

# ÇAVDIR (BURDUR) BAKIR CEVHERLEŞMESİNİN OLUŞUMU VE JEOLJİSİ

## THE FORMATION AND GEOLOGY OF ÇAVDIR (BURDUR) COPPER MINERALIZATION

**Zeynep Cansu<sup>1\*</sup>, Hasan Emre<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı, 34320, Avcılar, İstanbul, Türkiye*

*Yayına Geliş (Received): 12.02.15, Yayına Kabul (Accepted): 05.07.15, Basılma tarihi (Published): Kasım/November 2015*

*\*Corresponding author:zeynep.oru@istanbul.edu.tr*

### Öz

Çavdır (Burdur) kuzeydoğusunda Likya Napları olarak bilinen tektonik birime ait bindirme dilimleri içerisinde gözlenen bakır cevherleşmesinin oluşumu incelenmiştir. Bakır cevherleşmesi, Marmaris Ofiyolit Napının gabro ve serpantinleşmiş harzburgitlerinde yer almaktadır ve genellikle K 30-45°D doğrultulu kuvars damarları içinde gözlenmektedir. Bu damarlarda kalkopirit, bornit, kovellin gibi bakır mineralleri ile götit, hematit, manyetit gibi demir mineralleri ve ikincil bakır minerallerinden malakit ±azurit gözlenmektedir. Ayrışmış zonlardan alınan örnekler üzerinde yapılan X-Ray Difraktometre çalışmalarına göre, cevherleşmeye yaygın bir şekilde arjilik-propilitik alterasyon eşlik etmektedir. Kuvars örneklerinin iki fazlı birincil (L+V) sıvı kapanımları üzerinde yapılan mikrotermometrik çalışmalarda homojenleşme sıcaklığı ortalama 267 °C ölçülmüş, %NaCl eşdeğeri tuzluluğu ortalama %6.22, yoğunluğu ise 0.82 gr/cm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar epitermal bir sisteme ve NaCl-KCl çözelti bileşimine işaret etmektedir. Tüm bu veriler ve cevherleşmenin arazide gözlenen faylara paralellik gösteren yapısı genç hidrotermal damar tipi bir cevherleşmeyi destekler durumdadır. Cevherleşmeyi oluşturan çözeltinin kökenini saptamaya ilişkin yapılan duraylı kükürt izotopu çalışmalarında, taze kalkopirit örneklerinden  $\delta^{34}\text{S}(\text{‰}) = 0.95, 1.61$ , altere örnekte ise 5.96 değerleri elde edilmiştir. Bu değerler magmatik bir sisteme işaret etmektedir. Duraylı oksijen izotopu çalışmalarında, kuvars örneklerinden  $\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 10.3, 9.7, 9.1$  değerleri elde edilmiş olup bu değerler de magmatik kayalara ait değerlerle benzerdir. Ancak -47.9, -56.9, -63.6 olarak ölçülen  $\delta\text{D}(\text{‰})$  değerleri, hafif H izotopları bileşimini temsil etmekte ve kısmen meteorik kökene de işaret etmektedir. Her ne kadar S ve O izotop verileri magmatik bir kaynağa işaret etse de ortalama %6 tuzluluk değeri ve hafif H izotopları bileşimi, sisteme meteorik suyun da katıldığını ve beklenen tuzluluk değerinin de bu yolla seyredildiğini düşündürmektedir. Cevherleşmede herhangi bir kataklazma izine rastlanmaması, mineralizasyonun nap yerleşiminden sonra muhtemelen Oligo-Miyosen sonrası dönemde gerçekleşen magmatik suyun etkinliğinde oluşmuş hidrotermal damar tipi bir oluşum ile geliştiğini desteklemektedir.

**Anahtar kelimeler:** Çavdır, bakır, duraylı izotop, sıvı kapanım

### Abstract

The formation of the copper mineralization in the thrust sheets of the Lycian Nappes to the NE of Çavdır (Burdur) is studied. Copper mineralisation is hosted by gabbros and serpentinized harzburgites of the Marmaris Ophiolite Nappe and is usually located within quartz veins that trend N30-45°E. Chalcopyrite, bornite, covellite, goethite and iron minerals like hematite and magnetite and, secondary malachite±azurite are observed within these veins. Argillic-pyrophyllitic alteration widely accompanies the ore mineralization according to the X-Ray Diffractometer studies on the samples from the altered zones. Microtermometric measurements, carried out on primary fluid inclusions (L+V) in quartz samples yielded mean homogenization temperatures (Th) of 267°C, mean NaCl equivalent salinity values of 6.22% and mean density of 0.82 gr/cm<sup>3</sup>. These microtermometric data point out to an epithermal system in which the fluids involved were of NaCl-KCl in composition. All these data and the structure of the ore being parallel to the faults observed in the field support an origin in a young, vein-type hydrothermal system.

Stable sulphur isotope studies, performed to determine the origin of the ore forming fluids, reveal  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) values of 0.95, 1.61 on fresh chalcopyrite samples and 5.96 on altered ones. These values are consistent with formation in a magmatic system. Oxygen isotope studies carried out on quartz yielded  $\delta^{18}\text{O}$  (‰) values of 10.3, 9.7, 9.1, which are similar to those in magmatic rocks.  $\delta\text{D}$  (‰) values of -47.9, -56.9 and -63.6, however, represent light H isotope composition and indicate, in part, a meteoric origin. Although S and O isotope data show a magmatic origin, mean salinity value of 6‰ and light H isotope composition clearly demonstrate partition of meteoric water to the system, which is thought to have diluted the expected salinity.

The absence of any trace of cataclasis in the ore veins support formation of mineralization long after the nappe emplacement, possibly some time after Oligo-Miocene, within a hydrothermal vein-type system, controlled mainly by magmatic fluids,

**Key words:** Çavdır, copper, stable isotope, fluid inclusion

## 1. GİRİŞ

İnceleme alanında Likya Napları olarak bilinen Neotetisin kalıntıları ofiyolitik kayaçlar yüzeylenmektedir. Graciansky (1968) Batı Toroslarda Likya Naplarını üç alt kısma ayırmıştır. Bunlar peridotit napı, farklı cins ve kökenli ara ekaylar kompleksi ve en altta otokton birimlerdir. Graciansky (1972), Meşhur vd. (1989) ve Şenel (1997), çalışma sahasını da kapsayan geniş bir alanın 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalamasını yapmışlardır. Poisson (1977) Batı Toroslarda üç ana yapı ayırt etmiş ve bunları; Triyas-Pliyosen yaşlı Beydağları Otoktonu, Maastrihtiyen-Daniyen'de yerleşmiş Antalya Napları ve Langiyen'de yerleşmiş Lisiyen (Likya) Napları olarak tespit etmiştir. Yalçinkaya vd. (1986), Likya Naplarının İzmir-Ankara zonunda oluşan ofiyolitlerin Üst Kretase ve Üst Paleosen'de Menderes masifinin güneyine aktarılan ofiyolitli karmaşıklar olduğunu söylemişlerdir. Collins ve Robertson (1997, 1998, 1999) Likya Alloktionunun Geç Paleozoyik-Mezozoyik döneminde kuzeye bakan açılma ve pasif kıta kenar dizisi olduğunu, otoktonundan parçalar halinde ayrılarak Geç Kretase-Geç Miyosen arasında güneydoğuya hareket ettiğini ileri sürmüşler, her bir nap dilimini yaş, ortam ve diğer dilimlerle ilişkisi çerçevesinde ayrıntılı olarak açıklayıp Likya naplarının evrimini ortaya koymuşlardır. Bu genç nap kompleksi Geç Kretase-Erken Tersiyer'de yerleşmiştir (Robertson vd., 2002; Collins ve Robertson, 2003). Collins ve Robertson (1998), İzmir- Ankara Neo-Tetis kolunun kuzeye bakan pasif kenarının Mezozoyik rift havzalarını yansıttığını belirtmektedir. Güngör ve Erdoğan (2001), Erken-Orta Miyosendeki ana Menderes metamorfizmasından sonra -Orta Miyosendeki sedimanter örtünün depolanmasından önce Likya Naplarının

Menderes Masifi üzerine düşük açılı normal bir fay boyunca yerleştiğini belirtmişlerdir.

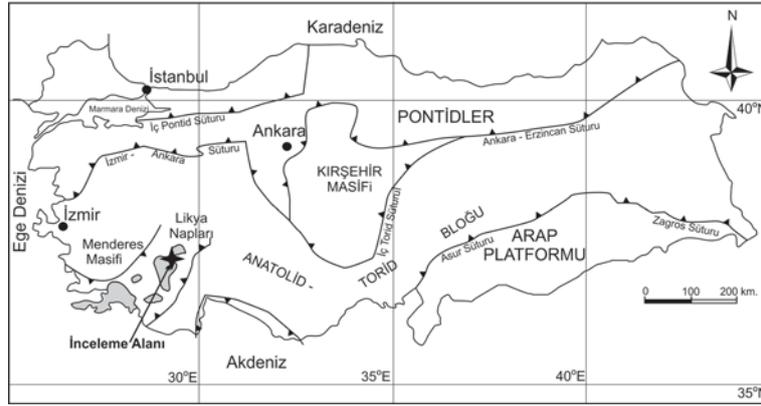
Likya Naplarının yerleşimi ve yapısal-litolojik özelliklerini ortaya koyan bu çalışmaların yanı sıra, ofiyolitlerle ilişkili olarak gelişen farklı maden yataklarına yönelik yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar genellikle peridotit

bindirme dilimleriyle ilişkili krom yatakları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Borchert (1958), birincil kromit yataklarının şekillerinden, bunların postmagmatik tektonik parçalanmalarından bahsetmiş, magmatik bantlaşmanın eğimine bağlı olan şekil ve tip değişimlerine, tektonik parçalanmasına sebep olan fay sistemlerine değinmiştir. Engin (1969), Fethiye bölgesinde ultramafik kayaçların petrolojisini çalışmış, sahada işletilebilir boyuttaki kromit yataklarının çoğunlukla adese (podiform) şeklinde olduğunu söylemiştir. Birgili vd. (1987) Muğla ve Denizli'deki krom yataklarını incelemiş ve maden jeolojisi ön raporu sunmuşlardır. Çelebi vd. (1988,1989), bölgede ofiyolitlerle ilişkili manganez yataklarına değinmişlerdir. Bu çalışmalara ek olarak Uçurum (2000), Türkiye'de Likya Napları da dahil olmak üzere toplam 10 farklı bölgede krom ve yan kayaçlarının platin grubu element (PGE) ve altın içerikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Uysal vd. (2005), Muğla-Ortaca'da dunitlerle ilişkili kromitlerdeki PGE içeriğine ve mineralojisine katkıda bulunmuşlardır. Akbulut ve Pişkin (2008), devamlılığını bilmedikleri 3 metre uzunluğundaki kalkopirit, sfalerit, pirit içeren masif ve tabular cevher damarı ile ilgili ilk bulguları yayınlamışlardır. Akbulut ve Pişkin (2008), mikrotaneli makaslanmış dolerit yan kayasında foliasyon düzlemlerine paralel olarak gelişmiş cevher damarının mineralizasyo-

nunun okyanus tabanı birimlerinin dalma batması esnasında yerleşen ofiyolitlerle ilişkili volkanojenik masif sülfid yatağının parçalanmış uzak bir kesimi olduğunu belirtmişlerdir. Likya Napları ile ilişkili yapılmış tüm bu çalışmalar da bölgede polimetalik cevherleşmelerin varlığına işaret etmektedir.

## 2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanı olan Çavdır (Burdur) Kuzeybatısında Likya Napları olarak bilinen kaya birimleri yer alır (Şekil 1). Likya Napları, GB Anadolu'da Menderes Masifi ile Beydağları Otoktonu arasında GB-KD uzanımlı Alt Langiyen bindirme yaşlı pek çok yapısal birimden oluşan allokton karmaşığı olarak tanımlanabilir (Şenel, 1991).

