). The Eastern Black Sea-type volcanogenic massive sulfide deposits: Geochemistry, zircon U–Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis. *Ore Geology Reviews*, 59, 29-54. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2013.11.009>
- Gedikoğlu, A. (1978). *Harşit granit karmaşığı ve çevre kayalarları*. Yayımlanmamış doçentlik tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Güven, İ.H. (1993). Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250.000 ölçekli kompilasyonu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kurt, A.H. (2018). *Gümüşdamla (Aydıntepe-Bayburt) skarn cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve kökensel incelenmesi*. [Yüksek lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane]
- Meinert, L. D. (1992). Skarns and skarn deposits. *Geoscience Canada*, 19(4), 145-162.
- Oyman, T. (2010). Geochemistry, mineralogy and genesis of the Ayazmant Fe–Cu skarn deposit in Ayvalık (Balıkesir), Turkey. *Ore Geology Reviews*. 37, 175-201
- Sadıklar, M.B. (1993) Granat-pyroxene-rhythmite bei Özdil-Trabzon, NE-Türkei. *Chemie der Erde*, 53, 341–353
- Saraç, S., & Van, A. (2005). Çambaşı (Ordu) ve Dereli (Giresun) yörelerindeki skarn yataklarının karşılaştırılmalı kimyasal ve mineralojik özellikleri: Doğu Pontid kuzey zonu (KD Türkiye). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(2), 27-44.
- Sipahi, F. (1996). *Camiboğazi ve Sarıtay Yaylaları Arasındaki Bölgenin Petrografi ve Maden Yatakları Açısından İncelenmesi*, [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon]
- Sipahi, F. (2011). Formation of skarns at Gümüşhane (Northeastern Turkey). *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen*, 188 (2), 169-190.
- Sipahi, F. & Sadıklar, B. (2010). Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) volkanitlerinin alterasyon mineralojisi ve kütle değişimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 53, (2-3), 97-128.
- Sipahi, F., Akpınar, I., Saydam Eker, Ç., Kaygusuz, A., Vural, A., & Yılmaz, M. (2017). Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe–Cu skarn type mineralization in NE Turkey: U–Pb zircon age, lithochemistry, mineral chemistry, fluid inclusion, and O-H-C-S isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration*, 182 32-52.
- Sipahi, F., Kaygusuz, A., Saydam Eker, Ç., Vural, A., & Akpınar, I. (2018). Late Cretaceous arc igneous activity: the Eğrikar monzogranite example. *International Geology Review*, 60 (3), 382-400.
- Sipahi, F., Gücer, M.A., & Saydam Eker, Ç. (2020). Geochemical composition of magnetite from different iron skarn mineralizations in E. Turkey: implication for source of ore forming fluids. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(2), 1-15.
- Sipahi, F., Saydam Eker, Ç., Akpınar, I., Gücer, M.A., Vural, A., Kaygusuz, A., & Aydurmuş T, M. (2022). Eocene magmatism and associated Fe-Cu mineralization in northeastern Turkey: a case study of the Karadağ skarn. *International Geology Review*, 64, (11), 1530–1555. <https://doi.org/10.1080/00206814.2021.1941323>
- Taşlı, K. (1984) *İkisü (Gümüşhane) İle Hamsiköy (Trabzon) yörelerinin jeolojisi ve Berdiga Formasyonunun biyostratigrafik deneştirmesi*. [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon]

- Türk Japon Ekibi (1985). *The cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, Phase I*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu No:334, Ankara
- Tüysüz, N. (2000). Geology, lithochemistry and genesis of the Murgul massive sulfide deposit, NE Turkey. *Chemie der Erde-Geochemistry*, 60, 231-250.
- Yalçınalp, B. (1992). *Güzelyayla (Maçka-Trabzon) porfiri Cu-Mo cevherleşmesinin jeolojik yerleşimi ve jeokimyası*. [Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

