

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ METALOJENİK KUŞAĞINDA
BULUNAN MURGUL MASİF SÜLFİD YATAĞININ
HİDROTHERMAL ÇÖZELTİLERİ VE GELİŞİMİ**

Menekşe ZERENER

**Danışman
Prof. Dr. Nevzat ÖZGÜR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISPARTA
2005**

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	2
3. MATERYAL VE METOT.....	6
3.1 Materyal.....	6
3.1.1 İnceleme alanının yeri.....	6
3.1.2 Morfoloji.....	6
3.1.3 İklim ve Bitki Örtüsü.....	7
3.1.4 Yerleşim Merkezleri ve Ulaşım.....	8
3.2 Metot.....	8
3.2.1 Örnekleme ve Örneklerin Hazırlanması.....	8
3.2.2 Mikroskop Çalışmaları.....	9
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	10
4.1 Jeoloji.....	10
4.1.1 Bölgesel Jeoloji.....	10
4.1.2 Murgul Cu Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi ve Petrografisi.....	12
4.1.2.1 Alt Bazik Seri.....	12
4.1.2.2 Alt Dasitik Seri.....	13
4.1.2.2.1 Dasitik Tüfler.....	13
4.1.2.2.2 Dasitik Sünger Tüfleri.....	13
4.1.2.2.3 Tüf-Kumtaşı-Kireçtaşı Formasyonu.....	16
4.1.2.2.3 Kırmızı ve Yeşil Dasit.....	16

4.1.2.3 Üst Bazik Seri.....	16
4.1.2.3.1 Volkanik Konglomera.....	18
4.1.2.3.2 Tüf-Kireçtaşı Ardalanması.....	18
4.1.2.3.3 Andezit ve Andezit Konglomeraları.....	18
4.2 Alterasyon.....	18
4.3 Cevherleşme.....	19
4.3.1 Cevher Mineralleri Parajenezi.....	19
4.3.2 Cevherleşme Tipleri.....	23
4.3.2.1 Dissemine tipi cevherleşme.....	25
4.3.2.2 Stokvork tipi cevherleşme.....	25
4.3.2.3 Küçük cevher damarları şeklindeki cevherleşme.....	26
4.4 Sıvı Kapanımı Çalışmaları.....	27
4.4.1 Sıvı Kapanımı Petrografisi.....	27
4.4.1.1 Sıvı Kapanımı Tipleri.....	27
4.4.1.2 Sıvı Kapanımların Morfolojileri, Dağılımları ve Büyüklükleri.....	28
4.4.2 Mikrotermometrik Analizler.....	32
4.4.2.1 Isıtma Deneyi.....	32
4.4.2.2 Soğutma Deneyi.....	35
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	37
6. KAYNAKLAR.....	40
7. ÖZGEÇMİŞ.....	43
LEVHALAR	

ÖZET

Çalışma alanını oluşturan Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı D-B yönünde 350 km uzunluğa ve K-G yönünde 60 km genişliğe sahiptir. Genellikle Jura-Miyosen yaşlı volkanik kayalardan oluşan, 2000-3000 m arasında kalınlık gösteren, tipik ada yayını temsil eden ve az miktarda denizel sedimanter kayalar içeren Doğu Karadeniz metalojenik kuşağı üç volkanik evreye ayrılmıştır. İlk volkanik evre Jura ve Üst Kretase yaşları arasında alt bazik seri (LBS) ve alt dasitik seri (LDS)' den oluşan bir volkanik kayaç serisini içermektedir. Bu evre önce bazaltik başlayıp daha sonra volkanizma ilerledikçe orta ve üst kısımlarında felsik lav akıntıları ve kalın piroklastiklere doğru değişen bir dizilim ile temsil edilmektedir. İkinci volkanik evre (Üst Bazik Seri: UBS) çok az denizel sedimentlerin egemen olduğu volkanik breşler ve tüflerle başlamaktadır. Bu birimlerin üzerine andezitik ve riyolitik lav akıntıları gelmekte ve en üstte Üst Kretase yaşlı (Maestrihtiyen) kireçtaşları bulunmaktadır. En son evrede ise (Üst Dasitik Seri: UDS) Tersiyer volkanik faaliyeti temsil eden andezitik ve bazaltik lav akıntıları ile örtülmüş olan Paleosen yaşlı denizel sedimentlerin dizilimini içermektedir.

İnceleme alanını oluşturan Murgul Cu yatağı ilk volkanik devrenin en üst kısmında bulunan alt dasitik seri (LDS) olan ve 150-300 m kalınlığa sahip dasitik piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Bu dasitik piroklastik kayalar altere olmuş volkanik tüfler ve breşler oluşturmaktadır. Bunlardan az altere olmuş piroklastikler ise plajioklas, kuvars, hornblend ve az miktarda sfen, apatit ve hematitten meydana gelmişlerdir. Bu dasitik piroklastik kayalarda saçınımlı cevher, stokvork cevher ve küçük cevher damarları şeklinde üç tip cevherleşme bulunmaktadır. Bu üç tip cevherleşmede yaygın cevher minerali olarak pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, fahlerz, arsenopirit, kovellin ve altın belirlenmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarla bu mineral parajenezlerine ek aksesuar mineral olarak aikinit, hessit, tetradimit ve klaustalit minerallerinin varlığı saptanmıştır.

Sıvı kapanımı çalışmaları ile birincil kökenli sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının 90 °C'den başlayıp 370 °C'ye kadar devam ettiği gözlenmiştir. İkincil

kökenli sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerleri 30 °C ile 70 °C ve 100 °C ile 210 °C arasında olmak üzere iki ayrı evrede yoğunlaşmıştır. Buna göre ikincil kökenli kapanımların homojenleşme sıcaklığı değerlerinin birincil kökenli kapanımlara göre daha düşük sıcaklıklarda oluştukları saptanmıştır. Birincil kökenli iki fazlı ve üç fazlı sıvı kapanımlardan elde edilen tuzluluk değerlerinin ise birbirine yakın değerler sunduğu tespit edilmiş olup sistemin düşük orta sıcaklık ve düşük tuzluluk değerlerine sahip NaCl-H₂O sisteminde olduğu belirlenmiştir. Böylece Murgul Cu yatağının epitermal-mezotermal kökenli olabileceği görüşü desteklenmektedir. Murgul Cu yatağı Üst Kretase yaşlı ada yayı volkanizmasına bağlı ve karasal koşullarda oluşmuş subvolkanik-hidrotermal tip olarak adlandırılabilir. Tüm bu veriler Murgul Cu yatağının kuroko tipi yataklar ile porfiri tipi Cu yatakları arasında bulunan bir geçişi temsil eden yatak tipi olduğunu desteklemektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Doğu Pontidler, sıvı kapanımı, masif sülfid, bakır yatağı, Murgul

ABSTRACT

The East Pontic metallotect extends about 350 km in E-W and 60 km in N-S directions. It represents an island arc system of volcanites developed during the Jura through Miocene time period. The 2000 to 3000-m-thick volcanic sequence in the East Pontic metallotect contains minor amount of marine sediments. The volcanic sequences has been divided into three volcanic cycles: The first cycle (Lower Basic Series: LBS, Lower Dacite Series: LDS) comprises a volcanic pile deposited between Jurassic and Upper Cretaceous which is characterized by a basal sequence of basaltic volcanics which changes to felsic lava flows and thick pyroclastic in the middle and top part of the cycle. The second cycle (Upper Basic Series: UBS) starts with volcanic breccias, tuffs and minor intercalations of marine sediments overlain by limestones of uppermost Cretaceous age (Maastrichtian). The late cycle (Upper Dacite Series: UDS) consists of a basal sequence of marine sediments of Paleocene age which are overlain by andesitic and basaltic lava flows representing Tertiary volcanic activity.

The Cu ore deposit of Murgul occurs within the upper part of the first volcanic cycle (LBS, LDS) and is associated with a 150-300 m-thick altered pyroclastic. The host rocks consist mainly of altered volcanic tuffs and breccias of dacitic to rhyolitic origin. Rocks of these pyroclastics consist of plagioclase, quartz, relicts of hornblende, and minor quantities of sphene, apatite and hematite. Three types of ore mineralizations disseminated ore, stockwork ore and small ore lodes are observed in these dacitic pyroclastics in Murgul. The most common ore mineral assemblages consist of pyrite, calcopyrite, sphalerite, galena, fahlore, arsenopyrite, covellite and gold. More recent investigations also revealed existence of same minor quantities of aikinite, hessite, tetradymite and clausthalite accessory minerals.

In the fluid inclusion studies, it is observed that homogenization temperature of primary inclusions begin at 90 °C and continue up to 370 °C. Homogenization temperatures of secondary inclusions observed in two phases range from 30 °C to 70 °C and from 100 °C to 210 °C. Homogenization temperatures of secondary inclusions

are lower than homogenization temperatures of primary inclusions. In comparison primary inclusions have salinities between 2-5 % NaCl equivalent. These primary inclusions indicate a NaCl-H₂O system low temperature and low salinity conditions. Furthermore, the data show that the Murgul Cu deposits can be considered as an epithermal to mesothermal origin. Accordingly, deposit can be assigned to a subvolcanic-hydrothermal origin with an upper Cretaceous island arc volcanism under subaerial conditions and forms a transition from Kuroko-type deposits to copper porphyries genetically.

KEY WORDS: East pontides, Fluid Inclusion, massive sulfid, copper deposit, Murgul

TEŞEKKÜR

Sunulan tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenen ve Prof. Dr. Nevzat Özgür tarafından yürütülen “Doğu Karadeniz Bölgesi Metalojenik Kuşağında Bulunan Murgul Masif Sülfid Yatağının Hidrotermal Çözeltileri ve Gelişimi” adlı proje çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu proje içinde yapılan çalışmanın belirlenmesinde, yürütülmesinde ve sonuçlandırılmasında bana büyük destek veren Sayın Prof. Dr. Nevzat Özgür’e teşekkür etmek istiyorum.

Laboratuvar çalışmaları sırasında sıvı kapanımı kesitlerinin hazırlanmasında, bunların mikroskopta incelenmesinde ve yorumlanmasında yardımcı olan Jeo. Yük. Müh. Gülay Sezerer Kuru’ya (MTA, Ankara), incekesitlerin alttan aydınlatmalı mikroskopta incelenmesinde yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Ömer Elitok’a (SDÜ) ve cevher örneklerinin üstten aydınlatmalı mikroskopta incelenmesi ve yorumlanmasında yardımcı olan değerli meslektaşım Araş. Gör. Selman Aydoğan’a (SDÜ) teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasında alınan örneklerin analize hazırlanması MTA Genel Müdürlüğü Mineraloji-Petrografi Laboratuvarları’nda gerçekleştirilmiştir. İncekesit, parlak kesit ve sıvı kapanımı kesitlerinin yapılmasını sağlayan MTA eski genel müdür yardımcısı Sayın Jeo. Yük. Müh. Murat Erendil’e, aynı birim içinde bulunan Mineraloji-Petrografi Bölümü Koordinatörü Sayın Jeo. Yük. Müh. Mehmet Karadeniz’e ve onun selefi Sayın Jeo. Yük. Müh. İnceser Girgin’e teşekkürü borç bilirim. Tezin arazi çalışmaları sırasında örneklerin alınmasında bana yardımcı olan Sayın Araş. Gör. Dilek Yaman’a (SDÜ) teşekkür ederim.

SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi’ne, “Doğu Karadeniz Bölgesi Metalojenik Kuşağında Bulunan Murgul Masif Sülfid Yatağının Hidrotermal Çözeltileri ve Gelişimi” adlı proje kapsamında yaptığı parasal destekten dolayı teşekkür ederim. Çalışmanın her aşamasında maddi ve manevi katkıları ve anlayışları ile bana destek olan aileme teşekkür ederim.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1 Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının jeolojik konumu ve yerbulduru haritası.....	6
Şekil 4.1 Plaka tektoniği teorisine göre doğu Tetiste kıtasal ve okyanusal kabukların dağılımı.....	10
Şekil 4.2 Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının basitleştirilmiş litostratigrafik istifi.....	11
Şekil 4.3 İnceleme alanının stratigrafik sütun kesiti.....	17
Şekil 4.4 Murgul Cu yatağında görülen hidrotermal alterasyon zonları ve iki cevher kütlesi yüzeyinden alınan örnek yerlerini gösterir harita.....	20
Şekil 4.5 Çeşitli cevher fazlarındaki cevher minerali parajenezleri.....	23
Şekil 4.6 Murgul Cu yatağındaki oluşumun şematik görünümü.....	24
Şekil 4.7 Murgul Anayatak açık madeninden alınmış iyi derecelenmiş dissemine tipi cevherleşme.....	24
Şekil 4.8 Murgul Çakmakaya açık madeninden alınmış stokvork tipi cevherleşme.....	26
Şekil 4.9 Murgul Çakmakaya açık madeninden alınmış küçük cevher damarları şeklindeki cevherleşme.....	26
Şekil 4.10 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli tek fazlı (sıvı) kapanımların dağılımları, boyutları ve diğer sıvı kapanım tipleri ile ilişkileri.....	28
Şekil 4.11 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli ve ikincil kökenli iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımların dağılımları ve birbirleriyle olan ilişkileri.....	29
Şekil 4.12 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımların morfolojileri.....	30
Şekil 4.13 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı-gaz-katı) kapanımların dağılımları ve diğer sıvı kapanım tipleri ile ilişkileri	30

Şekil 4.14 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı-gaz-katı) kapanımların morfolojileri.....	31
Şekil 4.15 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımların ısıtma deneyi sırasında gösterdikleri değişimler.....	32
Şekil 4.16 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerdeki görülen birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık diyagramı.....	33
Şekil 4.17 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı-gaz-katı) kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık diyagramı.....	33
Şekil 4.18 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı-gaz-katı) kapanımların homojenleşme sıcaklıkları.....	34
Şekil 4.19 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen ikincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklıkları.....	34
Şekil 4.20 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımlarda yapılan soğutma deneyi sırasındaki sıvı kapanımlardaki değişimler.....	35
Şekil 4.21 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde yapılan soğutma deneyi sonucu birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlardan elde edilen tuzluluk değerleri	36
Şekil 4.22 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde yapılan soğutma deneyi sonucu birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı, gaz, katı) sıvı kapanımlardan elde edilen tuzluluk değerleri.....	36
Şekil 5.1 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklığı, son buz ergime sıcaklığı ve tuzluluk diyagramı üzerindeki dağılımları.....	39

ÇİZELGELER LİSTESİ**Sayfa No**

Çizelge 4.1 Doğu Pontid metalojenik kuşağında bulunan önemli masif sülfid yatakları oluşumları ve karşılaştırması.....	24
--	----

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan masif sülfid yatakları Senoniyen yaşlı altere olmuş 150-300 m kalınlık gösteren dasitik piroklastiklere bağlıdır. Metalojenik kuşağın doğusunda ($\text{Cu} \gg \text{Pb} + \text{Zn}$) şeklinde Cu üstünlüğü bulunurken (Tip: Murgul) batıda ($\text{Pb} + \text{Zn} \gg \text{Cu}$) şeklinde (Tip: Madenköy ve Lahanos) Pb + Zn daha çok olarak görülmektedir. Jenetik olarak doğuda bulunan Murgul ve benzeri yataklar kıtasal koşullarda oluşmuş olup subvolkanik-hidrotermal oluşuğa işaret ederek daha çok Kuroko tipi yataklar ile Porfiri tipi yataklar arası bir geçişi temsil ederler. Metalojenik kuşağı oluşturan ve ekonomik önemi olan yatakların hidrotermal kökenleri olduğu çok iyi bilinmektedir. Burada oluşan masif sülfid tipi yatakları oluşturan hidrotermal çözeltileri ve onların gelişimini incelemek amacıyla Murgul Cu yatağından alınacak olan kuvars örneklerinde sıvı kapanımı çalışmaları ile çözeltilere ait tuzluluk değerlerinin, ilk ergime sıcaklığı değerlerinin ve kimyasal bileşimlerin tespit edilebilmesi amaçlanmaktadır.

Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan masif sülfid yatakları metallerinin kaynağı, taşınımı ve yatak olarak oluşması olaylarını daha iyi tanımlayabilmek için masif sülfid yatakları oluşumuna eşlik eden alterasyonu daha iyi tanımlayabilmek amaçlanmıştır.

2. KAYNAK BİLGİSİ

Wijkerslooth (1946), Doğu Karadeniz cevher yataklarının çoğunun subvolkanik tipe dahil edilebileceğini belirtmiştir. Murgul yatağında üç cevherleşme safhası ayırt etmiştir.

Schneiderhöhn (1955), Murgul yöresinin jeolojik durumunu açıklamış ve Murgul yatağını subvolkanik yataklar grupuna dahil etmiştir.

Kahrer (1958), Murgul yöresinde ilk petrografik ve cevher mikroskopisi incelemelerini yapmış ve son üç araştırmasında yöredeki yatakların yan kayaçlarla eş zamanlı olarak, eksalatif sedimanter süreçlerle oluştuklarını ileri sürmüştür.

Schultze-Westrum (1961), Doğu Pontidler'in jeolojisi ve maden yatakları konusunda yaptığı bir incelemede, Pontidler'in yapısına katılmış kayaç gruplarının oranlarını % 30 denizel sedimentler, % 60 volkanitler, % 10 granitler olarak vermiştir. Cevherleşmeyle olan ilgileri nedeni ile Dasit I'in özel bir önem taşıdığını vurgulayan araştırmacı, Pontus silsilesinde ekonomik olabilecek bütün cevher zuhurlarının Dasit I'e bağlı olduğunu belirtmiştir.

Buser ve Cvetic (1973), Murgul yöresinde bulunan Çakmakkaya ve Damarköy bakır yataklarının çevresinin litostratigrafisi ve tektoniğini ayrıntılı bir şekilde incelemişler ve yatakların subvolkanik-hidrotermal yataklar olduğunu belirlemişlerdir.

Vujonovic (1974), Doğu Karadeniz Bölgesindeki çeşitli özellikteki sülfür yataklarının mineral içeriği, mineraller arasındaki parajenez ilişkileri, minerallerin oluşum sırası, her yatağın kökeni ve bölgenin metalojenezi konularını açıklamaya çalışmıştır.