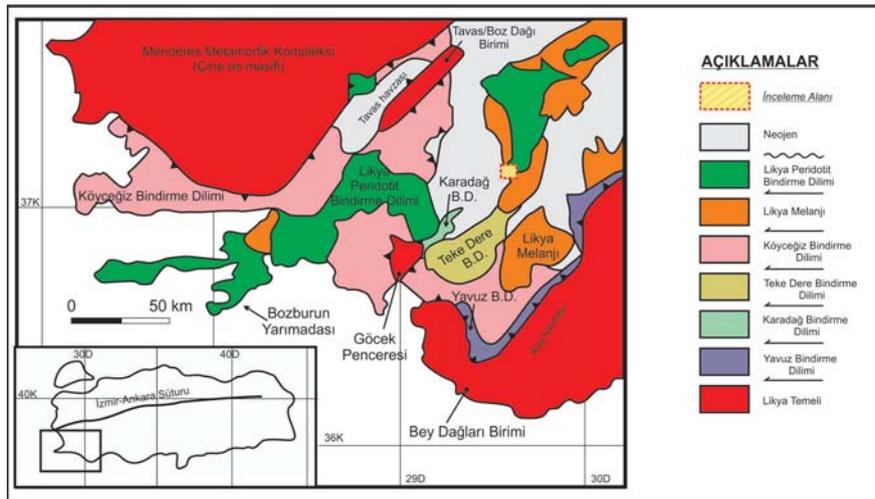


Şekil 1. Türkiye'nin tektonik haritası ve Likya Naplarının bölgesel jeolojideki yeri (Okay ve Tüysüz, 1999 ve Önen, 2003'den düzenlemiştir)

Figure 1. Tectonic map of Türkiye and location of Lycian Nappes in regional geology (modified after Okay and Tüysüz, 1999 and Önen, 2003)

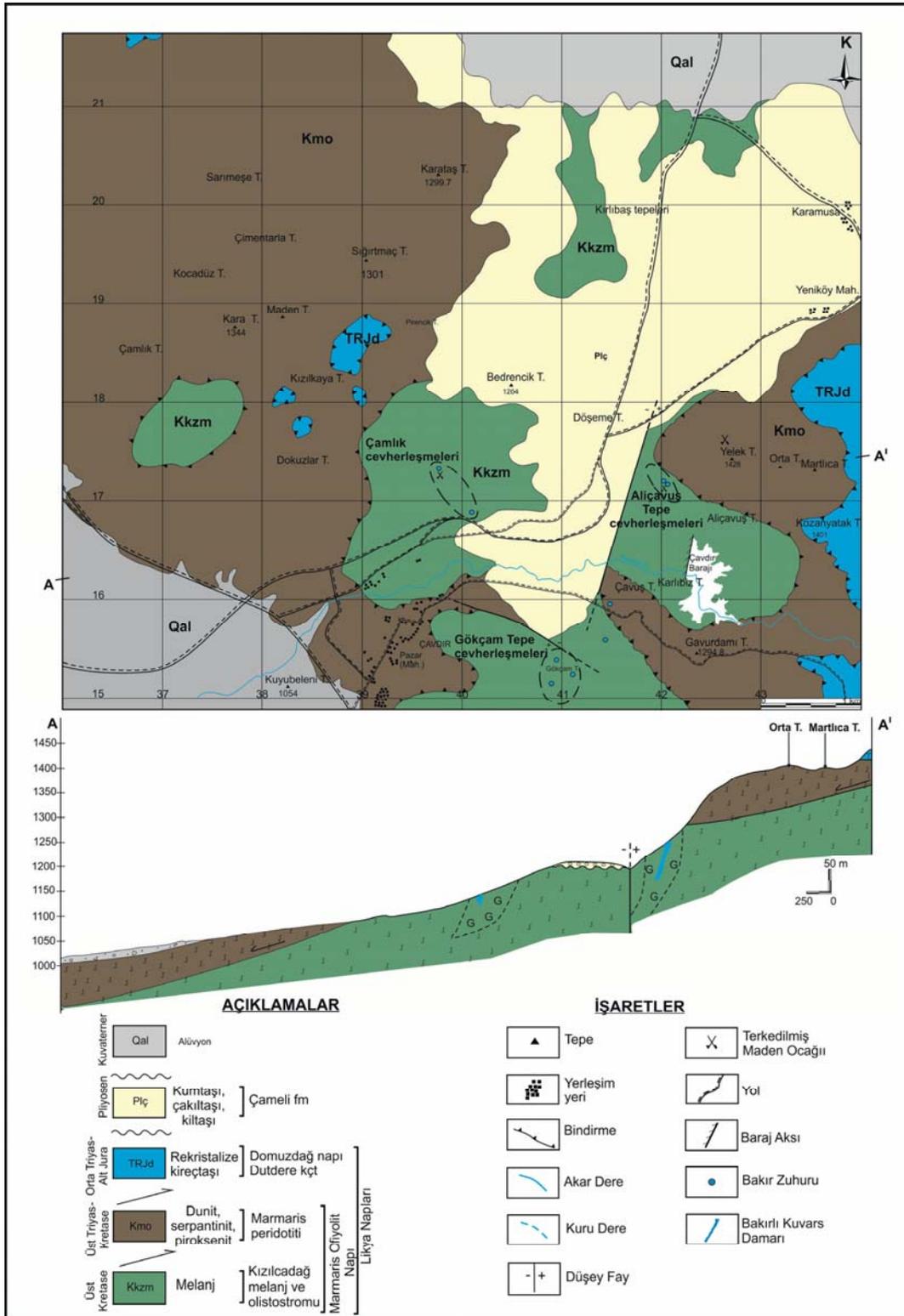
Likya Napları kuzeyde Menderes Masifi, güneyde Beydağları otoktonunun üzerinde bindirme paketleri halinde yerleşmiştir. Likya naplarının tektonostratigrafisi ile ilgili en güncel çalışmalar Collins ve Robertson (1998), Collins ve Robertson (1999) tarafından yapılmıştır.

Bu yazarlar Likya Naplarını Likya Alloktonu olarak telafuz etmiş ve Likya Temeli, Likya Bindirme Dilimleri, Likya Melanjı ve Likya Peridotit Bindirme dilimi olmak üzere alt litolojik birimlere ayırmıştır. İnceleme alanında Likya Peridotit Bindirme dilimi ve Likya Melanjı birimlerine rastlanır (Şekil 2).



Şekil 2. Likya Alloktonunun tektonostratigrafik haritası (Collins ve Robertson,1998).

Figure 2. Tectonostratigraphic map of Lycian Allochthon (Collins and Robertson,1998).



Şekil 3. İnceleme alanının jeoloji haritası.

Figure 3. Geological map of study area.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Grup	Formasyon	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner					Kum, kil çakıl ve bloklardan oluşmuş, tutturulmamış malzeme
	Tersiyer	Pliyosen		Çameli formasyonu		Uyumsuzluk
	Neojen					
MESOZOYİK	TRIYAS-JURA	Liyas	Domuzdağ Napı (Likya Napıları)	Dutdere kireçtaşı		Rekristalize kireçtaşı
	JURA - KRETASE	Üst Triyas-Kretase	Marmaris Ofiyolit Napı (Likya Napıları)	Marmaris Peridotiti		Bindirme
		Üst Kretase				
			Kızılcaadağ Melanjı		Bindirme	
						Serpantinleşmiş harzburjit, diyabaz daykı, dunit, piroksenit.
						Kromit mercerleri
						Bakırlı kuvars damarları
						Serpantinit hamur içerisinde gabro, radyolarit, bazalt, spilit, diyabaz.

Ölçeksiz

Şekil 4. İnceleme alanının stratigrafik sütun kesiti.

Figure 4. Stratigraphic column section of study area.

Bu çalışmada ayrıntılı genel jeolojisi ve inceleme alanındaki birimlerle uyumu sebebiyle adlamalar Şenel (1997)'ye göre yapılmıştır. İnceleme alanında yüzeyleyen birimler Marmaris Ofiyolit Napına ait Kızılcaadağ Melanjı ve Olistostromu ve Marmaris Peridotiti, Domuzdağ Napına ait Dutdere Kireçtaşı, Likya Naplarına ait bu dilimleri uyumsuz olarak örten Pliyosen yaşlı Çameli Formasyonu ve tüm birimleri uyumsuz olarak örten Kuvaterner yaşlı genç çökellerdir (Şekil 3). Bu birimlerin birbirleriyle olan stratigrafik ilişkileri Şekil 4'te verilmiştir. Çalışma alanının konusu olan cevherleşme, ev

sahipliği yapan Marmaris ofiyolit napı ile sınırlı olduğu için ayrıntılı olarak yalnızca bu birime değinilmiştir. İnceleme alanında Kızılcaadağ Melanjı içinde bulunan Çavdır bakır cevherleşmesinin yanısıra Marmaris Peridotit birimi içerisinde Yelek Tepe'de açılmış bir krom ocağı bulunmaktadır.

Ofiyolit istifi bu alanda kendi içerisinde bindirmelerle terslenmiştir. Öyle ki daha yüksek kesimlerde dunit-peridotit kümülatları, daha alçak kesimlerde ise levha-dayk kompleksi gözlenmektedir.

İnceleme alanının jeolojisi Kıbrıs tipi bir bakır yatağına çağrışım yapmasına rağmen, bu yatak tipinin yan kayası olarak bilinen yastık lavların istifte bulunmayışı bu tip bir yatağın var olma ihtimalini ortadan kaldırmaktadır.

### 2.1. Marmaris Peridotiti (Kmo)

Genelde harzburjit ve serpantinleşmiş harzburjitlerden oluşur. Serpantinitler, yeşil, yeşilimsi siyah veya siyah renklerde olup, cam parlaklığı gösterirler. Genellikle bindirme zonlarında yaygın serpantinleşme gözlenir (Şekil 5).

Aşınma yüzeyi kırmızı, kırmızı kahve, yeşilimsi gri renkli, orta-iri taneli harzburjitlerde, yeşil ve cam parlaklığındaki olivin kristalleri ile gümüşü renkli piroksen kristalleri belirgindir.

Birim içinde makaslanma nedeniyle blok görünümü almış izole diyabaz ve gabro filonlarına sıkça rastlanır (Şenel, 1997).

#### 2.1.a. Dunitler (Kmod)

Harzburjitlere oranla daha düz topografya gösteren dunitler, açık yeşilimsi, yeşilimsi gri ve kahve renklidir. Kırılma yüzeyleri zeytin yeşili renktedir. İnce taneli ve düzensiz kırılmalıdır.

İnceleme alanında Yelek Tepe’de yüzeyleyen dunitler, düşük tenörlü saçınımlı kromit içerirler (Şekil 6).

### 2.2. Kızılcaadağ Melanj ve Olistostromu (Kkzm)

Ofiyolitli melanj ve olistostromla temsil edilen birim, Poisson (1977) tarafından adlandırılmıştır.

Serpantinit bir hamur içinde Permiyen yaşlı



Şekil5. a. İnceleme alanında Aliçavuş Tepe kuzeyinde b. Gökçam Tepe GB’sında yüzeyleyen serpantinleşmiş harzburjitler.

Figure5. a. Serpantinized harzburgites in the the study area. N of the Aliçavuş Hill b. SW of the Gökçam Hill.



Şekil 6. Yelek Tepe’de dunitler içinde açılmış krom ocağı.

Figure 6. Chromite open pit mine in dunit at the Yelek Hill.

karbonat, Triyas, Jura, Kretase yaşlı karbonatlar, yaşı belirlenememiş olan radyolarit-çört, çörtlü kireçtaşı, neritik kireçtaşları ile bazalt, spilit, tüf, tüfit, gabro, diyabaz vb. bloklar kapsar (Şenel,1997).

#### 2. 2. a. Gabrolar

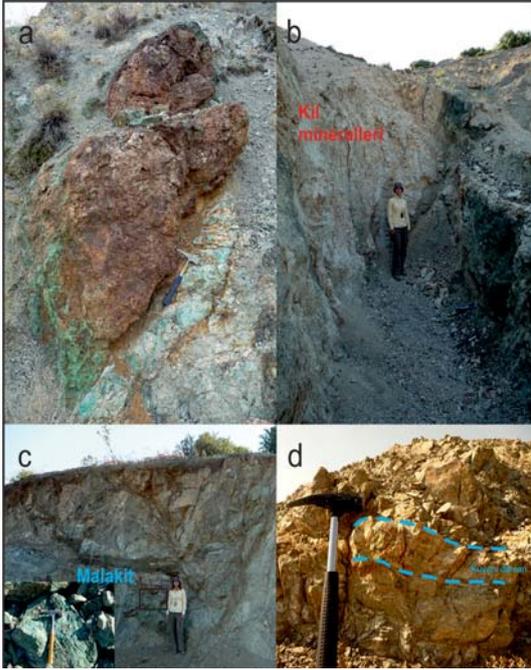
Gabrolar masif görünümü, açık yeşil, yeşilimsi gri renklerde olup, orta-ince tanelidir. Klinopiroksen, plajioklas (labrador) ve eser miktarda olivinden oluşur (Şenel, 1997).

İnceleme alanında bakır cevherleşmelerinin yan kayası genellikle gabrolardır. Taze yüzey rengi grimsi yeşil, ayrışmış yüzey rengi alterasyona bağlı olarak yer yer açık renkli, yer yer kırmımsı kahvedir (Şekil 7-8).



Şekil 7. Çamlık bölgesinde yüzeyleyen kloritleşmiş gabrolar.

Figure 7. Chloritized gabbros outcropped in the Çamlık region.