**Ekler**

Ek Tablo 1. Köprüyanı cevherleşmesi manyetite ait mineral kimyası analizleri

Mineral Örnek no	Manyetit											
	1				5				13			
Analiz noktası	1-39	1-40	1-41	1-42	5-30	5-31	5-42	5-43	5-44	5-45	13-01	13-02
Açıklama	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	k	m
SiO <sub>2</sub>	0.31	0.77	0.26	0.22	1.77	2.30	1.95	1.81	1.50	1.90	0.56	0.67
TiO <sub>2</sub>	0.09	0.1	0.03	0.07	0.91	1.02	0.91	0.78	0.75	0.90	0.14	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16	0.27	0.02	0.02	0.79	0.99	0.77	0.83	0.79	0.87	0.00	0.03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.00	0.01
FeO	88.73	87.16	88.84	88.27	83.13	85.12	83.84	83.53	85.28	84.15	88.87	89.11
MnO	0.03	0.05	0.02	0.00	0.04	0.02	0.04	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04
MgO	0.04	0.22	0.04	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.11	0.04
CaO	0.06	0.32	0.06	0.05	0.09	0.1	0.08	0.08	0.22	0.18	0.15	0.32
Toplam	89.42	88.9	89.28	88.65	86.76	89.6	87.65	87.1	88.65	88.06	89.87	90.23
Si	0.10	0.25	0.08	0.07	0.58	0.73	0.63	0.59	0.48	0.61	0.18	0.21
Ti	0.02	0.02	0.01	0.02	0.22	0.24	0.22	0.19	0.18	0.22	0.03	0.00
Al	0.06	0.10	0.01	0.01	0.31	0.37	0.30	0.32	0.30	0.33	0.00	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Fe(iii)	15.70	15.35	15.81	15.81	14.07	13.67	13.98	14.10	14.37	13.99	15.58	15.55
Fe(ii)	8.07	8.04	8.05	8.06	8.77	8.93	8.82	8.75	8.55	8.77	8.10	8.08
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Mg	0.02	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.02
Ca	0.02	0.11	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	0.06	0.05	0.11
Toplam	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Fe/Fe+Mg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cr/Cr+Al	0.04	0.02	0.00	0.25	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.00	0.18

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 32 oksijene göre hesaplanmıştır. Fe(ii) ve Fe(iii) ayırımı stokiometrik olarak yapılmıştır.

Ek Tablo 1. (Devamı)

Mineral Örnek no Analiz noktası	Manyetit 13													
	13-03	13-04	13-31-1	13-32-2	13-33-3	13-34-4	13-35-5	13-36-6	13-45-1	13-46-2	13-47-3	13-48-4	13-49-5	13-50-6
Açıklama	k	m	merkezden-----kenara						merkezden-----kenara					
SiO <sub>2</sub>	0.85	2.13	0.61	0.24	0.45	0.22	0.82	0.84	1.49	0.2	0.61	0.13	1.73	0.29
TiO <sub>2</sub>	0.07	0.02	0.07	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.03	0.07	0.02	0.04	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.10	0.01	0.02	0.01	0.09	0.01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
FeO	89.31	86.97	89.2	89.55	89.37	89.54	88.93	88.41	88.02	89.66	89.15	89.87	90.98	89.58
MnO	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01
MgO	0.21	0.14	0.10	0.05	0.08	0.05	0.19	0.22	0.22	0.01	0.13	0.05	0.02	0.05
CaO	0.03	0.94	0.04	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.23	0.04	0.03	0.01	0.1	0.14
Toplam	90.5	90.28	90.03	89.94	89.96	89.9	90.08	89.59	90.15	89.96	90.04	90.11	92.99	90.11
Si	0.27	0.67	0.19	0.08	0.14	0.07	0.26	0.27	0.47	0.06	0.19	0.04	0.53	0.09
Ti	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00
Al	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe(iii)	15.43	14.64	15.57	15.81	15.71	15.84	15.46	15.44	14.99	15.85	15.57	15.90	14.88	15.81
Fe(ii)	8.17	8.28	8.15	8.06	8.10	8.04	8.15	8.15	8.29	8.05	8.13	8.02	8.50	8.02
Mn	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	0.10	0.07	0.05	0.02	0.04	0.02	0.09	0.10	0.10	0.00	0.06	0.02	0.01	0.02
Ca	0.01	0.32	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.08	0.01	0.01	0.00	0.03	0.05
Toplam	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Fe/Fe+Mg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cr/Cr+Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.07	0.00

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 32 oksijene göre hesaplanmıştır. Fe(ii) ve Fe(iii) ayırımı stokiometrik olarak yapılmıştır.

