

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KABADÜZ (ORDU, KD-TÜRKİYE) YÖRESİ Pb-Zn-Cu CEVHERLERİNİN
JEOLOJİK, MİNERALOGİK, JEOKİMYASAL VE KÖKENSEL İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Yük. Müh. Yılmaz DEMİR

ARALIK 2010
TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KABADÜZ (ORDU, KD-TÜRKİYE) YÖRESİ Pb-Zn-Cu CEVHERLERİNİN
JEOLOJİK, MİNERALOGİK, JEOKİMYASAL VE KÖKENSEL İNCELENMESİ**

Jeoloji Yük. Müh. Yılmaz DEMİR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Doktor (Jeoloji Mühendisliği)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26.11.2010
Tezin Savunma Tarihi: 30.12.2010**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK

Jüri Üyesi: Yrd. Doç. Dr. Ali VAN

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

Kabadüz (Ordu) yöresi cevherlerini konu alan bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanmış ve KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2008.112.005.03 numaralı proje ile maddî olarak desteklenmiştir.

Lisansüstü öğrenimim boyunca, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, bu tezin tamamlanması süresince pek çok problemin üstesinden gelmemde bana özveriyle yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR'a teşekkürlerim sonsuzdur.

Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ, Prof. Dr. Miğraç AKÇAY ve Prof. Dr. Osman BEKTAŞ bu teze bilimsel anlamda önemli katkılarda bulunmuşlardır. Analizlerin yapım aşamasında ve tez yazım süresince katkıda bulunan Doç. Dr. İbrahim UYSAL'a, parlak kesitlerin incelenmesi sırasında emeği geçen Yrd. Doç. Dr. Mithat VICİL'a ve paleontolojik tayinleri gerçekleştiren Dr. Neşe KILIÇ'a minnettar olduğumu belirtmek isterim. Doç. Dr. Orhan KARSLI, Yrd. Doç. Dr. Raif KANDEMİR, Yrd. Doç. Dr. Gülten YAYLALI, Arş. Gör. Enver AKARYALI, Arş. Gör. Emre AYDINÇAKIR ve Arş. Gör. M. Ali GÜCER çalışmalarım sürecince bana her zaman destek olmuşlardır.

Bu tezin mineral kimyası analizleri Hamburg Üniversitesi, Mineraloji ve Petroloji Enstitüsü'nde (Almanya) gerçekleştirilmiştir. Parlak kesitlerin hazırlanmasında Peter STUTZ, elektron mikroprob analizlerinin yapılmasında da Stefanie HEIDRICH özveriyle katkı sağlamışlardır. Sıvı kapanım ölçümlerinin bir kısmı Dr. Andrea CERIANI'nin katkılarıyla Pavia Üniversitesi'nde (İtalya), diğer kısmı da Yrd. Doç. Dr. Nurullah HANİLÇİ'nin katkılarıyla İstanbul Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Kendilerine içtenlikle teşekkür ederim.

Yıldızlar Holding ve Oreko Madencilik yetkilileri arazi çalışmalarına kolaylık sağlamışlar, jeoloji mühendisleri Kaan ALPASLAN, Murat KARADAĞ, Veselin BAYRAKTAROV ve Osman ÇELİK değişik zamanlarda arazi çalışmalarına katılmışlardır.

Ailemin tüm bireyleri, yaşamım ve akademik hayatım boyunca gösterdikleri destekten dolayı teşekkürlerin en büyüğünü hak etmiştir. Tez çalışmam süresince gösterdiği sabır ve anlayıştan dolayı eşim Neslihan AYDIN DEMİR'e sonsuz teşekkürler.

Yılmaz DEMİR

Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
SEMBOLLER DİZİNİ	XVII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı	1
1.3. Coğrafi Konum, Ulaşım ve Yerleşim Yerleri	1
1.4. Morfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü	2
1.5. Bölgesel Jeoloji	3
1.6. Yersel Jeoloji.....	6
1.6.1. Mesozoyik	7
1.6.2. Senozoyik	9
1.7. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeotektonik Evrimi Üzerine Düşünceler.....	14
1.8. Önceki Çalışmalar	18
1.8.1. Kabadüz Yöresi Cevherlerini Kapsayan Çalışmalar	18
1.8.2. Kabadüz Yöresi Yakın Çevresinde Yapılan Çalışmalar	21
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	26
2.1. Giriş.....	26
2.1.1. Arazi Çalışmaları.....	26
2.1.1.1. Cevher Damarlarına Yönelik Çalışmalar	26
2.1.1.2. Yan Kayaçlarda Yapılan Çalışmalar	27
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları	27
2.1.2.1. İnce Kesitler	27
2.1.2.2. Parlak Kesitler	27
2.1.2.3. Parlatılmış İnce Kesitler	28
2.1.2.4. Sıvı Kapanım Kesitlerinin Hazırlanması.....	28

2.1.2.5. X Işınları Difraksiyonu (XRD) Örneklerinin Hazırlanması.....	28
2.1.2.6. Tüm Kayaç Kimyası Örneklerinin Hazırlanması.....	29
2.1.2.7. Mineral Kimyası Analizi Örneklerinin Hazırlanması	29
2.1.2.8. Duraylı İzotop Analizi Örneklerinin Hazırlanması.....	30
2.1.2.9. Kurşun İzotop Analizi Örneklerinin Hazırlanması	30
2.1.3. Büro Çalışması	31
2.1.4. Analitik Yöntemler.....	31
2.1.4.1. ICP-AES ve ICP-MS Analizleri.....	31
2.1.4.2. Mineral Kimyası Analizleri.....	32
2.1.4.3. XRD Analizleri.....	32
2.1.4.4. Sıvı Kapanımların Sıcaklık ve Tuzluluk Ölçümleri	33
2.1.4.5. Duraylı İzotoplar	34
2.1.4.6. Radyojenik İzotoplar	36
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	37
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafi ve Petrografisi.....	37
3.1.1. Dasit ve Piroklastitler	37
3.1.2. Andezit ve Bazaltlar	43
3.1.3. Tüf ve Aglomeralar	49
3.1.4. Yamaç Molozu ve Alüvyon	50
3.2. Yapısal Jeoloji	52
3.3. Volkanik Kayaçların Jeokimyası.....	55
3.3.1. Giriş.....	55
3.3.2. Volkanik Kayaçların Kimyasal Adlandırılması	55
3.3.3. Ana Oksit ve İz Elementler	59
3.3.4. Uyumsuz Elementler	60
3.3.5. Nadir Elementler (NE)	60
3.3.6. Tektonik Ortam	61
3.4. Kabadüz (Ordu) Yöresinin Maden Jeolojisi ve Mineralojisi	63
3.4.1. Akgüney ve Demiroluk Damarları	64
3.4.1.1. Akgüney Damarları	64
3.4.1.2. Demiroluk Damarları	67
3.4.2. Atköprü ve Çokdam Damarları	69
3.4.3. Haydarlı Damarları.....	72
3.4.4. Yepelek ve Böğürtlendibi Mahalleleri Damarları.....	77

3.4.5.	Boruklu ve Dere Mahalleleri Damarları.....	77
3.4.6.	Harami ve Kuşyuvası Damarları	79
3.4.7.	Cevher Damarlarının ve Yan Kayaçların Kıymetli Metal Potansiyeli.....	83
3.5.	Mineral Birlikteliği ve Oluşum Sırası	85
3.5.1.	Sfalerit	86
3.5.2.	Galen	91
3.5.3.	Pirit	94
3.5.4.	Kalkopirit.....	99
3.5.5.	Tetrahedrit-Tenantit.....	104
3.5.6.	Altın ve Gümüş	107
3.6.	Yan Kayaçlarda Görülen Alterasyonlar	108
3.6.1.	Yan Kayaç Kil Mineralojileri.....	113
3.6.2.	Yan Kayaçlarda Belirlenen Mineral ve Element Değişimleri.....	117
3.6.2.1.	Demiroluk Damarında Mineral Değişimleri	117
3.6.2.2.	Demiroluk Damarında Element Değişimleri.....	120
3.6.2.3.	Haydarlı Damarında Mineral Değişimleri.....	123
3.6.2.4.	Haydarlı Damarında Element Değişimleri	125
3.6.3.	Kütle Değişim Hesaplamaları	129
3.6.3.1.	Demiroluk Damarında Göreceli ve Net Kütle Değişimleri.....	130
3.6.3.2.	Haydarlı Damarında Göreceli ve Net Kütle Değişimleri	138
3.7.	Sıvı Kapanım Çalışmaları	145
3.7.1.	Mikrotermometrik Ölçümler	147
3.7.2.	Sıvı Kapanım Petrografisi	148
3.7.3.	Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri	152
3.7.4.	İlk Buz Ergime Sıcaklığı (T_{fm}) Ölçümleri.....	153
3.7.5.	Son Buz Ergime Sıcaklığı (T_{m-ice}) Ölçümleri.....	157
3.7.6.	Basınç Hesabı	162
3.7.6.1.	İki Karışmayan Sıvının Birlikte Bulunması	162
3.7.6.2.	İzokonların Kesiştirilmesi Metodu.....	163
3.7.6.3.	Yavru (Daughter) Mineral İçeren Kapanımların Kullanılması	163
3.7.6.4.	Homojenleşme Sıcaklığının Bağımsız Bir Termometreyle Kıyaslanması.....	164
3.8.	Duraylı İzotop Jeokimyası.....	166
3.8.1.	Kükürt İzotopları	167
3.8.2.	Oksijen ve Hidrojen İzotopları	174

3.9.	Kurşun İzotoplarının Maden Yataklarında Kullanılması	178
3.9.1.	Kabadüz Yöresi Cevherlerinin Kurşun İzotop Özellikleri	183
4.	İRDELEME	190
4.1.	Cevherleşme Yankayaç İlişkileri.....	190
4.2.	Yankayaçlardaki Element ve Mineralojik Değişimler	192
4.3.	Hidrotermal Çözeltilerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	195
4.4.	Hidrotermal Çözeltilerin Kökeni.....	200
4.5.	Kabadüz Yöresi Cevherlerinin Oluşum Modeli.....	204
5.	SONUÇLAR	207
6.	KAYNAKLAR.....	209
7.	EKLER	231
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Kabadüz (Ordu) yöresi Pb-Zn-Cu cevherleri Geç Kretase yaşlı andezit ve bazaltlar içinde KB-GD doğrultulu fay zonları boyunca oluşmuş hidrotermal damar tip cevherlerdir. Pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve tetrahedrit-tenantitten oluşan cevher minerallerine gang olarak kuvarsın yanında daha az oranda kalsit ve barit eşlik etmektedir. Yöredeki bütün cevherler mineral birlikteliği, minerallerin oluşum sıralaması ve dokusal özellikleri bakımından benzerlik göstermektedir.

Demiroluk ve Haydarlı damarlarında, yan kayaktan cevher zonuna doğru kuvars, kalsit, apatit, serizit, kaolen ve Mg-klorit artarken, K-feldispat, Fe-klorit, albit ve epidot azalmaktadır. Propilitik alterasyon ve cevher zonunda, hem göreceli hem de net kütle değişimi bakımından Cu, Pb, Zn, As, Au, Ag ve Ca miktarları artmakta Na, Ba, K ve Rb miktarları ise azalmaktadır. Demiroluk ve Haydarlı damarlarında alterasyon zonunda % 47.06 ve % 5.27'lik kütle artışı meydana gelmiştir.

Kuvars ve sfalerit minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 180-436.1 °C, tuzlulukları ise % 0.4-14.7 NaCl eşd. arasında değişmektedir. Tuzluluk miktarının değişim aralığı hidrotermal çözeltilerin magmatik kökenli olduğunu gösterirken, homojenleşme sıcaklığındaki düşüşe karşılık tuzluluk miktarının azalması, hidrotermal çözeltilerle meteorik suların karıştığına işaret etmektedir.

Yöredeki damarlarda cevher mineralleri benzer stokiyometrik bileşimlidir. Piritlerin Ni ve Co içerikleri ve sfaleritlerin Zn/Cd oranları, bu cevherlerin asitik magmatizmanın ürünü olduklarını göstermektedir. S izotoplarına göre hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan kükürtün magmatik kökenli olduğu, O ve H izotoplarına göre de magmatik ve meteorik kökenli suların karıştığı belirlenmiştir.

Kurşun izotoplarına göre yöredeki cevherler, Alt Kabuğun kısmî ergimesine bağlı olarak oluşan granitik bir sokulumla ilişkilidir. Hem kurşun izotoplarından hesaplanan yaş (0.51-1.22 milyar yıl), hem de kökenlerine göre yöredeki cevherlerin, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Geç Kretase yaşlı granitlerle jenetik açıdan ilişkili oldukları sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kabadüz (Ordu), Hidrotermal Yataklar, Sıvı Kapanım, Mineral Kimyası, Duraylı İzotoplar, Kurşun İzotopları.

SUMMARY

Geological, Mineralogical, Geochemical and Genetic Investigation of Pb-Zn-Cu Ores of the Kabadüz Region (Ordu, NE-Turkey)

Hydrothermal vein type deposits of Kabadüz (Ordu), are located in the Upper Cretaceous andesitic-basaltic rocks and mostly formed in fault zones along the NW-SE directions. The primary mineral paragenesis of the ore veins are composed of pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena and tetrahedrite-tennantite with quartz and less amount calcite and barite as a gangue mineral. Petrographical studies suggest that the ore veins in the region have similar mineralogical and textural properties.

According to the drill core samples of Demirogluk and Haydarlı ore veins, modal abundances of quartz, calcite, apatite, sericite, kaolinite and Mg-chlorite increase whereas K-feldspar, Fe-chlorite, albite and epidote decreases. Considering relative and net mass change calculations, Cu, Pb, Zn, As, Au, Ag ve Ca contents are found to be increase and Na, Ba, K and Rb contents decrease, in the alteration zone. Calculated mass increment is 47.06 and 5.27 % respectively in the alteration zone of Demirogluk and Haydarlı ore veins.

Homogenisation temperature and salinity data vary between 180 - 436.1 °C and, 0.4 -14.7 % NaCl, at the fluid inclusions of sphalerite and quartz minerals. Salinity content of the inclusions imply that hydrothermal solutions related to the magmatic sources. Well defined positive correlation between homogenisation temperature and salinity content indicate that meteoric water involved in the hydrothermal solutions.

Ore minerals in the veins have similar stoichiometric composition. Ni and Co content of the pyrites and Zn/Cd ratio of the sphalerites suggest that hydrothermal solutions related to the acidic type magmatic activity. Magmatic sources have been determined for the sulphur isotope composition of the ore minerals. It is also determined that magmatic and meteoric water involved in the hydrothermal solutions. Based on Pb isotopic composition, ore is related to partial melting of the Lower Crustal-derived granitic intrusions. In such a case, both Pb age data (0.51-1.22 billion year) and sources of the ore deposits indicated that they are genetically linked to Late Cretaceous granitic intrusions.

Key Words: Kabadüz (Ordu), Hydrothermal Ore Deposits, Fluid Inclusion, Mineral Chemistry, Stable Isotopes, Lead Isotopes.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.	2
Şekil 2. Ordu ilinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Ateş vd., 2004).	12
Şekil 3. Doğu Karadeniz Bölgesi maden yataklarının kuzeyden güneye doğru zonlanması (Güven vd., 1993).	17
Şekil 4. Kabadüz (Ordu) yöresinin genel jeoloji haritası (Köse, 1987'den değiştirilerek).	38
Şekil 5. Kabadüz (Ordu) yöresinin jeolojik kesitleri.	39
Şekil 6. a) Dasit ve piroklastitlerinin Melet ırmağının batısındaki genel görünümü, b ve c) Gümüşköy'ün batısındaki litik kristal tüflerin görünümü, d) Dasitlerde görülen hematitleşme.	40
Şekil 7. a) Dasitlerde görülen silisleşme, b) Dasitlerin opak mineral içerikleri, c) Plajiyoklastların serizitleşmesi, d) Kayaç içi boşluklarda ikincil olarak oluşan kalsitleşme ve kloritleşmeler (Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Op: Opak mineral; Kl: Klorit, Ç.N.).	41
Şekil 8. a ve b) Gümüşköy'ün batısındaki litik kristal tüflerde görülen bol kuvarşlı mineral parçaları (Ku: Kuvars, Ka: Kalsit; Ç.N.).	43
Şekil 9. a) Dere mahalledeki andezitlerin görünüm, b) Kabaktepe doğusundaki bazaltların görünümü, c) Yepelek mahallesindeki ve d) Akgüney mahallesindeki andezitik breşlerin arazideki görünümleri.	44
Şekil 10. a ve b) Andezitlerin mikrolitik porfirik dokusu, c ve d) Andezitler içindeki boşluklarda gelişen ikincil kalsit dolgusu; Pl: Plajiyoklas, Ka: Kalsit; Ç.N.).	45
Şekil 11. a ve c) Andezitler içindeki boşluklarda ikincil klorit oluşumu, e) Hamurda ve andezitler içindeki boşluklarda karbonatlaşma (Kl: Klorit, Ka: Kalsit; a, c ve e, T.N; b, d ve f, Ç.N.).	46
Şekil 12. a, b ve c) Bazaltlarda görülen mikrolitik porfirik doku, d) Plajiyoklas içinde bulunan mineral kapanımının oluşturduğu poiklitik doku (Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Pr: Piroksen, Ç.N.).	48
Şekil 13. a) Hürriyet Köyü'nün batısındaki biyomikrit seviyesinin arazideki görünümü, b, c ve d) Biyomikritlerin mikroskopik görünümleri ve belirlenen fosil bulguları (<i>Gla: Globotruncana arca</i> , <i>Gll: Globotruncana linneiana</i> , <i>Gls: Globotruncana sp.</i> , <i>Rdl: Radyolarit</i> , <i>Hts: Heterohelix sp.</i> , T.N.)	49

Şekil 14. a ve b) Kabaktepe'nin doğusundaki tuf ve aglomera seviyesi, c ve e) Kabadüz'ün doğusundaki tuf ve aglomera seviyesi, d ve f) Mecitdüzü tepenin kuzeyi ve Bereket tepenin batısındaki aglomeraların görünümü.....	51
Şekil 15. a ve b) Litik kristal tufün ince kesit fotoğrafı, c ve d) Aglomeralar içindeki blokların mikrolitik porfirik dokusu (Pl: Plajiyoklas, By: Biyotit, Pr: Piroksen, Kp: Kayaç parçası; Ç.N.).....	52
Şekil 16. a) Kabaktepenin kuzeydoğusundaki fayın arazideki görünümü, b) Andezit ve bazaltlar içinde iyi gelişmiş kırıkların Müvezzinlik mahallesi kuzeyindeki görünümü, c ve d) Kırıklar boyunca oluşan cevher damarlarının görünümü.....	54
Şekil 17. Kabadüz volkanitlerinin SiO_2 'e karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramı üzerindeki dağılımı (Le Maitre vd., 1989), Alkali-Yarı alkali eğrisi Irvine ve Baragar'a (1971) göre.	56
Şekil 18. Kabadüz volkanitlerinin Nb/Y'a karşı $\text{Zr}/\text{TiO}_2*0.0001$ diyagramı üzerindeki dağılımları (Winchester ve Floyd, 1976; semboller şekil 17'deki gibidir).	57
Şekil 19. Kabadüz volkanitlerinin Co'a karşı Th diyagramı üzerindeki dağılımları (Hastie vd., 2007; semboller şekil 17'deki gibidir).	58
Şekil 20. Kabadüz volkanitlerinin AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, FeO (t), MgO) diyagramı üzerindeki dağılımları. Toleyitik-Kalk-Alkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar'a (1971) göre (semboller şekil 17'deki gibidir).	58
Şekil 21. Kabadüz volkanitlerinin CaO'e karşı Y diyagramındaki dağılımları (Lambert ve Holland, 1974; semboller şekil 17'deki gibidir).	59
Şekil 22. Kabadüz volkanitlerinin N-Tipi OOSB'ye göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (Normalize değerleri Sun ve McDonough'dan (1989) alınmıştır; semboller şekil 17'deki gibidir).	60
Şekil 23. Kabadüz volkanitlerinin kondrite normalize edilmiş nadir element dağılımları (Normalize değerleri, Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır; semboller şekil 17'deki gibidir).	61
Şekil 24. Kabadüz volkanitlerinin Hf/3-Th-Ta diyagramındaki dağılımları (Wood vd., 1979). A) N-tipi OOSB, B) E-tipi OOSB, C) Plaka içi alkalin bazaltları, D) Volkanik yay bazaltları, (Semboller şekil 17'deki gibidir).	62
Şekil 25. Kabadüz volkanitlerinin La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramı üzerindeki dağılımları (1A: Kalkalkali bazaltlar, 1B: Kalkalkali bazaltlar ile toleyitler arası, 2A: Kıtasal bazaltlar; Cabanis ve Lecolle, 1989).....	62
Şekil 26. Akgüney ve Demiroluk damarları çevresinin jeoloji haritası.	65
Şekil 27. a) Akgüney sahasında açılan galerilerin GB'dan görünümü, b) Madengözü deresi içindeki Flotasyon tesisinin görünümü, c ve d) Güçlü ocağı içindeki cevher damarlarının görünümü.....	66

Şekil 28. a, b ve c) Madengözü deresinin kuzey yamacında bulunan cevher damarları, d) Ovaşkur deresi içindeki galerinin görünümü.	67
Şekil 29. a ve b) Çekiç mahallesi'nin doğusunda bulunan cevher damarı, c ve d) Küçükburun'un batısında bulunan cevher damarı, e) Küçükburun'un güneydoğusunda bulunan cevher damarı, f) Demiroluk galerilerinin KD yönünden görünümü.	69
Şekil 30. Atköprü ve Çokdam damarları çevresinin jeoloji haritası.	70
Şekil 31. a ve b) Atköprü sahasında bulunan cevher damarlarının görünümleri, c) Dikenli mahallesindeki cevher damarı, d) Dağdelen mahallesi batısında, Atköprü deresi içinde bulunan Katırkaşı damarı.	71
Şekil 32. Kuzköy ve Dikenli mahallelerinde bulunan cevherleri işletmek amacıyla açılmış galerilerin görünümü.	72
Şekil 33. Haydarlı, Boruklu, Yepelek ve Dere Mahalle çevresinin jeoloji haritası.	75
Şekil 34. Haydarlı mahallesindeki cevher damarlarının arazideki görünümleri.	76
Şekil 35. Dere mahallesinde bulunan cevher damarının KB'dan (a) ve galeri girişinden (b) görünümü, c) Galeri girişinde, cevher yan kayaç dokanağında boşluklu yapılar, d) Boruklu mahallesindeki cevher damarının çöken galeri girişindeki görünümü.	78
Şekil 36. Harami ve Kuşyuvası damarları çevresinin jeoloji haritası.	80
Şekil 37. a ve b) Harami damarının çöken galeri girişi ve kil zonu, c ve d) Kuşyuvası mahallesinde bulunan cevher damarının galeri girişi ve yan kayaç kil zonu, e ve f) Kuşyuvası mahallesinde bulunan cevher damarlarının görünümleri.	81
Şekil 38. a ve b) Ayşe derenin batı yamacında bulunan cevher damarının galeri girişindeki görünümü, c ve d) Saydere içinde bulunan damarın bulunduğu fay zonu ve cevher damarının görünümü.	83
Şekil 39. Cevher damarlarının (a) ve yan kayaçların (b) Cu, Pb ve Zn içerikleri.	85
Şekil 40. a) Sfaleritlerin galen tarafından ornatımı, b) Sfaleritlerde gelişen kırıklar, c) Sfaleritler içinde paralel dizilmiş kalkopirit ayrılımları, d) Sfalerit içinde kümelenen kalkopirit ayrılımları (Gl: Galen, Sf: Sfalerit, Kpy: Kalkopirit).	88
Şekil 41. a) Sfaleritlerde Cu-Zn değiş-tokuşu, b) Sfaleritlerde Cu-Fe değiş-tokuşu, c) Sfaleritlerin Fe ve Zn içerikleri, d) Sfaleritlerin Cd içeriklerindeki değişim.	90
Şekil 42. a) Galen içerisindeki ornatım artığı sfaleritler, b) Sfaleritlerin, mineral içinde gelişen kırıklar boyunca galen tarafından ornatımı, c) Galen içerisinde mineralin dilinimleri boyunca gelişen kırıklar, d) Galenlerde deformasyona bağlı olarak gelişen bükülmeler (Gl: Galen, Sf: Sfalerit, Kpy: Kalkopirit).	92

Şekil 43. a) Piritlerin kalkopiritler tarafından ornatımı, b) Piritin kenarlarından itibaren kalkopirit tarafından ornatımı, c) Piritlerin mineral çevresi boyunca kalkopirit, merkezinden itibaren de fahlerz tarafından ornatımı, d) Pirit içindeki sfalerit ve galen kapanımları.....	95
Şekil 44. a) Piritlerde gelişen düzensiz şekilli kırıklar, b ve c) Piritlerin mineral içinde oluşan kırıklar boyunca kalkopiritler tarafından ornatımı, d) Genişliği 200 µm'yi aşan kırıklar (Py: Pirit, Kpy: Kalkopirit).	97
Şekil 45. Kabadüz yöresi piritlerde a) Au-As, b) As-S ve c) Au-Fe arasındaki ilişkiler. ...	98
Şekil 46. a) Kalkopiritler içerisinde ornatım artığı pirit kapanımları, b) Klakopirit ve sfaleriti kateden kırıklar, c ve d) Kalkopiritler içerisindeki sfalerit ayrılımları (Kpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Sf: Sfalerit).....	100
Şekil 47. Kalkopiritlerin ana bileşenini oluşturan Fe ve Cu ile iz element içerikleri (Zn, Au ve Ag) arasındaki ilişkiler.....	101
Şekil 48. Harami, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarındaki kalkopiritlerin Fe (a) ve Zn (b) içeriklerindeki zonlanmalar.....	102
Şekil 49. Harami damarındaki profil analizi yapılan kalkopiritin a) mikroskop ve b) BSE fotoğrafı üzerindeki görünümü.....	102
Şekil 50. Kalkopiritlerin Zn içeriklerinin, mineralin merkezi ve kenarındaki bileşimleri.	103
Şekil 51. Harami damarındaki tetrahedrit ve tenantitin mikroskop (a) ve BSE fotoğrafı (b), (Kpy: Kalkopirit, Gl: Galen, Ten: Tenantit, Tet: Tetrahedrit).	104
Şekil 52. Harami ve Çokdam damarlarındaki fahlerzlerin a) Fe-Zn içeriklerindeki değişim, b) tetrahedrit ve tenantit sınıflamasına göre dağılımları, c) As-Ag arasındaki ilişki, d) S içeriklerindeki değişim.	106
Şekil 53. Harami damarına ait bir tenantit mineralinde Ag (a), Cu (b), S (c), Fe ve Zn (d) içerikleri bakımından mineralin merkezinden kenarına doğru görülen zonlanma.....	107
Şekil 54. a) Demiroluk damarında sfalerit minerali içindeki nabit Au, b) Sfalerit içindeki Ag, c ve d) Galen ve kalkopirit içindeki Ag kapanımları (Sf: Sfalerit, Gl: Galen, Kpy: Kalkopirit, Au: Altın ve Ag: Gümüş).	108
Şekil 55. Yan kayaçlarda görülen alterasyonlar; a) Silisleşme ve karbonatlaşma, b ve c) Serizitleşme ve karbonatlaşma, d) Karbonatlaşma, e ve f) Kloritleşme.....	110
Şekil 56. Cevher damarları içindeki kırıklar boyunca oluşan karbonatlaşmalar (Kpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Sf: Sfalerit, Ka: Kalsit, Ku: Kuvars).	112
Şekil 57. Haydarlı sondajında cevher damarından 4 m uzaktan alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.....	114

Şekil 58. Haydarlı sondajında cevher damarından 50 cm uzaktan alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.....	114
Şekil 59. Demiroluk sondajında cevher damarından 6 m uzaktan alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.....	115
Şekil 60. Demiroluk sondajında cevher damarından 50 cm uzaktan alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.....	116
Şekil 61. Dere mahalle cevher damarı-yan kayaç dokanağından alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.....	116
Şekil 62. Demiroluk damarında profil hattı boyunca hesaplanan mineral oranlarındaki değişim.....	118
Şekil 63. Demiroluk damarının ve sondajın kesit hattı üzerinde görünümü.	120
Şekil 64. Demiroluk damarında profil hattı boyunca ana oksitlerdeki değişim.....	121
Şekil 65. Demiroluk damarında profil hattı boyunca iz elementler ve NE'deki değişim (Au ppb, diğerleri ppm olarak verilmiştir).	122
Şekil 66. Haydarlı damarında profil hattı boyunca hesaplanan mineral oranlarındaki değişim.....	125
Şekil 67. Haydarlı damarının ve yapılan sondajın kesit hattı üzerindeki görünüşü.	126
Şekil 68. Haydarlı damarında profil hattı boyunca ana oksitlerdeki değişim.	127
Şekil 69. Haydarlı damarında profil hattı boyunca iz ve NE'deki değişim (Au ppb, diğerleri ppm olarak verilmiştir).....	128
Şekil 70. Demiroluk damarında profil hattı boyunca hesaplanan izokon diyagramları. a) Cevherli zon (136, 137, 138, 139 ve 140 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (105 ve 145 metreler arası) % değişim diyagramı. ...	132
Şekil 71. Demiroluk damarında profil hattı boyunca hesaplanan göreceli kütle değişimleri a) Cevherli zon (136, 137, 138, 139 ve 140 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (105 ve 145 metreler arası) göreceli kütle değişimi.....	134
Şekil 72. Demiroluk damarında en az altere kayaca göre ayrılmış kayaktan hesaplanan ve kayacıkta göreceli kütle artışı veya azalmasına neden olan elementler arasındaki ilişkiler.....	135
Şekil 73. Demiroluk damarında profil hattı boyunca hesaplanan net kütle değişimleri a) Cevherli zon (136, 137, 138, 139 ve 140 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) sondaj boyunca (105 ve 145 metreler arası) net kütle değişimi.	137

Şekil 74. Haydarlı damarında profil hattı boyunca hesaplanan izokon diyagramları. a) Cevherli zon (101, 101.5 ve 102 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (70 ve 111 metreler arası) % değişim diyagramı.	140
Şekil 75. Haydarlı damarında profil hattı boyunca hesaplanan göreceli kütle değişimleri a) Cevherli zon (101, 101.5 ve 102 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (70 ve 111 metreler arası) % değişim diyagramı.	141
Şekil 76. Haydarlı damarında en az altere kayaca göre ayrılmış kayaktan hesaplanan ve kayaçta göreceli kütle artışı veya azalmasına neden olan elementler arasındaki ilişkiler.	142
Şekil 77. Haydarlı damarında profil hattı boyunca hesaplanan net kütle değişimleri a) Cevherli zon (101, 101.5 ve 102 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (70 ve 111 metreler arası) % değişim diyagramı.	144
Şekil 78. Birincil, ikincil ve yalancı ikincil kapanımların oluşumunu gösteren şematik diyagram (a, Bodnar, 2003'ten; b, Shepherd vd., 1985'ten alınmıştır).	146
Şekil 79. Kuvars minerallerinde bulunan sıvı kapanımlar (Açıklama için metne bakınız, ölçek uzunluğu 20 μm 'dir).	150
Şekil 80. Sfalerit minerallerinde bulunan sıvı kapanımlar (Açıklama için metne bakınız, ölçek uzunluğu 20 μm 'dir).	151
Şekil 81. Sırasıyla Akgüney, Atköprü, Boruklu, Yepelek ve Çokdam mahalleleri damarlarında, kuvars ve sfaleritlerde bulunan birincil sıvı kapanımlardan ölçülen T_h sıcaklığı-frekans dağılım histogramı.	154
Şekil 82. Sırasıyla Haydarlı, Harami, Kuşyuvası ve Ovaşkur mahalleleri damarlarında, kuvars ve sfaleritlerde bulunan birincil sıvı kapanımlardan ölçülen T_h sıcaklığı-frekans dağılım histogramı.	155
Şekil 83. Kuvars minerallerindeki sıvı kapanımlardan ölçülen T_{fm} sıcaklıkları ile bu kapanımların T_{m-ice} sıcaklıklarından hesaplanan tuzluluk miktarları arasındaki ilişki.	156
Şekil 84. Sfalerit minerallerindeki sıvı kapanımlardan ölçülen T_{fm} sıcaklıkları ile bu kapanımların tuzluluk miktarı arasındaki ilişki.	157
Şekil 85. Kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların T_h sıcaklıklarına karşılık tuzluluk miktarlarındaki değişim.	159
Şekil 86. Sfalerit minerallerindeki sıvı kapanımların T_h sıcaklıklarına karşılık tuzluluk miktarlarındaki değişim.	159
Şekil 87. Bağımsız termometre kullanılarak sıvı kapanımların oluşum basıncının bulunması (PT). Kritik eğri sıvı kapanımların ortalama homojenleşme sıcaklığı (299 $^{\circ}\text{C}$) ve yoğunluğu (0.81 gr/cm^3) kullanılarak, Knight ve	

Bodnar'a (1989) göre, izokon eğrisi ise sıcaklık ve tuzluluğun fonksiyonu olarak Brown ve Lamb'a (1989) göre hesaplanmıştır.	165
Şekil 88. a) Farklı jeolojik ortam ve kayaç türlerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop bileşimlerindeki değişimler (Ohmoto ve Rye, 1979 ve Hoefs, 2004). b) Demiroluk, Haydarlı ve Kuşyuvası cevherlerinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değişimleri (Akgüney damarını temsil eden içi boş daireler Ünal, 2006'dan alınmıştır).	170
Şekil 89. Demiroluk, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarındaki pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenlerin ^{34}S ve ^{32}S izotop miktarları arasındaki ilişkiler.	173
Şekil 90. Bazı önemli jeolojik ortamların oksijen izotop bileşimleri (Hoefs, 2004).	176
Şekil 91. Değişik ortamların hidrojen izotop bileşimleri (Hoefs, 2004).	176
Şekil 92. Demiroluk, Haydarlı ve Akgüney damarlarından ölçülen oksijen ve hidrojen izotop bileşimlerinin dağılımları (Hoefs, 2004), (Akgüney damarına ait veriler Ünal vd., 2009'dan alınmıştır).	177
Şekil 93. Tek aşamalı modele göre Pb izotop oranlarının değişim eğrisi (Stacey ve Kramers, 1975).	181
Şekil 94. İki aşamalı modele göre Pb izotop oranlarının değişim eğrisi (Stacey ve Kramers, 1975).	182
Şekil 95. Pirit minerallerinde $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişim (a ve b'deki simgeler aynıdır).	185
Şekil 96. Galen minerallerinde $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişim (a ve b'deki simgeler aynıdır).	185
Şekil 97. Galenlerin $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 'e karşılık $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişimin farklı alanlarla karşılaştırılması (Zartman ve Doe, 1979).	186
Şekil 98. Galen minerallerinde ölçülen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 'e karşılık $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişimin farklı kaynak alanların izotopsal bileşimiyle karşılaştırılması (Zartman ve Doe, 1979).	187

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Ordu ili genelinde bulunan birimler için farklı araştırmacılar tarafından yapılan adlandırmalar.....	11
Tablo 2. Mineral kimyası analizlerinde kullanılan standartların bileşimi ve her elementin ölçüm alt sınırı.....	33
Tablo 3. Atköprü ve Çokdam mahallelerinde bulunan cevher damarlarının koordinatları ve özellikleri.....	73
Tablo 4. Haydarlı mahallesinde bulunan cevher damarlarının koordinatları ve özellikleri.....	73
Tablo 5. Kabadüz yöresi cevherlerinin mineral birlikteliği ve oluşum sıralaması.....	86
Tablo 6. Demiroluk damarında profil hattı boyunca, MINSQ veri çözümleme programına göre hesaplanan mineral yüzdelerindeki değişim.....	119
Tablo 7. Haydarlı damarında profil hattı boyunca MINSQ veri çözümleme programına göre hesaplanan mineral yüzdelerindeki değişim.....	124
Tablo 8. Dünyanın değişik bölgelerinde bulunan benzer damar tip yatakların homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk miktarlarındaki değişim.....	160
Tablo 9. Demiroluk, Haydarlı ve Kuşyuvası cevherlerindeki sülfütlü minerallerin kükürt izotop bileşimleri ve mineral çiftlerinden hesaplanan sıcaklıklar (T1: Pirit-kalkopirit, T2: Pirit-sfalerit, T3: Sfalerit-galen ve T4: Pirit-galen).....	168
Tablo 10. Demiroluk, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarındaki sülfitlerin ölçülen $\delta^{34}\text{S}$ (‰) bileşimleri ve bu minerallerden ölçülen ^{34}S (ppm) izotop bileşimleri kullanılarak hesaplanan ^{32}S (ppm) bileşimleri.....	172
Tablo 11. Demiroluk, Haydarlı ve Akgüney cevherlerinin oksijen ve hidrojen izotop sonuçları (Akgüney cevherine ait veriler Ünal vd., 2009'dan alınmıştır).....	175
Tablo 12. Tek aşamalı modele göre izokon eğim değerlerinin karşılık geldiği yaş aralıkları (Faure, 1986, my: milyar yıl).....	181
Tablo 13. İki aşamalı modele göre izokon eğim değerlerinin karşılık geldiği yaş aralıkları (Faure, 1986, my: milyar yıl).....	183
Tablo 14. Pirit ve galen minerallerinde ölçülen Pb izotop oranları ve hesaplanan yaş değerleri (my: milyar yıl).....	184

SEMBOLLER DİZİNİ

ağ. %	: Ağırlıkça yüzde
Amf	: Amfibol
An	: Anortit
ANE	: Ağır nadir elementler
At.	: Atomik
Au	: Altın
BSE	: Backscattered electron
By	: Biyotit
CDT	: Canyon Diablo Meteorite (Kükürt izotop standardı)
Ci ^A	: Ayırılmış kayadaki bileşenin konsantrasyonu
Ci ^O	: Taze kayadaki bileşenin konsantrasyonu
Cl	: Klor
Cu	: Bakır
Ç.N.	: Çift Nikol
EA-IRMS	: İzotop analiz tekniği (Elemental analysis-isotope ratio mass spectrometry)
Gl	: Galen
HNE	: Hafif nadir elementler
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma-atomik emisyon spektrometri
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometri
Ka	: Kalsit
Kl	: Klorit
Kp	: Kayaç parçası
Kpy	: Kalkopirit
Ku	: Kuvars
kV	: Kilovolt
L	: Sıvı (Liquid)
nA	: Nanoamper
NIST	: İz element standardı
NSB-30	: Biyotit mineralinde ölçülen H izotop standardı
NE	: Nadir elementler
OAB	: Okyanus adası bazaltları
ONE	: Orta nadir elementler
OOSB	: Okyanus ortası sırtı bazaltları
Op	: Opak mineral
P	: Basınç (bar)
Pb	: Kurşun

PDB	: Karbon izotop standardı (Pee Dee Belemnite)
Pl	: Plajiyoklas
ppb	: Milyarda bir (part per bilion)
ppm	: Milyonda bir (part per milion)
Pr	: Piroksen
P_T	: Sıvı kapanımların kapanlanma basıncı (bar)
Py	: Pirit
S	: Katı (solid)
Sf	: Sfalerit
SMOW	: Oksijen izotop standardı (standart mean ocean water)
T	: Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$ cinsinden)
T.N.	: Tek nikol
Ten	: Tenantit
Tet	: Tetrahedrit
T_{fm}	: İlk buz ergime sıcaklığı (first melting temperature)
T_h	: Homojenleşme sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{m-clath}$: Clahrate son ergimesi
T_{m-ice}	: Son buz ergime sıcaklığı
V	: Buhar, gaz (vapour)
XRF	: X-Ray floresans
YÇAE	: Yüksek çekim alanlı elementler
Zn	: Çinko
$\delta^{18}\text{O}$: Oksijen izotop bileşimi
$\delta^{34}\text{S}$: Kükürt izotop bileşimi
σ	: Standart sapma
δD	: Hidrojen izotop bileşimi
μm	: Mikron metre
\AA	: Angstrom

Not: Bu dizinde yer almayan semboller metin içinde ilgili oldukları yerlerde açıklanmıştır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin batısında bulunan Kabadüz (Ordu) yöresi, bakır, kurşun ve çinko üretimi yapılan önemli maden sahalarından biridir. Yöredeki cevher damarlarının bir kısmı eski devirlerde ilkel yöntemlerle işletilip terk edilmiş, bir kısmı da günümüzde işletilmeye devam edilmektedir. Bunun dışında, günümüz şartlarında ekonomik olmadığı için henüz işletmeye başlanmamış çok sayıda cevher damarı da bulunmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

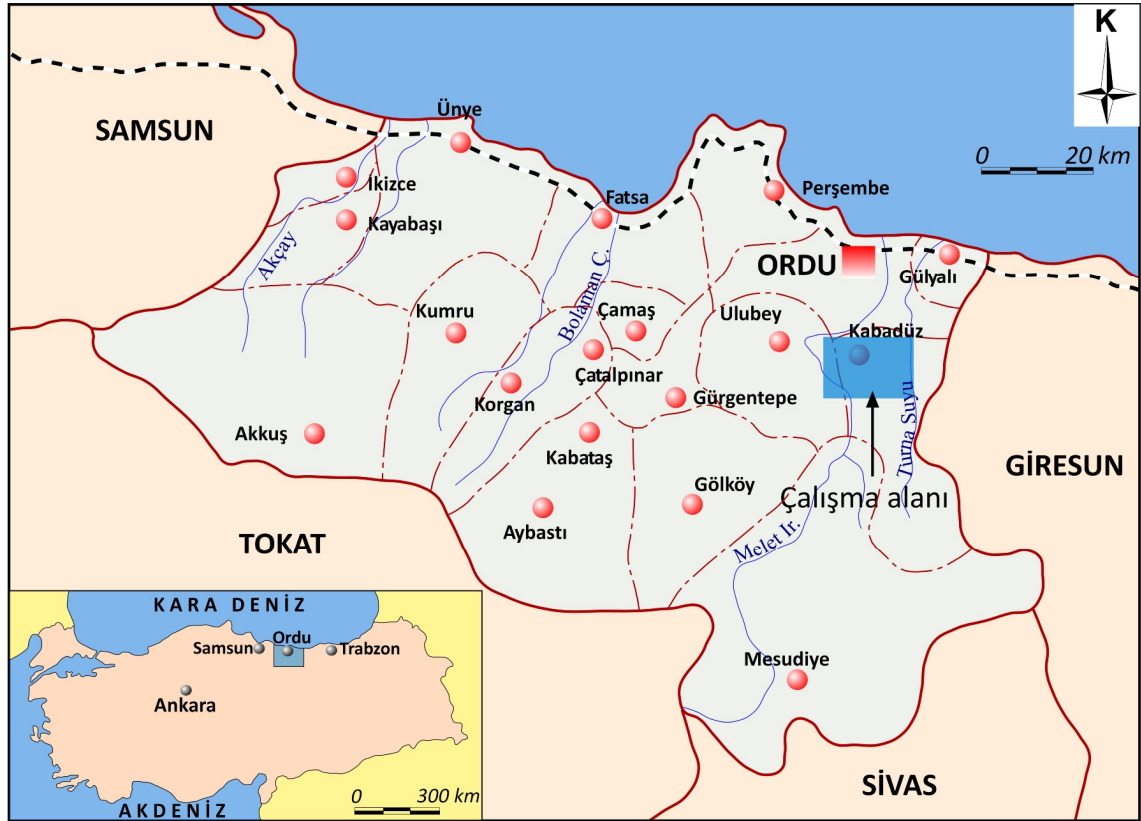
Kabadüz yöresindeki cevherler üzerine çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen (Ayışkan ve Sözen, 1961; Türk-Yugoslav Ekibi, 1970; Terlemez ve Yılmaz 1980; Köse, 1987; Vıçıl, 1988; Ünal, 2006 ve Öztürk vd., 2008) bütün cevherlerin birlikte incelendiği, jeokimyasal ve kökensel özelliklerin araştırıldığı detaylı bir araştırmanın bulunmayışı önemli bir eksiklik olarak görülmüştür. Söz konusu cevherlerin ayrıntılı bir şekilde incelenip birlikte değerlendirilmesi, bu cevherlerin oluşum özelliklerinin ve kökenlerinin yanında, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan benzer tipteki yatakların daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacaktır. Bundan dolayı bu çalışmada Kabadüz yöresinde bulunan cevherlerin tamamı incelenmiş, bunların jeolojik ve mineralojik özelliklerine ilâveten jeokimyasal ve kökensel özellikleri araştırılmış, yan kayaçlarda meydana gelen mineralojik ve kimyasal değişimler belirlenmiştir.

1.3. Coğrafi Konum, Ulaşım ve Yerleşim Yerleri

Çalışma alanı Ordu ilinin yaklaşık 20 km kadar güneyinde bulunan Kabadüz ilçe merkezi ve güneyini kapsar (Şekil 1). 1/25.000 ölçekli topografik harita üzerinde ise Giresun G39-b1 ve b2 paftalarında yer almaktadır.

Çalışma alanına ulaşım, Ordu merkezden Çambaşı istikametine giden asfalt yol üzerinden yapılmakta olup, Kabadüz bu yolun 22. km'sinde bulunmaktadır. Söz konusu cevher damarları Kabadüz ilçe merkeziyle birlikte merkeze bağlı köy ve mahallelerde bulunduğundan, cevherlerin çoğuna stabilize yolları kullanarak ulaşmak mümkündür. Az sayıda cevher damarına ulaşmak için ise patikaların kullanılması gerekmektedir.

Çalışma alanının en önemli yerleşim yeri Kabadüz ilçe merkezidir. Bunun dışında ilçeye bağlı olan Gümüşköy, Başköy, Yeşilada, Hürriyet, Yukarı Kirazlı ve Kirazdere köyleri ve bu köylere bağlı mahalleler diğer yerleşim yerleridir.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.

1.4. Morfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında oldukça engebeli bir topografya hâkim olup, Melet ırmağı 50 m rakımı ile en düşük kotta, Arşılık mahallesi ise, 1245 m rakımı ile en yüksek kotta

bulunmaktadır. Rakımın genel olarak kuzeyden güneye doğru arttığı alanda, Öküzören (1212 m), Kındıralık (1174 m), Bakacak (1117 m) ve Kürtmezar (1071 m) mahalleleriyle birlikte, Kale tepe (1061 m), Kabak tepe (887 m) ve Evliyayanı tepe (884 m) önemli yükseltileri oluştururken, Melet ırmağı boyunca rakım 50 - 150 m arasında değişmektedir. Bundan dolayı oldukça engebeli bir topografyadan oluşan çalışma alanda stabilize ve patika yollar hâricinde ulaşım oldukça zordur.

Yörede Karadeniz bölgesinin genel iklimsel özellikleri görülmektedir. Ordu Meteoroloji İstasyonu verilerine göre (www.meteor.gov.tr), il genelinde kış mevsiminde hissedilen sıcaklık ortalama 6.5 - 8.6 °C arasında, yaz mevsiminde ise ortalama 23.9 - 27.5 °C arasında değişmektedir. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yağmur şeklinde olan yağışlar, kış aylarında kar şeklindedir. İlkbahar ve sonbaharda artan yağışlar, kış aylarına doğru azalmakta, yaz aylarında ise en düşük seviyeye düşmektedir. Buna göre yağışların en yüksek olduğu ay 136.9 kg/m² ile Ekim iken, en düşük olduğu ay da 58.6 kg/m² ile Temmuzdur. Topografik olarak ânî yükseltilerin görüldüğü çalışma alanında, her mevsim sis görmek mümkündür. Oldukça sıcak yaz aylarında bile, sahilde sıcak ve berrak bir hava mevcut iken, yörede görülen yoğun sis ve buna bağlı olarak hissedilen soğuk hava şatları, bu yöreye özgü iklimsel bir özelliktir.

Çoğunlukla fındık bahçeleriyle kaplı olan çalışma alanında lâdin, kızılâğaç, kestane ve meşe türü ağaçlık alanlar bulunmaktadır. Fındık bahçeleri genellikle daha düşük eğimli yerlerde, ağaçlık alanlar ise kısmen eğimin arttığı yamaçlarda yoğunlaşmaktadır. İlkbahar ve sonbahar ayları, bitki örtüsünün yaz aylarına göre daha az olması nedeniyle jeolojik amaçlı çalışmaya daha elverişlidir. Fındık bahçelerinin ve hayvancılığın temel geçim kaynağı olduğu yörede, işletilen madenlerde çalışan işçiler hâricinde mevsimlik olarak diğer şehirlere giden işçiler de bulunmaktadır. Ekonomik koşulların zorluğu yöre halkının diğer şehirlere ve Avrupa ülkelerine göçünü artırmıştır.

1.5. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanının da içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Bölgesi Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer almaktadır. Mezozoyik başı ve ortasında yoğun bir orojenik etkinliğin hâkim olduğu dar bir kuşak belirlenmiş olup bu kuşağa Kimmeridyen adı

verilmiştir. Jura öncesi dönemde bugünkü Kuzey Anadolu'nun yer aldığı alanda bulunan Kimmeriden kıtası, Bulgaristan ve Yunanistan'ın kuzeyinden başlayıp Himalayalara kadar uzanmakta ve Paleotetisin güney sınırını oluşturmaktadır. Kimmeriden kıtası Erken Jura'da parçalanarak Anatolid ve Torid kıtalarını oluşturmuştur (Şengör, 1979). Alpin dağ oluşumuna ilişkin adayayı dizisini oluşturan volkanik kayalar bu kuşak boyunca Jura-Pliyosen zaman aralığında oluşmuştur (Dixon ve Pereira, 1974).

Avrasya ve Gondvana kıtaları arasında kalan okyanusal kabuk Tetis olarak adlandırılırken, Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde Mezozoyik-Senozoyik kenet zonlarının Triyas ve daha sonrasında açılmaya başlayan okyanusları temsil etmesi nedeniyle, bu kabuğa Neo-Tetis adı verilmiştir (Şengör, 1979 ve Şengör vd., 1980). Bu adayayı dizisini oluşturan volkanitlerin büyük kısmı, Kuzey Anadolu'da Neo-Tetis okyanusal kabuğunun bugünkü Kuzey Anadolu Fay Zonu ve İzmir-Ankara Ofiyolit Zonu boyunca Kuzey Anadolu'nun altına dalmasıyla oluşan yitimin ürünüdür (Dewey vd., 1973). Neotetis plakasının Geç Kretasede kuzeye doğru dalımı sonucu bugünkü Karadeniz, Neotetisin kuzey kolu ilâ Karadeniz arasında kalan alan da Kuzey Türkiye'yi oluşturmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin jeolojik yapısı Paleozoyik'ten Senozoyik'e kadar değişen yaşlarda magmatik, metamorfik ve tortul kayaç gruplarını içermektedir. Bölgede bulunan en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar olup Artvin-Yusufeli, Trabzon-Çaykara, Bayburt-Demirözü, Gümüşhane-Arzular, Suşehri-Refahiye ve Tokat-Amasya çevrelerinde yüzeyleme verirler.

Paleozoyik yaşlı temeli oluşturan metamorfik kayalar, Yılmaz (1973) tarafından Gümüşhane Graniti, Çoğulu (1975) tarafından ise Gümüşhane Plütönu olarak adlandırılan, Geç Karbonifer öncesi yaşlı (Gürsoy vd., 1993) granitik kayalar tarafından kesilmektedir. Gümüşhane Graniti başlıca granodiyorit, kuvarslı mikrodiorit, alkalin granit ve granitten oluşmaktadır.

Paleozoyik yaşlı temel üzerine aşınma uyumsuzluğuyla gelen Mezozoyik yaşlı kayalar, Liyas yaşlı volkano-tortul seriyle başlar. Bu kayalar araştırmacılar tarafından birbirinden farklı adlarla tanıtılmıştır (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Telmeyaylası Formasyonu, Yüksel, 1976; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Hamurkesen Formasyonu, Açar, 1977; Balkaynak Formasyonu, Keşgin, 1983; Zimonköy Formasyonu, Eren, 1983).

Kandemir (2004) ise, Erken-Orta Jura çökellerinin tabandan tavana kadar kesiksiz olarak izlendiği ve tüm fasiyeslerinin yer aldığı Şenköy (Kelkit-Gümüşhane) yöresini tip alan olarak belirlemiş ve birimi “Şenköy Formasyonu” olarak adlandırmıştır. Buna göre Kuzey zonda daha çok volkanitlerle temsil edilen istif güney zonda genellikle tüf aralanmalı, sedimanter ağırlıklı istiflerle temsil edilir. Birim, birbirleriyle yanal geçişli ve kısa mesafelerde kalınlık farkları sunan andezit, diyabaz, bazalt, aglomera, tüf ve tüflerden oluşan volkanik ara seviyeler içeren yersel çakıltaşı, dereceli kumtaşı, marn, kıltaşı ve kumlu kireçtaşından oluşmaktadır.

Aktif tektonik hareketlerin kontrolünde gelişen Erken-Orta Jura çökellerinin birikiminden sonra Malm'den itibaren, Geç Kretase sonuna kadar süren dönemde, oldukça sâkin tektonik koşulların kontrolünde karbonat platformu oluşmuştur (Yılmaz, 2002). İlk olarak Pelin (1977) tarafından Alucra (Giresun) yöresinde “Berdiga Formasyonu” olarak adlandırılan bu birim, kuzey zonda genellikle masif tabakalanmalı, gri-bej renkli, yanal devamlılığı olmayan kireçtaşlarıyla temsil edilir. Güney zonda ise, genel olarak masif kireçtaşlarından oluşmakla birlikte, yersel olarak küçük değişiklikler sunar. Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu üzerine, dolomitik özellikte masif-kalın tabakalanmalı kireçtaşlarıyla gelen bu birim üst seviyelere doğru orta tabakalanmalı kireçtaşlarına dönüşür. Taslı (1990) ve Yılmaz'a (1997 ve 2002) göre Kuzeydoğu Türkiye'de geniş alanlarda yüzeyleme veren bol fosilli sığ denizel kireçtaşları, dolomitler ve dolomitik kireçtaşları tipik bir karbonat platformu ürünüdür.

Bölgenin güneyinde Gümüşhane yöresinde yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı tortul kayalar Tokel (1972) tarafından “Kermutdere Formasyonu” olarak adlandırılmıştır. Buna göre istif tabanda ince-orta tabakalanmalı, sarı renkli kumlu kireçtaşları ve yer yer konglomeralardan oluşmakta, bunların üzerine ince tabakalanmalı kırmızı-mor renkli mikiritik kireçtaşlarıyla devam ederek, gri ve yeşil renkli tüf ara seviyeleri içeren ince orta tabakalanmalı kumtaşı, kıltaşı ve marn aralanmasıyla son bulmaktadır. Tokel (1972), “Kermutdere Formasyonu” adını verdiği Geç Kretase yaşlı tortul kayaların, Berdiga Formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiğini ve Erken-Geç Kretase arasında kuvvetli bir aşınma döneminin olduğunu belirtirken, Hacıoğlu (1983), bu kayaların başlangıçta sığ denizel ortam şartlarında, Geç Kretase sonlarına doğru ise derin denizel ortamda oluştuğunu savunmaktadır. Eren'e (1983) göre ise, yersel farklılıklar dışında genelde

türbiditik karakterde olan Geç Kretase yaşlı tortullar daha yaşlı oluşuklar üzerine transgresif olarak gelmekte ve Eosen yaşlı birim tarafından da transgresif olarak örtülmektedir.

Geç Kretase döneminde Kuzeydoğu Türkiye’de oluşan kayaçların litolojik özellikleri bakımından kuzeyden güneye doğru önemli farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu dönemde bölgenin kuzeyinde yoğun bir magmatizma etkinken, güneyinde türbiditik karakterli sedimanter birimlerin oluşumu devam etmiştir. Kuzeyde bulunan Geç Kretase yaşlı birimler Güven vd., (1993) tarafından yaşlıdan gence doğru bazalt ve piroklastitleri (Çatak), dasit ve piroklastitleri (Kızılkaya), bazalt-andezit ve piroklastitleri (Çağlayan), dasit-riyolit ve piroklastitleri (Çayırbağ) şeklinde ve Geç Kretase-Paleosen geçişinde yer alan marn, kıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı ardalanması (Bakırköy) formasyonları şeklinde adlandırılmıştır.

Bölgedeki Senozoyik oluşuklarının, Geç Kretase’de olduğu gibi kuzeyde volkanitlerle, güneyde ise sedimanter ağırlıklı bir istifte temsil edildiği anlaşılmaktadır. Senozoyik yaşlı kayaçların bölgedeki daha yaşlı kayaçlar üzerine uyumsuz olarak geldiği Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde içerdiği taban konglomeralarından anlaşılmaktadır. Kandemir’e (2004) göre birim, Gümüşhane ve yakın çevresinde, tabanda yersel olarak konglomeralar ve numulitli kireçtaşlarıyla başlamakta üste doğru ise bazalt-andezit ve piroklastitleriyle devam etmektedir.

Eyüboğlu’na (2006) göre de Senozoyik döneminde Kuzeydoğu Türkiye tektonik hareketlerle, özellikle de yükselmelerle karakteristiktir. Paleosen ve Erken Eosen döneminde sedimantasyonda bir duraklama vardır. Orta ve Geç Eosen kuzeyde bazaltik volkanizma (Kabaköy Formasyonu), güneyde sedimanter bir istif ve andezitik karakterli volkanitlerle (Alibaba Formasyonu) temsil edilir. Kuzey Zon’da Lütesiyen yaşlı birimleri kesen bazaltik Neojen volkanitleri bölgedeki en genç oluşuklar olup, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı kırıntılarla (Beşirli Formasyonu) uyumsuz olarak örtülürler.