**Şekil 8.** Cevherleşmeden görüntümler. **a.** malakit+kuvars) **b-c.** Üretim yapılan ana damarlar ve eşlik eden kil zonları. **d.** Birkaç cm genişliğindeki bakırlı kuvars damarı.

**Figure 8.** The views from the mining district. **a.** Mineralization formed along the fracture zone (hematite ore with surrounding malachite+quartz occurrences. **b-c.** The main production veins and accompanying clay zones). **d.** Copper bearing quartz veins with a few cm widths.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Mineralojik-Petrografik Çalışmalar

İnceleme alanında üç farklı cevherleşme bölgesi ve yan kayaçlarından alınan numunelerinin mineralojik- petrolojik- dokusal özelliklerini saptamaya yönelik olarak ince kesitleri hazırlanmıştır. El örneğini en iyi temsil eden bölge işaretlenerek yaklaşık 2 cm kalınlığında bir parça kesilerek Struers- Discoplan Ts marka ince kesit makinesinde 30  $\mu$ 'a kadar inceltiştir. Hazırlanan ince kesitler James Swift marka Polarizan Mikroskop ile incelenmiş, mineral tanımlamaları yaparken aynı zamanda kimyasal analizler için de örnekler seçilmiştir.

Üstten aydınlatmalı Leitz-SM Lux Marka cevher mikroskopunda inceleme yapmak üzere araziden alınan cevherli örneklerin parlatma kesitler hazırlanmıştır.

Ön aşındırmada sırasıyla 400 ve 1000 meshlik silisyum ve volfram karbid aşındırma tozlarıyla

metal disk veya cam üzerinde parlatma yapılmıştır. Bu işlemin ardından Struers marka RotoPol 35 ve PdM-Force 20'den oluşan parlatma cihazı ile, 3x2 cm en boy oranındaki kayaç parçaları makinadaki yuvalarına yerleştirilerek ve her bir aşamaya özel disk ve elmas macun kullanılarak 4 aşamada parlatılmıştır.

Sıvı kapanım çalışmaları için ise bir yüzeyi parlatılan örnekler entellan ile cama yapıştırılmış, daha sonra yeterince inceltirilip ikinci yüzeyi de parlatılarak çözücü olan ksilende bir gece bekletildikten sonra sıvı kapanım cihazının ölçüm haznesine uygun boyutlarda küçük parçalara ayrılmıştır. Isıtma ve soğutma deneylerine tabi tutularak ölçümler yapılmıştır.

#### 3.2. X-Ray Difraktometre Çalışmaları

XRD çalışmaları için cevherleşmeye eşlik eden altere-killeşmiş zonlardan örnek alınmış, ve agat havan yardımıyla ortalama 300 mesh boyutuna kadar öğütülerek toz haline getirilmiştir. Islak numuneler öğütme öncesi etüvde kurutulmuştur.

XRD analizleri; İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Mineraloji-Petrografi Anabilim Dalı laboratuvarındaki Philips marka PW-1730 model cihazda Cu  $K\alpha$  radyasyonu, Ni filtre, 36 kV gerilim, 20 mA akım,  $2\theta=1^\circ/\text{dk}$  gonyometre hızı, 1 cm/dk duyarlılıklarında yapılmıştır. Elde edilen difraktogramlar Philips High Score Plus yazılımında yer alan JCPDS kartlarıyla eşleştirilerek bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir.

#### 3.3. Sıvı Kapanım Çalışmaları

Cevher damarlarından alınan kuvars örnekleri iki yüzeyi parlatılarak ince kesit haline getirilmiş ve ölçümlere hazır hale getirilmiştir. Sıvı kapanım çalışmaları İ.Ü. Maden Yatakları-Jeokimya ABD Sıvı Kapanım Laboratuvarında yürütülmüştür. Hazırlanan iki yüzeyi parlatılmış ince kesitler, standart teknikler kullanılarak (Rooedder, E., 1984; Shepherd vd., 1985) polarizan mikroskopta incelenerek sıvı kapanım tipleri saptanmış ve amaca uygun kapanımlar ısıtma-soğutma (heating-freezing) düzeneğinde (Linkham THMG-600) ölçülmüştür. Bu sistem ile 600  $^\circ\text{C}$  ısıtma ve -196  $^\circ\text{C}$  soğutma yapılabilmektedir. Sistem Olympus 51X polarizan mikroskobu üzerine monte edilmiştir. Mikroskop üzerinde görüntünün real time monitöre aktarılmasını sağlayan digital bir kamera bulunur. Ölçümler sırasında; homojenleşme sıcaklığı (Th), ötektik sıcaklık (Te) veya ilk

ergime sıcaklığı (T<sub>fm</sub>) ile son buz ergime sıcaklığı (T<sub>m-ice</sub>) değerleri ölçülmüş, dondurma işlemlerinde sıvı nitrojen (azot) gazı kullanılmıştır. Ölçüme başlamadan önce CO<sub>2</sub>, saf su ve NaCl içeren sentetik sıvı kapanım standardı ile kalibrasyon yapılmıştır. Soğutma deneyinde ±0,2, ısıtma deneyinde ise ±1°C'lik hassasiyetle okuma yapılmıştır.

### 3.4. İzotop Çalışmaları

#### 3.4.a. Kükürt İzotopu Çalışmaları (δ<sup>34</sup>S)

Duraylı kükürt izotopu analizleri için Aliçavuş Tepe bölgesi bakırlı kuvars damarlarından alınan 16, 26, 52 no.lu örneklerden pirit-kalkopiritli zonlar binoküler mikroskopta ayıklanarak saflaştırılmıştır. Diğer cevherleşme bölgelerinde zenginleştirilecek düzeyde sülfürlü mineral bulunmamaktadır.

δ<sup>34</sup>S analizleri Iso-Analytical Laboratuvarında (İngiltere) Kütle Spektrometresi (Elemental Analysis - Isotope Ratio Mass Spectrometry (EA-IRMS)) ile yapılmıştır. Örnek haznesine kalay kaplı kapsül şeklinde analiz edilecek örnek+ vanadyum pentoksit katalizör konur. Oksijen ile sistem 1080 °C'ye kadar yakılır. Kalay kapsüller örneğin olduğu bölgenin sıcaklığını ~ 1700 °C'ye kadar yükseltir. Yanan gazlar bir helyum akışı tarafından yanma katalizörleri (tungstik oksit/zirkonyum oksit) üzerinde tutulur ve saf bakır tellerin redüksiyonu boyunca SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve su üretilir. Su Nafion™ membran yardımıyla ortamdan uzaklaştırılır. Sülfür dioksit, N<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>'den tekrar çözünür ve 32 °C'de yakalanır. Çıkan SO<sub>2</sub> piki IRMS'nin iyon kaynağına ulaşır ve hızlanır. Farklı kütlelerdeki gaz türleri manyetik alanda ayrılır ve anlık olarak Faraday kabında ölçülür. Bu metodu kullanarak hem referanslar hem de örnekler SO<sub>2</sub>'ye dönüştürülerek analiz edilir. Kalibrasyon ve SO<sub>2</sub> iyon ışımaya <sup>18</sup>O katkısının düzeltilmesi için IA-R061 (baryum sülfat, δ<sup>34</sup>S<sub>V-CDT</sub> = +20.33 ‰). IA-R061, IA-R025 baryum sülfat, δ<sup>34</sup>S<sub>V-CDT</sub> = +8.53 ‰) and IA-R026 (gümüş sülfid, δ<sup>34</sup>S<sub>V-CDT</sub> = +3.96 ‰) referansları kullanılmıştır.

#### 3.4.b. Oksijen ve Hidrojen İzotopu Çalışmaları (δ<sup>18</sup>O ve δD)

Duraylı oksijen ve hidrojen izotopları analizleri için Aliçavuş Tepe bölgesi bakırlı kuvars damarlarından alınan 26 ve 52 no.lu örnekler ile Çamlık

bölgesi bakırlı kuvars damarlarından alınan 38 numaralı örneklerden kuvarslı zonlar binoküler mikroskopta ayıklanarak saflaştırılmıştır. Analizler SUERC (Scottish Universities Environmental Research Centre -İngiltere) laboratuvarında yaptırılmıştır. Binoküler mikroskopta şeker tanesi boyutundaki kuvars kristalleri saflaştırılarak toplam laser florinasyon yöntemiyle analiz edilmiştir.

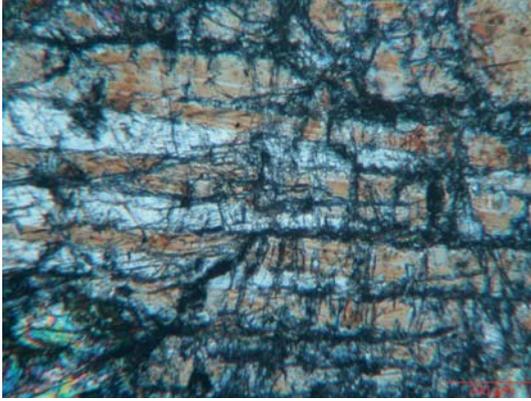
Sulardaki oksijen ve hidrojen izotopu oranını ölçen Kütle Spektrometresi 'Thermo Fisher Scientific Delta V Plus with a Gas Bench II' kullanılarak kuvarslarda ± 0.1‰ (1σ) hata payı ile sonuçlar elde edilmiştir. Hidrojen izotop analizleri için kuvars tanelerinde bulunan sıvı kapanımlarda hapsolmuş çözeltiler ısıyla serbestleştirme yöntemiyle serbestleştirilerek, üretilen su buharı hidrojen gazına dönüştürülerek analiz edilmiştir. Hem δ<sup>18</sup>O hem de δD değerleri ‰ Vienna Standard Mean Ocean Water (V-SMOW) cinsinden ifade edilir.

## 4. MİNERALOGİ

Bakır oluşumları genellikle Marmaris Ofiyolit Napının altere olmuş gabro ve yalnız bir lokasyonda serpantinleşmiş harzburjitlerinde yer almaktadır. Cevherleşme genellikle K 30-45°D doğrultulu kuvars damarları içinde gözlenmektedir. Bu damarlarda kalkopirit, bornit, kovellin gibi bakır mineralleri, götit, hematit, manyetit gibi demir mineralleri ve ikincil bakır minerallerinden malakit ± azurit gözlenmektedir. Cevherleşmeye yaygın alterasyon eşlik etmektedir (Şekil 8).

### 4.1. Yan Kayaç-Alterasyon Mineralojisi

Cevherleşmeye ev sahipliği yapan gabrolar genellikle mikrogabro bileşimlidir. Klinopiroksen ve plajiyoklaslardan oluşur. Piroksenlerde yaygın olarak uralitleşme (Şekil 9) ve kloritleşme gözlenir (Şekil 10, 11). Kloritik zeminde kısmen iri kristaller halinde görülen plajiyoklaslara yer yer kalsit mineralleri eşlik eder.



**Şekil 9.** Gabrolarda görülen uralitleşmiş klinopiroksenler (çapraz ışık görüntüsü).

**Figure 9.** Uralitized clinopyroxenes seen in gabbro (crossed polars).

Cevherleşmeye yaygın olarak alterasyon eşlik etmektedir. Alterasyon zonlarından alınan örnekler ile yapılan kalitatif kil analizleri ile tespit edilen mineraller aşağıda türlerine göre gruplara ayrılmıştır.

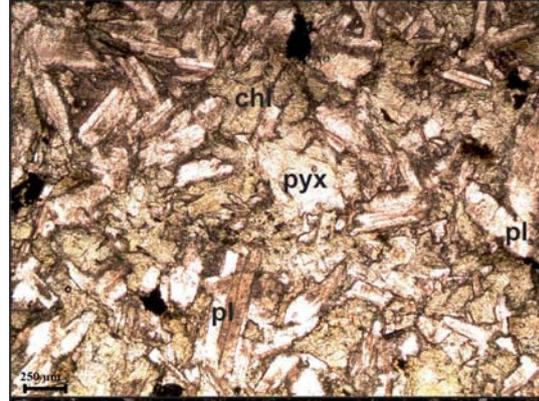
*Kaolin grubu mineraller; kaolinit, nakrit İllit grubu mineraller; illit*

*Smektit grubu mineraller; montmorillonit, nontronit, stevensit, saukonit, volkonskoit*

*Zeolit grubu mineraller; laumontit, höyländit, klinoptilolit*

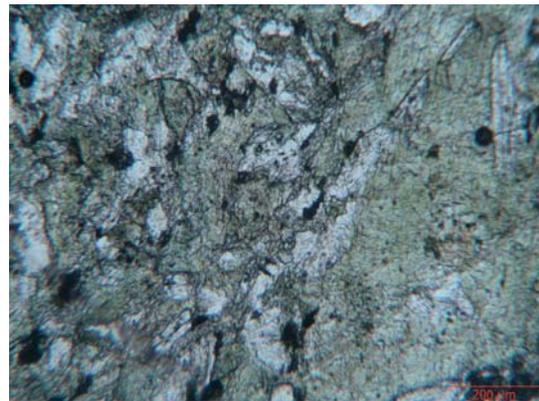
*Klorit grubu mineraller; klinoklor.*

Alterasyon mineral birlikteliklerinin, alterasyonun türünü ve zonlu alterasyon sistemlerinin karakteristiklerini açıklamada önemi büyüktür (Corbett ve Leach, 1997). İnceleme alanında killeşmiş zonlarda XRD yöntemiyle saptanan mineral birlikteliği Şekil 12’de verilen alterasyonlardan arjilik, propilitik-dış propilitik ve fillik alterasyon alanlarına düşmektedir. Ayrıca bu mineral birlikteliği sıcaklık olarak epitermal-mezotermal sistemin geçiş aralığına işaret etmektedir.



