TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU ANKARA

FİNAL RAPORU (PROJE NO: 104Y175)

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ METALOJENİK KUŞAĞINDA BULUNAN MURGUL MASİF SÜLFİT YATAĞININ HİDROTERMAL ÇÖZELTİLERİ VE GELİŞİMİ

Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Nevzat Özgür

Araştırıcılar: Yrd. Doç. Dr. Ömer Elitok ve Arş. Gör. Menekşe Zerener

Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltı suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi

ISPARTA, 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışma 2005-2008 yıllarında 104Y175 nolu Tübitak projesi "Doğu Karadeniz bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Murgul masif sülfit yatağının hidrotermal çözeltileri ve gelişimi" kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Proje kapsamında önemli bir yer kapsayan sıvı kapanımı ölçümleri çalışmalarını titizlikle gerçekleştiren Yard. Doç. Dr. Nuran Sönmez'e (Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir), bu sıvı kapanımlarında duraylı izotoplar ile anyon ve katyon analizlerinin Çin Halk Cumhuriyeti Pekin Üniversitesi Maden Yatakları Enstitüsü'nde yapılmasında önderlik eden değerli meslektaşım Prof. Dr. Ma Dongsheng'e (Nanjing Üniversitesi, Çin Halk Cumhuriyeti) ve ayrıca sıvı kapanımı analizlerinin bazı δ^{18} O parametrelerinin hesaplanmasında deneyimlerinden yararlandığımız Prof. Dr. Ali Uçurum'a (Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas) en içten teşekkür ederiz.

Bu çalışma içinde bulunan çeşitli sülfit mineralleri fazlarında δ^{34} S analizlerinin yapılmasını sağlayan değerli çalışma arkadaşlarım Fizik Yük. Müh. Willibald Stichler ve Kimya Yük. Müh. Manfred Wolf'a (GSF- Institute for Hydrology, Neuherberg, Almanya) aynı şekilde teşekkürü borç biliriz.

Proje çalışmalarının başlangıcında sıvı kapanım incelemeleri için gerekli olan sıvı kapanım kesitleri MTA Genel Direktörlüğü laboratuarlarında gerçekleştirilmiştir. İlgililere bu yüzden yardımları için müteşekkiriz.

2006 yaz ayında yaptığımız çalışmalar esnasında Cengiz İnşaat A.Ş. önemli derecede lojistik destek sağlamış olup kendilerine teşekkürlerimizi sunarız.

Proje final raporu Prof. Dr. Hüseyin Yılmaz (Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir), Prof. Dr. Namık Çağatay (İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul) ve Prof. Dr. Ali Uçurum tarafından bir redaksiyona girmiş ve önemli sayılabilecek derecede düzeltme görmüştür. Bu yüzden ilgili meslektaşlara teşekkür ederiz. Ayrıca Tübitak anonim proje değerlendirme hakemleri yapıcı sert ve radikal eleştirileri ile ısrarla bu projenin olgunlaşmasına önemli derecede katkıda bulunmuşlardır. Kendilerine bu yüzden teşekkür borçluyuz.

ÖZET

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının KD kesiminde yer alan Murgul Cu yatağı Üst Kretase yaşlı ve belirli bir zaman için kıtasal koşullar altında olan ada yayı volkanizması ile ilişkili olup bir subvolkanik-hidrotermal oluşuma dahil edilir. Buna karşın metalojenik kuşağın batısında bulunan Madenköy ve Lahanos yatakları denizel koşulların egemen olduğu bir volkano-sedimanter ortamda hidrotermal yataklar olarak tanımlanır. Burada Madenköy ve Lahanos yatakları furoko tipi yatakları temsil eder. Bun karşın, Murgul yatağı Kuroko tipi yataklar arasında bir geçişi temsil eder.

Murgul Cu yatağı birinci volkanik evrenin üst kısmında oluşmuş olup Senoniyen yaşlı yaklaşık 250 m kalınlığı olan dasitik piroklastiklere bağlıdır. Bu dasitik piroklastik seviyenin üst kısmında denizel sedimentlerden oluşan yaklaşık 10 m kalınlığında yoğun erozyon ve alterasyona uğramış bir ince tabaka bulunmaktadır. Burada mineralizasyonlu dasitik piroklastikler 200-500 m kalınlığında olan cevhersiz dasitik lavlar tarafından örtülmektedir. Cevherli yan kayaçlarla karşılaştırıldığında dasit lavları hiçbir yerde mineralizasyon göstermemektedir. Bu yüzden, altere olmuş yan kayaçlar ile cevhersiz dasit lavları arasında özellikle erozyon ve alterasyonun egemen olduğu bir zaman aralığının bulunması gerekmektedir. Bognari klastik cevherleşmesi bu oluşumu Anayatak cevher kütlesinin üst kısımlarından gelip orada tekrar oluşan malzemelerle kanıtlamaktadır.

Murgul yatağında mineral parajenezi genel olarak pirit ve kalkopiritten oluşmaktadır. Bunlara ayrıca az miktarda bulunan sfalerit, galen, fahlerz, aikinit, hessit, klaustalit ve tridimit katılmaktadır. İlk defa olarak yörede Murgul yatağından 8 km doğuda bulunan Akarşen Cu yatağında nabit Au mikroskobik olarak gözlenmiştir. Murgul Cu yatağı genel olarak 1985 verilerine göre (i) Cu tenörü % 0,2 ile 0,7 arasında değişen saçınımlı cevherleşme (tip 1), (ii) Cu tenörü % 1,0 ile 2,5 arasında değişen stockwork cevherleşmesi (tip 2) ve (iii) Cu tenörü % 5,0 ile 10,0 arasında değişen damar cevherleşmesinden (tip 3) oluşmaktadır. Bugünkü görünen rezerv Murgul yatağında % 0,5-0,6 Cu tenörü ile 15.000.000 ton civarındadır.

İncelenen Murgul yatağında cevherleşme iki evrede gelişen hidrotermal alterasyon ile sıkı ilişkilidir: (i) burada birinci evre serizitleşme ve kaolenleşmeden oluşturmakta ve (ii) birinci evre başından beri var olan ikinci evre kendini silisleşme ile karakterize etmektedir. Yörede tekrarlanan volkanik etkinlikle birlikte olan hidrotermal çözeltiler daha önce oluşan saçınımlı

cevherleşmedeki metalleri remobilizasyona uğrattı ve bunun sonucu olarak zengin Cu tenörlü stockwork ve damar cevherleşmeleri meydana gelmiştir. Alterasyon zonlarındaki NTE incelemeleri iki alterasyon evresi arasında bulunan farkı göstermekte ve yan kayaç alterasyonu ile NTE azalma değerleri arasındaki ilişkiyi belgelemektedir.

Cevherleşme tipleri 1, 2 ve 3 ile ilişkili olan sekonder birincil ve ikincil kuvars kristallerinde yapılan sıvı kapanımı incelemeleri 150 ile 350 °C arasında değişen cevherleşme homojenleşme sıcaklıkları (ortalama 225 °C) ve % 1,0 ile 12,0 NaCl eşdeğeri (ortalama % 5,0-7,0 NaCl eşdeğeri) arasında değişen tuzluluk değerleri göstermektedir. Bu sıcaklıklar epitermal ile mesotermal arasında değişen bir alt hidrotermal evre olarak adlandırılabilir. Cevherli yan kayaçlardan alınan kuvars kristallerinde bulunan sıvı kapanımlarında ölçülen δ^{18} O ve δ D değerleri, sıvı kapanımları içinde ölçülen anyon ve katyon analizleri ve sülfürlü cevher minerallerinde bulunan δ^{34} S değerleri, Murgul yatağının özellikle Kuroko tipi yataklardan ayrıldığını açıkça göstermektedir. Sonuç olarak, Murgul Cu yatağı hidrotermal çözeltilerin meteorik kökenli olabileceğini gösteren δ^{18} O ve δ D değerleri ve sıvı kapanımlarındaki anyon ve katyon analizleri δ^{34} S değerleri ile dikkate alındığında bir jeotermal sistem ile ilişkilendirilebilir.

ABSTRACT

The Cu deposit of Murgul located in the NE part of the East Pontic metallotect is assigned to a subvolcanic formation connected with an Upper Cretaceous island arc volcanism developed under temporarily subaerial conditions whereas the deposits at Madenköy and Lahanos in the western part are related to a submarine-hidrothermal activity in a volcano-sedimentary sequence under temporarily subaquatic conditions and represent Kuroko-type deposits. In comparison, the Murgul deposit can be considered as a transition type between Kuroko-type deposits and copper porphyries (Murgul type).

The Murgul deposit is linked to the upper part of the first volcanic cycle and is associated with a 250m-thick dasitic pyroclastics in Senonian age, the upper contact of which is marked by a thin layer of marine sediments and is characterized by intense erosion and weathering. The mineralized dasitic pyroclastics are overlain by 200- to 500-m-thick and barren felsic lava flows. In contrast to the mineralized host rocks, the felsic lava flows do not show any mineralization. Therefore, between the alteration of the host rocks and the transgression of barren lava flows, a temporal hiatus with a short period of erosion has to be assumed. The clastic orebody of Bognari corroborates this assumption by the erosional products from the upper part of the orebody of Anayatak.

In connection with the ore mineral assemblage, the Murgul deposit consists of pyrite and chalcopyrite with minor contents of sphalerite, galena, fahlerz, aikinite, hessite, clausthalite, and tetradymite. For the first time, native Au was detected in some polished sections of the Akarşen Cu deposit located 8 km E of the Murgul deposit. In general, the Murgul deposit consists of (i) a widespread disseminated ore with varying Cu contents ranging from 0,2 to 0,7 percent (type 1), (ii) a stockwork ore with average contents of 1,0 and 2,5 percent (type 2), and (iii) small ore lodes with Cu contents from 5,0 to 10,0 percent (type 3) according to the estimated data of 1985. In present day, the recoverable ore reserves are estimated at 15 million metric tons with an average content of 0,5 percent Cu.

The ore mineralization is spatially associated with an intense two-stage alteration of the host rocks: (i) an initial stage of phyllic and argillic alteration, and (ii) a late stage characterized by silification. The repeated volcanic activity with hydrothermal solutions caused intense remobilization of the disseminated ore producing the stockwork ore and small ore lodes. The

study of the REE in alteration zones supports the distinction two stages of the alteration and reveals a close correlation between host rock alteration and depletion of the REE.

Fluid inclusion measurements in secondary quartz crystals (type 1 and 2) associated mainly with ore types 1, 2 and 3 show formation temperatures from 150 to 350 °C (mean value: 225 °C) and salinity from 1,0 to 12,0 percent (mean value: 5,0-7,0 percent) NaCl equivalent which can be considered as an epithermal to mesothermal character. Due to δ^{18} O and δ D values and anion and cation analyses in fluid inclusions of secondary quartz crystals of the mineralized host rocks and δ^{34} S values in sulfide ore minerals, the Murgul deposit differs from the Kuroko-type deposits obviously and can be interpreted as a transition between Kuroko-type deposits and copper porphyries. Finally, the Cu deposit of Murgul can be considered as a hot spring-type ore mineralization due to the results of the δ^{180} and δ D, anion and cation analyses in secondary quartz crystals revealing a meteoric origin of the hydrothermal fluids and δ^{34} S values in ore samples.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	2
ÖZET	3
ABSTRACT	5
İÇİNDEKİLER	7
ŞEKİLLER DİZİNİ	9
ÇİZELGELER DİZİNİ	13
EKLER DİZİNİ	14
1. GİRİŞ	15
1.1 Çalışma alanının jeotektonik konumu	15
1.2 Çalışmanın amacı	20
2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ	21
3. HİDROTERMAL ALTERASYON	29
3.1 Hidrotermal alterasyon safhaları	30
3.1.1 Erken alterasyon safhası	30
3.1.2 Geç alterasyon safhası	34
3.2 Nadir toprak elementleri dağılımı	44
4. CEVHERLEŞME	48
4.1 Cevherleşme şekli, büyüklüğü ve görünümü	49
4.2 Cevherleşme tipleri ve parajenezi	50
4.2.1 Cevherleşme tipleri	50
4.2.2 Cevher mineralleri parajenezi	53
5. JEOKİMYA	58
5.1 Jeokimyasal yan kayaç tanımlaması	58
5.2 Sıvı kapanımı çalışmaları	64
5.2.1 Örnek alımı ve yöntemler	64
5.2.2 Kapanımlar	65
5.2.2.1 Sıvı veya buhar-tek fazlı kapanımlar (Tip 1)	65
5.2.2.2 Sıvı ve buhar – iki fazlı kapanımlar (Tip 2)	65
5.2.2.3 Sıvı karbondioksit (sıvı CO ₂) içeren kapanımlar (Tip 3)	66
5.2.3 Sıvı kapanımı ölçümleri	68
5.2.3.1 Homojenleşme sıcaklığı (T _h °C) ölçümleri	69

5.2.3.2 Soğutma deneyleri ve tuzluluk hesaplamaları	71
5.2.4 Sıvı kapanımlarında duraylı izotoplar, anyon ve katyonlar	71
5.3 Kükürt izotopu jeokimyası	79
6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	83
7. FAYDALANILAN KAYNAKLAR	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının içinde bulunduğu
Pontidlerin Permo-Triyas ile Günümüz arasındaki gelişimi
Şekil 2. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının jeolojik konumu ve
yerbulduru haritası 17
Şekil 3. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının basitleştirilmiş
litostratigrafik istifi
Şekil 4. Birinci volkanik evreye ait Murgul spilitlerinin Ti/Cr-Ni diyagramında gösterilmesi
Şekil 5. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti 24
Şekil 6. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin jeoloji haritası25
Şekil 7. Çeşitli sondaj verilerine göre Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin
cevherleşme yan kayaçlarını gösteren şematik sütun kesiti
Şekil 8. Murgul Cu cevherleşmesi yan kayacı olan altere olmuş dasitik
piroklastikler ve onları örten dasit lavları
Şekil 9. Az altere olmuş cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastiklerde
primer mineraller, matriks ve bozuşma ürünleri
Şekil 10. Dasit lavlarında primer mineraller, matriks ve bozuşma ürünleri28
Şekil 11. Murgul Cu yatağı ve çevresinde hidrotermal alterasyon zonları
Şekil 12. Murgul Cu yatağı hidrotermal alterasyon ve cevher mineralleri
parajenezi
Şekil 13. Murgul bakır yatağı Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları ve yakın
çevresinde hidrotermal alterasyon zonlarının K-G doğrultusunda enine kesitleri ve
buna bağlı olarak Ti, Mn, Cu, F, Au ve toplam NTE dağılımları
Şekil 14. Az altere olmuş dasitik piroklastiklerde (a) silisleşmeden oluşan matriks
içinde kenarlarından kemirilmiş primer kuvars kristali, (b) silisleşmiş matriks
içinde kenarlarından kemirilmiş ve çatlaklı primer kuvars kristali, (c) silisleşmiş
matriks içinde kenarlarından kemirilmiş kuvarş kristalleri ve (d) silişleşmiş
matriks içinde kenarları kemirilmiş büyük kuvars kristali
Şekil 15. Sekonder birincil kuvarsların serizitlerle parajenetik birlikteliği, bunların

kayaç içerisindeki dağılımı ve daha sonraki jenerasyonu temsil eden sekonderikincil kuvarsın görünümü (a), sekonder birincil kuvarslarla birlikte gelişmişserizitleşmeyi temsil eden serizit kristalleri (b,c) ve serizit, primer kuvars vesekonder birincil kuvarsların görünümü (d)37Şekil 16. Altere olmuş dasitik piroklastikler içinde sekonder ikincil kuvarslar vekalsit oluşumları (a), kalsit oluşumları ve sekonder ikincil kuvarslar (b), yoğunsekonder kalsit oluşumları (c), sekonder ikincil kuvarslar ve kalsit oluşumları (d),barit kristalleri ve bunları kesen sekonder ikincil kuvarslar (e) ve barit kristalleriarasını dolduran sekonder ikincil kuvarslar40Şekil 17. Altere olmuş dasitik piroklastikler içinde sekonder oluşumlu barit ve

kalsit kristalleri (a), kalsit ile birlikte barit kristalleri (b), barit kristalleri boşluklarını dolduran kalsit kristalleri (c), sekonder ikincil kuvars kristalleri arasını dolduran barit kristalleri (d), sekonder ikincil kuvars kristalleri arasında bulunan 41 barit cubukları (e) ve sekonder ikincil kuvars kristalleri ve barit oluşumları (f)..... Şekil 18. Altere olmuş dasitik piroklastiklerde kuvars üzerinde büyümüş barit kristali (a), barit içerisinde yer alan özşekilsiz kuvars mineralleri (b, c), barit icerisinde kuvars ve tekrar bu kuvarslar icerisinde barit kristalleri (d, e), ve barit içerisinde kapanımlar halinde kuvars kristalleri (f)..... 42 Şekil 19. Murgul Cu yatağını oluşturan altere olmuş dasitik piroklastikler içinde cevherleşme ile ilişkili gelişmiş sekonder ikincil ve üçüncül kuvarslar (a), sekonder üçüncül kuvarslar (b), sekonder üçüncül kuvarslar ve kalsit (c), sekonder ikincil ve ücüncül kuvarsların aralarında gelişmiş kalsit kristalleri (d), sekonder ikincil ve üçüncül kuvarslar ile birlikte gelişmiş opak mineraller (e) ve sekonder ücüncül kuvarslar arasında gelismiş opak kristaller 43 Şekil 20. Murgul Cu yatağı yan kayaçlarının kondrite göre normlaştırılmış nadir toprak elementleri (NTE) dağılım diyagramı..... 45 Sekil 21. Murgul Cu yatağı yan kayaçlarının kondrite göre normlastırılmış nadir toprak elementlerinin (NTE) yoğun silisleşmiş dasitik piroklastik kayaçlarda dağılım diyagramı..... 46 Sekil 22. Murgul Cu yatağı Anayatak açık ocağından alınan ince taneli saçınımlı

51

cevherleşme.....

Şekil 23. Murgul Cu yatağı Anayatak açık ocağından alınan stockwork tipi
cevherleșme
Şekil 24. Murgul Cu yatağı Çakmakkaya açık ocağından alınan damar tipi
cevherleșme
Şekil 25. Murgul Cu yatağı yakınında bulunan Akarşen lokasyonundan alınan
örnekte kalkopirit içinde bulunan nabit altın inklüzyonları
Şekil 26. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresi volkanik kayaçlarının Nb/Y -
Zr/TiO ₂ *0.0001 diyagramına göre petrokimyasal sınıflandırılması
Şekil 27. Murgul Cu yatağı Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında Ti, Mn, F,
Cu, Au ve toplam NTE dağılımı
Sekil 28. Murgul Cu yatağı yan kayacı olan dasitik piroklastikler ve onları örten
dasit lavları icinde bulunan majör element oksitlerinin immobil Zr ile iliskilerini
gösteren diyagram
Şekil 29. Murgul Cu yatağında bulunan dasitik piroklastikler ve dasit lavların
primitif manto normalize Spider diyagramı
Şekil 30. Anayatak açık ocağı kuvarsında deformasyon lamelleri (A) ve Anayatak
kuvarsında dalgalı sönme (B)
Şekil 31. Murgul Cu yatağına ait örnek lokasyon haritası
Şekil 32. (A) Anayatak açık ocağı kuvarsında tek fazlı sıvı kapanımlar (Tip 1), (B)
Çakmakkaya kuvarsında sıvı ve buhar-iki fazlı sıvı kapanımlar (Tip 2), (C)
Çakmakkaya kuvarsında sıvı karbondioksit (sıvı CO ₂) içeren kapanımlar (Tip 3)
ve (D) Anayatak kuvarsında değişik buhar/sıvı oranındaki kapanımlar ve tek fazlı
kapanım (Tip 1)
Sekil 33 Murgul Cu vatağında Anavatak ve Cakmakkava acık ocaklarından alınan
cevherlesme ile ilgili sekonder kuvars örneklerinde sivi kananımı homoienlesme
sıcaklıkları dağılım diyagramı
Sekil 34 (A)Anavatak acık ocağından alınan kuyars örneğinde hulunan Tip 2
kapanımında isitma ve soğutma denevleri sırasında gözlenen faz değişimleri. Sıyı
kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü (R) -44 °C de sıvı faz dondu bubar
kabarcığının küresel sekli hozuldu (C) Donmus sıvı fazdaki hütün huz kristalleri
ergidi (Tmice: -53 °C) (D) 270 °C de huhar kabarcığı küçülüvor (E) 280 °C de
huhar kaharcığı küçülmeye devam ediyor (F) Ruhar kaharcığının sıyı fazda
ergidi (Tmıce:– 5,3 °C), (D) 270 °C de buhar kabarcığı küçülüyor, (E) 280 °C de buhar kabarcığı küçülmeye devam ediyor (F) Buhar kabarcığının sıvı fazda

Şekil 35. Anayatak açık ocağından alınan kuvars örneğinde (MP-40) bulunan Tip	
3 kapanımında ısıtma ve soğutma deneyleri sırasında gözlenen faz değişimleri(A)	
Sıvı kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü, küresel-koyu gri gaz-CO2 fazı ve	
çevreleyen ince hale şeklinde sıvı-CO2, diğer kısımlarda çözelti görülmektedir,	
(B) –30 °C de sıvı-CO ₂ fazı donmuştur, çözeltinin donduğu sıcaklık	
gözlenememiştir, (C) – 100 °C de gaz-CO ₂ dondu ve gaz-CO ₂ kabarcığının küresel	
şekli bozuldu, (D) –57 °C de gaz-CO ₂ kabarcığı çözündü (-56,6 CO ₂ nin faz-üçlü	
noktasıdır), (E) Sıvı kapanımın 0 °C deki görünümü, (F) 4 °C de klatrat kristalleri	
eriyor, (G) 7 °C de klatrat kristalleri tamamen ergidi (Tm _{clt} °C), (H) 20 °C de gaz-	
CO ₂ sıvı-CO ₂ içerisinde çözünmeye başladı, (İ) 35 °C de sıvı-CO ₂ ve gaz-CO ₂	
tamamen çözündü ve homojenleşme gerçekleşti, (J) 270 °C de gaz/sıvı kabacığı	
küçülmeye başladı, (K) 290 °C de gaz/sıvı kabarcığı küçülmeye devam etti, (L)	
gaz/sıvı kabarcığı tamamen homojenleşti (T _h : 300 °C)	72
Şekil 36. Murgul Cu yatağına (Çakmakkaya ve Anayatak) ait sıvı kapanımlarda	
tuzluluk dağılım diyagramı	73
Şekil 37. Murgul Cu yatağının (Çakmakkaya ve Anayatak) kuvars kristallerindeki	
sıvı kapanımlarına ait homojenleşme sıcaklıkları (Th °C)ve tuzluluk değerlerinin	
(% NaCl eşdeğeri) dağılımı	73
Şekil 38. Murgul Cu yatağında bulunan kuvars örneklerindeki sıvı kapanımında	
yapılan δ^{18} O ve δ D değerlerinin karşılaştırılması	77
Şekil 39. Murgul Cu yatağı cevherleşme yan kayacı gang minerali olan kuvarsta	
bulunan sıvı kapanımları içindeki alkali ve torak alkali elementlerin Cl ⁻ ile	
ilişkisini gösteren diyagram	79
Şekil 40. Murgul Cu yatağından alınan örneklerin δ^{34} S değerleri ve bunların	
jenetik oluşumu iyi bilinen diğer yataklarla karşılaştırılması	80
Şekil 41. Murgul cevherleşmesinin oluşumunu gösteren şematik diyagram	88
Şekil 42. Doğu Karadeniz Bölgesin metalojenik kuşağında bulunan Murgul,	
Madenköy ve Lahanos Cu yataklarının şematik olarak gösterilmesi	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Murgul Cu yatağı açık ocaklarından alınan kuvars örneklerinde bulunan	
sıvı kapanımlarının δ^{18} O ve δ D değerleri	75
Çizelge 2. Murgul bakır yatağında sekonder birincil ve ikincil kuvarslarda ve bir	
barit mineral fazında bulunan sıvı kapanımlarında anyon ve katyon	
değerleri	78
Çizelge 3. Murgul Cu yatağından alınan çeşitli mineral fazlarında bulunan $\delta^{34}S$	
değerleri	82

Sayfa

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Murgul Masif sülfit	
yatağının hidrotermal çözeltileri ve gelişimi adlı proje kapsamında alınan örnekler	101
Ek 2. Murgul Cu yatağından alınan altere olmuş dasitik piroklastiklerin XRD	
difraktomları	112
Ek 3. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresi volkanik kayaçlarının majör, minör ve	
eser element analizi sonuçları	126
Ek 4. Murgul Cu yatağından (Anayatak-Çakmakkaya) alınan kuvars örneklerinin	
sıvı kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklık (Th) değerleri, son buz ergime	
sıcaklıkları (Tmıce) ve hesaplanan tuzluluk değerleri (% NaCl	
eşdeğeri)	130

Sayfa

1. GİRİŞ

1.1 Çalışma alanının jeotektonik konumu

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının içinde bulunduğu Pontidler Paleotetisin kapanması ve Neotetisin açılması, olgunlaşması ve kapanması gibi bölgesel ölçekte levha hareketlerine sahne olmuş olup bu olaylara bağlı olarak Karbonifer'den günümüze kadar olan süreç içerisinde volkanik hareketlerin meydana geldiği görülmektedir. Bu volkanik hareketler dönemsel olarak Ercan ve Gedik (1983) tarafından Permo-Karbonifer, Triyas, Liyas, Dogger, Malm-Alt Kretase, Üst Kretase, Paleosen-Eosen, Miyosen ve Pliyo-Kuvaterner olmak üzere dokuz gruba ayrılmıştır. Bunlardan Liyas volkanizması tartışmalı olup güneyde Gondwana kıtasındaki Liyas'ta oluşmaya başlayan bir rift açılma evresi ile ilgili olduğu yazarlar tarafından ifade edilmektedir (Şekil 1; Şengör ve diğ., 1980). Bu riftleşmenin eski Paleotetis yitim zonu üzerinde bir kenar deniz açılması şeklinde olduğu belirtilmektedir. Liyas'ta oluşmaya başlayan bu rift ile birlikte Liyas-Alt Kretase süresince Neotetis okyanusunun giderek genişlediği ve okyanusun kuzeyinde Atlantik tipte bir kıta kenarı ve yitim zonunun oluşmaya başladığı ileri sürülmektedir. Diğer taraftan Görür ve diğ. (1983) Sinemuriyen (Liyas) başlangıcında Pontidlerin güneyinde ve Pontidleri geniş ölçüde etkileyen Neotetis okyanusunun kuzey kolunun açılımına bağlı olarak faylanma, riftleşmeye bağlı olarak horstgrabenlere karşılık gelen denizaltı tepeleri ve denizel çukurluklar oluştuğunu, denizaltı tepeler üzerinde ve yamaçlarda genellikle kondense seriler ve sığ karbonat çökelleri gelişirken çukurluklar içerisinde lav-tüf ara katkılı türbiditler geliştiğini belirtmişlerdir. Bu volkaniklerin jeokimyasal özelliklerinin ada yayı karakteri sunduğu ortaya konmasıyla genel olarak Pontid kuşağının Liyas'ta ada yayı konumunda olduğu ileri sürülmüştür (Şengör ve diğ., 1980; Şengör ve Yılmaz 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz ve diğ., 1997). Yine Ercan ve Gedik (1983) doğu Pontidlerde Üst Kretase volkaniklerinin altta yaygın dasit, riyodasit, latit türde lavlar, tüf-aglomeralardan oluştuğunu saptamışlar ve bunları Alt Dasitik Seri olarak tanımlamışlardır. Üstte yer alan daha genç spilitik bazalt ve trakiandezitleri ise Üst Bazik Seri olarak adlandırmışlardır. Hem Paleotetisin hem de Neotetis'in kapanması ve sonrasında Pontidler'de yaygın magmatik intrüzyonlar meydana gelmiştir (Boztuğ ve diğ., 2004; Boztuğ ve diğ., 2006).



Şekil 1. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının içinde bulunduğu Pontidlerin Permo-Triyas ile Günümüz arasındaki gelişimi.

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında masif sülfit yatakları altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Yan kayaç olan dasitik piroklastikler 150-300 m kalınlığa sahip olup Üst Kretase yaşlıdırlar. Metalojenik kuşağın doğusunda Cu egemenliği (Cu \gg Pb + Zn) batısında Pb + Zn üstünlüğü (Pb + Zn \gg Cu) bulunmaktadır (Özgür, 1985; Kekelia ve diğ., 2004). Batıda bulunan Madenköy gibi yataklar Pb + Zn egemenliği için çok iyi bir örnek oluştururken doğuda bulunan Murgul Cu yatağı da Cu üstünlüğü için mükemmel bir örnek arz etmektedir (Şekil 2 ve 3).



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

Murgul Cu yatağı Liyas ve Miyosen zaman aralığında oluşan ve bir ada yayını temsil eden Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının KD kısmında bulunmaktadır. 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 kayaçlardan oluşmaktadır. Kuşakta bulunan volkanik kayaçlar 3000 metreye ulaşan bir kalınlığa sahip olup içlerinde ardalanmalı olarak sedimanter kayaç mercekleri bulundurmaktadırlar.



Şekil 3. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının basitleştirilmiş litostratigrafik istifi. ABS: Alt Bazik Seri, ADS: Alt Dasitik Seri, ÜBS: Üst Bazik Seri, Cu: Cu-Pb-Zn yatakları (Özgür, 1993a).