Ek Tablo 1. (Devamı)

Mineral Örnek no Analiz noktası	Manyetit 13							
	13-51	13-52	13-53	13-54	13-55	13-56	13-57	13-58
Açıklama	k	m	k	k	k	m	k	m
SiO <sub>2</sub>	3.06	1.26	0.31	1.36	0.52	0.66	0.44	1.8
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.03	0.00	0.01	0.06	0.03	0.16	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
FeO	89.5	87.86	89.32	87.06	89.16	88.3	89.03	92.00
MnO	0.03	0.04	0.01	0.05	0.00	0.00	0.01	0.05
MgO	0.02	0.18	0.06	0.22	0.08	0.11	0.06	0.21
CaO	0.34	0.55	0.04	0.47	0.18	0.27	0.10	0.36
Toplam	93.23	89.94	89.74	89.19	90.01	89.39	89.83	94.53
Si	0.93	0.40	0.10	0.43	0.17	0.21	0.14	0.54
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01
Al	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe(iii)	14.03	15.18	15.80	15.12	15.64	15.56	15.63	14.87
Fe(ii)	8.82	8.12	8.05	8.16	8.08	8.07	8.11	8.33
Mn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg	0.01	0.09	0.03	0.10	0.04	0.05	0.03	0.09
Ca	0.11	0.19	0.01	0.16	0.06	0.09	0.03	0.12
Toplam	24	24	24	24	24	24	24	24
Fe/Fe+Mg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cr/Cr+Al	0.00	0.40	0.00	0.00	0	0.40	0.00	0.00

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 32 oksijene göre hesaplanmıştır. Fe(ii) ve Fe(iii) ayırımı stokiometrik olarak yapılmıştır.

Ek Tablo 2. Köprüyanı cevherleşmesi kalkopirite ait mineral kimyası analizleri

Mineral Örnek no	Kalkopirit 1							13						
	Analiz noktası	1-21	1-22	1-23	1-24	1-51	1-52	13-05-1	13-06-2	13-07-3	13-08-4	13-09-5	13-10-6	13-23
Açıklama	k	m	k	m	k	m	merkezden -----						kenara	k
S	34.89	34.85	34.47	34.82	34.92	34.84	38.16	35.72	34.38	34.2	35.74	34.36	34.84	
Fe	30.27	30.06	30.18	30.32	30.57	29.84	34.29	31.18	30.21	30.31	31.61	30.38	31.32	
Cu	33.70	33.50	33.47	34.00	34.21	33.59	38.31	34.61	33.91	33.93	34.95	33.76	34.46	
Al	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Si	0.07	0.04	0.07	0.08	0.07	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	
Toplam	98.97	98.32	98.16	99.17	99.8	98.17	110.79	101.57	98.56	98.51	102.36	98.51	100.64	
Mineral Örnek no	Kalkopirit 13													
	Analiz noktası	13-24	13-28	13-29	13-37	13-38	13-39	13-40	13-59	13-60	13-61	13-62	13-63	13-64
Açıklama	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	
S	34.11	34.87	34.49	34.59	33.76	34.35	33.93	33.97	33.5	33.55	37.88	33.58	34.67	
Fe	31.02	30.92	31.33	31.75	31.61	30.92	31.10	30.93	31.13	30.51	35.12	31.00	32.09	
Cu	34.51	34.38	34.49	35.23	34.16	34.76	34.26	34.43	34.51	34.01	38.71	34.34	35.22	
Al	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	
Si	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	
Toplam	99.68	100.21	100.35	101.61	99.57	100.03	99.3	99.33	99.17	98.1	111.73	98.95	102.03	

Ek Tablo 2. (Devamı)