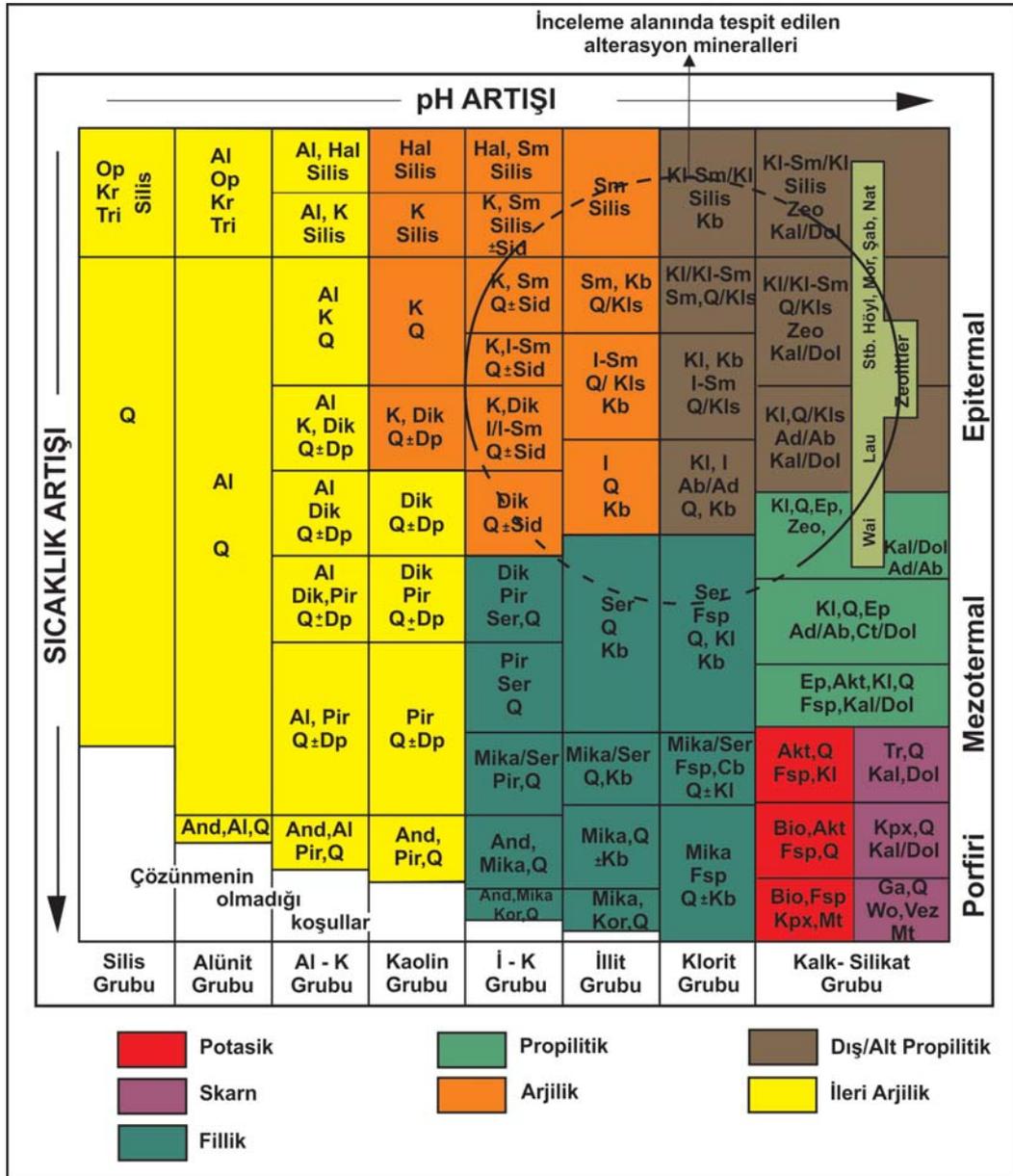
**Şekil 10.** Gabroların genel görünümü (doğru ve çapraz ışık görüntüleri alt alta verilmiştir) kısaltmalar: pl:plajiyoklaz, pyx:piroksen, chl:klorit.

**Figure 10.** Common view of gabbros with crossed polars and uncrossed polarizers. ab:plajioclaste, pyx:pyroxene, chl:chlorite.



**Şekil 11.** Mikrogabro örneğinde yaygın kloritleşme (çapraz ışık görüntüsü).

**Figure 11.** Common chloritization in microgabbro (crossed polars)



**Kısaltmalar;** Ab-albit, Akt-aktinolit, Ad-adularya, Al-alünit, And-andaluzit, Bio-Biyotit, Kb-karbonat (Ca, Mg, Mn, Fe), Kl-klorit, Şab-şabazit, Kls-kalsedon, Kl-Sm- klorit-simektit, Kor-korundum, Kpx-klinopiroksen, Kr-kristobalit, Kal-kalsit, Dol-dolomit, Dik-dikit, Dp-diaspor, Ep-epidot, Fsp-feldispat, Ga-garnet, Ha-halloysit, Höyl-höylendit, I-illit, S-simektit, K-kaolinit, Lau-laumontit, Mt-manyetit, Mor-mordenit, Nat-Natrolit, Op-opal silis, Pir-profillit, Q-kuvars, Ser-serizit, Sid-siderit, Sm-simektit, Stb-stilbit, Tr-tremolit, Tri-tridimit, Vez-vezüviyanit, Wai-Wairakit, Wo-wollastonit, Zeo-zeolit.

**Şekil 12.** Pasifik kuşağı aktif jeotermal ve hidrotermal cevher sisteminde yükselen sıcaklık-pH koşullarında mineral birliktelikleri ve alterasyon tipleri Corbett ve Leach, 1997 tarafından Steiner 1977; Browne 1978; Hemley vd. 1980; Elders vd. 1979; Leach vd. 1985 and Reyes 1990'ten düzenlenmiştir.

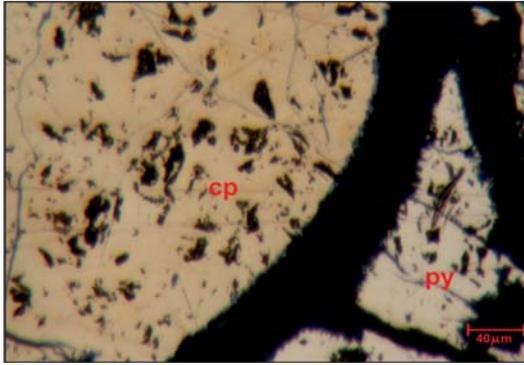
**Figure 12.** Common alteration mineralogy in pacific rim hydrothermal system. The main references for this figure are taken from Steiner, 1977; Browne, 1978; Hemley et al., 1980; Elders et al. 1979; Leach et al., 1985; and Reyes, 1990 modified by Corbett and Leach, 1997.

#### 4.2. Cevher Mineralojisi

Cevher mikroskobu çalışmaları ile mineral parajenez ve süksesyonu ortaya konmuştur. İlk evrede kalkopirit oluşmuş, daha sonra bu minerallerin etrafında bornit ve kovellin gelişmiştir. Manyetit, götit, hematit gibi demir mineralleri, kuvars ve zeolit ikinci evrede oluşan gang mineralleridir. Kil mineralleri, malakit ± azurit ise son evrede oluşan alterasyon ürünleridir.

##### 4.2.a. Pirit ( $\text{FeS}_2$ )

Parlatılmış numunelerde eser oranda gözlenen pirit (Şekil 13) tek nikelde sarımsı beyaz renkte gözlenmektedir. Anizotropi ve iç yansıma gözlenmez.



Şekil 13. Pirit (py) ve kalkopirit (cp) minerallerinin parlak kesit görüntüleri.

Figure 13. Polished section view of pyrite (py) and chalcopyrite (cp).

##### 4.2.b. Kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ )

Tek nikelde soluk sarı renktedir (Şekil 13). Zayıf anizotropi gösterir. İç yansıma göstermez. İlksel bakır minerali olan kalkopirit diğer bakır minerallerine dönüşüm nedeniyle yenmiş bir doku sunar.

##### 4.2.c. Bornit ( $\text{Cu}_2\text{FeS}_3$ )

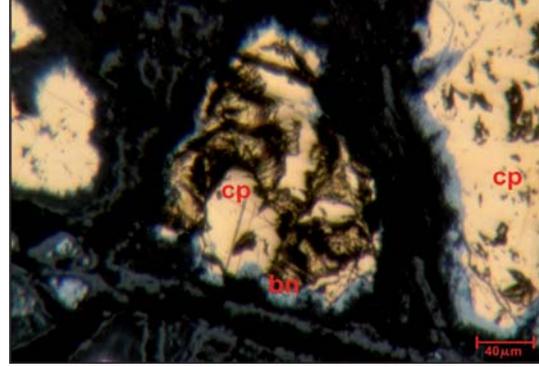
Tek nikelde kahverengi görülür (Şekil 14). Pembemsi kahverengi, morumsu, kırmızımsı oksidasyon renkleri oluşur. Kalkopiritlerin etrafında ve içinde kapanım şeklinde gözlenir. Kırmızı iç yansıma ve çok zayıf anizotropi gösterir.

##### 4.2.d. Kovellin ( $\text{CuS}$ )

Tek nikelde koyu gri renklidir. Anizotropi ve iç yansıma göstermez. Kalkopiritten dönüşmüştür. Bu dönüşüm sırasında açığa çıkan demir götit minerallerinin oluşmasına neden olmuştur.

##### 4.2.e. Götit ( $\text{HFeO}_2\text{-FeO(OH)}$ )

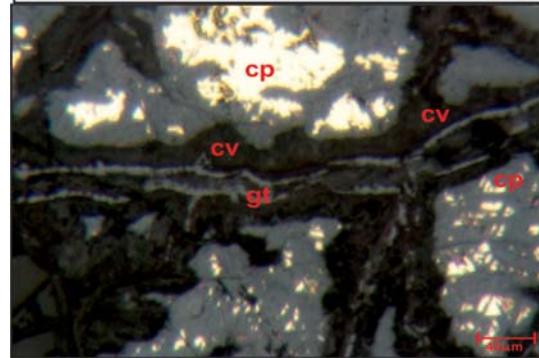
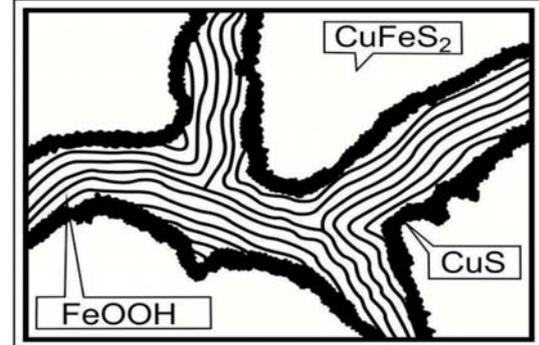
Tek nikelde açık gri- mavimsi tonlarda gözlenir. Zayıf anizotropi gösterir. Götit minerallerinde iç yansıma genellikle anizotropi ile perdelenir.



Şekil 14. Bornit (bn) minerallerinin parlak kesit görüntüleri.

Figure 14. Polished section view of bornite (bn).

Oksidasyon zonunda kalkopiritten dönüşen demirsiz bakır minerallerinin (malakit-azurit) oluşumu sırasında açığa çıkan demir ile oluşur. Çoğunlukla koloidal bir doku gösterir (Şekil 15).

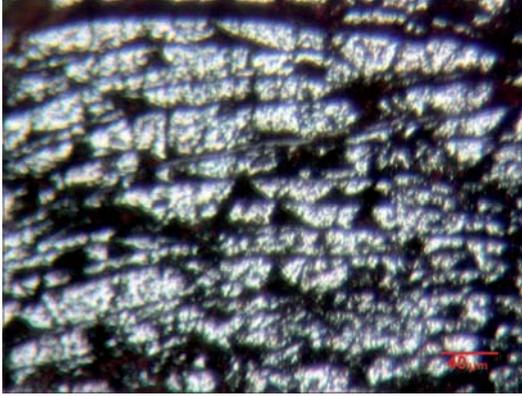


Şekil 15. Kalkopiritin kovellin+götitte dönüşümünü gösteren şematik kesit (Mücke, 1989) ve bu dönüşümün parlak kesitte görünümü.