Popovic (1975), bu çalışma ile Doğu Pontidler'in yapısal ve ekonomik jeolojisini konu alan çalışmalar yapmış olup bu bölgede yer alan sülfür yataklarının (Cu-Pb-Zn) yapısal, jeolojik, jeokimyasal, jenetik ve parajenetik özellikleri konusunda veriler elde etmiştir.

Çağatay ve Boyle (1977), bu çalışma ile Doğu Karadeniz metalojenik kuşağında üç tip sülfid mineralizasyonu belirlenmiş olup bunlar (i) Zn-Cu-Pb masif sülfid yatakları (ii) Cu-pirit stokvork yatakları ve (iii) pirit-dissemine yataklardır. Bu yataklara ait önemli indikatör elementler olarak F, Pb, Zn, Cd, Cu, Ag, As ve Ba belirlenmiştir.

Pejatovic (1979), “Pontid tipi Masif Sülfid Yataklarının Metalojenisi” adlı incelemesinde, Doğu Pontidler’deki masif sülfid yataklarının, Kimmericiyen-Alpin metalojenik döneminde, kıta levhası üzerinde oluşmuş olan kompleks volkanik yayın evrimi ile ilişkili olarak oluştuklarını vurgulamakta, Kuroko tipi ile aynı ve belirli bir genetik tipi temsil ettiklerini savunmaktadır.

Özgür (1985); Özgür ve Schneider (1988); Schneider ve diğ. (1988); Willgallis ve diğ. (1989), Murgul (Artvin) yöresinde bulunan Anayatak ve Çakmakkaya bakır yataklarının oluşumu ve kökeni açısından bir dizi detaylı petrografi, eser element jeokimyası, alterasyon ve cevher mineralleri üzerinde kristal kimyası incelemeleri yapmışlar ve yöredeki yatakların saçınımlı, stokvork ve küçük merceksi tipte cevherleşmeler içerdiği, yan kayaçlarla fillik/ arjillik ve silisli zonlar olmak üzere iki farklı alterasyon zonunun geliştiği, alterasyon zonlarında Ti, Mn ve nadir toprak elementlerin azaldığı, F, Cu ve Au miktarlarının arttığı ve yatakların Üst Kretase yaşlı yay volkanizması ile ilişkili olarak, adacıklar üzerinde, yarı karasal koşullarda oluştuklarını belirtmişlerdir. Özgür ve Palacios (1990), volkanojenik kökenli Murgul Cu yatağında F, Ti, Mn, Cu, Au ve nadir toprak elementlerinin davranışları ile ilgili olarak yapılan jeokimyasal çalışmalar sonucu adı geçen elementlerden Ti, Mn ve nadir toprak elementlerinin yoğun hidrotermal alterasyona uğramış kayaçlarda önemli azalma değerleri belirlemişler buna karşın F, Cu ve Au cevherleşme alanında ise yüksek anomali değerlerinin bulunduğunu tespit etmişler. Buna bağlı olarak F, Ti ve Mn elementlerinin Doğu Karadeniz metalojenik kuşağında örtülü cevher yatakları prospeksiyonunda önemli indikatör element olarak kullanılabileceğini önermişlerdir. Özgür ve diğerleri (1991), Doğu Karadeniz metalojenik kuşağını oluşturan ana metal yataklarında yaygın olarak görülen saçınımlı cevherde ortalama Cu konsantrasyonunun % 0.2 ile % 0.8 arasında, stokvork tipi cevherde çeşitli Cu konsantrasyonlarının

ortalamasının % 1.0 ile % 3.0 arasında ve küçük cevher damarlarında görülen Cu konsantrasyonunun ise ortalama % 5.0 ile % 10.0 arasında olduğunu saptamışlardır. Özgür (1993), Bu çalışma ile bütün doğu pontid metalojenik kuşağında görülen hidrotermal alterasyonun iki aşamadan oluştuğunu ve ilk aşamayı fillik ve arjillik alterasyonun oluşturduğunu ikinci aşamayı ise silisik alterasyonun oluşturduğunu tespit etmiş olup mineralizasyonun ilk fazının (saçınmış cevher) alterasyonun ilk aşaması ile meydana geldiğini, mineralizasyonun ikinci ve üçüncü fazının (stokvork cevher ve küçük cevher damarı) ise hidrotermal alterasyonun ikinci aşaması ile oluştuğunu savunmuştur.

Çağatay (1993), Murgul yöresinde bulunan Çakmak kaya ve Damarköy bakır yatakları çevresinde, içten dışa doğru, silisleşme, illit-mika oluşumu ve kaolinleşme şeklinde farklı bileşimlerde alterasyon zonlarının gözlemlendiğini ve cevherleşmelerin ada yayı volkanizması ile ilgili olarak açılma evrelerinde oluştuklarını belirtmektedir. Çağatay ve Eastoe (1995), Doğu Karadeniz kuşağında bulunan volkanojenik masif sülfür yataklarındaki masif cevherlerin Japonya'daki Kuroko yataklarına benzer çok yaygın zonlanmalar gösterdiklerini ve Doğu Karadeniz kuşağında yer alan sekiz kuroko tip masif sülfür yatağında bulunan masif, stokvork ve saçınımlı cevherleri oluşturan felsik magmatik kayaların içindeki $\delta^{34}\text{S}$ izotopu değerlerinin ortalama ‰ 0-‰ 7 arasında olduğunu belirtmektedirler.

Popovic (2000), Kilise tepe (Murgul) yöresinde yaptığı çalışmalar sonucunda bu bölgede yaygın olarak riyolitik bileşimli volkanik ve volkano-sedimanter kayalar birimlerinin bulunduğunu saptamıştır. Aynı zamanda yatakta görülen cevherleşme tiplerini ve Cu konsantrasyonlarını belirlemek suretiyle Çakmak kaya-Anayatak (Murgul) Cu yatakları ile olan bağlantısını incelemiştir.

Gökçe ve Spiro (2000), bu çalışma ile Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan masif sülfür yataklarında görülen cevherleşme tiplerine ve sülfür minerallerinin bünyelerinde ne kadar $\delta^{34}\text{S}$ izotopu bulundurdıklarına açıklık getirmeye çalışmışlardır. Gökçe (2001), Murgul Çakmak kaya ve Damarköy yatakları çevresinde yüzeyleyen kayalar türlerini ve bu yataklarda görülen cevher zonlarını belirlemiş ve bu

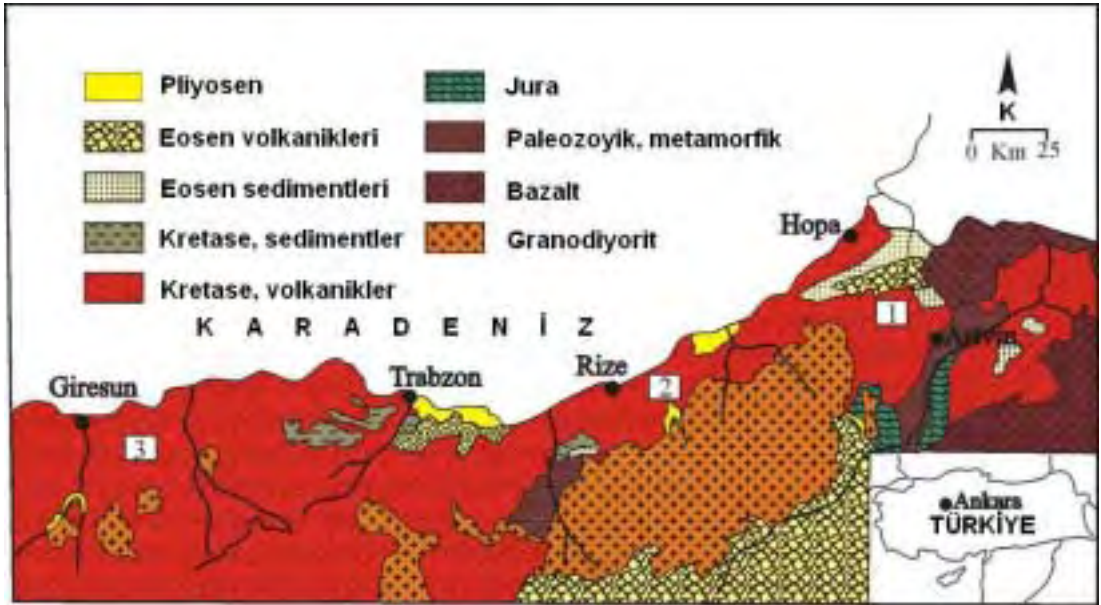
yataklardan aldığı kuvars örnekleri üzerinde sıvı kapanımı çalışmaları yapmıştır. Sıvı kapanımı incelemeleri ile hidrotermal çözeltilerin bileşiminde NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların hakim olduğunu, çözeltilerin tuzluluğunun cevherleşmelerin oluşumu sırasında daha yüksek olduğunu, son evrelere doğru kısmen azaldığını, cevherleşme sırasında çözeltilerin sıcaklıklarının 254°C ye kadar yükseldiğini, ancak son evrelere doğru 110,2 °C ye kadar düştüğünü belirlemiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Meteryal

3.1.1 İnceleme alanının yeri

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yeralan çalışma alanı Doğu Pontid Metalojenik Kuşağı olarak adlandırılmaktadır. İnceleme alanı yaklaşık doğudan-batıya doğru uzanan 350 km'lik ve kuzeyden-güneye doğru uzanan 60 km'lik bir alandan daha büyük bir yüzey alanına sahip olup 38°00" ve 42°00" boyları ve 40°30" ve 41°30" enlemi arasında uzanmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının jeolojik konumu ve yerbulduru haritası 1: Murgul, 2: Madenköy, 3: Lahanos (Özgür, 1993).

3.1.2 Morfoloji

Çalışma alanı genelde dağlık ve engebeli bir topoğrafyaya sahip olup irili ufaklı bir çok su kaynağını bünyesinde bulundurmaktadır. Doğu Karadeniz dağları Türkiye'nin kuzeydoğusundadır ve karadeniz kıyılarına aşağı yukarı paralel olarak uzanmaktadır. Bu dağlar denizden güneye doğru yükselmekte ve sırtların en

yüksek oldukları kesimde 3000 m'yi geçmektedir. Doğu Pontid Metalojenik Kuşağında bulunan önemli yükseltiler; Şavval Tepe (3348 m), Büyükyurt Dağı (2750 m), Karyoldağı (2750 m), Kaçkar Tepeleri (3000 m), Akdağ (3030 m), Haho Dağı (3000 m), Gülübağdat Dağı (2900 m), Güngörmez Dağı (3531 m), Kaçkar Dağı (3977 m), Haros Dağı (2611 m), Mescit Dağı (3255 m), Cimil Dağı (3170 m), Şeytan Dağı (3000 m), Verçinin Tepe (3711 m), Kırklar Dağı (3359 m), Karakafur Dağı (2800 m), Gölyayla Dağı (2900 m), Haldizen Dağı (3000 m), Soğanlıdağları (2500 m), Kemer Dağı (2856 m), Karakaban Dağı (2550 m), Sis Dağı (2161 m), Çakırgöl Dağı (2464 m), Akılbaba Tepe (2814 m), Kotsan Dağı (2500 m)'dir.

Çalışma alanında bulunan en önemli su kaynağını Çoruh nehri oluşturmaktadır. Çoruh nehrinin en büyük kollarından birini Murgul deresi oluşturmaktadır. Çoruh nehri bölgede bulunan Hatila Dere, Hodiçınar Dere, Sataçor Dere, Çamlık Dere, Çençül Dere, Çakmas Dere, Engücük Dere ve Dörtkilise Dere gibi irili ufaklı birçok dere tarafından beslenmektedir ve Karadeniz'e dökülmektedir. Bunların dışında çalışma alanında bulunan diğer önemli dereleri; Aksu Deresi, Ulucak Deresi, Gelevere Deresi, Eşgüne Deresi, Güdül Deresi, Aslanyurdu Deresi, Hoyran Deresi, Boğarsık Deresi, Harşit Deresi, Çanakçı Deresi, Büyükgöre Deresi, Deviskel Deresi, Sivri Deresi, Piskala Deresi, Kaçkar Deresi, Hala Deresi, Pazar Deresi, Maki Deresi, Manahos Deresi, Koştul Deresi, İskefiye Deresi, Mirkemenil Deresi, Bogaç Deresi, Erikbeli Deresi, Harşit Deresi, Soyran Deresi, Kalyon Deresi, Değirmen Deresi, Gümüşhane Deresi, Vihik Deresi ve Kaleninta Deresi oluşmaktadır.

3.1.3 İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanını oluşturan Doğu Karadeniz metalojenik kuşağı'nda karadeniz iklimi görülmektedir. Karadeniz iklimi daha çok dağların denize bakan yamaçlarında görülen bir iklim tipidir. Bu iklimde yaz sıcaklığı, Akdeniz ikliminde olduğu kadar etkili olmasa da yüksek, kış mevsimi ise güney kıyılarıımıza göre serin geçer. Karadeniz üzerinden gelen nemli hava, Kuzey Anadolu dağlarının denize bakan yamaçlarında yükselerek yoğunlaşmakta ve kıyılarda yaz mevsiminde de yağış bırakmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'ne hakim olan bu iklim Türkiye'de tek olup,

bölgenin büyük bölümünde ortalama 2000 mm civarında yağış görülmektedir. Bu ikliminin en önemli özelliği, en çok yağışların görüldüğü iklim olması ve yağışların her mevsimde yaşanmasıdır.

3.1.4 Yerleşim Merkezleri ve Ulaşım

Bölgedeki önemli yerleşim alanları başta Trabzon olmak üzere Giresun, Rize ve Artvin il merkezleridir. Bu illere bağlı çok sayıda köy, kasaba ve ilçe merkezleri bulunmaktadır. Bütün yerleşim birimleri birbirlerine asfalt ve stabilize yollarla bağlıdır ve her mevsim ulaşım sağlanır.

Çalışma alanına ulaşım Karayolları, Havayolları ve Denizyolları kullanılarak üç farklı şekilde yapılabilir. Çalışma alanına Karayolları ile ulaşım Trabzon merkez olmak üzere Rize-Artvin istikametine uzanan karayolu ile, deniz yollarıyla ulaşım İstanbul-Rize arasında sefer yapan feribotlar aracılığıyla, hava yollarıyla ulaşım ise Trabzon Havaalanı aracılığıyla yapılmaktadır.

3.2 Metot

3.2.1 Örneklem ve Örneklerin Hazırlanması

Doğu Pontid Metalojenik Kuşağı'nda bulunan Murgul Cu madeninden, mineralojik-petrografik ve sıvı kapanımı çalışmalarının yapılabilmesi için toplam 29 cevher örneği alınmıştır. Alınan bu toplam 29 örnekten bazı örnekler üzerinde birden fazla kesit yapılmak suretiyle sıvı kapanımı çalışmalarının yapılabilmesi için toplam 21 sıvı kapanımı kesiti ve kayaç mikroskobu çalışmalarının yapılabilmesi için ise toplam 25 ince kesit yapılmıştır.

Sıvı kapanımı ve kayaç mikroskobisi çalışmaları için yapılan sıvı kapanımı kesitleri ve ince kesitler MTA Mineraloji-Petrografi laboratuvarlarında hazırlanmıştır. Sıvı kapanımı kesitlerinin hazırlanmasında öncelikle çalışma alanından alınan cevher örnekleri üzerinde sıvı kapanımı çalışması için gerekli saydam özellik gösteren

kuvarslı alanlar belirlenmiştir. Belirlenen bu alanlar elmas kesici yardımı ile kesilmiştir. Kesilen her bir örnek öncelikle 220'lik demir tozunda daha sonrada 600'lük demir tozunda aşındırılmıştır. Aşındırılan bütün örnekler Al_2O_3 tozu yardımı ile en az beş dakika kadar parlatılmıştır. Daha sonra parlatılan tüm örnekler bir gün boyunca doğal ortamda kurutulmaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekleri tek tek lamaların üzerine yapıştırmak suretiyle örnekler doğal ortamda dört gün boyunca tekrar kurumaya bırakılmıştır. Kuruma işlemi bittikten sonra örneklerin diğer yüzlerini parlatmak üzere yeniden elmas kesicide her bir örnek 1 mm yüksekliğinde olacak şekilde kesilmiştir. Kesme işleminden sonra aynı şekilde örneklerin diğer yüzleri de parlatılmıştır. Tüm bu işlemler tamamlandıktan sonra sıvı kapanım kesitleri inceleme için hazır hale getirilmiştir.

Çalışma alanından alınan örnekleri petrografik olarak tanımlamak amacıyla ince kesitler hazırlanmıştır. İnce kesitlerin hazırlanmasında öncelikle sıvı kapanımı kesitlerinde olduğu gibi cevherli kayacı en iyi tanımlayabileceğimiz uygun alanlar belirlenmiştir. Bu işlemten sonra belirlediğimiz alanlar elmas kesiciler yardımıyla kesilmiştir. Kesilen her bir cevher örneği önce 220' lik demir tozunda daha sonra 600' lük demir tozunda aşındırılmak suretiyle etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekler tek yönleri aşındırılmış lameller üzerine yapıştırılmıştır. Yapıştırma işleminden sonra kuruma işlemi için örnekler 70 ile 90 °C arasında sıcaklığa sahip etüvde iki saat kurutulmaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekler yeniden elmas kesicide kesilmiş ve örnekler mümkün olan en ince şekilde aşındırılmıştır. En son işlem olarak da örneklerin üzerine lam kapatmak suretiyle ince kesitler incelenmek üzere hazırlanmıştır.

3.2.2 Mikroskop Çalışmaları

Hazırlanan incekesitler Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında bulunan alttan aydınlatmalı Olympus BX 51 tipi mikroskopta, sıvı kapanımı kesitleri ise Olympus BX 60 tipi mikroskoba bağlı ısıtma-soğutma sisteminde incelenmiştir.