Mineral Örnek no	Kalkopirit 13						1			13			
	Analiz noktası	13-65-1	13-66-2	13-67-3	13-68-4	13-69-5	13-70-6	1-21	1-24	1-51	13-23	13-24	13-28
Açıklama	merkezden-----kenara												
S	33.67	33.54	33.75	33.62	42.25	33.51	34.89	34.82	34.92	34.84	34.11	34.87	34.49
Fe	31.06	30.76	31.13	31.16	39.11	30.88	30.27	30.32	30.57	31.32	31.02	30.92	31.33
Cu	34.40	34.64	34.70	34.56	43.27	34.45	33.70	34.00	34.21	34.46	34.51	34.38	34.49
Al	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Si	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.07	0.08	0.07	0.01	0.04	0.02	0.03
Toplam	99.17	98.95	99.61	99.36	124.66	98.88	98.97	99.17	99.8	100.64	99.68	100.21	100.35
Mineral Örnek no	Kalkopirit 13											1	
	Analiz noktası	13-38	13-39	13-40	13-59	13-60	13-63	13-65-1	13-66-2	13-67-3	13-68-4	13-69-6	1-21
Açıklama												k	m
S	33.76	34.35	33.93	33.97	33.50	33.58	33.67	33.54	33.75	33.62	33.51	34.42	34.62
Fe	31.61	30.92	31.10	30.93	31.13	31.00	31.06	30.76	31.13	31.16	30.88	30.33	30.25
Cu	34.16	34.76	34.26	34.43	34.51	34.34	34.40	34.64	34.7	34.56	34.45	34.29	34.28
Al	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Si	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.07
Toplam	99.57	100.03	99.3	99.33	99.17	98.95	99.17	98.95	99.61	99.36	98.88	99.08	99.23

Ek Tablo 2. (Devamı)

Mineral	Kalkopirit															
	1				13											
Örnek no	1-23	1-24	1-51	1-52	13-05-1	13-06-2	13-07-3	13-08-4	13-09-5	13-10-6	13-61	13-62	13-63			
Analiz noktası	1-23	1-24	1-51	1-52	13-05-1	13-06-2	13-07-3	13-08-4	13-09-5	13-10-6	13-61	13-62	13-63			
Açıklama	k	m	k	m	Merkezden-----kenara									k	m	k
S	34.67	34.60	34.35	34.54	34.99	34.54	34.48	34.47	34.44	34.46	35.07	34.36	34.43			
Fe	30.30	30.21	30.23	30.2	30.25	30.13	30.15	29.98	30.17	30.06	30.4	30.3	30.20			
Cu	34.48	34.49	34.35	34.43	34.44	34.00	34.58	34.22	34.32	34.27	34.18	33.81	34.18			
Al	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01			
Si	0.07	0.06	0.07	0.08	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.07	0.03			
Toplam	99.53	99.36	99	99.25	99.7	98.7	99.26	98.69	98.96	98.87	99.71	98.55	98.85			
Mineral	Kalkopirit															
	13															
Örnek no	13-64	13-65-1	13-66-2	13-67-3	13-68-4	13-69-5	13-70-6									
Analiz noktası	13-64	13-65-1	13-66-2	13-67-3	13-68-4	13-69-5	13-70-6									
Açıklama	m	merkezden-----kenara					kenara									
S	34.31	34.46	34.43	34.42	34.5	34.34	34.19									
Fe	30.12	30.36	30.62	30.21	30.46	30.17	30.12									
Cu	34.03	34.31	34.28	34.5	34.12	34.27	33.99									
Al	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00									
Si	0.06	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03									
Toplam	98.51	99.16	99.36	99.16	99.1	98.83	98.34									

Ek Tablo 3. Köprüyanı cevherleşmesi piritte ait mineral kimyası analizleri

<b>Mineral</b> Örnek no	<b>Pirit</b> <b>1</b>					
	Analiz noktası	1-25	1-26	1-25	1-26	1-26
Açıklama	k	m	k	m	m	m
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	53.38	53.23	53.02	53.23	52.95	52.95
Fe	46.58	46.01	46.73	46.01	46.03	46.03
Cu	0.07	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07
Si	0.03	0.04	0.03	0.04	0.06	0.06
Toplam	100.06	99.33	99.83	99.33	99.11	99.11