Figure 15. Schematic section of alternation from chalcopyrite to covellite + goethite (Mücke, 1989) and its view out on polished section

#### 4.2.f. Manyetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Tek nikolde koyu kahverengi renkte, genellikle üçgen şekilde gözlenir (Şekil 16). Genellikle izotropdur. Nadiren çok zayıf kırmızımsı iç yansıma gösterir. Kesitin bazı kesimlerinde kıvrımlanmış bir doku sunmaktadır.

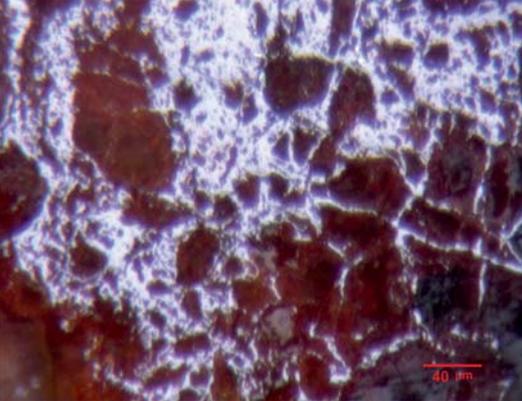


Şekil 16. Manyetit minerallerinin parlak kesit görünüşleri

*Figure 16. Polished section view of magnetite minerals.*

#### 4.2.g. Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Tek nikolde koyu kırmızı-bordo renkte gözlenir (Şekil 17). Belirgin anizotropi ve iç yansıma gösterirler. Genellikle manyetitlerin etrafında gözlenirler.



Şekil 17. Hematit minerallerinin parlak kesit görünüşleri.

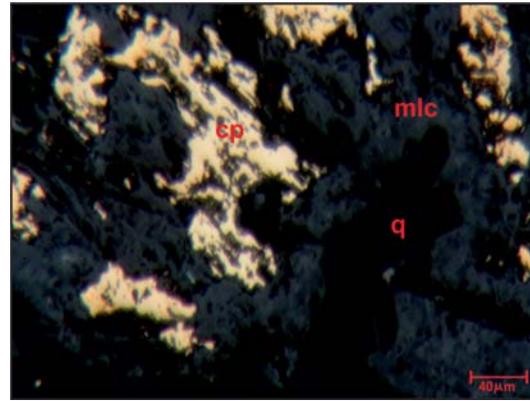
*Figure 17. Polished section view of hematite minerals.*

Manyetitin hematite dönüşmesi (martitleşme) cevher oluşum süreçlerinde yükselen kısmi oksijen basıncı nedeniyle gerçekleşir.

#### 4.2.h. Malakit ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ )

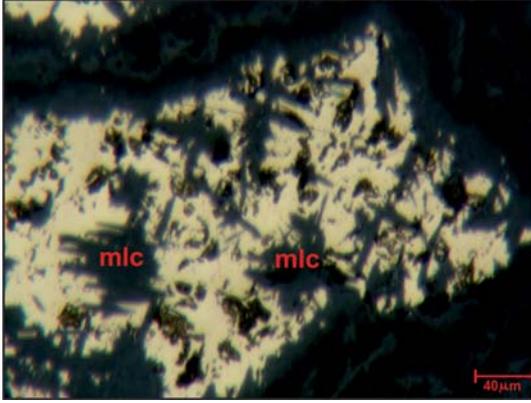
Tek nikolde açık gri, bazen mat, bazen canlı yeşil renkte gözlenmektedir. Anizotropi ve iç yansıma göstermezler. Kalkopirit minerallerinin etrafında, kalkopiritlerin içine nüfuz etmiş gibi bir görünüm sunarlar (Şekil 18-19).

Malakit mineralleri bazen iğnemsî bir doku göstermektedir. Bu iğnemsî bir sülfürlü bakır minerali olan dijenitin ( $\text{Cu}_9\text{S}_5$ ) malakite dönüşmesiyle oluşan psödomorfizmadır (Şekil 20).



Şekil 18-19. Malakit (mlk) minerallerinin parlak kesit görünüşleri.

*Figure 18-19. Polished section view of malachite (mlk) minerals.*

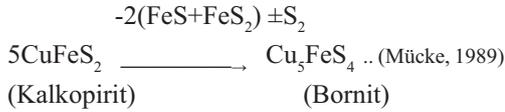


Şekil 20. Dijenit psödomorflarının parlak kesit görünüşleri.

Figure 20. Polished section view of digenite pseudomorphous.

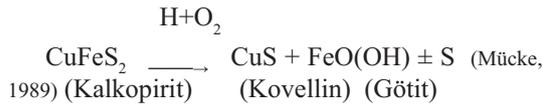
Tüm bu mikroskop çalışmaları sonucunda ortaya konan mineralizasyonun parajenezi ve süksesyonu aşağıda sunulmuştur.

### I. Evre



### II. Evre

Bu evrede Fe mineralleri gelişmiştir.



Kuvars ve zeolit mineralleri de bu evrede oluşmuştur.

### III. Evre

Son evrede Malakit-azurit, klorit, kil mineralleri oluşmuştur.

## SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Çavdır bakır cevherleşmelerinin oluşumunda etkin olan çözeltilerin olası kaynakları ve özelliklerinin ortaya konması için cevher parajenezinde yer alan kuvars minerallerinde ölçüme uygun kapanımlar tespit edilerek sıvı kapanım ölçümleri yapılmıştır.

### Sıvı Kapanım Petrografisi, Tipleri ve Özellikleri

İncelenen kuvars minerallerinde tek tip kapanımlar tespit edilmiştir. Bunlar iki fazlı kapanımlar (L+V) olup, sıvı faz (Liquid-L) ve az miktarda gaz fazı (Vapour-V) (hacimsel olarak ortalama %20) ile doludur. İncelenen örneklerde katı kristallere rastlanmamıştır. Ölçümler için yeterli büyüklükte olan kapanımlar düzensiz şekillidir (Şekil 21).

### 4.2. Sıvı Kapanımların Mikrotermometrik Özellikleri

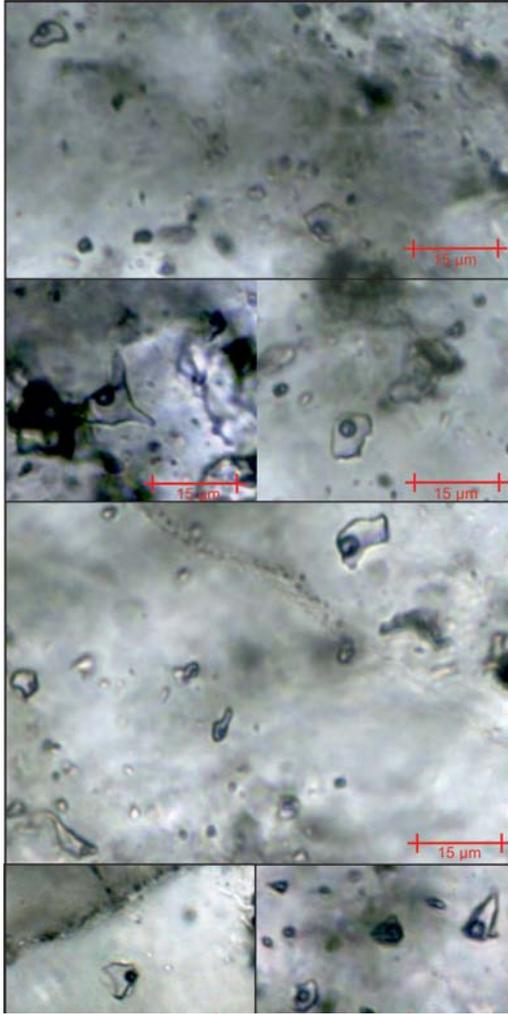
Kuvars damarlarından alınan örneklerde tespit edilen birincil kapanımlardan ısıtma deneyiyle homojenleşme sıcaklıkları (Th) ve soğutma deneyiyle son buz ergime sıcaklıkları (Tm<sub>ice</sub>) elde edilmiştir. %NaCl eşdeğeri tuzluluk değerleri ise aşağıda gösterilen formül ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{NaCl} = (-1,78x \text{ Tm}_{\text{ice}}) - (0,0442x \text{ Tm}_{\text{ice}}^2) - (0,000557x \text{ Tm}_{\text{ice}}^3) \quad (\text{Bodnar, 1993})$$

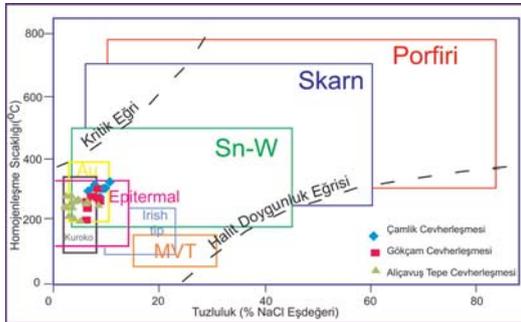
Cevherleşmenin yer aldığı kuvars damarlarından alınan örneklerden yapılan ölçümlerde, son buz ergime sıcaklıkları (Tm<sub>ice</sub>) -1,3 ile -6,5 °C arasında (ort. =-3,91°C; n=31), ilk buz ergime sıcaklıkları -30- -21,3 °C (ort= -26,5 °C, n=6), homojenleşme sıcaklıkları ise 201 °C ile 324 °C (ort=267°C; n=31) arasında değişmektedir. İki fazlı (sıvı+gaz) olan bu kapanımlarda homojenleşme sıvı fazda gerçekleşmiştir. Bu sıcaklık verileri cevher oluşturan sistemin epitermal bir sistem olduğuna işaret etmektedir.

Tm<sub>ice</sub> 'a bağlı olarak hesaplanan % NaCl tuzluluk değeri %2,24 ile 10,73 arasında (ort= %6,22; n=31) değişmektedir (Şekil 22). Tuzluluğun yüksek olduğu kapanımlar, yüksek homojenleşme sıcaklıkları, düşük olduğu kapanımlar ise düşük homojenleşme sıcaklıkları ile karakteristiktir.

Sıvı kapanımı çalışmalarından elde edilen verilerin Şekil 23'deki diyagrama izdüşürülmesi ile kapanım sıvılarının ortalama yoğunluğu 0,82 gr/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.

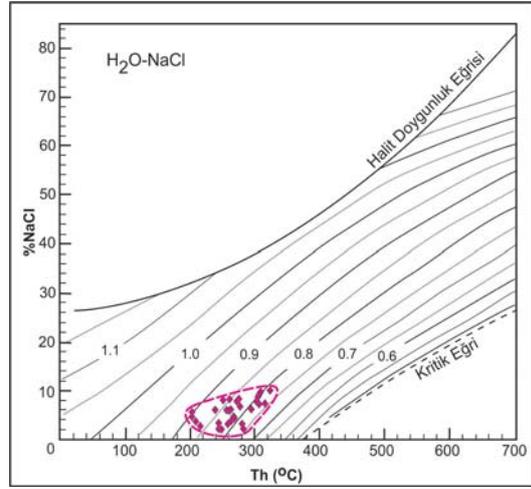


**Şekil 21.** Ölçüm yapılan kapanımların genel görünümü  
**Figure 21.** General view of the measured fluid inclusions



**Şekil 22.** Farklı maden yataklarındaki homojenleşme ve tuzluluk değerleri ile oluşturulan diagram (Roedder, 1984) üzerinde Çavdır kuvarslarının konumu.

**Figure 22.** The plot of approximate homogenization temperatures and salinity ranges of different ore deposit types (Roedder, 1984).



**Şekil 23.** İnceleme alanındaki kuvarslarda bulunan sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığına karşılık %NaCl eşdeğeri tuzluluk değerleri (noktalı çizgiler yoğunluk eğrilerini göstermektedir).

**Figure 23.** The plot of the homogenization temperature (Th) vs. wt % NaCl equivalent salinity of the fluid inclusions (Dotted lines indicate density curves from Wilkinson, 2001).

Sınırlı sayıda gözlemlenen ilk ergime sıcaklıkları (ötektik sıcaklık  $T_e$ ) ise  $-21,3$  ile  $-30$  °C ( $ort=27$  °C;  $n=6$ ) arasında değişmekte olup bu sıcaklık verileri cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal çözeltilerin bileşiminde tuz olarak yalnızca NaCl-KCl bileşiminin varlığını gösterir. Meteorik sularda hakim olarak gözlenen  $HCO_3$  ve  $H_2SO_4$  gibi tuzlar ile deniz suyunun varlığına ve/veya hidrotermal çözeltilerin denizel sedimanlar ile temas ettiğine işaret eden  $CaCl_2$  veya  $MgCl_2$  gibi tuzların bulunmaması, cevher oluşturuç çözeltilerin büyük olasılıkla magmatik kökenli olduğunu düşündürmektedir (Efe ve Gökçe, 1999).