Volkanizma Liyas ve Miosen zaman aralığında aşağıdaki gibi üç evrede gelişmiş bulunmaktadır (Schneiderhöhn, 1955; Kahrer, 1958; Maucher ve diğ., 1962, Kraeff, 1963; Tugal, 1969; Buser ve Cvetic, 1973; Akın, 1978; Çağatay ve Boyle 1980, Özgür 1985, Dieterle 1986):

(i) İlk volkanik evre Liyas ile Üst Kretase arasında gelişmiş ve kendini Alt Bazik Seri (ABS) ile Alt Dasitik Seri (ADS) ile belli etmektedir. Volkanizma Liyas zamanında bazik kökenli başlamış bulunmakta ve daha sonra magmatik farklılaşma ile Üst Kretase zamanında asidik kökenli olarak sona ermektedir. İlk volkanik evrede bulunan ve Alt Bazik Seri içinde yer alan spilit ve spilitik tüfler Ti/Cr ve Ni ilişkisinde tektonik olarak Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının volkanik ada yayı özelliğini belirlemektedir (Şekil 4; Özgür, 1985; Schneider ve diğ., 1988).

- (ii) Üst Bazik Seri (ÜBS) 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 mercekler ve andezitik-riyolitik lavlardan oluşmaktadır. Bu volkanik evre Maastrihtiyen yaşlı kireçtaşları tarafından örtülmektedir.
- (iii) Son volkanik evre Üst Dasitik Seri (ÜDS) ile temsil edilmektedir ve bazaltik ve andezitik lavlar tarafından örtülen Paleosen yaşlı denizel sedimentlerle başlamaktadır.



Şekil 4. Birinci volkanik evreye ait Murgul spilitlerinin Becceluva ve diğ., 1979'a göre Ti/Cr-Ni diyagramında gösterilmesi. A: okyanus tabanı toleyitleri, B: ada yayı toleyitleri, C: CaO'ce zengin okyanus tabanı toleyitleri, D: pikritik lavlar, siyah daireler: Murgul spilitleri.

1.2 Çalışmanın Amacı

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan masif sülfit yatakları Senoniyen yaşlı altere olmuş 150-300 m kalınlık gösteren dasitik piroklastiklere bağlıdırlar (Akıncı ve diğ., 1991; Akın, 1978; Schneider ve diğ., 1988; Özgür, 1993a, b). Metalojenik kuşağın doğusunda (Cu >> Pb + Zn) şeklinde Cu üstünlüğü bulunurken (Tip: Murgul) batıda (Pb + Zn >> Cu) şeklinde (Tip: Madenköy) Pb + Zn daha çok olarak görülmektedir (Özgür, 1993). 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 (Özgür, 1985, 1993; Schneider ve diğ., 1988). Buna karşın Madenköy ve Lahanos gibi yataklar denizel koşular altında oluşmuş olup submarin-hidrotermal oluşum şekilleriyle tipik Kuroko tipi yatakları temsil ederler.

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan masif sülfit yatakları metallerinin kaynağı, taşınımı ve yatak olarak oluşması olaylarını daha iyi tanımlayabilmek için ilk önce Murgul Cu yatağından (i) masif sülfit yatakları oluşumuna eşlik eden alterasyonu daha iyi tanımlayabilmek için petrografik çalışmalar tamamlanmalı, (ii) masif sülfit yatağı yan kayacını oluşturan volkanik kayaçların jeokimyası iyi incelenmeli, (iii) sülfürlü cevherlerde bulunan kükürdün kaynağının bilinmesi için δ^{34} S izotopları yapılmalı, (iv) sıvı kapanımı çalışmaları yöntemiyle çözeltilerin oluşum sıcaklıkları, tuzluluk miktarları ve kimyasal bileşimleri tanımlanmalı ve (v) sıvı kapanımlarında anyon, katyon, eser element analizi yanında sıvı kapanımlarında duraylı izotop analizleri (δ^{D} ve δ^{18} O) yöntemiyle hidrotermal çözeltilerin kaynağı belirlenmesi amaçlanmış bulunmaktadır.

2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı stratigrafik konumuna uygun olarak Murgul Cu yatağı ve çevresi üç farklı volkanik evreye işaret etmektedir. Paleozoyik yaşlı (300-340 Ma) Gümüşhane granodiyoritleri üzerine diskordan olarak gelen birinci volkanik seri Alt Bazik Seri ve Alt Dasitik Seriden oluşmaktadır (Akın, 1978; Özgür, 1985; Şekil 5). Jura-Alt Kretase yaşlı Alt Bazik Seri steril olup spilit-spilitik tüf ve kuvars keratofir- kuvars keratofir tüflerden oluşmakta ve 100-250 m kalınlık göstermektedir. Alt Bazik Seri stratigrafik olarak Üst Kretase (Senoniyen) yaşlı Alt Dasitik Seri tarafından örtülmektedir. Alt Dasitik Seri içinde bulunan dasitik piroklastikler ortalama olarak 150-300 m kalınlığa sahip olup oldukça yoğun alterasyona maruz kalmışlar ve özellikle Murgul Cu yatağında Cu cevherleşmesi yan kayacını oluşturmaktadırlar. Bunlar 20-50 m kalınlığında olan ve cevher içermeyen tüfkumtaşı-kireçtaşı formasyonu tarafından örtülmektedir. Bunlar dasitik piroklastikler ve dasit lavları arasında çok değişken olan bir kalınlıkta bulunurlar ve dağılımı daha çok Anayatak ve Murgul acık ocakları ile yakın çevresi ile sınırlanmış gözükmektedir. Bu gözlem aynı şekilde Sawa ve Sawamura (1971) ve Mado (1972) tarafından teyit edilmektedir. Bu kayaçlar Mado (1972) tarafından alt kumlu tüf, mor tüf, bantlı tüf ve üst kumlu tüf şeklinde alt birimlere ayrılmışlardır. Yörede çok ilerleyen maden işletmeciliği ve her iki cevherleşme alanında yapılan dekapaj yüzünden bu tür kayaçları kendi içlerinde ayırabilecek umut verici mostralar Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında bulunmamakta ve bu yüzden bu kayaçların tanımlamasının yapılması olukça zor olmaktadır.

Tüm bu serileri yine steril olan ve 200-500 m kalınlığı bulunan dasit lavları örtmektedir. İkinci volkanik evre Üst Bazik Seriye denk gelmekte ve ilk aşamada volkanik breşlerle Alt Dasitik Seriyi stratigrafik olarak örtmektedir. Bu volkanik breşler tüf-kireçtaşı formasyonlarıyla üzerlenmektedirler. Sedimanter kökenli kayaçlar andezitler, riyolitriyodasitler ve Maastrihtiyen yaşlı kireçtaşı ve marnlar tarafından örtülmekte ve ikinci volkanik evre son bulmaktadır. Üçüncü volkanik evre Üst Dasitik Serilerle eşleşmekte Paleosen'den Miyosen'e kadar devam etmektedir. Bu volkanik evre içinde bulunan dasitik ve andezitik tüfler Başköy madeninde olduğu gibi Cu cevheri içermekte olup Eosen yaşlıdır ve Murgul cevherleşmesi ile jenetik yönden ilişkili bulunmamaktadır.

Murgul Cu cevherleşmesi Doğu Karadeniz bölgesi Metalojenik Kuşağında bulunan diğer yataklar gibi (örneğin Madenköy ve Lahanos) altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır

(Şekil 6 ve 7). Bu dasitik piroklastikler Murgul ve yakın çevresinde (Anayatak, Çakmakkaya, Çarkbaşı ve Bognari) tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu tarafından örtülmektedir. Burada Bognari yatağını üst kısımları breşik cevherleşmeyi oluşturmakta ve bu breşik cevherler Sawa ve Sawamura (1970) tarafından adlandırılan bantlı tüfler içinde bulunmaktadır (Şekil 7). Bugün Bognari yatağı cevheri ve onun yan kayacı cevherle birlikte alındığından yan kayacın tekrar incelenmesi söz konusu olamaz. Aynı araştırıcılar tarafından bantlı tüfler içinde bulunan Bognari cevherleşmesi breşik cevherleşme olarak adlandırılmış olup burada cevherleşmenin kökeni Anayatak üst kısımlarından aşınıp, oraya taşınıp tekrar depolanan erozyon ürünlerine dayandırmaktadır. Bognari yatağının üst kısımlarında özellikle stockwork cevherleşmesi içinde ve breşik cevherleşmenin altında yer alan jips mercekleri (Şekil 7) breşik cevherleşmenin oluşması için gerekli olan atmosferik oluşum koşullarına işaret etmektedir.

Yan kayaç olan bu dasitik piroklastikler 150-300 m kalınlığa sahip olup Senoniyen yaşlıdırlar (Buser ve Cvetic, 1973; Mado, 1972). Özellikle Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşmesi açık ocaklarında çok yoğun kayaç alterasyonu dolayısıyla yan kayaçlarda kuvars dışında primer mineral içeren yan kayaç bulunmamaktadır (Şekil 8). Cevherleşme alanı ve yakın çevresinde bulunması oldukça güç olan az altere olmuş yan kayaç porfirik dokulu olup kuvars (% 8-10), plajioklas (% 17-25; An₂₈₋₃₅), Fe-Mg mineralleri (biyotit ve kloritleşmiş amfibol; % 5-7) olmak üzere fenokristaller ve feldspat mikrolitleri (% 15-17), mikrokristaller (% 20-25) ve opak mineraller ve camdan oluşan matriksten meydana gelmektedir (Şekil 9). Bu kayaçlar içinde aksesuar olarak F-apatit ve sfen bulunmaktadır

Yankayaç olan altere olmuş dasitik piroklastikler Murgul yatağı ve yakın çevresinde Alt Bazik Seriyi örter ve alt seviyelerinde dasit lavları içerir. Bu yan kayaçların üst kısımları masif ve homojen görünmelerine karşın alt kısımlarında sedimanter bantlaşma görülmektedir. Cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastikler 20-50 m kalınlığındaki tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu tarafından örtülmektedir. Bu formasyon Globotruncana Lapparet-Gurubu, Globotruncana cf. Arce Cusman ve Globigerina sp. gibi fosil içerikleri dolayısıyla Senoniyen yaşına dahil edilebilir (Özgür, 1985). Özellikle Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinde doğrudan cevherleşme üzerinde 1-2m kalımlığında olan ve tüf-kumtaşıkireçtaşı formasyonuna dahil olan ince taneli özellikle kaolenleşmiş tüfler yer almaktadır. Bu tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu cevher oluşumunda yan kayaçların üzerinde bir bariyer oluşturması bakımından önem taşımaktadır. Bu tüf-kumtaşı-kireçtaşı formasyonu ile birlikte hidrotermal alterasyon ve cevherleşme son bulmaktadır. Dasitik piroklastikler ve tüfkumtaşı-kireçtaşı formasyonu doğrudan Senoniyen yaşlı olan ve 200-500 m kalınlığı bulunan dasit lavları tarafından örtülmektedir. Bu dasit lavları Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları üzerine yer alan Karatepe'de bulunmaktadır.

Dasit lavları porfirik dokulu olup kuvars (%10-12), plajioklas (% 17-18), Fe-Mg minerallerinden (% 8-10; biyotit, piroksen ve amfibol) oluşan fenokristallerden ve kuvars, feldspat ve opak minerallerden oluşan matriksten (% 60-65) meydana gelmektedir (Şekil 10).

Dasit lavlarının esas rengi yeşil olup daha sonraki hematitleşme ile kırmızı rengi almış bulunmaktadırlar. Ayrıca bu dasit lavlarının hiçbir yerinde herhangi bir cevherleşme izine rastlanmamaktadır. Bu dasit lavları cevherleşme alanının dışında bulunan diğer kayaçlarda olduğu gibi epidot, karbonat, klorite benzer minerallerin varlığı ile Murgul cevherleşmesi ile ilgili olmayan propilitik alterasyon gösterirler.



Şekil 5. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.



Şekil 6. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin jeoloji haritası. 1: Üst Kretase ve daha genç yaşlı andezitik lavlar, 2: Dasit lavları, 3: Piroklastik yan kayaçlar, 4: Faylar, 5: Açık ocak sınırları (2006).



Şekil 7. Çeşitli sondaj verilerine göre Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinin cevherleşme yan kayaçlarını gösteren şematik sütun kesiti.



Şekil 8. Murgul Cu cevherleşmesi yan kayacı olan altere olmuş dasitik piroklastikler ve onları örten dasit lavları.



Şekil 9. Az altere olmuş Murgul yatağı sülfit cevherleşmesi yan kayacı olan dasitik piroklastiklerde (a) matris içinde özşekille primer kuvars kristali (P-16; ÇN), (b) içinde ikincil kalsit kristali bulunan kırılmış özşekilli primer kuvars kristali (P16; ÇN), (c) plajioklas fenokristalinde ikizlenme ve bozuşma (serizit ve kalsit: P16; ÇN), (d) matriks içinde ikizlenmiş plajioklas fenokristali ve bozuşması (serizit, kalsit ve kil mineralleri; P16; ÇN), (e) alterasyona uğramış plajioklas fenokristali ve alterasyon mineralleri (serizit, kalsit ve kil mineralleri; P16; ÇN), (f) özşekilli hornblend ve opaklaşma (hematit; P16; ÇN), (g) çubuksu mikrolitler, mikrokristaller ve bunları bağlayan koyu gri ve siyah renkli ara cam dolgu (P16; ÇN), q: kuvars, pl: plajioklas, hbl: hornblend, mtx: matriks, ÇN: çift nikol.



Şekil 10. Dasit lavlarında (a) matriks içinde çatlaklı özşekilli primer kuvars kristali (MP-104; ÇN), (b) opak içerikli, çatlaklı, özşekilli ve kenarlardan aşınmış kuvars kristali (MP-104; ÇN), (c) matriks içinde fenokristal olarak bulunan altere ve özşekilli plajioklas kristali (MP-104; ÇN), (d) özşekilli polisentetik plajioklas fenokristali (MP-104; ÇN), (e) matriks içinde uralitleşme gösteren piroksen kristali (MP-104; ÇN), (f) piroksenlerin amfibole (aktinolit) dönüşümünü gösteren ışınsal şekiller (MP-104; ÇN), (g) matriks ve biyotit (MP-104; TN) ve (h) matriksin genel görünümü (MP-104; TN). q: kuvars, pl: plajioklas, px: piroksen, hbl: hornblend, bi: biyotit, mtx: matriks, ÇN: çift nikol, TK: tek nikol.

3. HİDROTERMAL ALTERASYON

Murgul Cu yatağı Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarının bulunduğu alanda kayaçlar Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında olduğu gibi çok yoğun alterasyona uğramış bulunmakta ve alterasyon kendini arazideki yoğun renk değişimleri ile ortaya çıkarmaktadır. Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarına ait sondaj verileri alterasyonun 150-240 m derinliğe kadar aynı şiddetle devam ettiğini ve daha sonra burada daha çok silisleşmenin egemen olduğunu göstermektedir (Şekil 7; Özgür, 1985). Alterasyon aynı araştırıcıya göre özellikle Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında 600 m derinliğe kadar giderek bir huni şeklini almaktadır. Burada derine doğru alterasyonun şiddeti azalırken yoğun altere olmuş cevherli dasitik piroklastikler ile onları örten cevhersiz dasit lavı akıntıları ile keskin bir sınırlandırma oluşmaktadır. Burada sınır kendini özellikle kaolenleşme nedeniyle oluşan ince dm kalınlığındaki soluk renk ile dasit lavı akıntılarının kırmızı ve yeşil renkleriyle karakterize etmektedir.

Dasit lavı akıntıları örttükleri cevherli dasitik piroklastiklere göre oldukça korunmuş birincil kayaç yapıcı minerallere sahipken yan kayaçlarda birincil mineraller şiddetli alterasyonla bozuşmuşturlar. Murgul Cu yatağının jenetik oluşumuna ilişkin olarak yan kayaçlar ile onları örten dasit lavı akıntıları arasındaki petrografik sınır cevher yatağı ile onları örten dasit lavı akıntıları oluşumu arasında bir zaman aralığının bulunduğuna işaret etmektedir. Cevherli dasitik piroklastikleri örten dasit lavı akıntılarının hiçbir yerinde alterasyon belirtileri bulunmamaktadır.

Hidrotermal alterasyon ile ilgili olarak alterasyon ve cevher mineralleri ilişkisini ortaya çıkarmak için yapılan arazi çalışmaları esnasında alınan 74 adet örnekten 71 adet ince kesit, 15 adet parlak kesit, 40 adet XRD incelemeleri ve 30 adet nadir toprak elementleri analizi yapılmıştır (Ek 1). Bu çalışmada petrografik ince kesit ve cevher mikroskobik parlak kesit incelemeleri görüntü analiz sistemi taşıyan Olympus BX51 marka alttan ve üstten aydınlatmalı mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Hidrotermal alterasyon mineralojisini belirleyen parajenez bileşenlerinin determinasyonu için Panalytical X'Pert Pro cihazı ve uygun X'Pert Data Collector software programı kullanılarak ilgili bileşenlerin difraktoları çıkarılmıştır. Bu difraktoların değerlendirilmesi ve mineralojik bileşim yüzdeleri

hesaplanması X'pert HighScore ve X'pert Data Viewer software programları yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları alanında meydana gelen yoğun hidrotermal alterasyon elde edilen veriler, gözlemler ve daha önceki çalışmalara (Özgür, 1985; Schneider ve diğ., 1988; Özgür, 1993) uygun olarak (i) merkezde serizitleşme ve onu çevreleyen kaolenleşmeden oluşan birincil fazı oluşturan alterasyon zonu ile (ii) baştan sona devamlı olarak çalışan ve son fazı oluşturan silisleşme zonundan oluşmaktadır (Şekil 11 ve 12; Özgür, 1985; Özgür ve Schneider, 1988; Schneider ve diğ., 1988). Burada özellikle porfiri tipi Cu yatakları alterasyon modelinde görülen potasik zon tespit edilememiştir.

Murgul Cu yatağı ve yakın çevresi 1960 ve 1970 li yıllarda cevher rezervinin ortaya çıkarılması amacıyla her iki yatakta yapılan sondajlarla birlikte yoğun şekilde araştırılmıştır. Bu çalışmalar sırasında elde edilen sondaj loglarında güvenilir jeokimyasal analizler ve hidrotermal alterasyon parametreleri bulunmamaktadır. Ayrıca elde edilen sondaj karotları muhafaza edilmemiştir. Bu yüzden bu loglardan giderek hidrotermal alterasyonun üç boyutlu olarak belirlenmesi mümkün olamamaktadır. Özgür ve Palacios (1990) gerçekleştirdikleri hidrotermal alterasyon ve bunların indikatör elementleri çalışmasında hidrotermal alterasyonun Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları ve yakın çevresinde ortada bir silisleşme, bunu konsantrik olarak dışarıya doğru takip eden serizitleşme zonları ve en sonunda kaolenleşme zonlarından oluştuğunu üç boyutlu modellemişler (Şekil 13) ve bunların Murgul cevherleşmesi ile ilişkisini açıklamışlardır (Schneider ve diğ., 1988) . Burada Ti, Mn ve Σ NTE değerleri azalma değerleri ve Cu, F ve Au artma değerleri ile bu hidrotermal alterasyon zonlanmasını karakterize etmektedir (Sayfa 33 ve 61'e bakınız).

3.1 Hidrotermal alterasyon safhaları

3.1.1 Erken alterasyon safhası

Erken alterasyon fazında yan kayaç olan piroklastik kayaçların birincil mineralleri (özellikle feldspatlar) bozuşmakta ve bunların yerine kuvars ve rengi soluk sarı ile yağımsı sarı arasında değişen serizit geçmektedir. Erken alterasyon fazında da sekonder kuvars oluşumları

ile geç alterasyon fazı olan silisleşmenin başlangıçtan son safhaya kadar devam ettiği izlenimi ortaya çıkmaktadır (Şekil 12). Bu alterasyon fazı sırasındada geniş alan kapsayan ve az miktarda olan saçınımlı pirit ve kalkopirit mineralizasyonu oluşmuştur. İnce kesit ve XRD incelemelerine göre serizitleşme zonunu oluşturan kayaçların mineralojik bileşimi baskın olarak kuvars, serizit ve cevher minerallerinden meydana gelmektedir. Burada serizit çok kez renksiz, soluk sarı ve soluk yeşil renkleri ile kendini belli etmekte ve kayaç matriksi içinde sekonder kuvars kristalleri arasında bulunmaktadır.



Şekil 11. Murgul Cu yatağı ve çevresinde hidrotermal alterasyon zonları.

Araştırıcıların daha önce Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında modal analiz yöntemi ile yaptıkları çalışmalarda özellikle serizitleşme alterasyon zonunu temsil eden kayaçlarda serizit miktarı hacimce kayacın yaklaşık olarak % 25 (% 16-29) miktarını temsil etmektedir (Schneider ve diğ., 1988). Bu belirlenen serizit değerleri bazı örneklerde XRD ölçümleri ile % 54 rakamına kadar ulaşmaktadır (Ek 2). Bu yataklardan alınan yan kayaçlara ait bazı ince kesitlerde küçük kalsit damarlarının serizitleşme alterasyonunu kestiği görülmekte olup bu da kalsit kristalleşmesinin son safhasını göstermektedir (Şekil 14). Serizitleşme zonu ilk cevherleşme tipi olan saçınımlı pirit ve kalkopirit mineralizasyonu ile birlikte kaolenleşme zonuna karşı bir keskin sınır göstermektedir. Bu sınırda 1 ile 3 m arasında değişen bir geçiş alanı bulunmaktadır.

A	ALTERASYON	SERİZİTLEŞME	KAOLENLEŞME	SİLİSLEŞME
NERALERİ	Serizit			
	Kalsit			
	Montmorillonit			
	İllit			
N Mİ	Kaolinit			-?
NOV	Dikit			-?
ERA	Kuvars			
ALT	Jasper			:
	Barit			
LLERİ	Pirit			— ——
CEVHER MİNERA	Kalkopirit			
	Sfalerit		·	
	Galen			
	Fahlerz			

Şekil 12. Murgul Cu yatağı hidrotermal alterasyon ve cevher mineralleri parajenezi.

Serizitleşme zonunu çevreleyen alan kaolenleşme ile tanımlanır ve bu alanda ince kesit ve XRD incelemelerine göre mineralojik bileşim kuvars, montmorillonit, haloysit, dikit, illit ve piritten oluşmaktadır (Özgür, 1985; Schneider ve diğ., 1988).



Şekil 13. Murgul bakır yatağı Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları ve yakın çevresinde hidrotermal alterasyon zonlarının K-G doğrultusunda enine kesitleri ve buna bağlı olarak Ti, Mn, Cu, F, Au ve toplam NTE dağılımları (Özgür ve Palacios 1990; Özgür 1993). Ti, Mn, Cu, F, Au ve toplam NTE verileri için Özgür ve Palacios (1990)'a bakınız

Bu alterasyon zonunu temsil eden montmorillonit ve illit mineralleri aynı araştırıcılara göre modal analiz yöntemi ile yapılan ölçümlere göre hacim bakımından kayaçta yaklaşık olarak % 12 ile % 24 arasında değişmektedir. Murgul Cu yatağından alınan ve kaolenleşme gösteren bir örnek XRD ölçümleri ile özellikle % 12 civarında dikit mineral fazı vermektedir (Ek 2).

3.1.2 Geç alterasyon safhası

Silisleşme zonunu oluşturan kayaçlar ince kesit ve XRD incelemelerine göre kuvars, cevher minerali ve az miktarda kalıntı olarak serizit ve kaolen minerallerinden oluşmaktadır. Silisleşme hidrotermal alterasyon olayında her iki açık ocak alanında kapladığı alan ve fonksiyonu yönünden en önemli olay olmaktadır. Burada özellikle ince kesitlerde iki farklı kuvars türü kendini belli etmektedir:

1. Primer kuvarslar:

Primer kuvarslar genellikle silisleşme öncesi dasitik piroklastiklerin bileşiminde yer alan ve silisleşme ile gelişmiş küçük boyutlu kuvarslar içerisinde orta-iri boyutlarda, özşekilsiz formlarda, kenarlardan itibaren korozyona uğramış kalıntılar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 14). Silisleşmenin burada primer kuvarsların iç kesimlerine kadar etkili olduğu da dikkati çekmektedir. Bu tür kuvarslar daha çok özşekilli kuvarslardan oluşmaktadır.

2. Sekonder kuvarslar:

Özellikle Murgul yatağında üç farklı çevherleşme tipi ile sıkı ilişkisi bulunan sekonder kuvarsların mekan ve zamansal tanımlanması tanımlanması oldukça güç veya mümkün gözükmemektedir. Bu projenin başlangıç aşamasında (2005 yılı) Murgul Cu Yatağı Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. elinde bulunmaktaydı ve bakır fiyatlarının o zaman oldukça düşük olması nedeniyle ilgili kuruluş bu yatağı terk etmeye hazırlanıyordu, yataktan herhangi bir beklentileri bulunmamaktaydı ve tarafımıza bu yüzden kendileri lojistik destek sağlamakta oldukça zorlanmışlardı. Buna bağlı olarak proje çalışmalarına yön verebilecek özellikle farklı kuvars damarları içeren mostra bulmak oldukça zordu. 2006 yılında bakır fiyatları en az dört kat yükseldi ve ilgili yatak Cengiz İnşaat A.Ş. tarafından üstlenmiştir. Bu aşamada bu firma çalışmaların başındaydı ve yeterince bu proje çalışmaları için lojistik destek sağlamaya çalışmış bulunmaktadır.



Şekil 14. Az altere olmuş dasitik piroklastiklerde (a) silisleşmeden oluşan matriks içinde kenarlarından kemirilmiş primer kuvars kristali (MP-69; ÇN), (b) silisleşmiş matriks içinde kenarlarından kemirilmiş ve çatlaklı primer kuvars kristali (MP-19; ÇN), (c) silisleşmiş matriks içinde kenarlarından kemirilmiş kuvars kristalleri (MP-47; ÇN) ve (d) silisleşmiş matriks içinde kenarları kemirilmiş büyük kuvars kristali (MP-47; ÇN). q: kuvars, ÇN: çift nikol.

Bu kapsamda sınırlı da olsa örnek almamız mümkün olabildi. Burada bulunan Çakmakkaya açık ocağı terkedilmiş bulunmaktaydı ve bu ocak tamamen dekapaj malzemesi ile kapatılmış durumdaydı. Bunun yanında Anayatak açık ocağının kuzeybatı kesiminde yalnız bir kesimde çalışmalar yapılmaktaydı ve ocağın diğer kesimleri yine dekapaj malzemesi ile örtülmüş durumdaydı. Bu yüzden burada az altere olmuş cevherleşme yan kayacını bulmak, hidrotermal alterasyonu ve cevherleşme tiplerini tanıyabilmek ve karşılaştırma yapabilmek oldukça zor bir durumdu. Bunun yanında makroskobik olarak cevherleşme yan kayacında bulunan sekonder kuvarsları ayırt edebilmek ve bunları birbirleriyle kıyaslayabilmek hemen hemen mümkün değildi. Tüm bunlara karşın proje çalışmalarına yön verebilmek ve başarılı olabilmek için Murgul yatağında arazi çalışmaları sürdürülmüştür.

Sekonder birincil kuvarslar (q1): Bu tür kuvarslar petrografik ince kesit incelemelerinde oldukça ince taneli olarak dasitik piroklastik yan kayaç içinde özellikle mozaik şeklinde bulunmaktadır (Şekil 15). Bu sekonder birincil kuvarslar özelikle alterasyonun erken fazında oluşmakta olup genel olarak küçük ve orta boyutta özşekilsiz kuvarslar olarak gözlenirler. Bu tür kuvarslarla baskın olarak serizit, illit, montmorillonit, kaolinit, dikit, pirit ve kalkopirit parajenetik birliktelik göstermektedir (Şekil 12). İnce kesit incelemelerinde serizit ve çeşitli kil mineralleri çok kez dasitik piroklastik yan kayaç içinde sekonder birincil kuvarslar arasında gözlenmektedir. Bazı durumlarda serizit cevherleşme kenarında oluşum göstermekte olup bu durum cevherleşme ile eş zamanlı bir oluşuma işaret etmektedir. Sekonder birincil kuvarslara karşın sekonder ikincil kuvarslar (q2) orta ve iri boyutta daha çok silisleşmiş dasitik piroklastik yan kayaç içinde oluşan damarlar içinde bulunur ve bazen jasper ve ametist şeklinde oluşumlar göstermektedir. Bunlara karşın sekonder üçüncül kuvarslar en iri kristalli olup çok kez idiyomorf pirit, kalkopirit ve kovellin kristalleri ile birlikte bulunur.


Şekil 15. Sekonder birincil kuvarsların (q1) serizitlerle parajenetik birlikteliği, bunların kayaç içerisindeki dağılımı ve daha sonraki jenerasyonu temsil eden sekonder ikincil kuvarsın (q2) görünümü (a; ÇN), sekonder birincil kuvarslarla birlikte gelişmiş serizitleşmeyi temsil eden serizit kristalleri (b,c; ÇN) ve serizit, primer kuvars ve sekonder birincil kuvarsların görünümü (d; ÇN) (D-1: Özgür, 1985). q: primer kuvars, q1: sekonder birincil kuvars, q2: sekonder ikincil kuvars, ser: serizit, ÇN: çapraz nikol.

Sekonder ikincil kuvarslar (q2): Murgul Cu yatağını oluşturan Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında bulunan mostralarda ve kayaç el örneklerinde kolayca tanınabilen ve jasper ve ametiste kadar farklı oluşumlar gösteren ince-orta-iri kristalli kuvarslar bu tür kuvarsları oluşturmaktadır. Bu tür kuvarslar daha çok damar oluşumlarında yer almakta ve stockwork tipi cevherleşmede parajenezi oluşturan baskın bir mineraldir (Sayfa 51'e bakınız).