Ek Tablo 4. Köprüyanı cevherleşmesi epidota ait mineral kimyası analizleri

Mineral Örnek no	Epidot 5												
	Analiz Noktası	5-01	5-02	5-03	5-04	5-05	5-06	5-07	5-08	5-09	5-10	5-11	5-12
Açıklama	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	m	k	
SiO <sub>2</sub>	37.26	38.21	37.66	38.10	38.04	37.90	37.23	38.05	37.30	37.85	37.70	37.83	
TiO <sub>2</sub>	0.28	0.08	0.37	0.07	0.38	0.10	0.33	0.13	0.34	0.09	0.36	0.10	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.40	26.66	22.09	24.78	22.51	25.84	22.08	26.14	21.92	26.08	22.27	24.95	
FeO <sup>T</sup>	12.70	9.05	14.15	11.76	14.42	10.43	14.04	9.73	14.44	9.94	13.81	11.55	
MnO	0.44	0.19	0.12	0.20	0.10	0.26	0.10	0.21	0.11	0.24	0.14	0.30	
MgO	0.06	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01	0.04	0.00	
CaO	22.15	23.10	22.53	22.77	23.07	22.92	22.66	23.01	22.74	22.87	22.64	22.69	
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
H <sub>2</sub> O	1.75	1.81	1.74	1.79	1.75	1.79	1.73	1.79	1.73	1.80	1.73	1.78	
F	0.13	0.13	0.15	0.14	0.17	0.15	0.15	0.16	0.15	0.13	0.17	0.13	
Toplam	98.16	99.26	98.83	99.65	100.49	99.41	98.37	99.22	98.76	99.01	98.87	99.36	
Si	2.977	2.986	2.999	2.986	2.983	2.970	2.982	2.981	2.980	2.973	3.000	2.974	
Ti	0.017	0.005	0.022	0.004	0.022	0.006	0.020	0.008	0.020	0.005	0.022	0.006	
Al	2.204	2.455	2.073	2.289	2.080	2.386	2.085	2.413	2.064	2.414	2.089	2.312	
Fe <sup>+3</sup>	0.849	0.591	0.942	0.771	0.946	0.683	0.941	0.637	0.965	0.653	0.919	0.759	
Mn	0.030	0.013	0.008	0.013	0.007	0.017	0.007	0.014	0.007	0.016	0.009	0.020	
Mg	0.007	0.002	0.004	0.002	0.005	0.002	0.005	0.002	0.004	0.001	0.005	0.000	
Ca	1.896	1.934	1.922	1.912	1.938	1.924	1.945	1.931	1.946	1.925	1.930	1.911	
Na	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Toplam	8.980	8.987	8.971	8.981	8.981	8.989	8.986	8.986	8.986	8.988	8.975	8.985	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 12.5 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 4. (Devamı)

Mineral Örnek no Analiz noktası	Epidot 5									
	5-13-1	5-14-2	5-15-3	5-16-4	5-17-5	5-20-2	5-21-3	5-22-4	5-23-5	5-24 6
Açıklama	merkezden-----kenara					merkezden-----kenara				
SiO <sub>2</sub>	37.56	37.73	37.72	37.75	37.83	37.82	37.88	37.42	38.13	38.18
TiO <sub>2</sub>	0.34	0.38	0.38	0.04	0.03	0.19	0.10	0.08	0.08	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.25	22.06	22.11	24.27	24.98	23.80	23.86	23.26	24.13	25.87
FeO	13.94	14.13	14.29	12.24	11.27	12.45	12.67	13.45	12.32	10.00
MnO	0.13	0.09	0.07	0.14	0.11	0.23	0.16	0.14	0.06	0.14
MgO	0.04	0.05	0.06	0.02	0.02	0.07	0.02	0.02	-0.01	0.00
CaO	22.55	22.66	22.50	22.82	22.96	22.72	22.68	22.72	22.84	23.14
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O	1.74	1.75	1.73	1.77	1.78	1.78	1.78	1.76	1.78	1.82
F	0.14	0.12	0.17	0.14	0.14	0.11	0.11	0.13	0.14	0.10
Toplam	98.70	98.99	99.02	99.18	99.11	99.17	99.27	98.99	99.48	99.31
Si	2.995	3.000	2.998	2.979	2.979	2.987	2.988	2.971	2.998	2.990
Ti	0.020	0.023	0.023	0.002	0.002	0.011	0.006	0.005	0.005	0.004
Al	2.091	2.068	2.071	2.257	2.318	2.215	2.218	2.176	2.236	2.387
Fe <sup>+3</sup>	0.929	0.940	0.950	0.808	0.742	0.822	0.836	0.893	0.810	0.655
Mn	0.009	0.006	0.005	0.009	0.007	0.015	0.011	0.009	0.004	0.009
Mg	0.005	0.006	0.007	0.002	0.002	0.008	0.002	0.002	-0.001	0.000
Ca	1.926	1.931	1.916	1.929	1.937	1.923	1.917	1.932	1.924	1.941
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Toplam	8.975	8.973	8.969	8.987	8.989	8.983	8.979	8.992	8.975	8.986