## DURAYLI İZOTOP ÇALIŞMALARI

Duraylı izotoplar, zamana bağlı olarak değişime uğramadıkları için maden yataklarının oluşumunu, meydana geldiği çözeltinin türünü tayin etmede yol gösterici olarak kullanılırlar.

Bu bölümde cevherli damarlardan alınan kal-kopirit örnekleri üzerinde yapılan kükürt ( $\delta^{34}S$ ) ve kuvarz örnekleri üzerinde yapılan oksijen ( $\delta^{18}O$ ) – hidrojen ( $\delta D$ ) izotopu çalışmalarının sonuçları sunulmuş ve birlikte değerlendirilerek cevherleşmenin oluşumuna yaklaşımda bulunulmuştur.

### Kükürt İzotop Çalışmaları

Kuvarslı bakır damarlarında az miktarda bulunan kalkopirit örnekleri binoküler mikroskopta ayıklanarak saflaştırılmış ve iki adet taze bir adet altere (kalkopiritlerin büyük oranda hematite dönüştüğü) örnek üzerinde  $\delta^{34}\text{S}$  izotop çalışmaları yapılmış, sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Altere örnekte gözlenen nispeten daha yüksek  $\delta^{34}\text{S}$  değerlerine karşılık, 16 ve 26 no.lu örneklerdeki % 0,95 ve 1,61 gibi düşük değerler magmatik kökene işaret etmektedir. Hoefs (2009), magmatik sistemdeki cevherleşmelerin % -3 ile +1  $\delta^{34}\text{S}$  içerdiğini belirtmiştir.

**Tablo 1.** Kalkopirit örneklerine ait kükürt izotopik ( $\delta^{34}\text{S}$ ) bileşimi.

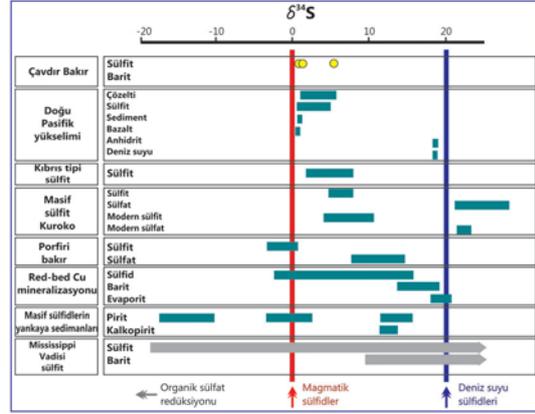
**Table 1.** Sulfur isotopic ( $\delta^{34}\text{S}$ ) composition of chalcopyrite samples.

No	Örnek türü	Sülfür İçeriği (%)	$\delta^{34}\text{S}$ V-CDT(‰)
16	Kalkopirit	9,68	0,95
26	Kalkopirit	2,33	1,61
52	Kalkopirit	0,65	5,96

Dünyadaki sülfürlü bazı önemli maden yataklarının  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri ile Çavdır yatağındaki kalkopiritlerin değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 24’te gösterilmiştir.

Gökçe ve Spiro, 2000, Doğu Pontidlerde Kuroko tipi Cu-Pb-Zn yatağında piritlerde sıfıra oldukça yakın değerler elde etmiş ve bu değerlerin magmatik kayalardaki değerlere yakın olduğunu belirtmişlerdir.

Li vd. 2015, Shanmen – Çin hidrotermal Cu-Au cevherleşmesiyle ilgili çalışmalarında piritlerdeki  $\delta^{34}\text{S}$  bileşiminin - 2.1 ile + 4.1‰ (ort: + 1.7‰), galen ve sfalerit için 2.3 ile 2.2 ‰ olduğunu ve bu değerlerin magmatik sülfüre benzer olduğunu belirtmişlerdir.

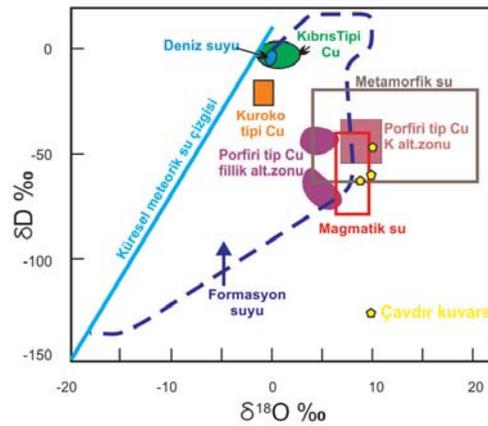


**Şekil 24.** Sülfür içeren önemli maden yataklarının izotop bileşimleri (Allegre, 2008) ve Çavdır bakır yatağının S izotop bileşimiyle karşılaştırması.

**Figure 24.** Sulfur isotope compositions of main sulfur-bearing deposits (Allegre, 2008) with comparison of the sulfur isotopic composition of Çavdır copper deposit.

### 5.2. Oksijen ve Hidrojen İzotop Çalışmaları

Kuvars damarlarından alınan kuvars örnekleri yine binoküler mikroskopta ayıklanıp saflaştırılarak  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$  çalışmalarına hazırlanmıştır. Çalışmalarda elde edilen sonuçlar Tablo 2.de sunulmuştur. Kuvars mineralleri içindeki sıvı kapanımlar içinde hapsolmuş sular üzerinde yapılan bu çalışmalarda elde edilen değerler, çözeltinin kökenini saptamak amacıyla izotop bileşimi bilinen ortamlarla ve ana Cu yatak tipleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 25).



**Şekil 25.** Farklı kökendeki suların ve ana Cu yatağı tipleri ile Çavdır Cu yatağının H ve O duraylı izotop değerlerinin karşılaştırılması (Sheppard,1986 ve Evans,1987’den düzenlenmiştir).

**Figure 25.** Plot of the Çavdır Cu deposit in  $\delta\text{D}$  vs.  $\delta^{18}\text{O}$  diagram with comparison of fluids in a variety of ore deposits (after Sheppard, 1986; Evans, 1987).

$^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}} (\text{‰}) = 10.3, 9.7, 9.1$  olarak ölçülmüş olup bu değerler de magmatik kayalara ait değerlerle benzerlik sunmaktadır. Ancak  $-47.9, -56.9, -63.6$  olarak ölçülen  $\delta \text{D}_{\text{V-SMOW}} (\text{‰})$  değerleri, hafif H izotopları bileşimini temsil etmekte ve kısmen meteorik kökene de işaret etmektedir.

Demir vd. 2015, pirit, kalkopirit ve galen minerallerindeki  $\delta^{34}\text{S}$  değerlerinin 2.14 ile 1.47 ‰ olarak ölçüldüğünü, oksijen ve hidrojen izotop bileşiminin ise sırasıyla 7.8–8.5 ‰ ile  $-40 - 57\%$  ölçüldüğünü ve bu sonuçlara göre hidrotermal çözeltiler için magmatik kaynakların doğrulandığını söylemişlerdir.

**Tablo 2.** Kuvars örneklerine ait hidrojen ( $\delta\text{D}$ ) ve oksijen ( $\delta^{18}\text{O}$ ) izotopik bileşimi.

**Table 2.** Hydrogen ( $\delta\text{D}$ ) and oxygen isotopic ( $\delta^{18}\text{O}$ ) compositions of quartz samples.

No	Örnek Türü	H <sub>2</sub> $\mu\text{mols/mg}$	$\delta \text{D}_{\text{V-SMOW}} (\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}} (\text{‰})$
26	Kuvars	0,04	-47,9	10,3
38	Kuvars	0,02	-56,9	9,7
52	Kuvars	0,03	-63,6	9,1

Li vd. 2015, Malezya'da Ulu Sokor altın yağıyla ilgili çalışmalarında oksijen ve hidrojen izotop bileşimlerini karşılaştırarak ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = 6.8-11.9\%$ ,  $\delta\text{D} = -77 - -62\%$ ), bu değerlerin ilksel akışkanın magmatik bir kaynaktan geldiğini gösterdiğini söylemişlerdir.

Li vd. 2015, Shanmen – Çin hidrotermal Cu-Au cevherleşmesiyle ilgili çalışmalarında kuvarslarda  $\delta\text{DH}_2\text{O}$  izotop bileşimi  $-69$  ile  $-43\%$ , ve  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  değerlerini toplam homojenleşme sıcaklığından hesaplayarak  $-2.0$  ile  $0.7\%$  arasında bulmuşlardır. Tüm örneklerin meteorik su çizgisi ile magmatik alanın arasına düşmesinin cevheri oluşturan çözeltilerin magmatik ve meteorik suların karışımından meydana geldiğini gösterdiğini söylemişlerdir.

## SONUÇLAR

Çavdır bakır cevherleşmesi, Likya Napları içerisinde yer alan Marmaris Ofiyolit Napına ait altere gabrolarla ilişkilidir. Genellikle K30-45°D doğrultulu kuvars damarları içinde gözlenmektedir.

Alterasyon alanlarında yapılan gözlemler ve

XRD çalışmaları ile tespit edilen mineral birliğine göre arjilik, propilitik-dış propilitik ve fillik alterasyonun yaygın olduğu ve bakır cevherleşmesinin bu zonlarda yoğunlaştığı saptanmıştır.

Cevher mikroskobu çalışmaları ile mineral parajenez ve süksasyonu ortaya konmuştur. İlk evrede kalkopirit mineralleri oluşmuş, daha sonra bu minerallerin etrafında bornit ve kovellin mineralleri gelişmiştir. İkinci evrede manyetit, götit, hematit gibi demir mineralleri ile kuvars ve zeolit oluşmuştur. Kil mineralleri, klorit, malakit ± azurit ise son evrede oluşan alterasyon ürünleridir.

Sıvı kapanım çalışmalarında homojenleşme sıcaklığı  $201^\circ\text{C}$  ile  $324^\circ\text{C}$  ( $\text{ort}=267^\circ\text{C}$ ;  $n=31$ ) arasında ölçülmüş, % NaCl eşdeğeri tuzluluk değerleri %2,24 ile 10,73 arasında ( $\text{ort}=6,22$ ;  $n=31$ ) hesaplanmıştır. Son buz ergime sıcaklıkları ( $T_{\text{m}_{\text{ice}}}$ )  $-1,3$  ile  $-7,2^\circ\text{C}$  arasında ( $\text{ort}=3,91^\circ\text{C}$ ;  $n=31$ ), ilk buz ergime (ötektik) sıcaklıkları ise ( $T_{\text{fm}}$  ya da  $T_{\text{e}}$ )  $-30$  ile  $-21,3^\circ\text{C}$  ( $\text{ort}=-27^\circ\text{C}$ ,  $n=6$ ) olarak ölçülmüştür. Mikrotermometrik veriler cevher oluşturan sistemin epitermal bir sistem olduğuna ve NaCl-KCl çözelti bileşimine işaret etmektedir.

Duraylı kükürt izotopu çalışmalarında, taze kalkopirit örneklerinden ölçülen değerler  $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})=0.95, 1.61$ , altere örnekte ise  $5.96$  olup bu değerler magmatik bir sisteme işaret etmektedir. Duraylı oksijen izotopu çalışmalarında ise kuvars örneklerinden  $\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = 10.3, 9.7, 9.1$  değerleri elde edilmiş olup bu değerler de magmatik kayalara ait değerlerle benzerdir. Ancak  $-47.9, -56.9, -63.6$  olarak ölçülen  $\delta \text{D}(\text{‰})$ , hafif H izotopları bileşimini temsil etmekte ve kısmen meteorik kökene de işaret etmektedir.

Her ne kadar S ve O izotop verileri ve sıvı kapanım ölçümlerinden elde edilen ötektik sıcaklık ile saptanan NaCl bileşimi, magmatik bir kaynağa işaret etse de ortalama %6 tuzluluk değeri ve hafif H izotopları bileşimi, sisteme meteorik suyun da katıldığını ve sıcaklık ile beklenen tuzluluk değerinin de bu yolla düştüğünü düşündürmektedir.