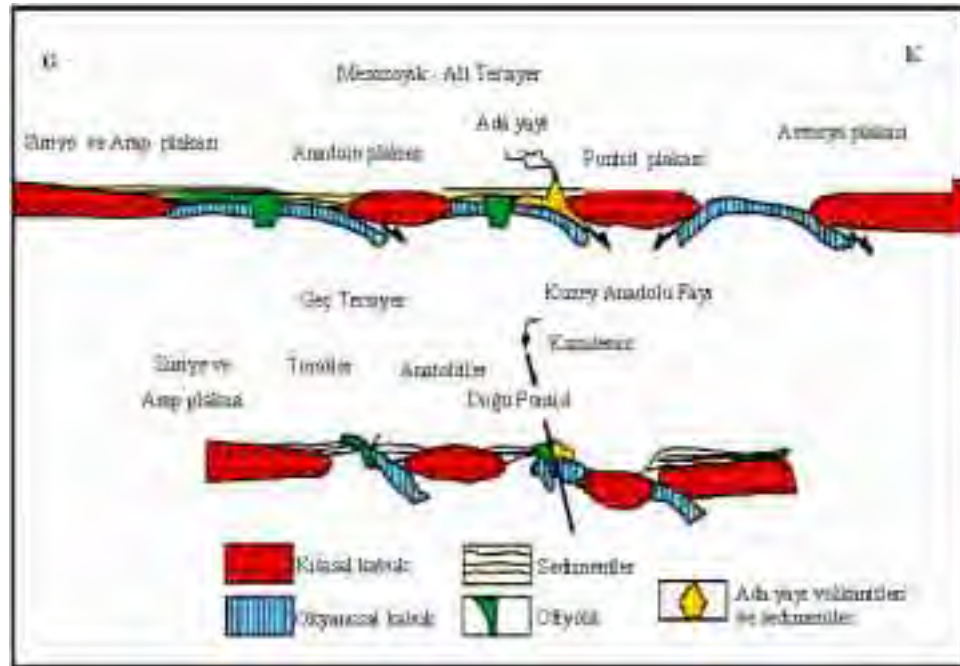
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Jeoloji

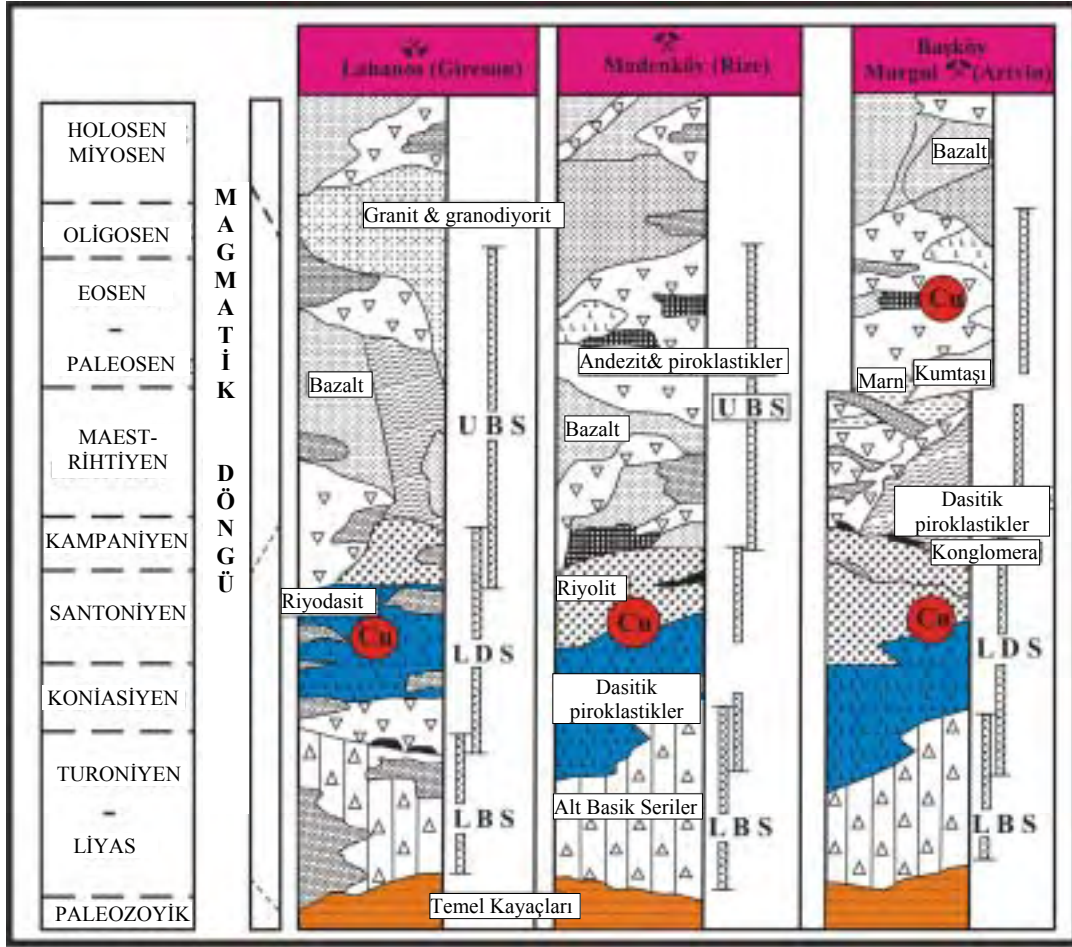
4.1.1 Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı Türkiye tektonik birliklerinden Pontidlerin doğusunda bulunmaktadır (Şek. 3.1) ve Jura'dan Miyosen yaşına kadar uzanmakta olan bir volkanik ada yayı sistemini temsil etmektedir (Şekil 4.1; Akın, 1979; Özgür ve Schneider, 1988; Schneider ve diğ., 1988; Pejatoviç, 1979).

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı D-B yönünde 350 km uzunluğa ve K-G yönünde 60 km genişliğe sahip olup genellikle Jura-Miyosen yaşlı tipik ada yayını temsil eden volkanik kayalardan oluşmaktadır. Kuşakta bulunan volkanik kayalar 3000 metreye ulaşan bir kalınlığa sahip olup içlerinde ardalanmalı olarak sedimanter kayaç mercekleri bulundurmaktadır. Doğu Karadeniz metalojenik kuşağında meydana gelen volkanizma Liyas ve Miosen zaman aralığında üç evrede gelişmiştir (Şekil 4.2; Maucher ve diğ., 1962; Akın, 1979).



Şekil 4.1 Plaka tektoniği teorisine göre doğu Tetiste kıtasal ve okyanusal kabukların dağılımı (Özgür, 1985).



Şekil 4.2 Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının basitleştirilmiş litostratigrafik istifi. LBS: Alt Bazik Seri, LDS: Alt Dositik Seri, UBS: Üst Bazik Seri, Cu: Cu-Pb-Zn yatakları (Özgür, 1993).

İlk volkanik evre Liyas ile Üst Kretase arasında gelişmiş ve kendini Alt Bazik Seri (LBS) ve Alt Dositik Seri (LDS) ile belli etmektedir. Volkanizma Liyas zamanında bazik kökenli başlamış bulunmakta ve daha sonra magmatik farklılaşma ile Üst Kretase zamanında asidik kökenli olarak sona ermektedir.

Üst Bazik Seri (UBS) ile volkanizmanın ikinci evresi başlamakta olup volkanik ürünler Liyas ve Üst Kretase zaman aralığında oluşan kayaçları transgresif olarak örtmektedir. İkinci volkanik evre volkanik breşler, ince kalınlıktaki sedimanter mercerler ve andezitik-riyolitik lavlardan oluşmaktadır. Bu volkanik evre Maestrihtiyen yaşlı kireçtaşları tarafından örtülmektedir.

Son volkanik evre Üst Dasitik Seri (UDS) ile temsil edilmektedir ve bazaltik ve andezitik lavlar tarafından örtülen Paleosen yaşlı denizel sedimentlerle başlamaktadır.

İnceleme alanını oluşturan Murgul Cu yatağı ilk volkanik devrenin en üst kısmında bulunan alt dasitik seri (LDS) olan ve 150-300 m kalınlığa sahip dasitik piroklastik kayalarla ilişkilidir (Özgür 1985).

4.1.2 Murgul Cu Yatağı ve Çevresinin Jeolojisi ve Petrografisi

4.1.2.1 Alt Bazik Seri

Bu seri spilit, spilitik tüfler, kuvars keratofir ve kuvars keratofir tüflerinden oluşmuş bulunmakta ve Liyas'dan Turoniyen'e kadar devam etmekte olup bölgedeki ilk volkanik birimi oluşturmaktadır (Şekil 4.3). Bu kayaların kalınlıkları 100 ile 250m arasında değişmekte (Özgür ve Palacios, 1990) olup bunlar daha çok Murgul Dere'de mostra vermektedirler. Spilitler ve spilitik tüfler mikroskop altında incelendiklerinde albit, kuvars ve kloritten oluştukları gözlenmektedir. Ayrıca kalsit, klorit ve kuvars gibi sekonder mineraller kayaç bileşimine katılırlar. Aksesuar mineral olarak titanit ve pirit bu kayalar içinde bulunmaktadır.

Kuvarskeratofir ve kuvarskeratofir tüfleri Cu yatağının hemen yakınında bulunurlar ve spilit ve spilitik tüfleri örterler. Bu kayaların 200-500 m civarında kalınlıkları bulunmaktadır (Buser ve Cvetic, 1973). Bu kayaların albit, kuvars, serizit ve kloritten oluştukları mikroskop altında gözlenmektedir. Bunların yanında kayaç içeriğinde Buser ve Cvetic (1973) oligoklas ve K-feldspat izlediklerini belirtmektedirler. Kayaç içindeki albitler hidrotermal alterasyon sonucu kaolin ve serizit minerallerine dönüşmüş olarak bulunmaktadır. Kayaç içinde aksesuar mineral olarak apatit, titanit ve pirit gözlenmektedir (Özgür, 1985).

4.1.2.2 Alt Dasitik Seri

Bu seri bazik kökenli volkanizma ile başlayıp Üst Kretase sonuna kadar devam etmekte ve bu zaman içinde asidik ve ortaç kökenli kayalarla sona ermektedir (Şekil 4.3). Bu kayalar dasit serisi veya alt dasitik seri olarak tanınırlar ve bakır, kurşun, çinko minerali içerirler (Maucher, 1960). Alt dasitik seri dasitik tüfler ile başlayıp dasitik sünger tüfleri ile sona ermektedir. Bu formasyonun en önemli özelliği pirit kristallerini bünyesinde bulundurmasıdır (Mado, 1972). Alt dasitik serinin kayaları Murgul Cu yatağı ve çevresini örterler. Bu kayalar özellikle maden yatağı ve çevresinde iyi gelişmişlerdir. Bu alt dasitik seri stratigrafik olarak aşağıdaki gibi gruplandırılır.

4.1.2.2.1 Dasitik Tüfler

Dasitik tüfler petrografik olarak sünger tüfler ve kumlu tüfler olarak adlandırılırlar. Buna karşın (Buser ve Cvetic, 1973) bu kayaları ve içerisinde bulundukları kuvars fenokristalleri dolayısıyla kuvars porfir ve kuvars porfir tüfü olarak adlandırmışlardır. Burada dasitik tüf kavramının kullanılmasının petrografik olarak daha doğru olacağı düşünülmekte çünkü bu sünger tüflerin içine dasit kütleleri girmiş bulunmaktadır (Özgür, 1985).

4.1.2.2.2 Dasitik Sünger Tüfleri

Dasitik sünger tüflerinin ortalama kalınlığı 200-250 m arasında değişmektedir. Bunlar direk alt bazik seriyi ornatmaktadırlar. Bunun yanında dasitik sünger tüflerinin alt kısımlarında Mado, 1972'ye göre dasit konglomerası bulunmaktadır. Sünger tüfler Mado 1972'ye göre petrografik olarak farklı tüflerden oluşmaktadır. Örneğin ince taneli tüf-kumtaşları ve konglomeralar gibi. Bunlar büyük bir olasılıkla erezyon ve tekrar sedimantasyon zamanı esnasında meydana gelmiş olabilirler. Bu sünger tüflerin üst kısımlarında masif ve homojen görünürler. Buna karşın alt kısımlarında sedimanter bir bantlaşma söz konusu olabilir. Bu sünger tüflerinin yaşları Senoniyen olabilir. Bütün bu sünger tüfler hidrotermal alterasyona

uğramışlardır. Bu yüzden bugün açık yeşil-gri-beyaz renkler kayaçlarda hakimdir. Hidrotermal alterasyon kayaçlarda bulunan primer mineralleri serisit, kaolin, silis ve karbonat minerallerine dönüştürür. İnce kesitlerde kayacın mineral kompozisyonunu kuvars, kaolin ve serisit oluşturmaktadır. Aksesuar mineral olarak kayaç içinde pirit, apatit ve titanit bulunmaktadır (Özgür, 1985).

Murgul Cu yatağına alt dasitik seri hakim olup Murgul Cu madenini oluşturan Çakmak kaya yatağından 2 ve Anayatak yatağından 23 cevher örneği alınmış ve alınan bu cevher örneklerini tanımlamak amacıyla toplam 25 ince kesit hazırlanmıştır. Daha sonra ince kesitleri yapılan bu cevher örneklerindeki gang minerallerinin alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta tanımlamaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Murgul Cu madeninden alınan örneklerde ağırlıklı olarak kuvars ve opak mineraller görülmektedir. Bunların yanında ikincil olarak oluşmuş jips, kalsit ve dolomit kristalleri de görülmektedir. Kuvarslar kayaç içerisinde genellikle farklı boyut ve formlarda gözlenmektedir. Genelde oldukça iri kristalli uzunlamasına gelişmiş prizmatik yada levhamsı formda ve yan yana dizilmiş kristal demetleri halinde, küçük-orta boyutlu yer yer belli bir zon boyunca orta-iri boyutlu kuvars kristallerinin yoğunlaşması şeklinde de gözlenmektedirler. Her iki formda da gözlenen kuvarslarda dalgalı sönme ve kristalen bir doku göstermekte olup kuvars kristalleri arasındaki sınırlar sinzoidal, giriftli ve bazende düzgün sınır ilişkilerine sahip gözükmemektedir (Levha I, Şekil 1, 2, 3, 4, 5). Küçük-orta boyutlu kuvars kristallerinde kısmen serisitleşme ve mikrokristalen kuvarslara dönüşümler mevcuttur. Kuvars kristallerinin muhtemelen hidrotermal eriyikler tarafından kenar yada iç kesimlerinden itibaren ornatılması sonucu tekrar mikrokristalen kuvarslara dönüştükleri ve bunun yanında serisit oluşumlarının meydana geldiği gözlenmektedir (Levha II, Şekil 4, 5, 6). Bazı iri kuvars kristallerinin kenar zonları boyunca veya bazılarında iç kısımlarında sıvı kapanımları düzensiz dağılımlı yada diziler şeklinde yer almaktadır (Levha I, Şekil 6; Levha II, Şekil 1).

Jips kristalleri genelde farklı tane boyutlarına sahip olup çift nikolde I. dizi alt-orta girişim renkleri (gri ve sarının tonlarında) sunmakta ve tek nikol de ise renksizdirler.

Jipsler genellikle yarı özşekilli, prizmatik yada levhamsı kristaller halinde ve özşekilsiz kristaller halinde gözlenmektedirler. Çoğunluğu tek yönde gelişmiş mükemmel dilinimlere sahip olup paralel sönme ve bazılarıda küçük eğik sönme göstermektedirler. Kristaller genelde belli bir yönde dizilim sunmakla birlikte bazı kristaller farklı konumlarda bulunmaktadır. Bazı jips kristallerinde basit ikizlenmeler yada polisentetik ikizlenmeler gözlenebilmektedir. Yer yer kuvars kristalleri jipslerle birlikte genelde öz şekilsiz kristaller halinde yer almaktadırlar (Levha II, Şekil 2, 3).

Dolomitler bazı örneklerde kesitin belirli bölgelerinde yoğunlaşmış olarak genelde oldukça iri kristalli hatta tipik romboedral formlu olarak gözlenmekte olup kuvars kristalleri ile olan kenar zonları boyunca dolomitlerin daha küçük boyut kazandıkları görülmektedir. Bazı örneklerde dolomit kristalleri kuvars kristalleri içersinde inklüzyonlar halinde yer alırken kuvars kristallerinin de dolomitler içersinde yer aldığı gözlenmektedir. Yine dolomitlerin, rölyeflerinin kuvarsa göre yüksek olduğu ve bazı kristallerde romboedral dilinimler gösterdikleri ve çift nikolde birinci dizi üst ve ikinci dizi girişim renklerini sundukları görülmektedir (Levha III, Şekil 1,2).

Opak mineraller genelde küçük orta boyutlu özşekilli, yarı özşekilli ve öz şekilsiz formlar halinde gözlenmekte olup çoğunlukla özşekilli olanları pirit formlarını yansıtmaktadır. Yine bu opak mineraller içersinde kuvars kristalleri inklüzyonlar halinde yer almaktadır (Levha III, Şekil 5, 6).

İzotrop, rölyefi yüksek, yarı özşekilli, özşekilsiz, kenar ve iç kesimlerinde opak kuşakların yer aldığı bir mineral gözlenmektedir (Levha III, Şekil 3).

Özşekilli, yarı özşekilli, özşekilsiz kenarlarından itibaren genelde opak ve yarı opak bir zonla çevrilmiş rölyefi oldukça yüksek, çift nikolde bazı kristalleri kuvvetli girişim rengi sunan kristaller yer almakta olup muhtemelen bu kristallerin Ti grubu mineral olabileceği düşünülmektedir (Levha III, Şekil 4).

4.1.2.2.3 Tüf-Kumtaşı-Kireçtaşı Formasyonu

Bu kayaçlar sünger tüfleri ile onların üzerinde bulunan dasitik lavlar arasına girmiş bulunmaktadır. Bu kayaçların kalınlıkları özellikle Anayatak ve Çakmakaya açık ocak işletmelerinde 2-3 m'ye kadar düşmektedir. Buna karşın bunların ortalama kalınlıkları Mado 1972'ye göre 20-50 m arasında değişmektedir. Bu kayaçlar içinde kırmızı kahverengi marn, çört, kireçtaşı, büyük taneli kuvarslar, kumtaşları ve konglomeralar bulunmaktadır ve bu kayaçlar içindeki fosil içerikleri dolayısıyla Senoniyen yaşına dahil edilirler.