1.6. Yersel Jeoloji

Ordu ili genelinde Jura’dan Kuvaterner’e kadar değişen yaşlarda volkanik, volkano-tortul, tortul, granitik sokulumlar ve güncel çökellerden oluşan kayaçlar yüzeylemektedir.

Bu birimler farklı araştırmacılar (Schultze-Westrum, 1960; Seymen, 1975; Terlemez ve Yılmaz, 1980; Terzioğlu, 1986; Boztuğ, 2001 ve Ateş vd., 2004) tarafından farklı isimlerle adlandırılmış ve Tablo 1' de özetlenmiştir.

1.6.1. Mesozoyik

Bölgede bulunan en yaşlı birim, Reşadiye'nin KB'sında Zinav Boğazında, Kapaklı Yaylası'nda, Büyükelmaçlı, Betişih ve Evliya Tepe çevresinde yüzeyleme veren "Zinav Kireçtaşıdır" (Terlemez ve Yılmaz 1980 ve Terzioğlu, 1986). Kalınlığı 300 m'ye kadar ulaşan, çok kalın tabakalı bu kireçtaşlarının yaşı, içerdiği fosil türlerine göre Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Orta-Geç ve Jura-Erken Kretase olarak tespit edilmiştir. Ayrıca yazarlar fosil içeriğine ve litolojik özelliklere göre birimin sığ denizel ortamda olduğunu, üzerine gelen kayaç türleriyle bu birim arasında kesin olarak bir uyumsuzluğun varlığını belirtmektedirler. Seymen (1975) tarafından Hankırın Tepe Formasyonu adı verilen birimin yaşı aynı çalışmada Geç Jura-Erken Kretase olarak verilmiştir.

Mesuduye Formasyonu Zinav Kireçtaşı üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Bazalt, aglomera, kireçtaşı, tuf ve kumtaşı araldanmasından oluşan birim Mesudiye çevresinde, Reşadiye-Koyulhisar arasındaki Kelkit vâdisinin kuzey yamacında, Reşadiye'nin kuzeyinde, Zinav gölü ve Melet ırmağı vâdisi boyunca yüzeyleme verir. Bu formasyon içerisinde bazı yerlerde Tolluk Tuf-kumtaşı ve Nebişeyh Kireçtaşı üyeleri ayrılmamıştır. Birim kuzey-güney doğrultusu boyunca, 100-300 m arasında değişen farklı kalınlıklara sahiptir. Yörede en yaygın olarak mostra veren Mesudiye Formasyonu'nun volkanik kayaç içeriği kuzeye doğru artmaktadır. Bundan dolayı yörede denizaltı volkanizmasının fazla olduğu, volkanik faliyetin azaldığı zamanlarda ise tortuların çökeldiği belirlenmiştir. Tolluk tuf-kumtaşı üyesi içinde belirlenen *Globotruncana cf. Helvatica*, *Paeglobotruncana sp.*, *Hedbergella sp.*, *Marssonella sp.*, *Globotruncanidae* ve *Globigeriniidae* fosil türlerine göre birimin yaşı Senomaniyen-Turoniyen, Nebişeyh kireçtaşları içinde belirlenen *Globotruncana linneiana*, *Globotruncana cf. Coronata*, *Globotruncana tricarinata*, *Globotruncana ventricosa* veya *Globotruncana concavata* ve *Globotruncana cf. Globigerinoides Plum.* Fosil türlerine göre Koniasiyen-Kampaniyen ve ayrılmamış birim içinde belirlenen *Globotruncana cf. Ventricosa*, *Globotruncana cf.*

Fornicata, *Globotruncana cf. Area*, *Globotruncana linneiana* ve *Globotruncana cf. Elevata* fosil türlerine göre de Geç Senoniyen olarak tespit edilmiştir. Yukarıda belirtilen fosil bulgularına göre Mesudiye Formasyonu'nun yaşı Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Senomaniyen-Kampaniyen olarak belirlenmiştir.

Kızılhisar, Karaoluk, Yavaşköy, Refahiye ve Ohtamış köyleri arasında mostra veren ve andezit, bazalt ve piroklastitlerinden oluşan birim Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Mesudiye Formasyonu olarak adlandırılırken, Güven vd. (1993) aynı birimi Çatak Formasyonu olarak adlandırmıştır. Ayrıca Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Mesudiye Formasyonu içinde ayırtılmamış birim olarak tanımlanan aglomera, tüf, bazalt, andezit, kumtaşı, silttaşı, çakıltası, kıltaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan ve Aybastı, Korgan, Kumru ilçeleri ve Tekkiraz beldesi çevresinde yüzeyleme veren birim Çınar vd., (1987) tarafından “Andezit-Bazalt ve Piroklastitleri” şeklinde, Güven vd. (1993) tarafından ise Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Çağlayan Formasyonu'na benzer litolojik özellikler sunmasına karşın, andezit ve bazalt içeriği daha az, diğer taraftan kumtaşı, silttaşı ve kumlu kireçtaşı içeriği belirgin bir artış gösteren ve Kemalpaşa, Yeşilyurt, Yassıbahçe ve Kabakçıoğlu köyleri çevresinde mostra veren birim de Ateş vd., (2004) tarafından Demircili Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Terlemez ve Yılmaz (1980), Topçam çevresi ve batısında, Gölköy'ün kuzeydoğusu ve kuzeybatısında görülen siyenit mostralarını, Mesuduye Formasyonu'nu keserek yerleşmiş olmasından dolayı, Kampaniyen sonrası, Gölköy Formasyonu'nun bu birimi uyumsuz olarak örtmesinden dolayı da Paleosen öncesi olarak yaşlandırmıştır. Bu çalışmaya göre Gölköy-Aybastı çizgisinin kuzeyinde, Ulubey'in kuzeybatısı, kuzeyi ve kuzeydoğusu, Akkaya ve Kabataş köyleri çevresinde bulunan dasit mostraları içerisinde Mesudiye Formasyonu'na ait tüfler bulundurmaktadır. Fatsa Formasyonu'nundan sonra oluşması nedeniyle dasitlerin yaşı Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir.

Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından formasyon adlaması yapılmaksızın siyenit ve dasit mostraları şeklinde tanımlanan birim, Terzioğlu (1986) tarafından ise Topçam Siyeniti olarak adlandırılmıştır. Diğer taraftan Melet ırmağı vâdisi yamaçlarında, Susuz, Düzyataktepe, Kabataş ilçesi kuzeybatısı, Ünye güneydoğusu Kale, Zindankaya ve kızılkaya tepeleri çevresinde mostra veren dasit, riyodasit, trakiandezit ve piroklastitlerinden oluşan birim Güven vd. (1993) tarafından Kızılkaya Formasyonu olarak

adlandırılmış, bu adlama Ateş vd., (2004) tarafından da kullanılmıştır. Yörede Ünye güneyinde, Asarkaya, Alageriş tepeleri ilâ Elekçi ırmağı arasında ve Çatalpınar ilçesi kuzeyinde mostra veren trakiandezitik-dasitik-riyodasitik tuf ve breşlerden oluşan birim Güven vd. (1993) tarafından Tirebolu Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Terlemez ve Yılmaz (1980) ve Terzioğlu (1986) tarafından Reşadiye Formasyonu olarak tanımlanan, litolojik olarak kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, tüflü kireçtaşı, kireçtaşı, kumtaşı ardalanmasıyla tuf, aglomera ve kiltası-çamurtaşı ara seviyelerinden oluşan birim, içerdiği fosil türlerine göre Senoniyen-Maestricthiyen olarak yaşlandırılmıştır. Terlemez ve Yılmaz (1980) Reşadiye ve Kelkit vâdisi çevresinde Reşadiye Formasyonu olarak tanımladığı birimle aynı litolojik özelliklerde ve aynı ortamın çökelleri olması nedeniyle Fatsa, Perşembe, Ordu, Ulubey ve Gököy merkezlerinde gözlenen birimi Fatsa Formasyonu olarak tanımlamaktadır. Araştırmacılar, Perşembe ve Gököy çevresinde sığ denizel ortam özellikleri sunan birimin, Fatsa, Ordu ve Ulubey civarında yer yer derin denizel ortama geçiş yaptığı ve bu kesimlerde volkanik faaliyetin kısmen arttığı görüşündedirler.

Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Fatsa Formasyonu olarak adlandırılan bu birim için Yoldaş vd., (1985), Keskin vd., (1998) ve Ateş vd., (2004) Akveren Formasyonu adını kullanmışlardır. Çağlayan ve Tirebolu Formasyonları üzerine uyumlu olarak gelen birim Keskin vd., (1998)'ne göre Maastrihtiyen-Paleosen yaşındadır. Yine Keskin vd., (1998) birimin tabanında görülen kumtaşı, çamurtaşı, kiltası, killi kireçtaşı, tuf ardalanmasından oluşan seviyeyi, Tekkekiraz Üyesi, kireçtaşı-marn-tuf ardalanmalı seviyeyi, Kaleköy üyesi ve masif kireçtaşı-kumlu kireçtaşı ardalanması şeklinde olan düzeyleri de Kozmandağı Üyesi olarak adlandırmıştır.

Terlemez ve Yılmaz (1980) ve Terzioğlu (1986) tarafından Mesudiye, Reşadiye ve Fatsa Formasyonları olarak tanımlanan ve Zinav Kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak gelen birimlerin tamamı Boztuğ'a (2001) göre ise Konuklu Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

1.6.2. Senozoyik

Kireçtaşı, killi ve tüflü kireçtaşı, tuf ve kumtaşı ardalanmasından oluşan, alt seviyelerde aglomera, üst seviyelere doğru kömür arakatıkları içeren ve Gököy ilçe

merkeziyle Gölköy-Aybastı arasında yüzeyleyen birim bütün araştırmacılar tarafından Gölköy Formasyonu olarak kabullenilmiştir. Tipik olarak Gölköy çevresinde mostra veren birim ayrıca Gölköy-Aybastı yolu boyunca, Topçam batısında, Çukuralan köyü çevresinde ve Kelkit vâdisi kuzey yamacında bulunmaktadır. Terlemez ve Yılmaz'a (1980) göre, Fatsa Formasyonu'yla Gölköy kuzeyinde, İğdir Kireçtaşı'yla Sugözü kuzeyindeki tepelerde dokanak hâlinde olup, İğdir Kireçtaşı'nın çökmesinde etkili olan ortamsal şartlar bu birimin oluşumunda da devam etmiştir. Birimin kalınlığı Gölköy çevresinde 75-100 m arasında iken daha güneye doğru 60 m'ye kadar düşmektedir. *Laffiteina bibensis Marie*, *Laffiteina sp.*, *Globorotalia sp.*, *Orduina sp.*, *Discocyclina sp.*, *Globigerina triloculinoides Plumber*, *Nodosariidae*, *Glomalveolina sp.*, *Rotalia sp* ve *Cibicides sp* fosil türlerine göre Paleosen yaşı verilen birim volkanik faaliyetin devam ettiği derin olmayan denizel ortam şartlarında oluşmuştur (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Ateş vd., (2004)'ne göre ise alt dokanağı Akveren Formasyonu'yla uyumsuz olan birim, Kumru Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2).

Gölköy Formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla gelen Yeşilce Formasyonu alttan üste doğru Selecik Kireçtaşı, Hasanşeyh Bazaltı, Asarcık ve Hatipli Üyesi şeklinde sıralanır (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Seymen (1975) tarafından Kavaklıdere Grubu adıyla tanıtılan bu birim, Terzioğlu (1986) tarafından ise Yeşilce Grubu adı altında Selecik Formasyonu, Bakırköy volkanitleri, Hatipli Volkanodendritikleri ve Hasanşeyh Formasyonu olarak incelenmiştir. Ateş vd., (2004) ise kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, silttaşı ve karbonatlı kireçtaşı ardalanmasından oluşan birimi Kumru Formasyonu olarak adlandırmaktadır. Terlemez ve Yılmaz'a (1980) göre Selecik Kireçtaşı Üyesi, Mesudiye Formasyonu'yla Üçyol kuzeyinde, İğdir kireçtaşı Üyesiyle Taşlıca Köyü batısında ve Gölköy Formasyonu'yla ise Gölköy çevresinde büyük açısız uyumsuzluklar içermektedir. Bu çalışmada derin olmayan denizel ortam koşullarında çökeldiği belirtilen kireçtaşlarının yaşı *Assilina cf. Exponens Sow*, *Discocyclina cf. Numulitica*, *Discocyclina sp.*, *numulites sp.*, *Globorotalia sp.*, *Actinocyclina sp.* ve *Sphaerogypsina sp* fosil türlerine göre Erken-Orta Eosen (Lütesiyen) olarak belirlenmiştir. Reşadiye'nin KD'sunda Hasanşeyh ve Kavaklıdere köyleri çevresinde yayılım gösteren bazaltlar Hasanşeyh Bazaltı olarak adlandırılmış ve Selecik Kireçtaşı'yla eş zamanlı olarak oluştuğu belirlenmiştir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Tablo 1. Ordu ili genelinde bulunan birimler için farklı araştırmacılar tarafından yapılan adlandırmalar.

SCH. WESTRUM (1960)		SEYMEN (1975)		TERLEMEZ VE YILMAZ (1980)		TERZİOĞLU (1986)		BOZTUĞ (2001)
Yaş	Kayatürleri	Yaş	Grup ve Formasyolar	Yaş	Formasyon ve Üyeler	Grup ve Formasyonlar		Formasyonlar
SENOZOYİK	<i>En genç bazalt</i> <i>En genç andezit</i>	Miyosen-Gümmüz	<i>Yolüstü Formasyonu</i> <i>Reşadiye dayk ve silleri</i> <i>Hatıplı Formasyonu</i>	Miyosen-Gümmüz	<i>Yolüstü Bazaltı</i> <i>Erdembaba Bazaltları</i> <i>Canik Formasyonu</i>	Danişment Grubu	<i>Yolüstü Volkanitleri</i> <i>Cüle Volkanitleri</i> <i>Canik Volkanitleri</i> <i>Erdembaba Volkanitleri</i> <i>Kıyucak Bazaltı</i> <i>Hasandede Andeziti</i>	
	<i>Granodiyorit-Monzonit</i> <i>Granit porfir (3 nolu dasit)</i> <i>Tüfler, aglomeralar</i> <i>Marnlı kalker, tüfit</i>	Lütesiyen	<i>Kavaklıdere Grubu</i> <i>Hasanşeyh Formasyonu</i> <i>Kabaklık Formasyonu</i> <i>Çalyayla Kireçtaşı</i> <i>Kuzbağı Aglomerası</i>	Lütesiyen	<i>Yeşilce Formasyonu</i> <i>Hasanşeyh Bazaltı</i> <i>Hatıplı Üyesi</i> <i>Asarcık Üyesi</i> <i>Selecik Kireçtaşı</i> <i>Üyesi</i>	Yeşilce Grubu	<i>Hasanşeyh Formasyonu</i> <i>Hatıplı Volkanodetritikleri</i> <i>Bakırköy Volkanitleri</i> <i>Selecik Formasyonu</i>	<i>Plütonik Kayaçlar</i> <i>Karagül Formasyonu</i>
MEZOZOYİK	<i>Üst Bazik Seri</i> <i>(Inoceramus 'lu kireçtaşı</i> <i>Riyodasit (2 nolu dasit)</i> <i>Andezitik, dasitik tüfler</i> <i>(Tavan tüf serisi)</i> <i>Cevherli dasit (1 nolu dasit)</i>	Senomaniyen-Paleosen	<i>Grubu</i> <i>Düdenyayla Formasyonu</i> <i>Kırandağ Formasyonu</i> <i>Kapaklı Formasyonu</i> <i>Kızıltepe Formasyonu</i> <i>Gökçebel Formasyonu</i>	Senomaniyen-Paleosen	<i>Reşadiye For.</i> <i>Gölköy Formasyonu</i> <i>İğdır Kireçtaşı Üyesi</i> <i>Berektli Üyesi</i> <i>Siyenit, Dasit</i> <i>Fatsa Form.</i> <i>Mesudiye Form.</i> <i>Ayrırtlanamamış</i> <i>Nebişeyh Kireçtaşı Üyesi</i> <i>Tolluk Tüf-Kumtaşı Üyesi</i>		<i>Gölköy Formasyonu</i> <i>Reşadiye Formasyonu</i> <i>Topcam Siyeniti</i> <i>Mesudiye Formasyonu</i>	<i>Konuklu Formasyonu</i>
	<i>Alt Bazik Seri (Üst Jura-Alt Kretase Kireçtaşları)</i> <i>Kompakt Kireçtaşı (Üst Jura)</i> <i>Bazalt-Aglomera</i>							
PALEOZOYİK	<i>Yaşlı granit kapsayan metmorfitler</i>							

K R E T A S E		T E R S İ Y E R		KUVATER NER	SİSTEM
Ü S T K R E T A S E		E O S E N		MIYO. PLIYO.	SERİ
Senomanyen - Kampaniyen		Paleosen			KAT
Maestrihtiyen		Tanesiyen			FORMAS- YON
İĞDIR		GÖLKÖY			ÜYE
TİREBOLU		AKVEREN		ERDEM- BABA	KAYA TÜRÜ
KIZIL- KAYA		KUMRU		CANIK	AÇIKLAMALAR
ÇAĞLAYAN		TEKKEKÖY			
DEMİR- CİLİ		Çaybaşı, Asirelik			
ÇATAK		Bakaktepe Emirler Işıktepe			
MESU- DİVE		Kozma- Kaçkar in dağı Topçam			
Kapalı- boğazı		Tekkiraz			
					Aglomera ve tüfit ara katkılı andezit ve bazaltlar
					Tüf ara katkılı bazalt
					Sert, dayanımlı, sık eklemli dasitik dayk Çok sert, dayanımlı, yer yer sütunsal eklemli bazaltik dayk Sert, dayanımlı, sık sütunsal eklemli andezitik, trakindezitik dayk
					Tabanı orta-kalın tabakalı kumtaşı, ince-orta tabakalı marn-silttaşı ara düzeyli aglomera, tüf bazalt ve andezit. Tüf ara katkılı aglomera
					İnce-orta tabakalı silttaşı, orta-kalın tabakalı kumtaşı, çamurtaşı ar dalanması
					Orta-kalın tabakalı kumlu kireçtaşı, ince-orta tabakalı kiltası-killi kireçtaşı ar dalanması.
					Orta-kalın tabakalı, sert, erime yüzeyle, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı; aglomera-tüfit ara seviyeli killi-tüflü kireçtaşı, tüfit ile orta-kalın tabakalı kumtaşı ar dalanması.
					Granit, granodiyorit, kuvarşlı diyorit, monzonit, Sık eklemli, çatlaklı, sert, dayanımlı siyenit, Sert, dayanımlı, kalın-masif tabakalı, erime boşluklu kireçtaşı-kumlu kireçtaşı ile kiltası ar dalanması.
					Tüfit, aglomera ara katkılı, erime boşluklu kireçtaşı-kumlu kireçtaşı ile ince-orta tabakalı marn ar dalanması.
					İnce-orta tabakalı kumtaşı, çamurtaşı, kiltası, tüfit ar dalanması.
					Orta-kalın tabakalı, kumlu kireçtaşı-kireçtaşı, aglomera, çakiltası ara düzeyli, kiltası-marn, kumtaşı, tüflü kumtaşı, silttaşı, tüfit ar dalanması. İnce-orta-kalın tabakalı, eklemli, çatlaklı, çatlaklar kalsit dolgulu, sert, dayanımlı, kumlu-killi kireçtaşı.
					Trakiandezitik, dasitik, riyodasitik tüf ile trakiandezit ve dasit.
					Dasitik-riyodasitik, trakiandezit ve tüf.
					Aglomera, tüfit, andezit-bazalt, kumtaşı ve silttaşı ar dalanması.
					Killi kireçtaşı, tüfit, kiltası, kumtaşı ile kireçtaşı.
					Aglomera, tüfit.
					Kumtaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşı, silttaşı, çakiltası, tüfit ve aglomera ar dalanması.
					Andezit-bazalt, tüfit ve aglomera.
					Aglomera, tüfit, mikritik kireçtaşı, andezitik-bazalt, kumtaşı-silttaşı, kiltası, killi kireçtaşı, çakiltası ar dalanması. Kiltası-killi kireçtaşı ara katkılı, kırmızı renkli, pelajik kireçtaşı.

Şekil 2. Ordu ilinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Ateş vd., 2004).

Aglomera, kumtaşı, tuf ve bazik volkanit ara katkılarında oluşan ve Asarcık köyü çevresinde görülmesinden dolayı Asarcık Üyesi olarak adlandırılan (Terlemez ve Yılmaz, 1980 ve Yoldaş vd., 1985) birim, Ateş vd., (2004) tarafından ise Akveren Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelmesi nedeniyle, Tekkeköy Formasyonu olarak tanıtılmıştır. Terlemez ve Yılmaz'a (1980) göre ise yaş verecek fosil bulgusu elde edilememesine rağmen, Selecik Kireçtaşı'yla uyumlu olması nedeniyle Eosen olarak yaşlandırılmıştır.

Ateş vd., (2004) tarafından Bakacaktepe (andezitik dayklar), Emirler (bazaltik dayklar) ve Işıktepe Formasyonları (dasitik dayklar) olarak tanıtılan ve Ordu güneyi, Ulubey ve Gököy çevrelerinde mostra veren kayaçlar araştırmacılar tarafından Eosen olarak yaşlandırılmış (Terlemez ve Yılmaz, 1980; Çınar vd., 1987 ve Keskin vd., 1998), Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Hasanşeyh Bazaltı, Terzioğlu (1986) tarafından Hasanşeyh Formasyonu ve Boztuğ (2001) tarafından ise "Plütonik Kayaçlar" olarak adlandırılmıştır.

Ordu ili genelindeki Neojen yaşlı kayaçlar Terlemez ve Yılmaz (1980) ve Ateş vd., (2004)'ne göre Canik Formasyonu ve Erdembaba Volkanitleri olarak adlandırılırken, Terzioğlu (1986), Neojen ve Kuvaterner yaşlı kayaçları Danişment Grubu adı altında incelemiştir. Ordu, Mesudiye ve Gököy-Aybastı hattının güneyinde ve Canik dağlarında yüzeyleyen ve bazalt ve tüften oluşan birim Canik Formasyonu olarak adlandırılmış olup, Mesudiye, Gököy ve Tekkeköy Formasyonları üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Terzioğlu ve Yılmaz, 1980). Birimin yaşı Keskin vd., (1998) tarafından Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir. Kelkit vâdisinin kuzey yamacındaki Erdembaba tepesi çevresinde, Mesudiye-Reşadiye-Koyulhisar arasında mostra veren dasitik bileşimli aglomera-tuf ve bazaltik-andezitik volkanitlerden oluşan birim Erdembaba Volkaniti (Terzioğlu, 1986 ve Ateş vd., 2004) veya Erdembaba Bazaltları (Terlemez ve Yılmaz, 1980 ve Uysal vd., 1995) şeklinde adlandırılmıştır. Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Miyosen-Pliyosen, Uysal vd., (1995) tarafından Pliyosen olarak yaşlandırılan birim, Ateş vd., (2004)'ne göre Pliyo-kuvaterner yaşlıdır.

Yörede mostra veren en genç birim Yolüstü köyü çevresinde, Reşadiye'nin kuzeybatısındaki Yolcaya ve Bağdatlı köyleri arasında, Çukurtarla tepesi ve Zinav gölü batısında yüzeyleyen koyu gri, siyah, açık gri ve pembe renk tonlarında ve bol gözenekli olan andezit ve bazaltlar olup, Yolüstü Bazaltları olarak adlandırılmıştır. Yolüstü bazaltlarının oluşumu, bölgenin faylanma tektoniğiyle ilgili olup Geç Kretase yaşlı Bereketli Üyesi ve Nebişeyh Kireçtaşı Üyesini, Kuzey Anadolu Fayı'nın güneyinde ise

Erken Miyosen yaşlı birimleri uyumsuzlukla örtmesi nedeniyle yöredeki en genç birimler olarak kabul edilmiş ve Holosen yaşı verilmiştir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

1.7. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeotektonik Evrimi Üzerine Düşünceler

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Paleozoyik yaşlı metamorfik bir temel üzerinde, Liyas'tan Kuvaterner'e kadar değişen yaşlarda tortul, volkanik, volkano-tortul birimlerle yer yer bu birimleri kesen plütonik kayalar yüzeylenmektedir. Bölgedeki kayalar grupları, sunmuş oldukları sedimentolojik, tektonik ve magmatik karakteristiklere göre "Kuzey Zon", "Güney Zon" ve "Eksen Zonu" olmak üzere üç alt birliğe ayrılmıştır (Bektaş vd., 1995 ve 1999). Kuzey Zon, Mezozoyik-Senozoyik yaşlı bimodal özellikte volkanik kayalar ve granitik sokulumlarla, Güney Zon granitik kayalar ve metamorfik masiflerle, Eksen Zonu ise ultramafik kayalar ve metamorfik kayalar kalıntılarıyla birlikte Kretase yaşlı derin pelajik sedimentitlerden oluşmaktadır (Eyüboğlu, 2006).

Bektaş vd., (1996)'ne göre Kuzeydoğu Türkiye'de Erken Liyas-Malm açılma rejimi kuzey zon (magmatik ark) ve güney zonda (ark gerisi) başarısız rift havzalarını oluşturmuş, Kretase'de gelişen ikinci açılma rejimi de eksen zonunda derin okyanusal çukurlukların gelişimini sağlamıştır. Okyanus tabanı yayılmasının gerçekleştiği bu çukurluk okyanus ortası sırtı bazaltları, radyolarit ve ofiyolitik olistostromal melanjla karakteristiktir.

Avrupa'dan başlayıp Türkiye'yi aşan ve İran'daki Elbruz Dağları üzerinden Hint Platformu'na ulaşan alpsel dağ oluşumunun bir parçası olan Doğu Karadeniz Bölgesi, Jura sonuna kadar sıkışmalı bir tektonik rejimin etkisinde kalmıştır (Kronberg, 1970 ve Pejatoviç, 1971). Şengör'e (1982) göre bir çarpışma orojenik kuşağı olan Alp sistemi eski Tetis Okyanusu'nun yok oluşunun ürünüdür. Bektaş vd., (1995) ve Yılmaz'a (2002) göre de bölgedeki Liyas yaşlı volkano-tortul birim Erken Liyas'tan itibaren genişlemeli bir tektonik rejimin etkisinde kalmış, bu durum Hersiniyensele temelin parçalanmasına neden olmuştur. Çok sayıda araştırmacıya göre de Liyas yaşlı birim, rift ortamında oluşmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Görür vd., 1983; Bektaş, 1986; Yılmaz, 1995; Okay ve Şahintürk, 1997 ve Yılmaz, 2002).

Akdeniz vd. (1994), Kuzeydoğu Türkiye'nin güney kesimini yanal hareketlerin etkisiyle yan yana gelmiş veya yatay hareketler sonucu nap kütleleri şeklinde biri diğeri üzerine itilmiş stratigrafik istiflerin yüzeylediği, birbirinden farklı yapısal dilimlere

ayırılmışlardır. Araştırmacılar Kuzeydoğu Türkiye'nin Geç Paleozoyik'ten itibaren Lavrasya kıtasının güneye bakan platformu veya aktif kıta kenarı konumunda olduğunu ve Liyas'ta meydana gelen okyanus oluşumuna öncülük eden bir açılmanın kesin olmadığını belirtmektedirler.

Gedik vd. (1996) ise, Türkiye'nin farklı stratigrafik gelişimli çok sayıda küçük plakacığın kenetlenmesi sonucu bugünkü durumuna ulaştığını ve bu mikroplakacıklar arasındaki ilişkinin çoğunlukla transgresif özellikte olduğunu belirtmektedir. Araştırmacı ayrıca Kuzeydoğu Türkiye'yi Geç Paleozoyik'te Avrasya'ya yamanmış, Jura başlarında ise Avrasya'dan koparak Tetis okyanusu içine girmiş bir küçük plakacık olarak düşünmektedir.

Robinson vd. (1995), yörede Geç Paleosen sürecinde oluşan birimin bulunmamasından dolayı, riftleşmenin muhtemelen Karadeniz'de olduğunu, Tetis Okyanusu'nun kapanması sonucu, Kuzeydoğu Türkiye'nin, Eosen'den Pliyosen'e kadar sıkıştığını, bu nedenle Oligosen ve daha genç yaşlı kayaların denizel olmadığını belirtmiştir. Eosen istifi ise birbirleriyle yanal geçişli taban konglomerası ve kumlu kireçtaşları ile başlayan volkano-tortul kayalardan oluşan bir istif olup yöre Eosen sonrasında karasal ortama dönüşmüştür (Özer, 1984).

Yılmaz (1993), Kuzeydoğu Türkiye'de geniş alanlarda yüzeyleme veren tortul kayaların farklı fasiyes koşullarında biriktiğini, bu oluşumun Liyas sürecinde riftleşme tektoniği etkinken, Dogger-Orta Kretase ve Erken Eosen sürecinde transgresyonların devam ettiğini ve yöredeki istiflerin son şeklini Orta-Geç Kretase ve Miyosen'de gelişen orojenik hareketler sonucu kazandığını belirtmiştir.

Adamia vd. (1977) ve Tokel (1981), Orta Anadolu Sütur Zonu'nu Paleotetis'in kalıntısı olarak benimsemiş ve Kuzeydoğu Türkiye'de mevcut yitimin Paleozoyikten Eosen sonuna kadar güneyden kuzeye doğru olduğunu ileri sürmüşlerdir. İlk adayayının Karbonifer'de su yüzeyine çıktığını, Geç Kretasede olgunlaştığını ve Eosen sonlarından itibaren de Kuzey Anadolu Tetis'inin kapandığını savunmuşlardır. Bu görüşe göre Karadeniz, Geç Kretase döneminde açılan yay gerisi bir havza durumundadır.

Dewey vd. (1973) ve Bektaş vd. (1984) ise, Erken Liyas-Malm açılmalı tektonik rejiminin Kuzeydoğu Türkiye'de Hersiniyensele temelin riftleşmesine ve bimodal volkanizmanın gelişmesine olanak sağladığını, Geç Kretase'nin erken dönemlerinde kuzeydeki toleyitik-kalkalkali volkanizmanın yerini, güneyde kalkalkali ve alkali volkanizmaya bıraktığını belirterek, Kuzeydoğu Türkiye'nin Paleozoyik'ten Eosen sonuna kadar devam eden güney yönlü bir yitimle şekillenmiş olabileceğini savunmuşlardır.

Şengör ve Yılmaz (1981), söz konusu yitimin Paleozoyik'ten Orta Jura'ya kadar kuzeyden güneye doğru olduğunu, bu dönemde Paleotetis'in kapanarak Jura volkanitlerini oluşturduğunu savunmaktadır. Bu arada Liyas'ta Kuzeydoğu Türkiye'nin güneyinde Neo-Tetis'in kuzey kolunun açıldığını, Geç Kretase-Orta Eosen zaman aralığında gelişen kuzey yönlü yitimin sonucunda da Neo-Tetis'in kapandığını ve böylece bölgede Kretase ve Tersiyer yaşlı magmatik kayaçların oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Bu görüşe göre, Kuzeydoğu Türkiye'nin orta kesimi ve güney sınırı boyunca D-B doğrultusunda uzanan ofiyolitler, Paleo-Tetis ve Neotetis'in dalan okyanus tabanı kalıntısı olup, Karadeniz Geç Kretase döneminde açılan yay gerisi bir havza durumundadır.

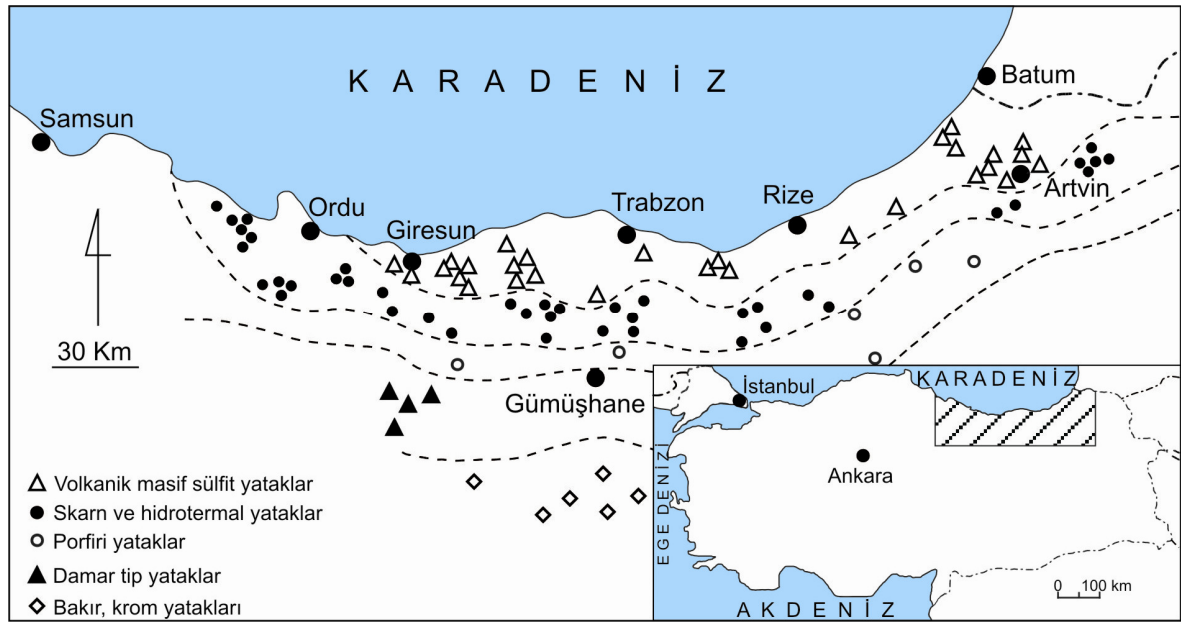
Gedik vd. (1996), Orta veya Geç Kretase'de başlayan genel sıkışma rejiminin, okyanusal kabuğun güneye doğru yitimine neden olduğunu ve bu olayın da Kuzeydoğu Türkiye bloğunda bir magmatik yay oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu magmatik yay, Kuzeydoğu Türkiye Bloğu'nu iki farklı fasiyese ayırmıştır. Kuzeyde volkanit ve piroklastitlerin egemen olduğu yay önü bir havza; güneyde ise sedimanter kayaçların egemen olduğu, magmatik etkinliğin çok az olduğu bir yay gerisi havza gelişmiştir. Araştırmacılar, Kretase-Tersiyer dönemindeki sıkışma rejiminin alpsel orojenezin bir sonucu olduğunu belirterek, Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu'nun kıta yamacında oluştuğunu ve bu birimin üzerindeki flişlerin de yükselmeye bağlı olarak gelişen aşınmanın ürünü olduğunu kabul etmişlerdir. Bektaş ve Çapkınoğlu (1997) da yörede 3 farklı doğrultuda (KD-GB, D-B, KB-GD) gelişmiş fayların bulunduğunu, bu fayların Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu faylarına paralel olarak çalıştığını, buna göre de havzaların "pull-apart" özellikte olduğunu belirtmektedir.

Bektaş vd. (1999) Doğu Karadeniz Güney Zonu'nda Geç Kretase volkanizmasının kuzey zondan daha geç olarak geliştiğini, bu durumun güney yönlü bir yitimin kanıtı anlamına geldiğini savunmaktadırlar. Araştırmacılar ayrıca Kuzeydeki toleyitik volkanitlerin, güneye doğru kalkalkali-alkali ve şoşonitik karaktere geçiş gösterdiğini, bu durumun da Geç Kretase volkanizmasının kuzeyden güneye doğru göçüne işaret ettiğini belirtmektedir. Aynı çalışmaya göre Kuzey zonda yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı formasyonlar (Özellikle Kızılkaya ve Çayırbağ), çok sayıda masif sülfid yatağına ev sahipliği yapması nedeniyle oldukça büyük öneme sahiptir. Kuzeydoğu Türkiye'de mevcut adayayının evrimiyle yakından ilişkili olan bu cevherlerin oluşumu kalderalar, dom yapıları ve büyük ölçekli kırıklarla kontrol edilir. Cevherlerin taban kayaçları dasit,

riyodasit, riyolit, tuf ve breşlerle karakteristiktir. Tavan kayalar ise başlıca, tuf, çamurtaşı, kilitaşı, marn ve daha az oranda da bazalt ve mor dasitlerden oluşur.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan, her ne kadar yitimin yönü ile ilgili fikir ayrılığı olsa da, bölgede bir yitimin söz konusu olduğunun araştırmacıların tamamı tarafından kabul edildiği anlaşılmaktadır. Bu çalışma kapsamında önemli olan yitimin yönünden daha çok, bir yitimin oluşu ve bölgenin bu yitime bağlı olarak gelişen maden yatakları açısından zengin oluşudur. Bölgenin jeolojik evrimi üzerine yapılan çalışmalara göre de mevcut magmatik faaliyet yitimle ilişkili bir yay ortamında gelişmiştir (Şengör, 1982; Ercan ve Gedik, 1983; Gedik vd., 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997 ve Boztuğ vd., 2006). Bundan dolayı bölgede bulunan maden yataklarının söz konusu yay ortamında gelişen volkanizma, plütonizma ve tektonizmaya bağlı olarak oluştukları kabul edilmektedir (Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1971; Bektaş, 1986; Korkmaz ve Gedik, 1988; Tüysüz vd., 1995 ve Tüysüz, 2000).

Güven vd. (1993), Çamur vd. (1994) ve Okay ve Şahintürk'e (1997) göre Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan maden yatakları, D-B yönünde birbirlerine paralel uzanan dört ayrı kuşak oluşturmaktadır. Buna göre en kuzeyde volkanojenik masif sülfid yatakları, güneye doğru ilerledikçe, sokulum kayalarıyla ilişkili skarn ve damar tip yataklar, porfiri Cu-Mo yatakları ve peridotitler içerisinde Alpin tipi krom yatakları bulunur (Şekil 3).



Şekil 3. Doğu Karadeniz Bölgesi maden yataklarının kuzeyden güneye doğru zonlanması (Güven vd., 1993).

Sato (1974), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan masif sülfid yataklarının yay önu ortamlarda ve toleyitik-kalkalkali volkanizmaya bağlı olarak geliştiklerini savunurken, Aslaner (1977) bu yatakların yitim zonunda bulunan adayayında oluştuklarını, ancak sonradan kıtaya eklenmiş olduklarını savunmaktadır. Bektaş vd. (1984) ise, Sato'nun (1974) görüşüne benzer şekilde, bu yatakların toleyitik-kalkalkali magmatizmaya bağlı olarak gelişmekle birlikte, yay önu değil, yay içi-yay gerisi gerilme ortamlarında oluştuklarını savunurlar. Moore vd. (1980), masif sülfid yatakları bakımından zengin olan Doğu Karadeniz Volkanik Kuşağı'nın, bu tür kuşaklarda olması gerektiği miktarda ve ekonomik boyutta porfiri yataklar içermediğini belirtmektedir. Yazara göre bu durumun nedeni, Doğu Karadeniz Bölgesi etrafındaki dalma açısının dik olması nedeniyle derinlerde oluşan magmanın nispeten susuz olması ve buna bağlı olarak ekonomik boyutta porfiri yatakların gelişimini sağlayamamış olmasıdır.

Yukarıdaki açıklamalardan bölgede bulunan bütün birimlerin, özellikle kuzey zonda yaygın olan ve "Alt Bazik Seri" olarak adlandırılan birimle, çoğunlukla güney zonda yüzeyleme veren Berdiga Formasyonu'nun bölgede etkin olan orojenik hareketlerden yoğun bir şekilde etkilendiği anlaşılmaktadır. Kayaçların genel olarak rijit litolojileri nedeniyle bölgede kıvrım tektoniği yerine blok fay tektoniği gelişmiştir (Kronberg, 1970 ve Bektaş ve apkinoğlu, 1997). Derinlik kayaçlarının, volkanitlerin ve kalderaların derin kökenli KD-GB ve KB-GD yönlü faylarla yakından ilişkili olmaları, bölgede yaygın olan maden yataklarının oluşumunda bu fayların etkin rol oynadığını göstermektedir. Özellikle derinlik kayaçları ve cevher oluşumlarının tektonizmaya ilişkisi, bu yatakların bölgesel tektonizmanın genişleme rejimi sürecinde oluştuğunu düşündürmektedir.

1.8. Önceki alışmalar

1.8.1. Kabadüz Yöresi Cevherlerini Kapsayan alışmalar

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan cevherler üzerine çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen, Kabadüz ve çevresini kapsayan alanda bulunan cevher oluşumlarıyla ilgili az sayıda çalışmanın olması dikkati çekmektedir. Yapılan literatür araştırması sonucunda, Kabadüz ve çevresinde bulunan cevherlerle ilgili yapılan çalışmalar řu şekilde sıralanabilir:

Ayışkan ve Sözen (1961) tarafından hazırlanan prospeksiyon raporunda, Kabadüz çevresindeki cevherlerin dasitler içerisinde, birkaç cm ilâ 1.5-2 m arasında değişen kalınlıklarda, çinkoblend ve galence zengin hidrotermal damar dolgusu şeklinde olduğu ve damarların genel konumunun K30B, az oranda da K70D doğrultulu olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada, Akköprü, Karakiraz, Kirazlı, Madengözü, Kurukiraz dereleri, Bakacak, Dikenli, Haydarlı, Oluklu, Çokdam, Yokuşdibi, Gümüşlük mahalleleri ve Haramiköy, Bayramlı ve Başköy çevresinde toplam 97 adet mostra tespit edilmiş, bunlardan 13 adedinin ekonomik olabileceği belirtilmiştir. Yörede KB-GD ve KD-GB doğrultulu kırık sisteminin hâkim olduğu, söz konusu zuhurların bu kırık sistemleri boyunca gelişmiş epijenetik oluşumlar olduğu belirtilmektedir.

Türk-Yugoslav Ekibi (1970) tarafından yapılan çalışmada, Kabadüz ilçe merkezini de içine alan sahada 13 farklı birim ayırtlanmış, yöredeki cevherlerin Geç Kretase yaşlı andezit ve bazaltlar içinde damar tipi cevherler şeklinde oldukları belirtilmiştir. Bu birimler içinde iki kırık sisteminin geliştiği, KD-GB doğrultulu olanlar devamlılığı olmayan kırıklar şeklindeyken, KB-GD doğrultulu olanların uzun mesafeler kateden ve yöredeki cevherleri ihtiva eden kırıklar olduğu belirtilmektedir. Hidrotermal alterasyon sonucu kaolinleşme, serizitleşme, silisleşme, propilitleşme ve piritleşmenin yaygın olduğu ve cevher oluşumunun yüzeye çıkmayan monzonitik bir batolitle ilişkili olabileceği belirtilmektedir.

Yıldız (1983), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin uzay görüntüleri üzerine yaptığı çalışmaya göre, tabakalı, ağsal ve damar tipi (Cu-Pb-Zn) cevherlerle, bölgedeki dairesel, yarı dairesel ve eliptik yapıların yakın ilişkisi olduğunu, cevherlerin bu yapıların içinde veya çevresinde yer aldığını tespit etmiştir. Volkanik etkinliğin dairesel ve yarı dairesel yapıların çevresinde oluşması nedeniyle, bu bölgeler morfolojik olarak çevreye göre yükselmiş ve bir dom görüntüsü oluşturmuş, buna göre de çevrelerinde tipik direnaj sistemi gelişmiştir. Araştırmacıya göre özellikle Murgul, Madenköy (Çayeli), Kızılkaya (Lahanos), Menka ve Kabadüz (Ordu) bölgelerinde bulunan cevherlerin çevresinde dom ve tipik direnaj yapısı çok belirgin olarak gözlenebilmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeyinde bulunan KD-GB doğrultulu kırıklar, bölgenin güneyinde bulunan kıvrım eksenlerine paralel olarak gelişmiştir. Araştırmada ayrıca Geç Kretase'den önce oluşan bu kırıkların, bölgedeki volkanitlerin çıkışına kanal oluşturduğu, KB-GD doğrultulu kırıkların, KD-GB doğrultulu kırıkları kesmesi nedeniyle daha genç kırıklar olduğunu belirtmektedir.

Köse (1987), Kabadüz (Ordu) yöresindeki cevherleri, Akgüney, Bakacak, Harami, Gümüşlük, Atköprü ve Kirazdere damarları şeklinde sınıflandırmış, cevher damarlarının

genellikle KB-GD, nadiren de KD-GB doğrultulu kırıklara yerleştiğini tespit etmiştir. Yöredeki cevher oluşumunun 3 ayrı fazda gerçekleştiği, yatak şekli, mineral dizinimi, yan kayaç ilişkisi ve gang mineral türleriyle cevher damarlarının hidrotermal (mezotermal) bir oluşumu temsil ettiği ve plütonik bir kütleyle bağlı olarak oluşmuş olabileceği sonucuna varmıştır.

Vıcıl (1988), Kabadüz-Akgüney cevherini de kapsayacak şekilde, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan çok sayıda yatakta mikrotektonik izleri araştırmıştır. Buna göre, Yanbolu ve Ormanüstü yataklarında galenler içinde az etkili kırıklar, Maçka-Zerbanos yatağında galenler içinde orta etkili, Çayeli-Madenköy, Doğankent-Çatak, Espiye-Gümüşlük yataklarında sfalerit, kalkopirit ve galenler içerisinde etkili ve Tirebolu-Köprübaşı ve Bakacak yataklarında tüm fazlar boyunca çok etkili kırıklar gelişmiştir. Bunlardan özellikle Kabadüz-Akgüney yatağındaki kırıkların 2 veya 3 kez tekrarlandığı, cevherin bu kırıklara bağlı olarak breşleştiği ve bu kırıkların ornatım fazlarına kolaylık sağladığı sonucuna varılmıştır.

Aktürk (1998) ve Steinmann ve Emerson (2001), Bakacak (Kabadüz) çevresinde yaptıkları çalışmada cevher damarlarının andezitler içinde bulunan K 60-80 B doğrultulu kırıklara yerleştiğini, hidrotermal damar tipte olduğunu, derinlere yerleşen Eosen yaşlı granitle ilişkili olabileceğini belirtmektedirler. Araştırmacılar ayrıca, Bakacak mahallesinde, KB-GD doğrultulu kırıklar boyunca oluşan cevher damarlarını kuzey ve güney damar diye adlandırmışlar, kuzeyde bulunan damarın Zn, güneyde bulunan damarın ise Cu bakımından daha zengin olduğunu belirtmişlerdir (Ünal, 2006).

Ateş vd., (2004) tarafından hazırlanan prospeksiyon raporuna göre, Kabadüz ve çevresinde bulunan andezit-bazalt, aglomera ve tüften oluşan kayaçlar "Çatak Formasyonu", aglomera, tuf, andezit-bazalt ve kumtaşı ara katkılarında oluşan birim ise "Çağlayan Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Kabadüz ve çevresinde ekonomik öneme sahip olan 3 ayrı cevher damarının işletilip terk edildiği, bir kaç cm'yi geçmeyen diğer damarların da çoğunlukla pirit içermeleri nedeniyle ekonomik öneme sahip olmadıkları belirtilmektedir.

Ünal (2006), Kabadüz ilçesine bağlı Akgüney mahallesinde ileri derecede ayrılmış andezitik kayaçlar içindeki fay zonları boyunca gelişmiş 7 ayrı damar tespit etmiş, konumlarını, 6 tanesi K70-80B/ 50-60° KD, diğeri ise D-B, 25° G şeklinde ölçmüştür. Söz konusu damarlarda bulunan minerallerin oluşum sırasını pirit, galenit, kalkopirit I, sfalerit, kalkopirit II, fahlerz, kuvars ve kalsit şeklinde belirlemiştir. Kuvars minerallerinde yapılan

sıvı kapanım çalışmasına göre kapanımlarda CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl ve KCl türü tuzların bulunabileceğini, homojenleşme sıcaklıklarının ilk evrede 349-276 °C aralığında, ikinci evrede ise 211 °C'ye kadar düştüğünü, ortalama tuzluluklarının % 19 NaCl eşdeğeri olduğunu tespit etmiştir. Pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenlerde yaptığı S izotop analizlerine göre $\delta^{34}\text{S}$ değerinin ‰ 0,0'a çok yakın olduğunu, buna göre çözeltilerin bileşimindeki kükürtün mağmatik kökenli olduğunu ifade etmektedir.

Öztürk vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada yörede bulunan cevher damarlarının D-B doğrultusuna yakın kırıklarda olduğu, bu kırıkların Geç Kretase döneminde oluşan riftleşme hatlarına karşılık geldiği, K-G yönlü kırıkların ise cevhersiz olduğu tespit edilmiştir. İncelenen damarların hepsinin K55-85B doğrultulu kırıklara yerleşmekle birlikte eğimlerinin KD veya GB şeklinde farklılık gösterdiği, cevherleşme sırasında ve sonrasında fayların tekrar hareketlenmesinin, cevher damarlarının yan yüzeylerinde tanındığı vurgulanmaktadır. Atköprü, Haydarlı ve Katırkaşı yataklarında, sfalerit ve kuvars minerallerinde bulunan sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 298-373 °C ve tuzlulukları 7.9-14 % NaCl eşdeğeri arasında iken, ötektik sıcaklıklarına göre kapanımların Li ve Br içerebileceği belirtilmektedir.

1.8.2. Kabadüz Yöresi Yakın Çevresinde Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde Kabadüz yöresine yakın bölge içinde bulunan madenlerle ilgili yapılan çalışmalar Ordu, Giresun ve Sivas illerini kapsayacak şekilde özetlenmeye çalışılmıştır.

Bernard (1970), Piraziz ilçesindeki K-G doğrultusuna yakın konumlu cevher damarının çoğunlukla pirit, sfalerit ve tetrahedrit minerallerinden, daha az oranda ve mikroskobik boyutlarda diğer minerallerden, dört ayrı fazda oluştuğunu, cevher oluşumunun ilk evrelerinde kuvarsın, son evreye doğru ise karbonatların hâkim olduğunu tespit etmiştir. Araştırmacı bu yatağın karbonat ve tetrahedrit içeriğinin yüksek olmasına karşın, Ag bakımından çok fakir olduğunu, mineral kimyası bulgularına göre sfalerit ve tetrahedritlerin yüksek oranda As, Hg ve Sn, galenlerin ise Te içerdiğini belirtmektedir.

Acar (1974), Giresun ilindeki bazı Cu, Pb ve Zn madenlerinde yaptırdığı optik spektrografik analizlere göre, Akköy, Lahanos, Kepçelik, Harşit-Köprübaşı, Harköy, Eseli-Sadegöre polimetallik zuhurlarında iz element olarak Cd ve Ag; Kızılkayalar bakırlı pirit yatağında Te ve Ag; İsrail pirit yatağında Co, Harşit-Köprübaşı yatağında ise Sr tespit

etmiştir. Buna göre araştırmacı bu elementlerden yan ürün olarak faydalanılabileceğini savunarak, bu konuda daha ayrıntılı çalışmaların yapılmasını önermektedir.

Akıncı (1980), Bulancak sülfid damarlarının, Kuzeydoğu Türkiye'nin toleyitik ve kalkalkalen volkanitleriyle ilişkili olduklarını, dasitik ve riyodasitik kayaçlar içine yerleştiklerini ve 7-8 km uzunluğunda ve 3 km genişliğindeki cevher zonunun, Tekmezar'dan Darıköy'e doğru KD-GB yönünde yanal sıcaklık zonlanması gösterdiğini belirtmektedir. Buna göre araştırmacı, en yüksek sıcaklık ve tuzluluk değerinin, damarın GB'sında ölçüldüğünü, ölçülen sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin en yüksek olarak 350 °C ve % 13.4 NaCl eşdeğeri olduğunu ifade etmektedir.

Kahraman vd. (1983), Piraziz (Giresun) yöresinin jeolojik özellikleri üzerine hazırladıkları raporda yöredeki cevherlerin, Geç Kretase yaşlı andezitler ve piroklastitleri içinde gelişen kırık zonları boyunca hidrotermal damar tipte oluştuğunu, masif, saçınımlı ve damar tip olmak üzere 3 ayrı cevher yapısının gözleendiğini gözlemişlerdir.

Gökçe ve Özgüneylioğlu (1988), Kurşunlu (Koyulhisar-Sivas) yöresindeki K50-80 B/ 75-85° KD konumlu damar tip yatakların, Geç Kretase yaşlı volkano-tortul kayaçları keserek yerleştiklerini, cevher damarlarının devamlılığının 1000 m ve kalınlıklarının 2,5 m'ye ulaştıklarını ve yer yer ana damara göre farklı konumda gelişmiş ince devamsız yan damarların bulunduğunu belirtmektedirler. Dokusal özellikleri birbirleriyle aynı olan damarların yan kayaç dokanaklarının kil zonu içerdiğini, damar içinde farklı boyutlardaki breşilerin arasının kalsit ve kuvars tarafından doldurulduğunu ifade etmektedirler. Araştırmacılar ayrıca, cevher mineralleri olarak sfalerit, galen, kalkopirit, kalkozin ve hematitin, gang olarak ise kuvars, kalsit ve baritin bulunduğu damarların, Geç Kretase-Eosen aralığında yerleşen Seğgüneytepe Granitoyidi'yle ilişkili olarak geliştiğini düşünmektedirler.

Gökçe (1990a ve 1990b), Kurşunlu (Koyulhisar-Sivas) cevherlerinde sülfürlü minerallerin yapısında bulunan kükürtün mağmatik kökenli olup, hidrotermal çözeltilerce yöredeki volkanitlerden çözünmüş olabileceğini belirtmektedirler. Homojenleşme sıcaklığı ve sfalerit-galen kükürt izotop termometresinden yararlanarak cevher damarlarının jeotermometrik ve mineralojik evrimlerini "erken kuvars (460-310 °C), "Geç sülfid (163-140 °C) ve hematit evresi (130-126 °C) arası şeklinde sınıflandıran araştırmacı, sıvı kapanımların tuzluluğunun % 9-12 NaCl eşd. arasında değiştiğini, bileşimlerinin çoğunlukla NaCl ve KCl şeklinde olup daha az oranda da CaCl₂ veya MgCl₂ içerdiğini,

cevher oluşumunun derinlerde dolaşmış denizel kökenli suyla daha soğuk ve tuzluluğu düşük meteorik kökenli yeraltı suyunun karışması sonucunda gerçekleştiğini belirtmektedir.

Tüysüz (1992), epitermal altın açısından önemli bir bölge olan Ünye, Fatsa ve Aybastı arasında kalan alanda belirlenen alterasyon sahalarından alınan örneklerin analiz sonuçları üzerinde regresyon ve ana bileşenler analizleri gibi çok değişkenli istatistiksel yöntemleri uygulayarak anomali sahalarını belirlemeye ve bu anomalilere etki eden yankayaç faktörünün etkisini yok etmeye çalışmıştır. Buna göre, yankayaç faktörünün dışlanmadığı durumda altının hiçbir elemente bağlı olmaksızın tek fazda ve sadece Fatsa-Tepeköy civarında olduğu sonucuna karşılık, yankayaç faktörünün dışlandığı durumda altının 3 ayrı fazda, başka yörelerde de olduğu sonucuna varmıştır. Araştırmacı bazı kısımlarda oldukça yoğun olarak gelişen arjilik alterasyonun kuvars damarlarını ve silisleşmiş yankayacı çevrelediğini, alunitleşme, piritleşme, limonitleşme ve hematitleşmenin oldukça iyi geliştiğini, bunun yanında yörede bölgesel olarak yaygın bir kloritleşmenin izlendiğini belirtir.

Gökçe vd. (1993), O ve H izotop sonuçlarına göre, Kurşunlu (Koyulhisar-Sivas) yataklarını oluşturan hidrotermal çözeltilerdeki suların, derinlere inerek ısınmış ve yöredeki magmatik kayalarla izotopsal etkileşime uğramış meteorik kökenli sular oldukları görüşündedirler. Ayrıca sıvı kapanımlar içindeki CO₂'nin C izotop bileşimine göre de bu çözeltiler özellikle karasal veya denizel ortamlarda oluşmuş karbonatlı seviyelerden geçmiş olabilir. Sıvı kapanımların tuzluluğunun genellikle düşük oluşu ve yalnızca NaCl (\pm KCl) içermeleri ise hidrotermal çözeltilerdeki suyun yüzeysel kökenli olabileceği düşüncesini kuvvetlendirmektedir. Bu bulgulara göre araştırmacılar, yöredeki damar tip Pb-Zn-Cu yataklarının, meteorik kökenli sularla volkanik yan kayaçların bileşiminden çözülen metal iyonlarının faylar boyunca yeniden çöktürülmeleri sonucu oluştuklarını savunmaktadırlar.