Cevherleşme ile ilişkili gelişmiş ikincil jenerasyon kuvarslar dasitik piroklastiklerin sonradan silisleşme alterasyonuna bağlı olarak kayaç bünyesinde oluşmuş olup genel olarak küçükorta-iri boyutlarda özşekilsiz kuvarslarla temsil edilmektedir (Şekil 16-19). Birincil kuvarsların olduğu alanlarda serizit ve kaolen mineralleri kalıntıları ve çok sık opak mineral saçınımları gözlenmektedir. Sekonder birincil kuvarsların oluşturduğu alanlarda yaygın olarak kalsit ve barit oluşumları yer almaktadır. Kalsit ve baritler ayrı alanlarda yer aldığı gibi kalsitler barit kristallerinin aralarında gelişmişlerdir. Kalsit ve barit kristallerin yer yer opak mineraller ile de birlikte gözlenmektedir. Bazı barit kristallerinin yer yer silisleşmeden etkilenerek kenarlarından itibaren korozyona uğradıkları veya silislesmenin barit kristallerinin iç kesimlerine kadar etkili oldukları görülmektedir. Özellikle barit kristallerinin oranının arttığı kesimlerde birincil jenerasyon kuvarsların barit kristallerinin aralarını doldurur şekilde geliştiği gözlenmektedir. Bu tür kuvarslar silisleşme alterasyon zonunu oluştururlar genellikle cevherli yan kayaçlarda egemen olarak bulunurlar. Ayrıca barit mineral fazı sekonder ikincil kuvarslar tarafından ornatıldığı gibi yine aynı şekilde bu tür kuvarslarla birlikte de eş zamanlı oluşum göstermektedir (Şekil 18). Bu baritler ayrıca kayaç yüzeylerinde özellikle cevherleşme ile hiçbir şekilde ilişkisi olmayacak şekilde arazide izlenmektedir. Bunlar muhtemelen en genç oluşuklar olarak tanımlanabilir.

Sekonder üçüncül kuvarslar (q3): Cevherleşme ile ilgili üçüncül jenerasyon kuvarslar kayaç içerisinde genellikle cm yada dm kalınlığında belirli zonlar boyunca gelişmiş kuvars damarları şeklinde gözlenmektedir. Kuvars kristalleri burada genellikle orta-iri boyutlardadır. Bu tür kuvarslar çok kez idiyomorf pirit, kalkopirit ve kovellin kristalleri ile birlikte bulunurlar (Sayfa 51'e bakınız). Bu üçüncül kuvarslar cevherleşme ile ilişkili gelişmiş ikincil kuvars alanları boyunca ve kuvars damarına dik yönde dizilim gösteren prizmatik, uzunlamasına gelişmiş kristaller şeklinde gözlenmektedir (Şekil 19). Hatta üçüncül jenerasyon kuvars boyutları ikincil jenerasyon kuvars alanına doğru gidildikçe küçülmektedir. Üçüncül jenerasyon kuvars alanlarının iç kesimlerinde kuvarslar eş tane boyutlu olarak yer

almaktadır. Bu alanlarda, farklı boyutlarda ve genelde özşekilsiz opak mineral yığışımları gözlenmektedir. Hatta opak mineraller yer yer prizmatik kuvars dizilimlerine dik yönde belirli düzeyler oluşturmaktadır. Yine üçüncül jenerasyon kuvars alanları içerisinde kalsit oluşumlarına rastlanırken barit kristalleri gözlenmemektedir. Bu kuvarslar özellikle stockwork ve damar tipi cevherleşmeler için tipik gang minerali olmaktadır. Bunlar büyük ve küçük şekilli pirit ve kalkopirit kristalleri içerirler. Bu tür kuvarslar bu yüzden damar tipi cevherleşme ile yakın jenetik ilişki içinde gözükmektedir.

Burada hidrotermal aktivitenin son fazı - baştan sona doğru devam etmesine rağmen silisleşme zonunu oluşturmaktadır. Bu silisleşme zonunda hakim mineral volkanik yan kayaçta diğer minerallerin yerini dolduran kuvarstır. Kaolenleşmeyi temsil eden mineraller iz mineraller olarak bulunmaktadır. Arazi gözlemleri ve petrografik veriler silisleşme alterasyonunun mineral parajenezinin serizitleşme alterasyonu üzerinde meydana geldiğini göstermektedir, çünkü serizitleşme alterasyonuna ait izler silisleşme zonu içinde bulunmaktadır (Özgür, 1985; Schneider ve diğ., 1988). İkinci ve üçüncü tip olan cevherleşmeler her iki yatak alanında yan kayacı kesmektedir. Bu yüzden bu genç olan damar tipi cevherleşmeler son volkanik aktiviteye bağlı olan daha genç cevherleşmeler olarak tanımlanabilir (Özgür ve Schneider, 1988). Bu zaman aralığı esnasında kavaclarda mekanik hareketler kayaçlarda cevherli çözeltilerin taşınacağı faylar ve çatlakların oluşmasına yol açmış olması gerekir. Bu da ikinci cevherleşme tipi olan stockwork tipi cevherleşmeyi oluşturmuştur. Burada bulunan cevherlerdeki metallerin kökeninin altere olmuş dasitik piroklastiklerin daha derin alt kısımlarına dayandığı belirtilmektedir (Özgür ve Schneider, 1988). Sonuç olarak zengin cevherleşme tipi olarak adlandırılan üçüncü tip cevherleşmenin karasal alan yüzeyinin çok sığ ortam altında oluştuğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum volkanik alanın bir yükselmeye maruz kaldığını göstermektedir. Muhtemelen bu esnada cevherleşme alanında yoğun erozyona ait çeşitli süreçlerin başlamış olması gerekir.



Şekil 16. Altere olmuş dasitik piroklastikler içinde (a) sekonder 1. kuvarslar ve kalsit oluşumları (MP-47; ÇN), (b) kalsit oluşumları ve sekonder 1. kuvarslar (MP-3; ÇN), (c) yoğun sekonder kalsit oluşumları (MP-40; ÇN), (d) sekonder 1. kuvarslar ve kalsit oluşumları (MP-3; ÇN), (e) barit kristalleri ve bunları kesen sekonder 1. kuvarslar (MP-3; ÇN) ve (f) barit kristalleri arasını dolduran sekonder 1. kuvarslar (MP-52; ÇN). q1: sekonder 1. kuvarslar, cc: kalsit, ba: barit, ÇN: çapraz nikol.



Şekil 17. Altere olmuş dasitik piroklastikler içinde (a) sekonder oluşumlu barit ve kalsit kristalleri (MP-72; ÇN), (b) kalsit ile birlikte barit kristalleri (MP-68; ÇN), (c) barit kristalleri boşluklarını dolduran kalsit kristalleri (MP-45; ÇN), (d) sekonder ikincil kuvars kristalleri arasını dolduran barit kristalleri (MP-47; ÇN), (e) sekonder ikincil kuvars kristalleri arasında bulunan barit çubukları (MP-47; ÇN) ve (f) sekonder ikincil kuvars kristalleri ve barit oluşumları (MP-65; ÇN). ba: barit, cc: kalsit, q2: sekonder ikincil kuvars, ÇN: çapraz nikol.



Şekil 18. Altere olmuş dasitik piroklastiklerde (a) sekonder ikincil kuvars kristali üzerinde büyümüş barit kristali (MP-65; ÇN), (b, c) barit içerisinde yer alan özşekilsiz sekonder ikincil kuvars kristalleri (MP-12; ÇN), (d, e) barit içerisinde sekonder ikincil kuvars ve tekrar bu sekonder ikincil kuvarslar içerisinde barit kristalleri (MP-12; ÇN), ve (f) barit içerisinde kapanımlar halinde sekonder ikincil kuvars kristalleri (MP-50; ÇN). q2: sekonder ikincil kuvars; ba: barit; ÇN: çapraz nikol.



Şekil 19. Murgul Cu yatağını oluşturan altere olmuş dasitik piroklastikler içinde cevherleşme ile ilişkili gelişmiş (a) sekonder ikincil ve üçüncül (MP-22; ÇN), (b) sekonder üçüncül kuvarslar (MP-12; ÇN), (c) sekonder üçüncül kuvarslar ve kalsit (MP-40; ÇN), (d) sekonder ikincil ve üçüncül kuvarsların aralarında gelişmiş kalsit kristalleri (MP-19; ÇN), (e) sekonder ikincil ve üçüncül kuvarslar ile birlikte gelişmiş opak mineraller (MP-19; ÇN) ve (f) sekonder üçüncül kuvarslar arasında gelişmiş opak kristaller (MP-19; ÇN). q2: ikincil jenerasyon kuvars, q3: üçüncül jenerasyon kuvars, cc: kalsit, Opq: opak mineral, ÇN: çift nikol.

3.2 Nadir toprak elementleri (NTE) dağılımı

Hidrotermal alterasyon özelliği nadir toprak elementleri (NTE) incelenmesiyle doğrulanmaktadır (Özgür, 1985; Schneider ve diğ., 1988). İnceleme alanından alınan 74 adet yan kayaç örneğinden 30 adet NTE ICP-MS yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu NTE verileri Boynton (1984) kullanılarak kondritlere göre normalize edilmiştir. Burada 3 adet örneğin daha önce yapılan mikroskobik incelemelerde az altere olmuş oldukları belirlenmiş ve bunlar karşılaştırma yapmak amacıyla değerlendirmeye sokulmuştur (Ek 3; Schneider ve diğ., 1988). Ayrıca cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastikleri örten dasit lavlarında yapılan NTE analizleri karşılaştırma amacıyla devreye sokulmuştur.

İlk hidrotermal alterasyon evresinde serizitleşmeyi gösteren Yankayaç örneklerinde NTE La ile Lu arasında orta derecede azalma değerleri ile kendini göstermektedir (Ek 3; Şekil 20). Bu gösterir ki hidrotermal alterasyon evresinde serizitler tercihli olarak hafif nadir toprak elementlerini tutmaktadır. Burada üç değerlikli nadir toprak elementlerinin önemli bir bölümünü muskovit bünyesinde bulundurabilir (Alderton, 1980).

Kaolenleşme alterasyon zonunda bulunan piroklastik yan kayaçlar genel olarak serizitleşme alterasyonuna göre daha yoğun NTE azalma değerleri ile kendini göstermektedir (Ek 2; Şekil 14) ve XRD incelemelerine göre illit, montmorillonit, kaolinit ve dikit mineral fazlarından oluşurlar. Burada ağır NTE değerleri bu tür alterasyon ile tercihli olarak kayacı terk etmektedir.

Son hidrotermal alterasyon evresinde silisleşme ile nadir toprak elementleri az altere olmuş kayaçlarla karşılaştırıldıklarında anormal derecede azalma değerleri göstermektedir (Şekil 21). Burada altere olmuş dasitik piroklastik yan kayaçlarda ikincil mineral parajenezi serizit, montmorillonit, illit, dikit ve kaolinit gibi majör minerallerinin kristal kafeslerinde nadir toprak elementlerini tuttuğuna işaret etmektedir. Bu tür fillosilikatların nadir toprak elementlerini absorbe etme kapasitelerinin varlığını Roaldset (1973, 1975) ve alderton ve diğ. (1980) belgelemiş bulunmaktadırlar.



Şekil 20. Murgul Cu yatağı yan kayaçlarının kondrite göre normlaştırılmış nadir toprak elementleri (NTE) dağılım diyagramı. 1: Serizitleşme; 2: Kaolenleşme. İçi dolu yeşil daireler az altere olmuş dasitik piroklastikleri göstermektedir. Kıyaslama için Ek 1 ve 2'ye bakınız.



Şekil 21. Murgul Cu yatağı yan kayaçlarının kondrite göre normlaştırılmış nadir toprak elementlerinin (NTE) yoğun silisleşmiş dasitik piroklastik kayaçlarda dağılım diyagramı. İçi dolu yeşil daireler az altere olmuş dasitik piroklastikleri göstermektedir. Kıyaslama için Ek 1 ve 2'ye bakınız.

Özet olarak tüm veriler altere olmuş dasitik piroklastiklerde nadir toprak elementleri azalmasının serizitleşme, kaolenleşme ve silişleşme gösteren alterasyon yoğunluğu ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu bulgu (i) kuvarsların modal artmasından doğan seyreltici etkisi, (ii) kaolenleşmeye eşlik eden yoğunluk azalması, (iii) hidrotermal alterasyon esnasında ortamdan uzaklaşan nadir toprak elementlerini tutan sekonder minerallerin duraysızlığı, (iv) hidrotermal çözeltilerin zirkulasyonunun tekrarı esnasında meydana gelen yıkama etkisi ile açıklanabilmektedir. Ayrıca bu kayaçlarda var olan negatif Eu anomalisi artan alterasyon şiddetine bağlı olarak gittikçe artmaktadır. Eu anomalisi Graf (1977) ve Humpries (1984)'e göre dasitik piroklastikler içinde bulunan plajioklasların hidrotermal akışkanların etkisi ile bozuşmasından ileri gelmektedir ve burada plajioklaslar NTE içinde en yüksek değerde Eu içermektedir (Henderson, 1984). Ayrıca Campbell (1984)'e göre Eu diğer NTE göre daha fazla mobil ve bu yüzden hidrotermal alterasyona bağlı olarak kabul edilebilir.

Hidrotermal alterasyona bağlı olarak Murgul Cu yatağında serizitleşme, kaolenleşme ve silisleşme alterasyon zonlarına ait örneklerde NTE dağılımında Ce negatif anomali göstermemekte ve bu durum yatağın oluşumunda etken olan hidrotermal çözeltilerin deniz suyu karışımı içereceğine ve baskın olarak karasal kökenli olabileceğine işaret etmektedir (Fleet, 1984). Bunun yanında silisleşme zonunu temsil eden bir örneğin gösterdiği negatif Ce anomalisi en azından bu çözeltilerde baskın karasal kökeni desteklemektedir. Bunun daha fazla analizlerle ve daha detaylı bir incelikle araştırılması gerekmektedir. Ayrıca Leybourne ve diğ. (2000)'e göre yüzey suları kuvvetli negatif Ce anomalileri ile karakterize edilirler [(Ce/Ce^{*})NASC mümkün olduğu kadar düşük 0,08), burada bu anomaliyi Ce³⁺ ile Ce⁴⁺ arasında olan oksitlenme ortaya çıkarmakta ve Ce⁴⁺ yeraltı suyu ortamından tercihli olarak uzaklaşarak negatif Ce anomalisini meydana getirmektedir.

Serizitleşme kendini Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında bulunan yan kayaçlarda özellikle egemen olan kuvars ve serizit mineralleri ile karakterize etmektedir. Kaolinleşme kuvars, montmorillonit, illit ve kaolinit ile temsil edilirken silisleşme daha yüksek miktarda kuvars ve iz halinde bulunan kaolinit mineralleri tarafından karakterize edilmektedir. Serizitleşme ve silisleşme içeren Yankayaç önemli miktarda cevher mineralleri bulundururken kaolinleşme içeren yan kayaçlarda cevher mineralleri oldukça az veya hiç bulunmamaktadır.

4. CEVHERLEŞME

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı madencilik yönünden eski çağlardan beri çok iyi bilinmektedir. Günümüzde burada bulunan çok sayıda olan eski galeriler ve metal cürufları, yöre için önemli bir madencilik özelliği taşımaktadır (Akın, 1978; Özgür, 1985). Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı, eski çağlarda hem kıymetli metaller, bakır ve demir üretimi ve hem de metajurji alanında olan teknoloji gelişimi yönünden ekonomik öneme sahip bulunmaktaydı. Burada bakır, demir ve gümüş kazanımı 3000 yıldan fazla uzun bir zamana dayanmaktadır. Gümüş ve kurşun teknolojisi ile pirinç alaşımının teknolojide kullanımı Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının önemini ortaya koyar (Bachmann, 1976).

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı, ilgi çekici olan geçmişinde özellikle eski çağlarda Anadolu'da yaşayan halkların kültürel etkisi altında kalmış bulunmaktadır. Milattan önce 750 yılında iyonlular burada sömürgeleriyle bakır, demir ve gümüş ticareti yapmak için Milet'ten deniz yolu ile yöreye gelmişlerdir. Daha sonra burası Persler, Romalılar ve sonra Bizanslılar tarafından işgal edilmiştir. 15. yüzyılda Cenevizliler Trabzon ve civarında maden kazanımı ile uğraşmışlardır. Murgul bakır yatağında ve bütün Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan metal cüruflarının kökeni Cenevizlilere dayandırılmaktadır (Schneiderhöhn, 1955). Murgul bakır yatağında kısa süre önce madencilikte kullanılan kürekler ortaya çıkarılmış olup bunlar Kaplan (1977) tarafından 2266 \pm 170 yıl şeklinde yaşlandırılmış bulunmaktadır. Yörede bilindiği kadarıyla en az 3000 yıldan beri bakır kazanılmaktadır.

İngiliz madencilik şirketi "Caucasus Copper Corporation & Co." 1900'lü yıllarda yörede yoğun madencilik araştırmalarında bulunmuştur. Burada çıkarılan bakır cevherini işlemek için bir flotasyon tesisi ile izabe sistemi kurularak 1908 yılında bakır kazanılmaya başlanmıştır (Özgür, 1985). Böylece 1. Dünya Savaşı sonuna kadar yaklaşık 15.000 ton blister bakır kazanılmıştır. Daha sonra 1923 yılında yapılan Lozan Anlaşması gereği yöre Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne geçmiş bulunmaktadır. Murgul bakır yatağı 1950 yılına kadar işletilmemiş ve 1951 yılında Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'nün çalışmalarıyla Etibank tarafından tekrar bakır kazanılmı amacıyla devreye girmiş bulunmaktadır. Yörede 2005 yılına kadar farklı zamanlarda Etibank ve Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. tarafından

en az yaklaşık olarak 300.000 ton blister bakır, 150.000 ton pirit konsantresi, 210.000 ton sülfürük asit, 145 ton metal gümüş ve 2000 kg altın elde edilmiş bulunmaktadır (Özgür, 1985). 2005 yılından beri Murgul Cu yatağı özel bir şirket olan Cengiz İnşaat A.Ş. tarafından işletilmekte olup Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarının toplam rezervi % 0,6 Cu tenörü ile şu an yaklaşık 15.000.000 ton civarındadır.

4.1 Cevherleşme şekli, büyüklüğü ve görünümü

Murgul bakır yatağı üç farklı cevher kütlesinden oluşmaktadır. Bunlardan 1. yatak olan Anayatak bir elipsoit şeklini andırmakta ve K-G yönünde biraz uzanım göstermektedir (Şekil 9). Bu yatak yaklaşık 750-800 uzunluk ve 600 m kadar bir genişliğe sahiptir. Yatağın cevherleşmesinin derinliği 150 metreye kadar ulaşmaktadır. Yatakta bulunan cevherleşme daha çok yoğun silisleşmiş dasitik piroklastikler ve ardalanmalı piroklastikler-kumtaşıkireçtaşı formasyonuna bağlıdır (Şekil 7 ve 8). Pirit ve kalkopirit genellikle stockvork cevheri olarak kendini gösterir ve çok nadir olarak saçınımlı ve zengin cevher olarak ortaya çıkar. Stockwork zonu içinde cevherleşmeler genellikle KD-GB yönlü çatlaklara bağlı olmaktadır. Stockwork cevherinin merkezi kısımları zengin cevherleşme tipi olan masif cevherleşmeye geçiş gösterir. Burada bağımsız olarak bulunan zengin cevher damarları birkaç mm ile birkaç dm arasında değişmekte olup çok nadir olarak birkaç m uzunluğa sahip olmaktadırlar.

1970 yılında Anayatak açık ocağının 500 m GB kesiminde Çakmakkaya adlı ikinci bir cevher kütlesi ortaya çıkarılmıştır. Bu cevher kütlesi yine bir elipsoit şekline sahip olup 650 m KD-GB uzunluğuna ve 300 m D-B genişliğine sahiptir. Bu yataktaki cevherleşme derinliği 150 metreye kadar ulaşmaktadır. Bu yatakta cevherleşme oldukça yoğun olarak silisleşmiş olan dasitik piroklastiklere bağlıdır. Çakmakkaya açık ocağında cevherleşme tipi stockwork cevherleşmesidir. Bunun yanında genel olarak KB-GD doğrultulu ve GB eğimli cevher damarları bu yatakta bulunur. Bu doğrultu ve eğimli cevher damarları ile bu yatak Anayatak açık ocağından ayrılır.

Bu iki açık ocak cevherleşmesi yanında Anayatak açık ocağının KB kesiminde Bognari adlı üçüncü bir cevherleşme 1970'li yıllarda keşfedilmiştir. Bu cevherleşmenin şekli 450 m K-G yönlü uzunluk ve 300 m D-B genişliği ile karakterize edilmiştir (Özgür, 1985). Burada derinde bulunan cevherleşmeler stockwork cevherleşmesi olup doğrudan dasitik piroklastik kayaçlara bağlıdırlar (Sawa ve Sawamura, 1970; Özgür, 1985). Bu stockwork cevherleşmesi üzerine aynı araştırıcılara göre breşik cevherleşme gelmektedir. Bu breşik cevherleşme Anayatak cevherleşmesinin üst kısımlarından erozyonla gelen parçaların tekrar burada breşler şeklinde çökeldiğini göstermektedir. Bognari yatağının üst kısımlarında bulunan jipsli seviyeler atmosferik koşullarda ilişkide bu tür erozyonla taşınıp çökelme koşulları için iyi bir kanıt olarak gösterilebilir.

Genel olarak pirit ve kalkopiritten oluşan Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları oldukça fazla kalınlık gösteren dasit lavları akıntıları tarafından örtülmektedir. Bu ikisi arasındaki sınırda yer yer yaklaşık 25-50 m kalınlığına kadar ulaşan serizitleşmiş ve kaolenleşmiş tüfkumtaşı-kireçtaşı seviyeleri bulunur. Burada oldukça taze olan dasit lavları doğrudan keskin bir sınırla cevherli kütle üzerine gelmektedir.

4.2 Cevherleşme tipleri ve parajenezi

4.2.1 Cevherleşme tipleri

Murgul Cu yatağında cevherleşme hidrotermal alterasyona bağlı olarak kendini (1) saçınımlı (tip 1), (2) stockwork (tip 2) ve (3) damar tipi (zengin) cevherleşme (tip 3) şeklinde göstermektedir (Şekil 22-24).

Saçınımlı cevherleşme (tip 1) her iki yatakta bulunmaktadır ve burada Cu değerleri % 0,2 ile 0,7 arasında değişmektedir. Bu cevherleşme tipi en eski primer cevherleşme tipi olup diğer cevherleşme tipleri tarafından kesilmektedir. Burada cevher mineralleri genellikle ince taneli (tane yarıçapı 1-2mm) olup kuvars, serizit ve kil mineralleri ile birlikte büyüme göstermektedir (Şekil 22). Bunlar lokal olarak ince jasper mineralleri merceği kombinasyonunda sedimanter yapı göstermektedirler. Bu cevherleşme tipinde saçınımlı primer pirit cevheri dokusu önemli bir problem oluşturmaktadır. Burada pirit framboidlerinin bulunması Murgul Cu yatağı oluşumuna bir tezat oluşturmaktadır. Bu framboidlerin oluşumu daha önce düşük sıcaklık ortamlarında (yaklaşık 100 °C) oluşan ürünler olarak yorumlanmaktadır (Scneiderhöhn, 1923; Love, 1964; Love ve Amstutz, 1969). Burada cevherleşmenin bu duruma karşın sıvı kapanımı çalışmalarının gösterdiği gibi piroklastik seviye içinde volkanik aktivitenin son safhasında hidrotermal olarak 280 °C üzerinde

meydana gelmiş olması gerekir (Özgür, 1985; Özgür ve Schneider, 1988). Ayrıca hidrotermal alterasyonun erken safhasını oluşturan serizitleşme ve (kaolenleşme) zonlarında bulunan pirit framboidlerinin saçınımlı cevherleşme fazı öncesi oluşan oluşumlar olarak değerlendirmek mümkün olabilir. Bu konunun bir başka çalışma çerçevesinde daha detaylı olarak incelenmesi gerekir.



Şekil 22. Murgul Cu yatağı Anayatak açık ocağından alınan ince taneli saçınımlı cevherleşme (cevherleşme tipi 1). Burada kuvars (beyaz), serizit ve kil mineralleri (gri) bulunmaktadır.

Stockwork tipi cevherleşme (tip 2) Stockwork tipi cevherleşme %1 ile 2.5 arasında Cu içermekte olup piroklastik kayaçların volkano-tektonik olayların etkisi altında kalması esnasında oluşan hidrotermal remobilizasyonun genç fazını meydana getirmektedir. Bu cevherleşme saçınımlı cevherleşme ve altere yan kayaçları özellikle ağsal yapılar göstererek kesmektedir (Şekil 23). Burada cevher mineralleri taneleri 2-3 mm yarıçapından fazladır. Cevher mineralleri olarak egemen olan pirit ve kalkopirit yanında sfalerit ve galen mevcuttur.

Damar tipi cevherleşme (tip 3) % 5.0 ile 10.0 arasında Cu içermekte ve Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarındaki mineralizasyonun son fazını oluşturur (Şekil 24). Bu tür cevherleşme çok kez ince merceklerde yer alıp daha çok her iki açık ocak işletmesinin orta kısımlarında bulunmaktadır. Burada öz şekilli pirit ve kalkopirit kristalleri 10 mm üzerinde bir yarıçapa sahip olup bunlara kuvars ve sekonder oluşan kovellin mineralleri eşlik ederler. Bu faz en son cevherleşme fazı olarak adlandırılır. Breşik cevherleşme olarak Anayatak açık ocağının doğrudan KB kesiminde Bognari açık ocağı bulunmaktaydı (Özgür, 1985). Burada açık ocağın daha derin kısımlarında stockwork cevherleşmesi üzerinde Anayatak açık ocağı üst kısımlarından buraya taşınan cevherli parçaların tekrar çökelmesiyle breşik cevherleşme meydana gelmiştir. Bu tür atmosferik koşullar ile ilişkide oluşmuş bir formasyona aynı yatak üzerinde yapılan sondajla ortaya çıkarılan kalın jips seviyeleri kanıt olarak gösterilebilir (Özgür, 1985).



Şekil 23. Murgul Cu yatağı Anayatak açık ocağından alınan stockwork tipi cevherleşme (cevherleşme tipi 2). Burada açık renkli olan kısım yan kayaçtır.

Murgul Cu yatağında yer alan Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında cevher minerali olarak önemli miktarda pirit ve bunun yanında az miktarda kalkopirit bulunmaktadır. Bunlara ek olarak aksesuar miktarda galen, sfalerit ve fahlerz lokal şekilde bulunmaktadır (Vujanovic, 1974; Özgür, 1985; Özgür ve Schneider, 1988). Ayrıca elektron mikroskobu çalışmaları ile aikinit, hessit, klaustalit, nabit altın ve tetradimit mineralleri belirlenmiş bulunmaktadır (Willgallis ve diğ., 1990). Bunların yukarıdaki parajeneze konulması ileride yapılacak ayrı bir çalışmanın konusu olacaktır. Aynı cevherleşme zonuna bağlı olan Akarşen Cu yatağında sülfürlü cevher mineralleri yanında nabit altın mikroskobik olarak gözlenmiştir (Şekil 25).



Şekil 24. Murgul Cu yatağı Çakmakkaya açık ocağından alınan damar tipi zengin cevherleşme (cevherleşme tipi 3). Burada özşekilli pirit kristalleri, kalkopirit, kovellin ve kuvars (beyaz) bulunmaktadır.

4.2.2 Cevher mineralleri parajenezi

Murgul Cu yatağında mineral parajenezine pirit, kalkopirit, çinkoblend, galen, fahlerz, kovellin, altın, kuvars ve kalsedon girmektedir. Pirit en fazla bulunan mineraldir ve küçük kristaller olarak dağılmış haliyle silisleşmenin eşlik ettiği serizitleşme ve kaolenleşme ile birlikte erken oluşan mineral jenerasyonu olarak kalkopiritle geniş bir dağılım gösterir. Bundan daha sonraki pirit jenerasyonu stockwork cevherleşmesi içinde yer alan damarlarda kalkopiritle birlikte bulunur. Bu stockwork cevherleşmesi içinde bulunan saçınımlı damarlarda kuvars-pirit ve kuvars-kalkopirit olan miktarlar sülfürlü mineraller olarak önemli bir yer tutmaktadır. Pirit özellikle kuvarslı cevher damarlarında mm büyüklüğünde olan kristal sekliyle kendini belli etmektedir. Bunun yanında yan kayacların üst kısmında bulunan kaolenleşmiş alanlarda 3-4 mm çapında olan özşekilli pirit kristallerine rastlanmaktadır. Bu pirit kristalleri yağmur suları ile killi dasitik piroklastiklerden yıkanma yoluyla ortaya çıkar ve açık ocak işletmelerinde zenginleşir. Bu pirit jenerasyonu içerdikleri eser elementler yönünden diğerlerinden kolayca ayrılmaktadır (Özgür, 1985; Rezvan-Dezfouli, 1993). Piritler mikroskobik olarak özşekilli, özşekilsiz, yarı özşekilli piritler, framboidler ve yuvarlak büyük pirit kütleleri şeklinde gözlenmektedir (Özgür, 1985). Özşekilli piritler genellikle izotrop ve bütün cevherleşme tipleri içinde gözlenirler. Bunlar bazen anizotropi etkisi gösterirler. Bunlar parlak kesitlerde küp şekli kesiti verirler ve burada kristallerin büyüklükleri 50 µm ile 2 mm arasında değişmektedir. Bunun yanında daha büyük kristaller gözlenmekte ve bunlar yuvarlak şekil göstermektedir. Bu yuvarlak şekilli piritler içinde kalkopirit ve gang minerali inklüzyonları bulunmaktadır (Özgür, 1985). Burada açıkça parajenetik olarak daha önce tüm toplam kristalleşme esnasında sonradan oluşan piritlerce yenilenerek büyüyen daha yaşlı framboidlerden söz edilebilir. Burada piritlerde ayrıca bir zonlu yapıdan söz edilebilir ve bu da bu tür piritlerin büyüme ritimlerine işaret etmektedir. Bu tür piritler çatlaklarda kalkopirit tarafından ornatılmaktadır. Burada kalkopirit remobilizasyon yoluyla daha genç olmaktadır.