4.1.2.2.3 Kırmızı ve Yeşil Dasit

Dasitik sünger tüfler ve tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonundaki çalışma alanında kırmızı ve yeşil dasit tarafından örtülmektedir. Bu dasit 200 ile 500 m arasında bir kalınlığa sahiptir ve bu dasitin yaşı Maestrihtiyen kadar ulaşmaktadır. Dasitin rengi daha çok kırmızı çok az yeşildir. Burada kırmızı renk yeşil dasitin hematitleşmesi ile olabileceği düşünülmektedir. İnce kesitlerde dasitlerin matriksi mikro ve kriptokristalindir. Kayaç matriksin önemli bir kısmı ince taneli kuvarstır. Bu kuvarsdan sonra plajioloklas, ortoklas, amfibol, piroksen tüm kayacın kompozisyonunu oluşturmaktadır. Kayaç lokal olarak altere olmuş olup burada feldispatlar, kaolinit, serisit ve kalsit tarafından ornatılmış bulunmaktadır. Aksesuar mineral olarak burada apatit ve zirkon bulunmaktadır (Özgür, 1985).

4.1.2.3 Üst Bazik Seri

Üst bazik seri volkanik konglomeralar ile başlayıp tüflü kireçtaşları, kalkerler ve dasitik tüflerden meydana gelen formasyonla devam ederken andezit ve aglomeralardan meydana gelen formasyonla son bulmaktadır (Mado, 1972). Paleosen'den Oligosen zamanına kadar devam etmektedir (Şekil 4.3; Schultz-Westrum, 1961).

FORMASYON	LİTOLOJİ	KAYAÇLAR	KALINLIK	CEVHERLEŞME	SERİLER	DEVRELER
TERSİYER EOSEN		Mikrogranit Andezit Dasitik ve Andezitik Tüf Filiş-benzeri Tortul Kireçtaşı-Marn Riyolit-Riyodasit Andezit	100-500 m	Steril Başköy Alacalı Cevher Yatağı	Üst Dasitik Seri	
Paleosen Moesi-rihtiyen		Tüf-Kireçtaşı Arakatkılı Volkanik Breş	150-200 m	Kısır	Üst Bazık Seri	
Üst Kretase Senoniyen		Dasit Tüf-Kumtaşı-Kireçtaşı Formasyonu Alterasyon Dasitik Tüf Dasit Kuvars Keratofir Kuvars-Keratofir tüf	200-500 m 10 m 250-300 m	Steril Murgul Alacalı Cevher Yatağı	Alt Dasitik Seri	—
Jura-Alt Kretase		Spilit Spilitik Tüf	100-250 m	Steril	Alt Bazık Seri	—
PALEOZOYİK		Gümüşane Granodiyoriti kıvrımlanmış Meta-morfik Seriler	700-800 m		Temel	—

Şekil 4.3 İnceleme alanının stratigrafik sütun kesiti (Özgür, 1985).

4.1.2.3.1 Volkanik Konglomera

Volkanik konglomeralar Bognari yatağının kuzey batısında ve Murgul Dere'nin batısında ortaya çıkmaktadır. Bunlar Mado 1972'ye göre pirit, kalkopirit gibi disemine cevher içeren silisleşmiş kayaçların çakıllarıdır. Bu aglomeralar 2 ile 5 m arasında değişen bir kalınlık gösterirler.

4.1.2.3.2 Tüf-Kireçtaşı Ardalanması

Tüf-kireçtaşı ardalanması bir sedimanter kayaç serisi olup kireçtaşı seviye içerisinde bulunmaktadır. Bu sedimanter kayaç serisinin tabanında dasitik karakter taşıyan tüfler bulunmaktadır. Bunlar aynı şekilde Anayatak ve Çakmakkaya yatağı açıklarında mostra verirler. Bu sedimanter kayaç serisinin alt dasitik serinin tekrar sedimentasyonu dolayısıyla meydana geldiği söylenir. Toplam sedimanter kayaç silislesinin kalınlığı 5-10 m arasında değişir.

4.1.2.3.3 Andezit ve Andezit Konglomeraları

Bu kayaçlarda volkanizmanın aglomera ve andezitik lav şeklinde ortaya çıktığı görülür. Aglomeralar andezitik lavların tabanını oluşturur. Bu lavlar Mado 1972'ye göre üst bazik serinin sona erdiğini göstermektedir. Burada andezitlerin matriksi özellikle ince kesitlerde ince taneli ve çoğunlukla camdan oluşmaktadır. Fenokristaller olarak zonlu yapı ve ikizlenme lamelleri gösteren feldispatlar bu kayaçlar içinde bulunurlar. Bu feldispatlar çok az altere olmuşlardır. İnce kesitlerde özellikle matriskte çok kez kalsit görülür. Bu daha sonraki bir mineralizasyona işaret eder. Aksesuar mineral olarak apatit ve titanit bulunmaktadır.

4.2 Alterasyon

Murgul Cu yatağı hidrotermal alterasyon ile sıkı ilişkili olup burada cevher kütlesi etrafını çeviren birinci evreyi oluşturan fillik ve arjillik alterasyon ile merkezde ikinci ve son evreyi oluşturan silisik alterasyon görülmektedir (Özgür, 1985;

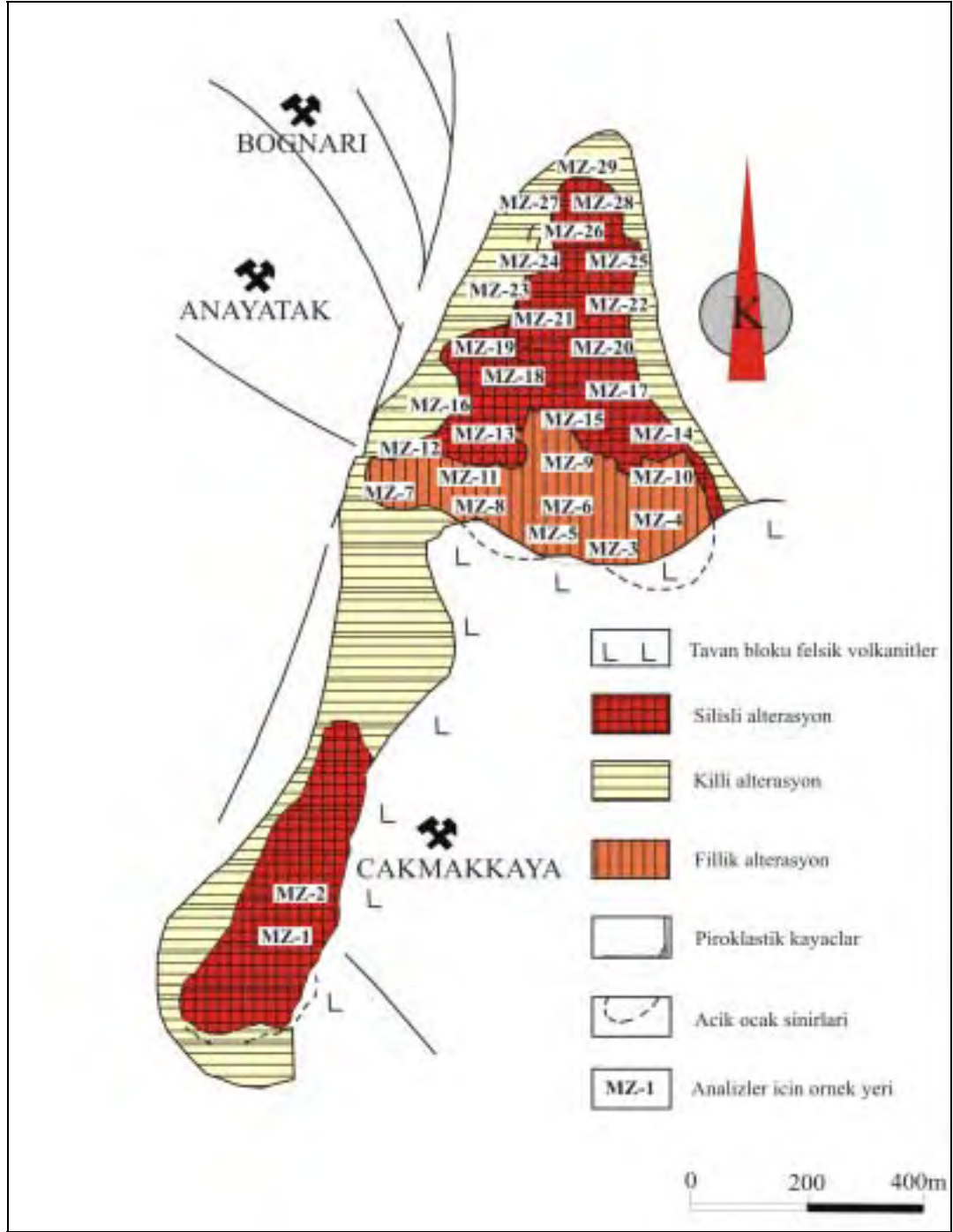
Schneider ve diğ., 1988). Murgul Cu yatağı ilk alterasyon evresi olan dissemine pirit ve kalkopirit cevherleşmesi ile doğrudan ilişkilidir. Schneider ve diğ. (1988) göre birinci alterasyon evresi, piroklastiklerin bozulması ve ana kayacın kuvars ve yağlı görünümlü soluk serisit ile yer değiştirmesine yol açmıştır ve saçılmış pirit ve kalkopiritin zayıf mineralleşmesini ortaya koymuştur. Yatağın, bu bölgedeki hidrotermal faaliyetin en geç evresi, volkanik ana kayacın kuvarsla yer değiştirmesidir. Bu evrenin sülfid mineralleşmesi önemli ekonomik cevherleri içermektedir ve ekonomik önemi olan “stokvork” ve “küçük cevher damarları” şeklindeki cevherleşmeler ile ilişkilidir. Çevresini kuşatan yöre kayaçları ise, kuvars, montmorillonit, illit, dikkit ve sadece pirit içeren alterasyon topluluğu ile karakterize edilen yaygın killeşme göstermektedirler (Şekil, 4.4; Özgür ve Palacios, 1990).

4.3 Cevherleşme

4.3.1 Cevher Mineralleri Parajenezi

Murgul Cu yatağında makroskobik ve mikroskobik olarak aşağıdaki cevher mineralleri belirlenmiş bulunmaktadır (Şekil 4.5).

Pirit Murgul Cu yatağında cevher içinde en fazla bulunan mineraldir. İlk pirit jenerasyonu olarak meydana gelen pirit silisleşme ile oluşmaktadır. Bu piritlerin yanında bir miktar da küçük kristaller halinde dissemine olarak bulunan kalkopirit mineralleri bulunmaktadır. Bu piritin daha genç jenerasyonu stokvork cevherleşmesi içinde bulunmakta olup yine kalkopirit ile beraber bulunmaktadır. Bu stokvork cevher içinde ağ şeklinde sülfürlü mineraller bulunmakta olup bunlar kuvars, pirit ve kalkopiritten oluşmaktadır. En genç cevherleşme fazında ise kuvarslar cevher gangları olarak bulunurken piritler milimetre büyüklüğünde kristaller şeklinde görülmektedir. Bu durum az olarak görülürken maden yatağının özellikle killeşmiş en üst kısımlarında idiomorf pirit kristallerine rastlanılmaktadır (Özgür, 1985).



Şekil 4.4 Murgul Cu yatağında görülen hidrotermal alterasyon zonları (Özgür ve Palacios, 1990) ve iki cevher kütlesi yüzeyinden alınan örnek yerlerini gösterir harita.

Mikroskop altında idiomorf, ksenomorf-hipidiyomorf pirit kristalleri ile birlikte pirit frambooidleri ve büyük küresel piritler görülmektedir. Bu kristaller 3-4 mm büyüklüğünde olup heksaeder, oktaeder ve pentagondokaeder kristaller şeklinde görülmektedirler. Ayrıca bu en genç piritler eser element içerikleri yönünden diğer pirit türlerinden ayrılmaktadır. İdiyomorf piritler izotropturlar ve bütün cevher oluşumlarında gözlenmektedirler. Bunlar çok zayıf anizotropi etkisinde göstermektedirler. Piritler silisleşmiş kayaçlar içersinde ve stokvork cevherleri içersinde hem kuvars içine dağılmış olarak ve hemde kalkopiritle birlikte bulunabilirler. Bu damar cevherlerinde bu piritler özellikle kalkopirit içinde kapanımlar şeklinde ortaya çıkar. Bunlar parlak kesitlerde küp şeklinde görülürler. Bu piritlerin büyüklükleri 50 μ m ile 2 mm arasında değişir. Büyük pirit kristalleri içinde bazen yuvarlak piritler görülmektedir. Bu yuvarlak piritler içinde kalkopirit ve gang kapanımları söz konusu olmaktadır. Buradaki piritler genellikle eski frambooidler olmaktadır. Bunlar idiomorf piritlerin büyümesi ile oluşmaktadır. Bu piritlerde bir de zonlanma görülmektedir. Bu zonlanmalar yine büyümeye işaret etmektedir. Piritler genellikle kataklastik olarak oluşurlar ve kalkopiritler tarafından ornatılmaktadırlar. Buradaki kalkopiritler daha genç ve mobilize olmuş jenerasyon olarak adlandırılabilirler. Ksenomorf ve idiyemorf piritler tüm cevherleşme fazlarında bulunurlar. Yine kalkopiritle beraber büyüme gösterirler ve idiyemorf piritin etrafında görülebilirler. Ksenomorf ve hipidiyemorf piritlerin bir başka özelliği anizotropi özelliğidir. Pirit frambooidleri silisleşmiş yan kayaçta, stokvork cevherinde ve çok az da yan cevher formlarında bulunurlar. Bunların tane büyüklüğü 15 μ m den düşüktür (Özgür, 1985).

Kalkopirit Murgulda ekonomik olarak kullanılan cevher mineralidir. Bu cevher minerali pirit ile birlikte silisleşmiş zonlarda, stokvorklarda ve cevher damarlarında bulunmaktadır. Bu kalkopiritin idiyemorf şekilleri en genç cevherleşme tipinde görülmektedir. Bu en genç cevherleşme tiplerinde kalkopirit damarları dm'den m'ye kadar kalınlık göstermektedir. Özellikle maden yatağının üst kısımlarında kalkopirit kuvars çatlaklarını doldurmuş en genç mineral fazı olarak ortaya çıkmaktadır ve bunlar belli renkler almış durumdadırlar. Bu kalkopiritteki renkli kısımlar bazı kısımlarda kovelline geçiş göstermektedir. Kalkopirit piritten sonra gelen ikinci

cevher mineralidir ve üç cevherleşme fazı içinde de bulunur. Silisleşmiş kayalar içinde dissemine cevher olarak, stokvork cevher olarak veya genç cevher damarlarında görülürler. Özellikle piritler ile bulunurlar ve daha sonra piriti ornarlar. Bunlar en zengin olarak genç cevher damarlarında bulunurlar (Özgür, 1985).

Sfalerit çok lokal ve nadir olarak bulunur. Özellikle Anayatağın güney kısımlarında görülürken Çakmakayada gözlenmemektedir. Cevherler üzerinde yapılan ortalama analizler de bunların maden yatağında çok az bulunduğunu göstermektedir. Anayatakta Zn içeriği % 3'ün altında bulunurken Çakmakayada Zn içeriği ppm olarak bulunmaktadır. Galen ve sfalerit stokvork cevherleşmesi içinde pirit, kalkopirit parajenezine bağlı olarak bulunurken makroskobik olarak sfalerit, galen ile birlikte bulunmaktadır. Murgul da çok az bulunur ve daha çok silisleşmiş cevher ve stokvork cevheri olarak görülürler. Ya izole olmuş kristaller halinde yada kalkopiritle beraber bulunurlar. Genç cevherde çok az sfalerit gözlenmektedir. Bu sfalerit içinde oryantasyon gösteren kalkopirit kapanımları gözlenmektedir (Özgür, 1985).

Galen silisleşmiş kayalarda sfalerit ile birlikte bulunur ve sfalerite göre daha az oluşur. Bunun yanında stokvork cevheri ile birlikte bulunur ve çok az olarak da gang cevheri olarak bulunabilir. Kristal şekli ksenomorfur.

Fahlerz genellikle stokvork cevher ve genç cevher içerisinde bulunurken çok az olarak da silisleşmiş kayalar içinde bulunur. Küçük kristaller halinde sfalerit, galen ve kalkopirit ile beraber bulunur ve sfalerit ile kalkopiriti ornar. Fahlerz beyaz-kremden mavi-griye doğru değişen rengi ile belli olur. Bu mineralin çizgi renginin mavi-gri olması bunun CuAs-Fahlerz (Tenantit) olması ihtimalini göstermektedir (Özgür, 1985).

Kovellin genellikle bakıra bağlı olarak oksidasyon mineralleri olan malakit ve azurit ile beraber cevher kütlelerinin üst kısmında bulunmaktadır. Her iki açık işletmede bulunan cevherlerin en üst kısmında bulunmaktadır. Bazı cevher örneklerinde çoğu kez görülür. Bu cevher özellikle kalkopirit etrafında görülmektedir. Kalkopiriti ve

onun yanında oluşan sfaleriti ornatmaktadır. Bu mineralin reflaksiyon pleokrizması ve kuvvetli rengi anizotropi etkisiyle çabuk tanınmaktadır (Özgür, 1985).

Cevherleşme fazları Cevher minerali	Silisleşme ve Dissemine cevher	Stokvork cevheri	Zengin cevherleşme	Sementasyon Oksidasyon
Pirit				-----
Kalkopirit				-----
Çinkoblend	M M M	-----	M M M	
Galen	M M M	-----	M M M	
Fahlerz	M M M	M M M	M M M	
Altın				M M M
Kovellin				-----

Şekil 4.5 Çeşitli cevher fazlarındaki cevher minerali parajenezleri (Özgür, 1985).