Şaşmaz ve Sağıroğlu'na (1994) göre Tutak dağı güneybatısındaki Pb-Zn yatakları, Doğu Karadeniz metalojenik provensinin bir parçası olup, yöredeki cevherleşmeler inceleme alanını yaklaşık KD-GB doğrultusu boyunca kesen, yoğun faylanmış ve altere olmuş cevherli bir zonla ilişkilidir. Cevher mineralleri olarak sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, fahlerz, kovelin-kalkozin ve hematit, gang olarak ise kuvars, kalsit, kil mineralleri, klorit, hematit ve barit bulunmaktadır. Bu çalışmaya göre, Tutak dağı ilâ Sübak köyü arasındaki fay zonu, hidrotermal çözeltilere bağlı olarak yoğun bir şekilde cevherleşmiş ve alterasyona uğramışken, Geç Kretase volkanitleri içerisinde yer alan bu

zonda bulunan diğer birimler alterasyona uğramışlardır. Sözkonusu sahada genelde silisleşme, karbonatlaşma, kloritleşme, killeşme, epidotlaşma, limonitleşme, hematitleşme, baritleşme ve serizitleşme türü alterasyonlar izlenmektedir.

Özgenç (1999), İnleryaylası (Şebinkarahisar) yatakları üzerine yaptığı çalışmada, D-B doğrultulu ve 55-90° G'e eğimli, bakışsız bantlı yapıdaki damarların alt ve üst dokanaklarının breşik yapılı, mineral birlikteliğinin ise pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen şeklinde olduğunu belirlemiştir. Cevher yankayacı olan dasit ve riyolitlerde hidrotermal alterasyona bağlı olarak silisleşme, kaolenleşme, kloritleşme ve epidotlaşma türü alterasyonlar gelişmiştir. S izotoplarına göre pirit, sfalerit ve galen minerallerinden hesaplanan sıcaklık değerleri 150-319 °C arasında değişmekte, bu değerler Ayan (1991) tarafından sıvı kapanımlardan ölçülen ve 140-270 °C arasında değişen sıcaklıklarla uyum sağlamaktadır. Araştırmacı ayrıca -1,3 ilâ -5,3 arasında değişen $\delta^{34}\text{S}$ değerlerini, hafif kükürdün magmatik hidrotermal çözeltilerden yüksek Ph koşullarında tercihli olarak çözülüp, sülfid minerallerinde kullanıldığı şeklinde açıklamıştır.

Yaylalı (2000), Akoluk-Ulubey epitermal altın cevherleşmesi üzerine yaptığı çalışmada, yöredeki birimleri yaşlıdan gence doğru Geç Kretase yaşlı kristal litik dasitik tüfler, andezitik bazaltik karakterli volkano-tortul piroklastitler ve Tersiyer yaşlı dasitik, andezitik karakterli dayklar şeklinde sınıflandırmıştır. Söz konusu cevher damarının K45-55D ve K55-65B doğrultulu fay sistemlerinin kesişme noktalarında oluştuğunu, damarlardaki boşlukların kuvars, kalsit, barit, serizit ve cevher mineralleriyle dolduğunu, cevherin düşük sıcaklıklarda gerçekleşen epitermal sistemin ürünü olduğunu belirtmektedir. Araştırmacı damara doğru gidildikçe silis kaybının yanı sıra karbonatlarda bozulma, plajioklasların serizitleşmesi ve kuvars barit damarına doğru pirit miktarında artış tespit etmiş, buna göre hidrotermal çözeltilerin silisyum bakımından fakir, zayıf asitik karakterli ve CO₂ ve H₂O bakımından zengin olduğunu belirlemiştir.

Gökçe ve Bozkaya (2003), İnleryaylası (Şebinkarahisar) cevherleri üzerine yaptıkları çalışmalarda, yöredeki cevherlerin Geç Kretase yaşlı volkanitler içerisinde yaklaşık D-B doğrultulu kırıklarda oluşmuş damar tipi yataklar olduğunu, hidrotermal çözeltilere meteorik kökenli su karışmakla birlikte magmatik kökenli suyun hâkim olduğunu savunurlar. Diğer taraftan sfalerit ve galen minerallerindeki kükürtün magmatik kökenli olmaktan çok, hidrotermal çözeltilerce Geç Kretase yaşlı volkanitlerden çözülmüş olduğunu ve galenlerin yapısındaki kurşunun orojenik koşullardan etkilenmiş kıtasal kabuk kökenli olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar sıvı kapanım çalışmalarına göre,

birincil kapanımların oluşumu sürecinde sıcaklık ve tuzluluğun yüksek, ikincil kapanımların oluşumu sürecinde ise orta ve düşük olduğunu belirterek, cevher oluşumunun, derinlere sızarak ısınmış meteorik kökenli suların çevredeki volkanitlerden çözdükleri metal ve kükürt iyonlarını fay zonları boyunca çökeltmesi şeklinde açıklamaktadırlar.

Kudun-Yozgat (2008), Çetilli (Gölköy-Ordu) yöresinde yaptığı çalışmada, Geç Kretase yaşlı andezit, bazalt ve piroklastitleri içinde D-B, KD-GB ve KB-GD doğrultulu fay sistemine bağlı olarak gelişen kırıklar boyunca yükselen hidrotermal çözeltilerin Çetilli cevherleşmesini oluşturduğunu belirlemiştir. Bu çalışmada alterasyonun belirgin bir zonlanma göstermediği silisleşme, kalsitleşme, zeolitleşme, killeşme, serizitleşme, hematitleşme ve piritleşme türü alterasyonlar tespit edilmiştir. Plajiyoklas ve feldispatların ayrışması sonucu yan kayaçta Na ve Ca miktarlarında önemli azalmalar, buna karşın cevher mineralleri ve silis bakımından % 17'ye varan artışlar tespit edilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Kabadüz (Ordu) yöresi cevher damarlarının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökensel özelliklerini araştırmaya yönelik bu çalışmanın ilk aşamasını söz konusu saha ve yakın çevresinde daha önceden yapılan çalışmaların araştırılması, bu çalışmalarda ortaya konan bulguların değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Daha sonra arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları, gerekli analizlerin yaptırılması süreci sonunda elde edilen bulgular değerlendirilerek yazım işlemi tamamlanmıştır.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, cevher damarlarının oluşum özelliklerinin belirlenmesi, cevher yan kayaç ilişkilerinin ve alterasyon özelliklerinin incelenmesi, yankayaçların jeolojik, mineralojik, stratigrafik ve yapısal özelliklerinin araştırılmasına yönelik olarak yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak yapılan arazi çalışmalarını, cevher damarlarına yönelik çalışmalar ve yan kayaçlarda yapılan çalışmalar oluşturmaktadır.

2.1.1.1. Cevher Damarlarına Yönelik Çalışmalar

Kabadüz (Ordu) yöresinde kalınlıkları birkaç cm den birkaç metreye kadar değişen çok sayıda cevher damarı bulunmaktadır. Bu damarların bazıları eski devirlerde açılan galerilerle işletilmiş, sonradan kapanmış, bazıları ise hâlen işletilmektedir. Bu damarların öncelikle yerleşim özellikleri incelenmiş, konumları belirlenerek haritaya işlenmiştir.

Daha sonra her damar ayrı ayrı ele alınarak cevher ve gang minerallerinin türleri, gözle görülebilen dokusal özellikler, yatay ve düşey olarak görülen değişimler incelenmiş, damar-yan kayaç ilişkileri araştırılmıştır. Damarlardan mineralojik ve dokusal özellikleri belirlemeye, sıvı kapanım deneylerinde kullanmaya, mineral kimyası ve izotop jeokimyasına yönelik örnekler alınmıştır. Cevher damarları ve yankayaçlarda meydana

gelen alterasyonlar arazi gözlemleri sırasında not edilmiş, damardan yan kayaca doğru meydana gelen mineralojik değişimleri belirlemek üzere sistematik örnekler alınmıştır.

2.1.1.2. Yan Kayaçlarda Yapılan Çalışmalar

Cevher damarlarının içinde bulunduğu yan kayaçların jeolojik, mineralojik, yapısal ve jeokimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. İnceleme alanında yüzeyleyen birimlerin sınırları, önceki çalışmalar da dikkate alınarak incelenmiş, gerekli düzeltmeler yapılarak yörenin 1/25.000 ölçekli haritası hazırlanmıştır. Yörede yüzeyleyen birimlerin litolojik özellikleri ve dokanak ilişkileri incelenmiş, yapısal unsurların (kırık, fay, tabaka vb.) konumları belirlenmiştir. Bu kapsamda yan kayaçlar içerisinde gelişen faylar tespit edilerek haritaya işlenmiş, oluşan kırık sistemlerinden çatlak ölçüsü alınmıştır. Ayrıca, petrografik çalışmaların yanında jeokimyasal amaçlı örnekleme yapılmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesitler

Yan kayaçlardan alınan örneklerin ince kesitleri KTÜ ve Gümüşhane Üniversitesi (GÜ) Jeoloji Mühendisliği Bölümleri laboratuvarlarında hazırlanarak mineralojik bileşimleri belirlenmiştir. Ayrıca cevher damarlarından yan kayaca doğru sistematik olarak alınan örneklerden hazırlanan kesitlerden alterasyon mineralojisi araştırılmıştır.

2.1.2.2. Parlak Kesitler

Cevher damarlarından alınan örneklerden parlak kesitler hazırlanmıştır. Cevher örneklerinden 2x2 cm genişliğinde ve 1 cm kalınlığında kesilen plakalar, kaba ve ince aşındırma aşamalarından sonra 0,1 µm çapında alüminyum oksit tozu kullanılarak parlatılmıştır. Örneklerin kolay dağılabilecek durumda olanları, 2,5, 3 ve 4 cm çaplarında kalıplara yerleştirilerek reçine ile sağlamlaştırılmış ve sonrasında diğer örneklerle birlikte

parlatılmışlardır. Mineral kimyası analizlerinin yapılacağı parlak kesitler Hamburg Üniversitesi, Mineraloji ve Petroloji Enstitüsü'nde hazırlanmıştır.

2.1.2.3. Parlatılmış İnce Kesitler

Cevher örneklerinden kesilen plakalar cama yapıştırıldıktan sonra yüzeyleri, parlak kesitlerin hazırlanmasında olduğu gibi, önce kaba ve ince aşındırma işlemlerine daha sonra da parlatma işlemine tabi tutulmuştur. Hazırlanan parlatılmış ince kesitler cevher ve gang minerallerinin birlikte incelenmesine olanak sağlamıştır.

2.1.2.4. Sıvı Kapanım Kesitlerinin Hazırlanması

Sıvı kapanım kesitleri cevher örneklerinin sfalerit ve kuvars minerallerince zengin kısımlardan kesilen plakalardan hazırlanmıştır. Parlak kesitlerde olduğu gibi bir yüzeyi parlatılan kesitler, soğuk yapıştırıcı kullanılarak (Entellan) parlatılan yüzey cama gelecek şekilde yapıştırılmıştır. Sağlamlaşması için yaklaşık bir gün bekledikten sonra kesilerek kabası alınmış, daha sonra silisyum karpit tozu kullanılarak kaba ve ince aşındırma işlemlerine tâbi tutulmuştur. Yaklaşık 100 µm kalınlığa kadar aşındırılan kesitler, alüminyum oksit tozu kullanılarak parlatılmıştır. Sıvı kapanım kesitleri MTA kurumunda (10 adet), İstanbul Üniversitesi'nde (8 adet), Hamburg Üniversitesi'nde (10 adet) ve Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde (24 adet) hazırlanmıştır.

2.1.2.5. X Işınları Difraksiyonu (XRD) Örneklerinin Hazırlanması

Cevher damarı ilâ yankayaç dokanağında ve damardan yankayaca doğru kil mineral bileşimindeki değişimi belirlemek amacıyla 21 örnek XRD çekimi için hazırlanmıştır. Örnek hazırlama işlemi Gündoğdu ve Yılmaz (1984) tarafından önerilen yöntemle yapılmıştır. Buna göre çekiç ve çeneli kırıcılar yardımıyla 1 cm ve daha küçük boyutta kırılan örnekler agat havanda öğütülmüştür. Havanda öğütme aşamasında, kil olmayan minerallerin de kil boyutuna düşmemesi için örneklerin 10 µm'nin altına düşmemesine

özen gösterilmiştir. Örneğin bileşiminde bulunan kil olmayan (karbonatlar, silis ve organik madde) minerallerin uzaklaştırılması için ise kimyasal çözme işlemi yapılmıştır. Örneğin bileşiminde bulunan karbonatlı minerallerin uzaklaştırılması için % 27'lik HCl çözeltisine konmuş, bir gün bekledikten sonra saf suyla 3 defa yıkanmıştır. Ardından aynı örnek silisli minerallerin uzaklaştırılması için % 5'lik HF çözeltisine konmuş, köpürme bittikten sonra 3 defa saf suyla yıkanmıştır. Yıkama işlemi bittikten sonra saf su içerisine konarak iyice karıştırılan örnek yaklaşık 3 saat kadar beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra üst kısımda bulunan malzeme pipet yardımıyla alınarak cam levha üzerine damlatılmış ve havada kurumaya bırakılmıştır.

2.1.2.6. Tüm Kayaç Kimyası Örneklerinin Hazırlanması

Yan kayaçlardan 27 ve sondaj örneklerinden 32 adet olmak üzere toplam 59 örneğin ana, iz ve nadir element analizleri, Acme Analitik Laboratuvarı'nda (Kanada) yaptırılmıştır. Tüm kayaç analizleri için; 250-300 gr ağırlığındaki örnekler KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında önce çeneli kırıcı daha sonrada halkalı öğütücüde yaklaşık olarak 200 mesh boyutuna kadar öğütülmüştür. Öğütülmüş örneklerden yaklaşık olarak 10 gr toz örnek, ana, iz ve nadir element analizleri için laboratuvara gönderilmiştir.

2.1.2.7. Mineral Kimyası Analizi Örneklerinin Hazırlanması

Mineral kimyası analizi yapılacak örnekler, Hamburg Üniversitesi'nde hazırlanan parlak kesitlerden seçilmiştir. Analiz yapmadan önce her örneğin mineralojik ve dokusal özellikleri cevher mikroskobu yardımıyla farklı büyütme objektifler kullanılarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Daha sonra, her örnekteki analiz yapılması planlanan pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, tetrahedrit ve tennantit minerallerinin koordinat ve resimleri bilgisayara kaydedilmiştir. Örneklerin bir kısmında bazı minerallerin bileşimindeki kimyasal değişimleri belirlemek için profil hatları boyunca koordinatlar alınmıştır. Örneklerin yüzeyi alkolle iyice temizlendikten sonra karbonla kaplanmış, analiz yapılınca kadar, nemden etkilenmemesi için özel kaplarda saklanmıştır. Örnekler

mikroprob aletine yerleştirildikten sonra, kayıtlı olan koordinatlar ve görüntüler kullanılarak mineral kimyası analizleri gerçekleştirilmiştir.

2.1.2.8. Duraylı İzotop Analizi Örneklerinin Hazırlanması

Duraylı izotop analizleri kapsamında kükürt, oksijen ve hidrojen izotop analizleri yaptırılmıştır. Kükürt izotop analizleri cevherli örneklerden seçilen pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden yaptırılmıştır. Cevherlerin mineral parajenezi, dizinimi ve en iyi serbestleşme boyutu belirlendikten sonra, duraylı izotop analizi için alınan örnekler çeneli ve silindirik kırıcılarda mineraller serbest hâle gelinceye kadar kırılmış, daha sonra minerallerin en iyi serbestleştiği 300-200 µm boyutları arasında kalan kısım elenmek sūretiyle ayrılmıştır. Ayrılan bu örnekler saf suyla yıkanarak kurutulduktan sonra, binoküler mikroskop altında istenilen minerallerden yaklaşık 1 gr kadar seçilmiştir. Oksijen izotop analizleri için kuvars mineralleri kullanılmış, örnek hazırlama işlemi, diğer minerallerde olduğu gibi gerçekleştirilmiştir. Hidrojen izotop analizleri, hidrotermal alterasyon zonu içinde, cevher yankayacında, damara yakın kısımlardan alınan örneklerdeki serizit mineralleri kullanılmıştır. Bu amaca yönelik olarak yaklaşık 1 kg ağırlığında alınan örnekler ilgili laboratuara gönderilmiş, kayaç içinde bulunan serizitlerin ayrımlanması burada yapılmış, daha sonra ayrılan serizit minerallerinden Hidrojen izotop analizi gerçekleştirilmiştir.

2.1.2.9. Kurşun İzotop Analizi Örneklerinin Hazırlanması

Kurşun izotop analizleri Hamburg Üniversitesi'nde hazırlanan parlak kesitler üzerinde seçilen galen minerallerinden yaptırılmıştır. Cevher mikroskobu kullanılarak detaylı bir şekilde incelenen örneklerde analiz yapılacak mineraller belirlendikten sonra, örnek üzerinde analiz yapılacak noktalar işaretleterek resimleri çekilmiştir. Çekilen resim üzerinde de analiz yapılacak nokta işaretleterek ilgili laboratuara gönderilmiştir.

2.1.3. Büro Çalışması

Büro çalışması kapsamında arazi çalışmalarında hazırlanan haritalar bilgisayar ortamında çizilmiş, yapılan analiz ve deneylerin sonuçları çeşitli bilgisayar programları kullanılarak değerlendirilmiş, konuyla ilgili grafikler ve tablolar hazırlanmıştır. Jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal veriler, literatür bilgisiyle denetlenmek sùretiyle KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün tez yazım kurallarına uygun olarak tez yazımı tamamlanmıştır.

2.1.4. Analitik Yöntemler

2.1.4.1. ICP-AES ve ICP-MS Analizleri

Örneklerin ana element analizleri Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) yöntemiyle ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Vancouver, Kanada) yapılmıştır. Bu yöntemde analiz, numunede bulunan elementlerin atomlaştırılması ve sonrasında atom türlerinin ölçülmesi esasına göre yapılır. Ana element analizleri için 0.2 gr örnek 1.5 gr LiBr₂ içinde eritilmiş, ve % 5'lik 100 ml HNO₃ çözeltisi içinde çözündürülmüştür. Ölçüm yapan cihaz önce standardı (SO-15/CSB) ölçmekte ve daha sonra örnek analiz edilmektedir.

İz ve nadir element (Nadir Toprak Elementleri) analizleri için Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICP-MS) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde örnekler, içerisindeki metalleri çözmek amacıyla seyreltilen HNO₃+HCl içinde, karbon içeriklerinin uçurulması için ise 200 °C'de 100 ml HClO₄-HNO₃-HCl-HF çözeltisinde köpürmeleri gidinceye kadar bekletilir. Filtre edilerek hazırlanan 0.25 gr örnek ICP âletiyle atomlaştırılarak, kütle/yük oranına göre ayrılan iyonların sayımı yapılmak sùretiyle analiz gerçekleştirilir. Rastgele seçilen örneklerde yapılan tekrarlanmış ölçümler kullanılarak analizlerin % tekrarlanabilirlikleri hesaplanmış ve ilgili tablolarda verilmiştir.

2.1.4.2. Mineral Kimyası Analizleri

Cevher örneklerine ait minerallerin kimyasal içeriklerinin tayini için, Hamburg Üniversitesi Mineraloji ve Petroloji Enstitüsü'nde CAMECA-SX100 marka elektron mikroprob âleti kullanılmıştır. 20 kV ve 20 nA şartlarında gerçekleştirilen analizlerde elektron ışınının çapı 1 µm olarak seçilmiştir. Sayma zamanı (counting time), analizi yapılan her element için, ölçüm yapılan minerale göre farklılık göstermektedir. Buna göre sayma zamanı sfaleritlerde S ve Zn için 20; Mn, Fe ve Cu için 30; Ag ve Cd için 60; piritlerde S ve Fe için 10; Co, Ni ve As için 30; Au için 60; kalkopiritlerde Fe için 10; S, Cu ve Zn için 20; Sn ve Te için 30; Ag ve Au için 60; galenlerde S ve Pb için 20; Sb, Te ve Bi için 30; Ag ve Au için 60; tetrahedrit-tenantitlerde S, Fe, Cu, Zn, As ve Pb için 20; Ag, Sb, Te ve Bi için 30 saniye olarak belirlenmiştir. Analizlerde S, Fe, Cu, Zn, Co, N, ve Mn için K α ; Ag, Cd, As, Sn, Te, Au ve Sb için L α ; Pb, Bi ve Hg için M α X-ışınları çizgisi kullanılmıştır. Kalibrasyon için kullanılan doğal ve sentetik standartların kimyasal bileşimi ve her bir elementin ölçüm alt sınırı aşağıda tablo hâlinde verilmiştir (Tablo 2).

2.1.4.3. XRD Analizleri

Cevher damarlarında gözlenen gang mineral bileşimini belirlemek amacıyla 18 örnekte, damardan yan kayaca doğru kil minerallerindeki değişimi belirlemek amacıyla 12 örnekte ve damar-yan kayaç dokanağında bulunan kil mineralojisini belirlemek üzere 9 örnekte X-Ray Difrakto (XRD) çekirtilmiştir. X-Ray Difrakto çekimi KTÜ, Fizik Bölümü'nde yapılmıştır. Yönlü XRD çekimleri için hazırlanan kil örnekleri X-Ray Difrakto âletinin örnek haznesine yerleştirilmiş ve yönlü XRD çekimi 3-35° aralığında yapılmıştır. Yönsüz XRD çekimleri ise 3-70° aralığında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. Mineral kimyası analizlerinde kullanılan standartların bileşimi ve her elementin ölçüm alt sınırı.

Standart	Standartın Bileşimi (ağ. %)	Ölçüm Alt Sınırı (ağ. %)				
		Py	Kpy	Sph	Gln	Tet
Zn için ZnS S için ZnS (Sfaleritlerde)	ZnS=Zn: 67.0916, S : 32.9084		0.09	0.1 0.04		0.09
Fe için FeS ₂ S için FeS ₂ (Piritlerde)	FeS ₂ =Fe: 46.5489, S: 53.4511	0.075 0.015	0.07	0.04		0.05
Pb için PbS S için Pbs (Galenlerde)	PbS=Pb: 86.5983, S : 13.4017				0.3 0.085	0.34
Cu için CuFeS S için CuFeS (Kalkopirit ve Fahlerzde)	CuFeS=Cu: 34.44, Fe: 30.45, S: 34.93, Si: 0.21		0.08 0.035	0.06		0.08 0.035
As için FeAsS	FeAsS=Fe: 34, As: 47.05, S : 19.2					
As için gaz (Piritlerde)	gaz=Ga: 48.2018, As: 51.7982	0.05				0.17
Sb için Sb ₂ S ₃	Sb ₂ S ₃ =Sb: 71.6826, S : 28.3174				0.05	0.03
Mn için MnTiO ₃	MnTiO ₃ =Mn: 36.4226, Ti: 31.7566, O : 31.8209			0.04		
Sn için SnO ₂	SnO ₂ =Sn: 78.7644, O: 21.2356		0.033			
Ag için Ag	Ag=Ag: 100.		0.026	0.028	0.04	
Cd için Cd	Cd= Cd : 100			0.03		
Co için Co	Co= Co : 100	0.2				
Ni için Ni	Ni= Ni : 100	0.05				
Au için Au	Au= Au : 100	0.15	0.19		0.23	
Te için Te	Te= Te : 100		0.03		0.05	0.035
Bi için Bi	Bi= Bi : 100				0.15	0.1
Hg						0.08

2.1.4.4. Sıvı Kapanımların Sıcaklık ve Tuzluluk Ölçümleri

Sıvı kapanım çalışması için sfalerit ve kuvars minerallerinin yoğun olduğu örneklerden toplam 52 adet kesit hazırlanmış olup, bu kesitlerin 4 tanesinde sıvı kapanım tespit edilememiştir. Sıvı kapanım içeren kesitlerin sıcaklık ölçümleri MTA kurumunda (10 kesit), İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde (8 kesit) ve Pavia Üniversitesi'nde (İtalya) (30 kesit) gerçekleştirilmiştir.

MTA kurumunda sıvı kapanım ölçümleri Olympus BX60 model polarizan mikroskop üzerine monte edilmiş Linkam ısıtma-soğutma ünitesi kullanılarak yapılmıştır. Sistem 600 °C ilâ -196 °C aralığında ısıtma ve soğutma yapabilmekte olup, video görüntüleme sistemi yardımıyla bilgisayar ortamından izlenebilmektedir. İstanbul Üniversitesi'nde sıvı kapanım ölçümleri Leica DMLP polarizan mikroskobu üzerine monte edilmiş, Linkam THMG-600 sistemi ile yapılmıştır. 600 °C ilâ -196 °C aralığında ısıtma ve soğutma yapabilen sistemde ölçümler elle yapılabilirdiği gibi, Linksys-32 DV yazılım programı yardımıyla bilgisayar ortamında da kontrol edilebilmektedir. Pavia Üniversitesi'nde sıvı kapanım ölçümleri Olympus BX60 model polarizan mikroskop üzerine monte edilmiş Linkam THMG-600 sistemi ile yapılmıştır. Ölçümler sırasında Olympus DP-soft 3.2 bilgisayar programı kullanılmıştır. 600 °C ilâ -196 °C arasında ısıtma ve soğutma yapabilen sistemde ölçümler İstanbul Üniversitesi'nde olduğu gibi bilgisayar ortamında da kontrol edilebilmektedir.

Farklı model polarizan mikroskoplar kullanılmış olsa bile ısıtma ve soğutma işleminde her 3 laboratuarda da aynı özellikte olan Linkam ısıtma ve soğutma düzeneği kullanılmıştır. Ölçüm hassasiyetini artırmak için ısıtma ve soğutma işleminin her 3 laboratuarda da belli sıcaklık aralıkları için aynı oranlarda kullanılmasına dikkat edilmiştir.

2.1.4.5. Duraylı İzotoplar

Duraylı izotop analizleri kapsamında $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop analizleri yapılmıştır. Kükürt izotopları seçilen pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden İso Analitik Limited Şirketi'nde (İngiltere), oksijen ve hidrojen izotopları ise Actlab Laboratuvarı'nda (Kanada) yaptırılmıştır.

Kükürt izotop analizleri EA-IRMS yöntemiyle yapılmıştır. Örnekle birlikte katalizör olarak vanadyum pentaoksit içeren kalay kapsül analiz haznesine yerleştirilir. 1080 °C sıcaklıkta saf oksijen akımı sağlanarak ısıtılan örnek kalay kapsülle birlikte sıcaklık yaklaşık 1700 °C'ye çıkarılarak yakılır. Ortaya çıkan gazlar saf bakır teller üzerinden geçirilmek sùretiyle SO_2 , N_2 , CO_2 gazları ve su elde edilir. Saf SO_2 gazı 45 °C'de çözüldürülerek ayrılır. Daha sonra IRMS aletiyle iyonlaştırmak ve üzerinden akım

geçirmek sùretiyile SO₂ pikleri ölçülür. Analizler sırasında standart olarak kullanılan baryum sülfat ve gümüş sülfatın kükürt izotop bileşimleri $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} = +20.33 \text{ ‰}$ ve $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +3.96 \text{ ‰}$ şeklindedir. Analizler sırasında standart örneklerde yapılan ölçümler, baryum sülfatta + 0.5 ‰ ve gümüş sülfatta -0.3 ‰ hassasiyetle analizlerin yapıldığını göstermiştir.

Hidrojen izotopları cevher yan kayacından alınan örneklerden seçilen serizit minerallerinden yapılmıştır. Uygulanan yöntemde, molibden folyo ile sarılarak platin potaya konan 0.02-1 gr arası örnek vakum içerisine yerleştirilerek 120 °C'de 4 saat bekletilmek sùretiyile nemi alınır. 400 °C'de 20 dakika bekletilen örnekten çıkan gazlar toplanarak -196 °C'de saklanır. Bu durumda ortaya çıkan hidrojenin tamamına yakını sıvıdır. Bu işlem sırasında üretilen çok az miktarda hidrokarbon veya moleküler hidrojen 550 °C'de CuO kullanılarak oksitlenmek sùretiyile H₂O ve CO₂'ya dönüştürülür. Toplanan su değişik dondurma teknikleri kullanılarak, içerisinde bulunan diğer gazlardan arındırıldıktan sonra 900 °C'de U ile reaksiyona sokularak H₂ gazı elde edilir. -196 C'de saklanan gazın yeterli miktarda olup olmadığı, kabın iç basıncı ölçülerek kontrol edilir. İzotop oran kütle spektrometrisi kullanılarak $\pm 0.2 \text{ ‰}$ hassasiyetle yapılan ölçümler V-SMOW standardına göre hesaplanır. Bu örnekler üzerinde tekrarlanan analizlerin doğruluğu $\pm 3 \text{ ‰}$ 'tür. Yukarıda açıklanan yöntem kullanılarak NSB-30 biyotitinde ölçülen H izotop değeri $\text{‰} -65$ 'tir.

Oksijen izotopları ise, cevher örneklerinden seçilen kuvars minerallerinden ölçülmüştür. Bu yöntemde örnek Clayton ve Mayeda (1963) tarafından önerilen yönteme göre BrF₅ ile birlikte 650 °C'de nikel tüpler içerisinde reaksiyona sokulur. Bu reaksiyon sonucunda O₂ gazına dönüşen mineral içindeki oksijen, sıcak karbon çubuklar kullanılmak sùretiyile de CO₂ gazı olarak toplanır. Çift girişli Finnigan MAT Delta izotop oran kütle spektrometrisi kullanılarak izotop analizi gerçekleştirilir. Standart Mean Ocean Water (SMOW) standardına göre hesaplanan izotop ölçümlerinin ölçüm hassasiyet sınırı, tekrarlanan analizlere göre $\text{‰} 0.19$ 'dur. Ayrıca bu yönteme göre ölçülen NBS-28'in oksijen izotop oranı $\text{‰} 9.61 \pm 0.10$ 'dur.

2.1.4.6. Radyojenik İzotoplar

Radyojenik izotop analizleri kapsamında galen minerallerinde LA-ICP MS yöntemiyle kurşun izotopları ölçülmüştür. Bu yöntem parlak kesitler üzerinden direkt olarak ölçüm yapılabilmesi bakımından büyük kolaylık sağlamaktadır. LA-ICP MS yöntemi yüksek güçle örnek yüzeyine çarpan lazer ışınının örnek yüzeyinden kopardığı katı maddelerin atomik gaz ve mikro partiküller şeklinde toplanması esasına dayanır. Atomik gaz ve mikro parçacıklardan oluşan maddeler, iyonlaştırmak için argon gazı kullanılarak RF Plazma (ICP) tüpüne taşınır. ICP plazma tarafından üretilen iyonlar, ya dört başlıklı sektör ya da magnetik alıcılar tarafından yüksek çözünürlükte kütle spektrometrisi vasıtasıyla, NIST iz element standartlarına göre ölçülür (Ölçümleri yapan laboratuvar yetkilisi, ölçüm hassasiyet sınırının ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb için sırasıyla 5, 0.2, 0.2 ve 0.1 ppm olduğunu belirtmiştir).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Petrografisi

İnceleme alanı, Kabadüz ilçe merkezine bağlı köy ve mahalleleri içine alan, volkanik kayaların egemen olduğu yaklaşık 80 km²'lik bir alanı kapsar. Bu alanda yüzeyleyen ve Geç Kretase-Kuvaterner zaman aralığında oluşan kayalar litolojilerindeki farklılıklara göre aşağıdaki birimlere ayrılmıştır.

Yamaç Molozu ve Alüvyon (Kuvaterner)

Tüf ve Aglomera (Kampaniyen-Maastrichtiyen)

Andezit ve Bazalt (Senomaniyen-Kampaniyen)

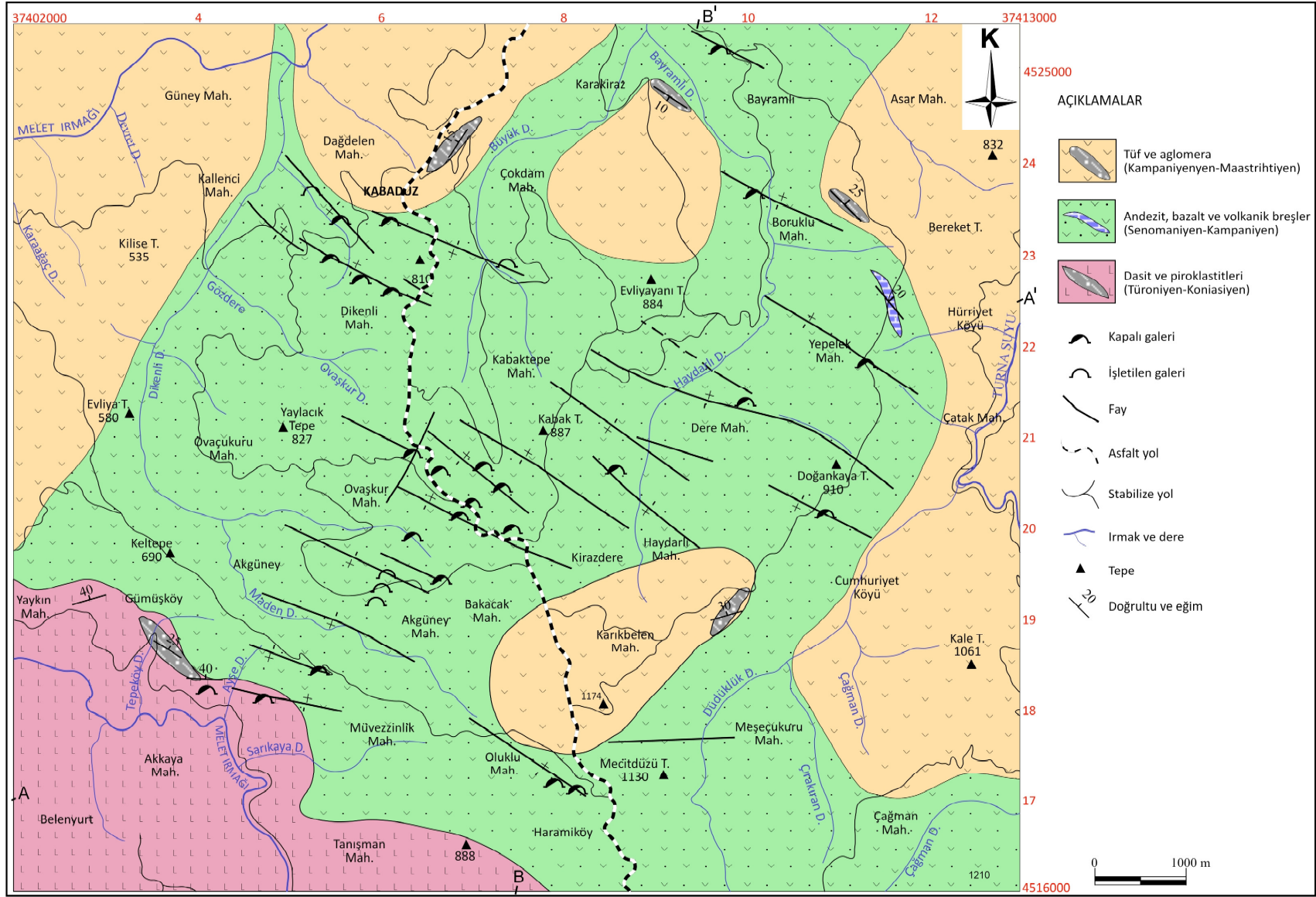
Dasit ve Piroklastitler (Türoniyen-Koniasiyen ?)

Bu birimler aşağıda yaşlıdan gence doğru sıralanarak litolojileri açıklanmış, jeolojik haritaları (Şekil 4) ve kesitleri hazırlanmıştır (Şekil 5).

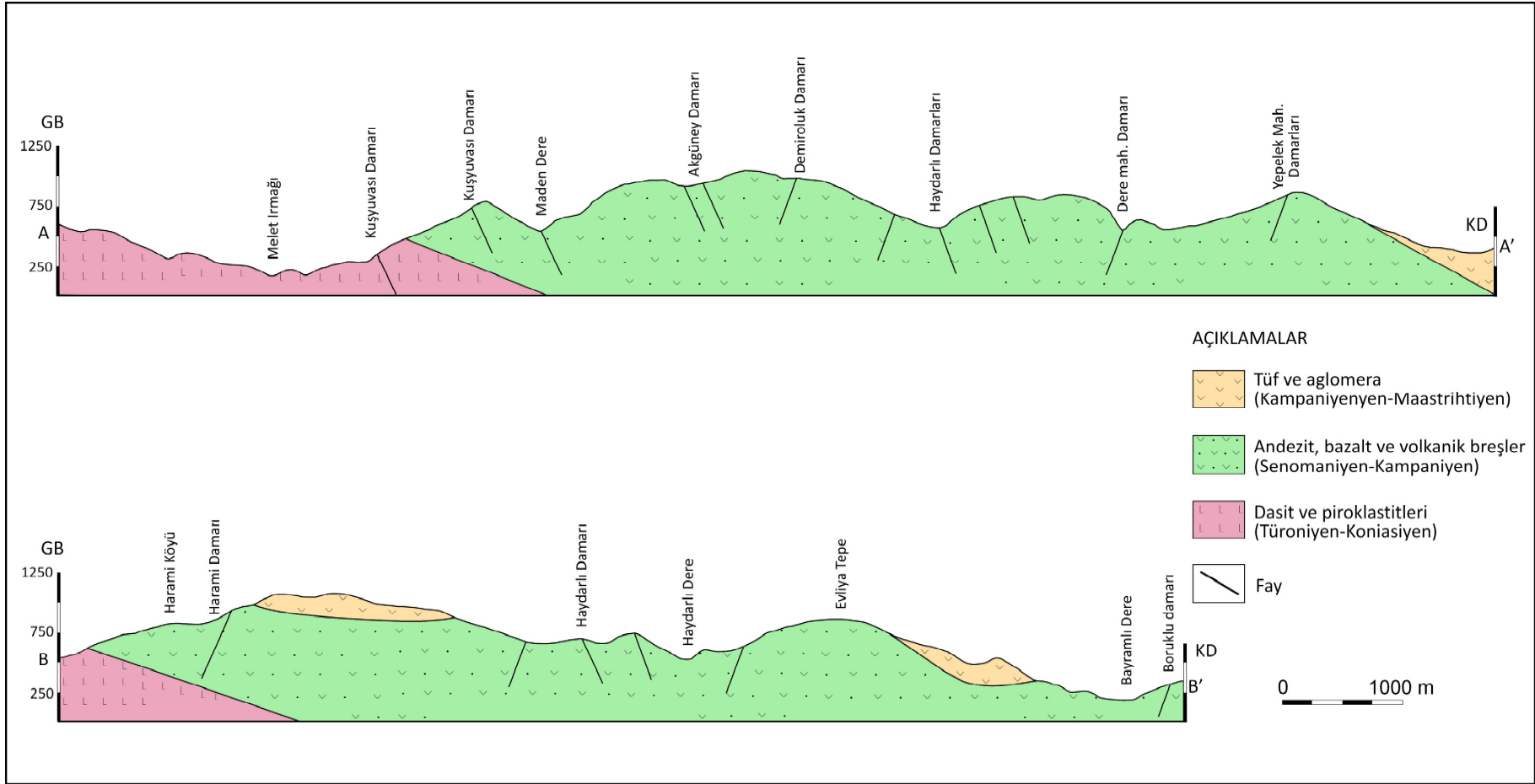
3.1.1. Dasit ve Piroklastitler

Dasit ve piroklastitleri şeklinde gözlenen birim inceleme alanının GB kesiminde, Melet ırmağının bulunduğu vâdinin her iki yamacında, Belenyurt, Akkaya, Tanışman ve Yaykın mahalleleri çevresinde yüzeylenir (Şekil 6a). Açık gri, beyazımsı renk tonlarında görülen birim alt seviyelerde genellikle dasit, üst seviyelerde ise tüf bileşimlidir (Şekil 6b ve c).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yüzeyleyen bu birim için araştırmacılar tarafından farklı isimler kullanılmıştır. Bazı araştırmacılar dasitleri, üzerinde bulunan andezit-bazaltlarla birlikte aynı birim olarak kabul ederken, bazıları andezit-bazaltlardan ayırarak adlandırmışlardır. Yöredeki Geç Kretase yaşlı birimlerin tamamı için, Türk-Yugoslav Ekibi (1970) "Dasitli, andezitli volkano-tortul seri", Terlemez ve Yılmaz (1980) ve Ünal (2006) "Mesudiye Formasyonu" şeklinde adlandırma yaparken, Köse (1987), dasitleri andezit ve bazaltlardan ayırarak, "Dasit ve dasitik tüfler" başlığı altında incelemiştir.



Şekil 4. Kabadüz (Ordu) yöresinin genel jeoloji haritası (Köse, 1987'den değiştirilerek).



Şekil 5. Kabadüz (Ordu) yöresinin jeolojik kesitleri.

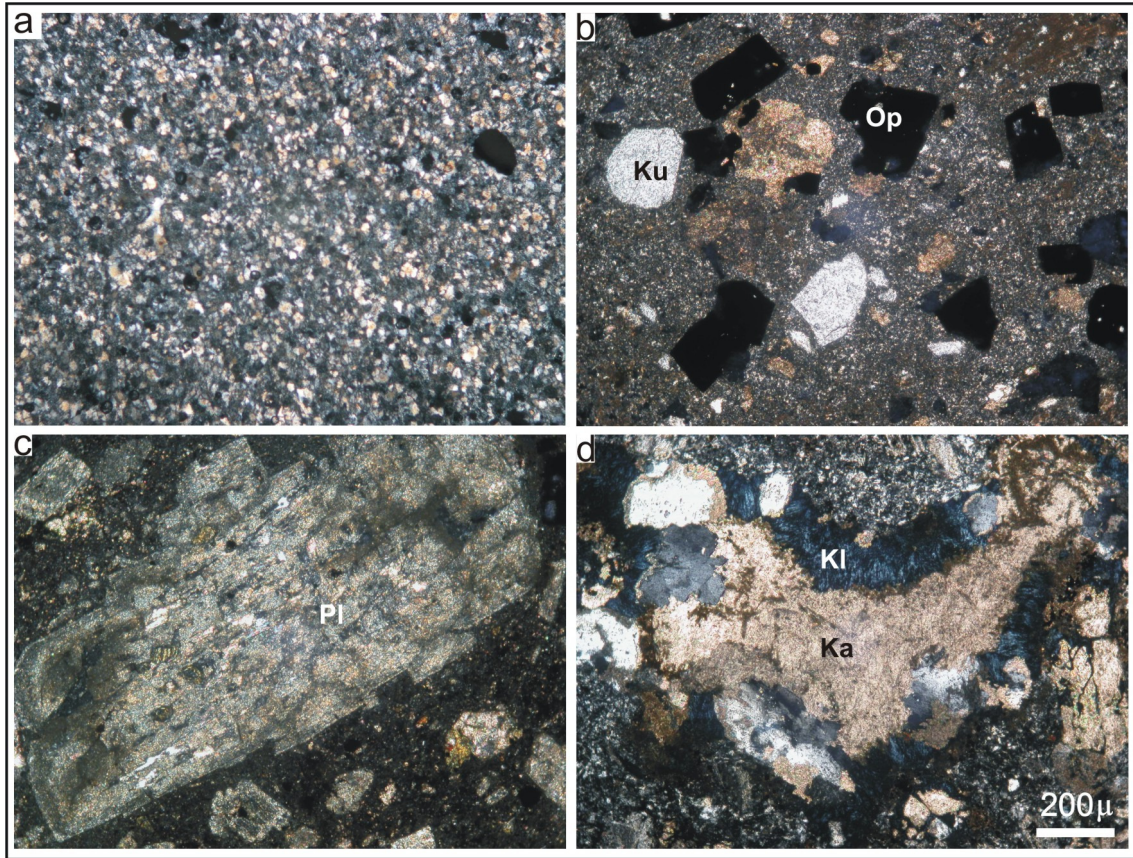
Arazi gözlemlerine göre birime ait kayaçlar bol çatlaklı olup, yoğun bir şekilde hidrotermal alterasyona uğramıştır. Dasitik kayaçlar silisleşmenin yoğun olduğu yerlerde sarımsı beyaz, kloritleşmenin yoğun olduğu yerlerde yeşilimsi, killeşmenin yoğun olduğu yerlerde ise kirli beyaz renk tonlarında görülürler. Limonitleşme ve hematitleşme daha seyrek görülen alterasyon türleridir (Şekil 6d). Dasitik kayaçlar içerisinde bulunan kuvars ve plajiyoklas mineralleri makroskobik olarak kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Mikroskobik incelemeler sonucunda dasitlerde başlıca mikrogranüler porfirik, sferolitik ve yer yer de glomerofirik dokular gözlenmiş, bu kayaçların plajiyoklas, kuvars, biyotit, kalsit, opak mineraller ve hamurdan oluştuğu anlaşılmıştır. Yer yer 3 mm'ye varan boyutlardaki öz ve yarı öz şekilli plajiyoklas mineralleri ise hamur içerisinde az oranda mikrolitler şeklinde görülürler. İri minerallerde yapılan cins tayininde plajiyoklasların oligoklas (An_{21}) bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Plajiyoklaslar genellikle, mineralin merkezinden kenarına doğru yoğun bir şekilde serizitleşmiş, bazı örneklerde ise tamamen kalsitleşmiştir.



Şekil 6. a) Dasit ve piroklastitlerinin Melet ırmağının batısındaki genel görünümü, b ve c) Gümüşköy'ün batısındaki litik kristal tüflerin görünümü, d) Dasitlerde görülen hematitleşme.

Öz ve yarı öz şekilli kuvars kristalleri genellikle kırıklı ve kenarları hamur tarafından yenmiş durumdadır. Hamur içerisinde çok küçük boyutlarda olan kuvarlar, silisleşmiş örneklerde kısmen daha büyük boyutlu ve yaygındırlar (Şekil 7a). Nâdiren görülen biyotitler genellikle kloritleşmiş, bazı kesitlerde ise demiroksitle çevrelenmiştir. Dasitlerde yer yer saçınım şeklinde pirlere rastlanır (Şekil 7b).

Serizitleşme, kalsitleşme, kloritleşme ve silisleşme hemen her kesitte izlenen alterasyon türleridir. Plajiyoklasların hem iri kristalleri, hem de hamurda bulunan mikrolitleri yoğun bir şekilde serizitleşmiş ve yer yer karbonatlaşmıştır (Şekil 7c). Dasitler içindeki boşluklarda kalsitleşme ve kloritleşmeler yaygın olarak görülmektedir (Şekil 7d).



Şekil 7. a) Dasitlerde görülen silisleşme, b) Dasitlerin opak mineral içerikleri, c) Plajiyoklastların serizitleşmesi, d) Kayaç içi boşluklarda ikincil olarak oluşan kalsitleşme ve kloritleşmeler (Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Op: Opak mineral; Kl: Klorit, Ç.N.).

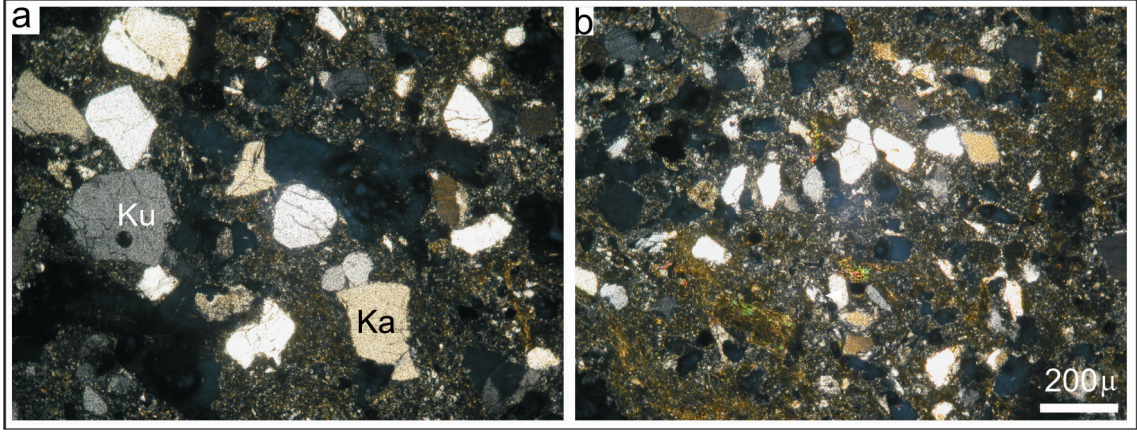
Tüfler tabakalı yapılarıyla, daha alt seviyede bulunan dasitlerden kolaylıkla ayrılmaktadır. Yörenin bitki örtüsüyle kaplı olması nedeniyle uzun mesafeler takip edilemeyen tüfler çalışma alanında yalnızca Gümüşköy ilâ Ayşe dere arasında gözlenmiş

ve konumları K45B/ 25° KD şeklinde ölçülmüştür (Şekil 4). Bu lokasyonda tüfler daha genç olan andezit ve bazaltlar tarafından örtülmektedir.

Yer yer birkaç mm'ye varan boyutlarda iri kuvars kristalleri içeren tüfler, boşluklu bir yapıya sahip olup, gevşek dokusu nedeniyle kolaylıkla parçalanmaktadır. Mikroskopik incelemelere göre tüfler kuvars, plajiyoklas, biyotit, piroksen, kalsit, opak mineraller, kayaç parçası ve külden oluşmaktadır. Kuvars ve plajiyoklaslar genelde öz şekilsiz ve bol çatlaklı, bazen kırılmış mineral parçaları şeklindedir (Şekil 8a ve b). Biyotit ve piroksenler daha küçük boyutlarda olup, kayaç içinde çok az oranda bulunur ve genellikle alteredir. Kayaç parçaları ise başlıca plajiyoklas, kuvars ve hamur içeren asidik kayaçlar ile temsil edilir. Tüfler mineral ve kayaç parçası içeriklerine göre litik kristal tuf olarak adlandırılmıştır. Litik kristal tüfler içerisinde yoğun silisleşmeyle birlikte kalsitleşme ve kloritleşme de izlenir.

Bu çalışmada litik kristal tüfler içerisinde herhangi bir fosilli seviye tespit edilmemiştir. Birimin yaşı, çalışma alanı dışındaki bölgelerde içerdiği tortul seviyelerde belirlenen *Globotruncana sp*, *Globotruncana spp*, *Heterotelix sp*, *Radiolaria* ve *Ostrocooda* türü fosil bulgularına göre Çınar vd., (1987) tarafından Geç Kretase olarak verilmiştir. Gököy (Ordu) çevresinde mostra veren birimle benzer litolojik özelliklere sahip olan Kabadüz yöresi dasit ve piroklastitleri Gedikoğlu vd., (1982)'ye göre Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaygın olarak izlenen "Cevherli Dasit" olarak adlandırılan birime karşılık gelmektedir. Dasit ve piroklastitlerini uyumlu olarak örten andezit-bazalt ve piroklastitleri içinde bulunan tortul seviyelerin *Kampaniyen-Maastrichtiyen* yaşını veren fosil türleri içermesi nedeniyle, bu birimin yaşı Köse (1987) tarafından da Geç Kretase olarak kabul edilmiştir.

Birim, stratigrafik olarak *Kampaniyen-Maastrichtiyen* yaşlı (Gedikoğlu vd., 1982) andezit ve bazaltlar tarafından örtülmekte ve Geç Kretase dönemi için ayırtman olan *Globotruncana* fosillerini içermektedir. Bu saha ve paleontolojik veriler dasit ve piroklastitlerinin yaş aralığını *Türoniyen-Koniasiyen* olarak sınırlandırır. Bu birim ayrıca Güven vd., (1993) tarafından isimlendirilen ve Kuzeydoğu Türkiye'de yaygın olan Kızılkaya Formasyonu ile aynı stratigrafik seviyede bulunur. Güven vd., (1993) Kızılkaya Formasyonu içindeki kırmızı biyomikritlerden elde ettiği fosil bulgularına dayanarak birime *Türoniyen-Koniasiyen* yaş aralığını vermiştir. Bu yaş aralığı bu çalışma kapsamında yapılan saha ve paleontolojik gözlemlere uygundur.



Şekil 8. a ve b) Gümüşköy'ün batısındaki litik kristal tüflerde görülen bol kuvarslı mineral parçaları (Ku: Kuvars, Ka: Kalsit; Ç.N.).

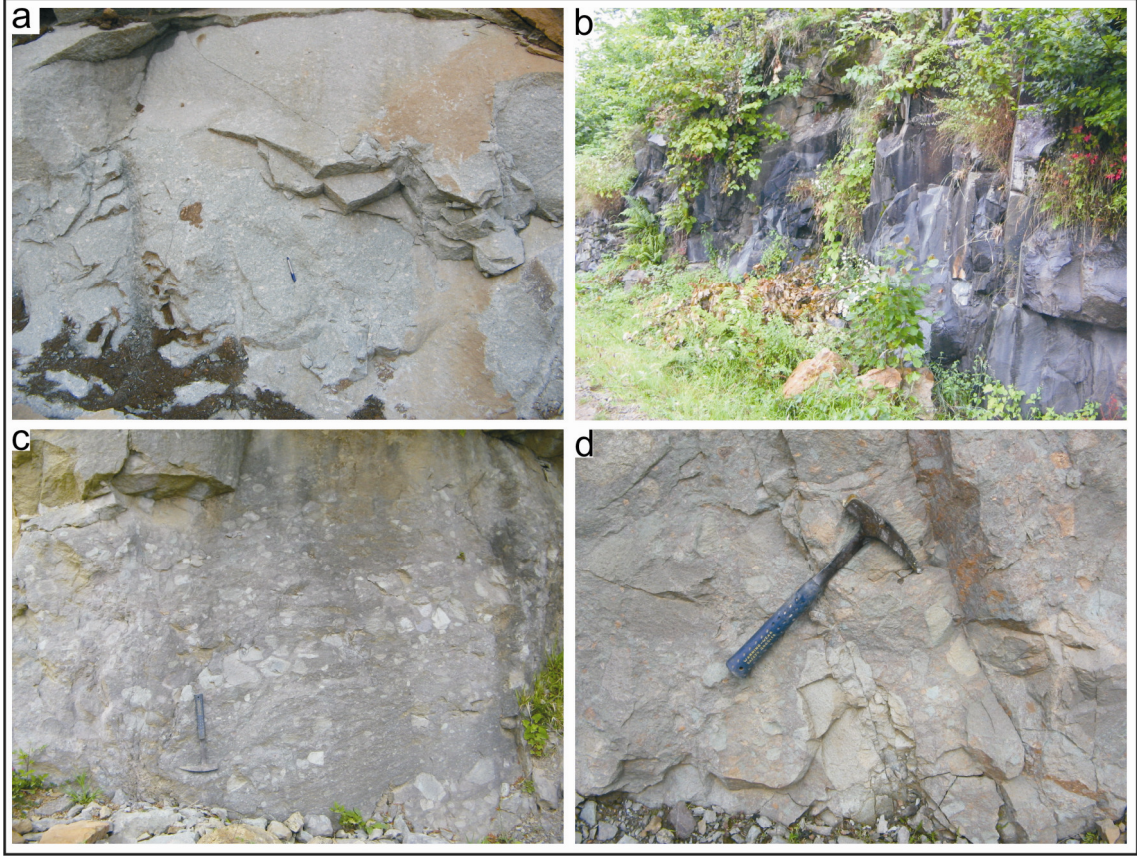
3.1.2. Andezit ve Bazaltlar

Andezit-bazalt ve piroklastitlerinden oluşan birim inceleme alanında yüzeyleyen diğer birimlerden daha geniş bir yayılıma sahip olup, Dikenli, Tahtabelen, Akgüney, Ovaşkur, Bakacak, Oluklu, Haydarlı, Dere, Boruklu mahalleleri çevresinde yaklaşık 40 km²'lik bir alanı kaplar (Şekil 4). Akıncı (1985) tarafından “Dasitik Seri” içinde değerlendirilen andezit ve bazaltlar, Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından inceleme alanının güneyinde Mesudiye ilçesi çevresinde “Mesudiye Formasyonu” olarak, Yılmaz (1995) tarafından Şebinkarahisar-Dereli arasında ve Boztuğ (2001) tarafından da Bektaş yaylası ve Çambaşı yöresinde “Konuklu Formasyonu” başlığı altında incelenmiştir.

Saha çalışmaları sırasında birimin kısa mesafelerde ânî litolojik değişiklikler göstermesi ve arazinin yoğun bitki örtüsü ile kaplı olması nedeni ile andezit ve bazaltları birbirinden ayırarak haritalamak mümkün olmamıştır. Bununla birlikte, saha çalışmaları sırasında alınan çok sayıda kayaç örneğinden hazırlanan ince kesitlerin incelenmesi sonucu, andezitlerin bazaltlara kıyasla daha geniş bir yayılıma sahip olduğu ve genellikle çalışma alanının merkezî kısımlarında bulunan Dikenli, Ovaçukuru, Akgüney, Oluklu, Düdükçük, Kirazdere, Fındıkbelen, Yepelek ve Dere mahallelerini içine alan sahada yayılım gösterdiği belirlenmiştir.