Özşekilsiz ve yarı özşekilli piritler bütün cevherleşme tiplerinde bulunurlar. Özşekilli pirit etrafında piritler büyüme zonları oluştururlar. Bu, bu tür piritlerin daha genç olduklarına ve remobilizasyona uğradıklarına işaret etmektedir (Özgür, 1985). Bu tür piritler ayrıca çok kuvvetli anizotropi etkisi göstermektedir. Bu anizotropi etkisi burada daha çok kristal kafesinde bulunan As gibi eser elementlerin diadohi özelliğine dayanmaktadır (Ramdohr, 1975).

Piritler ayrıca silisleşmiş dasitik piroklastiklerde framboidler şeklinde ortaya çıkarlar. Buna karşın framboidler daha az stockwork ve zengin cevher tiplerinde gözlenirler. Burada dasitik piroklastikler içinde özellikle silisleşme zonunda bulunan framboidlerin tane büyüklükleri ortalama olarak 15 µm civarındadır (Özgür, 1985). Bunun yanında bu framboidlerin 10 katı yarıçapında olan konsantrik olan yuvarlak pirit kütleleri gözlenmektedir. Bunların oluşumu genel olarak koloidal pirit olarak kabul edilir. Burada bir konsantrik yapı söz konusudur ve kalkopirit ve gang mineralleri bu konsantrik olan yuvarlak pirit kütlesi içinde inklüzyon olarak gözlenmektedir (Özgür, 1985). Bunlar daha sonra bu kalkopirit ve gang minerali inklüzyonları ile büyüme göstermiş olmaktadırlar. Burada pirit framboidlerinin ve konsantrik şekilli yuvarlak pirit kütlelerinin varlığı mikrotermometrik olarak ıspatlanabilen rölatif yüksek sıcaklıkta ve subvolkanik ortamda oluşan Murgul Cu yatağı ile bir tezat oluşturmaktadır. Buna karşın Schneiderhöhn (1955) ve Love (1957) framboidleri cevherleşmiş kükürt bakterileri olarak adlandırmışlar. Daha sonra Love (1964) bu düşüncesini değiştirmiş ve framboidleri erken diyajenez olayında organik maddelerle birlikte çökelme olayına bağlamıştır. Ayrıca Kalliokoski (1969) bu tür framboidlerin Fe içeren hümik asitlerin biyojenik kökenli HS⁻ ile reaksiyona girdiğinde bir ortamda toplandığını ve sonra çökelerek oluşabileceğini ortaya koymuştur. Bunun yanında Love ve Amstutz (1969) Federal Almanya'da Halle yakınlarında Plötz'de Permiyen Yaşlı ve Peru'da Antachajra'da Tersiyer yaşlı andezitlerde pirit framboidlerinin varlığından bahsetmektedir. Buna ek olarak pirit framboidleri magmatik kayaclarda cok kez gözlenmis bulunmaktadır (Steinike, 1963; Love

ve Amstutz, 1969; Ostwald ve England, 1977). Bu durum koloidal şekilde olan Fe-sülfitlerin volkanik kayaçlar içinde de olabileceğini göstermektedir. Bu tür konsantrik şekilli yuvarlak pirit kütleleri için Ramdohr (1975) şöyle önermektedir: bu tür jel yapısına benzer şekilli oluşumları aynı zamanda birçok subvolkanik kökenli epitermal piritler de göstermektedir, ama bunların taneleri genellikle oldukça büyük ve renkleri kahverengidir. Sedimanter kayaçlar içinde bulunan pirit framboidleri oluşumları ile ilgili olarak sinjenetik veya erken diyajenez ürünleri olarak adlandırılmaktadır (Baker, 1960; Love ve Amstutz, 1966). Ayrıca pirit framboidleri laboratuarda yapılan inorganik sentezi testleri bunların oluşumu için organik maddenin olmasının gerekmediğini ortaya koymuştur (Berner, 1969; Farrand, 1970). Bunun yanında Love ve Amstutz (1966, 1969) ve Ostwald ve England (1977) pirit framboidlerinin inorganik sülfit jelinden kristalleşebileceğini belgelemişlerdir. Bunlara karşın Murgul Cu yatağında altere olmuş dasitik piroklastik yan kayaç içinde bulunan konsantrik pirit kütleleri bünyesinde kalkopirit ve gang minerallerine ait inklüzyonlar gözlenmektedir (Özgür, 1985; Özgür ve Schneider, 1988).

Pirit framboidleri ve konsantrik pirit kütlelerinin Murgul yatağında (1) mutlaka bir denizel ortamda oluşum gösterdiklerine dair bir belirteç bulunmamakta ve (2) bu denizel ortamda oluşma söz konusu bile olsa daha sonra tektonik yükselme ile bir karasal ortam söz konusu olmaktadır. Burada framboidler cevher mikroskobisi bulgularına göre daha çok ilk cevherleşme fazı olan saçınımlı cevherleşme öncesi bir "eski" cevherleşmeyi oluşturmaktadır. Böylece hiçbir şekilde pirit framboidlerinin varlığı Murgul yatağının oluşum koşullarını yansıtmamaktadır.

Kalkopirit, Murgul Cu yatağında ekonomik olarak kazanılan bir Cu minerali ve bütün cevherleşme tiplerinde bulunmaktadır. Özşekilli kalkopirit kristalleri daha çok zengin cevherleşme tipinde gözlenmektedir. Bu zengin cevherleşme içinde kalkopirit damarları dm kalınlığında olup bazen metrelerce devam etmektedir. Bu kalkopirit damarları özellikle açık ocak işletmelerinin üst kısımlarında oksidasyon renkleri ile kendini göstermektedir. Bu kalkopiritli cevherleşmeler her iki yatağın bazı kesimlerinde kovelline geçiş göstermektedir.

Mikroskobik olarak kalkopirit silisleşmiş dasitik piroklastik yan kayaçlarda saçınımlı olarak özşekilsiz bir halde bulunur ve burada piriti özellikle çatlaklarda ornatmaktadır. Kalkopirit mikroskop altında ikizlenme lamelleri göstermekte ve parajenezinde kubanit, valleriit ve pirotin gibi yüksek sıcaklık mineralleri bulunmamaktadır. Burada bu yüzden cevher mikroskobik kriterler dikkate alındığında Murgul cevher yatağı için 300-350 °C altında bir cevherleşme sıcaklığı kalkopirit için söz konusu olabilir.

Çinkoblend Murgul bakır cevherleşmesinde oldukça az miktarda bulunmaktadır. Anayatak yatağının üst kısımlarında galen ile birlikte bulunurken Çakmakkaya'da bulunmamaktadır. Ortalama Zn analizleri Anayatak'ta % 0,3 altında ifade edilirken bu Çakmakkaya açık ocağında ppm civarındadır. Bu mineral silisleşmiş yan kayaçlarda ve stockwork içinde yalnız başına bulunduğu gibi kalporirit ile de birlikte bulunmaktadır. Buna karşın zengin cevherleşme içinde oldukça nadir çinkoblende gözlenmekte ve bunlar daha çok kalkopirit ile birlikte izlenmektedir. Bu çinkoblend minerali parlak kesitlerde kalkopirit içinde damla ve çubuk şekilli görünüm vermektedir. Çinkoblend mikroskop altında oldukça az iç yansımalar arz etmektedir. Bu yağ immersiyonu içinde daha bariz olmaktadır. Ayrıca mikroskop altında yeşile kaçan çizgiler veren beyaz renk oldukça ilgi çekici olmaktadır. Bu çinkoblend mineralinin çok az demir ve buna karşın göreceli olarak yüksek Ga içerdiğini göstermektedir (Özgür, 1985).

Galen yalnız Anayatak yatağında çinkoblend ile birlikte bulunmaktadır. Bunlar stockwork cevherleşmesinde pirit-kalkopirit mineral parajenezine bağlı görünmektedir. Galen çok nadir olarak zengin cevherleşme tipi içinde görülmektedir ve kristal şekli özşekilsizdir. Fahlerz daha çok stockwork ve zengin cevherleşme tiplerinde gözlenirken çok nadir olarak silisleşmiş cevherleşme tiplerinde bulunur. Bu çok kez küçük kristal olarak çinkoblend, galen ve kalkopirit ile birlikte bulunmakta ve çinkoblend ve kalkopiriti ornatmaktadır. Bu mineralin rengi krem beyazı ile grimsi mavi arasında değişmekte olup bu grimsi mavi renk CuAs-fahlerz olan tennantite işaret etmektedir. Ayrıca bu fahlerz mineral fazında bulunan krem beyazı rengi de bu mineral içinde bulunan yüksek Se değerlerine işaret etmektedir. Bu değerler Özgür (1985) tarafından en yüksek 490 ppm olarak belirlenmiş olup hakit adlı mineral fazına işaret etmektedir.

Kovellin Anayatak ve Çakmakkaya çevherleşmelerinin üst kısımlarında gözlenmekte ve kalkopirite bağlı olmaktadır. Bunun yanında oksidasyon minerali olarak malakit ve azurit cevherleşmenin üst kısımlarında bulunmaktadır. Bunların Murgul cevherleşmesinde ekonomik önemi bulunmamaktadır. Mikroskop altında kovellin özellikle refleksiyon pleokreoizması ve kuvvetli anizotropi etkisi ile kendini ortaya koymaktadır. Bu mineral

kalkopirit ve çinkoblendi ornatmakta ve oksidasyon ile sementasyon zonu arasındaki sınırı karakterize etmektedir.

Anayatak ve Çakmakkaya açık ocağında kalkopirit ve pirit içinde analitik olarak belirlenmesine karşın mikroskobik olarak Au gözlenememiştir. Murgul Cu yatağının kuşbakışı yaklaşık 8 km batısında bulunan Akarşen yatağında Au ayrı bir mineral fazı olarak gözlenmiştir. Burada Au kalkopirit ve pirit taneleri etrafında ve pirit içinde bulunmaktadır (Şekil 25).



Şekil 25. Murgul Cu yatağı yakınında bulunan Akarşen lokasyonundan alınan örnekte kalkopirit içinde bulunan nabit altın inklüzyonları (40x12,5).

Birçok çalışma (Schneiderhöhn, 1955; Kahrer, 1958; Buser ve Cvetic, 1973; Vujanovic, 1974; Özgür, 1985; Dieterle, 1986; Gökçe, 2001 vb.) ile ortaya çıkarılan cevher mineralleri parajenezine pirit, kalkopirit, çinkoblend, galen, fahlerz, hakit, kovellin ve nabit altın gibi mineraller dahil edilmiştir. Buna ek olarak Arman ve Altun (1983) ve Willgallis ve diğ. (1990) tarafından yapılan çalışmalarla bu parajeneze tennantit, aikinit, hessit, tetradimit, matildit ve klaustalit gibi minerallerin eklenebileceği görülmüştür.

5. JEOKİMYA

5.1 Jeokimyasal yan kayaç tanımlanması

Murgul Cu yatağını oluşturan Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları baz alınarak 2005 ve 2006 yaz aylarında toplam74 adet örnek bu araştırma projesi çalışma amaçları doğrultusunda alınmıştır. Bu alınan jeokimyasal örneklerden 71 adet örnekten ince kesit, 15 adet örnekten parlak kesit, 53 adet örnekten sıvı kapanım kesiti, 12 adet örnekten sıvı kapanımlarında anyon, katyon ve duraylı izotoplar analizi ve 34 adet örnekte majör, minör ve eser element analizi ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD. (KANADA) tarafından yapılmıştır (Ek 1 ve 2). Bu çalışma kapsamında araziden alınan örneklerin önemli sayılabilecek jüvenil kayaç veya mineral parçaları içerip içermedikleri ince kesitlerde yapılan petrografik incelemelerle kontrol edilmiştir. Burada analiz edilen örneklerden MP-52 ve MP-72'de % 5,0 üzerinde Ba değerleri söz konusu olup bu yüksek değerler sekonder barit minerali oluşumlarına dayanmaktadır (Şekil 19 ve 20; Ek 3).

Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşmesi yan kayacını oluşturan örnekler çok yoğun hidrotermal akışkan etkisi altında kaldıklarından bunların minerallerinin bileşiminde bulunan majör elementler anormal artma ve azalma değerleriyle petrokimyasal kayaç tanımlanmasında kullanılamaz durumdadırlar. Bu durum aynı şekilde mikroskobik petrografi tanımlarında da kuvars dışında kayaçta bulunması gereken birincil minerallerin de bulunmaması yüzünden söz konusu olmaktadır. Bu yüzden jeokimyasal cevherleşme yan kayacı tanımlanmasında immobil elementlerin seçilmesi önerilmiş bulunmaktadır. Buna göre Anayatak ve Çakmakkaya çok ocakları yan kayacı olan yoğun altere olmuş dasitik piroklastikler "dasit/riyodasit" alanına düşmektedir (Şekil 26). Bu durum cevherleşme alanı dışından alınan az altere olmuş dasitik piroklastiklerde yapılan petrografik tanımlamalar ile uyuşmaktadır.



Şekil 26. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresi volkanik kayaçlarının Nb/Y – $Zr/TiO_2*0.0001$ diyagramına göre petrokimyasal sınıflandırılması.

Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında Ti, Mn ve toplam NTE azalma ve Cu, Au ve F artma değerleriyle hidrotermal alterasyonun siddetine bağlı olarak kendilerini belli etmektedir (Şekil 27). Cu, F ve Au miktarı hidrotermal alterasyonun şiddetine bağlı olarak artma göstermekte ve buna karsın Ti, Mn ve toplam NTE azalma değerleriyle ortaya çıkmaktadır. Cu serizitleşme ve silisleşme alterasyon zonlarında 200 ppm üzerinde olan değerlerle zenginlesmektedir. Bu element az altere olmuş kayaçlarda 25 ppm background değeri verirken kaolenleşme zonlarında 60 ppm gibi değerlerle temsil edilmektedir (Özgür ve Palacios, 1990; Özgür, 1993). Altere olmuş dasitik piroklastiklerde F iki ve üç boyutlu dağılım göstermektedir (Şekil 13 ve 29). Bu elementin dasitik piroklastikler içindeki background değeri 325 ppm olmaktadır. Serizitleşme ve silisleşme alterasyon zonlarında F 320 ile 500 ppm arasında değişen eşik değer ve 500 ppm üzerinde olan anomali değerleri verirler. Anavatak ve Cakmakkaya açık ocaklarında bulunan dasitik piroklastiklerde F 2515 ppm değerine kadar ulaşmaktadır (Özgür, 1995; Özgür ve Palacios, 1990; Özgür, 1993). Au daha az altere olmuş dasitik kayaçlardaki background değeri 2 ppb civarındadır (Özgür ve Palacios, 1990; Özgür, 1993). Au Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında 2 ile 80 ppb arasında değişen değerler gösterir ve 80 ppb üzerinde olan anomali değeri ile temsil edilir. Burada özellikle dikkate değer sonuç olarak yüksek Au değerinin daha çok derinde bulunan silisleşme ile ilişkili olmasıdır. Burada bazı kısımlar ekonomik olabilecek değerler vermektedir (Özgür, 1993). Murgul Cu yatağında pozitif anomali veren Cu, F ve Au elementlerine karşın Ti, Mn ve NTE hidrotermal alterasyon ve bununla ilişkin olarak cevherleşme zonlarında önemli derecede olan azalma değerleriyle kendilerini göstermektedir. Ti az altere olmuş kayaçlarda 1000 ppm olan background değeri ile temsil edilmektedir. Bu değer özellikle serizitleşme ve silisleşme alterasyon zonlarında 100 ppm değerine kadar düşmektedir (Şekil 13 ve 31). Burada Ti genellikle sfen ve bir miktar rutile veya anatasa bağlı olmaktadır. Bu tür mineraller hidrotermal alterasyon esnasındaki termodinamik kosullarda duraylı değildirler ve bu yüzden Ti azalması söz konusu olmaktadır. Aynı davranışı azalma değeri ile Mn göstermektedir. Mn 150 ppm olan bölgesel background değeri ile temsil edilirken burada 10 ppm değerine kadar düşmektedir. Burada Mn özellikle biyotit, feldspatlara ve muhtemelen volkanik cama balı olup hidrotermal alterasyon esnasında ortam uzaklaşarak azalma değeri göstermektedir. Bununla birlikte NTE özellikle silisleşme zonunda negatif anomali ile temsil edilmektedir. Murgul Cu yatağında cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastiklerde Na, K, Ca ve Rb gibi alkali ve toprak alkali elementler feldspatların yoğun hidrotermal alterasyona bağlı olarak bozusması dolayısıyla önemli derecede olan azalma değerleriyle kendilerini göstermektedirler (Özgür, 1985).

Murgul Cu yatağında bulunan dasitik piroklastiklerde hidrotermal alterasyon etkisiyle SiO₂ içeriği % 66,80 ile 94,38 arasında değişmektedir. Bu kayaçlar hidrotermal alterasyon evresinde başlangıçtan sona kadar silisleşme etkisinde kaldıklarından Harker diyagramlarında SiO₂ değerine karşı majör oksitlerin kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu yüzden bu tür kayaçlarda immobil element olan Zr'a karşı bazı majör oksit değerlerinin konulması uygun görülmektedir (Şekil 28). Burada var olan örnekler farklı derecede silisleşmeye uğradıklarından Zr elementine karşı düzensiz bir dağılım göstermektedir. Diğer taraftan K₂O ve Al₂O₃ değerleri Zr ile pozitif korelasyon sunmakta olup bu genelde doğrudan potasik feldspatların fraksiyonlaşması ile ilgili olabilir. Ayrıca genel olarak TiO₂ ile olan pozitif korelasyon TiO₂ fraksiyonlaşması ve P₂O₅ ile görülen pozitif korelasyon dasitik piroklastiklerde bulunan (F)-apatit fraksiyonlanması ile ilgili olabilir. Burada söz konusu olan Al, Ti ve Zr gibi elementler hidrotermal alterasyon karşısında hareketsiz özellik taşıdıklarından dolayı pozitif korelasyon göstermektedirler.



Şekil 27. Murgul Cu yatağı Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarında Ti, Mn, F, Cu, Au ve toplam NTE dağılımı. Ti, Mn, F, Cu Au ve toplam NTE değerleri Özgür ve Palacios (1990)' dan alınmıştır.



Şekil 28. Murgul Cu yatağı yan kayacı olan dasitik piroklastikler ve onları örten dasit lavları içinde bulunan majör element oksitlerinin immobil Zr ile ilişkilerini gösteren diyagram. Dasitik piroklastikler: içi boş daireler (beyaz), Dasit lavları: içi dolu daireler (kırmızı).

Primitif mantoya göre normalize edilmiş Spider diyagramında Murgul Cu yatağı Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarına ait örnekler LIL elementler (Cs, Rb, Ba, U) açısından zenginleşme göstermekte ve negatif Nb anomalisi vermektedir (Şekil 29). LIL elementlerde görülen zenginleşmeler ve HFS elementlerde (örneğin Nb, Ta, Ti, Zr, vb.) görülen fakirleşmeler yay magmatizmasının genel karakteristik özellikleri olarak bilinmektedir (Pearce ve Cann, 1973; Pearce ve Nurry, 1979; Pearce, 1982; Shervais, 1982 ve 2001). Ba açısından gözlenen aşırı zenginleşmeler dasitik piroklastikler içerisinde yer alan hidrotermal alterasyona bağlı olarak oluşan sekonder baritlere dayanmaktadır. Burada Sr iki örnek dışında negatif anomali vermektedir. Burada Sr hareketli bir element olmasından dolayı hidrotermal alterasyon koşulları altında ortamdan uzaklaşmış olabilir.



Şekil 29. Murgul Cu yatağında bulunan dasitik piroklastikler ve dasit lavların primitif manto normalize Spider diyagramı. Dasitik piroklastikler: içi boş daireler (beyaz); Dasit lavlar: içi dolu daireler (kırmızı).

5. 2 Sıvı kapanımı çalışmaları

5.2.1 Örnek alımı ve yöntemler

Murgul Cu yatağında şimdiye değin detaylı sıvı kapanımı çalışmaları yapılmamıştır. Sınırlı sayıda kuvars örneklerinde yapılan ölçümler cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal çözeltilerin 100-285 °C arasında homojenleşme sıcaklığına ve % 2-19 arasında değişen NaCl eşdeğerindeki tuzluluğa işaret ettiğini göstermektedir (Özgür 1985: Gökçe 2001). Cevher getirici hidrotermal çözeltilerin tuzluluğu diğer bir çalışmada (Zerener, 2005) % 2-5 NaCl eşdeğerine sahip olarak verilmekte ve burada hidrotermal çözeltiler için 100-290 °C arasında bir homojenleşme sıcaklığı öngörülmekte ve hidrotermal çözeltiler NaCl tipi sular olarak adlandırılmaktadır. Bu soruna daha güvenilir bir yanıt verebilmek amacıyla bu araştırma projesi kapsamında ayrıntılı sıvı kapanımı çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bu araştırma projesi kapsamında öngörülen çalışmalar çerçevesinde 2005 ve 2006 yılları yaz ve güz aylarında arazi çalışmaları yapılmış olup Murgul Cu yatağı bünyesinde bulunan Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarının farklı seviyelerinden üç farklı cevherleşme tipi ve sekonder birincil ve ikincil kuvarslar gang minerali olarak dikkate alınarak 83 lokasyondan yan kayaç, kuvars, barit, sfalerit, pirit ve kalkopirit olmak üzere toplam 83 adet örnek alınmış bulunmaktadır (Ek 1 ve 2; Şekil 11 ve 31). Alınan bu örnekler arazi çalışmalarından sonra laboratuarda daha detaylı bir şekilde makroskobik olarak tanımlandıktan ve resimlendikten sonra bunlardan (1) 71 adet ince kesit, (2) 15 adet parlak kesit, (3) 53 adet sıvı kapanım kesiti, (4) 12 adet sıvı kapanım kesiti (anyon, katyon ve duraylı izotop analizleri) ve (5) 34 adet pirit ve kalkopirit minerallerinde δ^{34} S analizleri için örnekler hazırlanmıştır (Ek 1). Ayrıca bunlardan - aynı ekte görüldüğü gibi - 30 adet örnekte jeokimyasal analiz ve 40 adet örnekte de XRD analizi ve değerlendirmesi yapılmıştır.

Bu hazırlanan kesitlerde sıvı kapanımı parametrelerini ölçebilmek için Olympus BX60 polarizan mikroskobu ve Linkam MDS 600 ısıtma-dondurma sistemine uzaktan odaklanan - 196 °C ile +600 °C sıcaklıklara uzak mesafede çalışabilen 50 ve 100 büyütmeli, 15X oküler ve 2X büyütme adaptörü monte edilmiştir. Böylece 3000X (100x15x2) sağlanarak çok küçük boyutlu (0,1 μ m) sıvı kapanımları incelenmiştir.

Sıvı kapanımlarının olağandan çok daha küçük olması, Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında yer alan Murgul Cu yatağının tektonik olarak aktif bir bölgede bulunduğunu göstermektedir. Bu yüzden incelenen kuvars kristalleri çok yaygın deformasyon lamelleri ve dalgalı sönme olarak belirlenen mikrotektonik izler göstermektedir (Şekil 30; Passchier, 1996). Bu tektonik deformasyonlar sırasında kuvarsta bulunan sıvı kapanımlarının boyutları, bileşimleri ve yoğunluklarında değişimler olabilmekte ve/veya sıvı kapanımı tamamen boşalabilmektedir. Bu nedenle incelenen kuvarslardaki büyük boyutlu kapanımların bir çoğu boşalmıştır.

Sıvı kapanımı ölçümleri yalnız birincil kökenli sıvı kapanımlarında yapılmıştır (Ek 4). Birincil ve ikincil kökenli sıvı kapanımlarının ayırt edilmesinde Roedder (1984)'de verilen ayrıntılı kriterler kullanılmıştır. Birincil ve ikincil kökenli sıvı kapanımlarında (1) sıvı veya buhar - tek fazlı kapanımlar, (2) sıvı ve buhar - iki fazlı sıvı kapanımlar ve (3) sıvı, buhar ve sıvı karbondioksit (sıvı CO_2) – üç fazlı kapanımlar olmak üzere üç tip sıvı kapanımı gözlenmiştir. Bunlar aşağıdaki detaylı olarak tanımlanmıştır.

5.2.2 Kapanımlar

5.2.2.1 Sıvı veya buhar - tek fazlı kapanımlar (Tip 1)

Bu kapanımlar tüm örneklerde yaygın olarak bulunmaktadır (Şekil 32A). Çoğunlukla düzgün negatif kristal şekilli ve oldukça küçüktürler (3-8 µm). Sadece sıvı fazı içeren kapanımlar oda sıcaklığında tek fazlı görülmelerine karşın ısıtma ve soğutma deneyleri sırasında buhar kabarcığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum ortamda duraylı olmayan çözeltilerin varlığına işaret etmektedir.

5.2.2.2 Sıvı ve buhar-iki fazlı sıvı kapanımlar (Tip 2)

Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarına ait 53 adet örnekten 39 adetinde sıvı ve buhar-iki fazlı kapanımlar için 20 adet ölçüm yapılmıştır (Ek 4). Bu grupta iki çeşit sıvı kapanımı bulunmaktadır: sıvıca zengin ve buharca zengin olanlar. Her iki tür kapanım aynı bir kesitte yan yana görülebilmektedir (Şekil 32 B, D). Sıvıca zengin olanlarda buhar kabarcığının çapı küçüktür. Bunlar sıvı kapanımının hacimsel ve alansal olarak düşük bir oranını oluşturmakta

ve buharca zengin kapanımlara göre daha düşük homojenleşme sıcaklıkları göstermektedir. Buharca zengin olanlarda ise buhar fazı kapanımın çok büyük bir kısmını doldurur ve daha yüksek homojenleşme sıcaklıkları verirler. Bu kapanımların varlığı cevherleşme ortamında kaynama şartlarının gerçekleştiğine işaret etmesi bakımından önemlidir (Bodnar ve diğ., 1985). Burada buhar/sıvı oranı tahminen % 20-25 olan kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı yaklaşık 150-200 °C bir değer verirken bu oran % 30-40 olduğunda 250-350 °C arasında bir homojenleşme sıcaklığı söz konusu olmaktadır.



Şekil 30. (A) Anayatak açık ocağı kuvarsında (Örnek: MP-19) deformasyon lamelleri, (B) Anayatak kuvarsında (Örnek: MP-26) dalgalı sönme.

5.2.2.3 Sıvı karbondioksit (sıvı CO₂) içeren kapanımlar (Tip 3)

Bunlar tip 2 sıvı kapanımlarından sonra en bol bulunanlardır. Bu kapanımlarda sıvı+buhar+sıvı CO_2 üç faz birlikte bulunmaktadır (Şekil 32C).



Şekil 31. Murgul Cu yatağına ait örnek lokasyon haritası. Örnek lokasyonlarının koordinatları Ek 1'de bulunmaktadır.

5.2.3 Sıvı kapanımı ölçümleri

Çoğunlukla Tip 2, daha az olarak Tip 3 kapanımlarında, birincil ve yeterli büyüklükte (3-10 μ m) olanlarda ısıtma ve soğutma deneyleri yapılmıştır. Ölçümler Olympus BX60 marka mikroskoba monte edilmiş olan Linkam MDS 600 tablası ve aksesuarları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihazın çalışma aralığı –196 ile +600 °C olup düşük sıcaklıkları elde etmek için sıvı azot kullanılmıştır. 100 büyütmeli uzak mesafeden netleşebilen, yüksek sıcaklıklarda zarar görmemesi için sıvı azot buharı ile soğutulan özel bir objektif kullanılmıştır. Ölçümler uluslararası sıvı kapanım standartları ile sürekli denetlenerek \pm 0,5 °C hata ile çalışılmıştır.



Şekil 32. (A) Anayatak açık ocağı kuvarsında (MP-12) tek fazlı sıvı kapanımlar (Tip 1), (B) Çakmakkaya kuvarsında (MP-44) sıvı ve buhar-iki fazlı sıvı kapanımlar (Tip 2), (C) Çakmakkaya kuvarsında (MP-44) sıvı karbondioksit (sıvı CO₂) içeren kapanımlar (Tip 3) ve (D) Anayatak kuvarsında (MP-12) değişik buhar/sıvı oranındaki kapanımlar ve tek fazlı kapanım (Tip 1).

5.2.3.1 Homojenleşme sıcaklığı (Th °C) ölçümleri

Sıvı ve buhar- iki fazlı kapanımların ısıtılması sırasında gaz kabarcığının sıvı içinde çözünüp tek faza geçişin gerçekleştiği sıcaklığa homojenleşme sıcaklığı denilmektedir. Bu sıcaklık aynı zamanda sıvı kapanımın bulunduğu mineralin minimum oluşum sıcaklığıdır ve basınç düzeltmeleri yapılarak ilave derecelerle gerçek oluşum sıcaklığı hesaplanabilmektedir. Murgul Cu yatağından alınan yan kayaçlarda cevherleşme gang minerali olan kuvarslarda hem tek fazlı sıvı ve hem de tek fazlı gaz kapanımları bulunmaktadır. Bu durumda iç basınç ya dış basınçtan büyük ya da bunlar birbirlerine eşittir. Bu durumda homojenleşme sıcaklığı cevherleşmenin oluşum sıcaklığına eşittir. Bu yüzden kaynama şartlarının gerçekleştiği hidrotermal ortamlarda basınç düzeltmelerine gerek bulunmamakta ve homojenleşme sıcaklıkları gerçek cevherleşme oluşum sıcaklıklarını vermektedir (Roedder,1984; Potter, 1977). Homojenleşme sıcaklıkları Anayatak ve Çakmakkaya açık ocakları kuvarslarında benzer sıcaklıklar olup tamamen benzer dağılımlar görülmektedir (Ek 4; Şekil 33). Sekonder birincil ve ikincil kuvarslarda homojenleşme sıcaklığı en düşük 150 °C ve en yüksek 350 °C arasında ölçülmüştür. Üç temsil edici sıcaklık aralığı vardır: 150-200 °C (ortalama 179,8 °C), 200-250 °C (ortalama 226.5 °C) ve 250-300 °C (ortalama 266 °C).