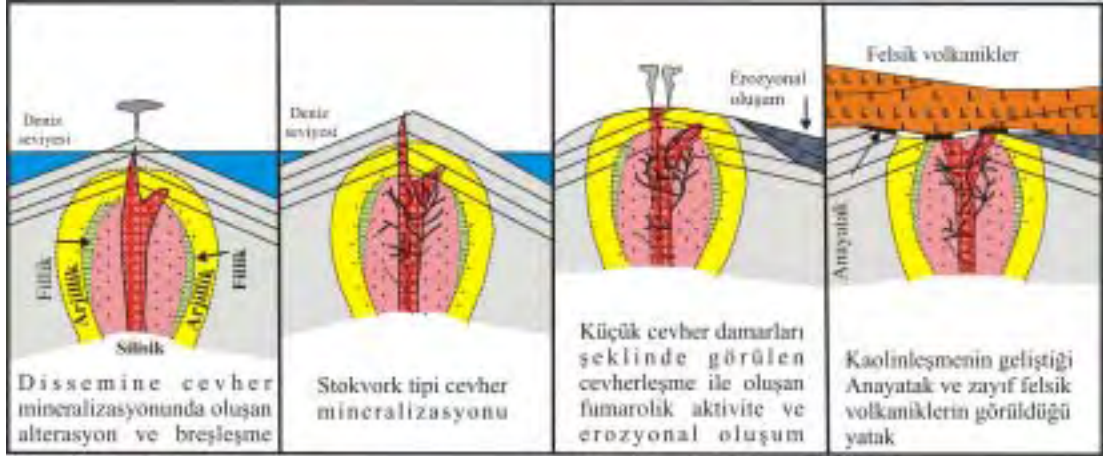
(— Ana mineral fazı; - - - Yan mineral fazı; M M M Mikroskopta görülebilir).

Altın yalnız bir parlak kesitte bulunmuştur. Bu parlak kesit Murgul yakınındaki Akarşen maden yatağından alınmıştır. Altın genellikle kalkopirit ve piritin kenarlarında meydana çıkmaktadır (Özgür, 1985).

Yukarıdaki cevher mineralleri parajenezine ek olarak yatakta aikinit, hessit, tetradimit ve klaustalit mineralleri Murgul Cu yatağında belirlenmiştir (Willgallis ve diğ., 1989).

4.3.2 Cevherleşme Tipleri

Murgul Cu yatağında var olan birinci alterasyon evresi arjillik ve fillik alterasyon ile son alterasyon evresi ise silisleşmeye bağlı (1) dissemine cevherleşme (2) stokvork cevherleşme ve (3) küçük cevher damarları şeklindeki cevherleşme tipleri belirlenmiştir. Hidrotermal alterasyon, fillik ve arjillik alterasyon ile tanımlanmış ve birinci aşama içinde bölünerek stokvork tipi mineralizasyonu oluşturmuştur. Son aşama ise sadece silisik alterasyon ile tanımlanmış olup mineralizasyonun merkezinde görülmektedir. İlk aşamada bir araya toplanan mineraller yatakta bulunan çevre zonları tarafından korunmuştur (Şekil 4.6; Schneider ve diğ., 1988).



Şekil 4.6 Murgul Cu yatağındaki oluşumun şematik görünümü (Schneider vd., 1988).

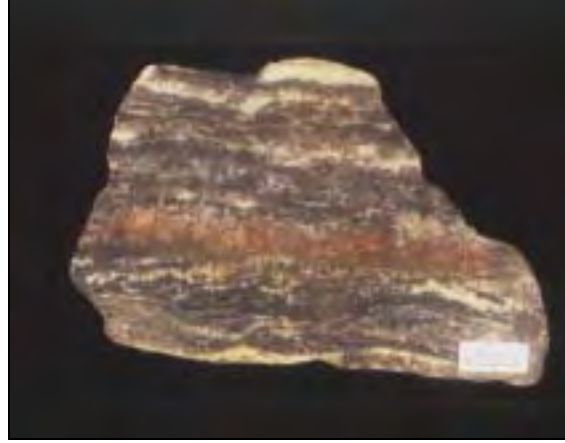
Sonuçta Murgul Cu yatağındaki mineralizasyon, cevher meteryallerindeki konsantrasyon artışına bağlı olarak üç aşamada son bulmuştur. Özgür (1993) yaptığı çalışma ile Murgul madeninde saçınımlı cevher, stokvork cevher ve küçük cevher damarları olmak üzere üç tip cevherleşme saptamıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Doğu Pontid metalojenik kuşağında bulunan önemli masif sülfid yatakları oluşumları ve karşılaştırması (Özgür, 1993).

Cevher yatakları	Murgul	Madenköy	Lahanos
Ana kayalar	Dasitik-riyolitik piroklastikler	Dasitik-riyolitik piroklastikler	Dasitik-riyolitik piroklastikler
Mineral parajenezleri	Pirit Kalkopirit Sfalerit Galen Fahlerz Kovellin Altın Akinit Hessit Tetradimit Klaustalit	Pirit Kalkopirit Sfalerit Galen Fahlerz Bornit Enargit	Pirit Markasit Kalkopirit Sfalerit Galen Fahlerz Bornit Enargit
Alterasyon tipleri	Arjillik Fillik Silisik	Arjillik Fillik Silisik	Arjillik Fillik Silisik
Cevherleşme tipleri	Dissemine Stokvork Küçük cevher damarı	Dissemine Stokvork Küçük cevher damarı	Dissemine Stokvork Küçük cevher damarı
Cevher rezervleri	40 %1.25 Cu, %0.1 Zn	30 %2.9 Cu, %4.3 Zn	8 %1.6 Cu, %2.3 Zn

4.3.2.1 Dissemine tipi cevherleşme

Dissemine tipi cevher zonu cevherleşmelerin üst kesiminde görülmektedir. Bu cevherleşme tipinde yer yer masif, yer yer ise bantlı yapı hakimdir ve bu yapıların kalınlıkları 20 cm'ye kadar çıkabilmektedir (Şekil 4.7; Özgür, 1985).

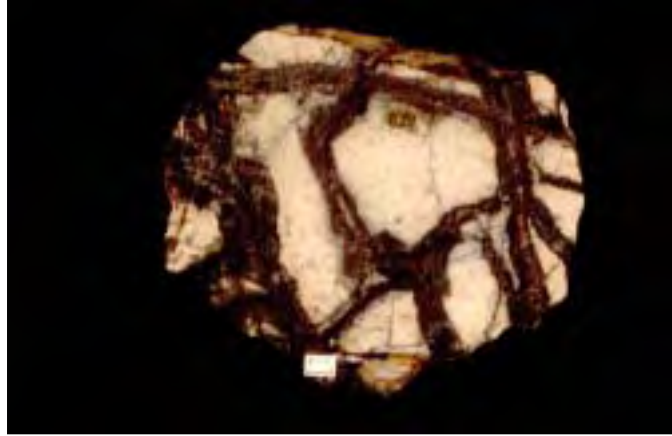


Şekil 4.7 Murgul Anayatak açık madeninden alınmış iyi derecelenmiş dissemine tipi cevherleşme (Özgür, 1993).

Dissemine tipi cevherleşmede ana cevher minerali olarak pirit ve kalkopirit gözlenirken bunun yanında daha az oranda çinkoblend, galen ve fahlerz'in varlığı saptanmıştır (Özgür, 1985).

4.3.2.2 Stokvork tipi cevherleşme

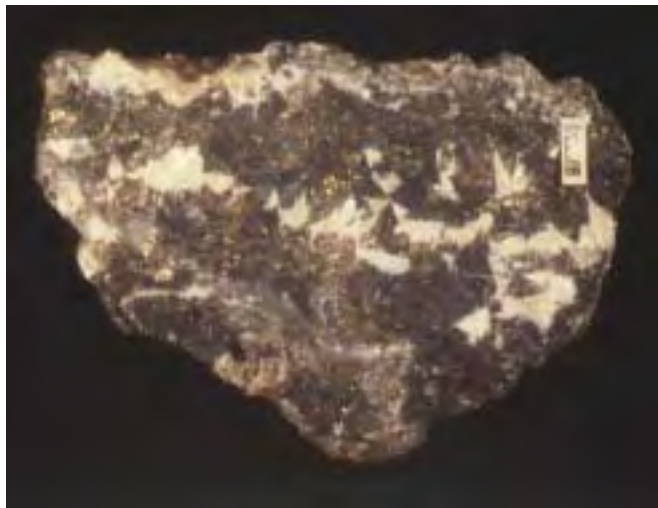
Stokvork tipi cevher zonu, cevherleşmelerin taban kesimlerinde görülmekte olup breşleşmiş dasitik tuf içinde gelişmiş, örtü tufu olarak tanımlanmış morumsu renkli tüfler ile örtülmektedir. Bu breşleşmiş dasitik tuf biriminden alınan örneklerde saçınımlar halinde, küçük boyutlu, yarı öz şekilli, yer yer parçalanmış pirit kristalleri gözlenmektedir. Bu cevherleşme tipinde damarcıkların kalınlıkları 1mm ile 15 cm arasında değişmekte olup, kalınlıkları ve töneleri iç kesimlere doğru artmaktadır (Şekil 4.8; Gökçe 2001). Stokvork tipi cevherleşmede ana cevher minerali olarak; pirit ve kalkopirit, eser miktarda sfalerit, galenit, tetraedrit ve markasit, gang minerali olarak ise kuvars saptanmıştır (Özgür, 1993).



Şekil 4.8 Murgul Çakmakkaya açık madeninden alınmış stokvork tipi cevherleşme (Özgür 1993).

4.3.2.3 Küçük cevher damarları şeklindeki cevherleşme

Küçük cevher damarları şeklindeki cevherleşme cevher minerallerinin bir araya toplanması ve bazen ince bir kaplama halinde bulunan kovellin ve bornit minerallerinin kaba euhedral kristalleri halinde bulunan pirit, kalkopirit ve kuvars mineralleri tarafından açık halde bulunan alanların doldurulması şeklinde görülmektedir (Şekil 4.9; Özgür ve diğ., 1991). Bu tip cevherleşmede ana cevher minerali olarak pirit ve kalkopirit gözlenirken bunun yanında daha az oranda çinkoblend, galen ve fahlerz'in varlığı saptanmıştır (Özgür, 1985).



Şekil 4.9 Murgul Çakmakkaya açık madeninden alınmış küçük cevher damarları şeklindeki cevherleşme (Özgür, 1993).

4.4 Sıvı Kapanımı Çalışmaları

Sıvı kapanım incelemeleri, stokvork tipi cevherleşmelerdeki kuvarslarda yapılmıştır. Kuvarslardan her iki yüzü parlatılmış sıvı kapanım kesitleri MTA Genel Direktörlüğü, Mineraloji-Petrografi Laboratuvarların'da hazırlanmıştır. Bu örneklerin sıvı kapanım çalışmaları ise Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde bulunan Olympus BX 60 tipi mikroskoba bağlı ısıtma-soğutma sisteminde incelenmiştir. Sıvı kapanım çalışmaları sıvı kapanım petrografisi ve mikrotermometrik analizler olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Sıvı kapanım çalışmalarında kullanılmak üzere her bir kuvars örneğinden iki tarafı parlatılmış ve yaklaşık 22-20 mm çapında ve 1,5 mm kalınlığındaki levhalar halinde sıvı kapanım kesitleri hazırlanmıştır. Sıvı kapanım petrografisi 500X ve uzun mesafede odaklanma yapan objektiflerin kullanıldığı Olympus BX 60 tipi mikroskop kullanılarak yapılmıştır. Mikrotermometrik analizler ise Olympus BX 60 tipi mikroskoba monte edilmiş olan -196°C ile $+600^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığına sahip, otomatik olarak programlanabilen ve deneyler sırasında sıvı nitrojenin kullanıldığı Linkam MDS-600 tipi tabla kullanılarak yapılmıştır. Bu tablanın kalibrasyonu $(0)^{\circ}\text{C}$, $(+)^{\circ}\text{C}$ ve $(-)^{\circ}\text{C}$ olmak üzere üç ayrı noktada yapılmıştır. 0°C sıcaklıklar için saf su içeren sentetik sıvı kapanımlar, $(+)^{\circ}\text{C}$ deki sıcaklıklar için katı haldeki vanilin ve $(-)^{\circ}\text{C}$ deki sıcaklıklar için ise saf CO_2 içeren sentetik sıvı kapanımlar kullanılmıştır.

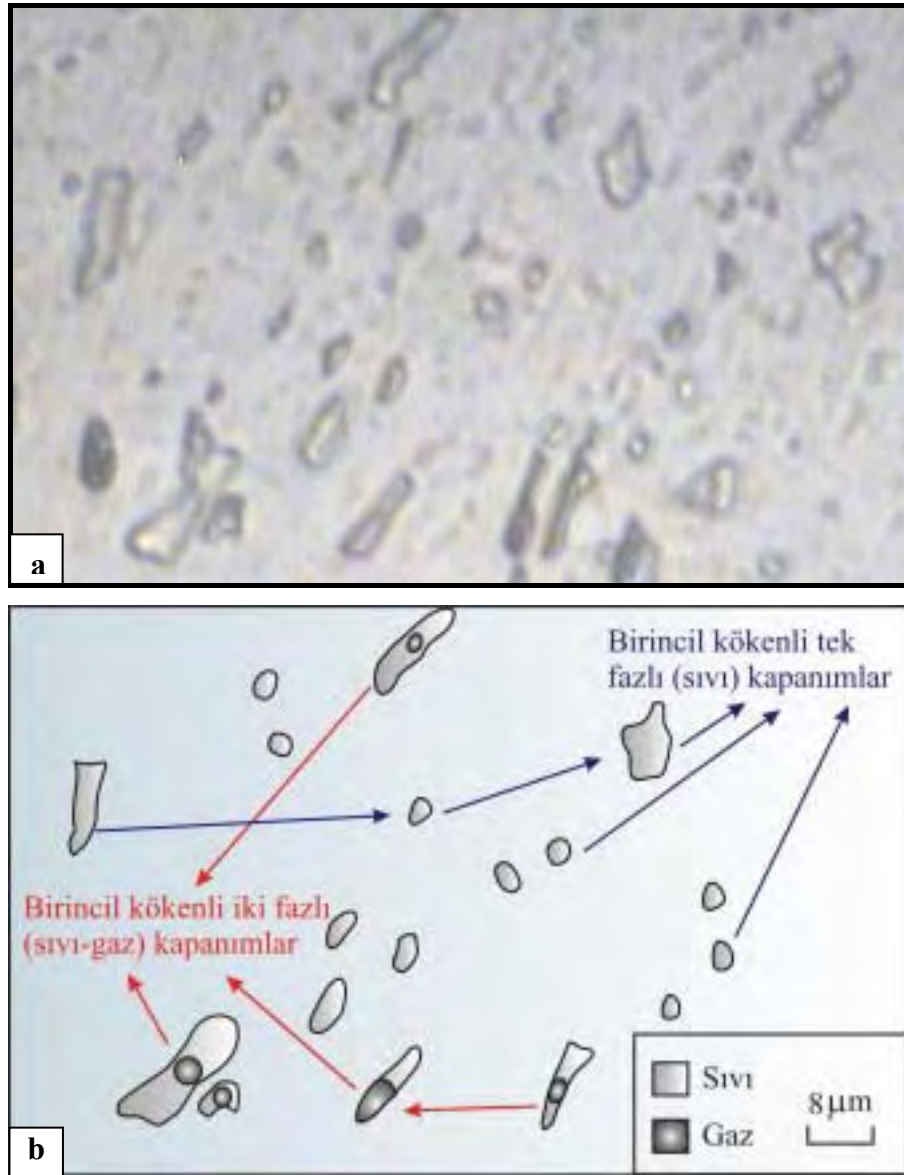
4.4.1 Sıvı Kapanımı Petrografisi

4.4.1.1 Sıvı Kapanımı Tipleri

21 adet kuvars örneğinde yapılan sıvı kapanımı incelemeleri sonucunda birincil ve ikincil kökenli sıvı kapanımlarına rastlanılmıştır. Kuvarslar içinde birincil ve ikincil kökenli, tek fazlı (sıvı) kapanımlar, birincil ve ikincil kökenli iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlar, birincil kökenli üç fazlı (sıvı, gaz, katı) kapanımlar saptanmıştır.

4.4.1.2 Sıvı Kapanımların Morfolojileri, Dağılımları ve Büyüklükleri

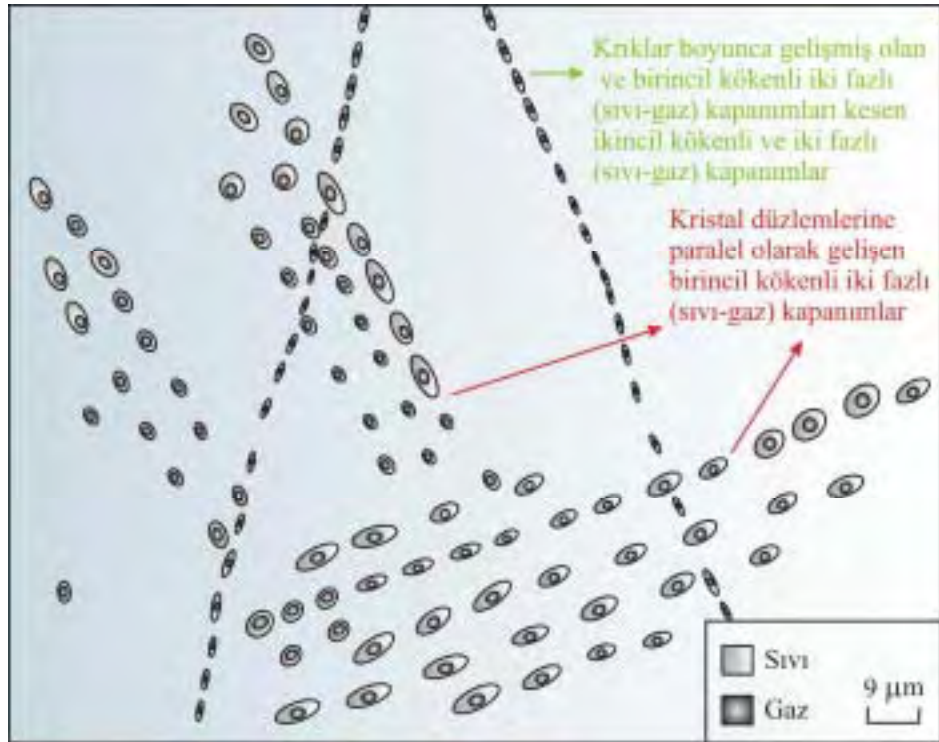
Birincil ve ikincil kökenli tek fazlı (sıvı) kapanımların boyutları $<1\mu\text{m}-1\mu\text{m}>$ arasındadır. Bunlar genellikle tüp şekilli morfolojiye sahiptirler. Bu tip sıvı kapanımları oldukça bol miktarlarda bulunurlar ve diğer sıvı kapanımı tiplerinden ayrı ve bağımsız olarak dağılım göstermektedirler (Şekil 4.10).