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 12.5 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo 4. (Devamı)

Mineral Örnek No Analiz noktası	Epidot 5								
	5-25	5-26	5-36 1	5-37 2	5-38 3	5-39 4	5-40-5	5-41-6	
Açıklama	k	m	Merkezden-----					-----kenara	
SiO <sub>2</sub>	37.64	38.23	38.54	37.71	37.55	36.22	37.51	37.75	
TiO <sub>2</sub>	0.52	0.21	0.51	0.25	0.11	0.09	0.13	0.10	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.96	25.15	22.74	23.19	22.87	22.21	21.92	24.01	
FeO	14.08	11.10	13.34	13.16	14.03	12.58	12.52	12.01	
MnO	0.10	0.19	0.12	0.22	0.30	0.13	0.18	0.13	
MgO	0.08	0.01	0.04	0.05	0.04	0.05	0.79	0.02	
CaO	22.66	22.92	22.27	22.43	22.20	23.76	22.61	22.65	
Na <sub>2</sub> O	0.02	0.01	0.27	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
H <sub>2</sub> O	1.74	1.80	1.76	1.74	1.72	1.61	1.69	1.76	
F	0.15	0.12	0.16	0.17	0.19	0.33	0.23	0.13	
Toplam	98.95	99.75	99.75	98.92	99.02	96.98	97.61	98.55	
Si	2.996	2.988	3.029	2.991	2.982	2.954	3.020	2.995	
Ti	0.031	0.012	0.030	0.015	0.007	0.006	0.008	0.006	
Al	2.060	2.317	2.106	2.168	2.141	2.135	2.080	2.245	
Fe <sup>+3</sup>	0.937	0.726	0.877	0.873	0.932	0.858	0.843	0.797	
Mn	0.007	0.013	0.008	0.015	0.020	0.009	0.012	0.009	
Mg	0.009	0.001	0.005	0.006	0.005	0.006	0.095	0.002	
Ca	1.932	1.920	1.875	1.906	1.889	2.076	1.950	1.925	
Na	0.003	0.002	0.041	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Toplam	8.976	8.979	8.970	8.974	8.975	9.044	9.013	8.979	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 12.5 oksijene göre hesaplanmıştır.

Ek Tablo5. Köprüyanı cevherleşmesi granata ait mineral kimyası analizleri

Mineral Örnek no Analiz noktası	Granat 1									
	1-01-1	1-02-2	1-03-3	1-04-4	1-05-5	1-06-6	1-07	1-08	1-09	1-12
Açıklama	Merkezden-----					kenara				
							k	m	m	k
SiO <sub>2</sub>	34.68	34.57	34.76	35.87	35.38	35.08	35.4	36.63	35.77	35.13
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0	0.01	0.02	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.92	0.06	0.2	0.34	0.60	1.43	0.74	7.89	4.08	0.43
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30.88	31.67	31.87	32.5	31.41	29.84	30.84	21.48	27.39	31.28
MnO	0.75	0.68	0.72	0.75	0.77	0.76	0.46	0.9	0.63	0.61
MgO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02
CaO	32.18	32.08	31.93	32.68	31.87	32.16	32.04	33.06	32.3	32.13
F	0.4	0.42	0.36	0.29	0.29	0.27	0.25	0.43	0.41	0.26
Toplam	99.8	99.51	99.85	102.47	100.36	99.55	99.76	100.41	100.61	99.89
Si	2.87	2.88	2.88	2.89	2.91	2.90	2.92	2.93	2.90	2.90
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.09	0.01	0.02	0.03	0.06	0.14	0.07	0.74	0.39	0.04
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>3+</sup>	2.17	2.24	2.21	2.18	2.12	2.06	2.08	1.40	1.81	2.15
Fe <sup>2+</sup>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.05	0.04	0.05	0.01
Mn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.06	0.04	0.04
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.85	2.86	2.84	2.83	2.81	2.85	2.84	2.83	2.81	2.85
Toplam	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	0	0	0	1	1	0	2	1	2	0
Spessartine	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2
Pyrope	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0
Grossular	4	0	1	1	3	6.	3	33	17	2