Şekil 33. Murgul Cu yatağında Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarından alınan cevherleşme ile ilgili sekonder kuvars örneklerinde sıvı kapanımı homojenleşme sıcaklıkları dağılım diyagramı.

Anayatak açık ocağından alınan bir kuvars örneğinde (MP-44) bulunan sıvı kapanımının mikrotermometrik ölçüm aşamaları (dondurma-ısıtma) aşağıda görülmektedir (Şekil 34):



Şekil 34. Anayatak açık ocağından alınan kuvars örneğinde (MP-44) bulunan Tip 2 kapanımında ısıtma ve soğutma deneyleri sırasında gözlenen faz değişimleri (A) Sıvı kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü, (B) –44 °C de sıvı faz dondu, buhar kabarcığının küresel şekli bozuldu, (C) Donmuş sıvı fazdaki bütün buz kristalleri ergidi (Tmıce:– 5,3 °C), (D) 270 °C de buhar kabarcığı küçülüyor, (E) 280 °C de buhar kabarcığı küçülmeye devam ediyor (F) Buhar kabarcığının sıvı fazda tamamen çözünmesiyle homojenleşme gerçekleşti (Th: 293 °C).

5.2.3.2 Soğutma deneyleri ve tuzluluk hesaplamaları

Tip 2 kapanımlarında tuzluluğu hesaplarken soğutma deneylerinden her bir sıvı kapanımının tuzlu çözeltisinin en son buz kristalinin ergime sıcaklığı ölçülür (Şekil 35). Elde edilen ergime sıcaklıkları Bodnar (1993) eşitliğinden yararlanılarak % NaCl eşdeğerleri olarak hesaplanmıştır. Tuzluluk Anayatak ocağından alınan sekonder birincil ve ikincil kuvarslara ait sıvı kapanımlarında % 2-12 NaCl eşdeğerine (ortalama: % 6-9 NaCl eşdeğeri) sahiptir (Şekil 36). Buna benzer bir şekilde Çakmakkaya açık ocağından alınan sekonder birincil ve ikincil ve ikincil ve ikincil kuvarslara ait sıvı kapanımlarında tuzluluk değeri % 2-14 NaCl eşdeğerinde (ortalama: % 5-9 NaCl eşdeğeri) hesaplanmıştır.

Şekil 37 Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarından alınan sekonder birincil ve ikincil kuvars örneklerine ait tuzluluk değerlerine ve son buz ergime sıcaklığına karşı homojenleşme sıcaklığının değişimini göstermektedir. Bu diyagramda hem tuzluluk değerleri hem de homojenleşme sıcaklıkları oldukça geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu dağılım hidrotermal çözeltide kaynama şartlarının gerçekleştiğinin bir yansıması olabilir. Ortamda kaynama şartlarının gerçekleştiğini (1) tek fazlı (Tip 1) kapanımların yaygın olması, (2) düşük ve yüksek sıcaklık kapanımlarının yan yana bulunmaları ve (3) sıvı kapanımlarında buhar/sıvı oranının geniş bir aralıkta değişmesi göstermektedir (Roedder, 1984). Burada her iki tip kuvars jenerasyonunda artan homojenleşme sıcaklığı ile doğru orantılı olarak tuzluluk değerlerinde artma eğilimi gözlenmektedir.

5.2.4 Sıvı kapanımlarında duraylı izotoplar, anyon ve katyonlar

Oksijen (δ^{18} O) ve hidrojen (δ D) izotopları jeokimyası incelemeleri için saçınımlı, stockwork ve damar tipi cevherleşmelerini temsil eden farklı jenerasyonlara ait kuvars örnekleri sıvı kapanımı çalışmaları da dikkate alınarak seçilmiştir. Bu örneklerde Çin Halk Cumhuriyeti Yerbilimleri Akademisi Maden Yatakları Enstitüsü'nde δ^{18} O ve δ D analizleri yapılmıştır (Çizelge 1). Burada sıvı kapanımlarında δ^{18} O analizleri BrF₅ analitik yöntemi ve V-SMOW standardı kullanılarak MAT253 EM ile yapılmıştır. Burada hata payı ‰ 0.2 olmaktadır. Sıvı kapanımlarında δ D analizleri için V-SMOW standardı yanında dekrepsiyon ve çinko indirgeyici ile H₂O ortaya çıkaran yöntem kullanılmıştır. Burada MAT253 EM devreye sokulmuş olup bunun hassasiyeti ‰ 0,2 den daha az olmaktadır.



Şekil 35. Anayatak açık ocağından alınan kuvars örneğinde (MP-40) bulunan Tip 3 kapanımında ısıtma ve soğutma deneyleri sırasında gözlenen faz değişimleri(A) Sıvı kapanımın oda sıcaklığındaki görünümü, küresel-koyu gri gaz-CO₂ fazı ve çevreleyen ince hale şeklinde sıvı-CO₂, diğer kısımlarda çözelti görülmektedir, (B) -30 °C de sıvı-CO₂ fazı donmuştur, çözeltinin donduğu sıcaklık gözlenememiştir, (C) -100 °C de gaz-CO₂ dondu ve gaz-CO₂ kabarcığının küresel şekli bozuldu, (D) -57 °C de gaz-CO₂ kabarcığı çözündü (-56,6 CO₂ nin faz-üçlü noktasıdır), (E) Sıvı kapanımın 0 °C deki görünümü, (F) 4 °C de klatrat kristalleri eriyor, (G) 7 °C de klatrat kristalleri tamamen ergidi (Tm_{clt} °C), (H) 20 °C de gaz-CO₂ tamamen çözündü ve homojenleşme gerçekleşti, (J) 270 °C de gaz/sıvı kabarcığı küçülmeye başladı, (K) 290 °C de gaz/sıvı kabarcığı küçülmeye devam etti, (L) Gaz/sıvı kabarcığı tamamen homojenleşti (T_h: 300 °C).


Şekil 36. Murgul Cu yatağına (Çakmakkaya ve Anayatak) ait sıvı kapanımlarda tuzluluk dağılım diyagramı. Anayatak'a ait kuvars ve barit kristallerinde ve Çakmakkaya kuvarsları sıvı kapanımlarında yapılan soğutma deneylerinde görülen en son buz kristallerinin ergime sıcaklıklarından (Tm_{ice}) giderek tuzluluk değerleri Bodnar 1993'den yararlanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 37. Murgul Cu yatağının (Çakmakkaya ve Anayatak) kuvars kristallerindeki sıvı kapanımlarına ait homojenleşme sıcaklıkları (T_h °C) ve tuzluluk değerlerinin (% NaCl eşdeğeri) dağılımı.

Örneklerin δ¹⁸O değerleri + ‰ 8,2 ile + ‰11,7 (SMOW) (Çizelge 1) arasında değişmekte olup bunlar (i) Gökçe (2001) değerleri ve (ii) magmatik kayaçlara ait değerlerle (Taylor ve Sheppard, 1986) uyuşmaktadır. Bu durum hidrotermal alandaki kuvarsları oluşturan çözeltilerin magmatik olabileceğini veya çözeltilerin kökeni ne olursa olsun bunların magmatik kayaçlar ile denge halinde olabileceğini göstermektedir (Faure, 1986; Gökçe, 2001). Sıvı kapanımlarındaki kuvarslarla denge halinde olması gereken hidrotermal çözeltilerin δ¹⁸O değerleri sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklıkları dikkate alınarak Ligang ve diğ. (1989) tarafından 180-550 °C ve % 5, 25 ve 40 NaCl eşdeğeri tuzluluk için geliştirilen 1000 lnα = D (106)/T2 + E (103)/T + F (D: 3,306; E= 0, 00; F:- 2,71) formül ve ilgili parametreleri kullaılarak sıvı kapanım içerisindeki suyun δ¹⁸O değeri hesaplanmıştır. Burada hesaplanan δ¹⁸O değerleri ‰ -2,68 ile ‰ +2,24 (V-SMOW) arasında bulunan alanda dağılım göstermektedir (Çizelge 1).

Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarından alınan kuvars örneklerindeki sıvı kapanımı içinde bulunan hidrotermal çözeltinin δD değerleri ‰ -95 ile ‰ -70 (SMOW) arasında değişmekte olup burada genel olarak hafif hidrojen izotopları söz konusu olmaktadır. Buna karşın Gökçe (2001) ile karşılaştırıldığında orada bir δD değeri ‰ -35,5 (SMOW) ile ağır hidrojen izotopu ölçülmüş bulunmaktadır. Bu analiz sonuçları δD ve $\delta^{18}O$ Diyagramına taşındığında Murgul Cu yatağının Kuroko tipi masif sülfit yatağından oldukça farklı bir alanda yer aldığı gözlenir (Şekil 38). Ayrıca δD değerlerinin Gökçe (2001) ölçümlerine göre daha çok hafif hidrojen izotoplarına işaret ettiği izlenimini vermektedir. Bu durumda Murgul Cu yatağının oluşumunda önemli rol oynayan hidrotermal çözeltilerin daha çok meteorik kökenli olabileceği ortaya çıkmaktadır. Bu durum Gökçe (2001) duraylı izotop analizlerinin çoğunluğu tarafından teyit edilmektedir. Çizelge 1. Murgul Cu yatağı açık ocaklarından alınan kuvars örneklerinde bulunan sıvı kapanımlarının δ^{18} O ve δ^{D} değerleri. 10^{3} . In α (kuvars-su) değerleri Ligang ve diğ. (1989)'dan yararlanılarak hesaplanılmıştır.

Örnek No	Sıvı kapanımları içindeki	Kuvarslara ait δ^{18} O değerleri	Sıvı kapanımlarında ölçülmüş	10^3 . In α	Kuvars ile denge halindeki su için
	suyun δ^{D} değerleri	(‰ V-SMOW)	ortalama homojenleşme	(Kuvars-su)	hesaplanmış δ^{18} O değerleri
	(‰ V-SMOW)		sıcaklıkları ° C		(‰ V-SMOW)
MP-2	-79	9.8	220 °C	10,88	-1,08
MP-10	-75	10.5	230 °C	10,35	0,15
MP-11	-95	11.7	240 °C	9,84	1,86
MP-14	-70	8.7	250 °C	9,37	-0,67
MP-20	-80	8.2	220 °C	10,88	-2,68
MP-26	-82	8.5	240 °C	9,84	-1,34
MP-40	-83	9.6	250 °C	9,37	0,23
MP-41	-74	9.4	240 °C	9,84	-0,44
MP-46	-79	11.2	250 °C	9,37	2,24

Masif sülfit yataklarına ait sıvı kapanımlarında yapılan bu tür duraylı izotop çalışmaları oldukça azdır. Bu tür izotop çalışmasını Ohmoto ve Rye (1974) ilk defa Kuroko yataklarında yapmışlardır. Burada δD değerleri ‰ -26 ile -18 arasında değişirken $\delta^{18}O$ değerleri ‰ -1,6 ile -0,3 arasında kalmaktadır. Buna dayanarak araştırıcılar hidrotermal çözeltinin kökeninin (i) meteorik, magmatik ve deniz suyu karışımına, (ii) yüksek sıcaklık koşullarında yan kayaçla etkileşim dolayısıyla $\delta^{18}O$ ile zenginleşmiş meteorik ve deniz suyu ve meteorik su karışımına ve (iii) yankayaçla etkileşim sonucu $\delta^{18}O$ ve δD bileşimi değişmiş deniz suyuna bağlamışlardır (Gökçe, 2001).

Daha sonra Ohmoto ve Rye (1979) Kızıldeniz ve Pasifik sırtında yaptıkları izotop çalışmalarında sıvı kapanımlarında deniz suyununkine benzer değerler elde etmişler ve masif sülfit cevherleşmesini oluşturan çözeltilerin kökenini deniz suyuna dayandırmışlardır. Kuroko tipi yataklarda bulunan sıvı kapanımlarında buna karşın saptanan δ^{18} O ve δ D değerleri ise deniz suyuna göre farklı olup burada bu yataklarla ilgili olarak çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır (Ohmoto ve Rye, 1974; Ohmoto, 1986; Pisutha-Arnond ve Ohmoto, 1983). Bunun yanında bu yataklardaki cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin kökenini magmatik olduğunu ve deniz suyu ile karıştığını Urabe ve Sato (1978) ileri sürmüşlerdir. Murgul Cu yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin duraylı izotoplarca konumu daha çok meteorik su ve magmatik kayaç etkileşim eğrisine (Şekil 38'de 1 nolu eğri) uymaktadır. Buna uygun olarak kuvarslar içinde bulunan sıvı kapanımlarında ölçülen δ^{18} O değerlerinden yararlanılarak Murgul Cu yatağı volkanik kayaçlarının olası izotopsal bileşiminin 3b noktası (Şekil 38) çevresinde olabileceği kestirilmiştir (Gökçe, 2001). Ayrıca Murgul cevherleşmesini oluşturan hidrotermal çözeltilerdeki suyun ilksel izotopsal bileşiminin 3a noktası civarında olduğu ve 3 nolu eğri üzerinde izotopsal değişim göstererek cevherleştiği tahmin edilmektedir.



Şekil 38. Murgul Cu yatağında bulunan kuvars örneklerindeki sıvı kapanımında yapılan δ^{18} O ve δ D değerlerinin karşılaştırılması. Bu diyagramda yapılan çalışmalarda Gökçe (2001)'den yararlanılmıştır.

Murgul bakır yatağı Anayatak ve Çakmakkaya açık ocaklarından alınan farklı jenerasyonları temsil eden kuvarslarda bulunan sıvı kapanımı içinde katyon (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) ve anyon (F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) analizleri Çin halk Cumhuriyeti Maden Yatakları Enstütüsü'nde (Pekin) Shimadzu HIC-SP Super iyon kromatografisi ile analiz edilmiştir (Çizelge 2). Standartlar Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Araştırma Merkezi tarafından sağlanmıştır.

Burada elde edilen analizlerde Na⁺, K⁺, Mg²⁺ ve Ca²⁺ değerlerinin Cl⁻ değerlerine karşı ilişkisi incelenmiştir (Şekil 39). Na⁺/Cl⁻, K⁺/Cl⁻ ve Ca^{2+/}Cl⁻ ilişkileri pozitif korelasyon eğilimi verirken Mg²⁺/Cl⁻ ilişkisi negatif bir trend eğilimi verebilecekmiş izlenimi yaratmaktadır. Sıvı 5kapanımı içindeki katyon ve anyon değerleri modern deniz suyu değerleri (Holland 1978; Damm 1990) ile karşılaştırıldıklarında modern deniz suyu ve deniz suyundan oluşan sıvı kapanımlarından (de Ronde, 1998) farklılık göstermektedirler. Bu durum Murgul Cu yatağını

oluşturan hidrotermal çözeltilerin daha çok meteorik kökenli bir eğilimde olduğunu ve deniz suyu karışımının oldukça az olduğuna işaret etmektedir. Bu izlenimi sıvı kapanımlarında bulunan ve ölçülebilir değerlerin altında bulunan Br- değerleri ayrıca desteklemektedir (Çizelge 2). Burada farklı kuvars jenerasyonları sıvı kapanımları içinde bulunan anyon ve katyon değerleri itibariyle farklılık göstermektedirler. Bu farklı kuvars jenerasyonlarının farklı tip ve nitelikte çözeltilerden mi oluştuğu veya çözeltilerin farklı kuvars jenerasyonlarını oluştururken kimyasal olarak ne tür bir değişim gösterdiği mevcut olan analiz sayısının azlığından dolayı kesin olarak ortaya konulamamıştır. Bunun yanında bu izlenimi araştırıcılar proje kapsamı dışında daha fazla analizlerle destekleyerek ileride bir başka çalışma kapsamında açıklamaya çalışacaklardır. Elde edilen sıvı kapanımları içinde bulunan anyon ve katyon değerleri Murgul Cu yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin daha çok Na-Ca-(SO₄)-HCO₃ tipi sular (?) olarak adlandırılabileceği izlenimini bırakmaktadır.

Çizelge 2. Murgul bakır yatağında farklı jenerasyona ait kuvarslarda ve bir barit mineral fazında bulunan sıvı kapanımlarında anyon ve katyon değerleri (Bu değerler 100-500 °C sıcaklık aralığında ölçülmüştür). Mineral fazlarından sonra parantezler içindeki rakamlar ilgili minerallerin jenerasyonlarını göstermektedir. Modern deniz suyu değerleri Holland (1978) ve Damm (1990)'dan alınmıştır. bdl: below detection limit, nd: not determined.

Örnek no			Katyo	onlar (mg/	/1)		Anyonla	ır (mgl/l)		
	Mineral	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F-	Cl	NO ₃	SO ₄ ²⁻	Br-
MP-2	Sekonder 3. Kuvars	5,46	bdl	bdl	3,43	0,28	5,82	1,03	26,56	bdl
MP-10	Sekonder 3. Kuvars	5,33	11,7	4,66	9,25	0,22	3,68	0,79	28,16	bdl
MP-11	Sekonder 3. Kuvars	3,70	6,08	5,47	12,68	0,1	2,96	0,50	17,99	bdl
MP-14	Kuvars (cevhersiz)	1,65	bdl	bdl	1,31	0,06	2,66	0,26	2,78	bdl
MP-20	Sekonder 3. Kuvars	3,35	4,04	bdl	1,87	0,07	3,24	0,15	4,56	bdl
MP-26	Sekonder 3. Kuvars	1,48	0,72	bdl	1,34	0,01	1,20	0,58	5,38	bdl
MP-35	Sekonder 3. Kuvars	3,27	bdl	bdl	6,77	0,09	2,70	0,65	13,17	bdl
MP-36	Sekonder 2. Kuvars	6,20	5,17	1,03	3,35	0,08	8,29	0,14	6,34	bdl
MP-40	Sekonder 2. Kuvars	1,37	bdl	bdl	1,73	0,05	0,56	0,10	3,62	bdl
MP-41	Sekonder 3. Kuvars	1,75	bdl	bdl	2,06	0,04	0,66	0,09	1,17	bdl
MP-46	Sekonder 2. Kuvars	4,46	21,2	bdl	bdl	0,13	1,08	0,25	33,17	bdl
MP-7	Barit	8,38	9,59	bdl	3,43	0,05	2,33	0,40	bdl	bdl
MDS	Modern deniz suyu	10.772	388	1.294	413	nd	19.363	nd	2.708	68



Şekil 39. Murgul Cu yatağı cevherleşme yan kayacı gang minerali olan kuvarsta bulunan sıvı kapanımları içindeki alkali ve torak alkali elementlerin Cl⁻ ile ilişkisini gösteren diyagram.

5.3 Kükürt izotopu jeokimyası

Kükürt izotopları analizi için önce farklı mineral fazları cevherli dasitik piroklastiklerden makroskobik olarak ayrılmış ve bunlar daha sonra öğütülerek bir kuru elemeye tabi tutulmuş ve aseton ile yıkanmışlardır. Buradan tane boyu 0,1-0,2 mm arasında kalan örnekler binokular mikroskop altında farklı mineral fazları olarak ayıklanmıştır. Murgul Cu yatağı cevherleşmesinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit, kovellin ve barit örneklerinde δ^{34} S

analizleri Federal Almanya Cumhuriyeti GSF-Institut für Hidrologie (Neuherberg) laboratuarlarında gerçekleştirilmiş olup bunlar Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Lahanos, Madenköy ile Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan Kıbrıs tipi yatak olan Küre Cu yataklarıyla karşılaştırılmış bulunmaktadır (Şekil 40). Bu izotoplar ayrıca Gökçe (2000) verileriyle detaylı bir şekilde karşılaştırmaya tabi tutulmuştur.



Şekil 40. Murgul Cu yatağından alınan örneklerin δ^{34} S değerleri ve bunların jenetik oluşumu iyi bilinen diğer yataklarla karşılaştırılması.

Burada özellikle stockwork ve damar tipi cevherleşmeyi temsil eden piritlerin δ^{34} S değerleri 1,30 ile 6,42 ‰ (n=9) arasında değişmekte olup aritmetik ortalamaları ‰ 3.66 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Murgul'da Gökçe (2000) ve Tüysüz (2000) ile özellikle Madenköy'de (Çağatay ve Eastoe, 1995) değerleri ile uyuşmakta olup sıfıra yakın pozitif değerler olarak adlandırılabilir. Aynı şekilde stockwork cevherleşmesi ve damar tipi cevherleşmeyi temsil eden kalkopirit örnekleri δ^{34} S değerleri 2,41 ile 4,26 ‰ (n=20) arasında değişmekte olup aritmetik ortalamaları ‰ 2,81 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Lahanos ve Madenköy masif sülfit yatakları değerleri (Özgür, 1993a) ile uyumluluk gösterirken Gökçe (2000) değerlerinden ayrılmaktadırlar. Gökçe (2000) değerleri genellikle sıfıra yakın negatif değerler olarak belirlenirken bu çalışmaya ait değerler buna karşın sıfıra yakın pozitif değerler olarak görülmektedir.

Ayrıca cevherleşmeler içinde yer alan kovellin içindeki δ^{34} S değeri 1,07 ‰ ve barit içindeki δ^{34} S değeri 2,81 ‰ olarak ölçülmüştür. Bu durum Murgul Cu yatağındaki tüm mineral fazlarının sıfıra yakın pozitif değerli olduğunu ve bu yatağın Kuroko tipi yataklardan daha düşük olan δ^{34} S değeri ve porfiri tipi Cu yataklarından onlardan daha yüksek olan δ^{34} S değeri ile avrıldığını göstermektedir. Burada tüm mineral fazlarında δ^{34} S değerlerinin pozitif ve sıfıra yakın olması yatağı oluşturan mineral fazlarının aynı kükürt kaynağından beslendiğini ve kaynağın oldukça homojen bir izotopsal bileşime sahip olduğunu göstermektedir (Gökçe, 2000). Ayrıca aynı araştırıcı dasitik piroklastik Yankayaç içindeki piritlerin izole saçınımlar seklinde bulunması ve bunların birbirine yakın δ^{34} S değerlerine sahip olmasından dolayı kükürdün kaynağının magmatik olabileceğini ileri sürmektedir. Bu magmatik kaynağı ayrıca δ^{34} S değerlerin pozitif sıfıra yakın olması ayrıca desteklemektedir (Rye ve Ohmoto, 1974; Ohmoto ve Rye, 1979; Ohmoto, 1986; Faure, 1987; Hoefs, 1987). Burada kükürt özellikle Murgul cevherleşmesi alanında magmatik volatil olarak (SO₂, H₂S, vb.) yan kayaç olan dasitik piroklastiklere ulaşmakta ve daha sonra özellikle jeotermal sistemlerde sülfit veya sülfat mineralleri olarak çökelmektedir (Arnorsson ve diğ., 1983; Iwasaki ve Ozawa, 1960; Saki ve Matsubaya, 1977; Özgür ve diğ., 2004). Batı Anadolu Bölgesinde Menderes Masifinde bulunan Hg, Sb ve arsenopritli Au yataklarının çözeltileri meteorik kökenli olup burada söz konusu olan kükürdün kaynağı da magmatik kökenlidir (Özgür ve diğ., 2004). Bu açıklanan son yatakların mineral parajenezi içinde ayrıca kalkopirit de bulunmaktadır. Murgul yatağında kalkopiritlerin oksitlenmesi ve böylece kovelline dönüşmesi mümkündür.

Sıra No	Örnek No	Örnek Tanımı	δ ³⁴ S	Standart	Sıra No	Örnek No	Örnek Tanımı	δ ³⁴ S	Standart
				Sapma					Sapma
1	MP-1	Kalkopirit	4,24	0,15	18	MP-52	Kalkopirit	1,41	0,00
2	MP-2	Kalkopirit	1,29	0,11	19	MP-53	Pirit	1,60	0,11
3	MP-10	Pirit	4,56	0,09	20	MP-54	Kalkopirit	0,48	0,03
4	MP-18	Kalkopirit	3,35	0,11	21	MP-56	Kovellin	1,07	0,15
5	MP-19	Kalkopirit	3,00	0,03	22	MP-56	Pirit	1,30	0,13
6	MP-21	Kalkopirit	3,15	0,38	23	MP-57	Kalkopirit	1,04	0,02
7	MP-23	Pirit	3,74	0,03	24	MP-58	Pirit	1,86	0,04
8	MP-26	Pirit	4,77	0,01	25	MP-58	Barit	2,81	0,19
9	MP-28	Pirit	3,76	0,04	26	MP-59	Sfalerit+Galen	4,26	0,21
10	MP-35	Kalkopirit	3,85	0,04	27	MP-60	Kalkopirit	2,85	0,16
11	MP-41	Pirit	4,97	0,06	28	MP-62	Kalkopirit	3,07	0,11
12	MP-45	Kalkopirit	1,87	0,03	29	MP-63	Kalkopirit	2,42	0,04
13	MP-46	Kalkopirit	2,33	0,07	30	MP-67	Kalkopirit	3,08	0,08
14	MP-47	Kalkopirit	2,43	0,07	31	MP-68	Kalkopirit	3,15	0,08
15	MP-49	Kalkopirit	3,83	0,07	32	MP-72	Kalkopirit	2,32	0,08
16	MP-50	Sfalerit+Galen	3,38	0,10	33	MP-73	Kalkopirit	3,94	0,00
17	MP-51	Sfalerit+Galen	2,41	0,14	34	MP-74	Pirit	6,42	0,02

Çizelge 3. Murgul Cu yatağından alınan çeşitli mineral fazlarında bulunan δ^{34} S değerleri.

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Doğu Karadeniz metalojenik kuşağı D-B yönünde yaklaşık 350 km uzunluğa ve K-G yönünde yaklaşık 60 m genişliğe sahip olup genel olarak Liyas-Miyosen yaşlı tipik ada yayını temsil eden volkanik kayaçlardan oluşmaktadır (Akın, 1978; Özgür, 1985). Murgul Cu yatağı bu metalojenik kuşağın KD kesiminde bulunmaktadır. Bu kuşakta bulunan kayaçlar yaklaşık 3000 m kalınlığa sahip olup içlerinde ardalanmalı olarak sedimanter kayaçlar bulundurmaktadır. Metalojenik kuşakta volkanizma Liyas ve Miyosen zaman aralığında üç evrede gelişmiş bulunmaktadır (Maucher, 1960; Maucher ve diğ., 1962; Sawa ve Sawamura, 1971; Mado, 1972; Akın, 1978):

- (i) İlk volkanik evre Liyas ile Üst Kretase arasında gelişmiş ve kendini Alt Bazik Seri (LBS) ile Alt Dasitik 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. İlk volkanik evrede bulunan ve Alt Bazik Seri içinde yer alan spilit ve spilitik tüfler Ti/Cr ve Ni ilişkisinde tektonik olarak Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının volkanik ada yayı özelliğini belirlemektedir (Şekil 4; Özgür, 1985; Schneider ve diğ., 1988).
- (ii) 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 mercekler ve andezitik-riyolitik lavlardan oluşmaktadır. Bu volkanik evre Maastrihtiyen yaşlı kireçtaşları tarafından örtülmektedir.
- (iii) Son volkanik evre Üst Dasitik Seri (UDS) ile temsil edilmektedir ve bazaltik ve andezitik lavlar tarafından örtülen Paleosen yaşlı denizel sedimentlerle başlamaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında masif sülfit yatakları altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Yan kayaç olan dasitik piroklastikler 150-300 m kalınlığa sahip olup Üst Kretase yaşlıdırlar. Metalojenik kuşağın doğusunda Cu egemenliği (Cu >> Pb + Zn)

batısında Pb + Zn üstünlüğü (Pb + Zn >> Cu) bulunmaktadır (Özgür, 1985). Batıda bulunan Madenköy yataklar Pb + Zn egemenliği için çok iyi bir örnek oluştururken doğuda bulunan Murgul Cu yatağı da Cu üstünlüğü için mükemmel bir örnek arz etmektedir.

Murgul Cu cevherleşmesi Doğu Karadeniz bölgesi Metalojenik Kuşağında bulunan diğer yataklar gibi (örneğin Madenköy ve Lahanos) altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Yankayaç olan bu dasitik piroklastikler 150-300 m kalınlığa sahip olup Senoniyen yaşlıdırlar (Buser ve Cvetic, 1973; Mado, 1972). Özellikle Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşmesi açık ocaklarında çok yoğun kayaç alterasyonu dolayısıyla yan kayaçılarda primer mineral içeren yan kayaç bulunmamaktadır. Bulunması oldukça güç olan az altere olmuş yan kayaç örneklerinde kayaç hamurunun fenokristaller (plajioklas – An₂₈₋₃₅ ve kuvars) ve plajioklas mikrolitleri (An₁₂₋₃₀), hornblend ve biyotit kalıntıları, kuvars ve aksesuar oranda bulunan apatit, sfen ve hematitten oluştuğu görülmektedir (Özgür, 1985; Özgür ve Schneider, 1988; Schneider ve diğ., 1988; Özgür, 1993a,b).