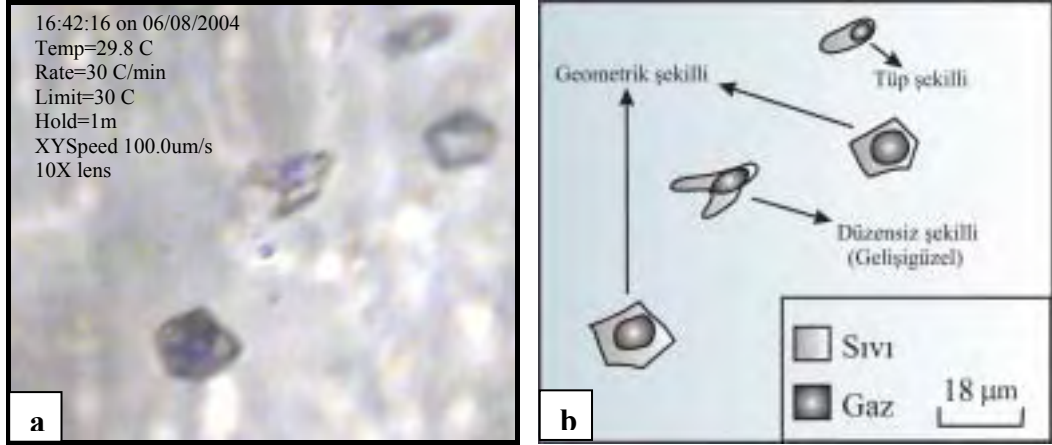
Şekil 4.10 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli tek fazlı (sıvı) kapanımların dağılımları, boyutları ve diğer sıvı kapanım tipleri ile ilişkileri. a: mikroskop görüntüsü; b: mikroskop görüntüsünün detaylı açıklaması.

İkincil kökenli ve iki fazlı sıvı kapanımlar $<2\ \mu\text{m}$ - $>4\ \mu\text{m}$ arası büyüklükte dirler ve genel olarak kırıklar boyunca dizilim sunmaktadırlar. Bu tip sıvı kapanımlar genellikle tüp şekillerde olup birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımları kesmektedirler (Şekil 4.11). Bu sıvı kapanımların hacim doldurma oranları yaklaşık % 8-10 arasındadır.

Birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlar $4\ \mu\text{m}$ - $25\ \mu\text{m}$ arasındadırlar ve genellikle düzensiz şekillerdedirler. Bunların yanı sıra geometrik şekilli (dikdörtgen, beşgen), tüp şekilli ve yuvarlak şekilli morfolojilere sahip olanları bulunmaktadır (Şekil 4.12). Bunların hacim doldurma oranları % 15-25 arasında bulunmaktadır. Bu tip sıvı kapanımları genellikle kristal düzlemlerine paralel olarak ikincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlara yakın veya onlardan uzakta bağımsız olarak dağılım gösterirler. Bu tip sıvı kapanımlar sıkça ikincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlar tarafından kesilmektedirler (Şekil 4.11).

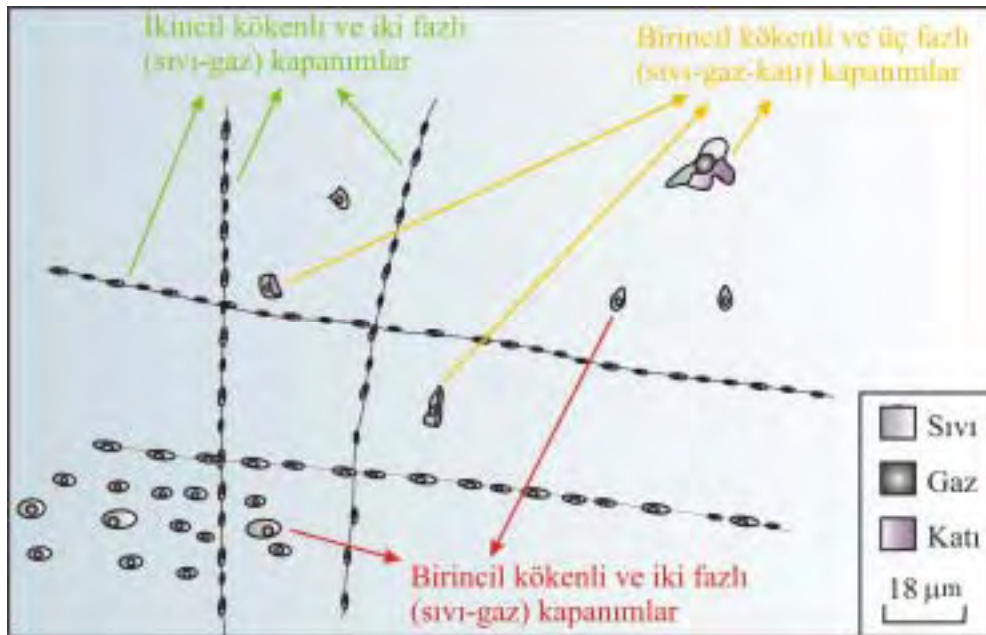


Şekil 4.11 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli ve ikincil kökenli iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımların dağılımları ve birbirleriyle olan ilişkileri



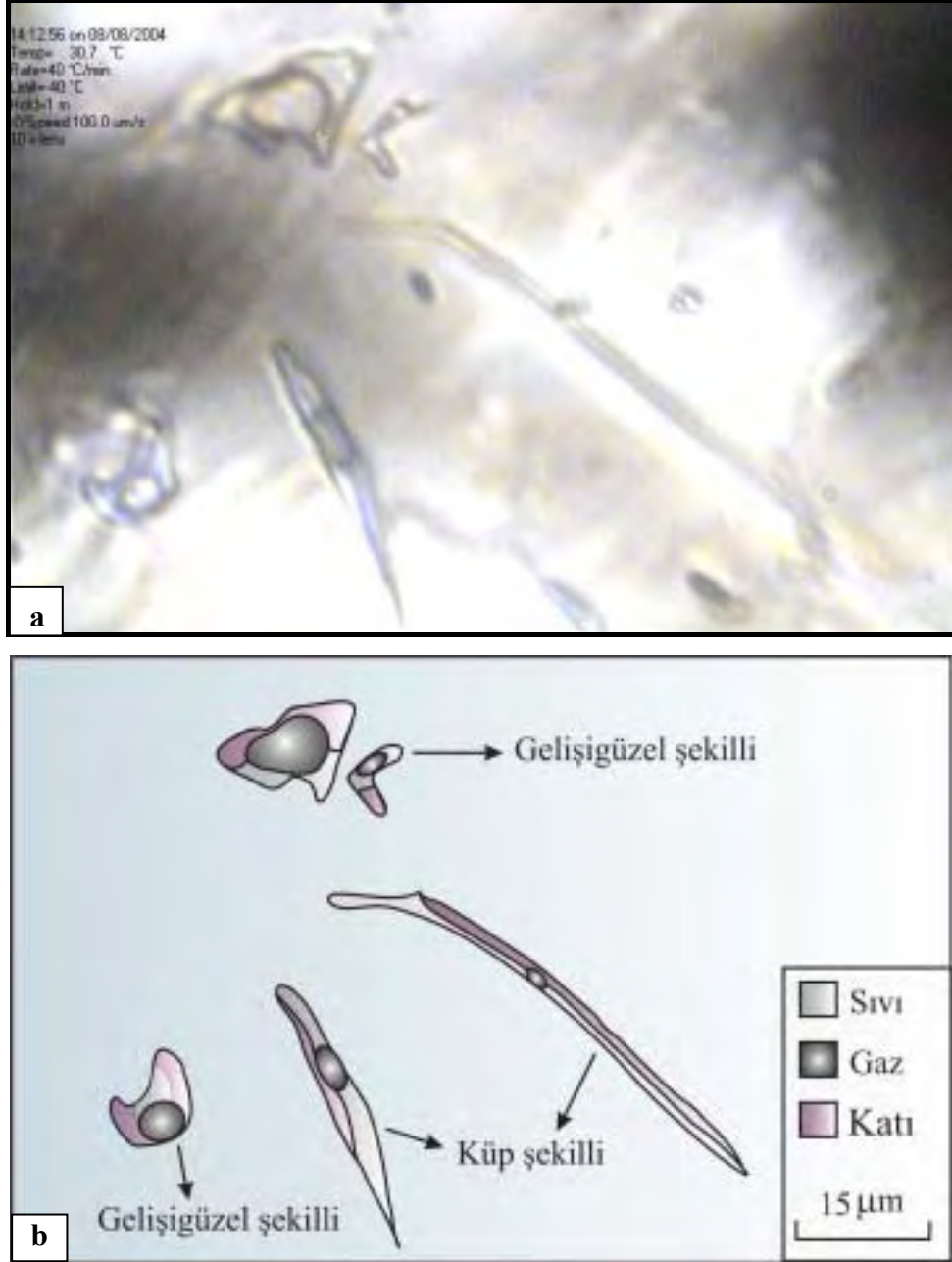
Şekil 4.12 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımların morfolojileri. a: mikroskop görüntüsü; b: mikroskop görüntüsünün detaylı açıklaması.

Birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı, gaz, katı) sıvı kapanımlar birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlarla birlikte veya onlardan uzak bağımsız olarak dağılım göstermektedirler (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı-gaz-katı) kapanımların dağılımları ve diğer sıvı kapanım tipleri ile ilişkileri

Birincil kökenli ve üç fazlı sıvı kapanımlar $5\mu\text{m}$ - $45\mu\text{m}$ arası boyutlarda olup bunlar genellikle düzensiz şekilli, tüp şekilli, dikdörtgen, beşgen şekillerde morfolojiler sunmaktadırlar (Şekil 4.14).

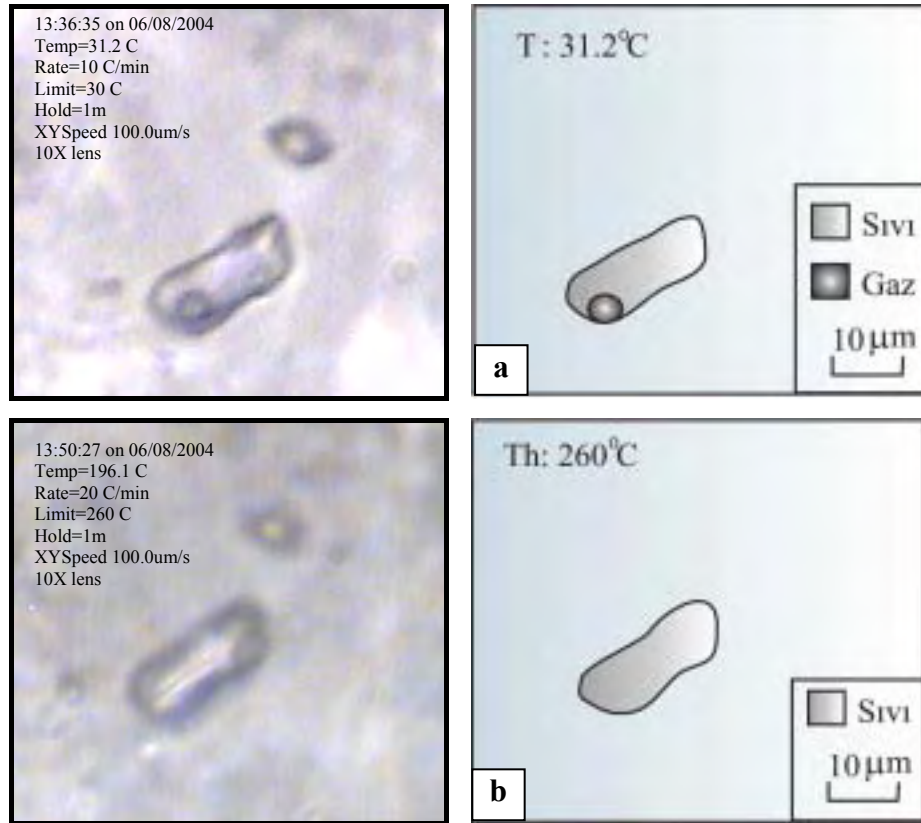


Şekil 4.14 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı-gaz-kati) kapanımların morfolojileri. a: mikroskop görüntüsü; b: mikroskop görüntüsünün detaylı açıklaması.

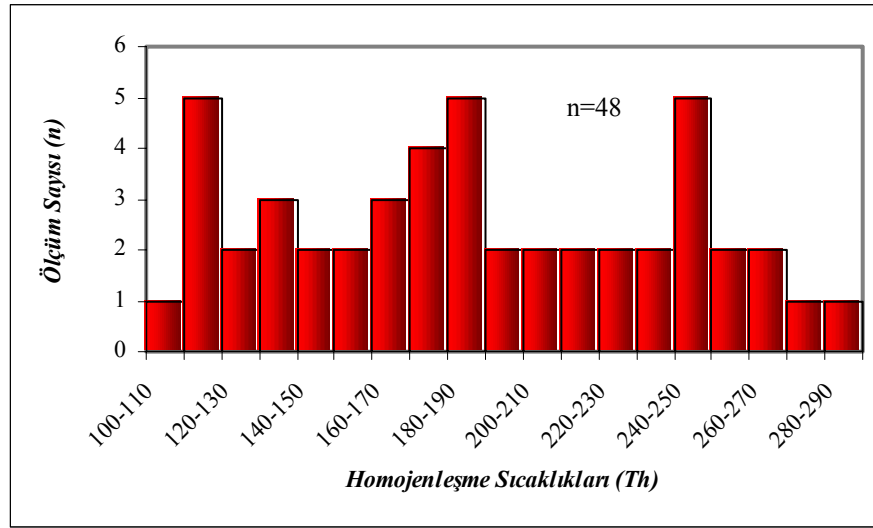
4.4.2 Mikrotermometrik Analizler

4.4.2.1 Isıtma Deneyi

Birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımlardan ısıtma deneyi yapılmıştır ve bu deney sonucu 48 adet homojenleşme sıcaklığı elde edilmiştir (Şekil 4.15). Bu homojenleşme sıcaklık değerlerine göre hazırlanan diyagram gözönüne alındığında bu tip sıvı kapanımları için homojenleşme sıcaklık aralığının 100 ile 290 °C arasında olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.16).

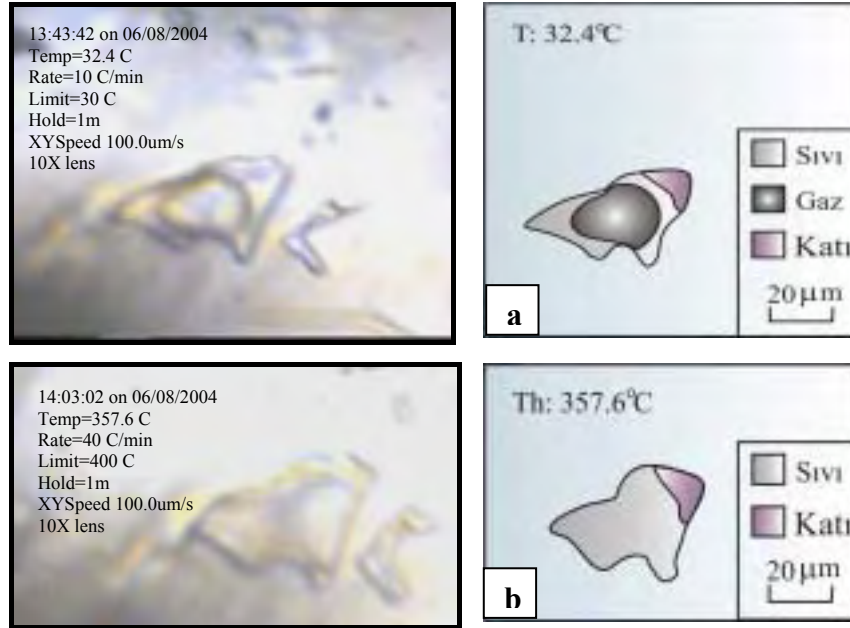


Şekil 4.15 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımların ısıtma deneyi sırasında gösterdikleri değişimler. a: Birincil kökenli ve iki fazlı kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü; b: aynı kapanımın homojenleşme sıcaklığı esnasındaki görünümü.



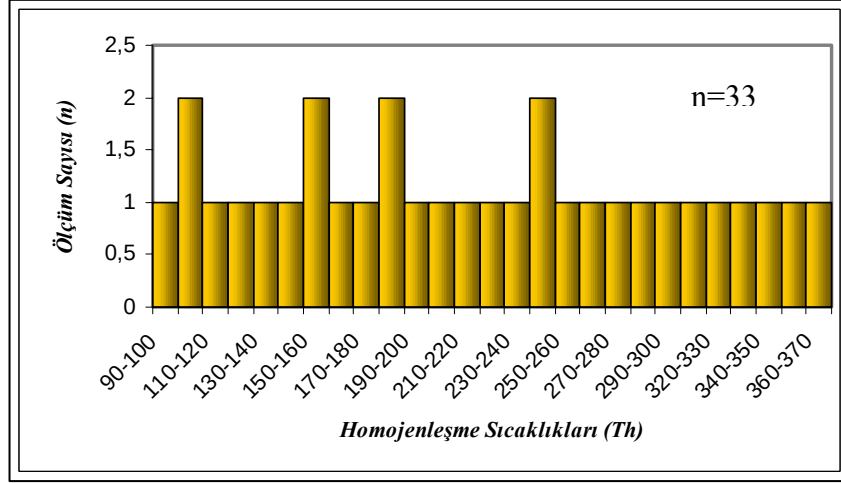
Şekil 4.16 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık diyagramı

Birincil kökenli ve üç fazlı sıvı kapanımlardan yapılan ısıtma deneyi sonucu 33 adet homojenleşme sıcaklığı elde edilmiştir (Şekil 4.17).