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 12 oksijene göre hesaplanmıştır. m = merkez, k = kenar

Ek Tablo 5. (Devamı)

Mineral Örnek no Analiz noktası	Granat 1														
	1-13	1-14	1-15	1-16	1-17	1-18	1-19	1-20	1-27-1	1-28-2	1-29-3	1-30-4	1-31-5	1-32-6	
Açıklama	m	m	m	k	m	m	k	m	Merkezden-----						kenara
SiO <sub>2</sub>	36.26	35.45	35.3	35.23	36.21	35.92	35.06	35.24	34.76	34.73	34.63	34.75	35.01	35.04	
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.02	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.43	3.01	0.14	0.55	6.03	3.74	4.48	4.53	0.32	0.10	0.15	0.28	1.1	0.88	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.21	27.67	31.98	31.08	23.95	27.08	25.79	25.77	31.32	31.61	31.47	31.32	30.24	30.46	
MnO	0.86	0.78	0.64	0.61	0.8	0.79	0.92	0.72	0.7	0.73	0.7	0.71	0.6	0.64	
MgO	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	
CaO	32.87	32.17	31.87	32.01	32.55	32.15	32.3	32.74	31.77	31.66	31.65	31.45	31.97	31.9	
F	0.31	0.34	0.24	0.29	0.31	0.32	0.62	0.33	0.36	0.33	0.32	0.32	0.34	0.34	
Toplam	99.97	99.43	100.2	99.8	99.89	100.01	99.21	99.35	99.25	99.19	98.91	98.86	99.3	99.29	
Si	2.92	2.91	2.91	2.91	2.93	2.93	2.88	2.88	2.90	2.90	2.90	2.91	2.91	2.91	
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Al	0.61	0.29	0.01	0.05	0.57	0.36	0.43	0.44	0.03	0.01	0.01	0.03	0.11	0.09	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe <sup>3+</sup>	1.54	1.88	2.16	2.12	1.57	1.78	1.80	1.80	2.17	2.19	2.19	2.15	2.08	2.09	
Fe <sup>2+</sup>	0.03	0.02	0.05	0.03	0.05	0.07	-0.03	-0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	
Mn	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ca	2.84	2.83	2.82	2.84	2.82	2.81	2.84	2.87	2.84	2.83	2.84	2.82	2.84	2.84	
Toplam	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Almandine	1	1	2	1	2	2	0	0	0	1	0	1	1	1	
Spessartine	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	
Pyrope	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Grossular	27	13	0	3	26	16	19	19	2	0	1	1	5	4	
Andradite	70	84	96	95	70	80	79	80	96	97	97	96	93	93	

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 12 oksijene göre hesaplanmıştır. m = merkez, k = kenar

Ek Tablo 5. (Devamı)

Mineral Örnek no Analiz noktası	Granat 1								
	1-36	1-37	1-38	1-43-1	1-44-2	1-45-3	1-46-4	1-47-5	1-48-6
Açıklama	k	m	m	merkezden-----					kenara
SiO <sub>2</sub>	34.94	35.03	35.56	35.09	34.84	34.76	34.64	34.8	35.49
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.17	0.27	2.13	0.16	0.46	0.35	0.5	0.93	3.03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31.94	31.51	29.04	31.48	31.45	31.72	31.19	30.63	28.1
MnO	0.72	0.64	0.71	0.61	0.79	0.71	0.7	0.7	0.79
MgO	0.02	0.01	0.00	0.06	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01
CaO	31.82	31.81	31.91	31.99	31.74	31.59	31.8	31.72	32.13
F	0.32	0.28	0.27	0.27	0.35	0.32	0.32	0.3	0.31
Toplam	99.94	99.57	99.64	99.68	99.69	99.46	99.2	99.11	99.9
Si	2.89	2.91	2.93	2.91	2.89	2.89	2.89	2.90	2.91
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.02	0.03	0.21	0.02	0.04	0.03	0.05	0.09	0.29
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>3+</sup>	2.19	2.15	1.94	2.16	2.17	2.18	2.18	2.11	1.89
Fe <sup>2+</sup>	0.02	0.03	0.06	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02	0.03
Mn	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
Mg	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.82	2.83	2.82	2.84	2.82	2.82	2.84	2.83	2.82
Toplam	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	1	1	2	0	0	1	0	1	1
Spessartine	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pyrope	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grossular	1	1	9	1	2	1	2	4	13
Andradite	96	96	87	97	96	96	96	93	84