Andezitler genellikle ileri derecede ayrılmış olup, ayrılmamış yerlerde yeşilimsi gri ve koyu gri (Şekil 9a), ayrılmış yerlerde ise kirli beyaz, sarımsı ve yeşilimsi renk tonlarında görülmektedir. Andezitler arazinin bazı kesimlerinde boyutları birkaç cm'den 40 cm'ye kadar değişen andezitik breş parçaları içermektedir. Bazaltlar ise andezitlere göre

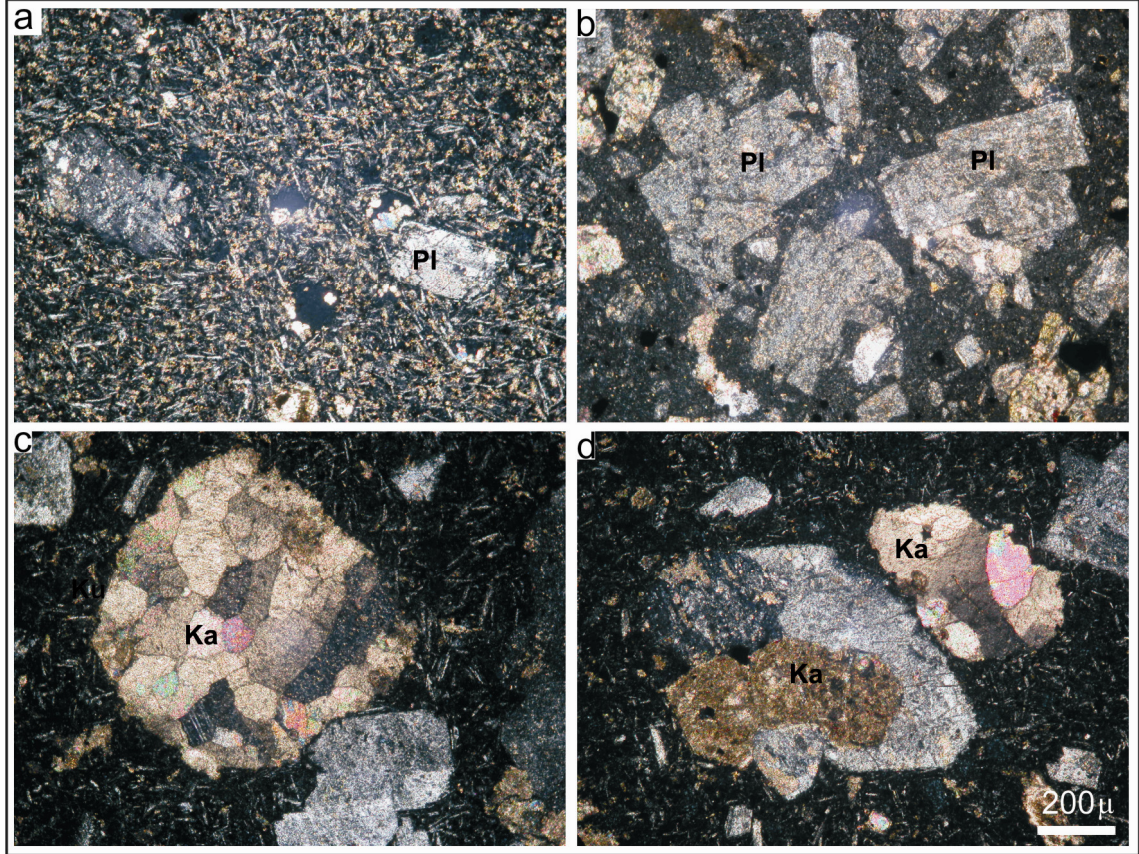
daha koyu renk tonlarında ve breş içermemesiyle ayırt edilebilmektedir (Şekil 9b). Andezitler içinde bulunan breşler, içinde bulunduğu ana kayaca göre kısmen daha açık renk tonlarında ve köşeli yapıdadırlar (Şekil 9c ve d).



Şekil 9. a) Dere mahalledeki andezitlerin görünüm, b) Kabaktepe doğusundaki bazaltların görünümü, c) Yepelek mahallesindeki ve d) Akgüney mahallesindeki andezitik breşlerin arazideki görünümleri.

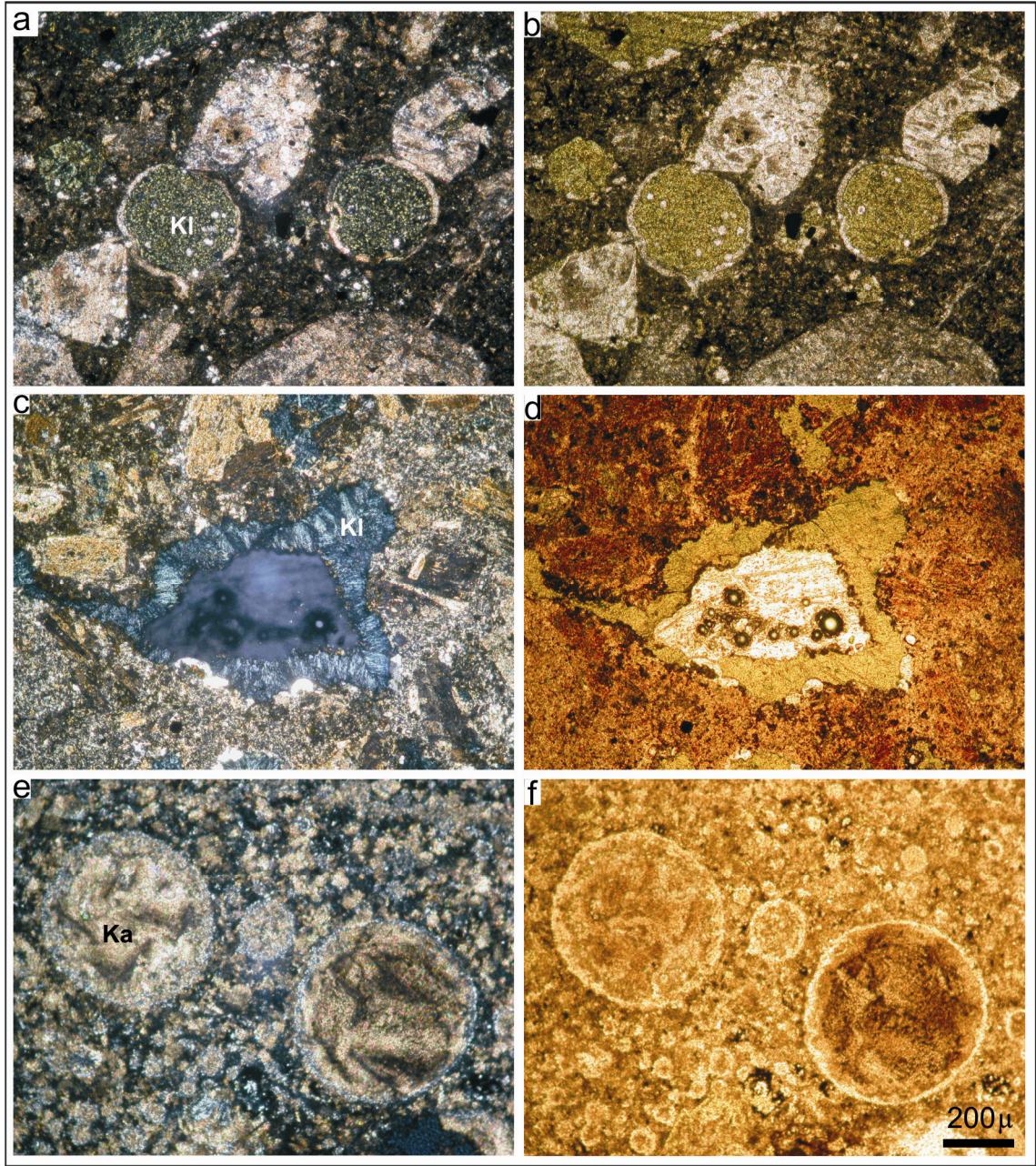
Andezitlerde mikrolitik porfirik, glomerofirik, breşik ve camsı dokular yaygındır. İri öz ve yarı öz şekilli, levhamsı prizmatik kristaller şeklinde görülen plajiyoklaslar, hamurda da çok küçük boyutlarda bulunmaktadır (Şekil 10a). Albit ikizlenmesi gösteren iri plajiyoklas kristalleri andezin (An_{36-48}) bileşimlidir. Andezitik breş parçaları içerisinde bulunan plajiyoklas kristalleri ise daha çok oligoklas (An_{22-28}), nadiren de andezin (An_{32-34}) bileşimlidir. Öz ve yarı öz şekilli amfibol ve biyotit kesitlerde nadiren görülmektedir. Hamurda da çok küçük kristaller şeklinde olan bu mineraller, dilinimleri boyunca kloritlemiştir. Kesitlerde öz ve yarı öz şekilli olarak görülen opak mineraller, genelde kırıklar boyunca yoğunlaşmaktadır.

Çalışma alanı genelinde andezitler içindeki plajiyoklasların yoğun bir şekilde serizitleştiği, serizitleşen kısımların yer yer kalsite dönüştüğü görülmektedir (Şekil 10b). Hamur içindeki çok küçük boyutlarda kalsit oluşumlarına ilâveten, kayaç içindeki boşluklarda kristallenen kalsitler oldukça sık rastlanılan bir durumdur (Şekil 10c ve d).



Şekil 10. a ve b) Andezitlerin mikrolitik porfirik dokusu, c ve d) Andezitler içindeki boşluklarda gelişen ikincil kalsit dolgusu; Pl: Plajiyoklas, Ka: Kalsit; Ç.N).

Kayaç içi boşluklarda gelişen yoğun klorit oluşumlarına ilâveten, biyotit ve amfibol mineralleri içinde ve hamurda da kloritleşmeler görülmektedir (Şekil 11a). Boşluklarda oluşan kloritlerin, yer yer morumsu rengi ile tipik olan penin türünde görülmektedir (Şekil 11c). Kloritleşmeyle birlikte bazı kesitlerde kayaç içi boşluklarda karbonatlaşma gelişmiştir. Bu karbonatlaşma yer yer serizitleşmiş plajiyoklaslarda da görülmektedir (Şekil 11e). Silisleşme kırık hatları boyunca daha yoğun olmakla birlikte, hamur içinde ikincil olarak gelişen küçük, öz şekilsiz kuvars parçaları şeklinde görülür.



Şekil 11. a ve c) Andezitler içindeki boşluklarda ikincil klorit oluşumu, e) Hamurda ve andezitler içindeki boşluklarda karbonatlaşma (Kl: Klorit, Ka: Kalsit; a, c ve e, T.N; b, d ve f, Ç.N.).

İnceleme alanında Haramiköy, Haydarlı, Dere ve Fındıkbelen mahallesi çevresinde yüzeyleme veren bazaltlar, genel olarak sahada andezitlere göre daha koyu renk tonlarında görülmesine rağmen, alterasyon nedeni ile yer yer andezitlere benzer renklerde olması bazaltların andezitlerden ayırt edilmesini güçleştirmiştir. Bununla birlikte alterasyon etkisinin az olduğu bazaltları koyu rengi ve sağlam dokusu ile andezitik kayalardan ayırt

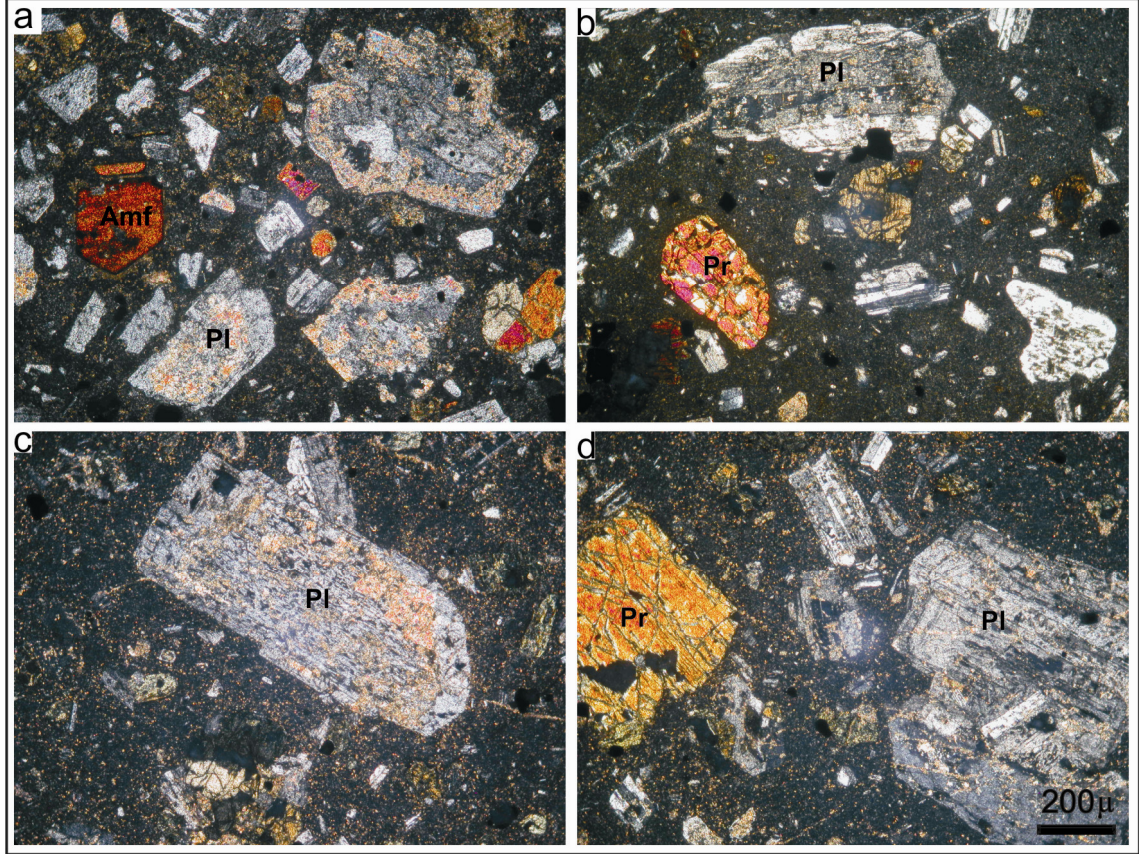
etmek mümkündür. Ayrıca andezitik kayaların çoğunlukla breşik parçalar içermesine rağmen, bazaltik kayalarda bu parçalara rastlanmaması bu iki kayaç grubunu birbirinden ayırt etmek için kullanılabilir diğer saha verisidir. Mikroskop çalışmalarına göre bazaltik kayalar plajiyoklas türlerinin hâricinde, andezitlere göre daha fazla piroksen ve amfibol içermesiyle karakterisiktir.

Mikroskobik incelemeler sonucunda bazaltların başlıca mikrolitik porfirik, poikilitik, vesiküler (boşluklu) ve amigloidal doku gösterdikleri belirlenmiştir. Bazaltlar içinde bulunan mineraller çokluk sırasına göre plajiyoklas, piroksen, amfibol ve biyotitten oluşmakta olup, bu mineraller ince daneli hamur içinde dağılmış olarak bulunur. Mikrolitik porfirik dokunun (Şekil 12a, b ve c) hâkim olduğu kesitlerde yer yer plajiyoklas içinde bulunan mineral kapanımlarının oluşturduğu poikilitik doku da görülmektedir (Şekil 12d). İri ve orta boyutlu ($\leq 500 \mu\text{m}$), öz ve yarı öz şekilli levhamsı plajiyoklaslar kayacın ana bileşenini oluşturmaktadır. Plajiyoklas minerallerinin bileşimleri, labrador (An_{62-68}) ve bitovnitir (An_{72-76}). Amfibol ve biyotit kesitlerde öz ve yarı öz şekilli olarak daha az oranda görülmektedir. Hamurda da çok küçük kristaller şeklinde olan bu mineraller, dilinimleri boyunca kloritlemiştir. Öz ve yarı öz şekilli opak mineraller genelde kırıklar boyunca yoğunlaşmaktadır. Piroksenler yarı öz şekilli küçük kristaller şeklinde olup, cinsleri ojitir.

Plajiyoklaslarda bazen mineralin merkezinde, bazende kenarı boyunca görülen serizitleşme, amfibol ve biyotitlerde mineralin dilinimleri boyunca görülen kloritleşme ve hamur içinde çok ince boyutlu kuvarlarla belirgin olan silisleşme bu kayalarda görülen alterasyon türleridir. Ancak bazaltların andezitler kadar ayrılmaya uğramadığı hem el örneklerinden hem de ince kesitlerden kolaylıkla anlaşılmaktadır.

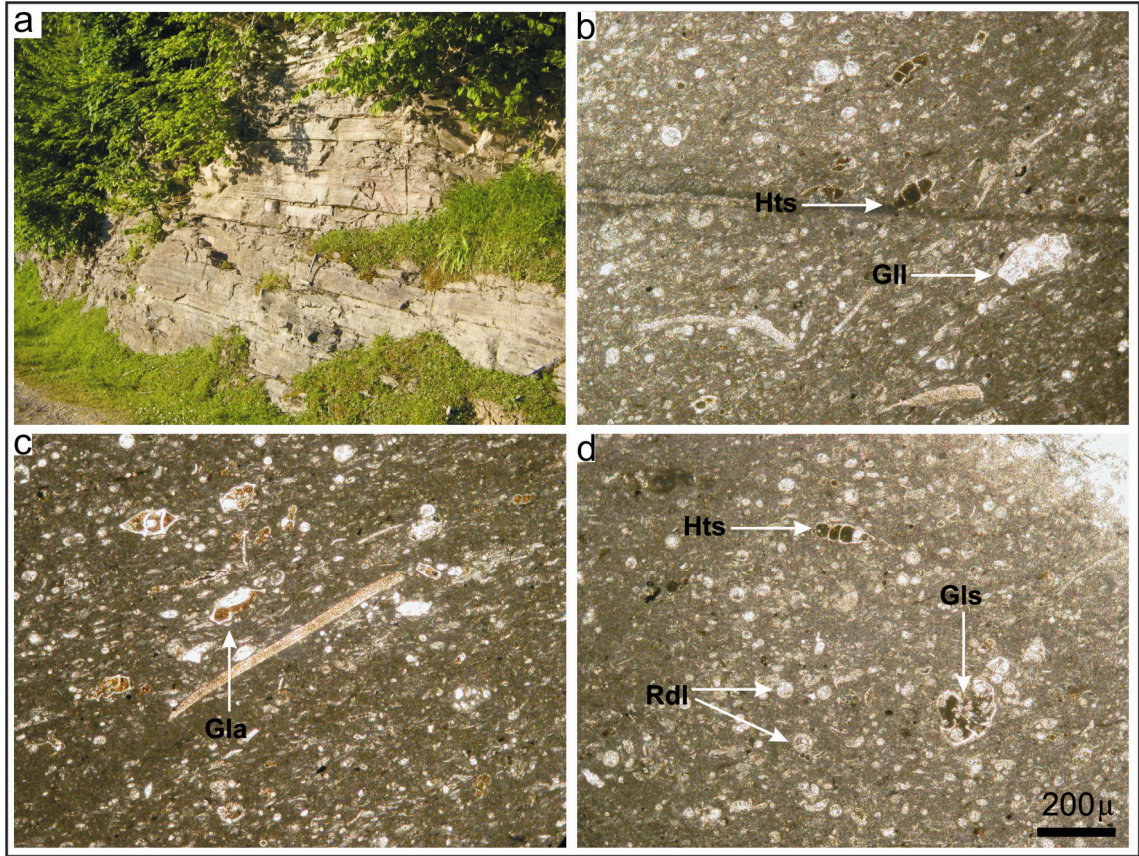
Bu birim içerisinde tortul bir seviye bulunmadığından, birime yaş verebilecek fosil bulgusu sözkonusu değildir. Ancak Terlemez ve Yılmaz (1980), Mesudiye ve çevresinde yüzeyleyen, benzer litolojik özellikler sunan birimi “Mesudiye Formasyonu” olarak adlandırmış, birim içindeki tortul seviyelerde saptadığı fosil türlerine dayanarak yaşını, “*Senomaniyen-Kampaniyen*” olarak vermişlerdir. İnceleme alanında andezit ve bazaltlar ile temsil edilen bu birim “*Türoniyen-Koniasiyen*” yaşlı dasit ve piroklastitlerini örtmekte ve “*Kampaniyen-Maastrihtiyen*” yaşlı tuf ve aglomeralar tarafından ise örtülmektedir. Bu stratigrafik ilişkiler birimin yaşını Geç Kretase olarak sınırlandırdığından, saha gözlemlerinin Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından verilen fosil bulgularını destekler

nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır. Jeolojik kesitlerden faydalanarak birimin kalınlığı yaklaşık 800 m olarak ölçülmüştür.



Şekil 12. a, b ve c) Bazaltlarda görülen mikrolitik pofirik doku, d) Plajiyoklas içinde bulunan mineral kapanımının oluşturduğu poiklitik doku (Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Pr: Piroksen, Ç.N.).

Andezit ve bazaltlar içinde, Hürriyet köyü'nün batısında, iyi katmanlanmış, tabaka kalınlıkları birkaç cm ilâ 10 cm arasında değişen kırmızı biyomikrit seviyesi bulunmaktadır (Şekil 13a). Kalınlığı yaklaşık 50 m, yanal devamlılığı ise 250 m olan, K40B/ 20° KD konumlu kireçtaşları Folk'a (1962) göre biyomikrit, Durnham'a (1962) göre ise vaketaşı olarak adlandırılmıştır. Pelajik fasiyesi işaret eden mikritik çimentolu kireçtaşları, enerjinin düşük olduğu, derin denizel ortamda oluşmuştur. Biyomikritler içinde *Globigerna sp.*, *Heterohelix sp.*, *Radyolarid*, *Globotruncana sp.*, *Globotruncana cf. Lapperanti*, *Globotruncana linneiana*, *Globotruncana cf. Arca*, *Archaeoglobigerina sp.* fosil türleri belirlenmiştir (Şekil 13b, c ve d) (Tayin: Dr. Neşe Kılıç, Karayolları Bölge Müdürlüğü, Trabzon).



Şekil 13. a) Hürriyet Köyü'nün batısındaki biyomikrit seviyesinin arazideki görünümü, b, c ve d) Biyomikritlerin mikroskobik görüntüleri ve belirlenen fosil bulguları (Gla: *Globotruncana arca*, Gll: *Globotruncana linneiana*, Gls: *Globotruncana sp.*, Rdl: *Radyolarit*, Hts: *Heterohelix sp.*, T.N.)

3.1.3. Tüf ve Aglomeralar

Tüf ve aglomeralardan oluşan bu birim, Kabadüz ilçe merkezi ve kuzeyinde, çalışma alanının doğusundaki Asar mahallesi, Bereket Tepe, Hürriyet köyü, Çatak mahallesi ve Kale Tepe çevresinde, çalışma alanının batısındaki Güney mahalle, Kallenci mahallesi, Kilise Tepe ve Evliya Tepe çevresinde ve çalışma alanının güneyindeki Kırıkbelen mahallesi çevresinde yaklaşık 15 km²'lik bir alanda yüzeyleme verir. Bu birim çalışmanın konusunu oluşturan cevherleşmeleri içeren andezit ve bazaltların üzerini örtmektedir.

Açık gri, sarımsı ve yeşilimsi renk tonlarında görülen tüfler (Şekil 14a, b ve c) boşluklu yapılı ve gevşek dokulu olması nedeniyle kolaylıkla dağılabilmektedir. Aglomeralar ise boyutları 40-50 cm'ye varan andezit-bazalt bloklarından ve bu bloklar

arasını dolduran tuf boyutlu malzemeden oluşmaktadır (Şekil 14d, e ve f). Blokların arasını dolduran sarımsı, yeşilimsi ve koyu gri renk tonlarındaki tüfler, katmansız yapıya sahip tüflerle benzer litolojik özelliklere sahiptir. Cevherleşmeye ev sahipliği yapan andezit ve bazaltları örten bu birim, tabanda 3-4 m'lik tuf seviyesi ile başlayıp, üste doğru tuf ve aglomera ardalanmasına geçiş gösterir. Birimin üst seviyesi genellikle aglomeralar, daha az oranda ise iyi katmanlanma gösteren tüflerden oluşur. Kalınlıkları 10-15 m'yi, yanal devamlılıkları ise 200 m'yi geçmeyen tüflerin en iyi görüldüğü yerler Kabadüz ilçe merkezinin doğu yamacı ve Evliya tepenin kuzeyidir. Katmansız yapı gösteren tüflerin konumu, Kabadüz'ün doğusunda K15D/ 20° KB, Evliya tepenin kuzeyinde K10D/ 20° GD ve Haydarlı mahallesinde de K20D/ 20° KB olarak ölçülmüştür (Şekil 4). Cevherleşmeyi içeren andezit ve bazaltlarda yaygın olarak görülen ve iyi gelişmiş kırık sistemlerinin, tuf ve aglomeralardan oluşan bu birim içerisinde gelişmediği gözlenmiştir.

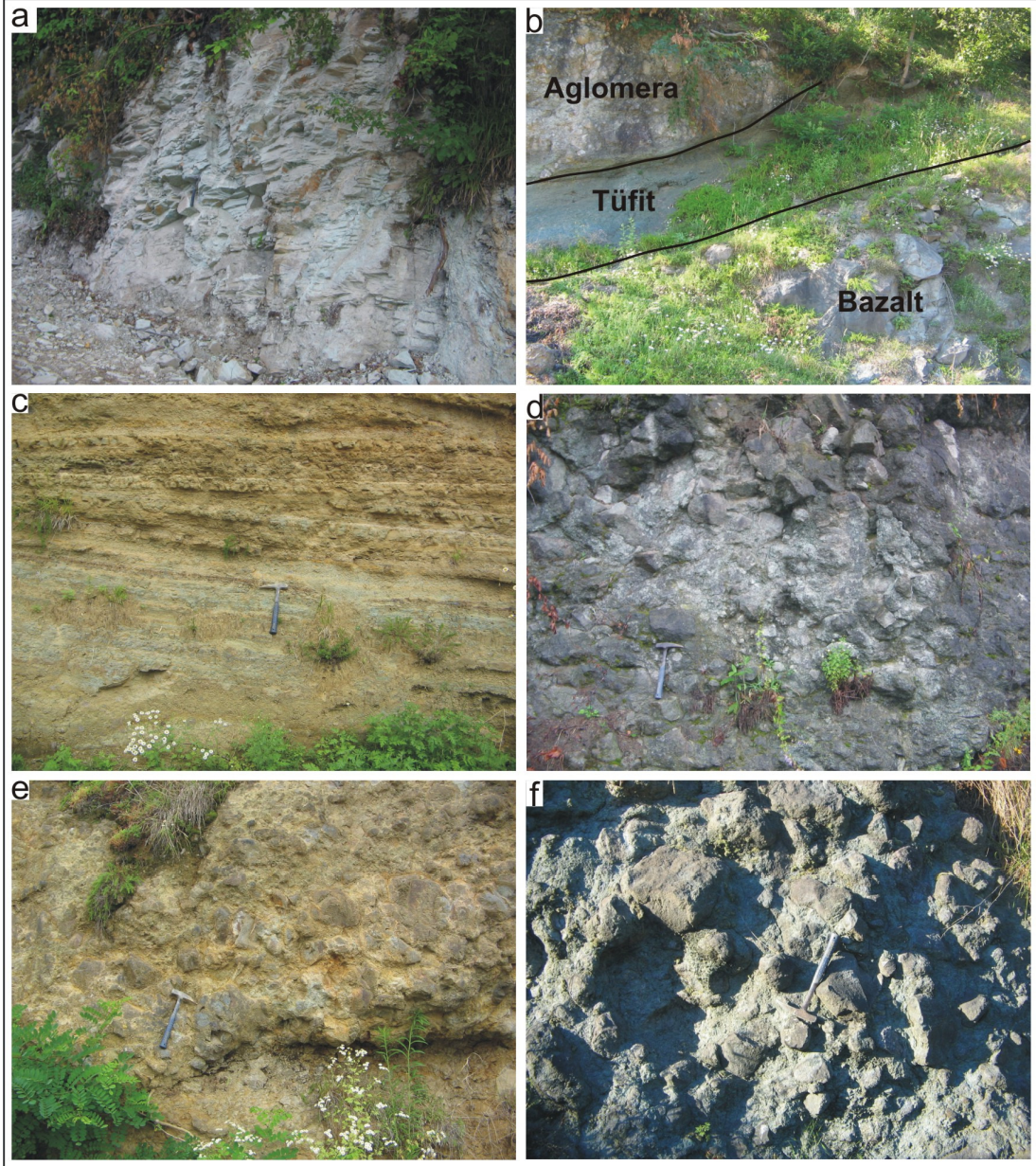
Kristal ve litik-kristal bileşimindeki tüfler kuvars, plajiyoklas, hornblend ve biyotit minerallerinden ve kayaç parçalarından oluşurlar. Mineral ve kayaç parçalarının bağlayıcısı, çok daha küçük boyutlu mineraller ve volkanik külden oluşmaktadır (Şekil 15a ve b). Aglomeralar içindeki bloklar mikrolitik porfirik dokulu olup, plajiyoklas, biyotit, hornblend, piroksen, opak mineraller ve hamurdan oluşur. Hamur içerisinde bu minerallerin çok küçük mikrolitleri bulunur (Şekil 15c). Plajiyoklaslardaki serizitleşme (Şekil 15d), biyotit ve hornblend minerallerinin dilinimleri boyunca yer yer görülen kloritleşme ve boşluklarda görülen kalsitleşme, bu kayaçlardaki başlıca alterasyon türleridir.

Tuf ve aglomeralardan oluşan birimin kalınlığı, jeolojik kesitlerden yararlanarak 250 m olarak bulunmuştur. Çalışma alanı yakın çevresinde yüzeyleyen ve benzer litolojik özellikler gösteren birimlere, içerdiği fosil bulgularına göre Türk-Yugoslav Ekibi (1970), Terlemez ve Yılmaz (1980) ve Çınar vd. (1987) tarafından “*Kampaniyen-Maastrichtiyen*” yaşı verilmiştir.

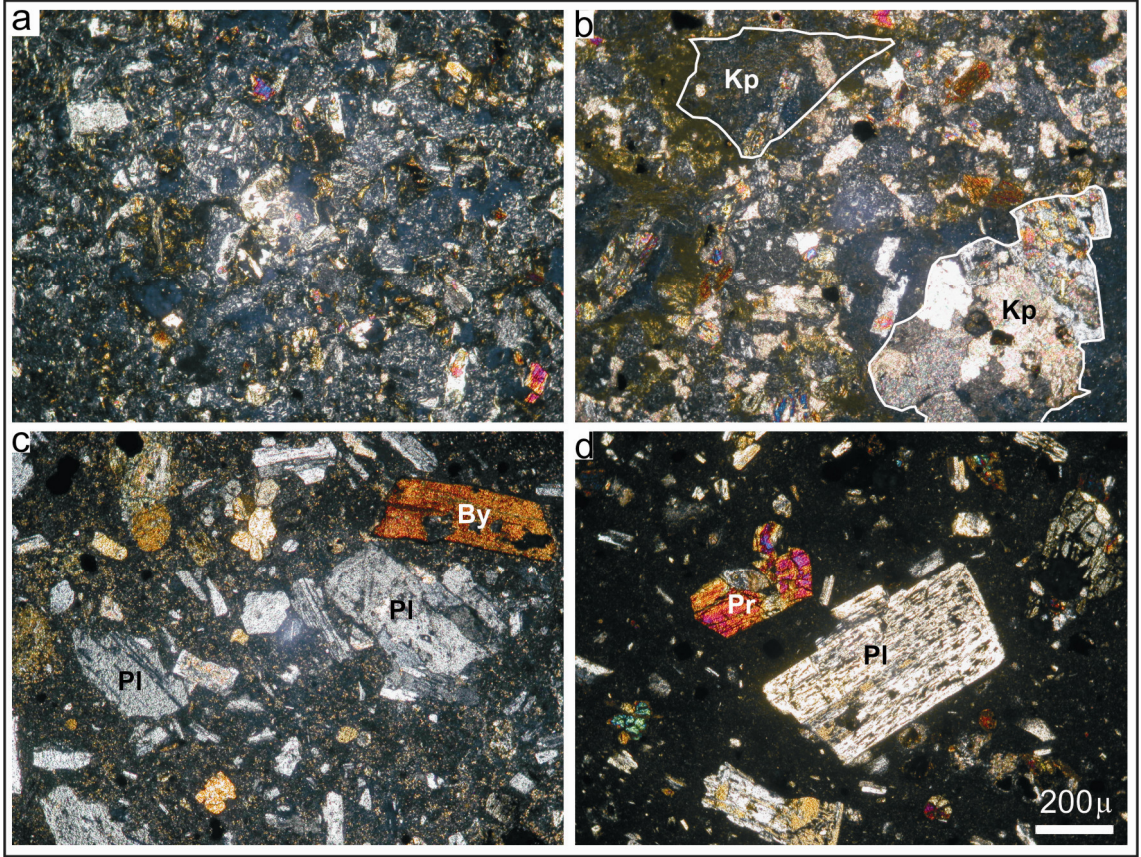
3.1.4. Yamaç Molozu ve Alüvyon

İnceleme alanının batı ve kuzeybatısında bulunan Melet ırmağı ve doğu kesiminde bulunan Turnasuyu deresi boyunca, önemli ölçüde alüvyon birikintileri bulunmaktadır. Bu alüvyonlar, çevre kayaçların blok boyutundan kil boyutuna kadar ulaşan parçalarından

oluşmaktadır. Melet ırmağı ve Turnasuyu deresi dışında kalan vâdiler oldukça genç ve dar vâdi tabanlı olduğundan alüvyon malzemesi yok denecek kadar azdır.



Şekil 14. a ve b) Kabaktepe'nin doğusundaki tüf ve aglomera seviyesi, c ve e) Kabadüz'ün doğusundaki tüf ve aglomera seviyesi, d ve f) Mecitdüzü tepenin kuzeyi ve Bereket tepenin batısındaki aglomeraların görünümü.



Şekil 15. a ve b) Litik kristal tütün ince kesit fotoğrafı, c ve d) Aglomeralar içindeki blokların mikrolitik porfirik dokusu (Pl: Plajiyoklas, By: Biotit, Pr: Piroksen, Kp: Kayaç parçası; Ç.N.).

3.2. Yapısal Jeoloji

Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer alan Doğu Karadeniz Bölgesi Paleozoyik'ten Senozoyik'e kadar değişen yaşlarda magmatik, metamorfik ve tortul kayaç gruplarını içermektedir. Hersiniyen ve Alp orojenezlerinin etkilediği bölge genelinde uyumsuzluklar, kıvrımlı ve kırıklı yapılar yaygın olarak görülen yapısal unsurlardır. Çalışma alanında volkanik kayaçların egemen olması, kıvrımlı yapıların gelişmesine olanak sağlamamış, bunun yerine uyumsuzluk ve kırık tektoniği etkili olmuştur. Bölgenin jeolojik evrimi üzerine yapılan çalışmalara göre yöredeki magmatik kayaçlar bir yay ortamında gelişmiş (Gedik vd., 1996; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 1997 ve Boztuğ vd., 2006), mevcut maden yatakları da yay ortamında gelişen volkanizma, plütönizma ve tektonizmaya ilişkilendirilmiştir (Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1971; Bektaş, 1986; Korkmaz ve Gedik, 1988; Tüysüz vd., 1995 ve Tüysüz, 2000).

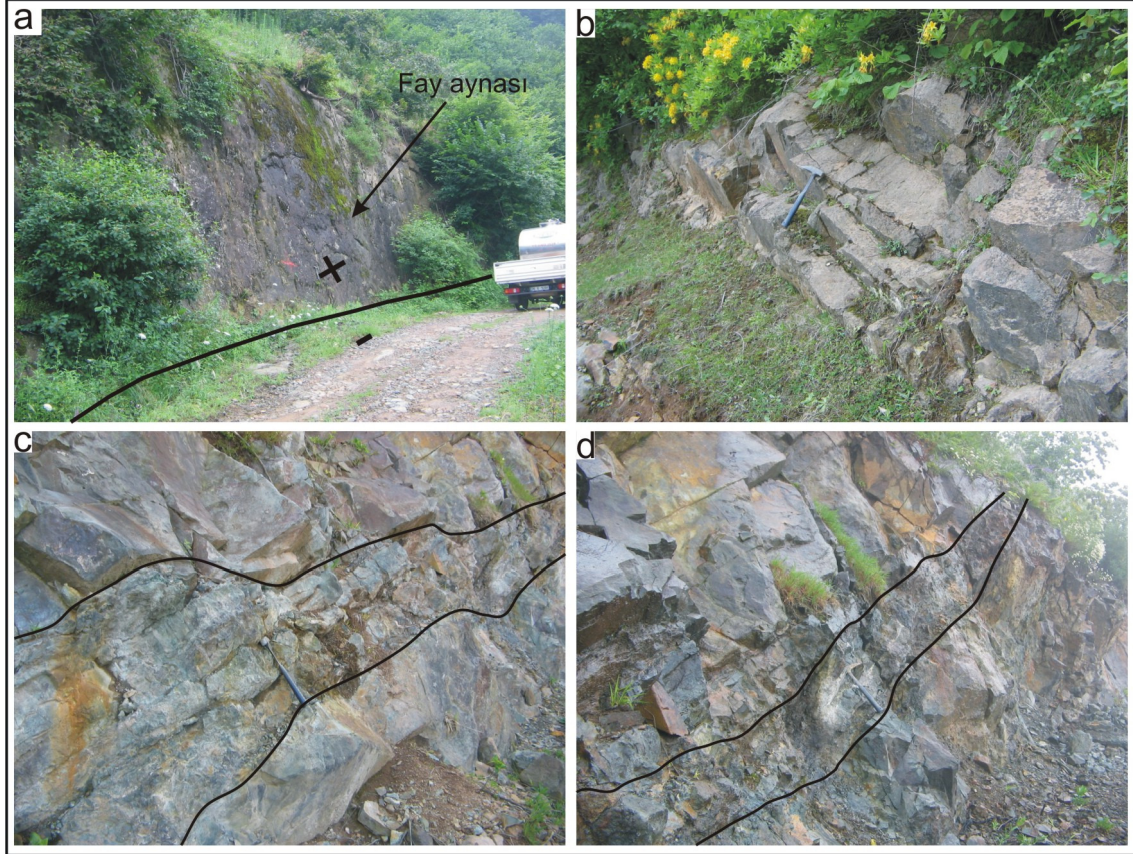
Çalışma alanı tamamen volkanik kayalar ve bunların piroklastitlerinden oluştuğu için mevcut tabakalı yapılar, volkanitler arasında yersel olarak görülen tüfler ve biyomikritlerden ibarettir. Tüflerin konumu Kabadüz merkezde K35D/ 15° KB, Boruklu mahallesi doğusunda K40B/ 25° KD, Haydarlı mahallesi doğusunda K70D/ 30° KB, Gümüşköy ilâ Ayşe dere arasında K45B/ 25° KD iken biyomikritlerin konumu Boruklu mahallesi doğusunda K30B/ 20° KD şeklinde ölçülmüştür. Her ne kadar Kabadüz merkezde ve Boruklu mahallesinin doğusunda bulunan tüflerin konumu, KD'ya dalımlı bir antiklinali işaret etse de (Şekil 4), diğer lokasyonlardaki tüflerin farklı yönlere eğimli oluşları bu duruma ters düşmektedir. Bundan dolayı yörede kıvrım tektoniğinin etkili olmadığını veya iyi gelişmediğini söylemek mümkündür.

Yörede andezit ve bazaltlar içinde oldukça belirgin olarak gelişen kırıklar, tüf ve aglomeralarda gelişmemiştir. İki farklı yönde gelişen kırıklardan birincisi K30-70B doğrultulu ve eğimleri de 50-80° KD veya GB'ya olacak şekilde iken, diğer kırıkların K10-40D, doğrultulu ve eğimlerinin de 60-80° KB'ya olduğu belirlenmiş olup, birinci kırıkların diğerine göre daha belirgin olarak geliştiği anlaşılmıştır. Bektaş vd. (1995), Doğu Karadeniz'in Mesozoyik döneminde K-G yönlü kısa süreli basınç gerilmelerinin dışında genel olarak çekme gerilmelerinin etkisinde kaldığını, buna bağlı olarak da KB-GD ve KD-GB doğrultulu kırıkların oluştuğunu belirtmektedir. Bundan dolayı mevcut kırık sisteminin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde etkili olan çekme gerilmelerinin etkisi altında geliştiği söylenebilir.

Bölgede, bütün birimleri kesecek şekilde uzun mesafelerde takip edilebilen büyük ölçekli faylara rastlanmamıştır. Bununla birlikte, bir kısmı çalışma alanının içinden geçen Melet ırmağı ve Turnasuyu'nun, ânî bükülmeler ve çizgisel hatlar oluşturacak şekilde dar vâdi tabanları boyunca akması, bu vâdilerin muhtemel büyük ölçekli faylar boyunca gelişmiş olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca çalışma alanı içinde K30-70B/ 70-90° KD veya GB'ya eğimli çok sayıda fay tespit edilmiştir (Şekil 16a). Eğim yönleri farklılık gösteren bu fayların tamamı düşey ve düşeye yakın eğimli normal faylardır. Arazinin bitki örtüsüyle kaplı olması bu fayların arazide uzun mesafeler takibini zorlaştırırsa da, haritaya yerleştirilen fayların aslında birbirinin devamı niteliğinde olduğu görülmektedir (Şekil 4).

Cevherleşmeye ev sahipliği yapan andezit ve bazaltlar içinde gelişen kırıkların (Şekil 16b), andezit ve bazaltlardan daha sonra oluşan tüf ve aglomeralar içinde gelişmediği, buna bağlı olarak da tüf ve aglomeraların cevher içermediği gözlenmiştir. Bu

durumda yöredeki kırıkların, tuf ve aglomeralardan önce oluştuğu söylenebilir. Ayrıca yöredeki mevcut cevherlerin çoğunlukla KB doğrultulu kırıklara yerleşmiş olduğu, dolayısıyla, cevher oluşumlarının KB doğrultulu kırıklar tarafından kontrol edildiği anlaşılmıştır (Şekil 16c ve d).



Şekil 16. a) Kabaktepenin kuzeydoğusundaki fayın arazideki görünümü, b) Andezit ve bazaltlar içinde iyi gelişmiş kırıkların Müvezzinlik mahallesi kuzeyindeki görünümü, c ve d) Kırıklar boyunca oluşan cevher damarlarının görünümü.

Geç Kretase döneminde Kuzeydoğu Türkiye’de, KD-GB yönlü bir açılma rejiminin olduğu bilindiğinden (Bektaş vd., 1995), çalışma alanındaki KB doğrultulu kırıkların, bu açılma rejimi sırasında oluştuğu düşünülmektedir. Kuzeydoğu Türkiye’deki Geç Kretase sonrasında gelişen magmatizmanın, bu açılma rejimine bağlı olarak geliştiği araştırmacılar tarafından kabul edildiğinden (Bektaş vd., 1995, 1996 ve 1999, Eyüboğlu vd., 2006, Karşlı vd., 2007 ve 2010), yöredeki kırık sistemlerinin oluşumu sırasında devam eden bir magmatizmanın sözkonusu olması gerekir. Her ne kadar inceleme alanı içinde granitik kütleler görülme de yakın çevrede bu açılma rejimi sırasında sokulum yaptığı kabul

edilen granitik kütleler bulunmaktadır (Boztuğ vd., 2004 ve 2006, Karlı vd., 2002 ve Karlı vd., 2007).

İnceleme alanında sistematik olarak gelişmiş KB-GD doğrultulu kırıklar, aynı zamanda Doğu Karadeniz Bölgesi'nin ana kırık sistemleriyle uygundur. Özellikle kuzey zondaki kalderaların bu ana kırık sistemleri üzerinde sıralanmış olması, yöredeki hidrotermal tipteki cevherlerin gelişiminde bu kırık sistemlerinin etkin rol oynadığını göstermesi bakımından önemlidir.

Buraya kadar yapılan açıklamalara göre Kabadüz yöresi cevherlerinin, yörede Geç Kretase döneminde etkili olan açılma rejimi sırasında oluşan KB-GD doğrultulu kırıklarda, yine aynı dönemde oluşan magmatizmanın ürünü olan hidrotermal çözeltilerle ilişkili olduğunu söylemek mümkündür. Tektonizma ve magmatizma eş zamanlı olarak geliştiğine göre de söz konusu cevherler, tektonizma ile eş yaşlı olmalıdır. Hem arazi çalışmalarında gözlenen breşik cevher yapıları, hem de mikroskop çalışmalarında belirlenen yoğun kataklastik dokular, yöredeki cevherlerin oluşumundan sonra kırıklarda yeni bir hareketlenmenin olduğuna işaret etmektedir. Yukarıda bahsedilen açılma rejimi sonrasında, yörenin tekrar yeni bir sıkışma dönemine girmesi (Okay ve Şahintürk, 1997; Karlı, 2002; Boztuğ vd., 2004 ve 2006; Topuz vd., 2005; Karlı vd., 2007, 2009 ve 2010), kırık zonları boyunca oluşan cevherin breşleşmesine neden olmuş olmalıdır.

3.3. Volkanik Kayaçların Jeokimyası

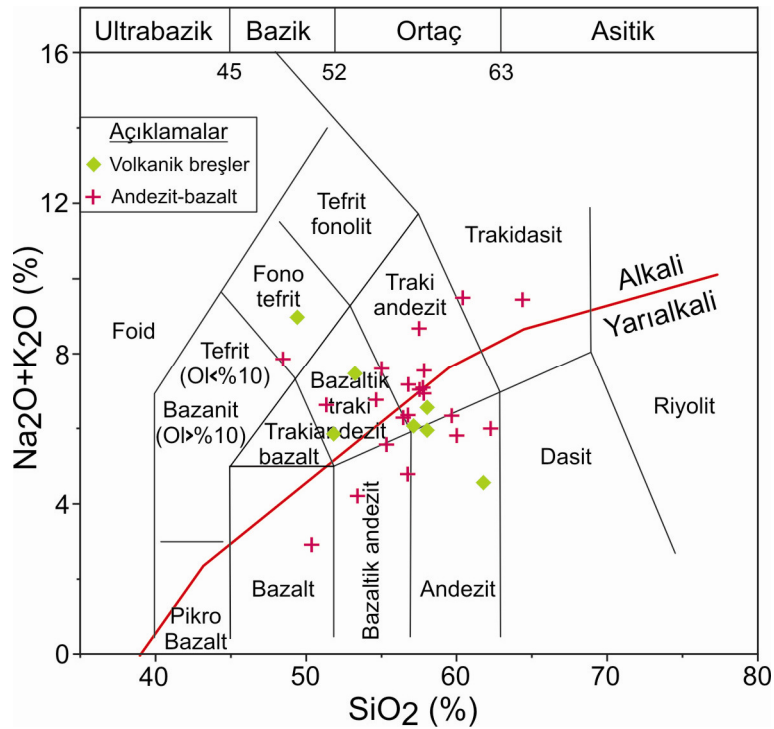
3.3.1. Giriş

Bu bölümde çalışma alanı içerisinde yer alan Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların ana, iz ve nadir element analizleri değerlendirilmiştir. Kayaçların kimyasal adlandırılması yapılmış, ana oksit ve iz element değişim diyagramları irdelenmiş, uyumsuz element ve nadir element dağılım diyagramları hazırlanmıştır.

3.3.2. Volkanik Kayaçların Kimyasal Adlandırılması

Daha önce petrografik olarak bazalt, andezit ve volkanik breşler olarak ayrılan bu kayaçlar petrokimyasal özelliklerine dayanarak yeniden sınıflandırılmıştır. Bunun için

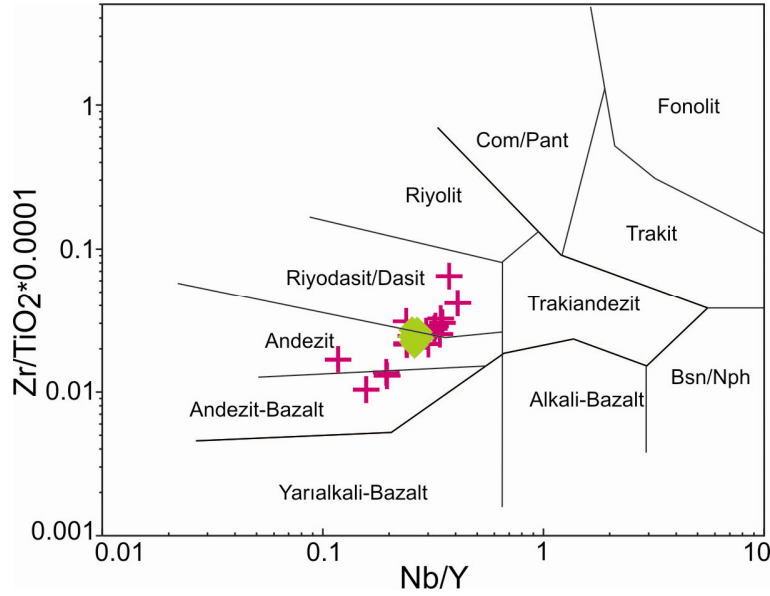
inceleme alanında yüzeyleyen Geç Kretase volkanitlerinden 27 adet örnek alınmış, bu örneklerin ana, iz ve NE analizleri Ek Tablo 1’de verilmiştir. Buna göre inceleme alanından alınan bazaltik bileşime sahip örnekler Le Maitre vd., (1989)’nin SiO_2 ’ye karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramında bazalt, bazaltik andezit, bazaltik trakiandezit ve tefrit alanına; andezitik bileşime sahip örnekler andezit, trakiandezit, trakidasit alanına düşerken, volkanik breşlere ait örneklerin ise bazaltik andezit, traki andezit, andezit ve tefrit alanına düştükleri görülmektedir (Şekil 17). Petrografik olarak andezit olduğu saptanan örneklerin aynı diyagramda dasit ve trakiandezit alanına düşme nedenlerinin, özellikle alterasyon nedeniyle Na ve K’nın hareketliliğinin artmasına bağlı olarak, SiO_2 zenginleşmesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu diyagram üzerinde Irvine ve Baragar’ın (1971) alkali-yarı alkali ayrımına göre incelenen volkanitlerin bir kısmının yarı alkali karakterde olduğu görülmektedir. Bazı örneklerin alkalen alanda yer alması daha önce bahsedildiği gibi kayalardaki alkali (Na ve K) zenginleşmesinin sonucudur.



Şekil 17. Kabadüz volkanitlerinin SiO_2 ’e karşı $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (TAS) diyagramı üzerindeki dağılımı (Le Maitre vd., 1989), Alkali-Yarı alkali eğrisi Irvine ve Baragar’a (1971) göre.

Alterasyon, kayalardaki bazı elementlerin hareketlenmesine neden olabildiğinden, volkanitlerin kimyasal analizlerini sağlıklı bir şekilde yorumlamak için, kayaç içerisindeki ana ve iz element zenginleşmesini iyi bilmek gerekir. Volkanik kayalarda gözlenen serizitleşme kuvvetli K, Rb ve Ba, kloritleşme ise orta derecede Mg zenginleşmesine neden olabilir (Hart vd., 1974 ve Humphris, 1978). Bu nedenle alterasyon esnasında az hareketli olarak bilinen Zr, Y, Nb, Ti, Ga, Co, P, Th ve nadir elementler jeokimyasal amaçlı çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Winchester ve Floyd, 1976 ve Hastie vd., 2007). Bundan dolayı daha az hareketli veya hareketsiz olarak bilinen iz elementler kullanılarak kayaç adlandırılmasına gidilmiştir.

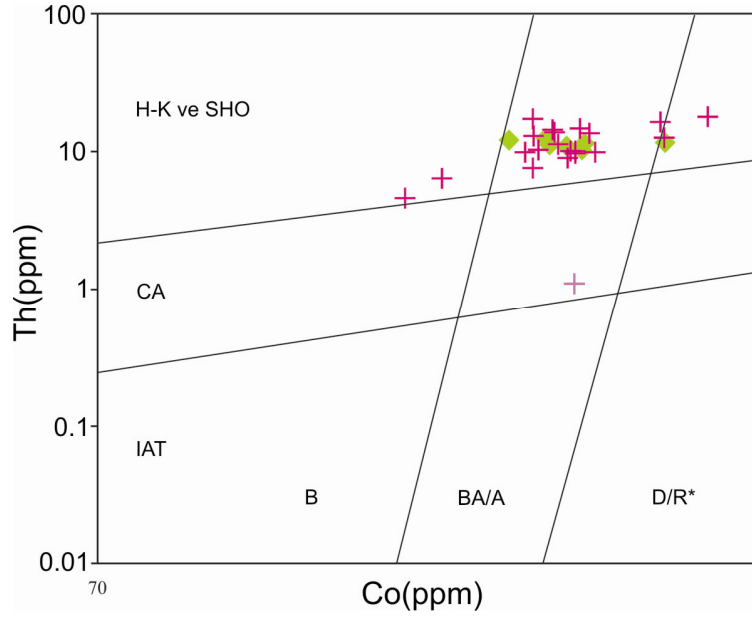
Winchester ve Floyd'un (1976) Nb/Y'a karşı $Zr/TiO_2 \cdot 0.0001$ kimyasal adlandırma diyagramında, bazaltik kayalara ait örnekler, andezit/bazalt ve andezit alanına, andezitik örnekler, andezit ve riyodasit/dasit alanına düşerken, volkanik breş örnekleri ise, andezit riyodasit/dasit sınırında yer almaktadırlar (Şekil 18). Co-Th diyagramında (Hastie vd., 2007) ise volkanitler bazalt, bazaltik andezit ve dasit/riyolit alanlarına düşerken, ayrıca yüksek-K ve şoşonitik kayaç alanlarına da karşılık gelmektedirler (Şekil 19).



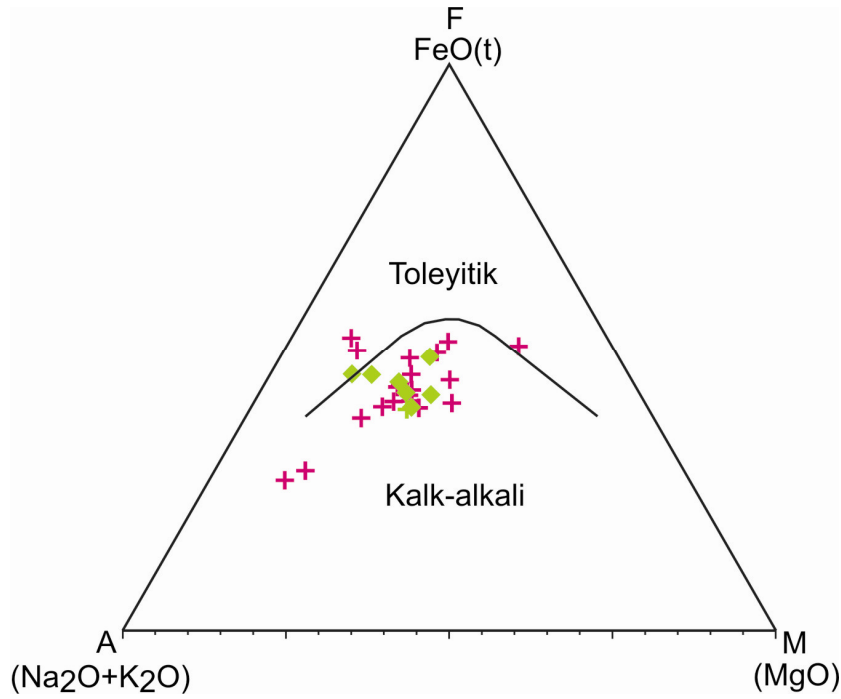
Şekil 18. Kabadüz volkanitlerinin Nb/Y'a karşı $Zr/TiO_2 \cdot 0.0001$ diyagramı üzerindeki dağılımları (Winchester ve Floyd, 1976; semboller şekil 17'deki gibidir).

SiO_2 'ye karşı toplam alkali diyagramında da görüldüğü gibi volkanik kayaçlar genel olarak yarı alkali karakterlidir. Yarı alkali karaktere sahip volkanik kayaçların

afinitelerini belirlemek için Irvine ve Baragar'ın (1971) AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, FeO (t), MgO) üçgen diyagramı kullanılmıştır (Şekil 20). Bu diyagrama göre örnekler kalk-alkali karakter göstermektedirler.



Şekil 19. Kabadüz volkanitlerinin Co'ya karşı Th diyagramı üzerindeki dağılımları (Hastie vd., 2007; semboller şekil 17'deki gibidir).

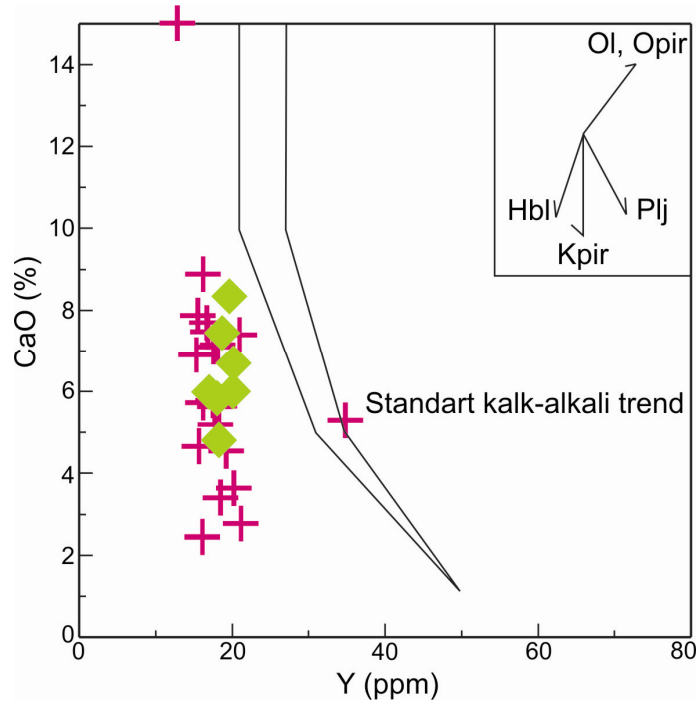


Şekil 20. Kabadüz volkanitlerinin AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, FeO (t), MgO) diyagramı üzerindeki dağılımları. Toleyitik-Kalk-Alkali ayrımı Irvine ve Baragar'a (1971) göredir (semboller şekil 17'deki gibidir).