Murgul bakır yatağının jenetik olarak yorumu son 70 yılın en önemli tartışmalarından birini oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında alınan sonuçlar burada bu tartışmanın canlılığını koruduğunu ortaya koymaktadır. Bu tartışma ili ilgili olarak Murgul Cu yatağı jeolojik, jeokimyasal ve izotop jeokimyasal çalışmalar sıvı kapanımı incelemeleri ile birlikte dikkate alındığında Üst Kretase ada yayı volkanizması ile kıtasal koşullar altında oluşan subvolkanik-hidrotermal sisteme dahil edilmektedir. Murgul Cu yatağının subvolkanik özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

1. Yörede volkanik yan kayaçlar içinde çok nadir olarak bulunan ve lokal olarak ortaya çıkan denizel kökenli sedimentler an azından cevherleşme gösteren birinci volkanik evrenin üst kısımları için sığ deniz ortamına işaret etmektedir. Burada meydana gelen kuvvetli volkanik etkinlik Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında D-B yönünde yaklaşık 160 km uzunluk boyunca çeşitli kayaçlarla kendini göstermekte ve bir zincir şeklinde ortaya çıkmaktadır. Murgul Cu yatağında hem dasitik piroklastikler içinde bulunan sedimanter merceklerde ve hem de yatak çevresinde bulunan aynı yaştaki dasitik piroklastikler içinde stratiform cevherlesme bulunmamaktadır. Buna olarak cevherlesmenin, uygun volkanizmanın gelişimine bağlı olarak endojen kökenli olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Buna karşın özellikle metalojenik kuşağın batışında paleocoğrafik özellikler değişmekte ve

burada sinsedimanter cevherleşme ile birlikte denizel kökenli tüfler yer almaktadır (Maucher, 1960; Maucher ve diğ., 1962; Dieterle, 1986).

2. Murgul cevherleşmesinin içinde bulunduğu yaklaşık 300 m kalınlığa sahip olan dasitik piroklastik seviye hidrotermal çözeltiler ile ilk volkanik etkinliğin son safhasında şiddetli alterasyona maruz kalmış (Hedenquist ve Lowenstern, 1994) ve bunun sonucunda masif sülfit cevherleşmesi ortaya çıkmıştır. Burada alterasyon (i) ilk fazı oluşturan kaolenleşme ve serizitleşmeden oluşurken (ii) son faz baştan sona kadar devam eden silisleşme ürünü olmaktadır.

3. Murgul Cu yatağını oluşturan Anayatak ve Çakmakkaya cevherleşmesinin oluşumunun, yörede bulunan atmosferik koşullar altında kısa zaman aralığında meydana gelen süperjen alterasyon ve erozyon olaylarından önce tamamlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca belirtilen bu kısa zaman aralığını lokal belirleyici (regional marker) olarak adlandırılan sedimantasyona uğramış piroklastikler ve sedimentler (Murgul Cu yatağında maksimum 10 m kalınlık) temsil etmektedir. Bunlar yörede hakim olmuş karasal ortam koşulları için önemli bir ögeyi oluşturmaktadır. Bu lokal belirleyici (marker bed) cevher içerikleriyle birlikte dasitik piroklastiklerin atmosferik koşullar altında yüzeysel olarak sedimantasyonu ve alterasyonu sonucu oluşumu olarak yorumlanmaktadır (Özgür, 1985; Schneider et al., 1988). Burada eskiden var olan Bognari yatağının üst seviyelerinde bulunan jips merceği (Şekil 7) atmosferik koşullar altında oluşmuş bir breşik cevherleşmeye işaret etmektedir. Burada jips oluşumları Çağatay (1993) ve Çağatay ve Eastoe (1995) araştırma sonuçlarının aksine atmosfer koşulları ile bağlantılı olan ortamda sülfit minerallerinin oksitlenmesiyle ilişkin olabilir. Burada özellikle Çakmakkaya acık ocağında cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastikler ile dasit lavları arasında bulunan tüf-kumtası-kirectası seviyesinde bulunan kaolenleşme ve burada oluşan jips formasyonlarının kökeni araştırıcıların yürüttüğü bir başka çalışma çerçevesinde açıklanmaya çalışılacaktır.

4. Yoğun altere olmuş ve masif sülfit cevherleşmesini içeren dasitik piroklastik yan kayaçlar az altere olmuş cevhersiz dasit lavları tarafından örtülmektedir. Burada cevherleşme hiçbir yerde yan kayaç ile cevhersiz dasit lavları arasında yer alan kapanları (marker bed) geçmemektedir. Bu durum cevherleşmenin atmosferik koşullar altında meydana gelen süperjen alterasyon ve erozyon ile birlikte dasit lavlarının oluşumundan önce meydana geldiğini göstermektedir.

5. Cevherleşme yan kayaçları olan dasitik piroklastikler Silliote (1985) ve (Rowins, 2000) tarafından tanımlanan "ore-related breccias" kayaçları ile yapısal benzerlikler göstermektedir. Bu durum Murgul Cu yatağı ve yakın çevresinde lokal yüzeysel breşleşme olabileceğini ve bunun da sisteme gerekli olan sıcaklığı sağlayan çok kez tekrarlanan volkanik etkinlikler ile oluşabileceğini göstermektedir, çünkü burada birkaç yüz metre mesafede bunu ıspatlayan aynı zamanda oluşmuş volkanik domlar bulunmaktadır. Lowell ve Guilbert (1970) tarafından tanımlanan porfiri Cu yatakları ile Murgul Cu yatağı ile konsantrik olan alterasyon ve mineralizasyon modeli bakımından bazı benzerlikler gösterse de her ikisi arasında bazı önemli farklılıklar görülmektedir (Şekil 38 ve 40; Özgür ve Schneider, 1988; Schneider ve diğ., 1988): (i) Murgul Cu yatağında yüksek tenörlü cevher genellikle cevher kütlesinin merkezinde bulunmaktadır, (ii) Murgul Cu yatağı alterasyonu incelendiğinde potasik alterasyon zonu görülmemektedir ve (iii) Murgul'da cevherleşmenin yüzeye oldukça yakın bir lokasyonda meydana gelmiş olması gerekmektedir.

Murgul Cu yatağını oluşturan Anayatak ve Cakmakkaya açık ocakları cevherleşmeleri (i) serizitleşme ve kaolenleşmeden oluşan ilk faz alterasyon ile (ii) başlangıçtan bu yana var olan silisleşmeden olan son faz alterasyon zonlarından ibarettir. Birinci fazı temsil eden serizitleşme ve kaolenleşme tipik mineral parajenezleri ile daha çok cevherleşme alanları kenarlarında yer alırken ikinci ve son fazı teşkil eden silisleşme alterasyon zonu cevherleşme alanlarının merkezinde bulunmaktadır. Bu bulguları cevherleşme alanlarından Yankayaç örneklerinde yapılan nadir toprak elementlerinin iki farklı aşamadaki alterasyon dolayısıyla olan azalma değerleri desteklemektedir. Ayrıca bu NTE verileri hidrotermal alterasyon şiddetinin artmasına bağlı olarak nadir toprak elementlerinin cevherleşme yan kayacından ayrıldığını açıkça göstermektedir (Schneider ve diğ., 1988). Bu NTE azalma değerleri silisleşme zonunda en fazla miktara ulaşır ve buna uygun olarak da cevherleşme bu zonda maksimum değere ulaşmaktadır. Murgul Cu yatağında ortaya çıkarılan mineral parajenezleri hidrotermal çözeltilerin pH-f_{S2} koşularının değişimini yansıtmaktadır (Beane, 1982; Schneider ve diğ., 1988). Burada düşük pH ve ortaç kükürt fugasitesi altında serizitleşme ve onu çalışma alanında çevreleyen birinci alterasyon fazı oluşurken var olan fizikokimyasal koşullar düşük pH ve yüksek kükürt fugasitesi koşullarına geçiş gösteriyor ve burada silisleşme alterasyonu kendisini ortaya çıkarmaktadır.

Murgul cevherleşmesi yukarıda belirtildiği gibi devamlı artan cevher konsantrasyonu ile üç farklı evrede meydana gelmiştir (Şekil 41). Burada dasitik piroklastik kayaçların yerleşmesinden sonra birbirine bağlı olarak devam eden volkanik etkinlik bu kayaçların fiziksel ve kimyasal olarak bozuşmasına ve dolayısıyla belirli bir geçirgenlik kazanmalarına neden olmuştur. Bundan sonra cevherli hidrotermal çözeltiler yan kayaçlar içinde özellikle gözeneklerde cevherleşmenin birinci fazı olan saçınımlı cevherleşmeyi oluşturmuştur (Tip 1). Yan kayaçlarda devam eden alterasyona bağlı olarak devam eden hidrotermal etkinlik daha sonra özellikle tektonik olayların eşliğinde stockwork ve damar cevherleşmesi olmak üzere iki genç cevherleşmeyi daha meydana getirmiştir (Tip 2 ve 3). Bunlar daha çok yüzeye oldukça yakın bir yerde meydana gelmiş bulunmaktadır.



Şekil 41. Murgul cevherleşmesinin oluşumunu gösteren şematik diyagram.

Murgul Cu yatağı alanının bir kısa süre için bir yükselime maruz kaldığı ve böylece deniz seviyesi üzerinde kaldığı izlenimi doğmaktadır (Şekil 41). Bu zaman içinde daha önce oluşan Anayatak cevher yatağının üst kısımları süperjen alterasyona uğrayıp erozyonla taşınmış olması gerekmektedir. Bu taşınan cevherli malzemeler daha sonra yatağın 50-100 m KB kesiminde bulunan yerde tekrar depolandı ve orada mineral parajenezi Anayatak açık ocağı cevherleşmesine benzer olan ve şimdi cevheri tamamen alınmış olan Bognari klastik cevherleşmesini meydana getirmiştir. Fümerol etkinlikler sırasında hidrotermal çözeltilerin süperjen alterasyon kısa zaman zarfında daha da yoğunlaşmış bulunmaktadır. En sonunda bu tür jeolojik olaylar izole olmuş bir şekilde seviye belirleyici olarak ortaya çıkan kapanlar şeklinde transgresif, psammitik ve kaolenleşmiş seviyelerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu durum cevherleşme ile onu örten dasitik lavlar arasında bir zaman aralığının bulunduğuna işaret etmektedir. Ayrıca Murgul cevherleşmesini ayrıca örten ve önemli kapan olan kaolenleşmiş seviye burada cevherleşmenin sona erdiğine işaret etmektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağının doğusunda bulunan Murgul Cu yatağında bulunan (i) saçınımlı, (ii) stockwork ve damar tipi cevherleşmeler doğrudan formasyona bağlı (strata-bound) olarak doğrudan altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlıdır. Bunun yanında altere olmuş dasitik piroklastiklerde gözlenen framboidal piritler ve konsantrik şekilli piritlerin ayrıntılı cevher mikroskobiği incelemelerine göre (Özgür, 1985; Dieterle, 1986; Schneider ve diğ., 1988) yukarıdaki üç tipi temsil eden esas Murgul Cu cevherleşmesinden çok daha önce oluştuğu tahmin edilmektedir (sayfa 55'e bakınız). Burada altere olmuş dasitik piroklastikler içinde bulunan konsantrik yuvarlak piritler içinde daire şekilli dizilmiş kalkopirit inklüzyonları ve gang mineral içerikleri bu tür bir görüşü desteklemektedir ve bu pirit framboidleri ve konsantrik yuvarlak pirit kütleleri eski bir cevherleşmeyi temsil etmekte olup bunların doğrudan Murgul cevherleşmesi ile jenetik olarak ilişkisi bulunmamaktadır. Buna karşın metalojenik kuşağında bulunan Lahanos ve Madenköy gibi önemli yataklarda cevherleşme altere olmuş dasitik piroklastiklere bağlı ve daha çok "stratiform" ve "sedimanter" bir görünüm kazanarak (Çağatay, 1988; Çagatay ve Eastoe, 1995; Tuğal, 1969) Murgul cevherleşmesinden farklılık göstermektedir.

Bu Yankayaç alterasyonu ve cevherleşme ilişkisi birbirine bağlı olarak incelendiğinde sıvı kapanımı ölçümleri cevherleşme sıcaklığı olarak 150-350 °C (ortalama 225 °C) ve hidrotermal çözelti tuzluluğu olarak % 1-12 (% NaCl eşdeğeri: ortalama % 5-7 NaCl eşdeğeri) değerler vermiş bulunmaktadır. Burada cevherleşme sıcaklıklarının 350 °C değerine ulaştığı ve sonra

150 °C değerine kadar düştüğü anlaşılmaktadır. Bu değerler Gökçe (2001) ile yaklaşık olarak uyuşmaktadır. Buna karşın tuzluluk değerleri Gökçe (2001) ile karşılaştırıldığında ikisi arasında önemli bir fark görülmektedir. Araştırıcı sözünü ettiği hidrotermal çözeltilerin kökeninin meteorik ve metallerin yan kayaclardan yıkanma yoluyla gelebileceğini belirtmesine karşın sıvı kapanımı ölçümlerinde % 18,7 NaCl eşdeğerine kadar ulaşan değerler sunmuştur. Bu burada bir çelişki olarak belirtilebilir. Buna karşın bu çalışmada yer alan ve ortalama %5-7 NaCl esdeğerinde bulunan tuzluluk değerleri hidrotermal çözeltilerin daha çok meteorik kökenli olduğu izlenimini bırakmaktadır. Bu görüşü Murgul Cu yatağı cevherleşme yan kayacı olan dasitik piroklastikler içinde bulunan sekonder birincil ve ikincil cevherleşme kuvarsları sıvı kapanımlarında ölçülen oldukça düşük olan anyon ve katyon değerleri (Çizelge 2; Şekil 39) destekler görünmektedir. Buna bağlı olarak cevherleşme yan kayacında gang minerali olarak incelenen sekonder birincil ve ikincil kuvarslarda bulunan sıvı kapanımlarında yapılan δ^{18} O ve δ D analizleri burada söz konusu olan hidrotermal çözeltilerin bu duraylı izotoplarca konumunun daha çok meteorik su ve magmatik kayaç etkileşim eğrisi ile uyuştuğunu göstermektedir. Ayrıca Murgul Cu yatağından alınan dasitik piroklastikler içinde bulunan kuvarslardaki sıvı kapanımı içindeki katyon ve anyon değerleri modern deniz suyu değerleri (Holland 1978; Damm 1990) ile karşılaştırıldıklarında modern deniz suyu ve deniz suyundan oluşan sıvı kapanımlarından (de Ronde, 1998) farklılık göstermektedirler. Bu durum Murgul Cu yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin daha çok meteorik kökenli bir eğilimde olduğunu ve deniz suyu karışımının oldukça az olduğuna işaret etmektedir. Bu izlenimi sıvı kapanımlarında bulunan ve ölçülebilir değerlerin altında bulunan Br- değerleri ayrıca desteklemektedir (Çizelge 2). Burada farklı kuvars jenerasyonları sıvı kapanımları içinde bulunan anyon ve katyon değerleri itibariyle farklılık göstermemektedirler. Bu farklı kuvars jenerasyonlarının farklı tip ve nitelikte çözeltilerden mi oluştuğu veya çözeltilerin farklı kuvars jenerasyonlarını oluştururken kimyasal olarak ne tür bir değişim gösterdiği mevcut olan analiz sayısının azlığından dolayı kesin olarak ortaya konulamamıştır. Bunun yanında bu izlenimi araştırıcılar proje kapsamı dışında daha fazla analizlerle destekleyerek ileride bir başka çalışma kapsamında açıklamaya çalışacaklardır. Elde edilen sıvı kapanımları içinde bulunan anyon ve katyon değerleri Murgul Cu yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin daha çok Na-Ca-(SO₄)-HCO₃ tipi sular (?) olarak adlandırılabileceği izlenimini bırakmaktadır.

Murgul Cu yatağında sülfit minerallerinde yapılan δ^{34} S analizleri sıfıra yakın pozitif değerler olup bu durum yatağı oluşturan sülfit minerali fazlarının aynı kükürt kaynağından beslendiğini göstermektedir (Gökçe, 2000). Ayrıca aynı araştırıcı dasitik piroklastikler içinde bulunan piritlerin izole saçınımlar şeklinde bulunması ve bunların çok yakın δ^{34} S değerlerine sahip olmasından dolayı kükürdün kaynağının magmatik olabileceğini ileri sürmektedir. Burada kükürt özellikle Murgul cevherleşmesi alanında magmatik volatil olarak (SO₂, H₂S, vb.) yan kayaç olan dasitik piroklastiklere ulaşıp ve daha sonra özellikle jeotermal sistemlerde sülfit veya sülfat mineralleri olarak çökelebilir (Arnorsson ve diğ., 1983; Iwasaki ve Ozawa, 1960; Saki ve Matsubaya, 1977; Özgür ve diğ., 2004). Batı Anadolu Bölgesinde Menderes Masifinde bulunan Hg, Sb ve arsenopritli Au yataklarının çözeltileri meteorik kökenli olup burada söz konusu olan kükürdün kaynağı daha çok magmatik kökenli olarak belirlenmiştir (Özgür ve diğ., 2004).

Yukarıda belirtilen özelliklerin ve şimdiye değin yapılan yorumların ışığı altında Murgul Cu yatağının Üst Kretase'de ada yayı volkanizmasına bağlı olarak eksalif-sedimanter kökene değil daha çok kıtasal koşullar altında subvolkanik-hidrotermal kökene bağlı olarak oluşmuş olabileceği izlenimi ortaya çıkmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağı batısında bulunan Madenköy ve Lahanos yatakları volkano-sedimanter ortamlarda submarin-hidrotermal aktivite ile ilişkili olarak oluşmuş olup daha çok Kuroko tipi yataklarla karşılaştırılabilir (Şekil 42; Ohmoto, 1996). Buna karşın Murgul Cu yatağı daha çok kendi tipi olan Murgul tipini temsil eder ve Kuroko tipi yataklar ile porfiri tipi yataklar arasında bir geçişi göstermektedir. Bu durum ayrıca (i) Murgul Cu yatağının porfiri tipi Cu yataklarına benzer alterasyon geometrisi (potasik alterasyon zonu bulunmamakta), (ii) mineral parajenezi farklılığı, (iii) sıvı kapanımı araştırmalarının verdiği parametre değerleri, (iv) sıvı kapanımlarında ölçülen δ^{18} O ve δ^{D} değerleri sonuçları, (v) formasyona bağlı cevherleşme şekli "strata-bound" ve (vi) δ^{34} S değerleri neteorik kökenli olabileceğini gösteren δ^{18} O ve δ D değerleri ile sekonder birincil ve ikincil kuvarslardaki sıvı kapanımlarında ölçülen anyon ve katyon değerleri dikkate alındığında bir jeotermal sistem ürünü olarak adlandırılabilir. Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında Murgul tipi yatak olarak Akarşen, Kilisetepe ve Tunca Cu yatakları

doğusunda Murgul yatağına ait tipik yatak parametreler dikkate alındığında büyük bir olasılıkla ortaya çıkarılabilir.



Şekil 42. Doğu Karadeniz Bölgesin metalojenik kuşağında bulunan Murgul, Madenköy ve Lahanos Cu yataklarının şematik olarak gösterilmesi.

7. FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- AKIN H., Geologie, Magmatismus und Lagerstättenbildung im Ostpontischen Gebirge/Türkei aus der Sicht der Plattentektonik, Geol. Rundschau. 68, 253-283 (1978).
- AKINCI Ö., Barbieri M., Calderoni G., Ferini V., Masi U., Nocoletti M., Petruciani C. ve Tolomeo L., The geochemistry of hydrothermally altered rocks of the lower volcanic cycle from the eastern Pontids (Trabzon, NE Turkey), Chem. Erde 51, 173-186 (1991).
- ALDERTON D. H. M., Pearce J. A. ve Potts P. J., Rare earth element mobility during granite alteration, Earth Planet Sci. Letters. 49, 149-165 (1980).
- ARMAN, B. ve Altun, Y., Die Untersuchungen über Se-und Te-haltige Minerale in Anayatak von Murgul (Artvin), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Bull., 99/100, 84-90 (1983).
- ARNORSSON, S., Gunnlaugsson, E. ve Svavardsson, H., The chemistry of geothermal waters in Iceland. II. mineral equilibria and independent variables controlling water composition: Geochim. Cosmochim. Acta 47, p. 547-566 (1983).
- BACHMANN H. G., Pontus-Studien zur Geschichte einer Metallprovinz, Der ausschnitt 1,14-24, Essen (1976).
- BAKER, G., Some Australian occurences of micro-spherular pyrite, N. Jb. Miner. Abh. 94, p. 564-583 (1960).
- BEANE R. E., Hydrothermaql alteration in silicate rocks: in: Spencer, R. T. (ed.), Advances in geology of the porphyry copper deposits, southwestern North America, Tuscon, Arizona, Univ. Arizona Pres, 117-137 (1982).
- BECCELUVA L., Ohnenstetter, D. ve Ohnenstetter, M., Geochemical dirimination between ocean-floor and island-arc tholeiites; application to some ophiolites, Can. J. Earth Sci. 16, 1874-1882 (1979).
- BERNER, R.A., The synthesis of framboidal pyrite, Econ. Geol. 64, p. 383-384 (1969).
- BODNAR R.J., Reynolds T.J. ve Kuehn C.A., Fluid inclusion systematics in epithermal systems, Rev. Econ Geol. 2, 79-83 (1985).

- BODNAR R.J., Reequilibration of fluid inclusions: in: Samson, I., Anderson, A. and Marshall, D., Fluid inclusions: Analysis and interpretation, Shorth Course 32, 213-231 (1993).
- BOYNTON W. W., Cosmochemistry of the rare earth elements: in: Henderson, P. (ed.), Rare earth element geochemistry, Amsterdam, Elsevier, 63-114 (1984).
- BOZTUĞ D., Jonckheere R., Wagner G. A. ve Yeğingil Z., Slow Senonian and fast Palaoecene-Early Eocene uplift of granitoids in the central Pontides, Turkey, apatite fission-track results, Tectonophysics 382, 213-238 (2004).
- BOZTUĞ D., Erçin A.İ., Kuruçelik M.K., Göç D., Kömür İ.ve İskenderoğlu A., Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences 27, 286-302 (2006).
- BROWN P. E., FLINCOR: a microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data, Am. Mineralogist 74, 1390-1393 (1989).
- BUSER S. ve Cvetic S., Murgul bakır yataklarının çevresinin jeolojisi, MTA Dergisi 81, 22-45 (1973).
- CAMPBELL I. H., Lesher, C. M., Coad, P., Franklin, J. M., Gorton, M. P. ve Thurston, P.C., Rare earth element mobility in alteration pipes below massive Cu-Zn sulfide deposits, Chem. Geol. 45, p. 181-202 (1984).
- ÇAĞATAY M.N. ve Boyle D.R., Geology, Geochemistry, and Hydrothermal Alteration of the Madenköy Massive-Sulphide Deposit, Eastern Black Sea Region, Turkey, Proc. 5th Quadrennial IAGOD Symp., 653-677 (1980).
- ÇAĞATAY M. N., Hydrothermal alteration associated with volcanogenic massive sulfide deposits: examples from Turkey, Econ. Geol. 88, p. 606-621 (1993).
- ÇAĞATAY M. N. ve Eastoe C. J., A sulfur isotope study of volcanogenic massive sulfide deposits of the Eastern Black Sea province, Turkey, Mineral. Deposita 30, 55-66 (1995).
- DE RONDE, C. E. J., Chemistry of 3.2 Ga seafloor hydrothermal vent fluids: in: Arehart, G.
 B. and Hulston, J. R. (eds.): Proc. 9th Internat. Symp. on Water-Rock Interaction Taupo, New Zealand, p. 19-24 (1998).
- DIETERLE M., Zur Geochemie und Genese der schichtgebundenen Buntmetall-Vorkommen in der Ostpontischen Metallprovinz/NE-Türkei, Ph.D. Thesis, Freie Universitat Berlin, 112 p (1986).

ERCAN T. ve Gedik A., Pontid'lerdeki volkanizma., Jeoloji Mühendisliği Dergisi (1983).

- FARRAND, M., Framboidal sulfides precipitated synthetically, Mineral. Deposita 5, p. 237-247 (1970).
- FAURE G., Principles of isotope geology, Wiley, 589 p (1986)
- FLEET, A.J., Aqueous and sedimentary geochmistry of the rare earth elements: in: Henderson, P. (editor): Rare Earth Element Geochemistry: p. 343-369.
- GÖKÇE A., Sulfur isotope characteristics of the volcanogenic Cu-Zn-Pb deposits of the Eastern Pontide Region, Northeastern Turkey, Internat. Geol. Rev. 42, 565-576 (2000).
- GÖKÇE A., Çakmakkaya ve Damarköy (Murgul-Artvin) bakır yataklarında sıvı kapanımı, oksijen ve hidrojen izotopları jeokimyası incelemeleri ve yatakların oluşumu açısından düşündürdükleri, Türkiye Jeoloji Bülteni 44, 1-37 (2001).
- GRAF, J.L., Rare earth elements as hydrothermal tracers during the formation of massive sulfide deposits in volcanic rocks, Econ. Geol. 72, p. 527-548 (1977).
- HEDENQUIST J.W. ve Lowenstern J.B., The role of magmas in the formations of hydrothermal ore deposits. Nature, v. 370, 519-527 (1994).
- HENDERSON P., General geochemical properties and abundance of the rare earth elements: in: Henderson, P. (ed.): Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, p. 1-29 (1984).
- HOLLAND A. D., The chemistry of the atmosphere and oceans, Wiley, New York, 351 p.
- HOEFS J., Stable isotope geochemistry, Springer, 241 p. (1987).
- HUMPRIES S. E., The mobility of the rare eart elments in the crust: in: Henderson, P. (ed.): Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, p. 317-340 (1984).
- IWASAKİ, I. ve Ozawa, T., Genesis of sulfate in acid hot springs: Bull. Chem. Soc. Japan 33, p. 1018-1019 (1960).
- LOVE, L.G., Micro-organisms and presence of syngenetic pyrite, Quart. J. Geol. Soc., London 113, 4, p. 429-440 (1957).
- LOVE, L.G. ve Amstutz, G.C., Review of microscopic pyrite from the Devonian Chattanooga shale and Rammelsberg, Banderz. Fortschr. Min. 43, p. 273-309 (1966).
- LOVE, L.G. ve Amstutz, G.C., Framboidal pyrite in two andesites, N. Jb. Min. Mh., p. 97-108 (1969).
- LOWELL J.D. ve Guilbert J.M., Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits, Econ. Geol. 65, 373-408 (1970).

- KAHRER C., Die Kupferlagerstaette Murgul in der nordöstlichen Türkei, Ph.D. thesis, Universität-Bonn, 119 p (1958).
- KALLIOKOSKI J., The synthesis of framboidal pyrite, Econ. Geol. 64, 393 (1969).
- KAPLAN E., Murgul madenindeki Anayatak kökenli eski devirlere ait bir buluntu, MTA Bull. 89, 90-94 (1977).
- KEKELIA S., Kekelia, M., Otkhmezuri Z., Özgür, N. ve Moon, C., Küçük Kafkaslar ve doğu Karadeniz metalojenik kuşağında bulunan demir içermeyen metal yatakları ve bunların volkanojenik sedimanter ardalanmalarında cevher oluşum sistemleri, MTA Dergisi 129, 1-15 (2004).
- KRAEFF A., Geology and Mineral Deposits of the Hopa-Murgul Region Western Part of the Province of Artvin, NE Turkey, MTA Bull. 60, 45-60 (1963).
- LEYBOURNE M. I., Goodfellow W. D., Boyle D. ve Hall G. M., Rapid development of negative Ce anomalies in surface waters and contrasting REE patterns in groundwaters associated with Pb-Zn massive sulphide deposits, Applied Geochemistry 15, 695-723 (2000).
- LIGANG, Z., Jingxiu, L., Huanbo, Z. Ve Zhensheng, C., Oxygen isotope fractionation in the quartz-water-salt system, Econ. Geol. 84, 1643-1650 (1989).
- LOVE L. G., Early diegenetic pyrite in fine-grained sediments and the genesis of sulfide ores, Sedimentology and Ore Genessis 2, 11-17 (1964).
- LOVE G.L. ve Amstutz G.C., Framboidal pyrite in two andesites, N. Jb. Miner. Mh., H. 3, 97-108 (1969).
- MADO H., Kuzeydoğu Türkiye'de bulunan Murgul madenindeki bakır cevheri yataklarının jeolojisi ve mineralizasyonu, Yayınlanmamış MTA raporu, No. 1103, p. 1-27 (1972).
- MAUCHER A., Die Kieserze von Keltaş. Ein Beispiel submariner Gleitfaden in exhalativsedimentären Erzlagerstätten. Neues Jahr f. Min. Abh. Bb. 94 (Ramdohr-Festband), 495-5005 (1960).
- MAUCHER A., Schultze- Westrum H. ve Zankl. H., Geologish-lagerstättenkundliche Untersuchungen im Ostpontischen Gebirge, Beyerische Akad. Wiss., Mathematik-Naturw. Kl., 107, 97p (1962).
- OHMOTO H. ve Rye R.O., Hydrogen and oxygen isotopic compositions of fluid inclusions in the Kuroko deposits, Japan, Econ. Geol. 69, 947-953 (1974).
- OHMOTO H. ve Rye R.O., Isotopes of sulfur and carbon: in: Barnes, H.L. (ed.), Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 506-567, Wiley (1979).

- OHMOTO H., Stable isotope geochemistry of ore deposits: in: Valley, J. W., Taylor, H. P. Jr. ve O'Neil, J. R. (eds.), Stable isotopes in high temperature geological processes: Rev. Minearlogy 16, 491-559 (1986).
- OHMOTO H., Formation of volcanogenic massive sulfide deposits: the Kuroko perspective, Ore Geol. Rev 10, 135-177 (1996).
- OKAY A. ve Şahintürk Ö., Geology of the Pontdes, Am. Assoc. Petrol. Geologists Memoris 68, 291-311.
- OSTWALD, J. ve ENGLAND, B.M., Notes on framboidal pyrite from Allandale, New South Wales, Australia, Mineral. Deposita 12, p. 111-116 (1977).
- ÖZGÜR N., Zur Geochemie und Genese der Kupferlagerstätte Murgul, E-Pontiden, Türkei, Ph.D. thesis, Freie Universität Berlin, 139 p (1985).
- ÖZGÜR N. ve Schneider H.J., New metallogenetic aspects concerning the copper deposit of Murgul, NE Turkey, Soc. Geology Applied to Mineral Deposits, Spec. Pub. 6, 229-239 (1988).
- ÖZGÜR N., Gold contents of the Akarşen copper deposit, E-Pontides/Turkey: in: Ladeira, E. A. (ed.), Proc. 5th Internat. Conference (Brazil Gold 91), Belo horizonte, Minas Gerais, Brazil, 477-480 (1991).
- ÖZGÜR N., Volcanogenic massive sulfide deposits in the East Pontic metallotect, NE Turkey, Resource Geology Special Issue 17, 180-185 (1993a).
- ÖZGÜR N., Geochemical pathfinder elements of the Murgul copper deposit, Resource Geology Special Issue 16, 163-168 (1993b).
- ÖZGÜR N., Graf, W., Stichler, W., and Wolf, M., Origin of the high sulfate contents in thermal waters of Kizildere and environs, Western Anatolia, Turkey: Internat. Symp. on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, 14-20 April, 2004, vol.3, p.1306-1309 (2004).
- PEARCE J.A., Cann, J.R., Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, Earth Planetary Science Letters, 19, 290-300 (1973).
- PEARCE J. A., and Norry, M. J., Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks, Contributions to. Mineralogy and Petrology, 69(1), 33-47 (1979).
- PEARCE J.A., Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (Ed.) Andesites, Wiley, Newyork. p. 525-548 (1982).