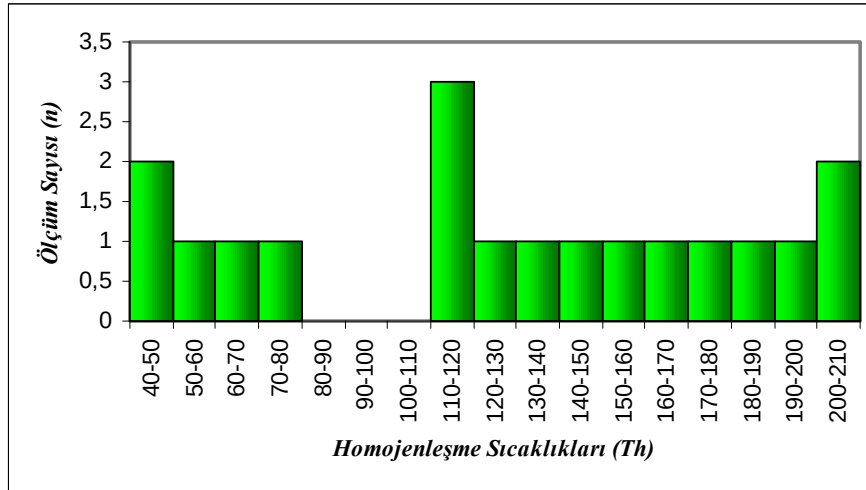
Şekil 4.17 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı-gaz-katı) kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklık diyagramı. a: Birincil kökenli ve iki fazlı kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü; b: aynı kapanımın homojenleşme sıcaklığı esnasındaki görünümü.

Elde edilen homojenleşme sıcaklığı dikkate alınarak hazırlanan diyagram gözönüne alındığında bu tip sıvı kapanımları için homojenleşme sıcaklığının 90 ile 370 °C arasında olduğu saptanmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı-gaz-katı) kapanımların homojenleşme sıcaklıkları.

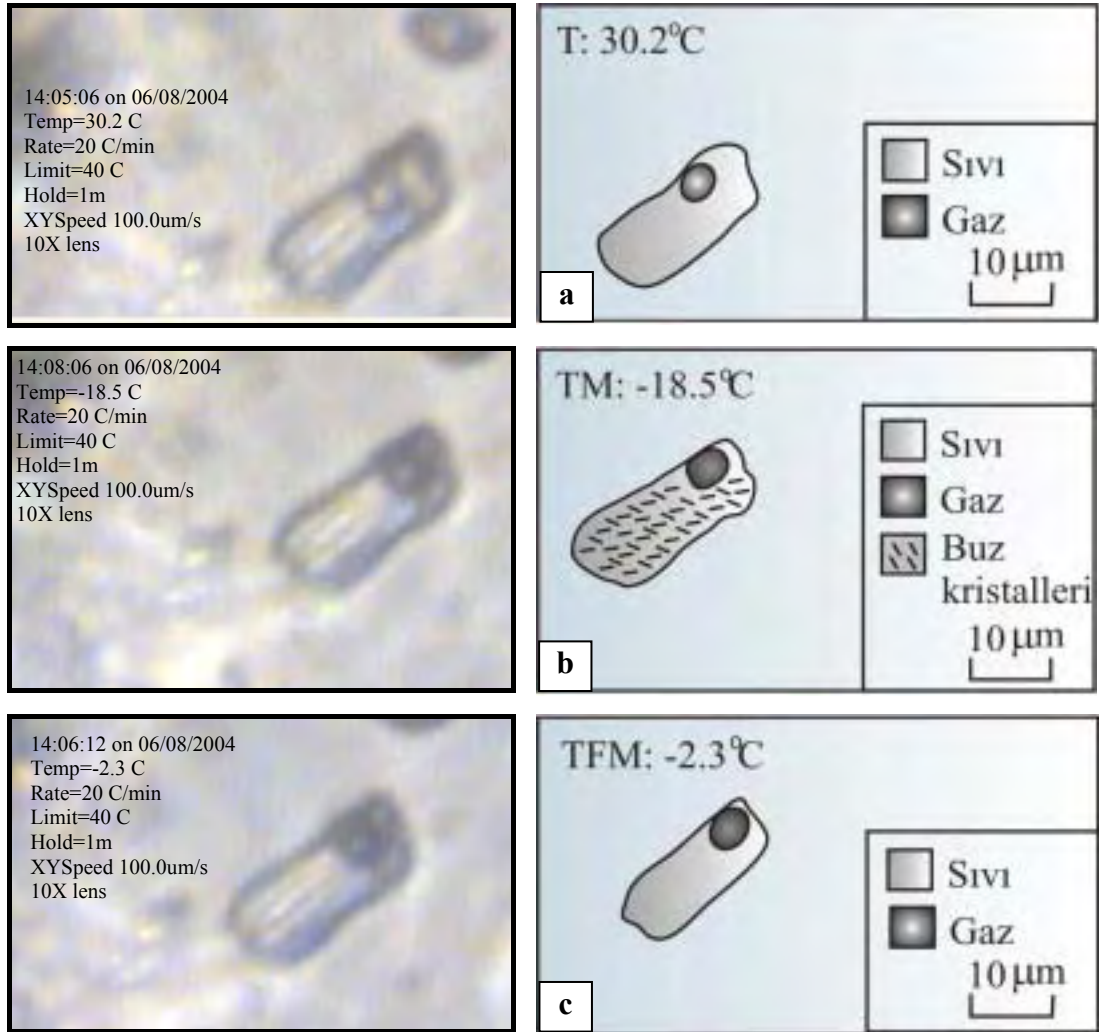
İkincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımların ısıtma deneyi sonucu 20 adet homojenleşme sıcaklıkları elde edilmiştir. Bu homojenleşme sıcaklık değerlerine göre çizilen histograma göre bu tip sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklıklarının 30 ile 70°C ve 100 ile 210°C arasında olmak üzere iki ayrı evrede yoğunlaştığı gözlenmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerde görülen ikincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklıkları.

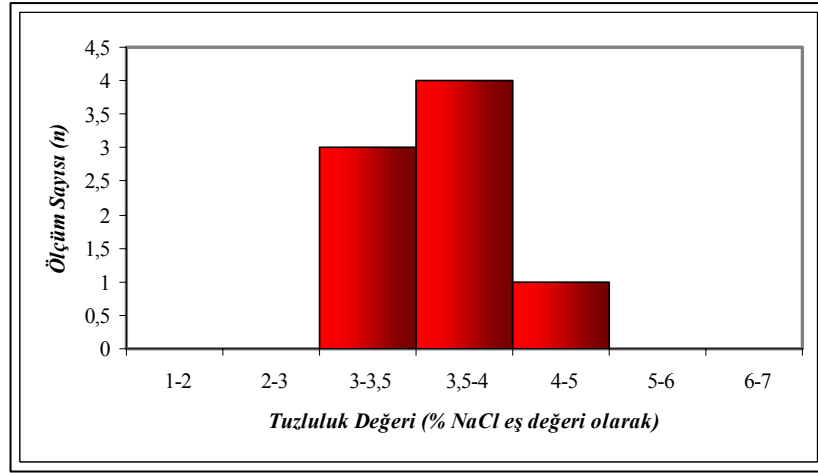
4.4.2.2 Soğutma Deneyi

Tuzluluk parametrelerinin hesaplanabilmesi için yapılan soğutma deneyi birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) ve birincil kökenli üç fazlı (sıvı, gaz, katı) sıvı kapanımlarda olmak üzere iki farklı sıvı kapanımı tipinde yapılmıştır (Şekil 4.20).



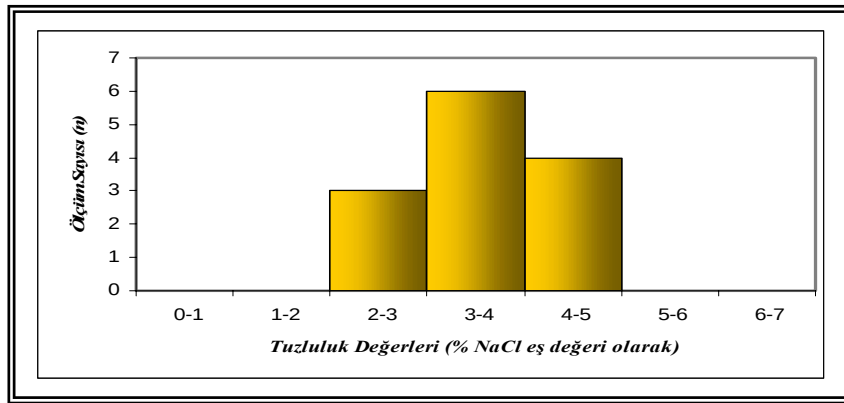
Şekil 4.20 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı-gaz) kapanımlarda yapılan soğutma deneyi sırasındaki sıvı kapanımlardaki değişimler. a: birincil kökenli ve iki fazlı kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü; b: aynı kapanımın ilk bu ergime sıcaklığı (T_M) esnasındaki görünümü; c: aynı kapanımın son buz ergime sıcaklığı (T_{FM}) esnasındaki görünümü.

Birincil kökenli iki fazlı (sıvı, gaz) ve üç fazlı (sıvı, gaz, katı) kapanımlarda soğutma deneyi sonucu elde edilen son buz ergime (T_{FM}) sıcaklıkları göz önüne alınarak % NaCl eşdeğeri hesaplanmıştır. Bu histogram yardımıyla birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımların tuzluluk değerlerinin % NaCl eşdeğeri olarak % 3-5 arasında olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde yapılan soğutma deneyi sonucu birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlardan elde edilen tuzluluk değerleri (%NaCl eşdeğeri olarak).

Birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı, gaz, katı) sıvı kapanımlardan elde edilen son buz ergime sıcaklıklarına göre hesaplanan tuzluluk değerleri % NaCl eş değeri olarak % 2-5 arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde yapılan soğutma deneyi sonucu birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı, gaz, katı) sıvı kapanımlardan elde edilen tuzluluk değerleri (% NaCl eşdeğeri olarak).

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çalışma alanını oluşturan Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı D-B yönünde 350 km uzunluğa ve K-G yönünde 60 km genişliğe sahiptir. Jura-Miyosen yaşlı volkanik kayalardan oluşan, 2000-3000 m arasında kalınlık gösteren, tipik ada yayını temsil eden ve az miktarda denizel sedimanter kayalar içeren Doğu Karadeniz metalojenik kuşağı üç volkanik evreye ayrılmıştır. İlk volkanik evre, Jura ve Üst Kretase yaşları arasında oluşan bir volkanik kayaç serisini içermektedir. Bu evre önce bazaltik başlayıp daha sonra volkanizma ilerledikçe orta ve üst kısımlarında felsik lav akıntıları ve kalın piroklastiklere doğru değişen bir dizilim ile temsil edilmektedir. İkinci volkanik devre, çok az denizel sedimentlerin egemen olduğu volkanik breşler ve tüflerle başlayıp, bunun üzerine andezitik ve riyolitik lav akıntıları gelmekte ve en üstte Üst Kretase yaşlı (Maestrihtiyen) kireçtaşları bulunmaktadır. En son evrede ise, Tersiyer volkanik faaliyeti temsil eden andezitik ve bazaltik lav akıntıları ile örtülmüş olan bir Paleosen yaşlı denizel sedimentlerin dizilimini içermektedir (Maucher, 1960; Maucher ve diğ., 1962).

İnceleme alanını oluşturan Murgul Cu yatağı ilk volkanik devrenin en üst kısmında bulunan alt dasitik seri olan ve 150-300 m kalınlığa sahip dasitik piroklastik kayalarla ilişkilidir (Özgür 1985). Bu seri bazik kökenli volkanizma ile başlayıp Üst Kretase sonlarına kadar devam etmektedir. Dasit lavıyla başlayan alt dasitik seri süngertaşı tuf formasyonu ile devam etmekte ve dasit lavları ile sona ermektedir. Murgul Cu yatağı hidrotermal alterasyon ile sıkı bir ilişki içinde olup burada cevher kütlesi etrafını çeviren birinci evreyi oluşturan fillik ve arjillik alterasyon ile merkezde ikinci ve son evreyi oluşturan silisik alterasyon görülmektedir (Özgür, 1985; Schneider ve diğ., 1988). Schneider ve diğ. (1988) birinci alterasyon evresi, piroklastiklerin bozulması ve ana kayacın kuvars ve yağlı görünümlü soluk serisit ile yer değiştirmesine yol açmıştır ve saçılmış pirit ve kalkopiritin zayıf mineralleşmesini ortaya koymuştur. Son alterasyon evresi ise volkanik ana kayacın kuvars ile yer değiştirmesinden meydana gelmiştir. Özgür (1985) son evre saçınımlı cevher, stokvork cevher ve küçük cevher damarları olmak üzere üç tip mineralizasyon içermektedir. Dissemine tipi cevherleşmede ve küçük cevher

damarları şeklindeki cevherleşmede ana cevher minerali olarak pirit ve kalkopirit gözlenirken bunun yanında daha az oranda çinkoblend, galen ve fahlerz'in varlığı saptanmıştır. Stokvork tipi cevherleşmede ise ana cevher minerali olarak; pirit ve kalkopirit, yan mineral fazı olarak çinkoblend ve galen gözlenmiş bunun yanında mikroskop çalışmaları sonucunda daha az oranda fahlerz'in varlığı saptanmıştır.

Jenetik olarak doğuda bulunan Murgul ve benzeri yataklar kıtasal koşullarda oluşmuş olup subvolkanik-hidrotermal oluşuğa işaret ederek daha çok Kuroko tipi yataklar ile Porfiri tipi yataklar arası bir geçişi temsil etmektedirler. Buna karşın Madenköy ve Lahanos gibi yataklar denizel koşullar altında oluşmuş olup submarin-hidrotermal oluşum şekilleriyle tipik Kuroko tipi yatakları temsil ederler (Özgür, 1993).

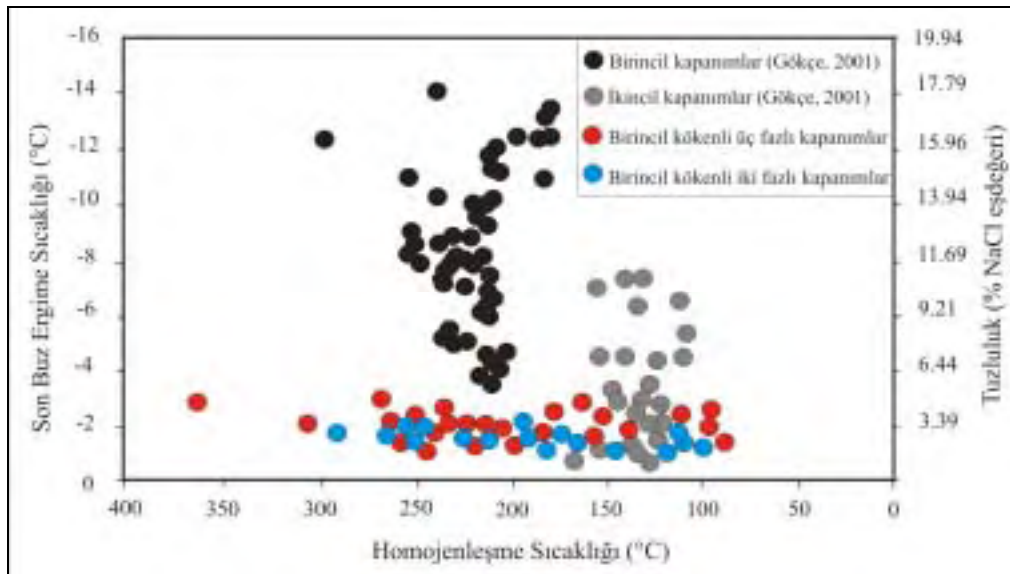
Cevherin jenezine bağlı olarak cevheri oluşturan çözeltileri tanımlamak amacıyla Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde yapılan sıvı kapanımı çalışmaları sonucunda beş ayrı tip sıvı kapanımı belirlenmiştir. Bunlar birincil kökenli ve tek fazlı (sıvı) kapanımlar, ikincil kökenli ve üç fazlı (sıvı, gaz, katı) kapanımlar, birincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlar, ikincil kökenli ve iki fazlı (sıvı, gaz) kapanımlar ve birincil kökenli ve üç fazlı (sıvı, gaz, katı) kapanımlardır.

Bunlardan birincil kökenli iki fazlı kapanımlar (48 adet), birincil kökenli üç fazlı kapanımlar (33 adet) ve ikincil kökenli iki fazlı kapanımlar (20 adet) üzerinde homojenleşme sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Birincil kapanımlara ait homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerleri 90 °C ile 370 °C arasında, ikincil kapanımlara ait homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerleri ise 30 °C ile 70 °C arasında ve 100 °C ile 210 °C arasında iki ayrı evrede yoğunlaşmıştır. Bu değerler cevherleşme sırasında hidrotermal çözeltilerin sıcaklıklarının 370 °C' ye kadar yükseldiğini ve son evrelere doğru 30 °C' ye kadar düştüğünü göstermektedir. Buna karşın Gökçe (2001) Murgul Cu yatağından alınan kuvars örnekleri üstünde yaptığı sıvı kapanım çalışmasıyla birincil kapanımlara ait homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerini 178.8°C ile 254°C arasında, ikincil kapanımlara ait homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin ise 110.2°C ile 154.2°C arasında değişmekte olduğunu belirlemiş ve bu değerlerin cevherleşme sırasında hidrotermal çözeltilerin sıcaklıklarının 254°C' ye kadar

yükseldiğini, ancak son evrelere doğru 110.2°C' ye kadar düştüğünü savunmuştur (Şekil 5.1).