3.3.3. Ana Oksit ve İz Elementler

Geç Kretase volkanitlerinde, SiO_2 'ye karşı hazırlanan ana element diyagramlarında CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO ve TiO_2 negatif bir ilişki göstermektedir. Diğer ana elementler ve iz elementlerin tamamında SiO_2 'ye karşı herhangi bir düzenli değişim görülmemiştir. İz elementlerde görülen bu düzensiz dağılımlar alterasyon ve/veya kirlenme \pm magma karışımı ile ilişkilendirilebilir. SiO_2 artışıyla CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve MgO azalması, önemli ölçüde plajiyoklas ve piroksen fraksiyonlaşmasını, Fe_2O_3 ve TiO_2 'in azalması ise Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasını ifade etmektedir.

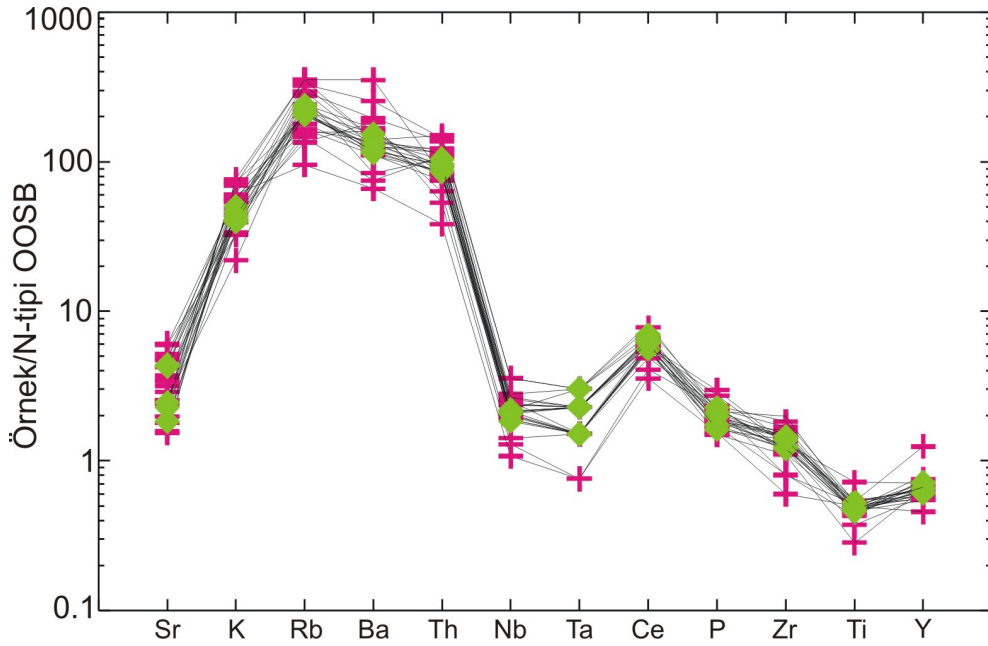
Sonuç olarak; ana elementler arasında gözlenen bu korelasyonlar, volkanik kayaların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğunu ve piroksen, hornblend, plajiyoklas ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının önemli ölçüde rol oynadığını göstermektedir. Bazalt ve andezitler için oluşturulan Y-CaO diyagramına göre (Şekil 21), örneklerde CaO azalırken Y sabit kalmaktadır. Bu yönsemeye, klinopiroksen oluşmasına bağlı olan magmasal farklılaşma önemli rol oynamaktadır (Lambert ve Holland, 1974).



Şekil 21. Kabadüz volkanitlerinin CaO 'e karşı Y diyagramındaki dağılımları (Lambert ve Holland, 1974; semboller şekil 17'deki gibidir).

3.3.4. Uyumsuz Elementler

Kabadüz yöresi volkanik kayaçlarının iz element içerikleri, tüketilmiş okyanus ortası sırtı bazaltına (N-tipi OOSB; Sun ve McDonough, 1989) göre oranlanarak elde edilen dağılım diyagramıyla magma özelliği belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre volkanitlerin genel olarak büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (Sr, K, Rb ve Ba), Th ve Ce konsantrasyonları bakımından zenginleşmiş, yüksek çekim alanlı elementler (YÇAE) olan Zr, Ti, Y, Nb ve Ta içerikleri bakımından da fakirleşmiş oldukları görülmektedir (Şekil 22). Bu özellikler itibariyle incelenen volkanitler, kökensel olarak yitim zonu zenginleşmesi (Pearce vd., 1990) izi taşımaktadırlar. İncelenen volkanik kayaçların iz element içerikleri genel olarak yay volkanitlerine benzerlik göstermektedir (Pearce, 1982 ve Cox ve Hawkesworth, 1995).

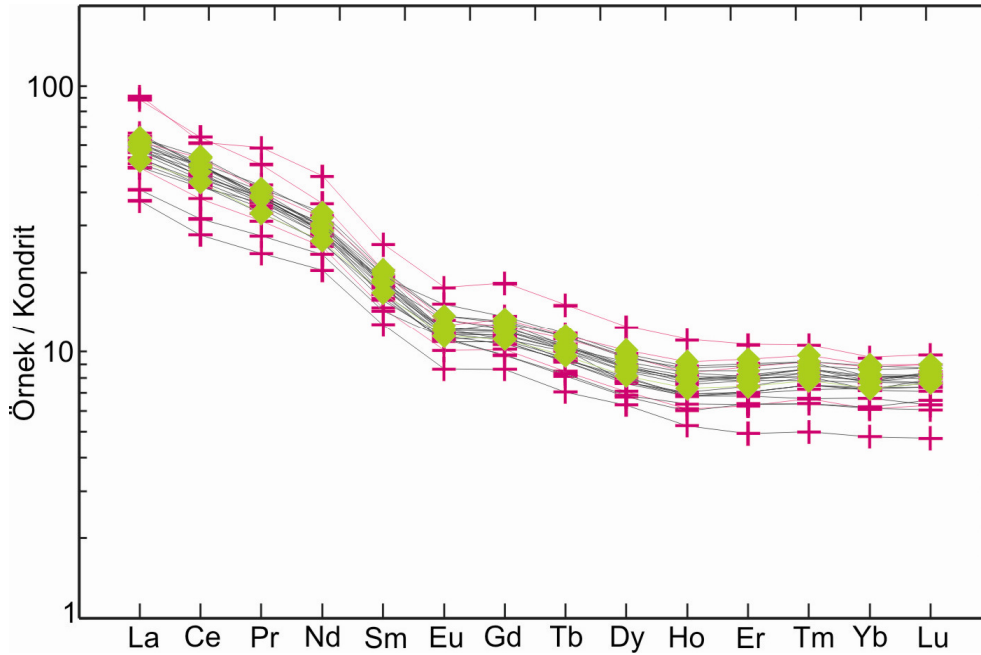


Şekil 22. Kabadüz volkanitlerinin N-Tipi OOSB'ye göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (Normalize değerleri Sun ve McDonough'dan (1989) alınmıştır; semboller şekil 17'deki gibidir).

3.3.5. Nadir Elementler (NE)

Kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir element dağılımlarında tüm örnekler birbirine çok iyi paralellik göstermektedirler (Şekil 23). Bu paralel dağılım

bazaltik ve andezitik bileşimli kayaçların aynı kökenden türediklerini doğrulamaktadır. Bir bazalt örneği, diğer kayaçlara göre daha az zenginleşme göstermektedir. $(La/Lu)_N$ değerleri 2.14-9.93 arasındadır. Kayaçalarda hafif nadir element (HNE) zenginleşmesinin, orta ve ağır nadir element (ANE) zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Dağılımlara bakıldığında, örneklerde önemli derecede Eu anomalisinin olmaması, bu kayaçların gelişiminde plajiyoklas oluşumunun önemli bir rol oynamadığını gösterir. Eu değerleri 0.73-1.09 arasındadır. Hafif nadir elementlerin, orta ve ağır nadir elementlere göre daha fazla zenginleşmesi, nadir element dağılım diyagramında konkav bir yapı oluşturması bu kayaçların da klinopiroksen fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir. Y-CaO diyagramında görülen (Şekil 21) klinoproksen fraksiyonlaşması bu durumu destekler niteliktedir.

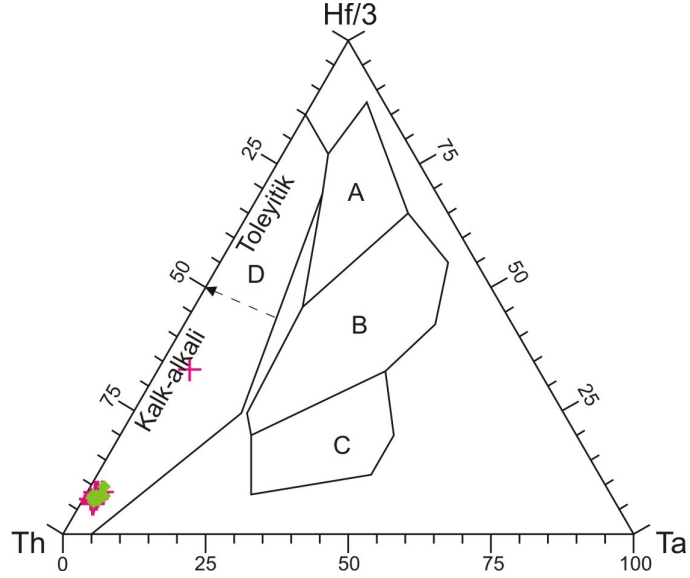


Şekil 23. Kabadüz volkanitlerinin kondrite normalize edilmiş nadir element dağılımları (Normalize değerleri, Taylor ve McLennan, 1985'ten alınmıştır; semboller şekil 17'deki gibidir).

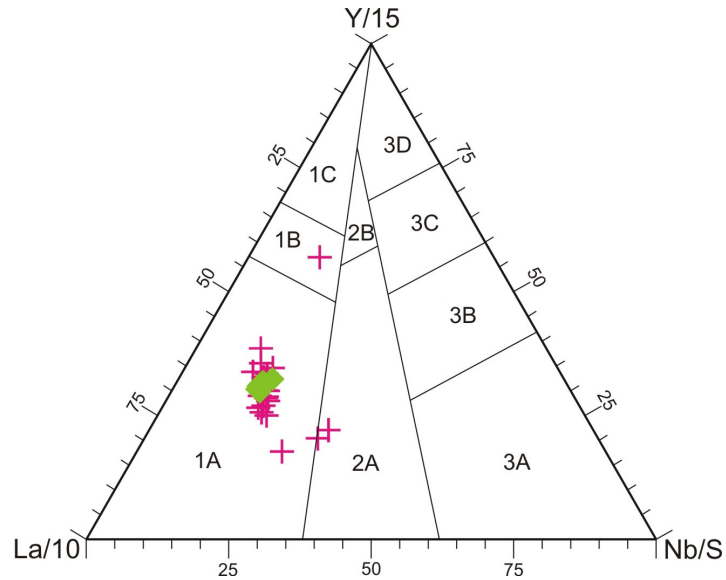
3.3.6. Tektonik Ortam

İncelenen volkanitlerin N-Tipi OOSB normalize diyagramlarda negatif Nb, Ta, TiO_2 anomalileri sunması, düşük Nb, Ta, Zr ve TiO_2 içeriklerine sahip olması ve büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİL) zenginleşmiş olması bu kayaçların tipik adayayı bazaltik kayaçlarına benzerlik sunan ve yitimle ilişkili magmatizmanın ürünü olduklarını

doğrular niteliktedir (Saunders vd., 1980; Gill, 1981; Pearce, 1983 ve Saunders vd., 1991). İncelenen volkanik kayalar Wood vd., (1979)'nin Hf/3-Th-Ta tektonik ayırtman diyagramında volkanik yay bazaltları alanına (Şekil 24), Cabanis ve Lecolle'nin (1989) La/10 - Y/15 - Nb/8 üçgen diyagramında ise kalkalkalen karakterli orojenik bölgeye düşmektedirler (Şekil 25).



Şekil 24. Kabadüz volkanitlerinin Hf/3-Th-Ta diyagramındaki dağılımları (Wood vd., 1979). A) N-tipi OOSB, B) E-tipi OOSB, C) Plaka içi alkalin bazaltları, D) Volkanik yay bazaltları, (Semboller şekil 17'deki gibidir).



Şekil 25. Kabadüz volkanitlerinin La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramı üzerindeki dağılımları (1A: Kalkalkali bazaltlar, 1B: Kalkalkali bazaltlar ile toleyitler arası, 2A: Kıtasal bazaltlar; Cabanis ve Lecolle, 1989).

3.4. Kabadüz (Ordu) Yöresinin Maden Jeolojisi ve Mineralojisi

Kabadüz (Ordu) yöresindeki tüm cevherler andezit ve bazaltlar içinde genellikle KB-GD doğrultulu fay zonları boyunca, yapısal kontrollü olarak oluşmuş olup, damarların eğim yönleri KD veya GB'ya olacak şekilde farklılık göstermektedir. Yörede KD-GB yönlü kırıklara yerleşen az sayıda cevher damarı da mevcuttur. Cevher damarlarının içinde bulunduğu andezit ve bazaltlardan bir önceki bölümde ayrıntılı olarak bahsedildiğinden, bu bölümde cevherlerin lokasyonları, yapısal özellikleri, yan kayaç ilişkileri ve mineralojik özellikleri incelenmiştir.

Kalınlıkları birkaç cm ilâ 3 m arasında değişen damarların ekonomik olanları eski devirlerden beri süregelen ve hâlen devam eden madencilik çalışmalarıyla işletilmektedir. Yörede günümüze kadar yapılan madencilik çalışmalarının tamamı yer altı işletmeciliği şeklinde gerçekleştirilmiştir. Günümüzde Akgüney damarında galeriler vasıtasıyla işletme yapılan sahada, Demiroluk, Haydarlı, Çokdam ve Atköprü damarlarında sondaj çalışmaları sürmektedir. Cevher damarlarının bir kısmı eskiden işletilmiş ve terk edilmiştir. Terk edilen galeriler ya çökmüş veya girilemez durumdadır. Bu durumdaki galerilere girme olanağı olmadığından galeri girişindeki pasadan veya damarın yüzeydeki mostrasından örnekleme yapılmıştır.

Cumhuriyet öncesi döneme ait pek çok galerinin bulunduğu sahada madencilik çalışmaları 1960-1967 yılları arasında Veysel Akgün, 1967-1975 yılları arasında Rasim İhsan, 1979-1984 yılları arasında Karlıbel Madencilik, 1984-1997 yılları arasında Pontid Madencilik ve 1997-2005 yılları arasında Zamantı Madencilik tarafından yapılmıştır. Sahada 2005 yılından itibaren Yıldızlar Holding tarafından arama çalışmaları yapılmaktadır. Üretilen ham cevher 2000 yılında, Zamantı Madencilik tarafından yapılmış olan flotasyon tesisinde zenginleştirilebilmektedir. Bu dönemden önce çıkarılan cevher Bulgaristan'a taşınmak sûretiyle zenginleştirmeye tabi tutulmuştur.

Galeri, sondaj ve mostra gözlemlerine göre bütün damarlar cevher minerali olarak pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenden oluşmaktadır. Gang olarak kuvars ve kalsit, nadiren de barit bulunmaktadır. Fay zonları boyunca, cevher oluşum sonrasında meydana gelen hareketlenmeler yer yer cevheri parçalamış, buna bağlı olarak da breşik yapılar gelişmiştir. Bunun dışında masif, saçınımlı, boşluk dolgusu ve bantlı cevher yapıları yaygın olarak görülmektedir.

Cevher damarlarının çevresinde yaygın olarak silisleşme, kalsitleşme ve killeşme görülmektedir. Arazinin tamamının bitki örtüsüyle kaplı olması nedeniyle, cevherli zonların tamamını görmek mümkün değildir. Bilinen cevher damarları çoğunlukla vâdi içlerinde ve yol yarmalarında bulunur. Bundan dolayı yeni yolların veya sondajların yapılması durumunda farklı cevher damarlarının ortaya çıkması muhtemeldir.

Önceki çalışmalarda (Türk-Yugoslav Ekibi, 1970; Köse, 1987 ve Ünal, 2006), yörede pek çok cevher damarının varlığından bahsedilmektedir. Bu çalışmada önceki araştırmacıların bahsettiği cevherler incelenmiş, bahsedilen cevherlerin dışında vâdi içleri ve açılmış yollar boyunca belirlenen cevher damarları da haritalanmıştır. Cevher damarları her ne kadar arazide kırık hatları boyunca dağılmış durumda olsalar da bazı alanlarda yoğunlaşma göstermektedir. Bundan dolayı, bu bölümde cevher damarlarının özellikleri yoğunlaştıkları alanlara göre gruplandırılarak açıklanmaya çalışılmıştır.

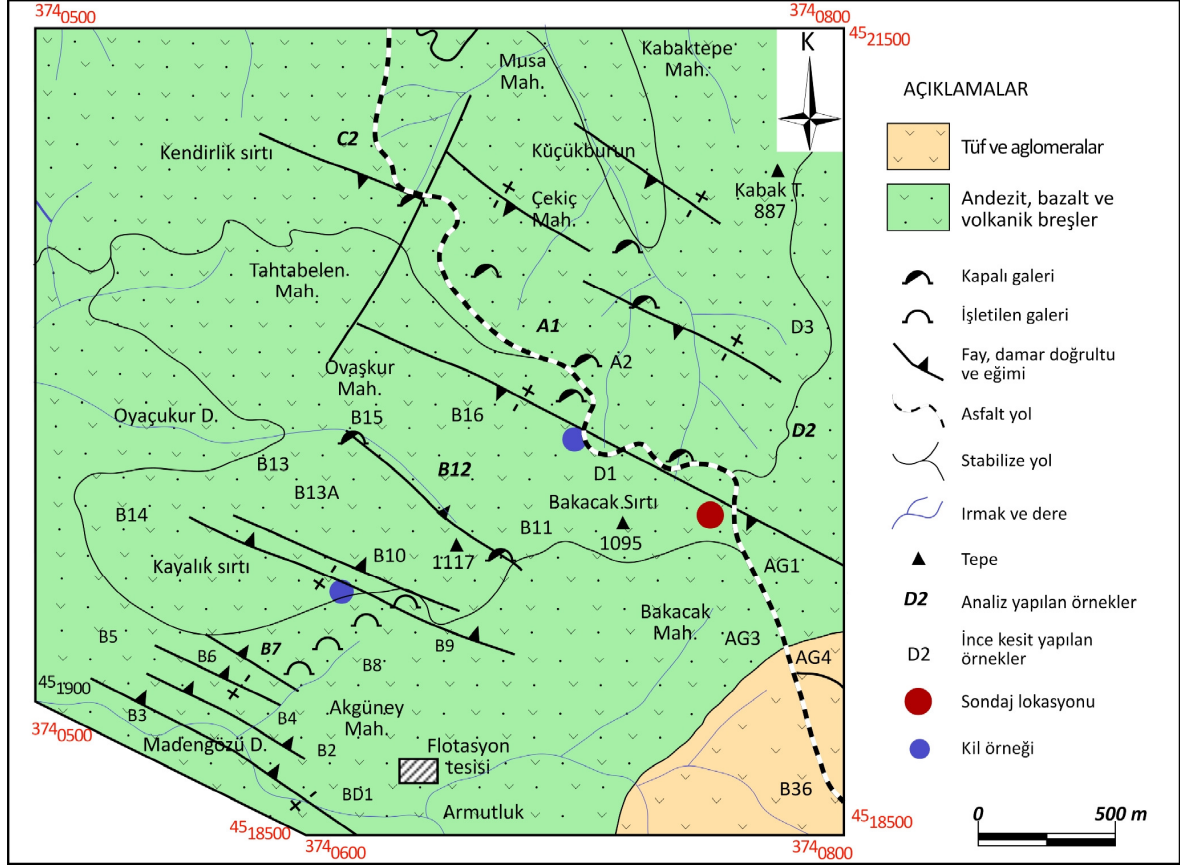
3.4.1. Akgüney ve Demirölük Damarları

3.4.1.1. Akgüney Damarları

Akgüney damarları, Bakacak mahallesinin batısındaki Akgüney mahallesinde ve Bakacak sırtı ilâ Madengözü dere arasında kalan yamaçta bulunmaktadır. Bu sahada tamamı andezit ve bazaltlar içerisinde gelişen KB-GD doğrultulu kırıklara yerleşmiş eğimleri KD'ya olan 7 ayrı damar bulunmaktadır (Şekil 26). Cevheri işletmek amacıyla açılan galeriler en alt kottan üste doğru sırasıyla Güçlü, Efe, Alt Umut ve Üst Umut olarak adlandırılmıştır. K30D doğrultulu olarak açılan Güçlü ve Efe ocakları 815 m ve 840 m kotlarında, K80D doğrultulu olarak açılan Alt Umut ve Üst Umut ocakları da, 880 m ve 905 m kotlarında bulunmaktadır (Şekil 27a). Bu sahadaki cevher damarlarından 2 tanesi hâlen işletilmektedir. Aralarında yaklaşık 30 m mesafe olacak şekilde K80-85B/ 60-70° KD konumlu bu iki damarda cevher kalınlığı 20 cm ilâ 2 m arasında değişmektedir (Şekil 27c ve d).

El örneklerinde cevherin pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden oluştuğu, gang olarak ise kuvars ve kalsitin bulunduğu anlaşılmaktadır. İkincil olarak malahit, azurit, kovelin ve kalkozin mineralleri bulunmaktadır. Cevher damarının üst seviyelerinde galen

ve sfalerit daha fazla iken alt seviyelerde pirit ve kalkopirit bakımından bir artış görülmektedir.

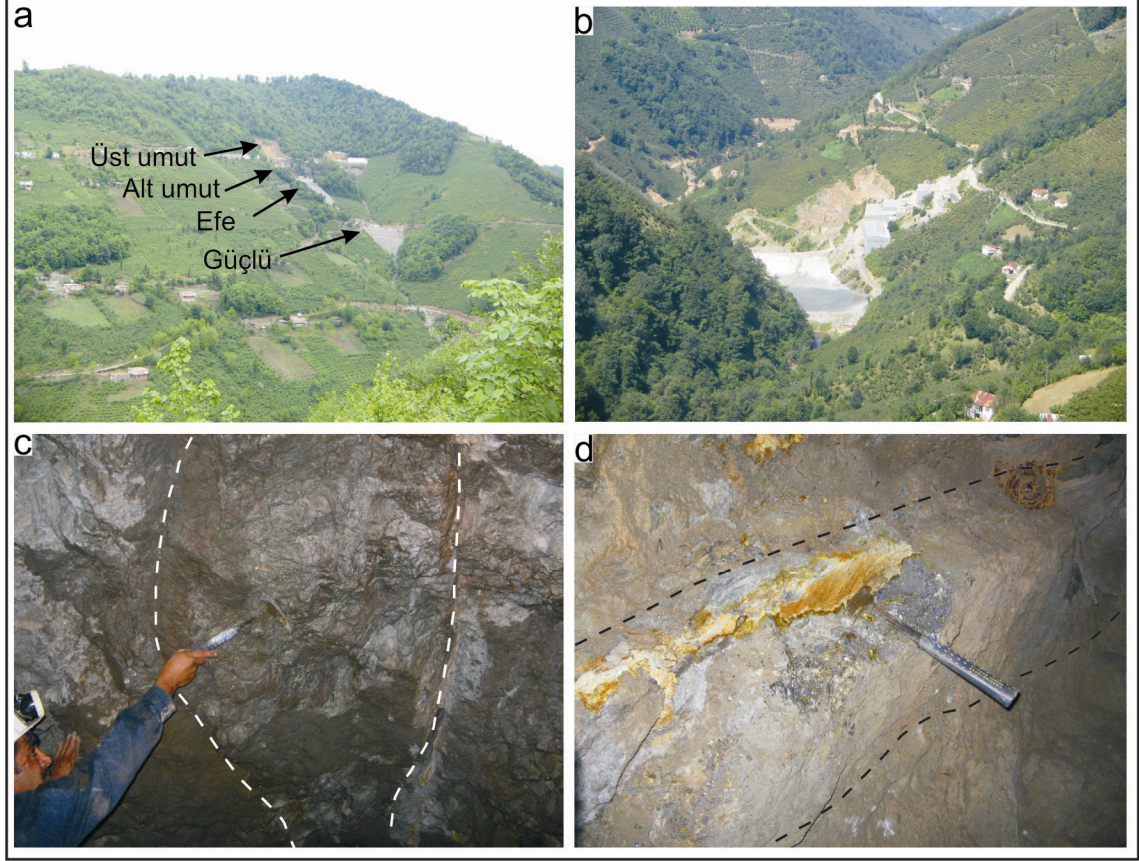


Şekil 26. Akgüney ve Demirogluk damarları çevresinin jeoloji haritası.

Akgüney sahasında işletilmekte olan bu 2 damarın dışında, Madengözü deresinin kuzey yamacında 4 ayrı kuvars damarı daha bulunmaktadır (Şekil 28a, b ve c). K80-85B/25-75° KD konumlu olan bu kuvars damarlarının kalınlıkları 5-40 cm arasında değişmektedir. Kuvars gangi içinde saçınım şeklinde pirit ve sfalerit, çok daha az oranda da galen mineralleri içeren bu damarlarda, ekonomik olmamaları nedeniyle herhangi bir sondaj veya galeri çalışması yapılmamıştır.

Sahada bulunan diğer cevher damarları da, işletilmekte olan damarların daha kuzeyinde, Bakacak sırtının güney yamacında, Ovaşkur deresi içinde bulunur (Şekil 28d). K60D/ 65° KD konumlu ve yer yer 1 m kalınlığa ulaşan cevher damarını işletmek için iki adet galeri açılmış, ekonomik olmaması nedeniyle daha sonradan terk edilmiştir. El

örneklerine göre cevher sfalerit ve galen hâkim olmak üzere pirit ve kalkopirit içermekte, gang olarak da kuvarsın yanında kalsit ve çok daha az oranda barit eşlik etmektedir.



Şekil 27. a) Akgüney sahasında açılan galerilerin GB'dan görünümü, b) Madengözü deresi içindeki Flotasyon tesisinin görünümü, c ve d) Güçlü ocağı içindeki cevher damarlarının görünümü.

Akgüney sahasındaki cevherler yan kayaçlar içinde gelişen kırıklara epijenetik olarak yerleşmiş damar tip oluşuklardır. Kuvars gangının eşlik ettiği sülfidler içinde daha az oranda kalsit ve barit bulunmaktadır. Kalsit ve baritin daha çok damar içinde sonradan oluşan kırıklar boyunca kristallendiği anlaşılmıştır. Cevherin oksitlenmesine bağlı olarak yan kayaç yüzeyinde kırmızı ve kahve renkli hematitleşmeyle birlikte, sarı ve kirli beyaz renklere limonitleşmeler görülmektedir. Bu özellik cevherin pasasında da mevcuttur. Bunun yanında cevher damarı ilâ yan kayaç dokanakları boyunca oluşmuş yoğun killeşmiş zonlar bulunmaktadır.

Genel olarak damar tipte oluşan cevherlerin, yine bu damarlar içinde yer yer saçınımlı ve boşluk dolgusu yapıları tespit edilmiştir. Saçınımlı yapıda, kuvars gangi içinde

saçınım şeklinde görülen galen ve piritler belirgin iken, boşluk dolgusu yapılarında daha çok boşluklara doğru büyümüş hidrotermal kuvarslarla birlikte kalsit ve barit görülmektedir. Bunun dışında damarların bazı kesimlerinde galen ve sfalerit minerallerinin yoğunlaştığı masif-som cevher yapıları da mevcuttur.



Şekil 28. a, b ve c) Madengözü deresinin kuzey yamacında bulunan cevher damarları, d)Ovaşkur deresi içindeki galerinin görünümü.

3.4.1.2. Demirölük Damarları

Demirölük sahasında, doğrultuları K60-80B ve eğimleri de 70-80° GB olan 4 ayrı cevher damarı tespit edilmiştir. Andezit ve bazaltlar içinde gelişen fay zonları boyunca yapısal kontrollü olarak oluşan bu cevherleri işletmek amacıyla açılmış, ancak sonradan kapanmış durumda olan 6 ayrı galeri bulunmaktadır. Köse (1987) tarafından Ovaşkur damarları olarak tanımlanan cevherler Cumhuriyet öncesi dönemde işletilmeye başlanmıştır. 1960 yılından itibaren özel şahıslar ve farklı şirketler tarafından işletilen galeriler 1975 yılında kapanmış olup, saha hâlen özel bir şahıs adına ruhsatlıdır.

Bu damarlardan ilki Çekiç mahallesinin 500 m kadar doğusundaki vâdi içinde, 605 m kotunda bulunmakta olup, K60B düşey konumludur. Damar boyunca açılmış galeri girişi suyla doludur. Çoğunlukla sfalerit ve galenden, daha az oranda da pirit ve kalkopiritten oluşan yaklaşık 50 cm kalınlığındaki cevhere, gang olarak kuvars eşlik etmektedir (Şekil 29a). İkinci damar Çekiç mahallesinin doğusunda, Küçükburun'un batısında bulunan vâdi içinde 765 m kotundadır. K50B/ 80° GB konumlu olan cevher damarı boyunca açılmış bir galeri bulunmaktadır (Şekil 29b). Sfalerit ve galenle birlikte pirit ve kalkopirit içeren 30 cm kalınlığındaki damarda cevher, masif ve kuvars gangı içinde saçınımlı yapıdadır.

Üçüncü damar Çekiç mahallesinin güneyinde 755 m kotunda bulunur. K40B/ 65° GB konumlu damarı işletmek amacıyla açılmış eski bir galeri bulunmaktadır. Ancak galeri girişi tamamen çökmüş durumdadır (Şekil 29c ve d). 20 cm kalınlığındaki kuvars damarı içinde saçınımlı hâlde galen ve sfalerit bulunmaktadır. Bu cevher damarının doğrultusu boyunca GD yönünde yaklaşık 100 m mesafede, 20 cm kalınlığında kuvars damarı gözlenmiş, bu damarın da saçınımlı şekilde sfalerit ve galen mineralleri içerdiği belirlenmiştir. Bu ikinci damar düşey konumlu olmasına rağmen, doğrultularının aynı olması, birbirlerine benzer mineralojik bileşime sahip ve yakın olmaları nedeniyle bunların aynı damarın uzantısı olduğu düşünülmektedir (Şekil 29e).

Demiroluk sahasında bulunan dördüncü damar ise Bakacak sırtının kuzeyinde Ordu-Çambaşı yolu üzerinde 953 m kotunda bulunmaktadır (Şekil 29f). K80B/ 70° GB konumlu damarı işletmek için 3 ayrı galeri açılmış, ancak bu galeriler daha sonradan çökmüştür. Galerilerin pasalarından alınan örneklere göre masif hâldeki cevher içinde sfalerit ve galenle birlikte daha az oranda pirit ve kalkopirit bulunmaktadır.

Demiroluk sahasında bulunan cevherler yan kayaçlar içine epijenetik olarak yerleşmiş damar tip oluşuklardır. Bu sahadaki damarlarda cevhere gang olarak kuvars eşlik etmektedir. Diğer sahalarda görülen kalsit ve barite burada rastlanmamıştır. Genel olarak damar tip cevher yapısının bulunduğu sahada, saçınımlı, boşluk dolgusu ve masif-som yapılar da gelişmiştir. Saçınımlı cevher yapısında kuvars gangı içinde saçınım şeklinde pirit, sfalerit ve galen mineralleri bulunmaktadır. Boşluk dolgusu yapısında ise, damarlar içinde bulunan boşluklara doğru büyümüş hidrotermal kuvarslar ve galenler bulunmaktadır.

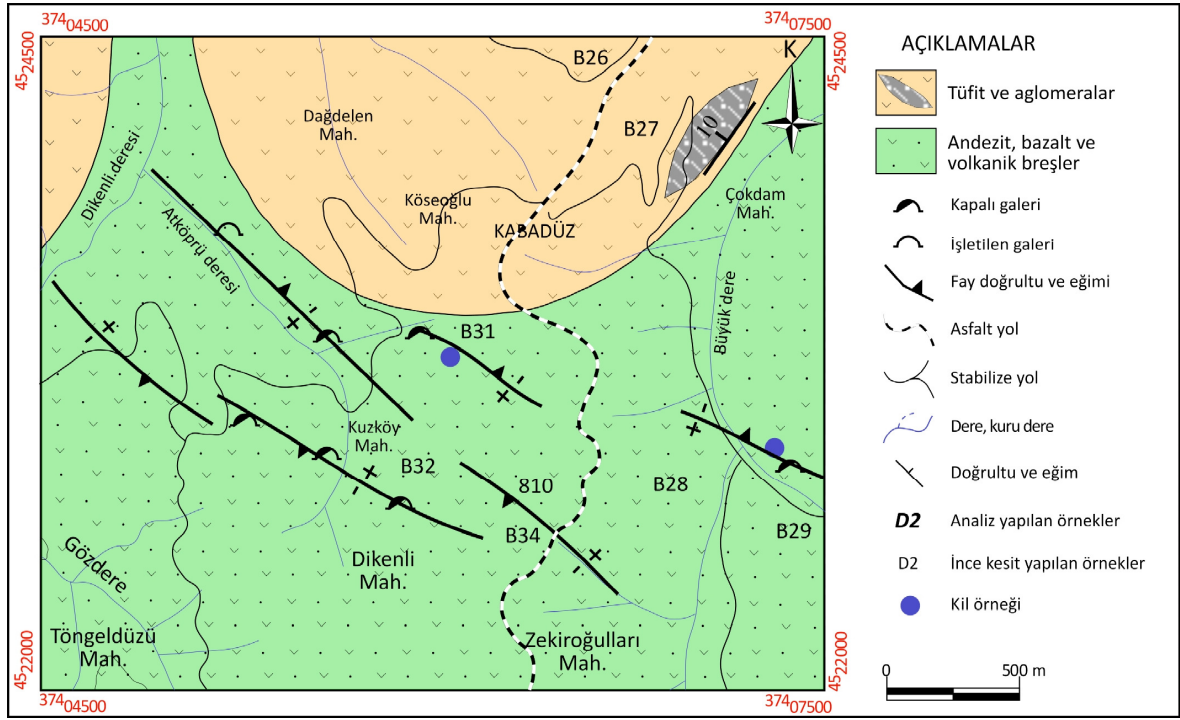


Şekil 29. a ve b) Çekiç mahallesi'nin doğusunda bulunan cevher damarı, c ve d) Küçükburun'un batısında bulunan cevher damarı, e) Küçükburun'un güneydoğusunda bulunan cevher damarı, f) Demiroluk galerilerinin KD yönünden görünümü.

3.4.2. Atköprü ve Çokdam Damarları

Atköprü ve Çokdam damarları Kabadüz ilçe merkezinin 1 km kadar G ve GB yönünde Kuzköy, Dikenli ve Çokdam mahalleleri çevresinde ve Atköprü deresi içinde bulunur (Şekil 30). Kuzköy ve Dikenli mahallelerinde bulunan 4 ayrı cevher damarını

işletmek için eskiden sürülmüş 8 galeri bulunmaktadır. Bu galerilerin 2 tanesi tamamen çökmüş durumdadır. Atköprü sahasındaki damarlar da diğerleri gibi K40-70B, doğrultuludur. Buna karşın damarların eğim yönleri KD veya GB'ya olacak şekilde farklılık göstermektedir (Şekil 31a, b ve c).



Şekil 30. Atköprü ve Çokdam damarları çevresinin jeoloji haritası.

Bu sahadaki damarlarda cevher minerali olarak galen, sfalerit ve pirit, daha az oranda da kalkopirit bulunmaktadır. Dağdelen mahallesinin batısında, Atköprü deresi içinde bulunan damar için (Şekil 31d) (Katurkaşı) yeni bir galeri açılmaktadır. Diğer 6 galerinin girişi açık olmasına rağmen, galeri içlerinin suyla dolması nedeniyle girilememiştir (Şekil 32).

En düşük kotta bulunan Katurkaşı damarında diğer cevher minerallerine kıyasla kalkopirit miktarında bir artış söz konusudur. Sahada bulunan damarlarda (Çokdam damarı dışında) gang olarak kuvars mevcuttur. Genel olarak damar tip cevher yapısının hâkim olduğu sahada, bu damarlar içinde damar kalınlığının arttığı alanlarda özellikle galen ve sfalerit minerallerinin bazı kesimlerde yoğunlaşarak masif-som cevher yapılarını oluşturduğu görülür. Cevher damarı içinde ve yankayaç dokanaklarında piritlerin saçınımlı cevher yapısının yanında ağsal cevher yapıları gözlenmiştir.



Şekil 31. a ve b) Atköprü sahasında bulunan cevher damarlarının görünüşleri, c) Dikenli mahallesindeki cevher damarı, d) Dağdelen mahallesi batısında, Atköprü deresi içinde bulunan Katırkaşı damarı.

Çokdam damarı, Kabadüz ilçe merkezinin 1 km kadar GD'sundaki Büyükdere içinde bulunmaktadır. Konumu K60B/ 70° KD olan damarın doğrultusu boyunca açılan galeri girilemez durumdadır. Galeri girişinde 15 cm kalınlıkta olan cevher damarı ve pasada bulunan örnekler göre cevher çoğunlukla sfalerit ve galenden oluşmaktadır. Ayrıca bazı örneklerde çok az miktarda ve diğer minerallerin arasında saçınımlı yapıda pirit ve kalkopirit görülmektedir. Cevher damarı mostrasına göre gang olarak kuvarsın eşlik ettiği cevhere, pasada bulunan örnekler göre ise kuvarsın yanında bol miktarda kalsit eşlik etmektedir. Çokdam damarı Kabadüz yöresinde bulunan damarlar içerisinde, en bol kalsit içeren damar durumundadır. Kalsit oluşumları cevher mineralleri arasında kalan boşluklara doğru büyümüş, ayrıca cevher içinde gelişen kırıklar boyunca yoğun bir şekilde kristallenmiştir. Masif cevher yapısının hâkim olduğu Çokdam cevherinde breşik, saçınımlı, boşluklu ve damar tip cevher yapıları da görülmektedir. Atköprü ve Çokdam sahasında bulunan cevher damarlarının koordinatları ve özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 32. Kuzköy ve Dikenli mahallelerinde bulunan cevherleri işletmek amacıyla açılmış galerilerin görünümü.

3.4.3. Haydarlı Damarları

Haydarlı cevherleri Kabadüz'ün 3 km kadar GD'sunda bulunan Haydarlı deresi boyunca oluşmuşlardır. Haydarlı mahallesinde tespit edilen cevherlerin yerleri Şekil 33'de gösterilmiştir. Ayrıca bu damarların arazideki görünümleri Şekil 34'de, koordinat ve özellikleri de Tablo 4'de verilmiştir. Kalınlıkları 10 cm ile 1 m arasında değişen bu damarların ortak özelliği yapısal kontrollü olarak kırık hatlarına yerleşmiş olması ve doğrultularının KB'ya olmasıdır. Eğim yönleri genellikle GB iken, damarların birinde KD olarak ölçülmüştür (Tablo 4).

Haydarlı sahasındaki damarlarda kuvars gangi içinde çoğunlukla galen ve sfalerit daha az oranda da pirit ve kalkopirit bulunmaktadır. Bütün cevherlerde görülen damar yapısının yanında saçınımlı, breşik ve boşluk dolgusu yapıları yaygındır. Kuvars gangi içinde saçınım şeklinde galen ve piritler görülür. Breşik yapılar cevherin sonradan kırılmasına bağlı olarak oluşmuştur. Damar tip cevher yapısında ise bantlı, bakışlı ve

bakışsız yapılar izlenmektedir. Bantlı yapıda kuvars damarı içinde merkezde pirit ve kalkopirit, kenarlarda ise galen bantları bulunmaktadır. Bazı durumlarda esas damarın yan kayacı içinde gelişen tâli kırıklar boyunca oluşmuş pirit damarcıkları, stokvork cevher yapısını oluşturmaktadır.

Tablo 3. Atköprü ve Çokdam mahallelerinde bulunan cevher damarlarının koordinatları ve özellikleri.

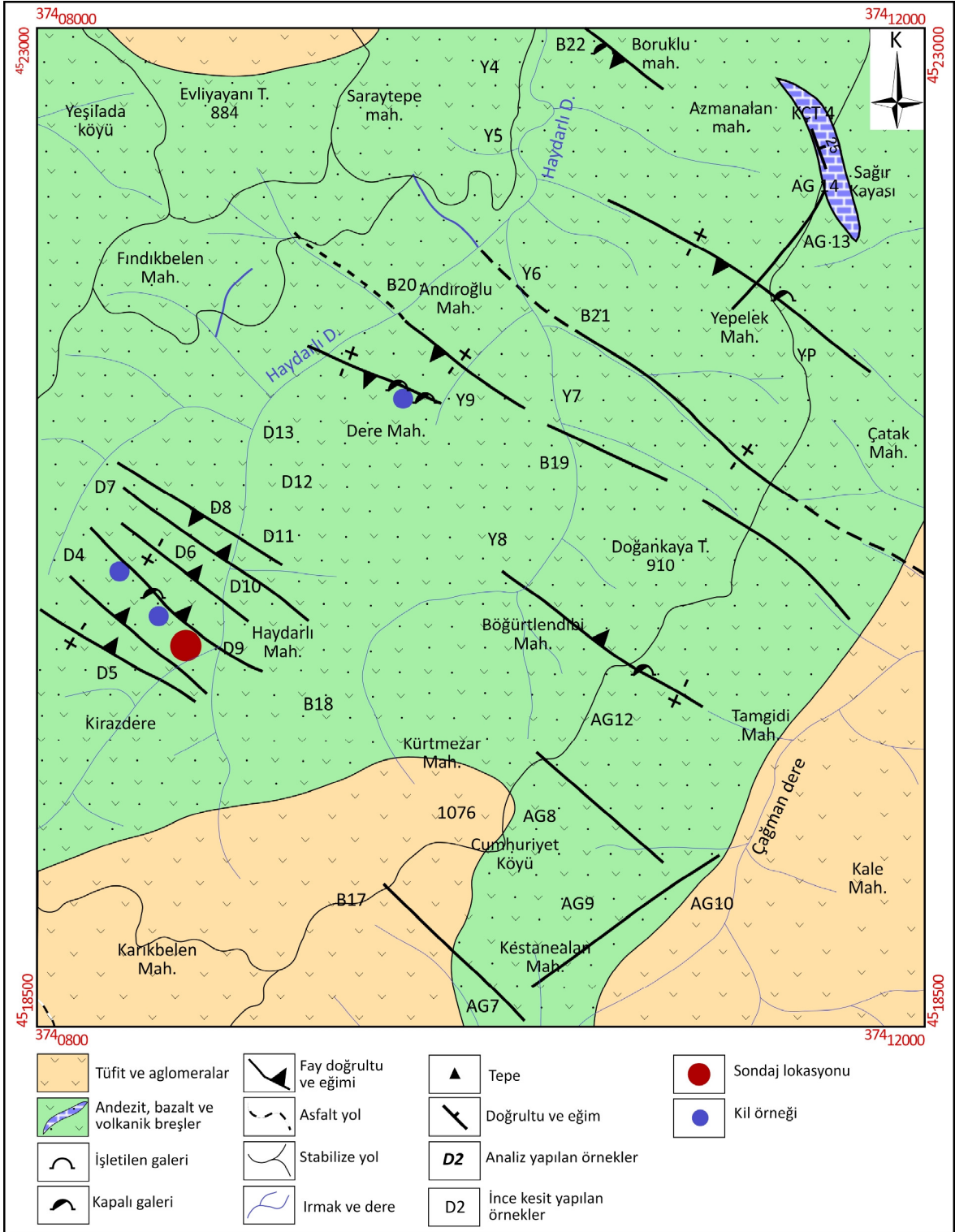
Koordinat	Rakım	Konum	Özellik
37405885 D 4522875 K	587 m	K60B/ 85 KD	20 cm kalınlıkta kuvars damarı içinde saçınım şeklinde sfalerit ve galen.
37405776 D 4522793 K	487 m	K40B/ 80 GD	80 cm kalınlıkta kuvars damarı içinde bol miktarda sfalerit ve galen, daha az oranda kalkopirit ve pirit.
37405752 D 4523180 K	415 m	K70B/ 80 GD	40 cm kalınlıkta kuvars damarı içinde sfalerit ve galen, saçınım hâlinde pirit.
37405253 D 4523756 K	245 m	K40B/ 55 KD	Yüzeyde 40 cm, galeri içinde 1 m kalınlıkta masif halde sfalerit ve galen içinde daha az oranda pirit ve kalkopirit.
37407202 D 4522939 K	358 m	K60B/ 70 KD	Yüzeyde 15 cm kalınlıkta olan damar masif hâlde galen ve sfalerit, saçınımlı olarak pirit ve kalkopirit içeriyor. Kuvarsın yanında kalsit ve barit bulunmaktadır.

Tablo 4. Haydarlı mahallesinde bulunan cevher damarlarının koordinatları ve özellikleri.

Koordinat	Rakım	Konum	Özellik
37408494 D 4520489 K	737	K60B/ 75 GB	15-20 cm kalınlıkta kuvars damarı içinde saçınım şeklinde galen ve kalkopirit
37408475 D 4520577 K	752	K50B/ 70 GB	10 cm kalınlıkta kuvars damarı içinde yer yer masif, bazen de saçınımlı olarak galen ve sfalerit
37408488 D 4520621 K	733	K70B/ 60 GB	1 m kalınlıkta kuvars damarı içinde merkez ve kenarlarda 10 cm kalınlıkta bakışsız yapıda galen bantları, fayın cevher oluşumu sonrasında hareketine bağlı olarak kırılmalar, yer yer kuvars içinde saçınımlı galen ve sfaleritler
37408627 D 4520584 K	633	K70B/ 50 GB	25-30 cm kalınlıkta kuvars damarı saçınımlı olarak sfalerit ve galen içermektedir
37408695 D 4520230 K	605	K40B/ Düşey	20 cm kalınlıkta kuvars damarı içinde sfalerit ve galen saçınımları
37408935 D 4520731 K	560	K50D/ 70 KD	50 cm kalınlıkta damarda sfalerit ve galene kalkopirit ve pirit eşlik eder. Kuvarsın yanında kalsit içermektedir

Cevher damarlarının çevresinde, birkaç metreyi geçmeyecek şekilde görülen hematitleşme ve limonitleşme kırmızı, kahve, sarımsı beyaz ve gri renk tonlarında görülmektedir. Bu zonlar boyunca saçınım şeklinde piritler yaygındır. Ayrıca cevher damarlarının yan kayaç dokanıkları 5-10 cm kalınlıkta sarımsı, beyaz, gri ve açık yeşil renklerde kil dolguludur. Söz konusu bu damarlar içinde cevher oluşum sonrasında gelişen kırıklar boyunca yoğun bir şekilde karbonat oluşmuştur. Cevher damarları içinde farklı yönlerde gelişen kırıklar boyunca oluşan karbonat dolguları birkaç cm kalınlığa kadar ulaşmaktadır. Bu karbonat dolgusu içinde hem makro örneklerde, hem de parlak kesitlerde her hangi bir cevher minerali gözlenmemiştir. Bu durum cevher oluşum sonrasında yoğun bir karbonatlaşmanın hâkim olduğunu göstermektedir.

Cevher damarları içinde görülen yoğun karbonatlaşmanın yan kayaçların alterasyonu sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Cevher damarlarını içine alan sahada bulunan andezitler yoğun bir şekilde serizitleşmiştir. Serizitleşme cevher damarlarına yaklaştıkça artmakta, damardan uzaklaştıkça ise azalmaktadır. Bazı durumlarda serizitleşme sonucu andezitler içinde bulunan plajiyoklasların tanınamayacak hâle geldiği görülmektedir. Bu nedenle cevher damarları içinde cevherleşme sonrasında oluşan kırıklar boyunca kristallenen karbonatların kalsiyumca zengin plajiyoklasların ayrışması sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir.



Şekil 33. Haydarlı, Boruklu, Yepelek ve Dere Mahalle çevresinin jeoloji haritası.



Şekil 34. Haydarlı mahallesindeki cevher damarlarının arazideki görünümüleri.

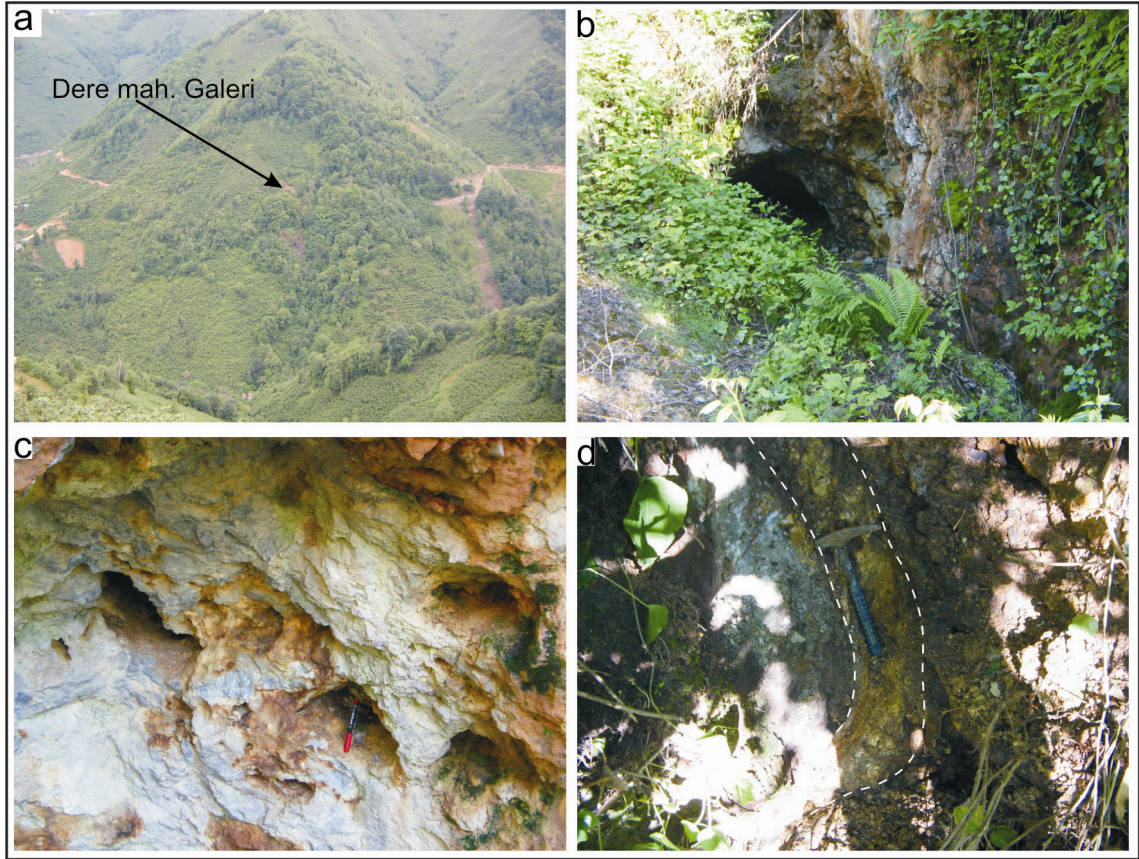
3.4.4. Yepelek ve Bögürtlendibi Mahalleleri Damarları

Yepelek ve Bögürtlendibi mahallelerinde bulunan damarların koordinatları 37411447 D, 4521742 K ve 37410783 D, 4520376 K şeklinde rakımları da 895 m ve 983 m olarak ölçülmüştür. Bunlardan Yepelek mahallesinde bulunan damarın konumu K60B/ 80° GB, Bögürtlendibi mahallesinde bulunan damarın konumu ise K80B/ 85° KD'dır. Her iki damarın girişinde de damarın doğrultusu boyunca eskiden açılmış galeriler mevcuttur. 20-30 cm arasında değişen kuvars damarları içinde saçınım şeklinde galen ve sfalerit gözlenmiştir.

3.4.5. Boruklu ve Dere Mahalleleri Damarları

Dere mahallesinde bulunan damarlardan ikisi Dere mahallesinin 500 m kuzeyinde, üçüncü damar da Dere mahallesinin 1 km doğusunda bulunmaktadır (Şekil 33 ve Şekil 35a). Bu cevher damarları 1968'de Rasim İhsan tarafından işletilmeye başlanmış, 1975 yılında günün şartlarında ekonomik olmaması nedeniyle terk edilmiştir. Dere mahallesinde bulunan damarlardan ilki 37409608 D, 4521446 K koordinatında ve 540 m rakımındadır. K80B, düşey konumlu bir fay zonu boyunca oluşan cevher yaklaşık 2 m kalınlığındaki fay zonu içerisinde, fay breşinin arasını doldurmaktadır. Kuvars ganginin içinde çoğunlukla galen ve sfalerit, daha az oranda da kalkopirit ve pirit mineralleri bulunur. Bu noktada damarı işletmek amacıyla açılan 2 adet galeri bulunmaktadır (Şekil 35b). Cevher yan kayacında yoğun bir şekilde görülen hematitleşmeye limonitleşme eşlik etmektedir. Hematitleşmenin yoğun olarak görüldüğü yan kayalarda oksidasyon sonucu boşluklu yapılar gelişmiştir (Şekil 35c). Ayrıca cevher damarı ilâ yan kayaç dokanağı boyunca 10-15 cm kalınlıkta kil zonu bulunmaktadır.

Diğer cevher damarı, Boruklu mahallesinden geçen Haydarlı deresi içinde, 37409700 D, 4521835 K koordinatında ve 511 m rakımında bulunur. K60B/ 70° GD konumlu ve yaklaşık 20 cm kalınlığındaki damar kuvars gangi içinde saçınım şeklinde galen, sfalerit ve pirit daha az oranda da kalkopirit içermektedir. Damar yan kayaç dokanağı boyunca yoğun bir killeşme görülmektedir (Şekil 35d).



Şekil 35. Dere mahallesinde bulunan cevher damarının KB'dan (a) ve galeri girişinden (b) görünümü, c) Galeri girişinde, cevher yan kayaç dokanağında boşluklu yapılar, d) Boruklu mahallesindeki cevher damarının çöken galeri girişindeki görünümü.

Dere mahallesinde bulunan üçüncü cevher damarının koordinatları 37409944 D, 4521544 K ve rakımı da 485 m'dir. K50B/ 50° GB konumlu damar 15 cm kuvars gangı içinde saçınım şeklinde galen ve sfalerit mineralleri içermektedir. Bu damarın devamında 37410339 D, 4521332 K koordinatında ve 470 m rakımında dere içinde açılmış olan galeri tamamen suyla dolmuştur.

Haydarlı Mahallesi'nde andezitik kayalar içerisinde kırıklar boyunca yerleşmiş çok sayıda cevher damarının yanında, silisleşme ve killeşme zonları tespit edilmiştir. Yoğun silisleşme gösteren zonların merkezî kısımlarında, 15-20 cm'ye ulaşan kuvars damarları bulunmaktadır. Haydarlı mahallesi çevresinde cevher içeren kırıkların dışında, herhangi bir cevherleşme içermeyen, KB-GD doğrultulu çok sayıda fay zonu bulunmaktadır.