PISUTA_ARNOND V. ve Ohmoto H., Thermal history, and chemical isotopic compositions of the ore-forming fluids responsible for the Kuroko massive sulfide deposits in the Hokuroku district of Japan, Econ. Geol. Mon. 5, 523-558 (1983).

PASSCHIER C.W. ve Trouw R.A.J., Microtectonics, Springer, 289p (1996).

- POTTER I.I., Pressure correlations for fluid-inclusion homogenization temperatures based on the volumetric properties of the system NaCl-H2O, USGS J. Res. 5, 603-607.
- RAMDOHR P., Die Erzmineralien und ihre Verwahsungen: Akademie Verlag Berlin, xx p (1975).
- REZVAN-DEZFOULI D., Geochemische Untersuchung von Pyriten mit oktaedrischer und pentagondodekaedrischer Tracht der Cu-Lagerstaette Murgul, NE-Türkei, ein Beitrag zur Genese der Lagerstaette, Freie Universitaet Berlin, M. Sc. Thesis, 92 p (1993).
- ROALDSET E., Rare earth elements in Quaternary clays of the Numedal area, southern Norway, Lithos 6, 349-372 (1973).
- ROALDSET E., Rare earth element distributions in some Cambrian rocks and their phyllosilicates, Numedal, Norway, Geochim. Cosmochim. Acta 39, 455-469 (1975).
- ROEDDER E., Fluid inclusions; Rev. Min., Vol. 12, 644p. (1984).
- ROWINS S. M., Reduced porphyry copper-gold deposits, a new variation on an theme. Geology, v. 28, No: 6, 491-494 (2000).
- RYE, R. O. ve Ohmoto H., Sulfur and carbon isotopes and ore genesis: a review, Econ. Geol. 69, p. 826-842 (1974).
- SAKİ, H. ve Matsubaya, O., Stable isotopic studies of japanese geothermal systems: Geothermics 5, p. 97-124 (1977).
- SAWA T. ve Sawamura K., Murgul madeni ve civarındaki Cu yatakları hakkında rapor. Yayılanmamış Etibank Raporu, No:24/300, 24 p. (1971).
- SHERVAİS, J. W., Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas, Earth and Planetary Science Letters, 59(1), 101-118 (1982).
- SHERVAİS, J. W., Birth, death, and resurrection: the life cycle of suprasubduction zone ophiolite. Geochemistry Gephysics Geosystems, 2, page number 2000GC000080 (2001).
- ŞENGÖR A.M.C., Yılmaz Y.ve Ketin İ., Remnants of a pre-late Jurassic ocean in northern Turkey: fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys. Geological Society of America Bulletin, 91, 559-609 (1980).

- ŞENGÖR A.M.C.ve Yılmaz Y., Tethyan evolution of Turkey, A plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241 (1981).
- SCHNEIDERHÖHN H., Vorläufige Mitteilung über pyrometamorphe Paragenesen in den Siegerländer Spateisengängen. Z. Krist. 58, 309-329 (1923).
- SCHNEIDERHÖHN H., Die Kupferlagerstaette Murgul im Schwarzmeer-Küstengebiet, Provinz Çoruh, Nordost-Türkei, Erzmetall, Bd. 8, H. 10, 468-478 (1955).
- SCHNEIDER H.-J., Özgür N. ve Palacios C.M., Relationship between alteration, rare earth element distribution, and mineralization of the Murgul copper deposit, northeastem Turkey, Econ. Geol. 83, 1238-1246 (1988).
- SILLITOE R.H., Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs, Econ. Geol. 80, 1467-1514 (1985).
- STEINIKE, K., A further remark on biogenic sulfides: Inorganic pyrite spheres, Econ. Geol. 58, p. 998-1000 (1963).
- TAYLOR H. P. T. ve Sheppard S. M. F., Igneous rocks: I. Processes of isotopic fractionation and isotope systematics: in: Valley, J. W., Taylor, H. P. Jr. Ve O'Neil, J. R. (eds.), Rev. Mineralogy 16, 227-271 (1986).
- TUGAL H.T., Pyritic sulphide deposits of the Lahanos mine area, Eastern Black Sea Region Turkey, Ph.D. thesis, Durham University, England, 182p (1969).
- TÜYSÜZ N., Geology, lithogeochemistry and genesis of the Murgul massive sulfide deposit, NE-Turkey, Chem. Erde 60, 231-250 (2000).
- URABE T. ve Sato T., Kuroko deposits of the Kosaka mine, northeast Honshu, Japanproducts of submarine hot springs on miocene sea flor, Econ. Geol. 73, 161-179 (1978).
- VON DAMM K. L., Seafloor hydrothermal activity: black smoker chemistry and chimneys, Ann. Reviews Earth Planet. Sci. 18, p. 173-204 (1990).
- VUJANOVIC V., Doğu Karadeniz bölgesi kıyı kesiminde bulunan sülfit maden yataklarının mineraloji parajenez ve köken özellikleri, MTA dergisi, sayı: 82, 21-36 (1974).
- WILLGALLIS A., Özgür N. ve Siegmann E., Se- and Te-bearing sulphides in copper ore deposits of Murgul, NE Turkey, Eur. J. Mineral. 2, 145-148 (1990).
- YILMAZ Y., Tüysüz O., Yiğitbaş E., Genç Ş. C. Ve Şengör A. M. C., Geology and tectonic evolution of the Pontides, Am. Assoc. Petrol. Geologists, Memoirs 68, 183-226 (1997).

- ZENGGIAN H., Zaw K., Xiaoming Q., Qingtong Y., Jinjie Y., Mingji X., Deming F. ve Xianke Y., Origin of the gacun volcanic-hosted massive süflide deposit in Sichuanm, China, Fluid inclusions and Oxygen isotope evidence, Econ. Geol. 96, 1491-1512 (2001).
- ZERENER M., Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Murgul masif sülfid yatağının hidrotermal çözeltileri ve gelişimi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66 p (2005).

Ek1. Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik kuşağında bulunan Murgul Masif sülfid yatağının hidrotermal çözeltileri ve gelişimi adlı proje kapsamında alınan örnekler. İncekesit (İK), parlak kesit (PK), sıvı kapanım (SKK) örnekleri, anyon ve katyon analizi (AKA), δ^{34} S analizi, jeokimyasal Analiz (JA) ve x-Işını difraktometresi (XRD).

Sıra	Örnek	Detre en C	Ö	Koordinatlar (Eur	(Eur Yapılan işler						A	
no	no	Petrogram	Ornek yeri	50)	İK	PK	SKK	AKA	JA	XRD	^{34}S	Açıklamalar
				37716233 E								Sekonder 3. kuvars
1	MP-1	DP	Anayatak	4569836 N	1	-	1	-	-	-	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik:1053m								
				37716239 E								Sekonder 3. kuvars
2	MP-2	DP	Anayatak	4569810 N	1	1	1	1	-	-	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik:1062m								
				37716239 E								Sekonder 2. kuvars
3	MP-3	DP	Anayatak	4569810 N	1	-	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik:1062m								
				37716329 E								Sekonder 2. kuvars
4	MP-4	DP	Anayatak	4570065 N	1	-	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik:1094m								
				37716361 E								
5	MP-5	DP	Anayatak	4869993 N	-	-	-	-	-	-	-	Cevhersiz kuvars
				Yükseklik: 1090m								
				37716325 E								Sekonder 2. kuvars
6	MP-6	DP	Anayatak	4569953 N	1	-	-	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1084m								
				37716307 E								Sekonder 2. kuvars
7	MP-7	DP	Anayatak	4569921 N	1	1	1	1	-	2	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1102m								
				37716335 E								Sekonder 2. kuvars
8	MP-8	DP	Anayatak	4569661 N	1	-	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								

Sıra	Örnek	Detrografi	Örnalı yari	Koordinatlar (Eur Yapılan işler					Acildomalar			
no	no	Petrogram	Offick yerr	50)	İK	PK	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalal
				37716345 Е								Sekonder 2. kuvars
9	MP-9	DP	Anayatak	4569664 N	2	1	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1085m								
				37716356 E								Sekonder 2. kuvars
10	MP-10	DP	Anayatak	4569678 N	1	1	1	1	-	-	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1092m								
				37716356 E								Sekonder 3. kuvars
11	MP-11	DP	Anayatak	4569678 N	1	1	1	1	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1092m								
				37716353 E								Sekonder 3. kuvars
12	MP-12	DP	Anayatak	4569732 N	2	-	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1085m								
				37716360 E								Sekonder 3. kuvars
13	MP-13	DP	Anayatak	4569828 N	1	-	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1088m								
				37716378 E								
14	MP-14	DP	Anayatak	4569801 N	-	1	1	1	-	-	-	Cevhersiz kuvars
				Yükseklik: 1094m								
				37716377 E								Sekonder 2. kuvars
15	MP-15	DP	Anayatak	4569842 N	1	1	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1096m								
				37716380 E								Sekonder 3. kuvars
16	MP-16	DP	Anayatak	4569851 N	1	-	1	-	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1097m								

Sıra	Örnek	Datus anafi	Ömnaltarami	Koordinatlar (Eur Yapılan işler 50) İK DK SKK AKA LA VPD 34S				Astronolog				
no	no	Petrogram	Offick yerr	50)	İK	PK	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalal
				37716123 E								Sekonder 2. kuvars
17	MP-17	DP	Anayatak	4569878 N	1	-	1	-	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								
				37716123 E								Sekonder 3. kuvars
18	MP-18	DP	Anayatak	4569878 N	1	-	1	-	-	1	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								
				37716123 E								Sekonder 3. kuvars
19	MP-19	DP	Anayatak	4569878 N	1	-	1	-	-	-	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								
				37716123 E								Sekonder 3. kuvars
20	MP-20	DP	Anayatak	4569878 N	1	1	1	1	-	1	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								
				37716123 E								Sekonder 3. kuvars
21	MP-21	DP	Anayatak	4569878 N	-	-	1	-	-	-	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								
				37716360 E								Sekonder 3. kuvars
22	MP-22	DP	Anayatak	4570024 N	1	-	-	-	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								
				37716329 E								Sekonder 3. kuvars
23	MP-23	DP	Anayatak	4570065 N	-	-	-	-	-	-	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1094m								
				37716331 E								Sekonder 2. kuvars
24	MP-24	DP	Anayatak	4570062 N	-	-	2	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1095m								

Sıra	Örnek	Datus and fi	Ömealessami	Koordinatlar (Eur Yapılan işler					Assistemator			
no	no	Petrogram	Ornek yeri	50)	İK	РК	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalar
				37716331 E								Sekonder 3. kuvars
25	MP-25	DP	Anayatak	4570062 N	1	-	-	-	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1095m								
				37716018 E								Sekonder 3. kuvars
26	MP-26	DP	Çakmakkaya	4569216 N	1	1	1	1	-	-	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1126m								
				37716018 E								Sekonder 3. kuvars
27	MP-27	DP	Çakmakkaya	4569216 N	1	-	1	-	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1126m								
				37716018 E								Sekonder 2. kuvars
28	MP-28	DP	Çakmakkaya	4569216 N	1	-	1	-	-	-	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1126m								
				37716053 E								Sekonder 2. kuvars
29	MP-29	DP	Çakmakkaya	4569204 N	1	-	-	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1120m								
				37716053 E								Sekonder 2. kuvars
30	MP-30	DP	Çakmakkaya	4569204 N	1	1	-	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1120m								
				37716053 E								Sekonder 3. kuvars
31	MP-31	DP	Çakmakkaya	4569204 N	1	-	1	-	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
			-	Yükseklik: 1120m								
				37716042 E								Sekonder 2. kuvars
32	MP-32	DP	Çakmakkaya	4569217 N	1	-	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
			-	Yükseklik: 1124m								

Sıra	Örnek	Datus anafi	Ömnaltarami	Koordinatlar (Eur Yapılan işler						Aartslowedar		
no	no	Petrogram	Offick yerr	50)	İK	PK	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalar
33	MP-33	DP	Çakmakkaya	37715879 E 4568784 N Yükseklik: 1115m	1	-	2	-	-	-	-	Sekonder 2. kuvars (Stockwork tipi cevherleşme)
34	MP-34	DP	Çakmakkaya	37715899 E 4568763 N Yükseklik: 1104m	1	-	2	-	-	-	-	Sekonder 3. kuvars (Damar tipi cevherleşme)
35	MP-35	DP	Çakmakkaya	37715899 E 4568763 N Yükseklik: 1104m	1	1	1	1	-	-	1	Sekonder 3. kuvars (Damar tipi cevherleşme)
36	MP-36	DP	Çakmakkaya	37715897 E 4568773 N Yükseklik: 1113m	1	1	1	1	-	-	-	Sekonder 2. kuvars (Stockwork tipi cevherleşme)
37	MP-37	DP	Çakmakkaya	37715899 E 4568793 N Yükseklik: 1109m	1	-	1	-	-	-	-	Sekonder 2. kuvars (Stockwork tipi cevherleşme)
38	MP-38	DP	Çakmakkaya	37715899 E 4568793 N Yükseklik: 1109m	1	-	1	-	-	-	-	Sekonder 2. kuvars (Stockwork tipi cevherleşme)
39	MP-39	DP	Çakmakkaya	37715818 E 4568714 N Yükseklik: 1118m	1	-	-	-	-	-	-	Sekonder 2. kuvars (Stockwork tipi cevherleşme)
40	MP-40	DP	Çakmakkaya	37715818 E 4568714 N Yükseklik: 1118m	2	1	1	1	-	-	-	Sekonder 2. kuvars (Stockwork tipi cevherleşme)

Sıra	Örnek	Datus and	Örra alt svari	Koordinatlar (Eur Yapılan işler						Astromolog		
no	no	Petrogram	Ornek yeri	50)	İK	РК	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıkıamalar
				37715833 E								Sekonder 3. kuvars
41	MP-41	DP	Çakmakkaya	4568612 N	1	1	1	1	-	-	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1126m								
				37715833 E								Sekonder 2. kuvars
42	MP-42	DP	Çakmakkaya	4568612 N	-	-	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1126m								
				37715833 E								Sekonder 3. kuvars
43	MP-43	DP	Çakmakkaya	4568612 N	-	-	1	-	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1126m								
				37715845 E								Sekonder 3. kuvars
44	MP-44	DP	Çakmakkaya	4568602 N	1	-	1	-	-	-	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1129m								
				37716233 E								Sekonder 2. kuvars
45	MP-45	DP	Anayatak	4569824 N	1	-	-	-	-	-	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1058m								
				37716265 E								Sekonder 2. kuvars
46	MP-46	DP	Anayatak	4569815 N	1	1	1	1	-	-	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1042m								
				37716265 E								Sekonder 2. kuvars
47	MP-47	DP	Anayatak	4569815 N	1	-	2	-	-	-	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1042m								
				37716233 E								Sekonder 2. kuvars
48	MP-48	DP	Anayatak	4569824 N	-	-	1	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1058m								

Sıra	Örnek	D (C	Ö 1 .	Koordinatlar (Eur	(Eur Yapılan işler							A 11 1
no	no	Petrografi	Ornek yeri	50)	İK	PK	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalar
				37716233 E								Sekonder 3. kuvars
49	MP-49	DP	Anayatak	4569824 N	-	-	-	-	-	-	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1058m								
				37716457 E								Sekonder 2. kuvars
50	MP-50	DP	Anayatak	4570189 N	1	-	-	-	1	2	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								
				37716457 E								Sekonder 3. kuvars
51	MP-51	DP	Anayatak	4570189 N	1	-	1	-	1	1	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1086m								
				37716465 E								Sekonder 2. kuvars
52	MP-52	DP	Anayatak	4570189 N	1	-	1	-	1	2	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1093m								
				37716538 E								Sekonder 2. kuvars
53	MP-53	DP	Anayatak	4570300 N	1	-	-	-	1	1	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1099m								
				37716038 E								Sekonder 2. kuvars
54	MP-54	DP	Çakmakkaya	4569395 N	1	-	1	-	1	1	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1137m								
				37716540 E								Sekonder 2. kuvars
55	MP-55	DP	Anayatak	4570252 N	1	-	-	-	1	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1100m								
				37716540 E								Sekonder 2. kuvars
56	MP-56	DP	Anayatak	4570252 N	1	-	-	-	1	1	2	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1100m								

Sıra	Örnek	D (C	Ö 1 .	Koordinatlar (Eur	ar (Eur Yapılan işler							A 11 1
no	no	Petrografi	Ornek yeri	50)	İK	PK	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalar
				37716510 E								Sekonder 2. kuvars
57	MP-57	DP	Anayatak	4570302 N	1	-	-	-	1	1	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1091m								
				37716510 E								Sekonder 2. kuvars
58	MP-58	DP	Anayatak	4570302 N	1	-	-	-	1	2	2	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1091m								
				37716559 E								Sekonder 2. kuvars
59	MP-59	DP	Anayatak	4570154 N	1	-	1	-	1	1	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1105m								
				37716531 E								Sekonder 3. kuvars
60	MP-60	DP	Anayatak	4570158 N	1	-	1	-	1	1	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1101m								
				37716538 E								Sekonder 2. kuvars
61	MP-61	DP	Anayatak	4570137 N	1	-	-	-	1	2	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1102m								
				37716386 E								Sekonder 3. kuvars
62	MP-62	DP	Anayatak	4570031 N	1	-	1	-	1	1	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1031m								
				37716386 E								Sekonder 3. kuvars
63	MP-63	DP	Anayatak	4570031 N	1	-	-	-	1	1	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1031m								
				37716384 E								Sekonder 2. kuvars
64	MP-64	DP	Anayatak	4570046 N	1	-	-	-	1	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1035m								
Sıra	Örnek	Datus and	Ömnaltarami	Koordinatlar (Eur			Ya	pılan is	şler			Acchilomator
------	-------	-----------	-------------	-------------------	----	----	-----	----------	------	-----	-----------------	------------------------------
no	no	Petrogram	Ornek yeri	50)	İK	РК	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalar
				37716440 E								Sekonder 2. kuvars
65	MP-65	DP	Anayatak	4569991 N	1	-	-	-	-	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1055m								
				37716440 E								Sekonder 2. kuvars
66	MP-66	DP	Anayatak	4569991 N	1	-	1	-	1	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik. 1055m								
				37716440 E								
67	MP-67	DP	Anayatak	4569991 N	1	-	-	-	1	1	1	Damar tipi cevherleşme
				Yükseklik: 1055m								
				37716476 E								Sekonder 2. kuvars
68	MP-68	DP	Anayatak	4569962 N	1	-	1	-	1	1	1	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1060m								
				37716476 E								Sekonder 2. kuvars
69	MP-69	DP	Anayatak	4569962 N	1	-	-	-	1	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1060m								
				37716730 E								Sekonder 2. kuvars
70	MP-70	DP	Anayatak	4569884 N	1	-	-	-	1	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1094m								
				37716730 E								Sekonder 2. kuvars
71	MP-71	DP	Anayatak	4569884 N	1	-	-	-	1	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1094m								
												Sekonder 3. kuvars
72	MP-72	DP	Anayatak	Arama sondajı	1	-	1	-	1	2	1	(Damar tipi cevherleşme)

Sıra	Öm eleme	Detressuef	Örrala avari	Koordinatlar (Eur			Ya	apılan i	şler			A subleme ten
no	Ornek no	Petrogram	Ornek yeri	50)	İK	PK	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalar
				Arama sondajı								Sekonder 3. kuvars
73	MP-73	DP	Anayatak		1	-	1	-	1	1	1	(Damar tipi cevherleşme)
				37715955 E								Sekonder 3. kuvars
74	MP-74	DP	Çarkbaşı	4567920 N	1	-	-	-	1	1	1	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1242m								
				37716540 E								Sekonder 2. kuvars
75	MP-100	DP	Anayatak	4570252 N	- [-	-	-	1	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1100m								
				37716510 E								Sekonder 2. kuvars
76	MP-101	DP	Anayatak	4570302 N	- [-	-	-	-	-	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1091m								
				37716566 E								Sekonder 3. kuvars
77	MP-102	DP	Anayatak	4570164 N	-	-	-	-	1	1	-	(Damar tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1105m								
				37716538 E								Sekonder 2. kuvars
78	MP-103	DP	Anayatak	4570137 N	-	-	-	-	1	1	-	(Stockwork tipi cevherleşme)
				Yükseklik: 1102m								
				37716315 E								
79	MP-104	DL	Anayatak	4569313 N	1	-	-	-	1	1	-	Dasit lavı
				Yükseklik: 1182m								
				37716321 E								
80	MP-105	DL	Anayatak	4569292 N	1	-	-	-	1	1	-	Dasit lavı
				Yükseklik: 1186m								

Sıra	Örnali na	Dotrografi	Örnalı yari	Koordinatlar (Eur			Ya	pılan i	şler			Aaldamalar
no	OTHER HO	renogram	Offick yerr	50)	İK	PK	SKK	AKA	JA	XRD	³⁴ S	Açıklamalar
				37716210 E								
81	MP-106	DP	Çakmakkaya	4569580 N	1	-	-	-	1	1	-	Jasper
				Yükseklik: 1146m								
				37715955 E								
82	MP-107	DP	Çarkbaşı	4567920 N	-	-	-	-	-	-	-	İri pirit kristalli cevher
				Yükseklil: 1242m								
				37715955 E								
83	MP-108	DP	Çarkbaşı	4567920 N	-	-	-	-	-	-	-	Damar tipi cevherleşme
				Yükseklil: 1242m								
		İN	M ÖRNEK SAYISI	71	15	53	12	30	40	34		





Position [°2Theta]











Fusition [Z meta

















Position [°2Theta]

Ek 2. (devamı)











Position [°2Theta]





Ek 2. (devamı)



Ek 3. Murgul Cu yatağı ve yakın çevresi volkanik kayaçlarının majör, minör ve eser element analizi sonuçları. 1: Serisitleşmiş piroklastikler; 2: Kaolenleşmiş piroklastikler, 3: Silisleşmiş piroklastikler, DP: Dasitik piroklastikler, DL: Dasit lavları. P15*, P16* ve P21 nolu örnekler az altere olmuş kayaçları göstermekte ve NTE değerleri Özgür (1985), Özgür ve Palacios (1990) ve Schneider ve diğ. (1988)' den alınmıştır.

			SiO2	AI2O3		MgO	CaO	Na2O	K2O		P2O5	MnO		
Sample	Petrografi	Alteration	(%)	(%)	Fe2O3 (%)	(%)	(%)	(%)	(%)	TiO2 (%)	(%)	(%)	LOI (%)	Total (%)
MP-50	DP	3	80,08	4,21	4,44	0,21	0,03	0,03	1,02	0,09	0,016	0,01	5,0	95,08
MP-51	DP	3	88,19	3,99	2,85	0,18	0,03	0,02	1,08	0,09	0,005	0,01	3,0	99,44
MP-52	DP	2	45,34	1,94	2,32	0,10	0,06	0,01	0,56	0,04	0,001	0,01	3,1	79,86
MP-53	DP	3	91,30	2,56	2,20	0,12	0,02	0,02	0,63	0,05	0,003	0,01	2,2	99,06
MP-54	DP	1	83,04	7,69	2,78	0,52	0,09	0,06	2,00	0,19	0,054	0,01	3,2	99,66
MP-55	DP	2	66,80	7,86	6,03	5,09	0,42	0,05	1,73	0,14	0,043	0,08	10,7	98,96
MP-56	DP	3	82,42	4,42	6,12	0,20	0,02	0,05	1,08	0,09	0,029	0,01	4,7	99,10
MP-57	DP	3	88,37	4,80	2,03	0,21	0,02	0,03	1,30	0,11	0,012	0,01	2,8	99,67
MP-58	DP	3	84,56	2,61	5,57	0,11	0,01	0,03	0,60	0,05	0,028	0,01	4,4	98,00
MP-59	DP	3	87,09	4,99	2,51	0,20	0,01	0,02	1,27	0,10	0,027	0,01	2,9	99,15
MP-60	DP	3	86,70	4,39	3,17	0,20	0,01	0,03	1,13	0,09	0,016	0,01	3,2	98,97
MP-61	DP	3	90,23	3,46	1,86	0,12	0,01	0,02	0,91	0,09	0,025	0,01	2,9	99,63
MP-62	DP	3	86,99	5,32	2,47	0,34	0,04	0,03	1,36	0,12	0,042	0,01	2,3	99,01
MP-63	DP	3	32,99	0,27	39,57	0,11	0,03	0,01	0,02	0,01	0,057	0,01	21,0	94,05
MP-64	DP	1	64,73	12,02	4,05	4,16	2,10	0,18	2,81	0,25	0,051	0,09	9,4	99,81
MP-66	DP	3	86,07	3,33	4,07	0,23	0,03	0,06	0,61	0,06	0,016	0,01	3,8	98,31
MP-67	DP	3	69,80	3,70	13,93	0,56	0,02	0,03	0,95	0,04	0,025	0,03	7,7	96,76
MP-68	DP	3	83,90	4,89	4,92	0,30	0,04	0,04	1,20	0,12	0,042	0,01	3,9	99,37
MP-69	DP	3	85,80	7,04	1,94	0,33	0,07	0,05	2,01	0,16	0,051	0,01	2,3	99,74
MP-70	DP	3	90,36	2,76	2,42	0,28	0,06	0,02	0,73	0,05	0,030	0,01	2,6	99,32
MP-71	DP	3	87,11	3,72	3,73	0,50	0,10	0,03	1,02	0,07	0,032	0,01	3,2	99,55
MP-72	DP	3	2,07	0,43	19,30	19,88	6,49	0,01	0,01	0,01	0,001	0,59	33,2	81,90
MP-73	DP	3	33,38	1,05	28,42	0,84	0,06	0,01	0,01	0,01	0,014	0,04	16,5	80,39
MP-74	DP	3	94,38	0,13	2,73	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,009	0,01	2,2	99,48
MP-100	DP	3	87,69	4,53	2,88	0,17	0,01	0,03	1,08	0,10	0,024	0,01	3,1	99,58
MP-102	DP	3	86,38	5,74	2,34	0,21	0,02	0,03	1,46	0,12	0,027	0,01	3,3	99,66
MP-103	DP	3	83,68	5,30	4,43	0,23	0,01	0,03	1,43	0,11	0,028	0,01	4,5	99,70
MP-104	DL		68,11	13,93	4,74	1,52	2,04	3,26	2,31	0,38	0,087	0,08	3,5	99,84
MP-105	DL		71,32	14,29	3,94	0,81	0,35	1,93	3,59	0,36	0,092	0,07	3,1	99,83
MP-106	DP	3	87,91	1,02	6,24	0,10	0,15	0,03	0,04	0,01	0,132	0,01	3,8	99,47
P15*	DP													
P16*	DP													
P21*	DP													