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 12 oksijene göre hesaplanmıştır. m = merkez, k = kenar

Ek Tablo 5. (Devamı)

Mineral Örnek no Analiz noktası	Granat										
	1		13								
	1-49	1-50	13-11	13-12	13-13	13-14	13-15	13-16	13-17	13-18	13-19
Açıklama	k	m	m	m	m	k	m	k	m	m	m
SiO <sub>2</sub>	35.84	34.58	36.1	35.08	35.38	35.33	35.37	35.84	35.24	34.9	36.13
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.04	0.17	0.02	0.01	0.02	0.01	0.11	0.03	0.01	0.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.72	1.30	9.83	0.5	0.16	0.5	0.19	10.3	0.46	0.11	10.34
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.59	30.86	18.25	31.05	31.79	30.96	31.85	17.84	31.1	32.49	17.91
MnO	0.88	0.84	0.79	1.05	1.34	0.96	1.34	0.82	1.05	1.43	0.80
MgO	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
CaO	32.59	31.66	33.89	31.48	30.74	31.58	30.65	33.62	31.45	30.74	33.89
F	0.48	0.26	0.63	0.24	0.15	0.25	0.16	0.64	0.26	0.18	0.59
Toplam	99.17	99.55	99.68	99.43	99.59	99.61	99.59	99.19	99.61	99.85	99.87
Si	2.91	2.86	2.89	2.91	2.94	2.93	2.94	2.88	2.92	2.90	2.88
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Al	0.64	0.13	0.93	0.05	0.02	0.05	0.02	0.97	0.04	0.01	0.97
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>3+</sup>	1.52	2.14	1.28	2.12	2.10	2.09	2.10	1.26	2.10	2.19	1.25
Fe <sup>2+</sup>	0.02	0.00	0.00	0.04	0.11	0.06	0.11	0.00	0.05	0.06	0.00
Mn	0.06	0.06	0.05	0.07	0.09	0.07	0.09	0.06	0.07	0.10	0.05
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.84	2.81	2.90	2.80	2.74	2.81	2.73	2.89	2.80	2.73	2.89
Toplam	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	1	0	0	1	3	2	4	0	2	2	0
Spessartine	2	2	0	2	3	2	3	2	2	4	2
Pyrope	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Grossular	29	5	42	2	1	2	0	43	2	0	42
Andradite	68	93	58	95	93	94	93	55	94	94	56

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 12 oksijene göre hesaplanmıştır. m = merkez, k = kenar

Ek Tablo 5. (Devamı)

Mineral	Granat						
	Örnek no	13					
Analiz noktası	13-20	13-21	13-71	13-72	13-73	13-74	13-75
Açıklama	m	m	m	m	m	m	m
SiO <sub>2</sub>	34.94	34.74	36.48	34.78	35.00	36.31	34.78
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.01	0.17	0.02	0.01	0.33	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.37	0.19	10.47	0.18	0.29	9.97	0.37
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32.04	32.58	17.86	32.01	32.24	18.4	31.95
MnO	1.08	1.38	0.86	0.74	0.97	0.82	0.87
MgO	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
CaO	31.42	30.82	33.58	31.65	31.3	33.7	31.76
F	0.2	0.19	0.51	0.32	0.28	0.6	0.26
Toplam	100.07	99.92	99.95	99.74	100.09	100.13	100
Si	2.89	2.88	2.90	2.89	2.90	2.89	2.88
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
Al	0.04	0.02	0.98	0.02	0.03	0.94	0.04
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>3+</sup>	2.18	2.22	1.20	2.20	2.18	1.24	2.21
Fe <sup>2+</sup>	0.03	0.04	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00
Mn	0.08	0.10	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	2.78	2.74	2.86	2.82	2.78	2.87	2.81
Toplam	8	8	8	8	8	8	8
Almandine	1	2	0	0	2	0	0
Spessartine	3	3	2	2	2	2	2
Pyrope	0	0	0	0	0	0	0
Grossular	1	1	44	1	1	42	2
Andradite	96	94	54	97	95	56	96

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindedir. Yapısal formüller 12 oksijene göre hesaplanmıştır. m = merkez, k = kenar