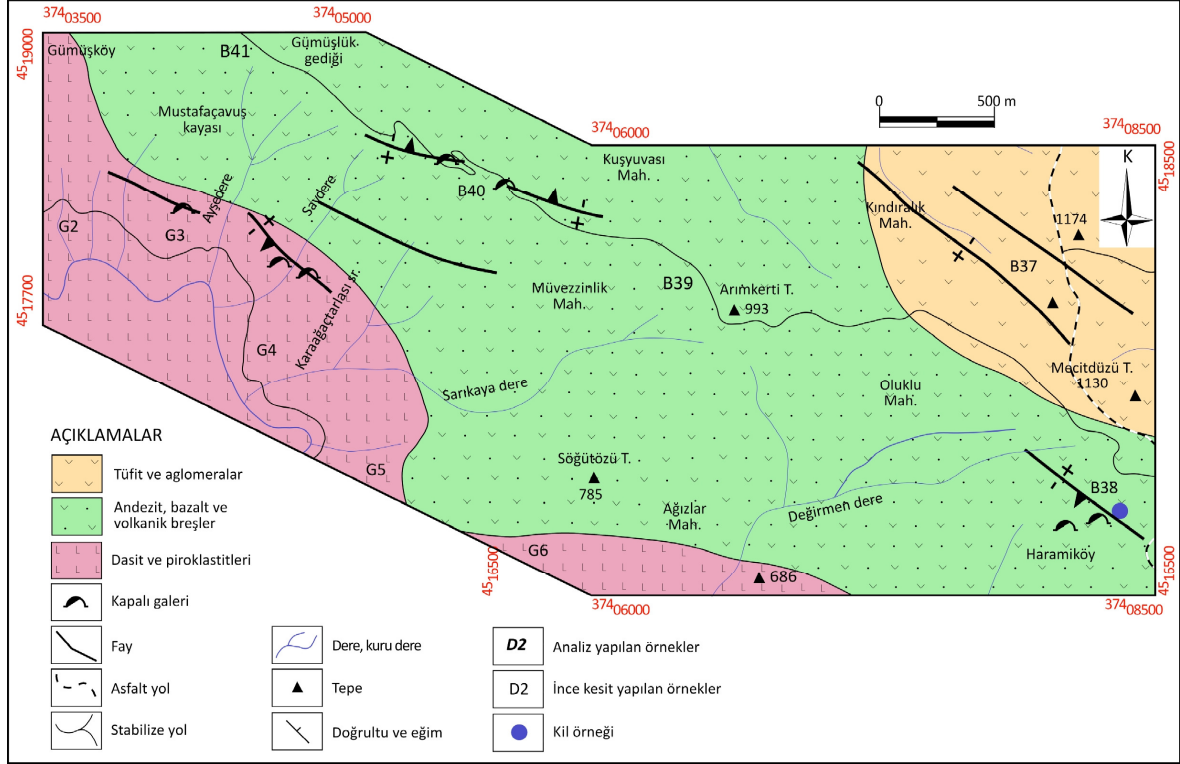
3.4.6. Harami ve Kuşyuvası Damarları

Harami cevheri Haramiköy-Oluklu mahallesinde, 374008117 D, 4517174 K koordinatında ve 1031 m rakımında bulunur. Yaklaşık 1 m kalınlıkta olan cevher damarı K50B/ 55° GB konumludur (Şekil 36). Cevheri işletmek için açılan 2 adet galeri girilemeyecek durumdadır (Şekil 37a). Pasada bulunan örneklerle göre galen ve sfalerit bakımından zengin olan cevher içinde daha az miktarda kalkopirit ve pirit bulunmaktadır. Galen ve sfaleritten oluşan masif cevher örneklerinin yanında nadiren kuvars içinde saçınımlı pirit ve kalkopirit minerallerinin oluşturduğu saçınımlı cevher yapısı görülmüştür. Yöredeki diğer damarlarda kuvars gangıyla birlikte nadiren görülen baritler bu cevherde daha yoğun olarak izlenmektedir. Cevher damarının yan kayaç dokanakları boyunca gelişmiş 10-15 cm kalınlıktaki kil oluşumu söz konusudur (Şekil 37b).

Harami damarından yapılan parlak kesitlerin incelenmesi sonucu cevher oluşumunun, çalışma alanı içinde bulunan diğer sahalarda olduğu gibi, iki ayrı dönemde gerçekleştiği belirlenmiştir. Birinci ve ikinci evrede oluşan pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenin yanında her iki evrede de tetrahedrit oluşumu söz konusudur. Ancak diğer cevher damarlarına kıyasla Harami damarının daha yoğun olarak tetrahedrit-tenantit içerdiği anlaşılmıştır. Mikroskop çalışmalarına göre Harami damarında iki ayrı evrede gerçekleşen kırılma belirlenmiştir. Birinci evreden sonra oluşan kırıklar ikinci evre cevher ve gang mineralleri tarafından doldurulmuştur. İkinci evre sonrası gelişen kırıkların ise cevher minerali içermeksizin gang mineralleriyle doldurulduğu gözlenmiştir. Hazırlanan ince kesitler ve XRD çekimlerine göre kırıkları dolduran minerallerin kalsit, ankerit ve dolomit türü karbonatlar olduğu belirlenmiştir.

Kuşyuvası mahallesinde ikisi andezit ve bazaltlar içinde, diğer ikisi de dasit ve dasitik tüfler içinde olmak üzere 4 ayrı cevher damarı belirlenmiştir. Andezit ve bazaltlar içindeki damarlardan ilki Kuşyuvası mahallesinin 500 m kadar batısında, 37405229 D, 4518432 K koordinatında ve 722 m kotunda bulunmaktadır. K80B doğrultulu, 70° KD'ya eğimli olan damar yüzeyde 20 cm kalınlıkta iken derine doğru damar kalınlığı artmaktadır. Galen, sfalerit ve pirit bakımından oldukça zengin olan damarda cevher minerallerine gang olarak kuvars eşlik etmektedir. Cevher damarının yan kayaç dokanakları boyunca killeşme ve yan kayalarda görülen hematitleşme yaygındır (Şekil 37c ve d). Damarın doğrultusu

boyunca açılmış galerinin bulunduğu sahada günümüzde herhangi bir madencilik çalışması yapılmamaktadır.



Şekil 36. Harami ve Kuşyuvası damarları çevresinin jeoloji haritası.

İkinci damar birincisine oldukça yakın olup 37405184 D, 4518546 K koordinatında ve 755 m rakımındadır. Andezitler içinde 20 cm kalınlığındaki kuvars damarı içinde saçınım şeklinde galen, sfalerit ve pirit bulunmaktadır. Bu noktada aynı cevher damarının iki ayrı kola ayrıldığı, ilk kolun K80B/ 75° GB konumlu, diğerinin de K80B/ 70° KD doğrultulu olduğu belirlenmiştir (Şekil 37e ve f). İki ayrı kola ayrılan bu cevher damarı, Kuşyuvası mahallesinin 500 m kadar batısında ve 722 m kotunda bulunan ve koordinatları yukarıda verilen bir önceki damarla birlikte haritaya yerleştirildiğinde, gerek mineralojik bileşim, gerekse konum ve uzanımları bakımından birbirinin devamı niteliğinde olduğu belirlenmiştir. Ancak bu iki damarın birbirinin devamı olup olmadığını mostrada takip etmek mümkün olmamıştır. Masif, saçınımlı ve bantlı cevher yapılarının görüldüğü bu cevher damarlarından hazırlanan parlak kesitlere göre pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenden oluşan cevherin iki ayrı evrede oluştuğu belirlenmiştir. Kabadüz yöresinde bulunan diğer

damarlarda olduğu gibi burada da cevherin iki ayrı evrede kırıldığı bu kırıkların ilk evrede kuvars, ikinci evrede ise karbonatlar tarafından doldurulduğu anlaşılmıştır.



Şekil 37. a ve b) Harami damarının çöken galeri girişi ve kil zonu, c ve d) Kuşyuvası mahallesinde bulunan cevher damarının galeri girişi ve yan kayaç kil zonu, e ve f) Kuşyuvası mahallesinde bulunan cevher damarlarının görünümleri.

Buraya kadar bahsedilen ve Kabadüz yöresinde bulunan diğer cevher damarlarının tamamı andezit ve bazaltlar içinde gelişmişken, Kuşyuvası mahallesinde bulunan iki ayrı

damar dasit ve dasitik tüfler içinde bulunan kırık hatları boyunca epijenetik olarak oluşmuştur. Bu cevher damarlarından ilki Kuşyuvası mahallesinin GB'sında 37404142 D, 4518209 K koordinatında ve 423 m rakımındadır (Şekil 38a ve b). Cevher damarının doğrultusu boyunca açılmış olan galeri girişi açık ancak girişten birkaç metre sonra çökme meydana gelmiştir. K80B, düşey konumlu ve 10 cm kalınlığındaki cevher damarı içinde çoğunlukla sfalerit ve galen, daha az oranda da pirit ve kalkopirit bulunmaktadır. Gang olarak kuvars ve baritin eşlik ettiği cevher mineralleri damar içinde saçınımlı yapıdadır. Ayrıca yan kayaç içinde oluşan kırıkların da pirit mineralleri tarafından doldurulmasına bağlı olarak ağsal (stokvork) cevher yapısı gelişmiştir. Pasada bulunan örneklerde ise galen ve sfaleritin hâkim olduğu masif cevher yapıları belirlenmiştir. Yan kayaçlarda yoğun silisleşme ve cevher yan kayaç dokanağı boyunca killeşme görülmüştür.

Dasitik tüfler içinde bulunan diğer damar Saydere vâdisi içinde bulunmaktadır (Şekil 38c ve d). Vâdinin her iki yamacında da mostra veren cevher damarı boyunca galeriler açılmıştır. Cumhuriyet öncesi dönemde işletilen, günümüzde herhangi bir madencilik çalışmasının yapılmadığı sahada cevheri işlemek için kurulmuş olan çok sayıda körük ocağının yeri, yıkılmış olmasına rağmen belirgindir. Körükle eritilerek işlenmeye çalışılan cevherden geriye kalan oldukça büyük bir pasa yığını galerilerin önünde hâlen durmaktadır.

Sayderesi içinde bulunan cevher damarının koordinatları 37404789 D, 4518150 K ve rakımı da 394 m olarak ölçülmüştür. Bu damar ilki D-B/ 70° G, ikincisi ise K50B/ 80° GB konumlu olan iki ayrı kola ayrılmaktadır. Ancak birinci kolun devamlı olmadığı, buna karşın ikinci kolun yan kayaçlar içinde izlenen kırık hattı boyunca devam ettiği görülmüştür. Yer yer 1 m kalınlığa kadar ulaşan damar çoğunlukla sfalerit ve galen, daha az olarak da pirit ve kalkopirit içermekte olup, gang olarak ise kuvars bulunmaktadır. Damar içinde masif, saçınımlı ve ağsal yapılarının yanında breşik cevher yapıları da bulunmaktadır. Breşik yapılar, fay zonu boyunca parçalanmış dasit bloklarının arasını cevher minerallerinin doldurması sonucu oluşmuştur. Bunun yanında cevherin yer yer kırıldığı, oluşan bu kırıkların kuvars mineralleri tarafından doldurulması sonucu oluşan breşik yapıların da olduğu belirlenmiştir. Yan kayaçlar içinde gelişmiş yoğun silisleşmeyle birlikte, cevher yan kayaç dokanıkları kil dolguludur.



Şekil 38. a ve b) Ayşe derenin batı yamacında bulunan cevher damarının galeri girişindeki görünümü, c ve d) Saydere içinde bulunan damarın bulunduğu fay zonu ve cevher damarının görünümü.

3.4.7. Cevher Damarlarının ve Yan Kayaçların Kıymetli Metal Potansiyeli

Kabadüz yöresinde cevher damarlarında bulunan esas cevher mineralleri çokluk sırasına göre galen, sfalerit, pirit, kalkopirit ve tetrahedrit-tennantitten oluşmaktadır. Açılan galerilerden ve galerilerin pasalarından alınan örneklerden anlaşıldığı üzere üretilen esas cevher galen, sfalerit ve daha az oranda kalkopirit şeklindedir. Gerek galerilerden ve gerekse pasalardan seçilen örneklerin analizlerine göre de yöredeki cevher damarlarında Cu, Pb ve Zn'nin cevherin ana bileşenini oluşturduğu, genel olarak cevher damarlarının Zn içeriklerinin Cu ve Pb'den daha fazla olduğu söylenebilir (Şekil 39a).

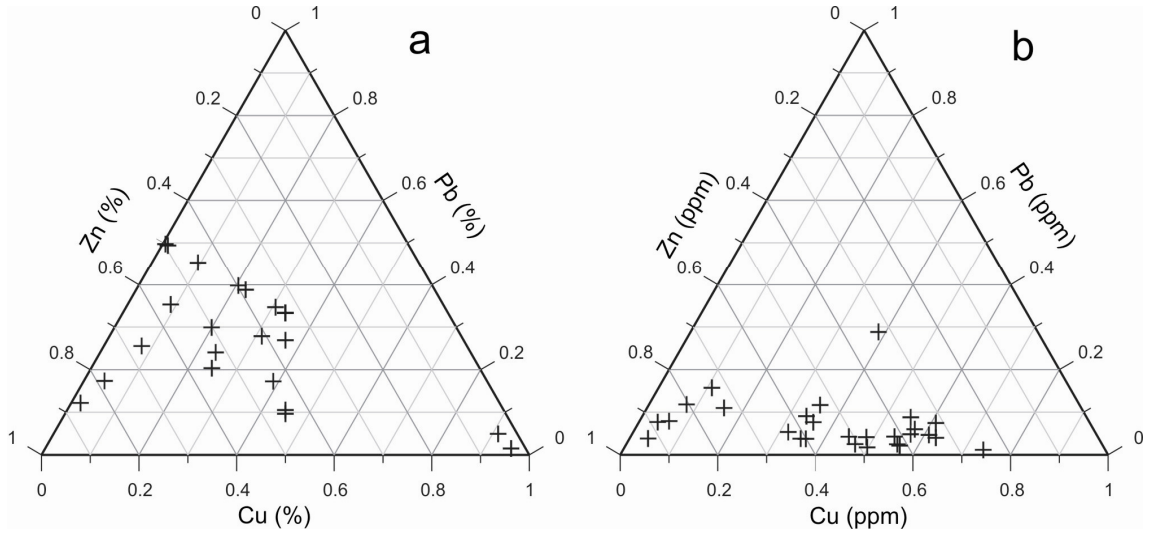
Yapılan toplam cevher analizlerine göre yöredeki cevher damarlarının Ag ve Au bakımından oldukça fakir olduğu belirlenmiştir (Ek Tablo 2). Ag miktarı Akgüney damarına ait 1 örnekte 200 ppm'den fazla (analiz üst sınırı) iken diğer örneklerde daha düşük değerler ölçülmüştür. Buna göre Atköprü, Haydarlı, Çokdam, Harami ve Demiroluk

damarlarında 0.5 – 122 ppm arasında ölçülen Ag Kuşyuvası, Dere mahalle ve Boruklu damarlarında daha da azalarak sırasıyla 6 ppm, 1 ppm ve 4 ppm'e düşmektedir. Tetrahedrit minerallerinin kısmen fazla olduğu damarlarda Ag'nin yüksek miktarlarda çıkması, Ag'nin çoğunlukla bu mineralin bünyesinde bulunduğunu göstermektedir.

Damarların çoğunda Au ölçüm sınırının altında (0.1 ppm) iken yalnızca birkaç örnekte ölçülebilmiş olup en yüksek değeri 1.5 ppm'dir. Buna göre Kabadüz yöresinde bulunan damarların tamamında Au'nun çok az olduğu söylenebilir. Mn (86-6022 ppm), Cd (ölçüm üst sınırı olan 4000 ppm) ve Bi (1-2100 ppm) yörede belirlenen önemli iz elementlerdir. Analiz sonuçlarına göre Cd'un Zn bakımından zengin örneklerde ve Bi'un ise Ag bakımından zengin örneklerde daha yüksek olduğu belirlenmiş, mineral kimyası analizleri dikkate alınarak Cd'un sfaleritlerin bünyesinde ve Bi'un ise tetrahedritlerin bünyesinde bulunduğu anlaşılmıştır. Buna göre Au bakımından fakir olan cevher damarlarında, Cd'un sfalerit bakımından, Bi ve Ag'nin ise tetrahedrit bakımından zengin damarlarda yan ürün olarak üretilebilecek nitelikte olduğu söylenebilir.

Cevher yan kayacı olan andezit ve bazaltların baz metal içeriklerine bakıldığında 3 örnekte tespit edilen 156, 157 ve 219 ppm Cu dışında diğerlerinin ortalama 49 ppm Cu içerdiği, 1 örnekte tespit edilen 285 ppm Pb dışında diğerlerinin ortalama 7.9 ppm Pb içerdiği ve 1 örnekte tespit edilen 3103 ppm Zn dışında diğerlerinin ortalama 59 ppm Zn içerdiği belirlenmiştir (Ek Tablo 1). Yan kayaçların bileşiminde bulunan Pb, Zn ve Cu değerlerinin, bu kayaçların içerebileceği ortalama değerlerden düşük olması nedeniyle, söz konusu cevherlerin oluşumunda yan kayaçların baz metal içeriklerinin potansiyel kaynak olamayacağı düşünülmektedir.

Bu analizlerde birkaç örnekte ölçülen oldukça yüksek Pb, Zn ve Cu değerlerinin, örneklerin cevher damarlarına yakın olması nedeniyle, hidrotermal alterasyondan etkilenmiş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca analiz sonuçları Cu-Pb-Zn üçgen diyagramına aktarıldığında, yan kayaçların Cu içeriklerinin, Pb ve Zn içeriklerinden daha yüksek oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 39b).



Şekil 39. Cevher damarlarının (a) ve yan kayaların (b) Cu, Pb ve Zn içerikleri.

3.5. Mineral Birlikteliği ve Oluşum Sırası

Kabadüz sahasında bulunan cevher damarlarının mineral birliktelikleri ve oluşum sıraları, hazırlanan parlak kesitler (117 adet) üzerinde yapılan mikroskop çalışmaları, XRD çekimleri ve mineral kimyası analizleri kullanılarak detaylandırılmaya çalışılmıştır. Mikroskop çalışmalarına göre yöredeki cevher damarlarının mineral birlikteliği, oluşum sırası ve dokusal özellikleri itibariyle birbirlerine benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. Buna göre yöredeki bütün cevherlerin pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve tetrahedrit-tenantit minerallerinden oluştuğu, gang olarak cevhere kuvars, kalsit, ankerit, dolomit ve baritin eşlik ettiği ve bütün damarlardaki cevher oluşumunun iki ayrı evrede gerçekleştiği anlaşılmıştır. Bu ortak özelliklerin dışında, Harami damarının tetrahedrit içeriğinin diğer damarlara kıyasla fazla oluşu, dasit ve piroklastitleri içinde bulunan Kuşyuvası damarının karbonat içeriğinin çok az oluşu gibi bazı farklılıklar da bulunmaktadır.

Yukarıda bahsedilen bazı farklılıklara rağmen mineral birlikteliği, oluşum sırası ve dokusal özelliklerinin benzerliği nedeniyle bütün damarlar birlikte değerlendirilerek parajenez tablosu hazırlanmıştır (Tablo 5). Buna göre bütün damarlardaki cevher oluşumu iki ayrı evrede gerçekleşmiştir. Birinci evrede oluşan mineraller oluşum sırasına göre pirit I, kalkopirit I, sfalerit I, galen I, tetrahedrit-tenantit I şeklinde, ikinci evrede oluşan mineraller de pirit II, kalkopirit II, sfalerit II, galen II, tetrahedrit ve tenantit II, nabit altın ve gümüş şeklinde sıralanmıştır. Bunun yanında her iki evreye ait sfalerit içindeki kalkopirit ve

kalkopirit içindeki sfalerit ayrılımları bulunmakla birlikte bu ayrılımları farklı mineral oluşum fazları şeklinde göstermeye gerek görülmemiştir. Modal mineralojik bollukları sayılmamakla birlikte hem arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemler, hem de mikroskop çalışmaları dikkate alınarak belirlenen mineral bollukları tabloda çizgi kalınlıklarındaki farklılıklarla temsil edilmiştir. Buna göre mineral bollukları sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, tetrahedrit-tenantit, nabit altın ve gümüş sırasını izleyerek azalmaktadır.

Yöredeki cevherlerde ikincil mineral oluşumu yaygın değildir. Bununla birlikte, kalkopirit ve galenin kırıkları boyunca kovelin-kalkozin oluşumları mevcuttur. Malahit ve azurite daha çok arazi gözlemlerinde cevherlerin mostralalarında rastlanmıştır.

Parajenez tablosunda verilen cevher minerallerinin mineralojik ve dokusal özellikleriyle birlikte kimyasal bileşimleri aşağıda minerallerin bolluk sırasına göre ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tablo 5. Kabadüz yöresi cevherlerinin mineral birlikteliği ve oluşum sıralaması.

Mineraller	I. Evre	II. Evre	İkincil Mineraller
Kuvars	—————	—————	
Pirit	—————	—————	
Kalkopirit	—————	—————	
Sfalerit	—————	—————	
Tenantit	—————	—————	
Tetrahedrit	—————	—————	
Galen	—————	—————	
Altın		—————	
Gümüş		—————	
Barit			—————
Kalsit			—————
Kovelin			—————
Kalkozin			—————
Malahit			—————
Azurit			—————

3.5.1. Sfalerit

Sfalerit, Kabadüz yöresi cevherlerinde en fazla görülen cevher mineralidir. Makroskobik olarak 0.5 cm'ye kadar ulaşan boyutlarda ve açık kahve renkli olup, genellikle galen minerallerine eşlik etmekle birlikte kalkopiritlerin bulunduğu örneklerde

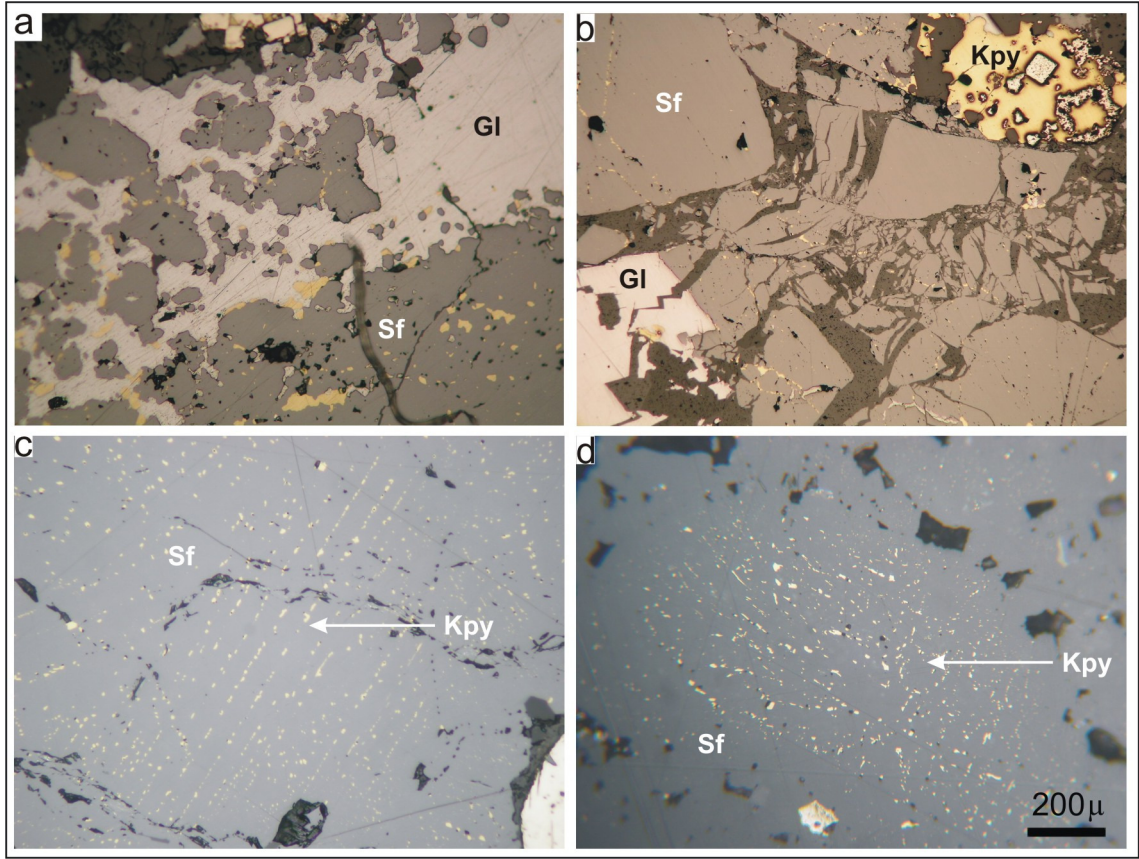
de görülmektedir. Mikroskopta gri renk tonlarında görülen sfaleritler, sarımsı kahve rengi iç yansıma gösterirler. Demir içeriğinin oldukça düşük olduğunu işaret eden açık renk tonlarındaki iç yansımalarını mineral kimyası analizleri de doğrulamaktadır.

Sfaleritler kendisinden önce oluşan pirit ve kalkopiriti ornatırken, kendisinden sonra oluşan kalkopirit ve galenler tarafından da ornatılmaktadır. Özellikle galen tarafından ileri derecede ornatılan sfaleritler, galenler içinde ornatım artığı kapanımlar şeklinde bulunurlar (Şekil 40a). Sfaleritler birlikte bulunduğu diğer minerallerde olduğu gibi yoğun bir şekilde kırılmıştır. Bu kırıklar kesitlerin bir kısmında mineral içinde gelişen çatlaklar şeklindeyken, bazı kesitlerde sfaleritler tamamen parçalanmışlardır (Şekil 40b).

Kabadüz yöresi cevherlerinin hepsinde sfaleritler kalkopirit ayrılımları içermektedir. Boyutları birkaç μm 'yi geçmeyen bu kalkopirit ayrılımları sfaleritler içinde homojen olarak dağılmış benekler şeklinde, mineralin kristal eksenine paralel olacak şekilde bir veya iki farklı yönde sıralanmış şekillerde (Şekil 40c), mineralin merkezinde veya herhangi bir kısmında yoğunlaşmış şekillerde bulunurlar (Şekil 40d).

Sfalerit içindeki kalkopirit ayrılımları genellikle mineral içinde eş boyutlu ve homojen dağılımlı iken, bazı kesitlerde bu ayrılımların boyutlarının sfaleritlerin galenle olan dokanağı boyunca büyüdüğü görülmüştür. Bu durum Lermi (2004) tarafından galenin oluşumu esnasında sıcaklık artışına bağlı olarak mevcut ayrılımların boyutlarının büyüdüğü şeklinde açıklanmaktadır.

Kabadüz yöresi cevher damarlarında bulunan sfaleritlerin kimyasal özelliklerini araştırmak, birbirinden farklı damarlarda minerallerin kimyasal bileşimindeki değişimleri ortaya koymak ve kökensel özellikleri belirlemek amacıyla 9 ayrı damardan toplam 237 nokta sfalerit analizi yapılmış olup, sonuçlar Ek Tablo 3'de verilmiştir. Buna göre sfaleritlerin Fe, Cu, Cd ve Mn içerikleri sırasıyla 0.19-3.37 ağırlık %, 0-2.33 ağırlık %, 0.15-0.89 ağırlık % ve 0-0.35 ağırlık % arasında değişmektedir. Örneklerin çoğunda sfaleritler Ag ve Hg içermezken, birkaç analizde bu elementler sırasıyla en yüksek 0.07 ve 0.08 ağırlık % olarak ölçülmüştür. Bunun yanı sıra Akgüney damarından alınan bir cevher örneğindeki sfalerit kristalleri üzerinde gerçekleştirilen mikrokimyasal analizlerde, sadece bir noktada Fe içeriğinin 8.08 ağırlık %'e, Cu değerinin ise 8.52 ağırlık %'ye ulaştığı gözlenmiştir. Bu analizin yapıldığı bölgenin bol miktarda kalkopirit ayrılımları içermesi nedeniyle, bu yüksek Fe ve Cu değerlerinin o noktadaki sfaleritin bileşimini yansıtmaktan çok kalkopirit ayrılımlarından kaynaklanan kirlenmelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 40. a) Sfaleritlerin galen tarafından ornatımı, b) Sfaleritlerin gelişen kırıklar, c) Sfaleritler içinde paralel dizilmiş kalkopirit ayrılmaları, d) Sfalerit içindeki kalkopirit ayrılmalarının kümelenmesi (Gl: Galen, Sf: Sfalerit, Kpy: Kalkopirit).

Sfaleritlerin bileşiminde bulunan Cu'nun Zn ile gösterdiği negatif korelasyon ($r = 0.59$), mineral bileşimindeki Cu-Zn değiş-tokuşunu gösterirken (Şekil 41a), Fe'nin Cu ile gösterdiği pozitif korelasyon ($r = 0.67$) ise Fe ve Cu'nun birlikte artış gösterdiği anlamına gelmektedir (Şekil 41b). Bütün damarlardaki sfaleritlerin Fe içerikleri düşük, Zn içerikleri yüksektir (Şekil 41c). Cd'un bütün damarlara ait sfaleritlerdeki bollukları 0.15-0.89 ağırlık % (ort. 0.40 ağırlık %) arasında değişmektedir. Bununla birlikte Boruklu damarındaki sfaleritlerin Cd içeriği ortalama 0.63 ağırlık % ile en yüksek, Atköprü damarındaki sfaleritlerin Cd içeriği ise ortalama 0.23 ağırlık % ile en düşük iken, diğer damarlardaki sfaleritlerin Cd içerikleri arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir (Şekil 41d).

Sfalerit, cevherin oluşum koşullarını ve kökenini yansıtan önemli bir mineraldir (Craig ve Vaughan, 1994; Cook, 1996; Holten vd., 2000; L'Heureux ve Jamtveit, 2002 ve Palero ve Martin-Izard, 2005). Grammatikopoulos ve Roth'a (2002) göre sfaleritlerin

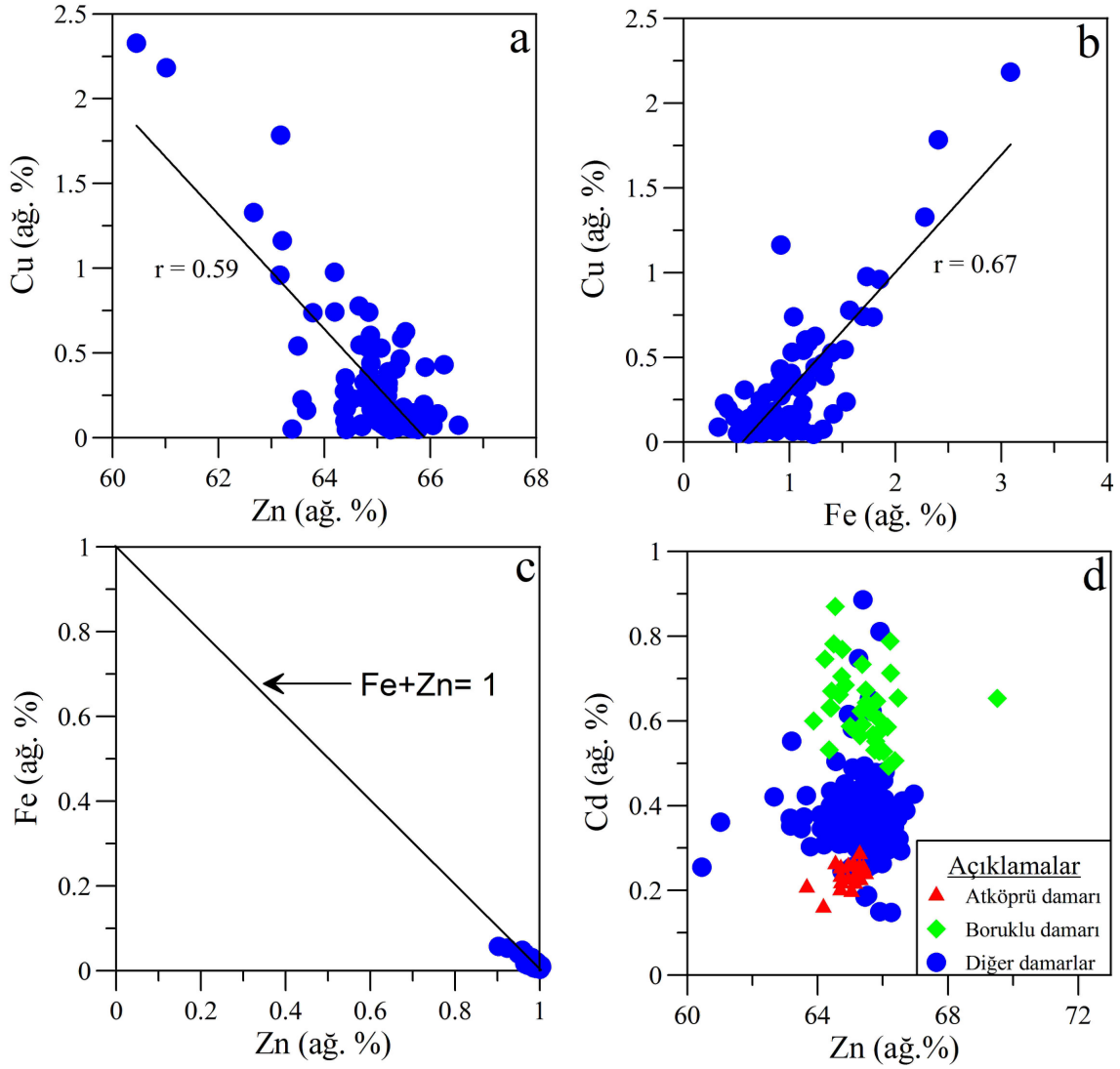
bileşimindeki değişiklikler mineralin oluşum sürecinde ortam şartlarındaki değişimi yansıtır. Dibenedetto vd. (2005)'e göre de sfaleritin bileşimindeki değişiklikler mineralin oluşum sonrası dengelenme şartlarından çok ilk oluşum zamanındaki kimyasal bileşimi temsil eder. Bundan dolayı sfalerit minerallerinin herhangi bir element bakımından zonlanma göstermemesi, bu mineralin kristallenme sürecinde ortamın fizikokimyasal şartlarının değişmediği anlamına gelmektedir.

Mineral kimyası analizlerine göre elde edilen önemli bir bulgu da, sfaleritlerin Fe içeriğinin oldukça düşük oluşudur. Önceki çalışmalara göre sfalerit içinde FeS 56 mol %'ye kadar (Balabin ve Urusov, 1995 ve Pattrick vd., 1998), CdS 14 mol %'ye kadar (Tauson vd., 1977 ve Maurel, 1978) ve MnS de 15 mol %'ye kadar (Pattrick vd., 1998) çözünebilmektedir. Bu çalışmaların dışında sfaleritlerin Fe içeriğinin oluşum sıcaklığına paralel olarak artış gösterdiğini belirten araştırmalar da mevcuttur (Scott ve Brnes, 1971; Kojima ve Sugaki, 1985 ve Lusk ve Calder, 2004).

Ancak sfaleritlerde bulunan sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının 180 - 436.1 °C arasında ölçülmüş olması nedeniyle, bütün sfaleritlerin Fe içeriği bakımından fakir oluşunu (en fazla 3.37 ağırlık %) yalnızca düşük sıcaklık şartlarına bağlamak doğru olmaz. Diğer taraftan mineral birlikteliğinde bulunan tetrahedrit ve tenantitlerin de Fe içeriklerinin düşük olduğu (0.43-1.56 ağırlık %) dikkate alınırca, sfaleritlerin oluşumunu sağlayan hidrotermal çözeltilerin Fe bakımından fakir olduğu söylenebilir.

Sfalerit kimyası üzerine yapılan çalışmalara göre (Jonasson ve Sangster, 1978; Xuexin, 1984; Brill, 1989; Zaw ve Large, 1996; Xu, 1998 ve Gottesman ve Kampe, 2007), sfaleritlerin Cd içeriği ve Zn/Cd oranı yatak tipini belirlemede kullanılabilir. Jonasson ve Sangster (1978) ve Xuexin (1984), Zn/Cd oranının volkano-tortul yataklarda 417-531 arasında değiştiğini, buna karşın, magmatik hidrotermal yataklarda bu oranın en düşük değere sahip olarak 104-214 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Brill (1989) tarafından New South Wales Avustralya'da metamorfize olmuş hidrotermal yataklarda ortalama 698 olmak üzere en yüksek Zn/Cd oranı rapor edilmiştir. Xuexin'e (1984) göre hidrotermal yataklarda sfaleritlerin Zn/Cd oranı diğer yatakların hepsinden daha düşük olup 104-214 arasında değişim göstermektedir. Bu oran karbonat ilişkili tabakaya uyumlu yataklarda, metamorfize olmuş tortul yataklarda ve stratiform yataklarda 252-330 arasında değişirken, volkano-tortul yataklarda 417-531 arasındadır. Gottesman ve Kampe'ye (2007) göre bazaltik kayalara bağlı yataklarda sfaleritlerin Zn/Cd oranları 477 ve üzerinde iken,

andezitik kayalara bağlı yataklarda bu oran 328-427 arasında ve asitik kayalara bağlı yataklarda ise 300'ün altındadır. Buna göre bu oranın 250'nin altına düşmesi, granitik magmatizmayla ilişkili hidrotermal yatakları temsil etmektedir.



şekil 41. a) Sfaleritlerde Cu-Zn değiş-tokuşu, b) Sfaleritlerde Cu-Fe değiş-tokuşu, c) Sfaleritlerin Fe ve Zn içerikleri, d) Sfaleritlerin Cd içeriklerindeki değişim.

Kabadüz yöresindeki Boruklu damarında, sfaleritlerin Zn/Cd oranı ortalama 105 değeri ile en düşük, Atköprü damarında 288 ortalama ile en yüksek çıkarken, diğer damarların tamamında belirgin bir farklılık sunmaksızın 188 ortalamaya sahiptir. Yukarıda ayrıntılı olarak bahsedilen benzer çalışmalardan elde edilen bulgular dikkate alınarak,

sfaleritlerin Zn/Cd oranlarına göre Kabadüz yöresindeki bütün cevherlerin asitik karakterli bir magmatizmayla ilişkili olduğunu söylemek mümkündür.

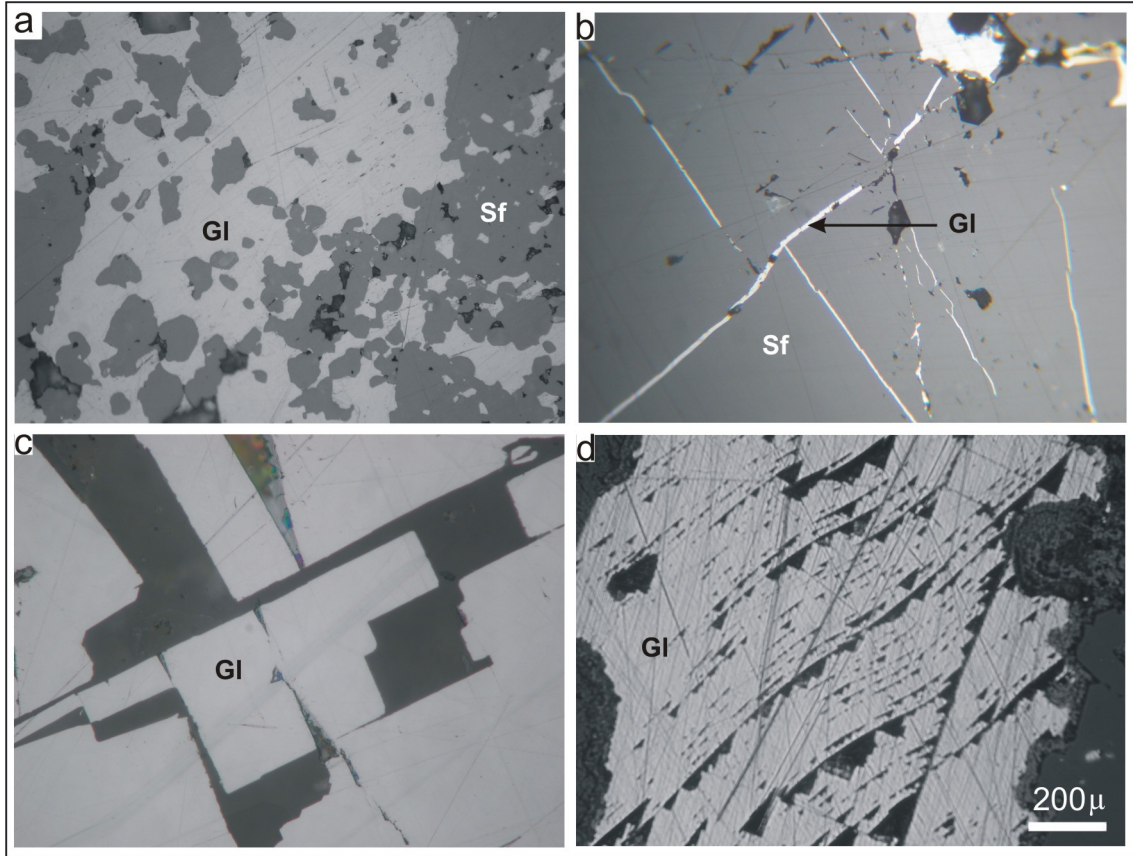
Corilla-Rosa vd. (2008) sfaleritlerin, Palero ve Martin-Izard (2005) ise sfalerit ve galenlerin kimyasal bileşimlerinin, birbirinden farklı yataklarda belirgin farklar gösterebileceğini savunmaktadırlar. Sfaleritlerin, galenlere göre daha çok farklılık gösterdiğini vurgulayan araştırmacılara göre sfaleritler özellikle Cd ve Cu içeriği bakımından birbirinden farklı yataklarda belirgin farklar göstermektedirler. Buna göre Kabadüz yöresi damarlarında sfalerit minerallerinin kimyasal bileşimlerinde belirgin bir farkın gözlenmesi bu damarların aynı veya benzer kökenli olup benzer süreçler sonucu oluştuğuna işaret etmektedir.

3.5.2. Galen

Kabadüz yöresi cevherlerinde sfaleritle birlikte en çok bulunan galen damarların üst kısımlarında daha yoğun olarak görülür. Yer yer 1 cm'ye yakın boyutlarda ve özşekilli olan galenler genellikle daha küçük boyutlarda ve özşekilsiz olarak diğer minerallerin arasını doldurmaktadır. Gri beyaz rengeyle kolaylıkla tanınabilen galenlerin özşekilli olduğu kesitlerde karakteristik üçgen yapıları gelişmiştir. İki farklı cevher oluşum evresinin belirlendiği tüm damarlarda bulunan galenler, her iki evrede de pirit, kalkopirit ve sfaleritten sonra oluşmuştur. Galenler kendisinden önce oluşan diğer minerallerin tamamını ornatmaktadır. Ornatımdan dolayı galenlerin diğer minerallerle olan dokanakları düzensiz sınırlar arzeder. Diğer minerallerin hepsiyle birlikte görülmesine rağmen, en çok sfaleritle komşu olması nedeniyle, galenler içinde ornatım artığı sfalerit kapanımları yaygın olarak bulunmaktadır (Şekil 42a). Diğer mineraller içinde gelişen kırıklar ornatma fazlarına kolaylık sağlamıştır (Şekil 42b).

Pirit, kalkopirit ve sfaleritlerde olduğu gibi galenlerin de yoğun bir şekilde kırıldığı gözlenmiştir. Ancak diğer minerallerdeki kırıklar düzensiz çatlaklar şeklindeyken, galenler genellikle mineralin dilinimleri boyunca kırılmıştır (Şekil 42c). Bazı örneklerde galenler kırılmaksızın deformasyona uğramış, bunun sonucu olarak da mineral içinde bükülmeler gelişmiştir (Şekil 42d). Ramdohr'a (1984) göre bu durumun nedeni mineralin sertliğiyle ilişkili olup, sertliği yüksek mineraller basınçta maruz kaldıklarında kırılırken, sertliği düşük mineraller bükülmeye uğramaktadırlar.

Kabadüz yöresinde bulunan Akgüney, Atköprü, Boruklu, Demiroluk, Harami, Haydarlı, Çokdam, Kuşyuvası ve Dere mahalle damarlarında bulunan galenlerden toplam 156 mineral kimyası analizi yapılmıştır. Galen minerallerinde ana elementler olan Pb ve S'in hâricinde Bi, Hg, Sb, Ag, Cu, Au, ve Zn araştırılmış, 18 analizde 0.1-0.18 ağı. % arasında Ag, 12 analizde 0.1-0.12 ağı. % arasında Au ve 4 analizde 0.1-0.4 ağı. % arasında Sb belirlenmiş, diğer analizlere göre galenlerin iz element içeriklerinin ölçüm sınırının altında olduğu anlaşılmıştır (Ek Tablo 5). Bu sonuçlara göre galenlerin çoğunlukla iz element içermediği, iz element içerenlerin de ölçülen düşük değerlerden dolayı iz element bakımından fakir oldukları söylenebilir. Galenlerin genel formülü $Pb_{1-1.02}S_{0.98-1.00}$ şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil 42. a) Galen içerisindeki ornatım artığı sfaleritler, b) Sfaleritlerin, mineral içinde gelişen kırıklar boyunca galen tarafından ornatımı, c) Galen içerisinde mineralin dilinimleri boyunca gelişen kırıklar, d) Galenlerde deformasyona bağlı olarak gelişen bükülmeler (Gl: Galen, Sf: Sfalerit, Kpy: Kalkopirit).

Mineral kimyası analizlerine göre birbirinden farklı cevherlerde galenler, kimyasal bileşim bakımından herhangi bir farklılık göstermemektedir. Ayrıca analizlerin bir kısmı mineralin merkezinden ve kenarından olacak şekilde yapılmış, buna göre de galenlerin merkezi ve kenarı arasında bileşimsel olarak bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Buna göre galenlerin herhangi bir zonlanma göstermediği söylenebilir.

Amcoff'a (1984) göre 390 °C'nin altındaki sıcaklıklarda kristallenen galenlerin yüksek oranda Ag içermesi mümkün değildir. Yazara göre galenlerin yüksek oranda Ag içermesi, oluşum sıcaklığının hâricinde önemli ölçüde Bi veya Sb içermesine bağlı olup, bu elementlerin mineral bünyesinde bulunması Ag'nin galenler içerisinde çözünürlüğünü önemli ölçüde artırmaktadır. Bundan dolayı araştırmacı, Bi veya Sb olmaksızın Ag'nin galenler içinde çözünürlüğünün son derece sınırlı olduğunu, Sb ve Bi'un yüksek sıcaklık şartlarında daha yüksek oranda bulunabileceğini, dolayısıyla galenlerin Ag içeriğinde sıcaklığın önemli bir parametre olduğunu belirtmektedir.

Huston vd. (1996)'ne göre ise galenlerin bileşiminde bulunan Ag, cevher içinde, Cu bakımından zengin yerlerde artma göstermekte, Ag içerikleri yüksek galenlerin Bi içerikleri de artmaktadır. Yüksek oranda Ag içeren galenlerin Bi içeriklerinin yüksek olduğu Shalaby vd. (2004) tarafından da rapor edilmektedir. Ayrıca Huston vd. (1996), Ag'nin yüksek sıcaklıklarda galen minerallerinin, düşük sıcaklıklarda ise tetrahedritlerin bileşiminde bulunma eğiliminde olduğunu belirtmektedir.

Kabadüz yöresi damarlarda bulunan galenlerin Ag içerikleri genel olarak ölçüm sınırının altında iken, birkaç analizde oldukça düşük değerlerde Ag belirlenmiştir. Galenlerin Bi ve Sb içerikleri ise bütün analizlerde ölçüm sınırının altındadır. Bu durumda galenlerin Ag içeriğinin bu derece düşük oluşu, yukarıda yapılan açıklamalara göre ya oluşum sıcaklığının düşüklüğünden veya hidrotermal çözeltilerin bileşiminde Ag'nin çözünürlüğünü artıracak düzeyde Bi ve Sb bulunmamasından kaynaklanabilir.

Sıvı kapanımlardan ölçülen ve kükürt izotoplarından hesaplanan sıcaklık değerlerine göre, cevherin oluşumu esnasında sıcaklık oldukça yüksektir. Diğer taraftan Sb, Bi ve Ag diğer minerallerde de oldukça düşüktür. Hattâ oldukça nadir olan fahlerz grubu minerallerin de Sb ve Ag bakımından fakir olan tenantit grubu olması ve Bi içeriğinin çok düşük oluşu, bu elementlerin cevher oluşum sürecinde hidrotermal çözeltilerin bileşiminde çok az olduğunu göstermektedir. Pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve tetrahedrit-tenantitlerden oluşan mineral birlikteliği dikkate alındığında Ag'nin bu

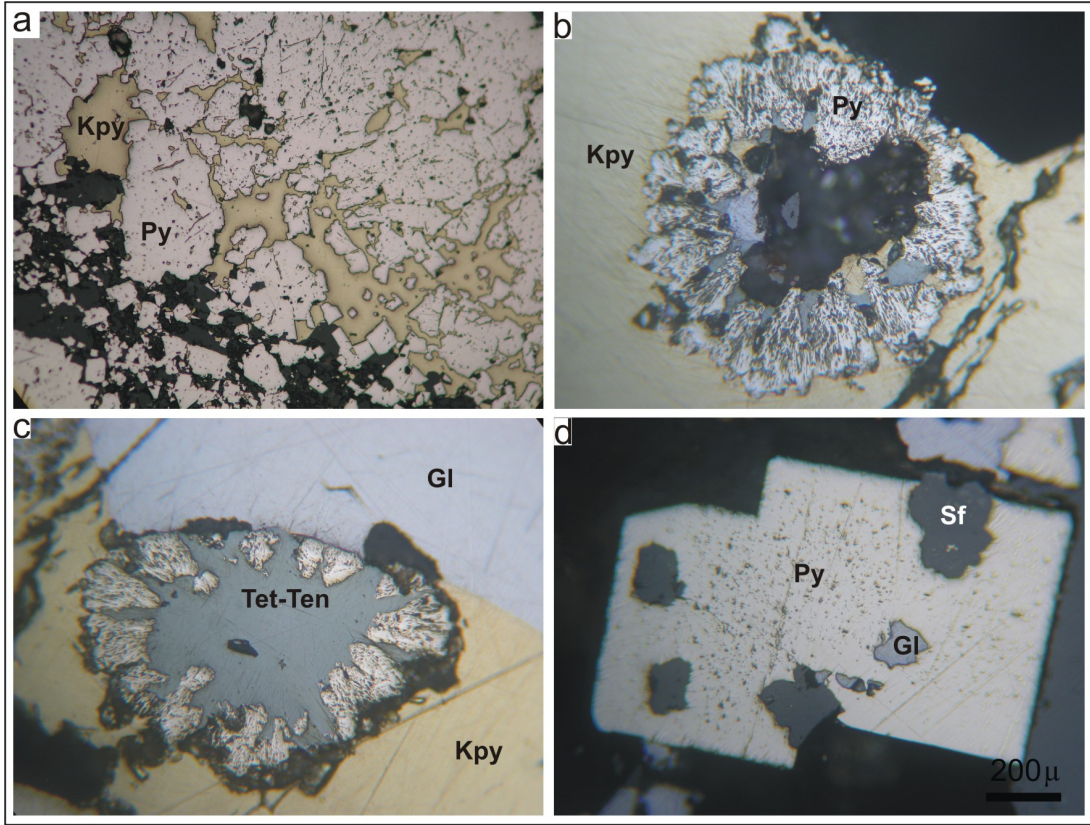
minerallerden çoğunlukla galen ve tetrahedritlerin bünyesinde bulunabileceği söylenebilir. Söz konusu alanda fahlerz grubu minerallerin, 1 ölçümü yapılan tek bir mineral hâricinde tenantit bileşiminde oluşu ve galenlerin de Ag bakımından fakir oluşu cevher damarlarını oluşturan hidrotermal çözeltilerin genel olarak Ag bakımından fakir olduğunun göstergesidir. Toplam cevher analizlerinde Ag'nin düşük çıkması (< 200 ppm) bu durumu desteklemektedir.

3.5.3. Pirit

Pirit, Kabadüz cevherlerinde sfalerit ve galenden sonra en çok görülen mineral olup, iki ayrı fazda oluşmuştur. Genellikle kalkopiritce zengin örneklerde yoğun olan piritlerin 1 cm'ye varan boyutlarda kristalleri mevcuttur. Galenler tarafından ornatılan piritler bulunmakla birlikte, en fazla ornatım piritle kalkopirit arasında gelişmiştir. Kesitlerde ornatım artığı pirit kapanımları kalkopiritler içinde yaygın olarak görülmektedir (Şekil 43a). Kısmen büyük boyutlu piritlerin kalkopiritler tarafından kenarlarından itibaren ornatıldığı örneklerin yanında (Şekil 43b), mineralin merkezinden itibaren tetrahedrit-tenantitler tarafından ornatılan piritler de bulunmaktadır (Şekil 43c).

Kesitlerin bir kısmında öz şekilli ve oldukça büyük boyutlu piritler yer yer galen ve sfalerit kapanımları içermektedir (Şekil 43d). Hammond ve Tabata (1997) ve Shalaby vd., (2004)'e göre kısmen büyük boyutlu piritlerde matriks veya diğer minerallerin kapanım şeklinde bulunması, bu piritlerin tekrar kristallenmeye uğradığı anlamına gelmektedir.

Ancak içerisinde galen kapanımları bulunduran piritlerin çevresinde galenin bulunması ve piritleri kenarlarından itibaren ornatması, mineral içerisindeki bu kapanımların aslında piritleri merkezinden itibaren ornatılan mineraller olduğunu düşündürmektedir. Bundan dolayı piritler içerisinde gözlenen oldukça küçük boyutlu galen kapanımlarının aslında piritlerin tekrar kristallenmesi sonucu değil, ornatım sonucu oluştuğu anlaşılmıştır.



Şekil 43. a) Piritlerin kalkopiritler tarafından ornatımı, b) Piritin kenarlarından itibaren kalkopirit tarafından ornatımı, c) Piritlerin mineral çevresi boyunca kalkopirit, merkezinden itibaren de fahlerz tarafından ornatımı, d) Pirit içindeki sfalerit ve galen kapanımları.

İncelenen parlak kesitlere göre piritler bol kırıklı ve çatlaklıdır (Şekil 44a). Kırıklar bazen bir mineral içinde bazen de birkaç minerali kat eden devamlı kırıklar şeklindedir. Oldukça büyük boyutlu piritlerde iyi gelişen çatlaklar, kısmen küçük boyutlu piritlerde daha az veya hiç gelişmemiştir. Bundan dolayı mineral boyutu arttıkça deformasyondan etkilenme derecesi artmıştır denebilir. Bazı kesitlerde oluşan kırıklar boyunca piritlerin kalkopiritler tarafından ornatıldığı, dolayısıyla mevcut kırıkların ornatım fazlarına kolaylık sağladığı anlaşılmıştır (Şekil 44b ve c).

Kesitlerin bir kısmında cevher ve gang mineralleri içinde gelişen kırıkların genişliği birkaç mikronu geçmezken, bazı kesitlerde bu kırıkların genişliği 200 μm 'yi aşmaktadır. Bu kırıklar mineral parçaları ve gang tarafından doldurulmuştur (Şekil 44d). Bu şekilde kırıklar boyunca oluşan mineraller ya sonraki fazlara ait minerallerin boşluklarda kristellenmesiyle veya ilksel mineralin tekrar remobilize olarak bu boşluklara taşınmasıyla açıklanmaktadır (Lianxing ve McClay, 1992). Gill'e (1969) göre kalkopiritlerin bu

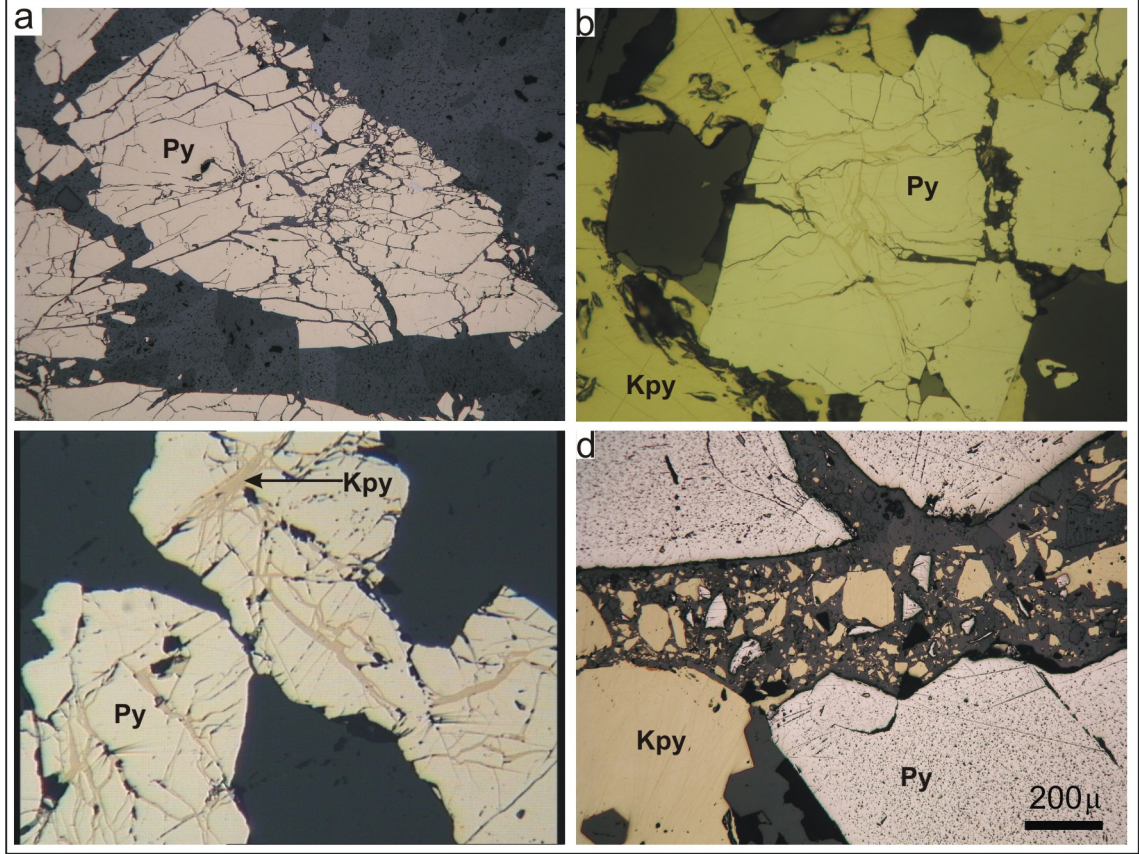
kırıklarda remobilizasyon sonucu tekrar kristallenmesi için 600 °C ve 0.7-1.7 kb basınç şartları gereklidir. Remobilizasyon için gereken sıcaklık ve basınç şartları Kabadüz yöresi cevherleri için oldukça yüksektir. Yöredeki damarlarda bulunan cevher minerallerinin tamamının gerek bütün damarlarda, gerekse farklı fazlarda kırılmış olması devam eden bir deformasyon sürecine işaret etmektedir. Bundan dolayı kırıklarda bulunan cevher minerallerinin remobilizasyon sonucu değil, kırılma sonucu oluşan birincil mineral parçaları olduğu anlaşılmaktadır.