Soğutma deneyi ile sadece birincil kökenli üç fazlı kapanımlar ile birincil kökenli iki fazlı kapanımların son buz ergime sıcaklıkları (T_{FM}) tespit edilmiştir. Birincil kökenli iki fazlı kapanımlar için tuzluluğun %2 ile %5 arasında (ortalama % 3.5), birincil kökenli üç fazlı kapanımlar için ise tuzluluğun %3 ile %5 arasında (ortalama % 4) NaCl eş değeri olduğu hesaplanmıştır. Buna karşın Gökçe (2001) Murgul Cu yatağından alınan kuvars örnekleri üstünde yaptığı sıvı kapanım çalışmasıyla birincil kapanımlara ve ikincil kapanımlara ait son buz ergime sıcaklığı (T_{FM}) değerlerini tespit etmiş ve birincil kapanımlar için tuzluluğun %10.2 ile %18.7 arasında (ortalama % 12.5), ikincil kapanımlar için ise %1.7 ile 11.5 arasında (ortalama %5.7) NaCl eş değeri olduğunu hesaplamıştır (Şekil 5.1).

Elde edilen homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk değerleri göz önüne alındığında Murgul Cu yatağındaki cevherleşmenin düşük tuzluluk değerleri ve yüksek homojenleşme sıcaklık değerleri gösterdikleri saptanmıştır (Şekil 5.1). Buna bağlı olarak sistemin düşük-orta sıcaklık ve düşük tuzluluk değerlerine sahip NaCl-H₂O sisteminde olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.1 Murgul Cu yatağından alınan kuvars örneklerinde görülen sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklığı, son buz ergime sıcaklığı ve tuzluluk diyagramı üzerindeki dağılımları.

6. KAYNAKLAR

- Akın, H., 1979, Geologie, Magmatismus und Lagerstättenbildung im Ostpontischen Gebirge/Türkei aus der Sicht der Plattentektonik: Geol. Rundschau 68, p. 253-283.
- Buser, S. ve Cvetič, S., 1973, Murgul bakır yataklarının çevresinin jeolojisi:MTA Derg., 81, 22-45, Ankara.
- Çağatay, M.N. and Boyle, D.R., 1977, Geochemical prospecting for volcanogenic sulphide deposits in the Eastern Black Sea ore province, Journal of Geochemical Exploration, 8, 49-71.
- Çağatay, M.N., 1993, Hydrothermal alteration associated with volcanogenic sulfide deposits; Examples from Turkey. Econ. Geol. V. 88, p. 606-621.
- Çağatay, M.N. and Eastone, C.J., 1995, A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulfid deposits of the Eastern Black Sea province, Mineral. Deposita, 30, 55-66.
- Gökçe, A. and Spiro, B.S., 2000, Sulfür-isotope characteristics of the volcanojenic Cu-Zn-Pb deposits of the Eastern Pontide region, International Geology Review, Vol. 42, p. 565-576.
- Gökçe, A., 2001, Fluid inclusion, oxygen and Hydrogen isotope studies of the Çakmakkaya and Damarköy (Murgul-Artvin) copper deposits and their significances on the genesis of these deposits, Geol. Bull. of Turkey, Vol. 44, No. 2, p.25-37.
- Kahrer, C., 1958, Die Kupferlagerstaette Murgul in der nordöstlichen Türkei. MTA Rap., no: 934, 9s., Ankara.
- Mado, H., 1972, Geology and mineralization of the copper ore deposits in the Murgul mine, northeastern Turkey: MTA Rap., 1103, (yayınlanmamış), Ankara.
- Maucher, A., 1960, Die Kieserze von Keltas, Ein Beispiel submariner Gleitfaden in exhalativ-sedimentaren Erzlagerstätten: Neues Jahrb. Mineralogie Monatsh., 94, 495-505.

- Maucher, A., Schultze-Westrum, H. ve Zankl, H., 1962, Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen im Ostpontischen Gebirge: Bayerische Akad. Wiss., Mathematik-Naturw. 109, 97 p.
- Özgür, N., 1985, Zur geochemie und Genese der Kupferlagerstätte, Murgul, E-Pontiden, türkei: Ph.D. thesis, Freie universität Berlin, 139 s.
- Özgür, N. ve Schneider, H.J., 1988, New metallogenetic aspects concerning the copper deposit of Murgul, NE Turkey: Soc. Geology Applied to Mineral Deposits, Spec. Pub., 6, 229-239.
- Özgür, N. ve Palacios, C.M., 1990, Türkiye'nin kuzeydoğusunda Doğu Karadeniz metalojenetik kuşağı, Murgul volkanik kökenli bakır yataklarının jeokimyasal kaynağa yakınlık belirteçleri, MTA yayını, No:11, Ankara.
- Özgür, N., Thum, I. And Dieterle, M., 1991, The East Pontic Metallotect, Journal of Isparta Engineering faculty of Akdeniz University, Geology, 5, 33-58.
- Özgür, N., 1993, Volcanogenic massive sulfide deposits in the east pontic metallotect, Resource Geology Special Issue, No. 17, p. 180-185.
- Pejatovic, S., 1979, Pontid tipi masif sülfid yataklarının metalojenisi, MTA Enstitüsü yayını, no. 177, Ankara.
- Popovic, R., 1975, Doğu pontidlerdeki demirsiz metallerin zonal dağılımı ile yapısal ve jenetik özellikleri, MTA dergisi, s. 85, s. 1-17.
- Popovic, R., 2000, Kilise tepedeki (murgul yöresi, kd türkiye) bakır ve çinko zuhurları, MTA dergisi, 122, 33-42.
- Schneider, H.-J.; Özgür, N. ve Palacios, C.M., 1988, Relationship between alteration, rare eart element distribution, and mineralization of the Murgul copper deposit, northeastem Turkey: Econ. Geol., 83, 1238-1246.
- Schneiderhöhn, H., 1955, Die Kupferlagerstaette Murgul im Schwarzmeer-Küstengebiet, Provinz Çoruh, Nordost-Türkei, *Erzmetall*, Bd. 8, H. 10.
- Schultz-Westrum, H.H., 1961, Giresun civarındaki Aksu deresinin jeolojik profili-Kuzeydoğu Anadoluda Doğu Pontus cevher ve mineral bölgesinin jeolojisi ve maden yatakları ile ilgili mütalaalar: Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg., 57, 63-72.

- Wiljkerslooth, P., 1946, Karadeniz doğu sahilleri cevher bölgesi ve bilhassa Kuvarshane bakır yatakları (Çoruh) hakkında bazı malumat. M.T.A. Derg., no. 35. s. 102-111, 111-120, Ankara.
- Willgallis, A., Özgür, N. ve Siegman E., 1989, Murgul bakır yatağında Se ve Te içeren sülfürlü cevher minerallerine ilişkin mikrosonda çalışması. 43. T.J. Kurultayı, Bildiri Özleri, s: 8.
- Vujonovic, V., 1974, Doğu karadeniz Bölgesi kıyı kesiminde bulunan sülfid maden yataklarının mineraloji, parajenez ve köken özellikleri, MTA dergisi, s. 74, s.57-66.

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Menekşe Zerener

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Yılı: 03.06.1978

Medeni Hali: Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 1992-1995: Çanakkale Lisesi, Çanakkale

Lisans 1996-2000: Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta

Yabancı Dil: İngilizce

İş Deneyimi:

2002- :Araştırma Görevlisi (Halen devam ediyor).

LEVHALAR

LEVHA I

Şekil 1. İri uzunlamasına gelişmiş kuvars kristallerinin dizilimi. Örnek no: MZ-21 (1), Ç. N, 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 2. Poligonal dokulu kristalen kuvarsların görünümü. Örnek no: MZ-12 (1), Ç. N, 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

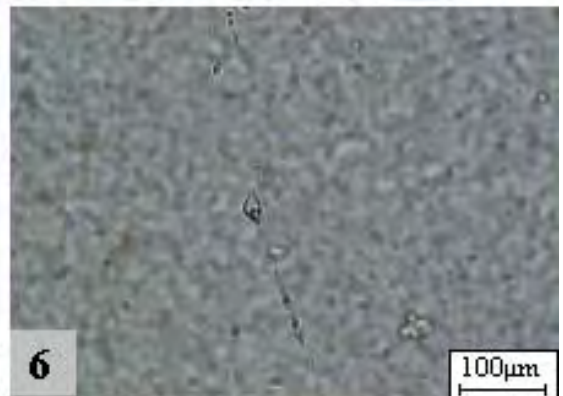
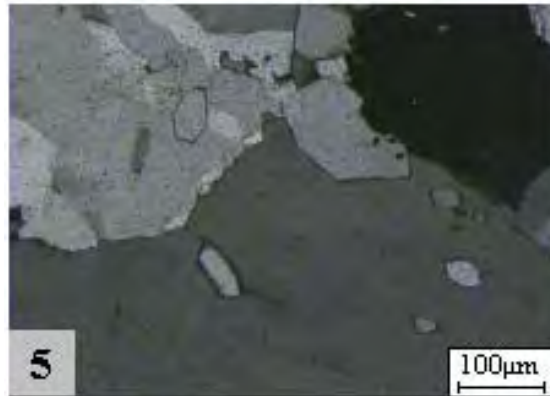
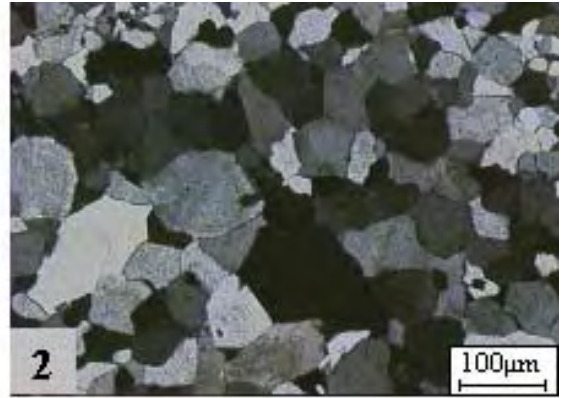
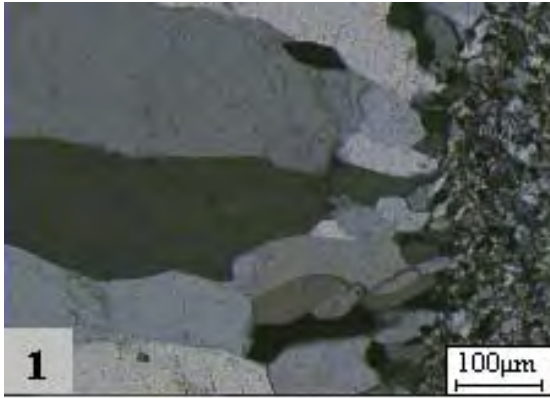
Şekil 3. İri bir kuvars kristali kenarından itibaren yenilmiş olup daha küçük kristalli kuvarslar içerisinde yer almaktadır. Örnek no: MZ-3 (1), Ç. N., 4x10 (Lokasyon: Murgul-Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 4. Mikrokristalen kuvarslar içerisinde iri kristalli kuvarslar ve mikrokristalen kuvarslardan itibaren muhtemelen kristal büyümesi ile irileşmiş kuvars kristallerinin görünümü. Örnek no: MZ-22 (3), Ç. N., 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 5. İri kuvarslar içerisinde daha küçük özşekilli kuvars kristallerinin inklüzyonlar halinde bulunuşu. Örnek no: MZ-2 (2), Ç. N., 4x10 (Lokasyon: Çakmakkaya açık ocak madeni)

Şekil 6. Birincil kökenli sıvı kapanımları. Örnek no: MZ-7 (1), // N., 40x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

LEVHA I



LEVHA II

Şekil 1. İri kuvars kristalleri içerisinde yer alan sıvı kapanımlar. Örnek no: MZ-7 (3),
// N, 40x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 2. Yarı özşekilli, özşekilsiz jips kristalleri ile özşekilsiz kuvars kristalinin
görünümü. Örnek no: MZ-1 (2), Ç.N., 4x10 (Lokasyon: Çakmakkaya açık ocak
madeni)

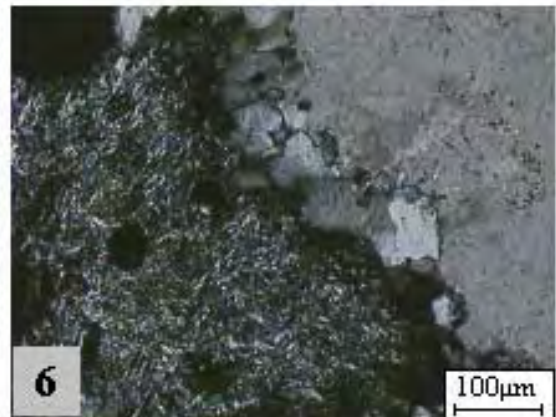
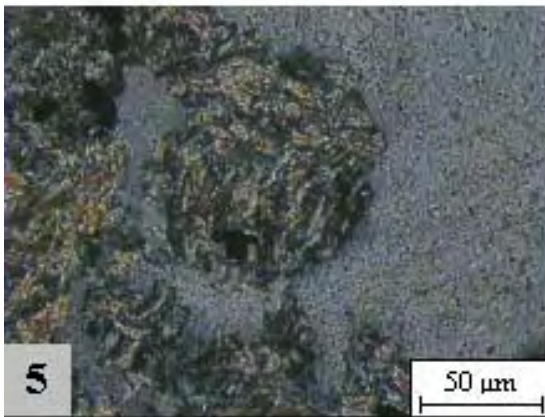
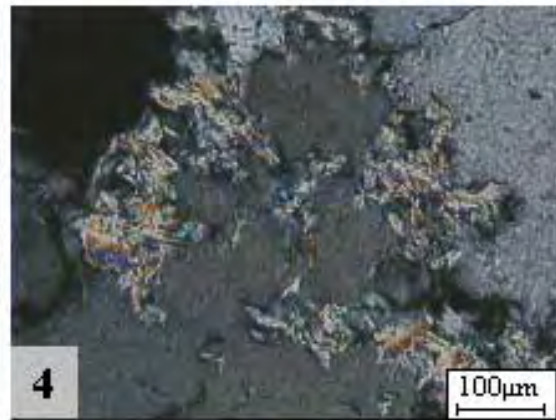
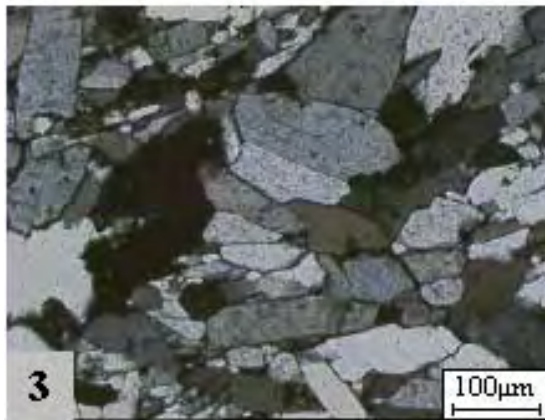
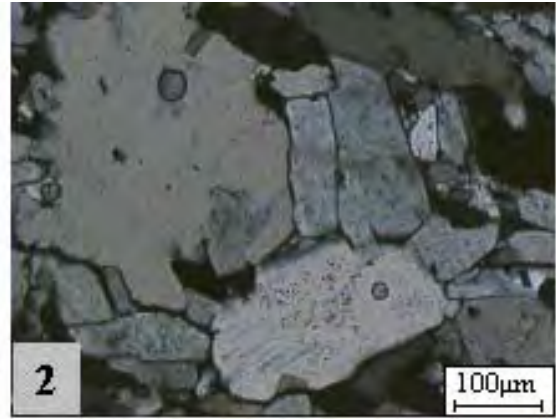
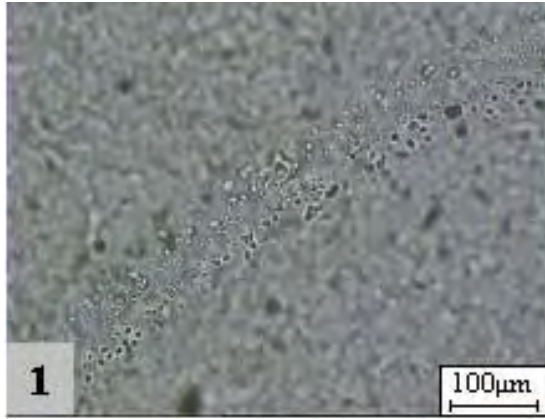
Şekil 3. Orta iri kristalli yarı özşekilli, özşekilsiz jips kristallerinin görünümü. Örnek
no: MZ-1 (1), Ç.N., 4x10 (Lokasyon: Çakmakkaya açık ocak madeni)

Şekil 4. Özşekilsiz kuvars kristalleri ve bunlardan itibaren gelişen serisitleşme
Örnek no: MZ-29 (2), Ç.N., 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 5. Kuvars kristallerinden itibaren serisitleşme. Örnek no: MZ-5 (2), Ç.N.,
20x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 6. İri kuvars kristallerinden itibaren serisitleşme. Örnek no: MZ-20 (5), Ç.N.,
10x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

LEVHA II



LEVHA III

Şekil 1. Kuvars kristalleri ile birlikte yer alan iri dolomit kristallerinin görünümü.

Örnek no: MZ-25 (1), Ç.N., 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 2. Dolomit kristalleri ve bunlar içerisinde yer alan kuvars mineralleri. Örnek

no: MZ-27 (5), Ç.N., 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 3. İçerisinde opak zonlanmaların geliştiği yarı opak özşekilsiz rölyefi yüksek mineralin görünümü. Örnek no: MZ-11 (3), // N., 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 4. Kenarlarından itibaren opaklaşmış yarı özşekilli-özşekilsiz, rölyefi yüksek minerallerin görünümü. Örnek no: MZ-22 (5), // N., 40x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 5. Opak ve kuvars kristallerinin görünümü. Kuvarslar opaklar içerisinde inklizyonlar halinde yer alıyorlar. Örnek no: MZ-25 (6), Ç.N., 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

Şekil 6. Opak mineraller arasında gelişmiş kuvars kristallerinin görünümü. Örnek no: MZ-24 (2), Ç.N., 4x10 (Lokasyon: Anayatak açık ocak madeni)

LEVHA III