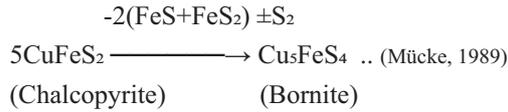
Tüm bu veriler ışığında; cevherleşmenin ilksel olarak magmatik bir oluşumla başladığı, Likya naplarının yerleşimine bağlı üst kabuk kalınlaşması ve sonraki yapısal olayların etkisiyle derinde ısınan meteorik suların, yüzeye hareketi sırasında yan kayalardan mobilize ettiği Cu minerallerini yüzeye yakın (aynı zamanda demirin yükselttiği) yerlerde zenginleştirerek bugünkü konumunu aldığı öngörülmektedir. Yine cevherleşmenin kırık hatlarına paralellik gösteren yapısı aynı zamanda

herhangi bir kataklazma izi taşımaması da göz önüne alındığında, nap yerleşiminden sonra muhtemelen Oligo-Miyosen sonrası dönemde gerçekleşmiş magmatik suların da etkinliğinin olduğu hidrotermal damar tipi bir oluşum olduğu düşünülmektedir.

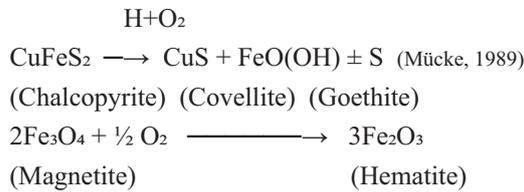
## SUMMARY

The Çavdır copper mineralization is mainly hosted by altered gabbros of the Marmaris Ophiolite Nappe of Lycian Nappes. The mineralization is associated with quartz veins which has direction of N30-45°E. Quartz veins show no cataclasis and host chalcopyrite, bornite, covellite, goethite, hematite, magnetite and secondary malachite±azurite minerals. The mineralization stages based on the microscopic studies can be summarized as shown below:

### Stage I



### Stage II



Quartz and zeolite minerals were also formed in this stage.

### Stage III

Malachite-azurite, chlorite, clay minerals were formed at last stage.

According to the observations in altered zones and determined mineral paragenesis by XRD studies, argillic-outer argillic and pyrophyllitic alterations are common alteration types around the copper mineralization. Mineral paragenesis connote temperature ranges of an epithermal – mesothermal system.

Microtermometric measurements were carried out on primary fluid inclusions (L+V) of quartzs. The homogenization occurred in liquid phase. The homogenization temperatures (Th) were measured

between 201 °C and 324 °C (mean=267 °C; n=31), NaCl equivalent salinity values are between %2.24 and 10.73 (mean= %6.22; n=31) and density of 0.82 gr/cm<sup>3</sup>. These microtermometric data point out the epithermal mineralization system. Final ice melting temperature (T<sub>m\_ice</sub>) were measured between -1.3 and -6.5 °C (mean. =-3,91°C; n=31), first ice melting temperature (T<sub>fm</sub> or T<sub>e</sub>) varies from -30 to -21,3 °C (mean= -27 °C, n=6). These T<sub>e</sub> values point out that the ore forming solutions are dominant in NaCl-KCl composition. It is thought that the existence of salts such as HCO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> which are common in meteoric water and CaCl<sub>2</sub> and MgCl<sub>2</sub> salts which shows the interaction of sea water/or hydrothermal fluids and marine sediments point out that ore forming fluids probably have magmatic origin (Efe ve Gökçe, 1999).

Stable δ<sup>34</sup>S, δ<sup>18</sup>O and δD studies have done to determine of the origin of hydrothermal fluids. Despite the fact that δ<sup>34</sup>S and δ<sup>18</sup>O isotope studies indicate a magmatic origin, % 6 NaCl equivalent salinity and light H isotope composition connote that meteoric water involve to the system. Thus meteoric water diluted the system, salinity values were measured lower than expected.

In the light of all data, it is determined that the Çavdır copper mineralization had been started magmatic occurrence in the first place. After that,

ground water heated by geothermal gradient under the affect of the crust tickening by nap emplacement mobilized copper minerals from parental rocks and enriched them near the surface (iron oxidation zone). Considering these results and interpreting with both mineralization structure which is parallel to tectonic line and the absence of any trace of cataclasis in the ore veins, this data support that the mineralization occurred within hydrothermal vein type system affected by magmatic fluids after nap emplacement probably with a age of after Oligo-Miocene period.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar 4084 no.lu yüksek lisans tez projesi ve 35174 no.lu ACİP projesini destekleyen İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Koordinasyon Birimine, X-Ray Difraktometre analizleri ve yorumlanmasındaki katkılarından dolayı Prof. Dr. Sinan ÖNGEN'e, makalenin gelişmesine katkılarından dolayı hakemlere teşekkür ederler.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akbulut, M., Pişkin, O., 2008.** Preliminary investigations on a recently discovered copper mineralization in the Lycian Nappes, SW Turkey. *Ofioliti*. Vol. 33(2), p.87-93.
- Allegre, C.J., 2008.** *Isotope Geology* (Cambridge University Press) ISBN 978-0-521-86228-8.
- Birgili, Ş., Erdem.B., Andiç, T., Şahan, Ş., 1987.** Etibank Üçköprü Müessesesine Ait 26 ruhsat sahasının prospeksiyon raporu:MTA Rap:8311, Ankara(yayınlanmamış).
- Bodnar, R.J., 1993.** Revised equation and table for determining the freezingpoint depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. V.57, p.6833-684.
- Borchert, H., 1958.** Türkiye’de inisial ofiyolitik magmatizmaya ait krom ve bakır cevheri yatakları: MTA enstitüsü yayını, 106, Ankara.
- Browne, P. R. L., 1978.** Hydrothermal alteration in active geothermal fields. *Annual Rev. Earth Planet. Sci.* Vol, 6 p. 229-250.
- Collins, A.S., Robertson, A.H.F., 1997.** Lycian melange, southwestern Turkey: an emplaced Late cretaceous accretionary complex. *Geology*. 25, p.255-258.
- Collins, A.S., Robertson, A.H.F., 1998.** Processes of Late Cretaceous to Late Miocene Episodic Thrust-sheet Translation in The Lycian Taurides, SW Turkey. *J. Geol. Soc., London.*, 155, p. 759-772.
- Collins, A.S., Robertson, A.H.F., 1999.** Evolution of the Lycian Allochthon, western Turkey, as a north-facing Late Palaeozoic to Mesozoic rift and passive continental margin. *Geol. Jour.* 34: p.107-138.
- Collins, A.S., Robertson, A.H.F., 2003.** Kinematic evidence for LAte Mesozoic-Miocene emplacement of the Lycian Allochthon over the Western Anatolide Belt, SW Turkey. *Geological Journal*, 38: p.295-310.
- Corbett, G.J., Leach, T.M., 1997.** Short course manual: Southwest Pacific rim gold-copper systems: Structure, alteration and mineralization, 5/97 Edn.
- Çelebi, A., Doğan, H., Ersoy, H., 1988.** Denizli-Tavas-Ulukent Manganez Madeni Jeoloji ve Rezerv Raporu. MTA Rapor no 8472, Ankara (yayınlanmamış).
- Çelebi, A., İşbaşı, O., Katipoğlu, B., Türkmen, H., 1989.** Yeşilova (Burdur), Çameli (Denizli), Elmalı(Antalya), Fethiye Muğla) ve çevresi Manganez prospeksiyonu. MTA raporu:8834 Ankara (yayınlanmamış).
- Demir Y., Uysal I., Sadıklar M.B., Ceriani A., Hanilçı N., Mueller D.,2015.** Mineralogy, Mineral Chemistry, Fluid Inclusion, And Stable Isotope Investigations OfThe Kabaduz Ore Veins, Ordu, NE-Turkey”, *Ore Geology Reviews*, Vol.66, p.82-98.
- Li, B., Jiang, S., Zou, H., Yang, M., Lai, J., 2015.** Geology and fluid characteristics of the Ulu Sokor gold deposit, Kelantan, Malaysia: Implications for ore genesis and classification of the deposit. *Ore Geology Reviews* Vol. 64, p. 400-424.
- Li, Y.,Wei, J., Tian,N., Li, H., Zhao, S., 2015.** Geology,mineralogy, and geochemistry of fault-controlled hydrothermal Cu–Au mineralization in the Shanmen Volcanic Basin, SE China. *Ore Geology Reviews* Vol. 64, p. 172-186.
- Efe, A., Gökçe, A., 1999.** Maden Köyü (İmranlı-Sivas) Çevresindeki Pb-Zn Yataklarının Jeolojisi ve Sıvı Kapanım İncelemeleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri* C.16, S.1, s.29-38.
- Elders, W.A., Hoagland, J.R., McDowell, S.D. , and Cobo R., J.M., 1979.** Hydrothermal Mineral Zones in the Geothermal Reservoir of Cerro Prieto: Guidebook Geology and Geothermics of the Salton Trough. U.C. Riverside Campus Museum Contribution No. 5, s. 36-43.
- Engin, T., 1969.** The geology and geochemistry of the ultrabasic rocks and associated chromite deposits of the Andızlık-Zımparalık area, Fethiye, Southwest Turkey, PhD. Thesis, Durham Univ., England (yayınlanmamış).
- Gökçe, A. and Spiro, B., 2000.** Sulfur-isotope characteristics of the volcanogenic Cu-Zn-Pb deposits of the Eastern Pontide Region, Northern Turkey. *Int. Geol. Review*, 42/6, 565-576.
- Graciansky, P.C., 1968.** Teke yarımadası (Likya) Torosları’nın üst üste gelmiş ünitelerinin stratigrafisi ve Dinaro-Toroslar’daki yeri. *MTA Enst. Bült.*, No: 71, s. 73-92.
- Graciansky, P.C., 1972.** Recherces geologiques dans le Taurus Lycien occidental (Turque). *These, Universite Paris-Sud.*, Orsay, p. 731.
- Güngör, T., Erdoğan, B., 2001.** Emplacement age and the direction of the Lycian Nappes in the Söke-Selçuk Region, western Turkey. *Int. J. Earth Sciences*, 89, s.874-882.
- Hemley, J.J., Montoya, J.W., Marinenko, J.W., Luce, R.W., 1980.** Equilibria in the systems Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O and some general implications

- for alteration/mineralization processes. *Economic Geology*, v. 75, p. 210-228.
- Hoefs J., 2009.** Stable isotope geochemistry, 6th , Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 285.
- Leach, T.M., Umali, D.U., Rosario, R.C., 1985.** Epithermal mineral zonation in an active island arc: The Bacon- Manito geothermal system, Philippines, in 7th New Zealand geothermal workshop, 6-8 November 1985, Auckland, New Zealand, proceedings: Auckland, University of Auckland Geothermal Institute, p. 109-114.
- Meşur, M., Yoldemir, O., Akpınar, M., Öztaş, Y., Aklan, H., 1989.** Batı Toroslar'ın Jeolojisi ve Petrol Olanakları Raporu. TPAO Rap., Ankara.
- Mücke, A., 1989.** Anleitung zur Erzmikroskopie mit einer Einführung in die Erzpetrographie.- Enke Verlag, Stuttgart, 187 p.
- Okay, A.I., And Tüysüz, O., 1999.** Tethyan sutures of northern Turkey. The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen (ed.B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth ve M. Séranne). Geological Society, London, Special Publication. 156: p. 475-515.
- Önen, A.P., 2003.** Neotethyan ophiolitic rocks of the Anatolides of NW Turkey and comparison with Tauride ophiolites. *J. Geol. Soc. London*, 160: p.947-962.
- Poisson, A., 1977.** Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie). These, Université Paris-sud, p. 795, Orsay.
- Reyes, A.G. ,1990.** Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 43: p.279-309.
- Robertson, A.H.F., Poisson, A., Akıncı, O., 2003.** Developments in research concerning Mesozoic-Tertiary Tethys and neotectonics in the Isparta Angle, SW Turkey. *Geological journal*. 38, 3-4, p. 195-234 40.
- Roedder, E., 1984.** Fluid Inclusions. Reviews in Mineralogy. Mineralogical Society of America, Washington. Vol.12, p. 644.
- Şenel, M., 1991.** Likya napları içindeki volkanik katkılı Paleosen-Eosen çökelleri: Faralya Formasyonu, MTA dergisi 113 , s. 1-17.
- Şenel, M., 1997.** 1/100000 Ölçekli Fethiye L7 Paftası Jeoloji Haritası, MTA Jeoloji Etüdları Dairesi, Ankara.
- Steiner, A., 1977.** The Wairakei geothermal area, North Island, New Zealand. *New Zealand Geological Survey Bulletin*, v. 90, p. 136.
- Uysal İ., Sadıklar, M.B., Tarkian, M., Karlı, O., Aydın, F., 2005.** Mineralogy and composition of the chromitites and their platinum-group minerals from Ortaca (Muğla-SW Turkey): evidence for ophiolitic chromitite genesis, *Mineralogy and Petrology*, 83: p.219–242.
- Uçurum, A., Lechler, P.J., Larson, L. T., 2000.** Platinum-Group Element distribution in chromite ores from ophiolite complex-es. Western Turkey. *Trans. Inst. Mining Metall. (Sect. B:Appl. Earth Sci.)*, 109 (2), p. 112-120.
- Wilkinson, J.J.,2001.** Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, *Lithos* 55(2001) , p. 229–272.
- Yalçınkaya, S., Ergin, A., Taner, K., Afşar, Ö.P., Dalkılıç, H., Özgönül, E., 1986.** Batı Toroslar'ın jeoloji raporu. Maden Tetkik ve Arama Raporu, Rapor no. 7898 (yayımlanmamış), Ankara.