Pirit oldukça sert bir mineral olması nedeniyle, birlikte bulunduğu diğer sülfütlere kıyasla deformasyondan daha fazla etkilenir. Piritlerin deformasyon dokuları çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir (McClay ve Ellis, 1983; Lianxing ve McClay, 1992; Craig ve Vokes, 1993 ve Kuşçu ve Erler, 2002). Sıcaklık ve basınç şartlarına bağlı olarak piritlerin gösterdiği deformasyon dokularıyla, yatağın tektonik geçmişi arasında açık bir ilişki kuran çalışmalar da mevcuttur (Craig, 1983; Cook vd., 1993 ve Lianxing ve McClay, 1992). Buna göre deformasyon dokularının piritten itibaren tüm cevher minerallerinde ve fazlarında görülmesi, birkaç kez tekrarlanmış olması, yatağın oluşumu süresince devam eden bir deformasyonun olduğunu göstermesi açısından önemlidir (Kuşçu ve Erler, 1998).

Kabadüz yöresi cevher damarlarında bulunan piritlerin kimyasal özelliklerini belirlemek, kökensel özelliklerini araştırmak ve farklı damarlarda bulunan piritlerin bileşimindeki değişimleri incelemek üzere seçilen örneklerden mineral kimyası analizleri yaptırılmış, sonuçlar Ek Tablo 4’de verilmiştir. 9 ayrı damara ait toplam 212 mineral kimyası analizinde piritlerin S, Fe, Ni, Co, Zn, As, Se, Au, Mn, Cu, Ag, Cd, Sb, Hg, Pb, Bi, Sn ve Te içerikleri araştırılmıştır. Piritlerin ana bileşenini oluşturan S ve Fe’nin dışında diğer element içerikleri Ni < 0.04 ağı. % (1 örnekte 0.12), Zn < 0.95 ağı. %, As < 0.13 ağı. % (3 örnekte 0.49, 0.58 ve 2.09), Se < 0.8 ağı. % (bir örnekte 0.17) ve Au < 0.14 ağı. % (bir örnekte 0.23) olarak ölçülmüş, buan göre piritlerin genel formülü $Fe_{0.97-1.01}S_{1.99-2.04}$ şeklinde hesaplanmıştır.

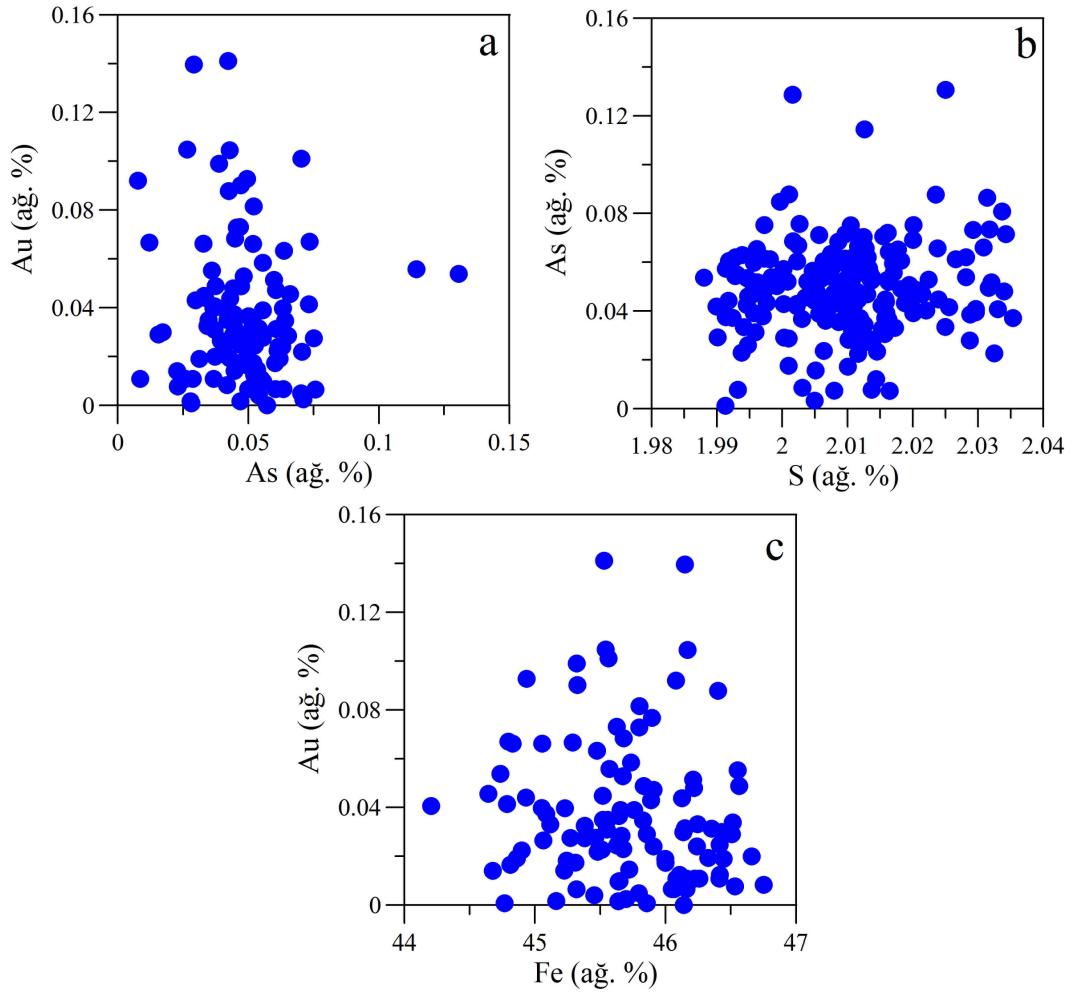
Mineral kimyası analizlerine göre yöredeki bütün damarlarda bulunan piritler As ve Au bakımından oldukça fakir olup, bu iki element arasında herhangi bir korelasyonun bulunmamaktadır (Şekil 45a). Benzer çalışmalarda piritlerin Au içeriklerinin düşük oluşu As miktarının düşüklüğüne bağlanmaktadır (Tauson, 1999; Fleet ve Mumin, 1997 ve Zacharias vd., 2004). Meyer vd. (1990)’ne göre ise piritlerin Au içeriğinin düşük olması hidrotermal çözeltilerin Au içeriklerinin düşük oluşundan kaynaklanmaktadır. Buna göre

Kabadüz yöresindeki piritlerin Au bakımından oldukça fakir oluşu, piritler içerisinde Au'nun çözünürlüğünü artıracak düzeyde As bulunmaması veya hidrotermal çözeltilerin Au iyonları bakımından fakir olmasından kaynaklanabilir.



Şekil 44. a) Piritlerde gelişen düzensiz şekilli kırıklar, b ve c) Piritlerin mineral içinde oluşan kırıklar boyunca kalkopiritler tarafından ornatımı, d) Genişliği 200 µm'yi aşan kırıklar (Py: Pirit, Kpy: Kalkopirit).

Zacharias vd. (2004), piritlerin As içeriğindeki artışın S miktarında azalmaya neden olduğunu, buna bağlı olarak As ve S arasındaki değişimin $Fe(As_xS_{1-x})_2$ bağıntısına uygun olarak geliştiğini savunmuştur. Diğer taraftan Fleet ve Mumin'in (1997) sentetik piritler üzerinde ve Johan vd. (1989)'nin de doğal piritler üzerinde yaptıkları çalışmalar, pirit mineralleri içinde Au artışının Fe azalmasına neden olduğunu göstermiştir. Ancak Kabadüz yöresinde piritlerin bileşiminde bulunan As ilâ S ve Au ilâ Fe arasında bahsedilen çalışmalara benzer ilişkiler bulunmamaktadır (Şekil 45 b ve c).



Şekil 45. Kabadüz yöresi piritlerde a) Au-As, b) As-S ve c) Au-Fe arasındaki ilişkiler.

Pirit, hem dokusal özellikleri, hem de kimyasal bileşimleri itibariyle oluşumu esnasındaki ve oluşumundan sonraki geçirdiği süreçleri yansıtan önemli bir mineraldir. Piritlerin oluşumu esnasında içinde kalan kapanımlar, bu mineralin oluşum koşulları hakkında bilgiler verdiği gibi, piritlerin Co, Ni ve As içerikleri de kökensel özelliklerini yansıtmaktadır (Cox, 1987; Cook vd., 1994 ve Cook, 1996).

Piritlerin Co ve Ni içerikleri ve Co/Ni oranları çok sayıda araştırmacı tarafından oluşum ortamını belirlemede önemli kriter olarak kullanılmıştır. Co/Ni oranının 1'den küçük olması genellikle sedimanter kökene işaret ederken, bu oranın 1'in üzerinde çıkması hidrotermal kökene işaret etmektedir (Bralia vd., 1979; Xuexin, 1984 ve Raymond, 1996). Ancak mineral kimyası analizlerine göre Co ve Ni içeriklerinin ölçüm sınırının altında oluşu (< 0.04 ağ. %) piritlerin bu elementler bakımından fakir olduklarını göstermektedir.

Clark vd. (2004)'ne göre, piritlerin Co ve Ni içeriklerinin veya Co/Ni oranının düşük olması, cevheri oluşturan hidrotermal çözeltilerin, bu elementlerce fakir olan yan kayaçlarla etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Buna göre hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan Co ve Ni yan kayaçların bileşimine geçtiği için, cevher damarında bulunan piritler bu elementler bakımından fakirleşmektedir. Böyle bir durumda cevher yan kayacının bu elementler bakımından zenginleşmesi beklenir. Ancak çalışma alanında cevher damarlarını kesen sondajlardan sistematik olarak alınan örneklerin analizlerine göre, cevher yan kayacında bu elementler bakımından zenginleşme belirlenmemiştir. Bundan dolayı piritlerin Co ve Ni bakımından fakir oluşunda, hidrotermal çözeltilerin cevher yan kayacıyla etkileşiminin rolü yoktur.

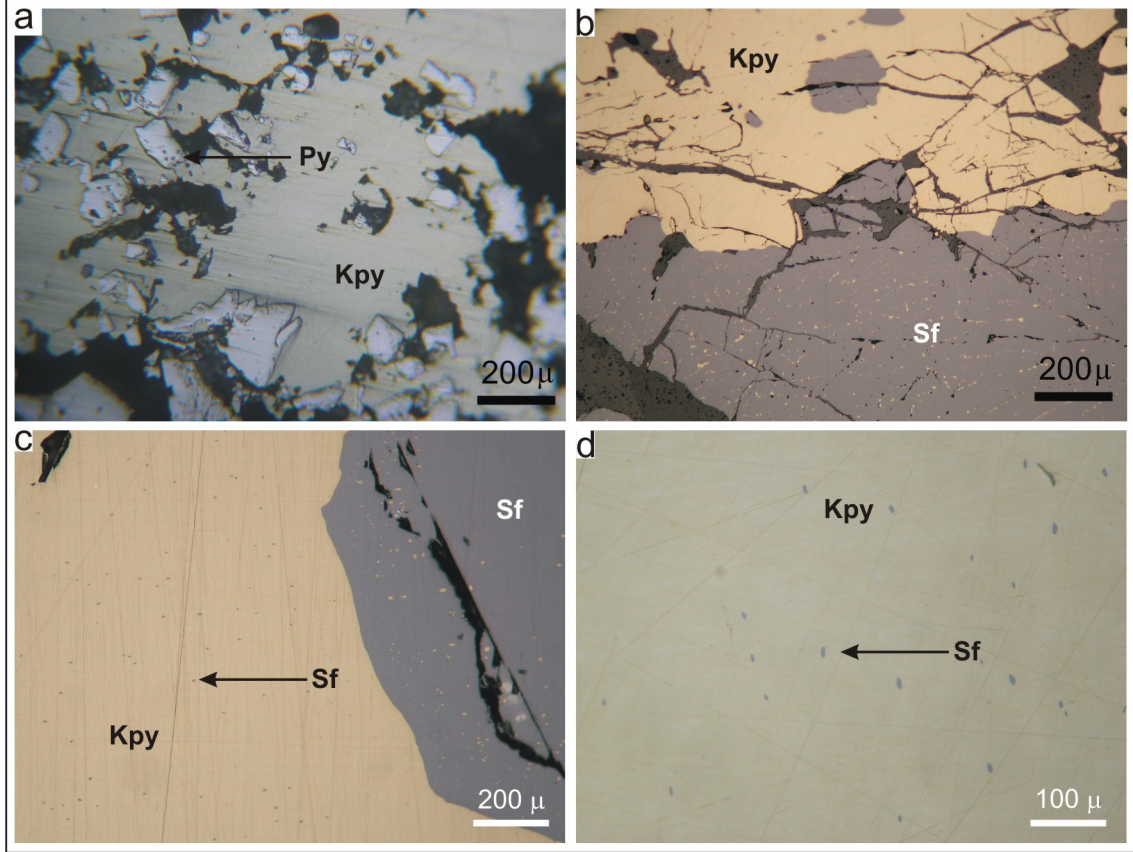
Diğer taraftan bir kısım araştırmaya göre (Shieh ve Chin, 1983; Güleç ve Erler, 1983; Botinelly vd., 1985; Bajwah vd., 1987;; Blevin ve Chappell, 1991 ve Ho vd., 1995) piritlerin Co ve Ni içeriklerinin düşük oluşu, asitik karakterli hidrotermal çözeltilerin göstergesi olarak kabul edilmiştir. Bundan dolayı bütün damarlardaki piritlerin düşük Co ve Ni içerikleri, yöredeki cevherlerin asitik karakterli hidrotermal çözeltilere ilişkili olduklarının göstergesi olabilir.

Ayrıca piritlerde kimyasal bileşim bakımından herhangi zonlanma saptanmamıştır. Bu durum Craig vd., (1998)'ne göre bu mineralin yüksek sıcaklık şartlarında oluştuğunun göstergesidir. Sıvı kapanım çalışmalarında ölçülen yüksek homojenleşme sıcaklıkları (180-436.1 °C arası) bu durumu destekler niteliktedir.

3.5.4. Kalkopirit

Kalkopirit, Kabadüz cevherlerinde galen, sfalerit ve piritten daha az oranda bulunur. Cevher damarlarının alt seviyelerinde arttığı gözlenen kalkopiritler genellikle pirite eşlik etmektedir. Mikroskop çalışmalarına göre cevherde, sfaleritler içindeki kalkopirit ayrılımlarının dışında iki ayrı evrede oluşmuş kalkopiritler bulunmaktadır. Yer yer sfaleritler tarafından ornatılan kalkopiritlerin kendisinden önce oluşan piritleri yoğun bir şekilde ornatıldığı gözlenmiştir. Bundan dolayı piritler bu mineral içinde ornatım artığı kapanımlar şeklinde görülmektedir (Şekil 46a). Diğer minerallerde yoğun olarak bulunan kırıklar benzer şekillerde kalkopiritler içerisinde de gelişmiştir. Bu kırıklar bazen birkaç minerali katedecek şekilde devamlıdır (Şekil 46b). Kalkopiritlerin diğer bir özelliği ise

yer yer sfalerit ayrılmaları içermesidir. Sfalerit içindeki kalkopirit ayrılmalarına kıyasla kalkopirit içindeki sfalerit ayrılmaları daha küçük ve daha seyrekir (Şekil 46c ve d).



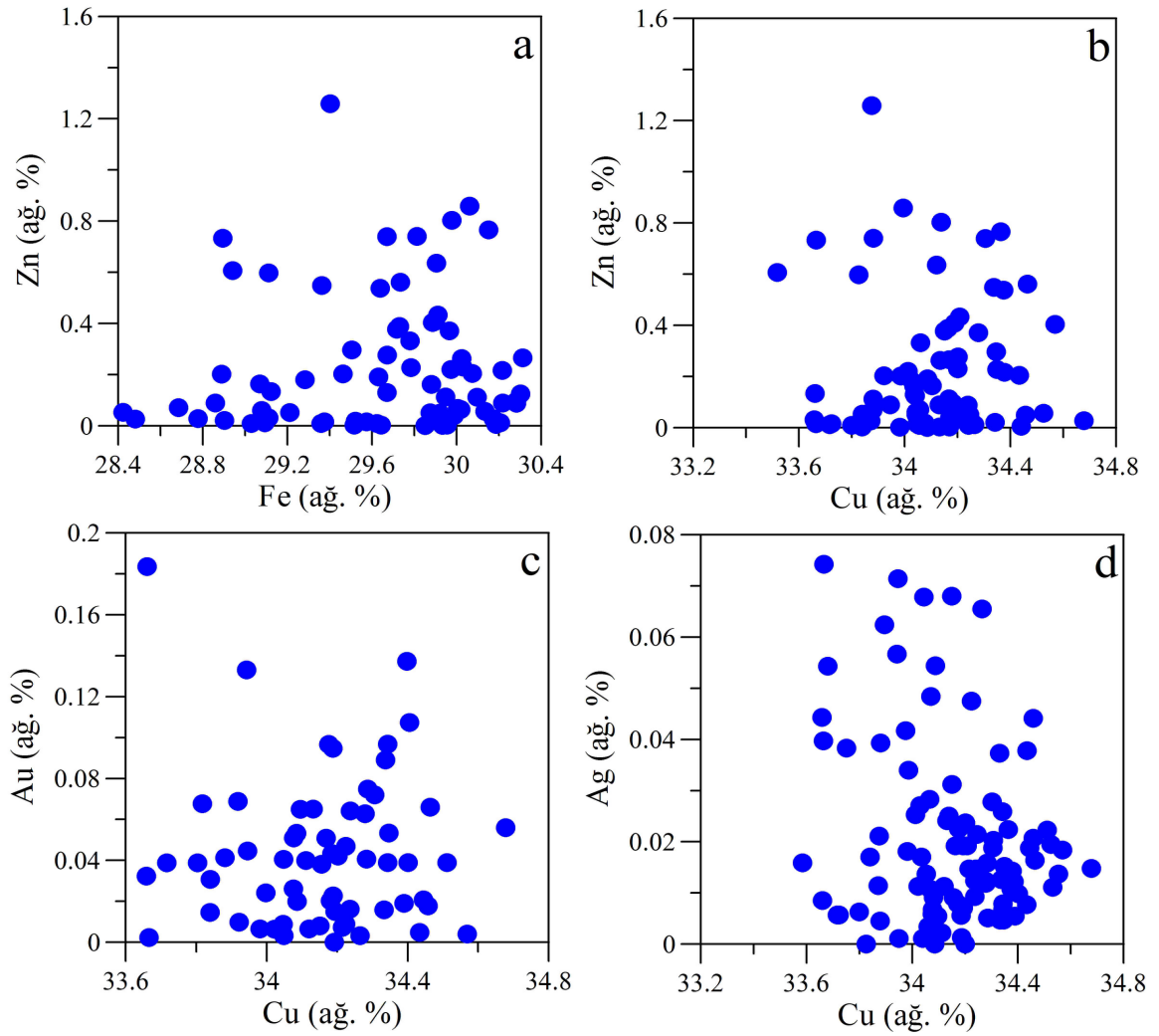
Şekil 46. a) Kalkopiritler içerisinde ornatım artığı pirit kapanımları, b) Klakopirit ve sfaleriti kateden kırıklar, c ve d) Kalkopiritler içerisindeki sfalerit ayrılmaları (Kpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Sf: Sfalerit).

Kabadüz yöresinde 9 ayrı damarda bulunan kalkopiritlerden yapılan 138 mineral kimyası analizinde (Ek Tablo 6), kalkopiritlerin ana bileşenini oluşturan S, Fe ve Cu'nun dışında Zn, As, Se, Au, Mn, Ag, Sb, Bi, Sn ve Te elementlerinin mineral içindeki bollukları araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre kalkopiritlerin bileşiminde bulunan en yüksek Zn, Au, Ag ve Sn miktarları sırasıyla 1.26 ağ. %, 0.18 ağ. %, 0.07 ağ. % ve 0.08 ağ. % olarak tespit edilirken, diğer elementler ölçüm sınırının altında çıkmıştır. Analiz sonuçlarına göre tüm damarlardaki kalkopiritlerin genel formülü $Cu_{0.98-1.01}Fe_{0.95-1.00}S_{1.98-2.04}$ şeklinde hesaplanmıştır.

Mineral kimyası analizlerine göre yöredeki bütün damarlara ait kalkopiritlerin iz element içerikleri oldukça düşük olmakla birlikte, yer yer önemli ölçüde Au ve Ag içerdiği

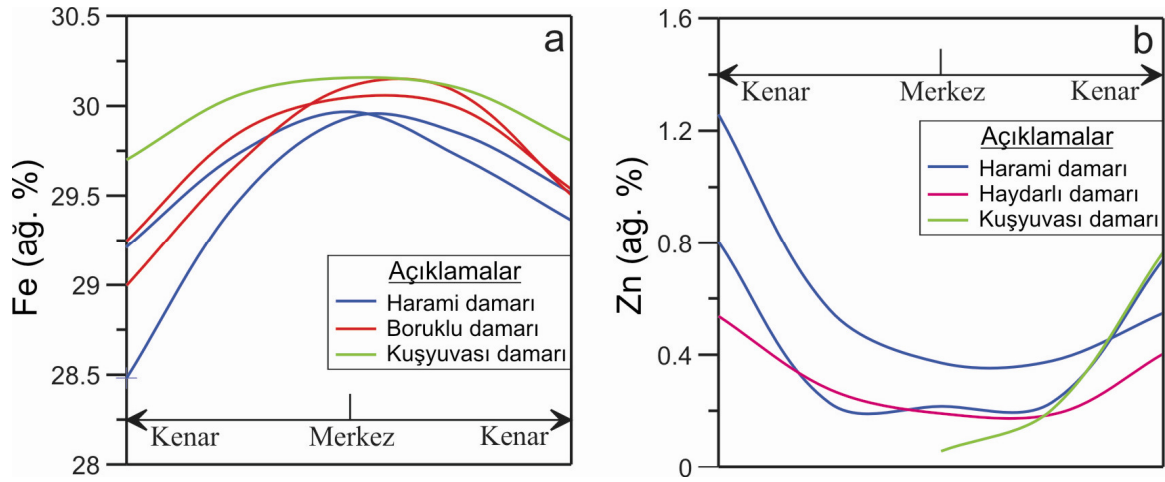
anlaşılmaktadır. Kalkopiritler içerisinde yüksek oranda Ag bulunabileceğini savunan araştırmacıların (Sandecki, 1983'e göre en fazla 1.8 ağırlık %) yanında, bu mineralin Ag içeriğinin genellikle 2000 ppm'den daha düşük olduğunu belirtenler de bulunmaktadır (Haris vd., 1984; Cabri vd., 1985; Laracque vd., 1995 ve Huston vd., 1996).

Kalkopiritlerin bileşiminde iz element olarak belirlenen Zn, Au ve Ag'nin, Fe veya Cu ile olan ilişkisi araştırılmış, bu elementler arasında herhangi bir korelasyon olmadığı anlaşılmıştır. Bundan dolayı Zn, Au ve Ag'nin kalkopiritler içinde Fe veya Cu ile ideal bir değiş-tokuş yaptığını söylemek mümkün değildir (Şekil 47).

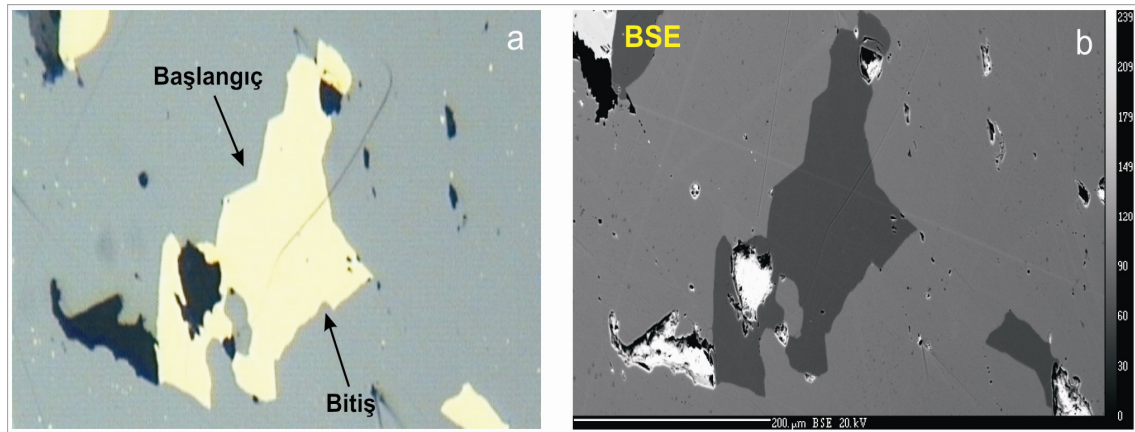


Şekil 47. Kalkopiritlerin ana bileşenini oluşturan Fe ve Cu ile iz element içerikleri (Zn, Au ve Ag) arasındaki ilişkiler.

Kalkopirit minerallerinde herhangi bir zonlanmanın olup olmadığını belirlemek için Harami, Haydarlı, Kuşyuvası ve Boruklu damarlarında mineralin merkezinden geçen profil hatları boyunca analizler yapılmıştır. Bu analizlere göre Fe ve Zn hâricinde her hangi bir değişim söz konusu değilken bu 2 elementte mineral içinde zonlanma tespit edilmiştir. Buna göre kalkopiritlerin Fe içerikleri mineralin merkezinde yüksek olup, kenara doğru tedrici olarak azalmaktadır (Şekil 48a). Buna karşılık Zn ise mineralin merkezinde düşükken, kenarlara doğru artma eğilimindedir (Şekil 48b). Harami damarında bulunan ve profil hattı boyunca mineral kimyası analizinin yapıldığı kalkopirit minerali ve BSE fotoğrafı Şekil 49’da görülmektedir.

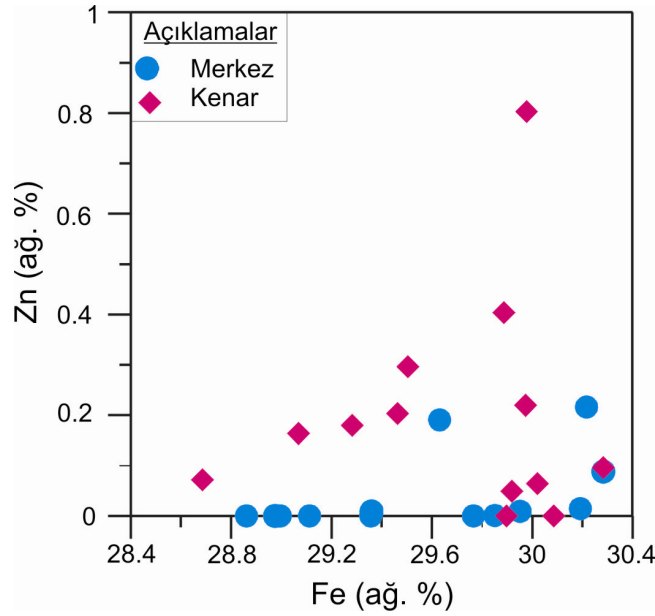


Şekil 48. Harami, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarındaki kalkopiritlerin Fe (a) ve Zn (b) içeriklerindeki zonlanmalar.



Şekil 49. Harami damarındaki profil analizi yapılan kalkopiritin a) mikroskop ve b) BSE fotoğrafı üzerindeki görünümü.

Akgüney, Ovaşkur, Atköprü ve Boruklu damarlarına ait kalkopiritlerde bir kısım analizler mineralin merkezinden ve kenarından olacak şekilde yapılmıştır. Bu analizlere göre sfalerit hâricindeki minerallerle dokunak yapan kalkopiritlerin merkezi ve kenarında kimyasal bileşim açısından bir değişiklik görülmezken, sfalerite komşu olan kalkopiritlerin Zn içeriği, mineralin kenarında, merkezine kıyasla daha yüksektir (Şekil 50). Buna göre kalkopiritlerin Zn içeriği, mineralin merkezinde çok düşükken (<0.04 ağı. % ort.), sfalerit dokunağında bir miktar artış göstererek 0.20 ağı. %'ye çıkmaktadır.



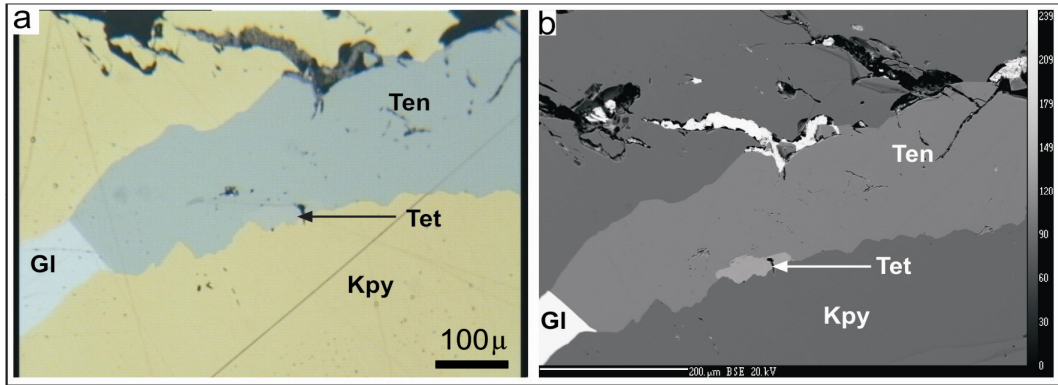
Şekil 50. Kalkopiritlerin Zn içeriklerinin, mineralin merkezi ve kenarındaki bileşimleri.

Hem profil analizleri hem de kenar ve merkezden yapılan analizlere göre Zn'nin mineralin merkezinden kenarına doğru artmasına karşılık, Fe'nin azalması, sfaleritle komşu olan kalkopiritlerde bir zonlanmanın olduğunu göstermesi açısından önemli olup, bu şekilde bir zonlanma diğer minerallerle komşu olan kalkopiritlerde mevcut değildir. Mineral içinde meydana gelen bu tür zonlanmalar, ya mineralin oluşumu esnasında hidrotermal çözeltilerin bileşimindeki değişimi veya oluşum sonrasında birbirleriyle dokunak yapan mineraller arasındaki iyon alış verişi şeklinde açıklanmaktadır. Bu görüşlerden birincisinin kabul edilmesi durumunda, hem sfalerit dışındaki minerallerle komşu olan kalkopiritlerde, hem de aynı şartlar altında oluşan diğer minerallerde bu tür bir zonlanmanın görülmesi beklenirdi. Yalnızca sfaleritle komşu olan kalkopiritlerde böyle bir

zonlanmanın belirlenmesi, Oleary ve Sack, (1987), Sack vd., (2003) ve Sack (2004)'ün bulgularına benzer şekilde, oluşumundan sonra kalkopiritle sfalerit arasında iyon değişimi olduğu düşündürmektedir.

3.5.5. Tetrahedrit-Tenantit

Tetrahedrit-tenantit, yöredeki cevher damarlarında diğer minerallere kıyasla çok daha az olarak bulunmaktadır. Hazırlanan parlak kesitlerin çoğunda görülmemekle birlikte yöredeki damarların hepsinde bulunmaktadır. Genellikle kalkopirit ve galenlerin yakınlarında 10-20 μm boyutlarını geçmeyecek şekilde olan bu mineral, Harami damarında diğerlerine kıyasla daha büyük boyutlarda ve fazla miktarda bulunur. Mikroskop çalışmalarına göre tetrahedrit ve tenantit ayırımı yapılamamıştır. Ancak çekilen BSE fotoğraflarına ve mineral kimyası analizlerine göre ayırım yapmak mümkün olmuştur (Şekil 51 a ve b). Cevher oluşumunun iki ayrı evresinde de az veya çok tetrahedrit-tenantit oluşumu söz konusudur.



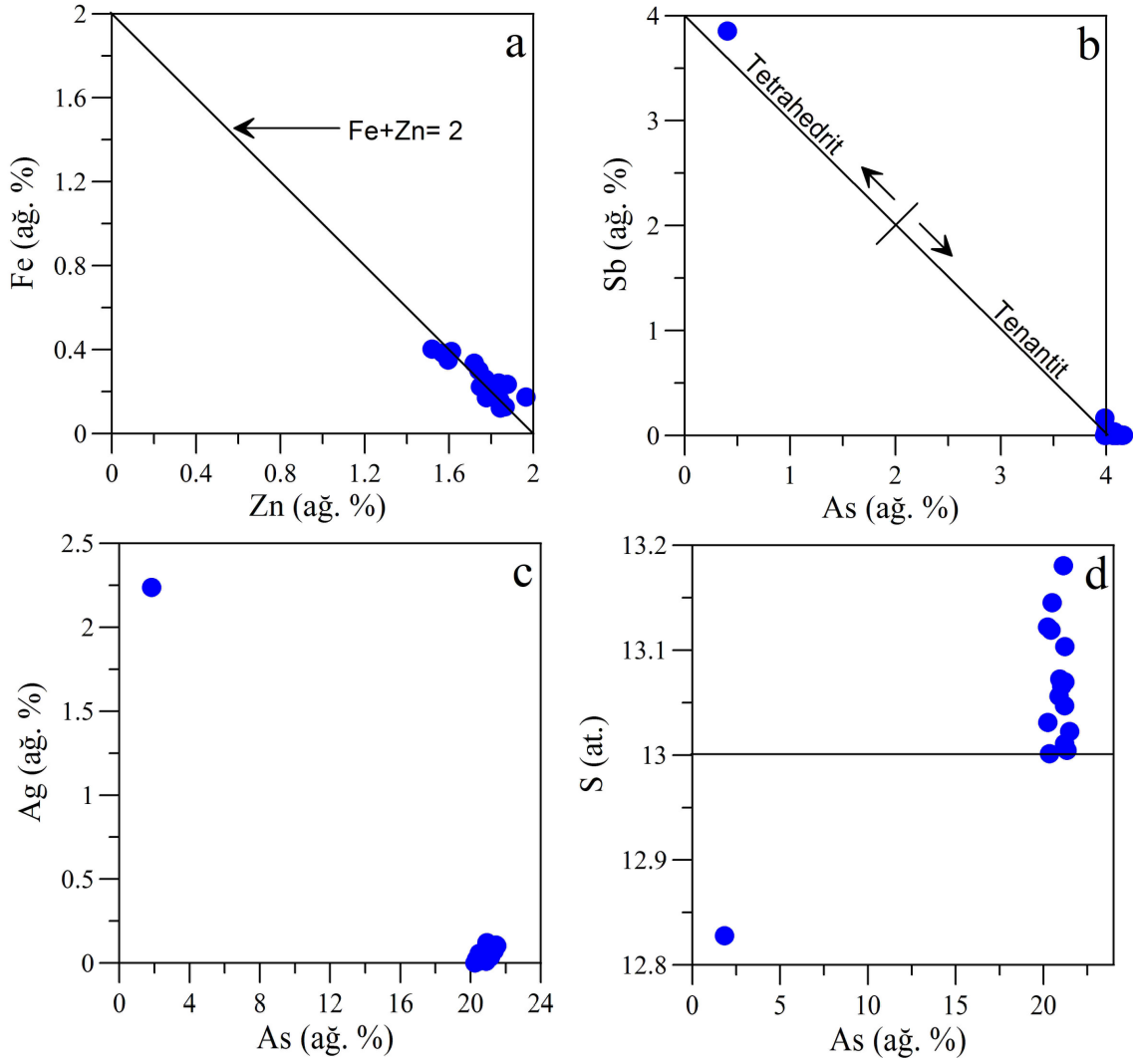
Şekil 51. Harami damarındaki tetrahedrit ve tenantitin mikroskop (a) ve BSE fotoğrafı (b), (Kpy: Kalkopirit, Gl: Galen, Ten: Tenantit, Tet: Tetrahedrit).

Mineral kimyası analizlerine göre Harami damarına ait bir örnekte tespit edilen tetrahedrit dışında diğer minerallerin tamamı tenantit bileşimindedir (Ek Tablo 7). Bütün tenantitlerin, mineralin ana bileşenini oluşturan Fe ve Sb bakımından çok fakir (Fe < 1.56 ağı. % ve Sb < 1.36 ağı. %) iken Zn ve As bakımından zengin (Zn > 6.93 ağı. % ve As > 20.24 ağı. %) oldukları anlaşılmıştır (Şekil 52a ve b). Ayrıca tenantitlerin bileşiminde iz element olarak bulunan Sb, Bi ve Ag'nin bollukları en yüksek değerler olarak sırasıyla

1.36 ağ. %, 1.39 ağ. % ve 0.12 ağ. % şeklindedir. Tenantitlerin mineral formülü ($\text{Cu}_{9.63-9.94}\text{Ag}_{0-0.02}$) $_{10}$ ($\text{Fe}_{0.12-0.40}\text{Zn}_{1.52-1.96}$) $_2$ ($\text{As}_{3.98-4.16}\text{Sb}_{0-0.17}$) $_4$ ($\text{S}_{12.88-13.18}$) $_{13}$ şeklinde hesaplanmıştır. Tetrahedrit ise mineralin ana bileşenini oluşturan Fe, Zn, Ag, Cu, As, Sb ve S dışında herhangi bir iz element içermemektedir. 2.24 ağ. % Ag içeren tetrahedrit Fe ve As bakımından çok fakir (Fe < 0.43 ağ. % ve As < 1.84 ağ. %) iken Zn ve Sb bakımından zengin (Zn >7.24 ağ. % ve As >28.26 ağ. %) olup mineral formülü ($\text{Cu}_{9.58}\text{Ag}_{0.34}$) $_{10}$ ($\text{Fe}_{0.13}\text{Zn}_{1.87}$) $_2$ ($\text{As}_{0.40}\text{Sb}_{3.85}$) $_4$ ($\text{S}_{12.83}$) $_{13}$ şeklinde hesaplanmıştır.

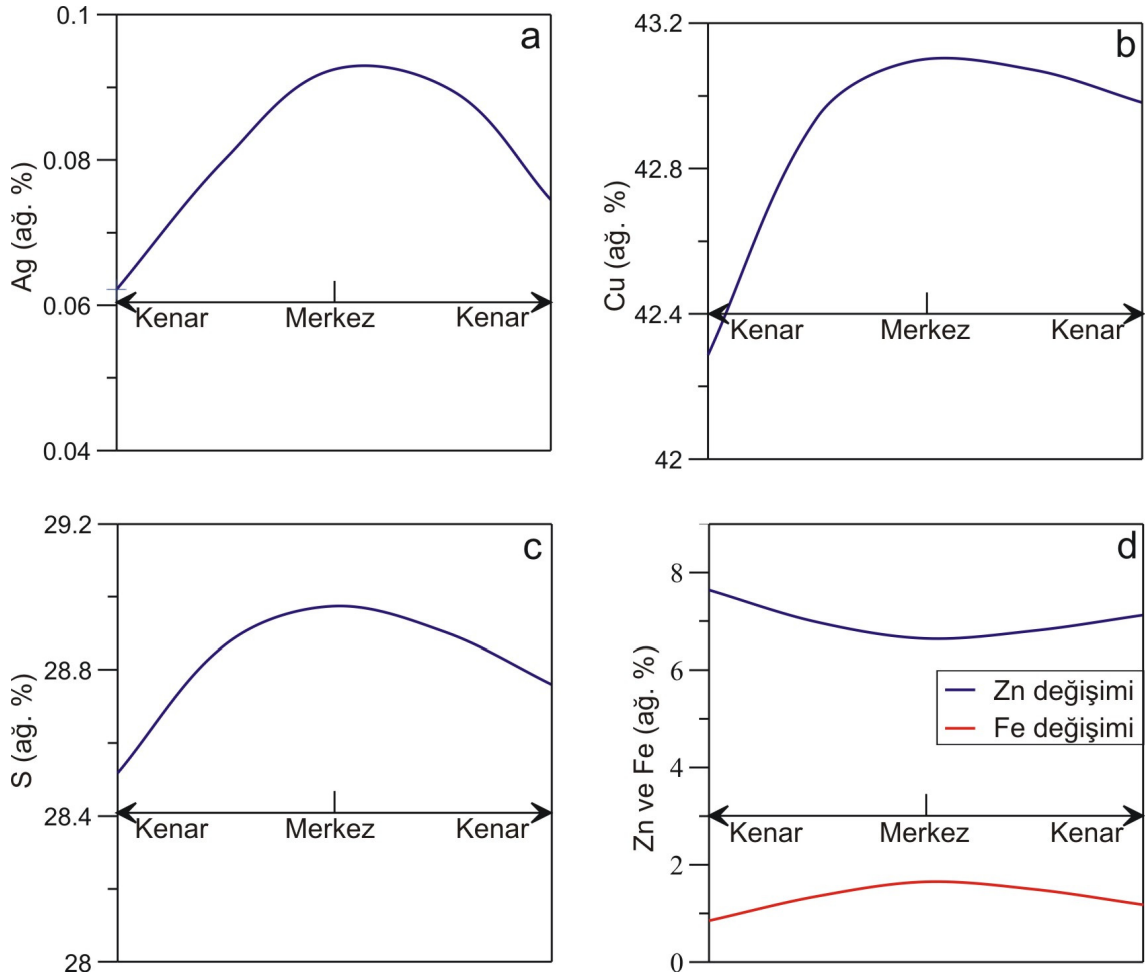
Tetrahedrit ve tenantit minerallerinin kimyası üzerine yapılan çalışmalar, (Miller ve Craig, 1983; Hachbarth ve Petersen, 1984 ve Ramsden vd., 1990; Ebel ve Sack, 1991; Tarkian ve Breskovska, 1994 ve Hammond ve Tabata, 1997) bu mineralin Ag içeriğinin Sb ile pozitif korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada fahlerzlerin bileşimindeki As ile Ag arasında belirlenen negatif korelasyon bu çalışmalara benzerlik göstermektedir (Şekil 52c). Hachbarth ve Petersen'in (1984) "fraksiyonel kristallenme" teorisine göre Cu ve As iyonları hidrotermal çözeltilerden ayrılarak önce tenantitleri oluşturmakta, daha sonra Ag ve Sb iyonları tetrahedritleri oluşturmaktadır. Tenantitlerin Cu ve As içeriklerinin yüksek olmasına karşın, tetrahedritlerin Ag ve Sb içeriklerinin yüksek oluşu bu fraksiyonel kristallenmenin sonucu olabilir.

Bütün tenantitlerin S içeriklerinin stokiometrik bileşimin (13 at.) üzerinde olmasına karşın tetrahedritin S içeriğinin stokiometrik bileşimin altında olduğu belirlenmiştir (Şekil 52d). Benzer bir bulguyu Tarkian ve Breskovska (1990), mineralin bileşiminde bulunan As'nin kükürt miktarını kontrol eden bir element olduğunu, buna göre de As miktarındaki artışın kükürt miktarında artmaya neden olduğu şeklinde açıklamaktadır.



Şekil 52. Harami ve Çokdam damarlarındaki fahlerzlerin a) Fe-Zn içeriklerindeki değişim, b) tetrahedrit ve tenantit sınıflamasına göre dağılımları, c) As-Ag arasındaki ilişki, d) S içeriklerindeki değişim.

Tenantit minerallerinde yapılan profil analizlerine göre, As ve Sb de herhangi bir zonlanma görülmezken, Ag, Cu, S ve Fe elementlerinde, mineralin merkezinden kenarına doğru azalacak şekilde bir zonlanma bulunmaktadır (Şekil 53). Buna göre Ag, Cu, Fe ve S mineralin merkezinde sırasıyla 0.09, 43.07, 1.56 ve 28.99 ağ. % iken, bu değerler mineralin kenarında 0.06, 42.29, 0.85 ve 28.52 ağ. %'ye düşmektedir. Diğer taraftan Zn miktarı mineralin merkezinde 6.72 ağ. % iken, mineralin kenarında bu değer 7.64 ağ. %'ye çıkmaktadır (Şekil 53d).

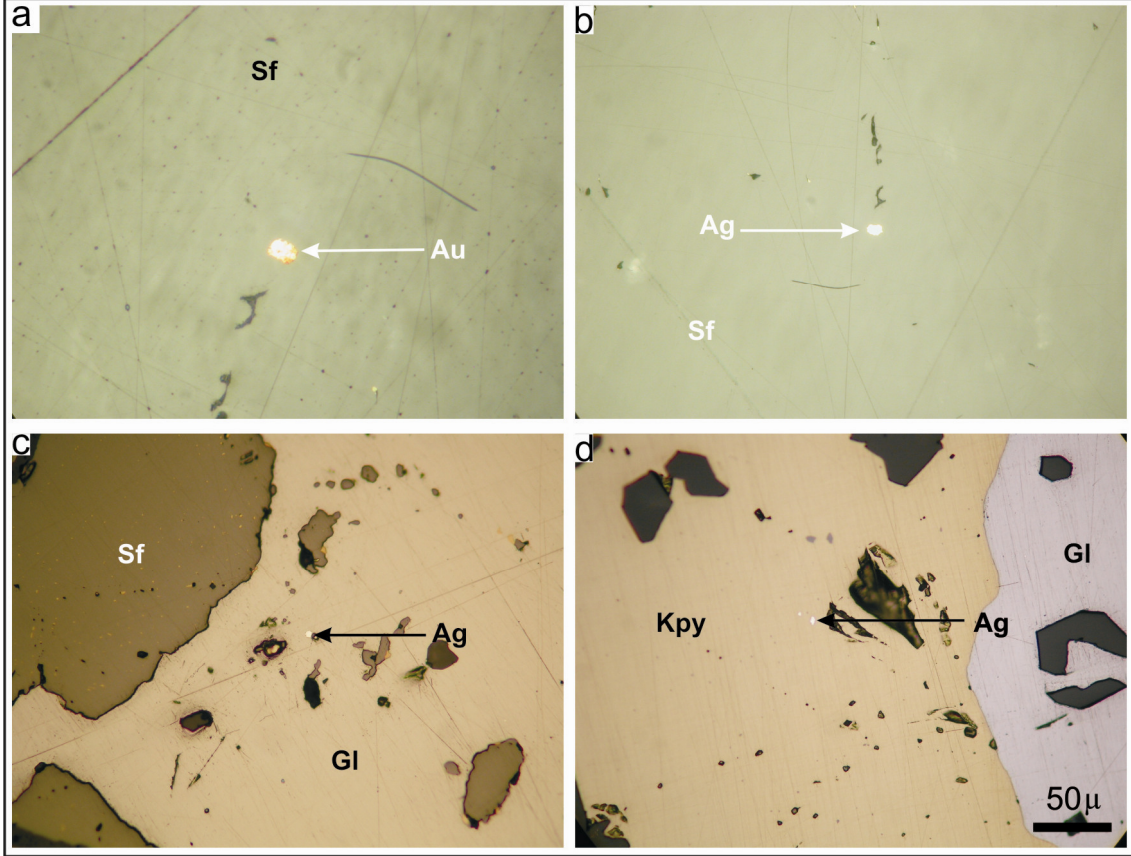


Şekil 53. Harami damarına ait bir tenantit mineralinde Ag (a), Cu (b), S (c), Fe ve Zn (d) içerikleri bakımından mineralin merkezinden kenarına doğru görülen zonlanma.

3.5.6. Altın ve Gümüş

Kabadüz damarlarında, Demiroluk damarına ait bir parlak kesit dışında altın mineraline rastlanmamıştır. Demiroluk damarına ait parlak kesitte ise sfalerit içinde 5 µm boyutunda bir adet nabit altın tespit edilmiştir (Şekil 54a). Ayrıntılı mikroskop çalışmasına göre altın içeren sfaleritin cevher oluşumunun ikinci evresine ait olduğu anlaşılmıştır. Cevher örneklerinden yapılan kimyasal analizlere göre (Ek Tablo 2) en yüksek 1.5 ppm olarak tespit edilen Au, sahanın Au bakımından oldukça fakir olduğunu doğrular niteliktedir. Örneklerde Au'ya kıyasla daha fazla olarak görülen Ag sfalerit, galen ve kalkopirit mineralleri içinde boyutu birkaç mikronu geçmeyen daneler şeklindedir (Şekil 54b, c ve d). Yapılan kimyasal analizlere göre de bir örnekte 200 ppm'den fazla olan Ag (ölçüm üst sınırı), diğer örneklerde 1 ilâ 114 ppm arasında değişim göstermektedir (Ek

Tablo 2). Buna göre Au bakımından çok fakir olan sahada, Ag'nin ekonomik anlamda yan ürün olarak üretilebileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 54. a) Demiroluk damarında sfalerit minerali içindeki nabit Au, b) Sfalerit içindeki Ag, c ve d) Galen ve kalkopirit içindeki Ag kapanımları (Sf: Sfalerit, Gl: Galen, Kpy: Kalkopirit, Au: Altın ve Ag: Gümüş).

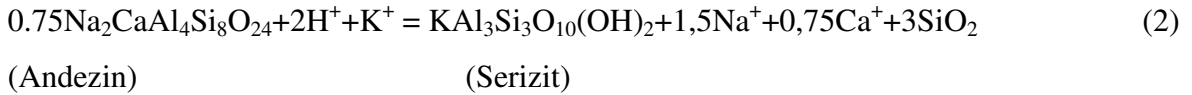
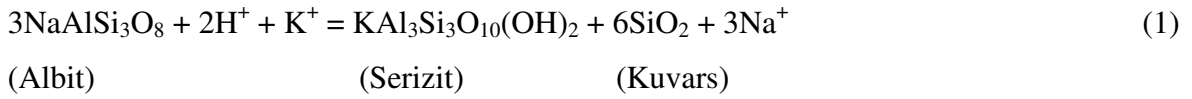
3.6. Yan Kayaçlarda Görülen Alterasyonlar

Cevher damarlarının mineralojik özellikleri ve yan kayaçlarda meydana gelen alterasyon türleri arazi çalışmaları sürecinde incelendikten sonra, hazırlanan ince ve parlak kesitler üzerinde yapılan mikroskop çalışmaları ve XRD çekimleriyle detaylandırılmıştır.

Yan kayaçlarda görülen hidrotermal alterasyon türleri silisleşme, serizitleşme kloritleşme, karbonatlaşma, hematitleşme ve limonitleşme şeklindedir. Bunlardan silisleşme, yan kayaçların kırıkları boyunca ve gaz boşluklarında öz, yarı öz ve öz şekilsiz kuvars kristalleri şeklinde gelişmiştir (Şekil 55a). Silisleşme genel olarak cevher

damarından uzaklaştıkça azalmaktadır. Mikroskop çalışmalarına göre silisleşmenin yaygın olduğu örneklerde klorit ve serizit oluşumları iyi gelişmemiştir.

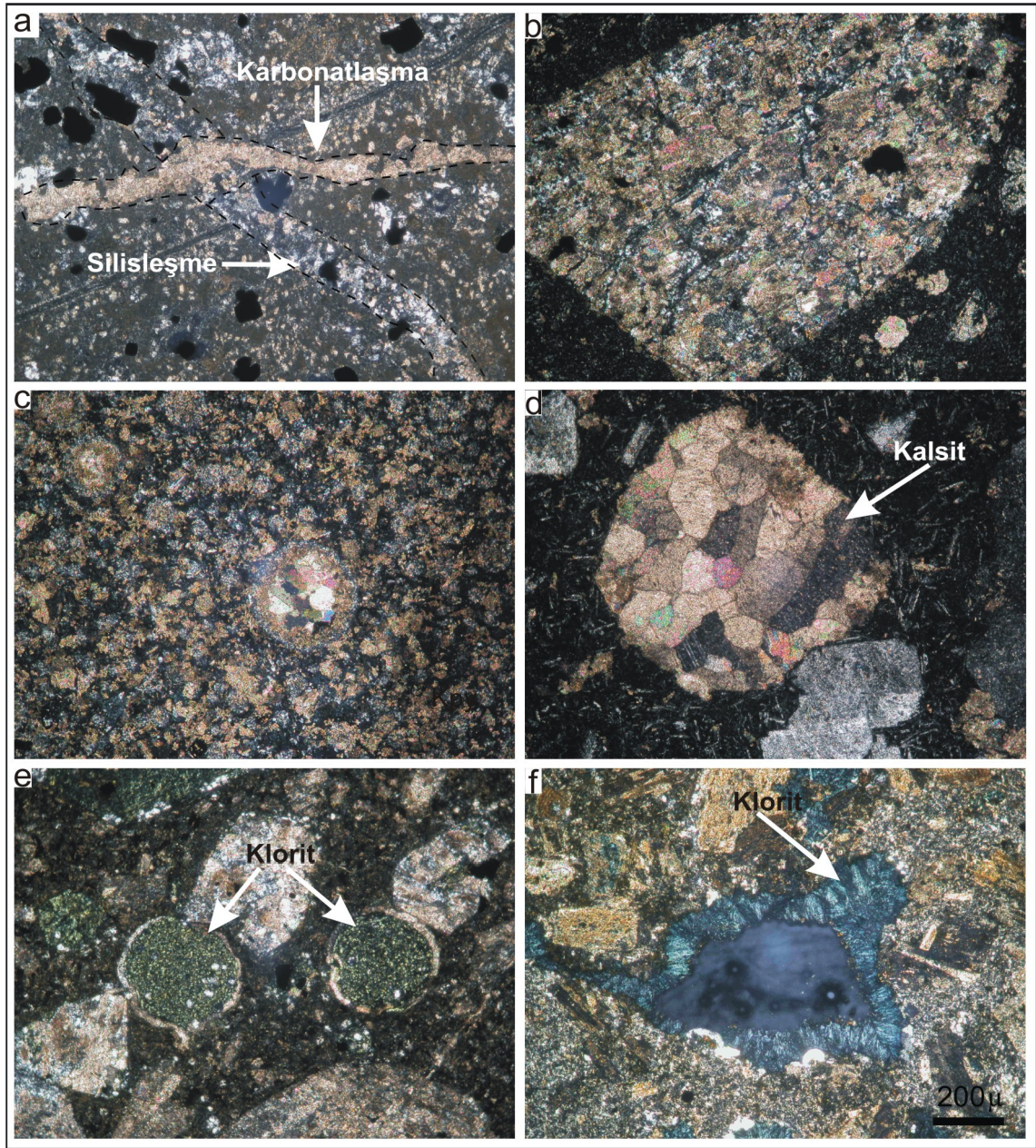
Feldispatların bozuşmasıyla ortaya çıkan serizitleşme, yöredeki volkanitlerde en yaygın olarak görülen alterasyon türüdür. Feldispat minerallerinde olduğu gibi (Şekil 55b) hamur içinde de (Şekil 55c) yaygın olarak serizitleşme görülmektedir. Barret vd., (1993)'e göre serizitleşmiş kayaçlarda Ca ve Na kaybı olurken, K artışı söz konusudur. Araştırmacı bu durumu, K ilâvesine bağlı olarak alkali değişimi sonucu plajiyoklasların serizitleşmesi şeklinde açıklamaktadır. Benzer bulgular Warren vd., (2007) tarafından da tespit edilmiştir. Albit veya andezin içeren plajiyoklastan serizit oluşum denklemi aşağıda (1) ve (2) numaralı bağıntılarda verilmiştir (Hemley ve Jones, 1964; Date vd., 1983 ve Large vd., 2001). Bu denklemlerden de açıkça görüleceği üzere plajiyoklasların serizitleşmesi K ilâvesini gerektirmektedir. Bundan dolayı serizit oluşumu için gereken K, hidrotermal çözeltilerle gelebileceği gibi volkanitler içinde bulunan biyotit ve K-feldispatlardan da kaynaklanabilir.



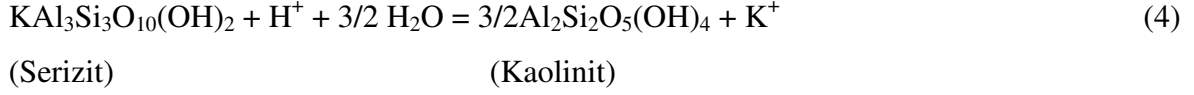
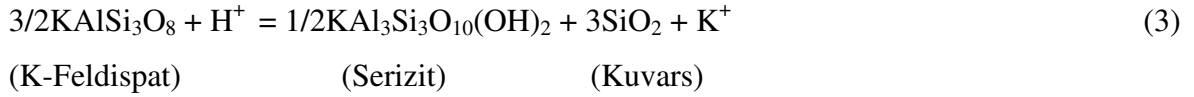
Yan kayacın türü K metazomatizmasının yoğunluğunu ve etki alanını belirleyen önemli bir kriterdir. Mafik yan kayaçların, felsik kayaçlara kıyasla düşük Si ve K ve yüksek Fe içermesi bu kayaçların hidrotermal alterasyonu sonucunda Fe'ce zengin sülfidlere karşılık, kuvars, adularya ve ilit içeriklerinin çok düşük olmasına neden olmaktadır (Jones vd., 2003). Mafik kayaçların düşük K içeriği, hidrotermal çözeltilerin K aktivitesinin düşük olmasına neden olacağından dolayı K metazomatizması, felsik veya ortaç bileşimli volkanik kayaçlar içerisinde gelişen hidrotermal aktiviteye bağlı olarak oluşmaktadır (Warren vd., 2007).