	Cr	Ni	Sc	Ba	Со	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Та	Th	U	v	Zr	Y
Sample	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)												
MP-50	27,37	1,6	3	24764	183,7	0,2	7,0	1,4	2,2	20,9	463,8	0,6	1,3	1,9	9	42,7	9,9
MP-51	41,06	1,8	4	213	226,5	0,2	5,3	1,6	2,5	21,8	21,9	0,7	1,0	1,3	11	43,9	8,5
MP-52	13,69	0,9	1	>50000	62,4	0,1	5,0	1,7	0,7	12,1	3917	3,9	0,5	0,8	19	22,3	5,6
MP-53	13,69	3,4	3	373	203,2	0,1	4,2	0,6	1,3	12,4	19,6	0,6	0,7	1,4	16	20,8	4,1
MP-54	13,69	1,1	6	168	155,9	0,1	8,6	2,8	4,6	32,9	30,3	0,7	2,7	1,1	24	85,3	22,2
MP-55	13,69	15,7	6	4837	78,6	0,5	8,5	2,0	4,3	36,7	122,5	0,5	2,3	0,8	38	65,0	12,4
MP-56	13,69	1,9	3	361	144,0	0,2	7,0	1,4	2,5	21,5	23,9	0,6	1,4	1,3	20	42,8	11,0
MP-57	13,69	1,9	4	323	177,1	0,1	7,7	1,4	3,0	24,0	15,3	0,7	0,9	1,4	22	47,7	36,7
MP-58	13,69	2,4	2	10251	167,3	0,1	3,8	0,6	2,4	11,5	238,6	0,7	0,9	1,5	19	24,9	4,5
MP-59	13,69	1,2	4	3155	126,1	0,2	6,3	1,6	2,8	24,8	84,8	0,5	1,9	1,2	16	47,9	10,5
MP-60	13,69	1,3	3	5708	118,6	0,1	5,0	1,5	3,5	19,9	130,8	0,5	1,4	1,2	16	43,5	11,8
MP-61	13,69	1,3	3	243	142,2	0,2	5,2	1,4	2,3	17,3	8,3	0,5	1,3	1,4	14	42,0	7,8
MP-62	13,69	1,7	4	147	146,3	0,2	6,8	1,6	3,0	25,0	12,3	0,6	1,5	0,8	20	53,8	12,4
MP-63	13,69	16,3	1	11649	207,3	0,1	1,0	0,1	0,2	0,5	176,1	0,3	0,2	0,3	8	1,6	0,3
MP-64	13,69	1	9	282	64,1	0,7	10,8	3,2	5,1	43,9	53,4	0,5	3,3	1,6	25	109,4	21,4
MP-66	13,69	2,5	3	3677	196,4	0,1	5,7	0,8	1,4	12,3	76,4	0,5	0,6	0,6	14	28,4	7,6
MP-67	13,69	1,7	3	1332	174,3	0,2	5,6	0,5	1,0	17,3	23,7	0,4	0,2	0,4	20	16,2	4,4
MP-68	13,69	2	4	1937	140,1	0,2	6,2	1,5	2,7	21,8	34,7	0,5	2,2	1,1	18	47,4	12,0
MP-69	13,69	1	6	474	127,1	0,3	90,0	2,8	3,4	36,0	20,6	0,5	2,6	1,9	19	71,8	15,4
MP-70	13,69	2,1	2	516	263,2	0,2	3,0	0,7	1,4	14,2	22,6	0,8	0,5	0,4	11	23,4	4,1
MP-71	13,69	1,4	3	461	184,3	0,2	5,0	0,9	2,0	19,6	19,2	0,6	0,6	0,6	13	32,1	7,1
MP-72	13,69	0,9	2	>50000	10,5	0,1	1,2	0,2	0,1	0,8	1927	1,0	0,2	0,1	11	0,5	2,1
MP-73	20,53	1,9	1	24552	107,8	0,1	1,2	0,1	0,1	1,1	490,4	0,2	0,2	0,1	22	1,5	0,6
MP-74	13,69	2,7	1	145	417,7	0,1	0,5	0,1	0,6	0,5	2,2	0,9	0,2	0,1	8	0,4	0,1
MP-100	13,69	1,4	3	231	173,4	0,1	7,7	1,6	4,0	21,3	51,0	0,7	1,2	1,3	14	46,8	10,0
MP-102	13,69	1,1	5	257	127,6	0,4	5,8	1,7	2,7	24,7	18,7	0,5	1,5	1,0	10	58,1	12,9
MP-103	13,69	0,8	4	114	105	0,1	7,3	1,9	2,8	29,1	14,8	0,4	1,8	1,5	13	55,9	10,7
MP-104	13,69	1,7	15	236	46,1	1,6	12,3	3,6	4,5	38,2	137,6	0,5	4,0	1,0	66	112,4	32,4
MP-105	13,69	0,8	15	177	55,8	1,2	14,6	4,1	4,7	51,9	48,2	0,4	4,1	1,1	106	122,0	33,0
MP-106	13,69	3,1	1	237	256,1	0,1	4,1	0,1	0,7	1,1	37,4	0,5	0,2	3,5	95	2,2	1,7
P15*																	
P16*																	
P21*																	

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Но	Er	Tm	Yb	Lu
Sample	(ppm)	(ppm)												
MP-50	5,8	9,3	1,22	4,0	1,12	0,02	1,31	0,29	2,01	0,37	1,07	0,18	1,09	0,18
MP-51	5,6	9,0	1,32	4,1	1,04	0,25	1,02	0,22	1,36	0,31	0,94	0,17	1,07	0,18
MP-52	8,6	6,6	0,77	2,4	1,05	0,20	1,85	0,20	1,50	0,18	0,54	0,13	0,70	0,12
MP-53	3,6	6,0	0,85	3,4	0,69	0,19	0,67	0,12	0,65	14,00	0,45	0,10	0,51	0,09
MP-54	10,8	22,0	2,58	10,8	2,41	0,54	2,72	0,52	3,31	0,73	2,19	0,34	2,09	0,36
MP-55	8,2	16,3	1,93	8,1	1,60	0,13	1,46	0,28	1,82	0,44	1,19	0,22	1,47	0,24
MP-56	5,8	11,3	1,28	5,8	1,18	0,37	1,44	0,27	1,72	0,33	0,97	0,17	1,12	0,17
MP-57	5,4	11,1	1,27	4,9	1,91	0,81	4,93	0,93	5,76	1,05	2,60	0,40	2,19	0,33
MP-58	2,7	5,1	0,63	2,7	0,48	0,02	0,59	0,09	0,77	0,14	0,45	0,09	0,58	0,10
MP-59	4,5	9,4	1,17	4,6	1,05	0,12	1,27	0,25	1,62	0,35	1,00	0,18	1,13	0,18
MP-60	4,5	8,2	1,07	4,5	0,99	0,02	1,28	0,27	1,88	0,36	1,01	0,16	1,06	0,16
MP-61	3,9	7,3	0,91	3,7	0,77	0,20	0,77	0,19	1,11	0,27	0,87	0,14	0,98	0,16
MP-62	5,5	11,8	1,46	6,3	1,39	0,29	1,73	0,32	1,96	0,42	1,24	0,19	1,25	0,20
MP-63	0,8	0,6	0,10	0,4	0,11	0,02	0,17	0,01	0,25	0,02	0,03	0,01	0,05	0,01
MP-64	12,2	24,1	3,09	12,6	2,59	0,46	2,66	0,53	3,17	0,72	2,30	0,38	2,48	0,38
MP-66	3,7	7,5	0,91	4,3	0,76	0,02	0,95	0,19	1,05	0,25	0,74	0,12	0,78	0,11
MP-67	2,4	4,7	0,58	2,0	0,43	0,07	0,60	0,11	0,70	0,14	0,48	0,08	0,43	0,07
MP-68	7,4	14,9	1,81	8,7	1,74	0,30	1,72	0,33	1,77	0,41	1,17	0,22	1,21	0,20
MP-69	10,9	21,7	2,67	10,5	2,29	0,43	1,94	0,40	2,20	0,48	1,58	0,28	1,70	0,29
MP-70	2,1	4,2	0,53	2,5	0,43	0,06	0,50	0,10	0,64	0,13	0,41	0,09	0,58	0,09
MP-71	4,0	7,8	0,92	3,0	0,69	0,15	0,93	0,17	1,04	0,23	0,75	0,13	0,79	0,13
MP-71	4,0	7,8	0,92	3,0	0,69	0,15	0,93	0,17	1,04	0,23	0,75	0,04	0,16	0,01
MP-72	1,6	1,0	0,13	0,9	0,44	0,02	0,78	0,09	1,18	0,05	0,06	0,01	0,05	0,01
MP-73	1,1	0,6	0,10	0,4	0,18	0,02	0,11	0,01	0,35	0,02	0,03	0,01	0,05	0,01
MP-74	0,1	0,1	0,03	0,3	0,05	0,02	0,08	0,01	0,05	0,02	0,03	0,20	1,16	0,19
MP-100	6,1	11,5	1,31	4,8	0,95	0,25	1,21	0,24	1,45	0,34	1,07	0,22	1,29	0,21
MP-102	4,3	8,9	1,09	4,7	1,03	0,29	1,50	0,29	1,82	0,46	1,34	0,19	1,31	0,22
MP-103	6,5	11,9	1,43	5,3	1,24	0,28	1,25	0,25	1,73	0,38	1,10	0,58	3,30	0,56
MP-104	14,3	26,4	3,90	16,0	3,85	0,98	4,51	0,81	4,73	1,10	3,33	0,58	3,30	0,56
MP-105	12,6	24,8	3,43	13,6	3,34	0,92	4,21	0,81	4,89	1,12	3,35	0,56	3,53	0,61
MP-106	2,5	4,4	0,57	2,3	0,72	0,35	0,51	0,07	0,36	0,06	0,12	0,03	0,12	0,02
P15*	12,3	24,0			3,80	0,98		0,62						
P16*	14,9	27,7			3,81	0,88		0,56						
P21*	13,0	26,5			3,20	0,94		0,52						

	Yb	Lu	C-tot	S-tot	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Sb	Ag	Au	Hg	TI	Se
Sample	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppb)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
MP-50	1,09	0,18	0,02	4,70	2949,0	1353,0	>10000	93,7	73,5	0,7	4,2	192,4	0,28	0,8	3,7
MP-51	1,07	0,18	0,02	2,22	267,6	248,0	16,04	38,8	9,1	0,4	3,4	78,7	0,04	0,2	1,9
MP-52	0,70	0,12	0,02	8,97	1862,0	2423,0	>10000	54,9	76,9	1,6	4,6	106,6	0,41	0,6	2,4
MP-53	0,51	0,09	0,02	1,68	6096,0	48,7	77,0	115,4	0,4	2,7	6,0	145,4	0,11	2,8	8,4
MP-54	2,09	0,36	0,05	1,73	926,6	1,6	10,0	7,0	0,1	0,1	0,1	14,3	0,01	0,1	1,7
MP-55	1,47	0,24	2,21	1,13	382,6	11,5	29,6	33,2	14,9	0,5	1,6	35,8	0,11	0,4	0,8
MP-56	1,12	0,17	0,02	4,68	66,9	113,8	716,0	129,2	3,9	1,6	7,3	163,7	0,12	1,1	6,2
MP-57	2,19	0,33	0,03	1,44	437,0	63,7	171,0	58,3	0,7	0,9	1,2	47,1	0,05	0,5	1,7
MP-58	0,58	0,10	0,02	4,69	3679,0	136,9	26,1	512,4	10,4	18,0	7,0	225,4	0,30	5,9	2,8
MP-59	1,13	0,18	0,02	2,00	2448,0	180,9	875,0	25,0	4,4	0,3	1,7	41,7	0,07	0,2	3,2
MP-60	1,06	0,16	0,04	2,55	1536,0	193,6	333,0	26,5	2,0	0,6	2,5	96,5	0,03	0,4	3,4
MP-61	0,98	0,16	0,02	1,33	1511,0	25,2	22,0	25,8	0,1	0,6	1,7	47,7	0,08	0,2	2,1
MP-62	1,25	0,20	0,02	1,60	5754,0	112,9	10,4	45,6	5,1	0,7	5,6	67,9	0,10	0,5	5,2
MP-63	0,05	0,01	0,02	32,67	>10000	636,5	60,4	7076,0	26,5	165,3	>100	2080	0,84	157,1	29,7
MP-64	2,48	0,38	1,96	0,60	73,3	12,3	127,0	3,9	0,1	0,1	0,4	3,0	0,01	0,1	1,6
MP-66	0,78	0,11	0,02	3,46	1532,0	479,5	74,0	49,5	43,2	3,9	23,4	512,3	0,24	111,6	3,9
MP-67	0,43	0,07	0,22	10,02	>10000	170,2	46,5	122,7	20,0	5,5	88,7	331,9	0,36	1,8	47,1
MP-68	1,21	0,20	0,04	3,69	1293,0	178,0	12,7	407,5	5,2	5,9	3,5	104,3	0,22	5,6	1,1
MP-69	1,70	0,29	0,02	1,16	16,4	13,6	105,0	25,2	0,4	0,2	0,2	16,3	0,01	0,1	0,5
MP-70	0,58	0,09	0,12	1,68	3012,0	49,8	325,0	58,6	1,5	1,1	7,8	41,9	0,02	0,3	7,2
MP-71	0,79	0,13	0,21	2,50	952,1	44,3	331,0	28,1	1,0	0,9	3,8	28,9	0,01	0,3	5,6
MP-72	0,16	0,01	9,93	2,96	2724,0	153,3	2213,0	724,0	8,6	8,5	2,2	15,3	0,11	0,2	1,9
MP-73	0,05	0,01	0,40	24,99	>10000	23,8	3274,0	1479,0	19,9	17,8	>100	833,6	0,47	6,3	>100
MP-74	0,05	0,01	0,02	2,22	228,1	32,8	193,0	8,3	0,8	0,1	0,6	3,4	0,01	0,1	2,5
MP-100	1,16	0,19	0,02	2,09	864,8	42,6	748,0	52,7	4,1	1,1	3,1	166,7	0,07	0,3	2,5
MP-102	1,29	0,21	0,02	1,83	1361,0	100,2	53,0	18,4	0,3	0,2	1,5	34,2	0,01	0,3	2,9
MP-103	1,31	0,22	0,02	3,54	609,3	160,1	238,0	56,2	1,2	0,2	1,6	80,6	0,03	0,2	5,4
MP-104	3,30	0,56	0,42	0,02	23,5	8,9	92,0	1,1	0,3	0,1	0,2	0,5	0,03	0,1	0,5
MP-105	3,53	0,61	0,02	0,02	1,9	3,0	13,0	2,5	0,1	0,1	0,1	0,5	0,01	0,1	0,5
MP-106	0,12	0,02	0,04	3,49	1669,0	562,7	66,0	145,1	0,4	4,8	10,1	287,2	0,12	1,1	5,1
P15*	3,62	0,58													<u> </u>
P16*	3,50	0,55													
P21*	3,42	0,52													1

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h (^{o}C)$	$T_{m ice}(^{o}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	333	-6,5	-	-	-	9,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	299	-5,0	-	-	-	7,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	198	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	343	-5,0	-	-	-	7,8
1	MD 1	Amorratal	2	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	200	-	-	-	-	-
1	MP-1	Anayalak	Ζ.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	2,5 um	267	-5,6	-	-	-	8,6
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	235	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	215	-6,5	-	-	-	9,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	144,5	-5,5	-	-	-	8,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	-	-5,8	-	-	-	8,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	215	-3,7	-	-	-	6,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	225	-3,8	-	-	-	6,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	215	-3,7	-	-	-	6,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	234	-4,1	-	-	-	6,5
2	MP-2	Anayatak	2	Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	224	-4	-	-	-	6,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	3 um	205	-3,9	-	-	-	6,3
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	242	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	184	-3,8	-	-	-	6,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	11 um	153	-3,4	-	-	-	5,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	158	-3,0	-	-	-	4,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	206	-	-	-	-	-
3	MP-4	Anavatak	1	Kuvars	Birincil	Üç fazlı	11 um	225	-	-	7,7	30,0	-
5	1011 -4	Anayatak	1.	Kuvars	Birincil	Üç fazlı	5 um	250	-	-	7,3	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	2 um	230	-5,1	-	-	-	8,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	-	-4,0	-	-	-	6,4
1	MP-10	Anavatak	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	190	-	-	-	-	-
4	1011-10	лпауатак	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	250.3	-6	-	-	-	9.2
5	5 MP-11	Anavatak	2	Amatist	Birincil	İki fazlı	18 um	195	-4	-	-	-	6.4
3	IVIP-11	Anayatak	۷.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	15 um	275.9	-4.3	-	-	-	6.8

Ek 4. Murgul Cu yatağından (Anayatak-Çakmakkaya) alınan kuvars örneklerinin sıvı kapanımlarında ölçülen homojenleşme sıcaklık (Th) değerleri, son buz ergime sıcaklıkları (Tmıce) ve hesaplanan tuzluluk değerleri (% NaCl).

Ek 4.	(devamı)
-------	----------

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h (^{o}C)$	$T_{m ice}(^{o}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	3 um	292	-5,4	-	-	-	8,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	3 um	275	-4,1	-	-	-	6,5
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	3,5 um	234	-	-	6,3	-	-
6	MD 12	Anovatal	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	163	-3,9	-	-	-	6,3
0	MP-12	Апауатак	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	329	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	200	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	365	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	3 um	298	-	-	6,6	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	175	-3,1	-	-	1	5,1
7	MP-13	Anayatak	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	170	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	215	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	244	-2.2	-	-	-	3.7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	-	-2.6	-	-	-	4.3
Q	MD 14	Anovatak		Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	-	-2.6	-	-	-	4.3
0	IVII - 14	Allayalak	-	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	251	-1.6	-	-	-	2.7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	280	-1.4	-	-	-	2.4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	254.3	-	-	-	-	-
				Kuvars	İkincil	İki fazlı	-	166	-	-	-	-	-
9	MP-15	Anayatak	1.	Kuvars	İkincil	İki fazlı	-	177	-	-	-	-	-
				Kuvars	İkincil	İki fazlı	-	155	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	3 um	180	-4,1	-	-	-	6,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	182	-2,9	-	-	-	4,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	207	-5,6	-	-	-	8,6
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	11 um	216	-3,5	-	-	-	5,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	220	-3,4	-	-	-	5,5
10	MP-16	Anayatak	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	225	-4,4	-	-	-	7,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	173	-5,2	-	-	-	8,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	169	-3,0	-	-	-	4,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	173	-4,5	-	-	-	7,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	220	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	-	-4,0	-	-	-	6,4

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_{h}\left(^{o}C\right)$	$T_{m ice}(^{o}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	212	-5,3	-	-	-	8,2
11	MP-18	Anayatak	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	226	-5,7	-	-	-	8,8
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	6 um	228	-	1	8,5	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	195	-	-	-	-	-
12	MD 10	Anovatal	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	168	-	-	-	-	-
12	IVIF-19	Allayalak	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	150	-5,2	-	-	-	8,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	19 um	172	-5,1	-	-	-	8,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	189	-4,1	-	-	-	6,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	3 um	-	-4,1	-	-	-	6,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	171	-3,8	-	-	-	6,1
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	5 um	255	-	1	6,8	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	183	-4,9	-	-	-	7,7
13	MP-20	Anayatak	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	163	-4,9	-	-	-	7,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	3 um	175	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	215	-3,6	-	-	-	5,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	173	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	13 um	220	-5,2	-	-	-	8,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	291	-2,8	-	-	-	4,6
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	158	-2,2	-	-	-	3,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	155	-1,9	-	-	-	3,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	30 um	177	-1,4			-	2,4
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	20 um	256	-	-	8,9	28,3	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	258	-	-	8,9	29,0	-
14	MP-24	Anayatak	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	280	-1,8	-	-	-	3,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	17 um	242	-2,9	-	-	-	4,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	151	-1,8	-	-	-	3,0
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	5 um	256	-	-	8,0	29,0	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	12 um	255	-	-	8,8	29,0	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	150	-2,4	-	-	-	4,0

Ek	4.	(devamı)
----	----	----------

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h (^{o}C)$	$T_{m ice}(^{\circ}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	9 um	286	-	-	7,5	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	238	-5,8	-	-	-	8,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	11 um	228	-4,5	-	-	-	7,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	215	-5,8	-	-	-	8,9
15	MP_26	Cakmakkaya	2	Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	232	-3,6	-	-	-	5,8
15	WII -20	Çakınakkaya	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	-	-4,6	-	-	-	7,3
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	210	-4,9	-	-	-	7,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	215	-4,1	-	-	-	6,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	207	-4,3	-	-	-	6,8
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	6 um	240	-	-	7,6	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	185	-5,3	-	-	-	8,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	214	-3,8	-	-	-	6,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	180	-4,1	-	-	-	6,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	230	-5,2	-	-	-	8,1
16	MD 27	Calemaleleava	2	Kuvars	Birincil	Üç fazlı	4 um	240	-	-	8,0	-	-
10	IVIF-2/	Çakıllakkaya	۷.	Kuvars	Birincil	Üç fazlı	6 um	217	-	-	8,6	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	-	-2,1	-	-	-	3,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	190	-4,5	-	-	-	7,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	150	-3,9	-	-	-	6,3
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	167	-3,6	-	-	-	5,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	346	-6,9	-	-	-	10,3
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	236	-4,7	-	-	-	7,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	218	-4,0	-	-	-	6,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	212	-4,7	-	-	-	7,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	278	-5,2	-	-	-	8,1
17	MD 20	Calumateleses	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	269	-5,0	-	-	-	7,8
1/	MP-28	Çактаккауа	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	15 um	194	-3,8	-	-	-	6,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	13 um	208	-3,5	-	-	-	5,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	212	-5,2	-	-	-	8,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	231	-5,0	-	-	-	7,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	247	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	292	-	-	-	-	-

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h(^{o}C)$	$T_{m ice}(^{\circ}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	174	-4,2	-	-	-	6,7
17	MP-28	Çakmakkaya	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	168	-4,0	-	-	-	6,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	170	4,0	-	-	-	6,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	219	-2,7	-	-	-	4,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	206	-2,9	-	-	-	4,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	150	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	261	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	-	-4,9	-	-	-	7,7
18	MD 21	Calimatikawa	2	Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	208	-2,6	-	-	-	4,3
10	WIF-51	Çakıllakkaya	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	185	-2,9	-	-	-	4,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	222	-3,7	-	-	-	6,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	225	-2,7	-	-	-	4,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	184	-2,3	-	-	-	3,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	205	-4,7	-	-	-	7,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	184	-3,3	-	-	-	5,4
				Kuvars	Birincil	iki fazlı	4 um	284	-4,7	-	-	-	7,4
				Kuvars	Birincil	iki fazlı	8 um	230	-6,3	-	-	-	9,5
19	MP-32	Çakmakkaya	1.	Kuvars	Birincil	Üç fazlı	30 um	257,8	-	-56,9	6,8	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	8 um	-	-	-56,9	6,6	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	8 um	264,7	-	-58,3	6,2	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	229	-3,0	-	-	-	4,9
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	-	-	-58,0	8,9	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	-	-	-57,0	8,5	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	201	-	-	8,3	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	216	-	-56,2	9,1	29,0	-
20	MP-33	Cakmakkaya	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	246	-	-	-	-	-
20	WII 55	Çukillukkuyu	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	210	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	208	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	215	-	-	8,8	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	6 um	291	-	-56,5	8,5	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	249	-	-		-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	250		-	8,3	-	-

Ek 4.	(devamı)
-------	----------

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h(^{o}C)$	$T_{m ice}(^{o}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	252	-	-	8,1	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	255	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	12 um	250	-	-	7,7	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	248	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	195	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	208	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	250	-	-56,6	8,1	28,5	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	248	-	-56,7	7,9	30,0	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	256	-	-56,9	9,1	29,5	-
20	MD 22	Calemalekava	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	230	-	-	-	-	-
20	MP-33	Çактпаккаya	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	174	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	15 um	263	-	-56,8	7,9	28,3	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	250	-5,1	-	-	-	8,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	222	-6,6	-	-	-	9,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	205	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	270	-	-56,6	7,5	28,0	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	260	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	250	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	253	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı		260	-	-56,4	8,4	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	20 um	255	-2,9	-	-	-	4,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	201	-	-	-	-	-
21	MD 24	Calumateleses	2	Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	250	-	-	-	-	-
21	MP-34	Çактаккауа	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	335	-7,3	-	-	-	10,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	210	-5,7	-	-	-	8,8
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	-	-4,1	-	6,5	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	356	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	11 um	228	-	-	-	-	-
22	MD 25	Calumalalacer	2	Kuvars	Birincil	İki fazlı	15 um	260	-	-	-	-	-
22	MP-35	Çактаккауа	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	229	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	251	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	254	-	-	-	-	-

Ek 4.	(devamı)	
-------	----------	--

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h(^{o}C)$	$T_{m ice}(^{o}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	263	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	275	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	265	-	-	-	-	-
22	MP-35	Çakmakkaya	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	253	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	264	-	-	-	-	-
				Kuvars	İkincil	İki fazlı	3 um	203	-	-	-	-	-
				Kuvars	İkincil	İki fazlı	11 um	182	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	187	-3.6	-	-	-	5.8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	198	-	-	-	-	-
23	MP-36	Çakmakkaya	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	246	-5.5	-	-	-	8.5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	17 um	243	-5.5	-	-	-	8.5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	255	-6.1	-	-	-	9.3
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	156	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	197	-3,7	-	-	-	6,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	17 um	190	-6,2	-	-	-	9,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	229	-4,5	-	-	-	7,1
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	4 um	200	-	-	6,2	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	205	-5,8	-	-	-	8,9
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	12 um	240	-	-	7,0	31,0	-
24	MP-37	Çakmakkaya	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	202	-5,9	-	-	-	9,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	11 um	305	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	300	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	235	-4,5	-	-	-	7,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	181	-5,2	-	-	-	8,1
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	11 um	280	-	-	6,5	29,0	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	5 um	287	-	-	6,1	30,0	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	190	-5,2	-	-	-	8,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	270	-		_	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	283	-	-	-	-	-
25	MP-38	Çakmakkaya	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	245	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	25 um	-	-6,8	-	-	-	10,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	-	-6,2	-	-	-	9,4

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h (^{o}C)$	$T_{m ice}(^{o}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	-	-6,4	-	-	-	9,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	-	-6	-	-	-	9,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	215	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	230	-	-	-	-	-
25	MP-38	Çakmakkaya	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	203	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	177	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	15 um	235	-	-	5,7	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	274	-10	-	5,9	-	13,9
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	4 um	247	-	-	6,4	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	158	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	259	-2.1	-	-	-	3.5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	217	-5.6	-	-	-	8.6
26	MP-40	Çakmakkaya	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	273.6	-5.8	-	-	-	8.9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	176	-3	-	_	-	4.9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	280	-3.4	-	-	-	5.5
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	300	-	-58,6	7,0	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	240	-6,1	-	-	-	9,3
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	152	-4,7	-	-	-	7,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	238	-3,6	-	-	-	5,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	240	-4,0	-	_	-	6,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	273	-3,2	-	-	-	5,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	17 um	248	-4,0	-	-	-	6,4
27	MP-41	Çakmakkaya	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	240	-3,3	-	-	-	5,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	249	-3,4	-	-	-	5,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	244	-5,7	-	-	-	8,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	227	-3,3	-	-	-	5,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	192	-4,6	-	-	-	7,3
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	217	-3,2	-	-	-	5,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	222	-3,2	-	-	-	5,2

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h (^{o}C)$	$T_{m ice}(^{\circ}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	165	-6,7	-	-	-	10,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	198	-6,7	-	-	-	10,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	185	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	163	-6,7	-	-	-	10,1
28	MP_43	Cakmakkawa	2	Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	203	-	-	-	-	-
20	1011 -43	Çakınakkaya	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	220	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	250	-8,5	-	-	-	12,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	315	-4,3	-	-	-	6,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	285	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	257	-	-	-	-	-
29	MP-44	Cakmakkaya	2	Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	249	-3,9	-	-	-	6,3
29	1011 -44	Çakınakkaya	<i>2</i> .	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	255	-8,3	-	6,8	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	251	-	-	6,4	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	187	-7,0	-	-	-	10,4
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	14 um	279	-	-	6,8	-	-
30	MP-46	Anavatak	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	252	-	-	-	-	-
50	WII -40	Anayatak	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	270	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	310	-6,6	-	-	-	9,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	270	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	300	-7,7	-	-	-	11,3
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	380	-8,0	-	-	-	11,6
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	203	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	185	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	188	-5,8	-	-	-	8,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	153	-5,8	-	-	-	8,9
21	MD 47	Anovatal	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	150	-4,9	-	-	-	7,7
51	1016-4/	Allayalak	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	14 um	151	-5,4	-	-	-	8,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	137	-4,1	-	-	-	6,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	162	-5,3	-	-	-	8,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	165	-6,3	-	-	-	9,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	15 um	190	-2,5	-	-	-	4,1

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h(^{o}C)$	$T_{m ice}(^{o}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
21	MD 47	Amoriatali	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	187	-2,0	-	_	-	3,3
51	MP-4/	Anayatak	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	15 um	154	-3,0	-	-	-	4,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	192	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	300	-	1	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	317	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	390	-8	-	-	-	11,6
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	337	-	1	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	-	350	-	-	-	-	-
22	MD 49	Anovatal	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	334	-5,3	-	-	-	8,2
32	MP-48	Anayatak	1.	Kuvars	Birincil	Üç fazlı	8 um	200	-5,3	1	7,0	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	11 um	255	-	-	7,0	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	7 um	257	-	-	7,2	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	-	261	-	-	7,0	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	7 um	240,5	-	-	7,0	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	6 um	-	-	-	7,0	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	15 um	244	-	-	7,0	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	15 um	-	-2,2	-	-	-	3,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	154	-3,7	-	-	-	6,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	257	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	241	-	-	-	-	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	178	-4,1	-	-	-	6,5
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	167	-3,3	-	-	-	5,4
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	9 um	300	-	-58,0	8,1	-	-
22	MD 54	Calumateleses	1	Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	240	-4,5	-	-	-	7,1
33	MP-54	Çактаккауа	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	3 um	-	-4,5	-	-	-	7,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	262	-3,1	-	-	-	5,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	-	-2,7	-	-	-	4,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	5 um	-	-1,4	-	-	-	2,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	186	-4,0	-	-	-	6,4
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	247	-	-	-	-	_
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	295	-4,2	-	-	-	6,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	-	-2,7	-	-	-	4,4

Sıra no	Örnek no	Örnek yeri	Kuvars jenerasyonu	Mineral	Kapanım tipi	Faz tipi	Kapanım boyutu	$T_h (^{o}C)$	$T_{m ice}(^{o}C)$	T _{mCO2}	T _{m clt}	T _{hCO2}	Tuzluluk (% NaCl)
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	165	-5,8	-	-	-	8,9
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	6 um	262	-	-	7,8	28,0	-
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	14 um	252	-7,3	-	-	-	10,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	22 um	321	-5,1	-	-	-	8,0
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	-	-5,4	-	-	-	8,4
34	MP-59	Anayatak	1.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	325	-4,9	-	-	-	7,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	270	-5,3	-	-	-	8,2
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	12 um	296	-5,2	-	-	-	8,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	241	-4,2	-	-	-	6,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	4 um	172	-4,2	-	-	-	6,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	6 um	341	-5,0	-	-	-	7,8
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	15 um	-	-4,2	-	-	-	6,7
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	16 um	-	-4,3	-	-	-	6,8
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	9 um	-	-	-	7,9	-	-
				Kuvars	Birincil	Üç fazlı	8 um	236	-	-	7,9	29,0	-
35	MP-60	Anayatak	2.	Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	380	-6,6	-	-	-	9,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	8 um	-	-3,8	-	-	-	6,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	9 um	-	-3,8	-	-	-	6,1
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	10 um	225	-5,8	-	-	-	8,9
				Kuvars	Birincil	İki fazlı	7 um	-	-6,5	-	-	-	9,8