## İSTANBUL YERBİLİMLERİ DERGİSİ / ISTANBUL EARTH SCIENCES REVIEW

Jeoloji, Jeofizik ve Maden Mühendisliği alanlarını kapsayan disiplinler arası bilimsel bir dergidir.

*An interdisciplinary journal of geology, geophysics and mining.*

### **Derginin amacı ve kapsamı / Aim and the scope of the Journal**

İstanbul Yerbilimleri Dergisi İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi'nin resmi yayınlarından biridir. Yılda iki sayı yayınlanır. İstanbul Yerbilimleri Dergisi, Jeoloji, Jeofizik ve Maden Mühendisliği alanlarında yerbilimlerinin farklı araştırma konularını kapsayan disiplinler arası bir dergidir. Dergide bu alanlar ve yerbilimlerinin diğer tüm alanlarında hakem değerlendirmesinden geçen araştırma, derleme ve tartışma makaleleri ile güncel bir konuyu ele alan tematik makale gurubu yayınlanmaktadır. Başka yerde daha önce yayınlanmış makaleler yayına kabul edilmez. Dergiye yollanan makaleler önceden yayınlanmamış orijinal veriler, yorum ve sentezler içermelidir. Makale dili Türkçe veya İngilizce olabilir. Türkçe makalelerde ayrıntılı bir İngilizce özet, İngilizce makalelerde ise ayrıntılı bir Türkçe özet verilmektedir. Şekil ve tablo açıklamaları, hem Türkçe hem de İngilizce olarak hazırlanmaktadır.

*Istanbul Journal of Earth Sciences is an official publication of the Faculty of Engineering, Istanbul University. It is published twice a year. It is an interdisciplinary journal covering various research areas in earth sciences including geology, geophysics, and mining. The journal publishes peer-reviewed scientific papers, review articles and discussion papers as well as thematic set of papers covering a topic of current interest in these fields and any other field related to earth sciences. The papers that have been published elsewhere are not accepted for publication in this journal. Submissions should be original and comprise previously unpublished data, interpretations, or syntheses. Articles written in both Turkish and English are accepted for publication. The articles in Turkish are required to have a detailed summary in English and similarly, the articles in English present a Turkish summary. The figure and table captions are required to be written both in Turkish and English.*

### **Kaynakça bilgisi / Bibliographic information**

ISSN: 1012-3741

### **Baskı / Imprint**

İstanbul Üniversitesi. Yayına Başlama Tarihi: 2008. (1981-1982 yılları arasındaki önceki C.1'den 3'e kadarki baskılar İstanbul Yer Bilimleri; 1983-2007 yılları arasındaki C. 4'ten 20'ye kadarki baskılar Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Dergisi olarak yayınlanmıştır).

*Istanbul University. Commenced publication 2008. (Formerly Istanbul Earth Sciences V. 1 to 3, 1981-1982 and Engineering Faculty's Earth Sciences Review V. 4 to 20, 1983-2007).*

### **Üyelik /Subscriptions**

Türkiye'deki kütüphanelere ücretsiz olarak dağıtılır ve dünya çapındaki seçkin üniversitelere gönderilir.

*Distributed nationwide free of charge (only in Turkey) and sent to selected university libraries worldwide.*

### **Kurumsal internet ulaşımı /Institutional online access**

2003 yılından beri dergiye <http://www.istanbul.edu.tr/eng/jeoloji/library/dergiindex.htm> adresinden ücretsiz ulaşılmaktadır.

*Since 2003, issues of the journal are available online at: <http://www.istanbul.edu.tr/eng/jeoloji/library/dergiindex.htm> free of charge.*

### **Okuyucu kitlesi /Audience**

Jeoloji mühendisleri, jeofizik mühendisleri ve maden mühendisleri.

*Geologists, geophysicists and mining engineers.*

### **Endeks taraması /Abstracting – indexing**

TÜBİTAK-ULAKBİM, Compendex Geobase veritabanı

*TÜBİTAK-ULAKBİM, Compendex Geobase*

### **Hakem değerlendirmesi /Peer review process**

Makaleler değerlendirilmek üzere baş editöre (Yazı Kurulu Başkanı) gönderilir. Baş editör makalenin konusuna göre yayın kurulu üyelerinden birisini konu editörü olarak tayin eder. Konu editörü makalenin dergi normlarına uygun olup olmadığını değerlendirir. Gönderilen yazılar arasında derginin standartlarına uygun olmayanları geri çevrilir. Makalenin dergi standartlarına uyması durumunda, konu editörü yazıyı ya yayın kurul üyeleri arasından seçtiği iki kişiye veya uzmanlık alanlarını dikkate alarak uygun gördüğü başka bir kurumdaki uzmanlara değerlendirilmek üzere gönderir. Yazının kabulü ya da reddi, iki hakemin anonim olarak yaptığı değerlendirmeler ile belirlenir. Konu editörü hakem görüşleri ve önerileri doğrultusunda, yazının kabulüne, düzeltilerek yeniden gönderilmesine veya reddine karar verir. Konu editörü vereceği kabul veya red kararı baş editöre bildirir. Makale sahibine hakem değerlendirmeleri ile birlikte editör tarafından kaleme alınmış bir yazı gönderilir. Hakem değerlendirmelerinin ve editör yazısının bir örneği ayrıca her hakeme gönderilir. Yazının içeriği ya da formatının uygun bulunmaması durumunda, makale konu editörü tarafından düzeltilmek üzere veya yayına uygun olmadığı belirtilerek iade edilir. Dergi editörü makalenin orijinal bir katkı olduğunu kabul eder. Dergide yayınlanan makaleler, izin alınmaksızın başka hiçbir yerde yayınlanamaz. Yayına kabul edilen her makale için telif hakkının İ.Ü. Mühendislik Fakültesi'ne devredildiğine dair bir belgenin ( Eser Temliknamesi) yazar tarafından imzalanması gerekmektedir.

*Manuscripts are submitted to the chief editor. The chief-editor assigns a subject editor from the members of the editorial board according to the subject covered in the submitted manuscript. The subject editor assesses manuscript's appropriateness for inclusion in the Journal. The submissions that do not meet the main topic or standards of the journal are rejected. If the submission meets the standards of the journal, the subject editor selects two reviewers either from the Editorial Advisory Board or from another institution on the grounds of their particular expertise and sends the manuscript to them for evaluation. Acceptance or rejection of a contribution will be based on a blind peer review of the submission by these two reviewers. On receipt of the reviewer's comments and recommendations, the subject editor makes a decision to accept, seek revision, or reject the manuscript. The subject editor's final decision is sent to the chief editor. Contributors will receive a copy of the reviewer's comments at the same time as they receive a response from the editor. Copies of reviews and the editor's decision will also be sent to each reviewer. If the content or format is inappropriate, the article will be returned to author for revision or advised of its unsuitability for publication. The Editor will assume that the paper is an original contribution. Papers appearing in the journal should not be published elsewhere without the written consent of the Publisher of the journal. A copyright declaration will be required of all papers accepted for publication.*

## YERBİLİMLERİ DERGİSİ YAYIN KURALLARI

- Yerbilimleri Dergisi İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yayımıdır. Yılda iki kez yayımlanır.
- Dergide Jeoloji, Jeofizik ve Maden Mühendisliği konularında özgün çalışmalar yayımlanır. Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir.
- Dergiye gönderilen yazıların daha önce kesinlikle yayımlanmamış olması gerekmektedir.
- Yayınların içeriğinden yazarlar sorumludur.
- Makaleler, hakemlerin görüş ve önerileri gözetilerek, Yazı Kurulu'nca yayına kabul edilir veya edilmez.
- Yayına kabul edilmeyen makaleler yazar veya yazarlarına geri verilir.
- Metinler A4 boyutlu kağıda, çevresinde 2.5 cm. boşluk bırakılarak yazılmalıdır. Dergi web sitesinde bir şablon bulunmaktadır.
- 200 sözcüğü geçmeyecek Türkçe Öz ve İngilizce Abstract eklenmelidir.
- Makalelerde "ÖZ"den sonra "Anahtar Sözcükler" ve "Abstract"dan sonra "Keywords" ilave edilmelidir.
- Türkçe sunulan makalelerde ayrıntılı bir İngilizce özet (Summary), İngilizce hazırlanan makalelerde ise yine ayrıntılı bir Türkçe özet makalenin sonuna eklenmelidir.
- Gönderilecek olan yazılar 12 punto ve 1.5 aralıklı yazılmalı; şekil, ek vb. dahil 20 (Yirmi) sayfayı geçmemelidir.
- Yayınlarda kullanılan büyüklükler için birimler (SI) olarak verilmelidir.
- Makale başlığı ile Şekil, Tablo, Levha ve Eklerin Şekil altı açıklamaları "Türkçe" ve "İngilizce" yazılmalıdır.
- Şekil, Tablo ve Çizelge'ler en fazla A4 boyutunda olmalı, Harita ve Kesitler ise katlanmalı olarak iki A4 boyutunu (A3) geçmemelidir.
- Şekiller açıklamaları dahil, 16.5x22 veya 8x22 cm boyutlarını aşmamalıdır.
- Çizimlerde "Çizgisel Ölçek" kullanılmalıdır.
- Foto Levhaları 17x21 cm boyutunda ve en fazla 4 adet olarak hazırlanmalıdır.
- Makale ile ilgili; harita, şekil vb. çizimler, küçültmeler dikkate alınarak okunacak şekilde hazırlanmalıdır.
- Renkli şekillerden herhangi bir ücret talep edilmemektedir.
- İstanbul Yerbilimleri dergisinde yayımlanmak üzere sunulan makalelerin dergi web sitesi üzerinden elektronik ortamda sunulması beklenir. Alternatif olarak makaleler ilk sunulma aşamasında yukarıda tanımlanan formatta dört kopya olarak, yayına kabul edildikten sonra ise Microsoft Word 2003 veya üst versiyonları programına göre dergi yazı formatında bilgisayarda yazılıp, e-posta yoluyla veya CD'ye kaydedilerek gönderilmelidir.
- Yayınlar aşağıda belirtilen adrese gönderilmelidir.

## INSTRUCTION TO AUTHORS

- The journal of Earth Sciences Review is a publication of Istanbul University, Faculty of Engineering. It is published twice a year.
- The journal welcomes original scientific contributions in Geology, Geophysics and Mining Engineering. Manuscripts may be submitted in Turkish or English.
- Submitted manuscript should not be previously published.
- The authors of the manuscripts are responsible for the content.
- The articles are accepted for publication or rejected considering the comments of the referees.
- The rejected manuscripts are sent back to the author(s).
- The text should be written in A4 size paper leaving 2.5 cm space margins from all sides. A template is provided in the Journal's web page.
- The abstract including no more than 200 words has to be written both in Turkish and English.
- Keywords should also be given in Turkish and English.
- Manuscripts written in Turkish should include a detailed summary in English and manuscripts written in English should include a detailed summary in Turkish.
- The font size of the submitted manuscript should be 12 pt and the line spacing should be 1.5; thus written manuscript should not exceed 20 pages including figures, tables etc.
- The units of physical quantities should be given in SI
- The title of the article, the Figure and Table captions should be given both in Turkish and English.
- The size of the Figures and Tables should not exceed A4 paper size. The size of the maps and cross-sections should not exceed A3 paper size.
- The dimensions of a Figure including its caption should not be larger than 16.5x22 cm or 8x22 cm.
- Scale of the maps should be given as a line scale..
- The dimension of a Photographic Plate should be 17x21 cm and the allowed maximum number of the plates is 4.
- The font size in Figures and Tables should be large enough enabling reproduction (which may include reduction).
- There is no page charge for colour figures.
- Manuscripts should be submitted from the journal's web page. Four copies of the manuscript written according to the format explained above should be submitted to the address given below. The articles accepted for format of the journal using Microsoft publication should be re-arranged according to the Word 2003 or higher version in a camera-ready format. This final form should also be submitted as an electronic copy as an e-mail attachment or in CD in addition to two hardcopies.

**Prof. Dr. Timur USTAÖMER**

Editör

*Editor in Chief*

İSTANBUL YERBİLİMLERİ DERGİSİ  
İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
34320 Avcılar - İSTANBUL

*ISTANBUL EARTH SCIENCES REVIEW  
Istanbul University, Faculty of Engineering  
Department of Geological Engineering  
TR-34320 Avcilar, Istanbul, Turkey*