Rose ve Burt'a (1979) göre plajiyoklasların yanında K-feldispatların da serizitleşmesi mümkün olup, H^+ iyonu metazomatizması K-feldispatların ayrışarak önce serizite, daha sonra da kaolinite dönüşmesine neden olmaktadır. Buna göre K-feldispatların

serizitleşmesi (3) numaralı bağıntıda, kaolinitleşmesi ise (4) numaralı bağıntıda verilmiştir. Buna göre feldispatların ayrışması sonucu cevher yan kayacında serizitleşme ve kaolinitleşme yaygın olarak gelişmiştir. XRD çekimleriyle de belirlenen, yan kayaçlardaki yoğun kaolinit oluşumları dikkate alındığında yöredeki serizitleşmenin, sadece plajiyoklaslara bağlı olarak değil, K-feldispatlar alterasyonu sonucu da gerçekleşebileceği anlaşılmaktadır.

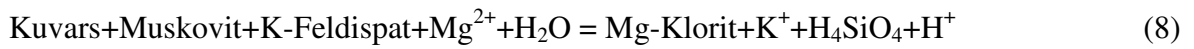


Şekil 55. Yan kayaçlarda görülen alterasyonlar; a) Silisleşme ve karbonatlaşma, b ve c) Serizitleşme ve karbonatlaşma, d) Karbonatlaşma, e ve f) Kloritleşme.



Guilbert ve Park'a (1986) göre bünyesinde su bulunduran silikatların mika veya killere dönüşümü çözeltiler içindeki H^+ iyonlarını tüketerek metal iyonlarının ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu durum çözeltilerin H^+ iyon bileşimine, çözeltiler içinde bulunan NaCl gibi bileşiklerin miktarına, klorit komplekslerinin oluşumuna ve metalik elementlerin çözünürlüğüne bağlıdır. Araştırmacı tarafından önerilen H^+ iyon metazomatizmasının veya K-feldispatların ayrışmasının tipik denklemi aşağıda (5) numaralı bağıntıda verilmiştir.

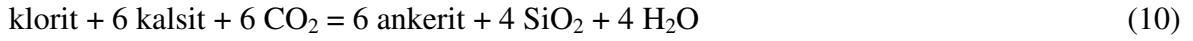
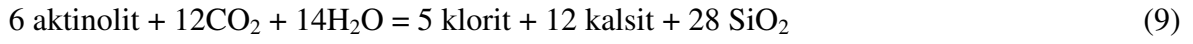
K'nın ortaya çıkması serizitleşme sonrasında meydana geldiğine göre, kloritleşmenin serizitleşme sonrasında gerçekleşen bir alterasyon türü olduğu söylenebilir. Bundan dolayı serizitleşme ve kloritleşmenin birlikte görüldüğü anlaşılmaktadır. Kloritleşme ve serizitleşmenin yaygın olduğu örneklerde silisleşmenin nadiren izlendiği belirlenmişti. Nutt'a (1989) göre bu durumun nedeni, mezotermal yataklarda serizitik alterasyonun ilerleyerek kloritleşmeye neden olmasıdır. Bu şekilde ortaya çıkan kloritleşmede Mg^{2+} metazomatizması ve H^+ iyonlarının ortaya çıkması sistemdeki silisleşmenin azalmasını sağlamaktadır. Bu durum aşağıda (8) numaralı bağıntıda özetlenmiştir.



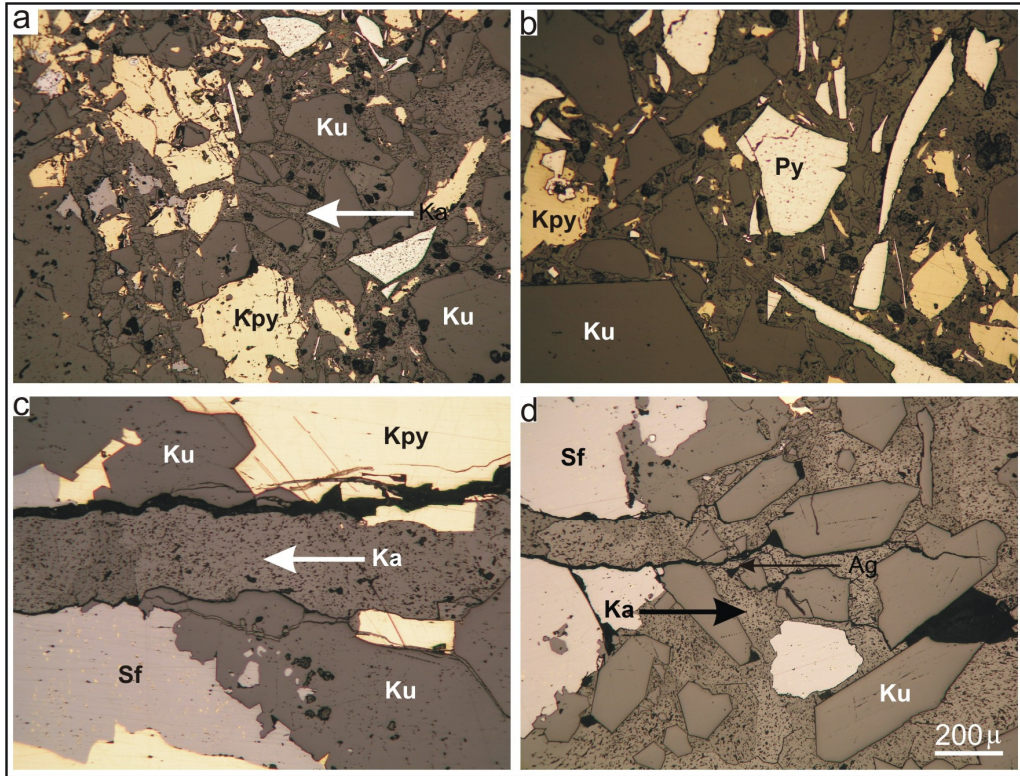
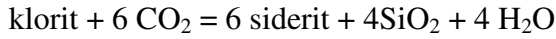
Karbonatlaşma, andezit ve bazaltlar içinde kalsiyumlu plajiyoklas ve hamurun ayrışma ürünü olarak oluşmuştur (Şekil 55b ve c). Oluşan bu karbonatlar yaygın bir şekilde kayalar içinde kırık ve çatlaklarla birlikte yuvarlağımsı şekillerdeki gaz boşluklarını doldurmaktadır (Şekil 55a ve d). Kalsit, mikroskop çalışmaları ve MINSQ programı (Herman ve Berry, 2003) verilerine göre en bol olarak bulunan karbonat türüdür.

Kalsitin oluşması için Ca ile reaksiyona girecek CO_2 'ye ihtiyaç vardır. Kalsit oluşumu sözkonusu olduğuna göre ortamda CO_2 'nin de yeteri kadar bulunduğu söylenebilir. Phillips'e (1986) göre eğer ortamda yeteri kadar CO_2 bulunuyorsa, CO_2

metazomatizmasına bağılı olarak karbonat alterasyonu oluşmaktadır. Buna göre söz konusu karbonat alterasyonu aktinolit-klorit, klorit-karbonat ve karbonat-pirit sırasını izleyerek önce kloritleşmeye ardından da piritleşmeye neden olmaktadır. Araştırmacı söz konusu alterasyon türünün 300-400 °C arasında, düşük tuzluluk değerleri (2 NaCl) ve 0.8-2 kbar basınç şartları altında gerçekleşebileceğini belirtmektedir. Bahsedilen aktinolit-klorit, klorit-karbonat ve karbonat-pirit alterasyonlarının gelişimi aşağıda sırasıyla (9), (10) ve (11) numaralı bağıntılarda verilmiştir. Dolayısıyla volkanitler içinde görülen kloritleşmenin sadece feldispatlardan itibaren gelişmediğini, karbonatların da kloritleşmeye neden olabileceğini söylemek mümkündür.



veya



Şekil 56. Cevher damarları içindeki kırıklar boyunca oluşan karbonatlaşmalar (Kpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Sf: Sfalerit, Ka: Kalsit, Ku: Kuvars).

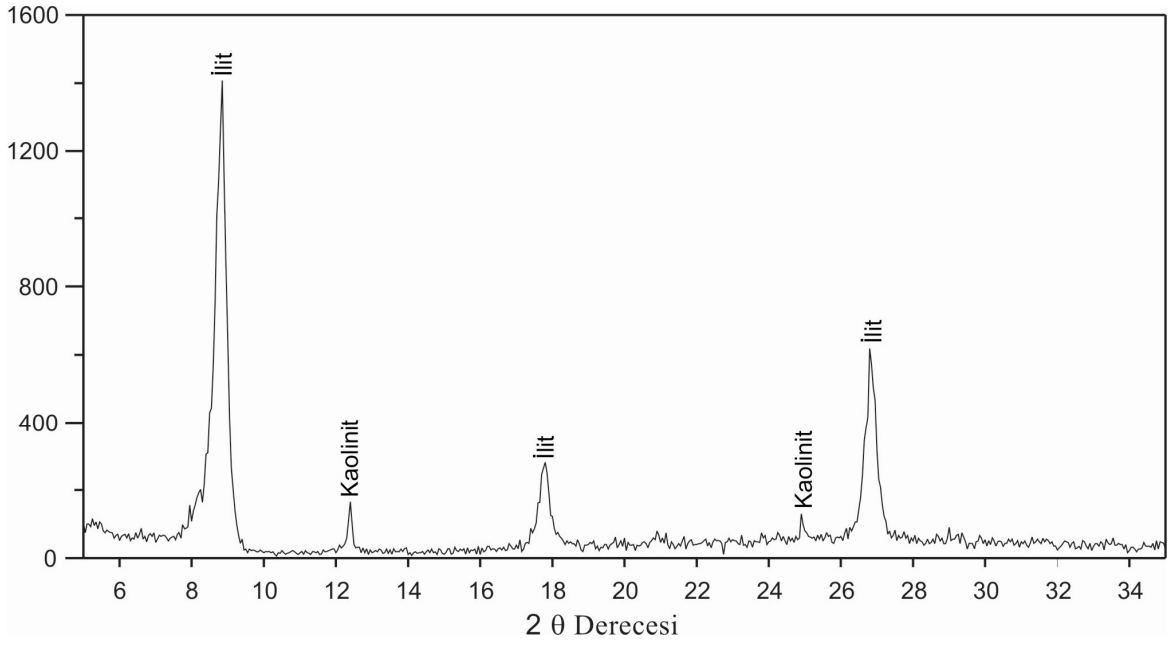
Yan kayalar içinde oluşan karbonatlaşmanın, cevher damarı içinde gelişen kırıklar boyunca yoğun bir şekilde izlendiği belirlenmiştir. Dolayısıyla karbonat oluşumunun cevher oluşum sonrasında da devam ederek, cevher zonu içinde ikincil karbonatlaşmaya neden olduğu anlaşılmıştır (Şekil 56).

Hematitleşme ve limonitleşme cevher damarlarının çevresinde daha yoğun olmak üzere, çalışma alanındaki volkanitlerin tamamında az veya çok olarak görülmektedir. Cevher yan kayasında çoğunlukla piritlerin ayrışması sonucu gelişen hematitleşme ve limonitleşme volkanitlerde saçınımlı şekildeki piritlerin çevresinde ve diğer demirli minerallerin (biyotit, amfibol) ayrışması sonucu oluşmuştur.

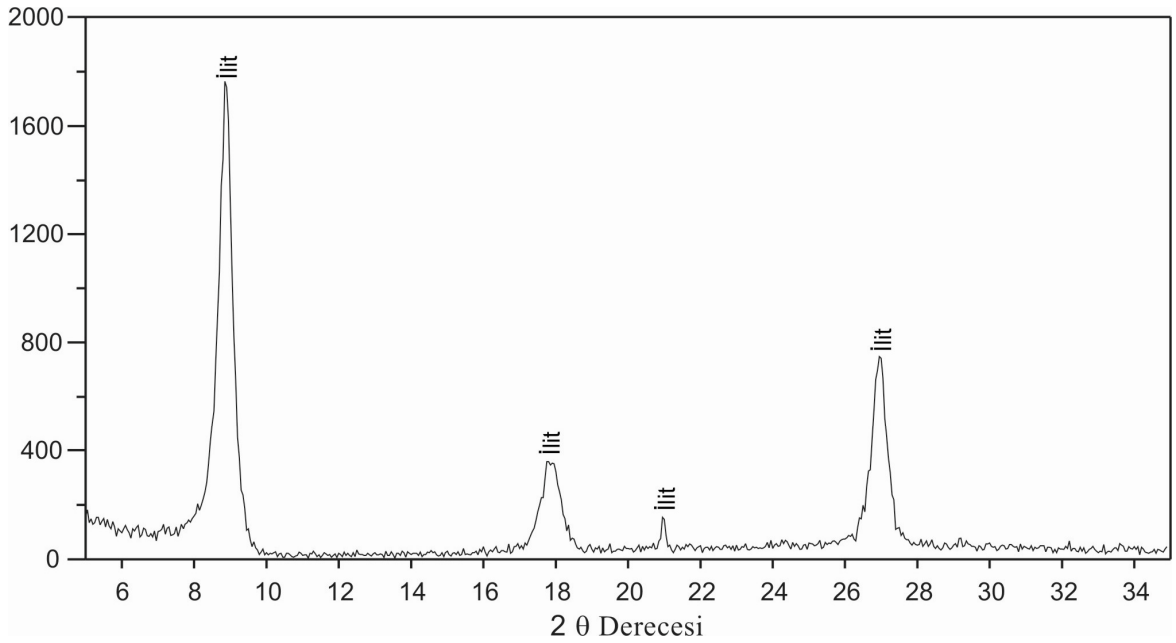
3.6.1. Yan Kayaç Kil Mineralojileri

Kabadüz yöresinde bulunan cevher damarlarının yan kayacı olan andezitlerin hidrotermal alterasyonu sonucu oluşan kil mineralojilerini belirlemek amacıyla Haydarlı ve Demiroluk damarlarında, damara yaklaşık dik olarak yapılan sondajlardan sistematik olarak alınan örneklerden 3-35⁰ arasında yönlü X ışınları difraktogramları (XRD) çekirilmiştir. Ayrıca Akgüney, Demiroluk, Çokdam, Atköprü, Dere Mahalle ve Boruklu Mahallesi damarlarında cevher damarı-yan kayaç dokanaklarından alınan kil örneklerinden de 3-35⁰ arasında yönlü XRD çekirilerek kil mineralojileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Haydarlı ve Demiroluk sondajlarından seçilen 12 adet örnekten Gündoğdu ve Yılmaz'ın (1984) önerdiği şekilde killer ayrıştırılmış, XRD çekilerek kil türleri belirlenmiştir. Her iki sondaja ait örneklerde de ilit ve kaolinit mevcut kil türlerini oluşturmaktadır. XRD çekimlerine göre ilit 10 Å (001) ve 5 Å'daki (002), kaolinit ise 7.15 Å (001) ve 3.57 Å'daki (002) temel yansıma değerleriyle (Moore ve Reynolds, 1997) tanımlanmıştır. Haydarlı damarına ait örneklerin hepsinde ilit ve kaolinit mevcut kil türlerini oluşturmaktadır. Ancak sondaj hattı boyunca cevher damarına yaklaştıkça ilit miktarının arttığı, damardan uzaklaştıkça ise kaolinit miktarının arttığı anlaşılmıştır (Şekil 57 ve 58). Demiroluk damarı yan kayasında da Haydarlıda olduğu gibi ilit ve kaolinit türü killer belirlenmiş, benzer şekilde damara yaklaştıkça ilit miktarının arttığı (Şekil 59), damardan uzaklaştıkça ise kaolinit miktarının arttığı belirlenmiştir (Şekil 60).



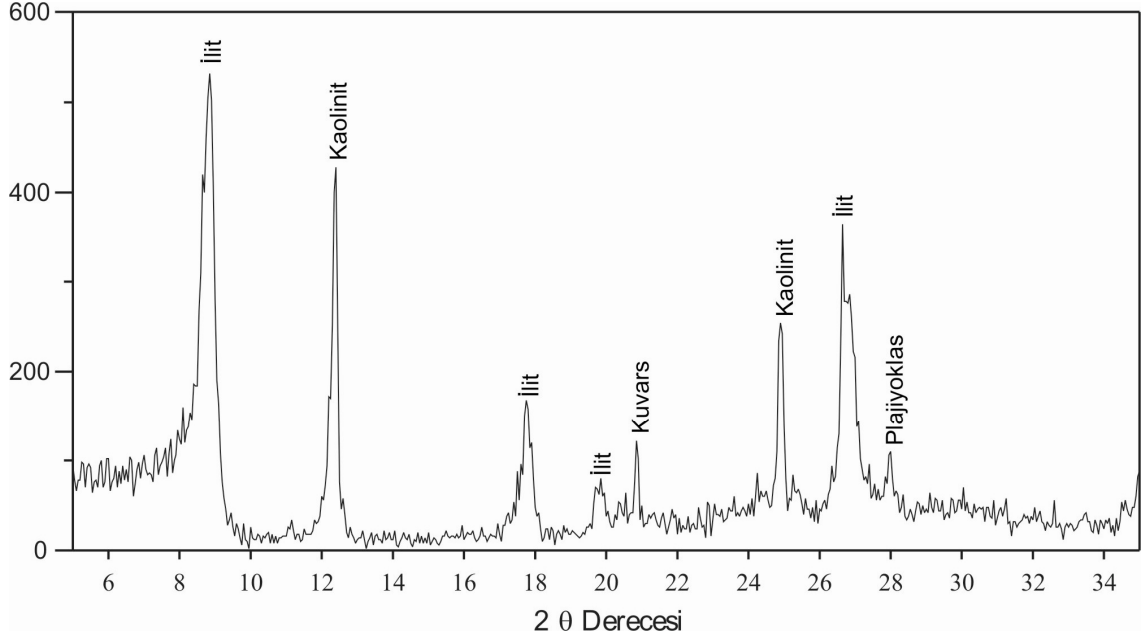
Şekil 57. Haydarlı sondajında cevher damarından 4 m uzaktan alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.



Şekil 58. Haydarlı sondajında cevher damarından 50 cm uzaktan alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.

Birbirinden farklı lokasyonlarda bulunmasına rağmen, Demiroluk ve Haydarlı damarlarının yan kayaç kil mineralojilerinde görülen bu benzerlik Warren vd., (2007)'ye göre, cevherlerin oluşumunu sağlayan hidrotermal çözeltilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin benzer olmasından kaynaklanmaktadır. Sondaj örneklerinin dışında Akgüney,

Demirölük, Çokdam, Atköprü, Dere Mahalle ve Boruklu Mahallesi damarlarında cevher damarı-yan kayaç dokanaklarından alınan kil örneklerinden 3-35⁰ arasında yönlü XRD çektilerilerek kil mineralleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çekilen X-ışınları difraktogramlarına göre cevher yan kayaç dokanaklarının çoğunlukla ilit minerali içermekle birlikte nadiren kaolinit, klorit, simektit ve karbonatlardan apatit içerdği anlaşılmıştır (Şekil 61).

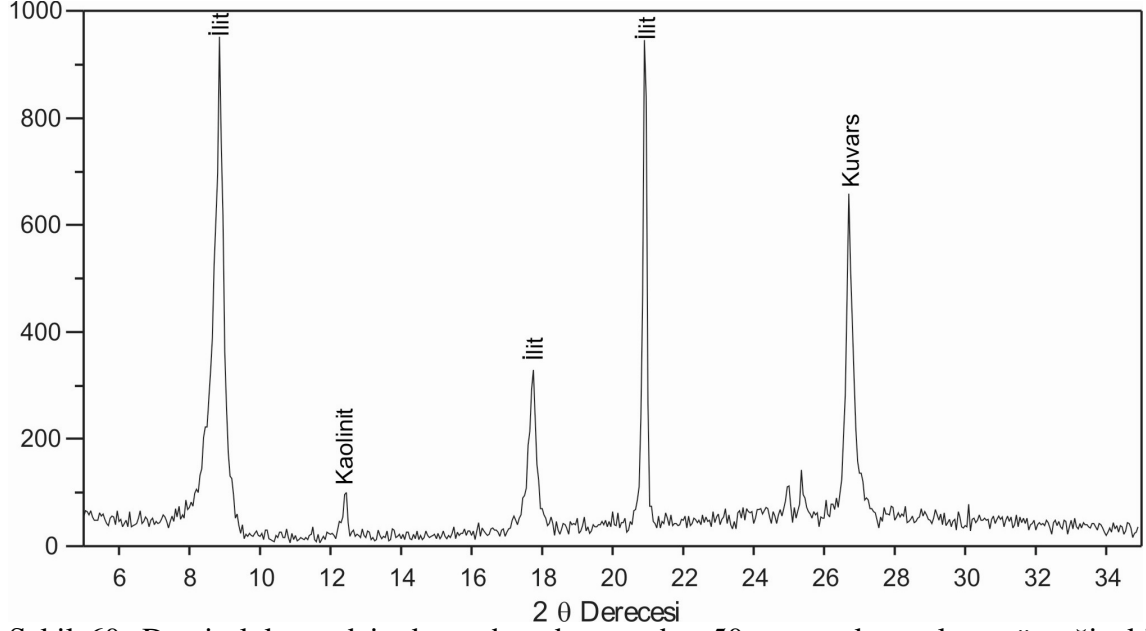


Şekil 59. Demirölük sondajında cevher damarından 6 m uzaktan alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.

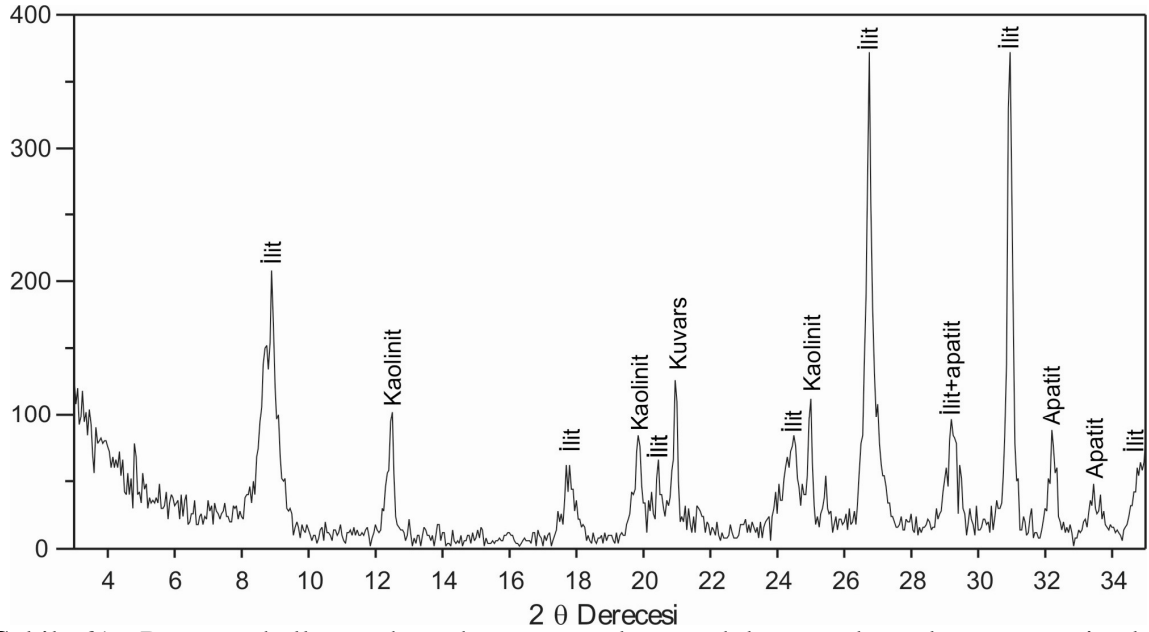
Akgüney, Demirölük, Çokdam, Atköprü, Dere Mahalle ve Boruklu Mahallesi damarlarında, cevher-yan kayaç dokanaklarından alınan kil örneklerinden çekilen XRD sonuçlarına göre, bütün cevherlerin yan kayacında bulunan kil mineral birlikteliğinin birbiriyle aynı olduğu, mevcut kil türlerinin sondaj örneklerinde belirlenen kil türleriyle benzerlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Brown'a (1978) göre ilit ve klorit mineral birlikteliği 220 °C'den daha yüksek sıcaklık şartlarında oluşurken, Cole ve Ravinsky'ye (1984) göre kil mineralleriyle birlikte klorit ve epidotun bulunması 350-400 m derinliklere ve 180-205 °C arası sıcaklıklara işaret etmektedir. Kaolinit ve alunit mineral birlikteliğinin asitik karakterli hidrotermal alterasyonun göstergesi olduğunu belirten araştırmacılar ayrıca klorit, ilit, epidot ve pirit mineral birlikteliğinin sodyum kloritce zengin asitik karakterli hidrotermal çözeltilere ve 220 °C'nin üzerindeki sıcaklık koşullarına işaret ettiğini belirtmektedirler. Rose ve Burt'a

(1979) göre de ilit, epidot, klorit ve pirit mineral birlikteliği NaCl'ce zengin hidrotermal çözeltilere bağlı olarak oluşmaktadır.



Şekil 60. Demiröyük sondajında cevher damarından 50 cm uzaktan alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.



Şekil 61. Dere mahalle cevher damarı-yan kayaç dokanağından alınan örneğin kil fraksiyonuna ait difraktogram.

Gerek Haydarlı ve Demiröyük sondajlarından sistematik olarak alınan, gerekse yukarıda bahsedilen diğer cevher damarlarının yan kayaç dokanaklarından alınan örneklerin kil mineral birlikteliği yukarıda bahsedilen çalışmalarla benzerlik

göstermektedir. Bundan dolayı, Kabadüz sahasında gözlenen alterasyonun asidik karakterli hidrotermal çözeltilere bağlı olarak ve 180 °C'ın üzerindeki sıcaklıklarda geliştiği söylenebilir.

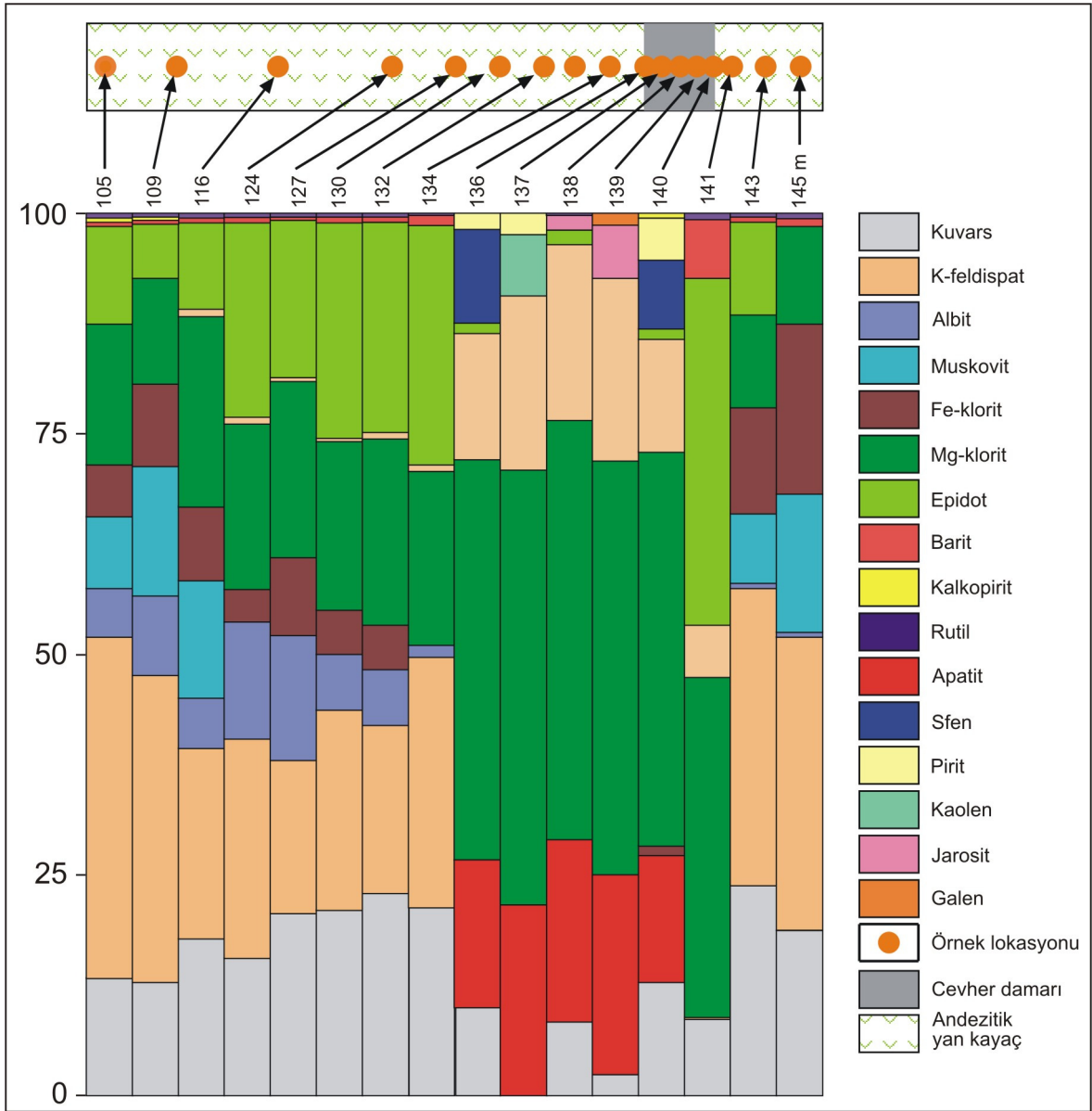
3.6.2. Yan Kayaçlarda Belirlenen Mineral ve Element Değişimleri

Kabadüz (Ordu) yöresinde bulunan hidrotermal cevher damarlarının yan kayacı andezit ve bazaltlardır. Yer yer çok kırıklı ve ayrılmış olan bu yan kayaçlarda cevher oluşumuna bağlı olarak meydana gelen mineralojik, elementsel ve kütleli değişimler Demiroluk ve Haydarlı Mahalleleri'nde yapılan ve cevher damarlarını kesen sondajlardan, damardan yan kayaca doğru sistematik örnekler alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda sondajlardan alınan örneklerin ana ve iz element analiz sonuçları Herrmann ve Berry (2002) tarafından geliştirilen MINSQ veri çözümleme programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

3.6.2.1. Demiroluk Damarında Mineral Değişimleri

Demiroluk damarında alterasyonun etkilemediği yan kayaçlardan itibaren cevher damarına kadar, sondaj profili boyunca sistematik örnekler alınmıştır. Demiroluk damarında meydana gelen % mineral değişimlerini belirleyebilmek için, cevher damarından yankayaçlara doğru, alterasyondan etkilendiği belirlenen 40 m'lik profil hattı boyunca sistematik olarak 16 adet örnek alınmış, bu örnekler ana ve iz elementler için analiz edilmiştir. Demiroluk sondajına ait örneklerin analiz sonuçları Ek Tablo 8'de, bu analizlere ait % mineral değişimleri ve istatistiksel parametreler ise Tablo 6'da verilmiştir.

Demiroluk damarında cevhere dike yakın (70 °C) bir hat boyunca MINSQ programı ile hesaplanan mineral değişimleri ve mineral yüzdeleri Şekil 62'de verilmiştir. Taze örneğin (116 m) bileşimine kıyasla, cevherden uzak bölgelerde K-feldispat, albit, Fe-klorit ve epidot miktarlarında sırasıyla % 36.63, % 13.80, % 18.74 ve % 23.87'ye varan oranlarda artış, cevher damarı içinde ise kalsit, apatit, sfen ve Mg-klorit miktarında sırasıyla % 16.46, % 17.97, % 7.69 ve % 38.60'a varan oranlarında artış görülmektedir.



Şekil 62. Demirogluk damarında profil hattı boyunca hesaplanan mineral oranlarındaki değişim.

Cevher damarının yan kayacında yoğun olarak bulunan K-feldispat ve albit, plajiyoklasların önce serizitleşip daha sonra da killeşmesi nedeniyle damar içerisinde görülemez. Serizit ve Fe-klorit de yan kayalarda bulunup cevherli zonda bulunmayan minerallerdir. Kuvars ve epidot cevherli zonda ciddi bir azalma gösterirken, Mg'lu klorit, kalsit ve apatit artış göstermektedir. Yan kayalar içinde nadiren görülen pirit, cevherli zonda önemli oranda artış göstererek kalkopirit, sfalerit ve galene eşlik etmektedir. Cevherli zonda kuvarsin azalması kalsitin artması, cevherleşmeye kalsitleşmenin eşlik ettiğini göstermektedir.

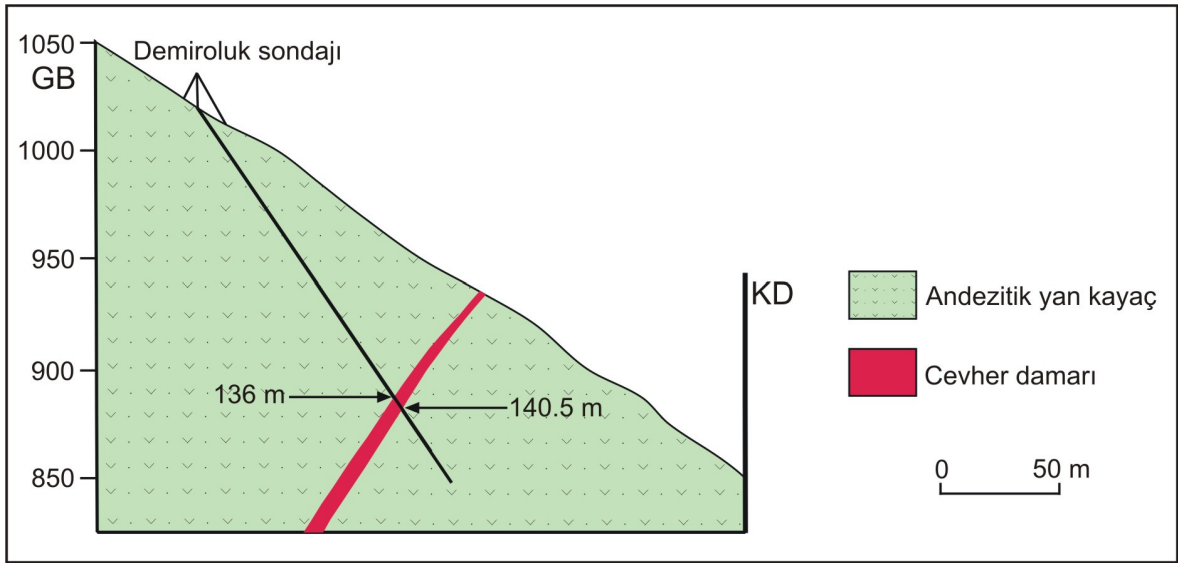
Tablo 6. Demiroluk damarında profil hattı boyunca, MINSQ veri çözümüleme programına göre hesaplanan mineral yüzdelerindeki değişim.

<i>Mineral</i>	<i>D-105</i>	<i>D-109</i>	<i>D-116</i>	<i>D-124</i>	<i>D-127</i>	<i>D-130</i>	<i>D-132</i>	<i>D-134</i>	<i>D-136</i>	<i>D-137</i>	<i>D-138</i>	<i>D-139</i>	<i>D-140</i>	<i>D-141</i>	<i>D-143</i>	<i>D-145</i>
<i>Kuvars</i>	12.85	12.25	16.29	13.98	18.52	18.58	20.18	18.95	8.16	0.00	6.44	1.74	10.93	6.63	22.21	17.29
<i>K-feldispat</i>	36.63	32.47	17.93	22.01	15.42	20.47	17.30	25.20	37.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	30.78	30.74
<i>Albit</i>	5.36	10.62	7.06	11.97	13.80	6.29	5.68	0.82	12.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.93
<i>Serizit</i>	7.68	6.07	12.51	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.05	14.79
<i>Fe-klorit</i>	5.54	9.85	7.13	2.62	8.15	4.61	4.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00	10.68	18.74
<i>Mg-klorit</i>	15.15	11.18	18.72	16.90	18.26	17.05	19.88	17.64	0.00	38.09	37.37	37.31	38.60	30.50	10.54	4.28
<i>Kalsit</i>	0.00	0.00	0.73	0.62	0.06	0.08	0.19	0.40	0.00	15.08	14.75	16.46	11.37	4.91	0.00	0.00
<i>Epidot</i>	10.51	10.03	9.53	20.05	15.48	20.98	20.31	23.87	0.00	0.00	1.28	0.00	1.22	31.28	8.88	4.37
<i>Kaolen</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
<i>Barit</i>	0.58	0.65	1.41	1.27	0.61	0.77	0.75	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.79	0.55	0.62
<i>Pirit</i>	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	1.73	1.55	0.00	0.00	3.75	0.00	0.00	0.00
<i>Kalkopirit</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.01	0.01
<i>Galen</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Rutil</i>	0.67	0.65	0.51	0.56	0.58	0.56	0.54	0.57	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.50	0.61	0.66
<i>Apatit</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.75	16.56	16.20	17.97	12.51	0.00	0.00	0.00
<i>Sfen</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	5.66	0.00	0.00	6.99	0.00	0.00	0.00
<i>Jarosit</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.34	4.77	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	94.99	93.78	91.83	89.99	91.23	89.42	89.28	88.49	88.74	86.94	87.45	85.62	86.69	89.72	93.25	92.50
Residual	0.02	0.02	1.40	0.56	0.01	0.04	0.04	0.19	0.56	1.69	1.72	1.24	1.11	1.08	0.01	0.02

<i>Mineral</i>	<i>Kuvars</i>	<i>K-feldispat</i>	<i>Albit</i>	<i>Serizit</i>	<i>Fe-klorit</i>	<i>Mg-klorit</i>	<i>Kalsit</i>	<i>Epidot</i>	<i>Kaolen</i>	<i>Barit</i>	<i>Pirit</i>	<i>Kalkopirit</i>	<i>Galen</i>	<i>Rutil</i>	<i>Apatit</i>	<i>Sfen</i>	<i>Jarosit</i>
<i>Ortalama</i>	12.81	17.89	4.75	3.13	4.55	20.72	4.04	11.11	0.01	0.88	0.44	0.01	0.02	0.41	4.81	1.27	0.38
<i>Medyan</i>	13.41	19.20	3.15	0.00	3.52	17.95	0.29	9.78	0.00	0.62	0.01	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00
<i>St. Sapma</i>	6.69	14.01	5.14	5.03	5.34	12.23	6.37	9.90	0.03	1.39	1.04	0.05	0.09	0.27	7.46	2.76	1.22
<i>Mak.</i>	22.21	37.08	13.80	14.79	18.74	38.60	16.46	31.28	0.10	5.79	3.75	0.18	0.37	0.67	17.97	7.69	4.77
<i>Min.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

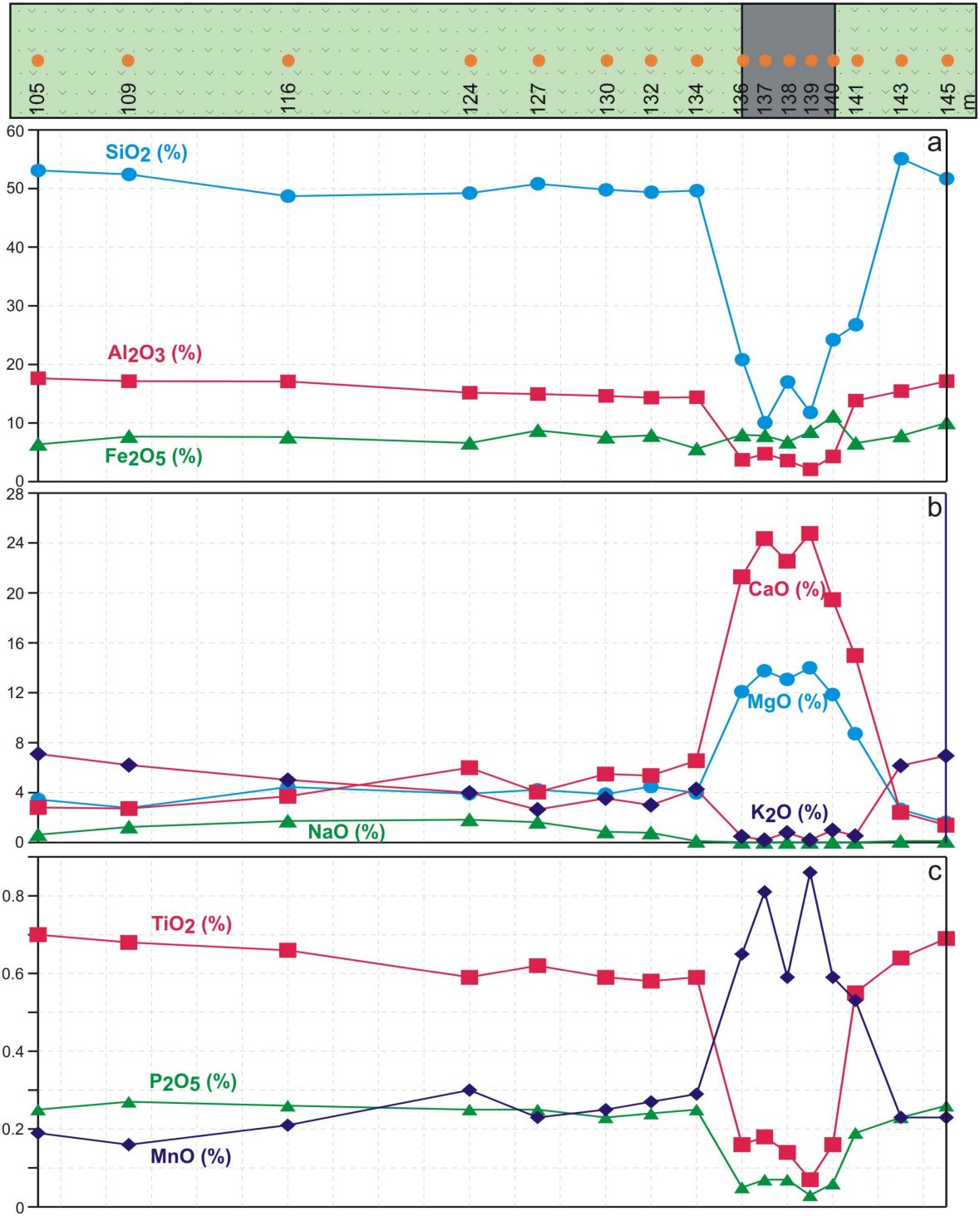
3.6.2.2. Demiroluk Damarında Element Değişimleri

K60B/ 70° GB konumlu olan Demiroluk damarı için yapılan sondajın koordinatları 407476 K ve 4519821 D olup, bu sondaj cevher damarını yaklaşık 70 derecelik açıyla kesmektedir (Şekil 63). Damarın kalınlığı yüzeyde 30 - 50 cm arasında iken, 136 m derinde yaklaşık 3 m'ye ulaşmaktadır.



Şekil 63. Demiroluk damarının ve sondajın kesit hattı üzerinde görünümü.

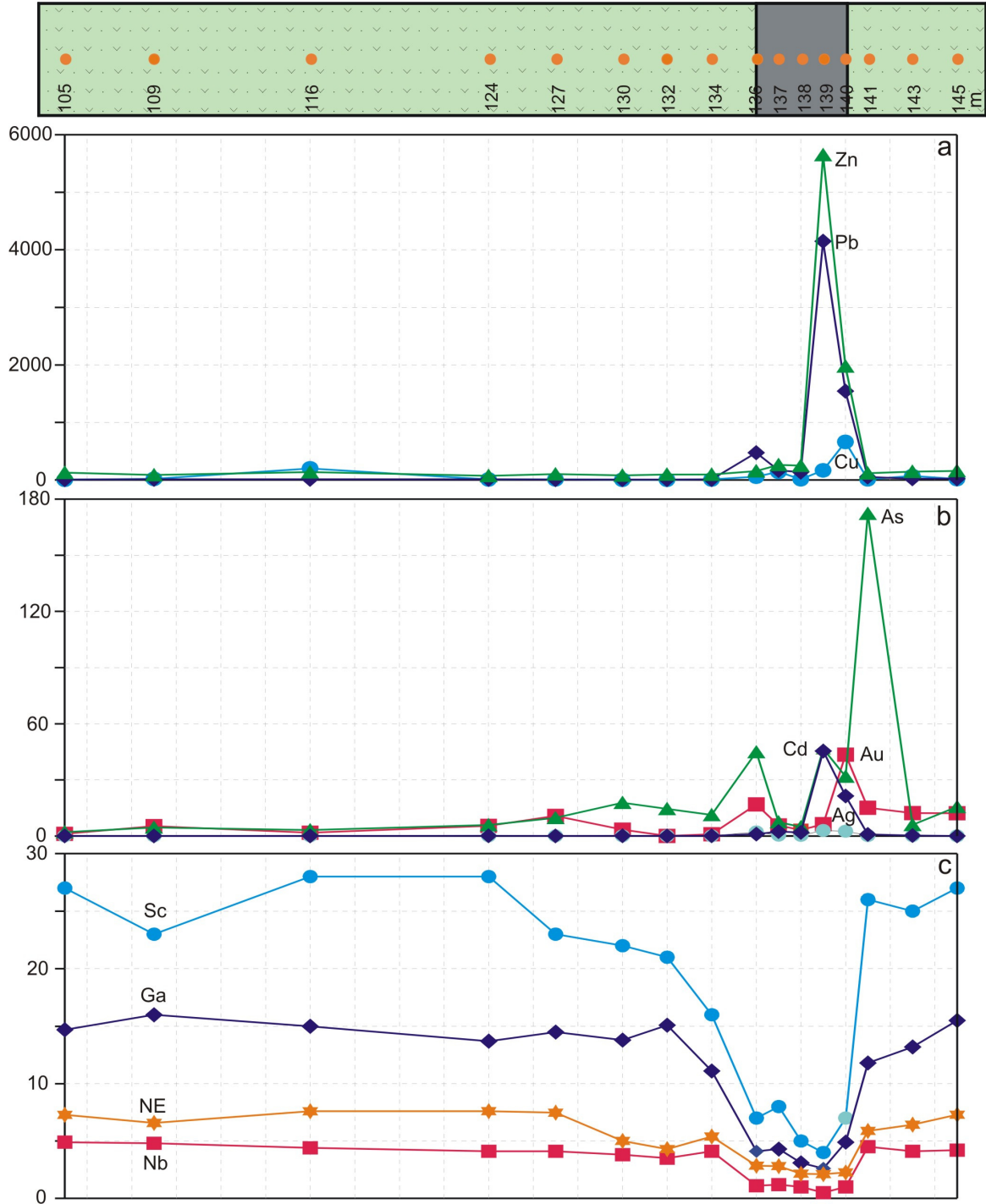
Cevher damarını kesen 40 m'lik profil hattı boyunca, yan kayalardan cevherli zona doğru SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O ve NaO değerlerinde önemli oranlarda düşme tespit edilmiştir. Buna göre SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O ve NaO yan kayalar içerisinde en düşük değerler olarak sırasıyla % 48.7, % 13.82, % 0.23, % 2.64 ve % 0.11 iken, cevherli zonda bu elementlerin sırasıyla % 10, % 2.1, % 0.03, % 0.2 ve % 0.02'ye düştüğü tespit edilmiştir. Buna karşılık CaO , MgO ve MnO değerleri artış göstererek sırasıyla % 24.76, % 14 ve % 0.86'ya çıkmaktadır. Fe_2O_3 profil hattı boyunca önemli bir değişim göstermemektedir (Şekil 64a, b ve c). Cevher zonu içerisinde Si miktarındaki azalmaya karşılık Ca miktarındaki artış, cevher oluşumuna kalsiyumun eşlik ettiğini göstermektedir. Yan kayaç içerisinde bulunan albitlerin cevherli zonda killeşmesi, Na ve Al miktarlarında azalmaya neden olurken, K-feldispatların ayrışması da Al ile birlikte K'un azalmasına neden olmuştur. Cevherli zondaki Mg ve Mn artışını da Mg-klorit sağlamıştır.



Şekil 64. Demiroluk damarında profil hattı boyunca ana oksitlerdeki değişim.

Yan kayaçlar içerisinde oldukça düşük olan Cu, Pb ve Zn, cevherli zonda önemli oranda artış göstererek sırasıyla % 0.06, % 0.42 ve % 0.57'ye ulaşmaktadır (Şekil 65a). Bu elementlerin dışında As, Au, Ag ve Cd'da önemli oranda artış göstermektedir (Şekil 65b).

As'nin arttığı örneklerde Au'nun artışı, bu iki elementin birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Ayrıca, Sc, Ga, NE ve Nb cevher damarı içerisinde önemli derecede azalma gösteren elementlerdir (Şekil 65c).



Şekil 65. Demirölk damarında profil hattı boyunca iz elementler ve NE'deki değişim (Au ppb, diğerleri ppm olarak verilmiştir).

3.6.2.3. Haydarlı Damarında Mineral Değişimleri

Haydarlı damarında meydana gelen % mineral değişimlerini belirleyebilmek için, cevher damarından itibaren yan kayalara doğru, alterasyondan etkilendiği belirlenen 40 m'lik sondaj profil hattı boyunca sistematik olarak 16 adet örnek alınmış, bu örnekler ana ve iz elementler için analiz edilmiştir. Haydarlı sondajına ait örneklerin analiz sonuçları Ek Tablo 9'da, bu analizlere ait mineral % değişimleri ve temel istatistiksel parametreler ise Tablo 7'de verilmiştir. Sondaj profil hattı boyunca taze örneğin bileşimine kıyasla, MINSQ programı ile hesaplanan mineral değişimleri ve yüzdeleri de Şekil 66'da verilmiştir.

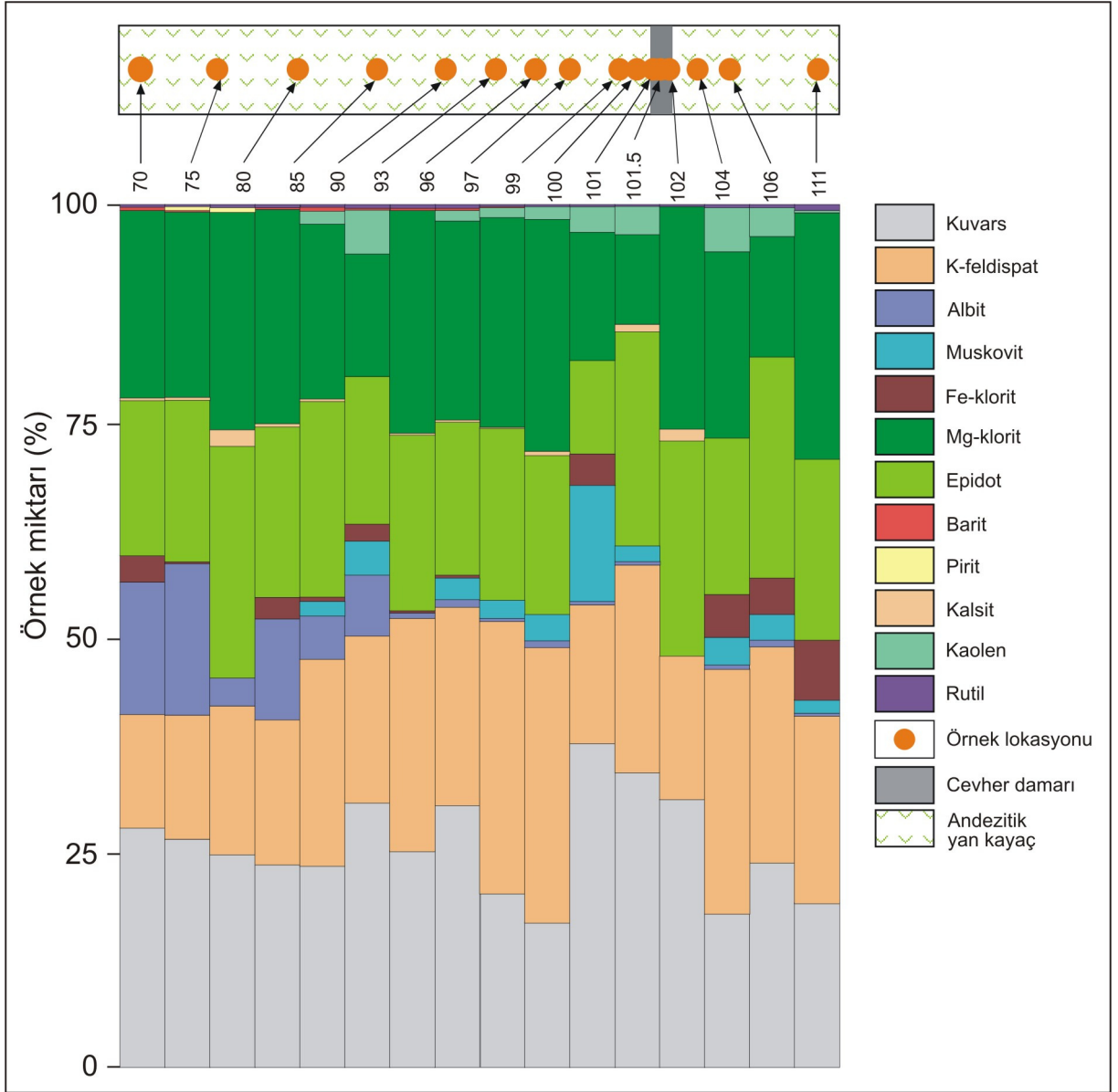
Buna göre taze örneğin bileşimine kıyasla cevherden uzak bölgelerde K-feldispat, albit ve epidot minerallerinin miktarlarında sırasıyla % 28.79, % 16.61 ve % 28.40 oranında artış görülürken, cevher damarında kuvars, serizit ve kalsit miktarlarında sırasıyla % 35.18, % 12.91 ve % 3.41 oranlarında artış görülmektedir.

Cevher yan kayacında yoğun olarak bulunan K-feldispat ve albit, plajiyoklasların önce serizitleşip daha sonra da killeşmesi nedeniyle damarda görülememiştir. Kuvars, serizit ve kalsit de cevherli zonda artış gösteren minerallerdir. Kaolen miktarı da cevherli zona doğru artış göstermektedir. Bu durum, Demiroluk damarında olduğu gibi plajiyoklasların killeşmesiyle açıklanabilir. Cevherli zonda kuvarsin ve kalsitin artış göstermesi, cevherleşmeye silisleşmenin ve kalsitleşmenin birlikte eşlik ettiğini göstermektedir.

Tablo 7. Haydarlı damarında profil hattı boyunca MINSQ veri çözümleme programına göre hesaplanan mineral yüzdelilerindeki değişim.

Mineral	H-70	H-75	H-80	H-85	H-90	H-93	H-96	H-97	H-99	H-100	H-101	H-101.5	H-102	H-104	H-106	H-111
Kuvars	26.12	25.06	21.66	22.13	22.00	29.11	22.55	27.51	18.35	14.98	35.18	31.22	26.98	16.02	22.19	15.96
K-feldispat	12.41	13.59	16.45	15.45	21.98	18.57	22.74	20.76	28.79	28.45	14.74	22.05	15.13	25.68	23.29	21.44
Albit	14.50	16.61	2.94	10.49	4.67	6.70	0.56	0.40	0.38	0.36	0.34	0.22	0.00	0.49	0.48	0.33
Serizit	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	3.70	0.00	2.26	1.92	2.67	12.91	1.52	0.00	2.82	2.36	1.29
Fe-klorit	3.08	0.73	0.00	2.34	0.50	2.00	0.16	1.72	0.00	0.00	2.97	0.00	0.00	4.45	3.52	6.69
Mg-klorit	16.91	17.37	20.06	19.88	21.09	16.23	18.37	15.88	18.11	16.51	10.11	13.75	18.29	16.16	23.36	19.77
Kalsit	0.26	0.26	0.88	0.16	0.12	0.01	0.24	0.01	0.08	0.45	0.00	0.71	3.43	0.03	0.03	0.03
Epidot	20.51	20.47	28.40	23.14	19.20	13.60	24.26	20.51	22.23	24.44	13.81	19.38	22.32	19.59	15.00	26.54
Kaolen	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39	4.72	0.19	0.92	0.79	0.97	2.62	2.19	0.00	4.43	2.98	0.32
Barit	0.14	0.05	0.02	0.07	0.15	0.04	0.00	0.04	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pirit	0.06	0.09	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kalkopirit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Galen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rutil	0.49	0.50	0.52	0.52	0.54	0.54	0.51	0.48	0.56	0.58	0.57	0.44	0.33	0.57	0.60	0.73
Toplam	94.50	94.70	91.10	94.20	93.10	95.20	89.60	90.50	91.30	89.41	93.24	91.47	93.48	90.23	93.81	93.09
Residual	0.20	0.20	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.30	0.10	0.50	0.60	0.10	0.10	0.10

Mineral	Kuvars	K-feldispat	Albit	Serizit	Fe-klorit	Mg-klorit	Kalsit	Epidot	Kaolen	Barit	Pirit	Kalkopirit	Galen	Rutil
Ort.	23.56	20.10	3.72	2.06	1.76	17.62	0.42	20.84	1.35	0.04	0.02	0.00	0.00	0.53
Medyan	22.37	21.10	0.49	1.48	1.23	17.74	0.14	20.51	0.86	0.01	0.00	0.00	0.00	0.53
St. Sapma	5.70	5.13	5.49	3.14	1.98	3.08	0.84	4.21	1.59	0.05	0.04	0.00	0.00	0.08
Mak.	35.18	28.79	16.61	12.91	6.69	23.36	3.43	28.40	4.72	0.15	0.15	0.01	0.00	0.73
Min.	14.98	12.41	0.00	0.00	0.00	10.11	0.00	13.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33

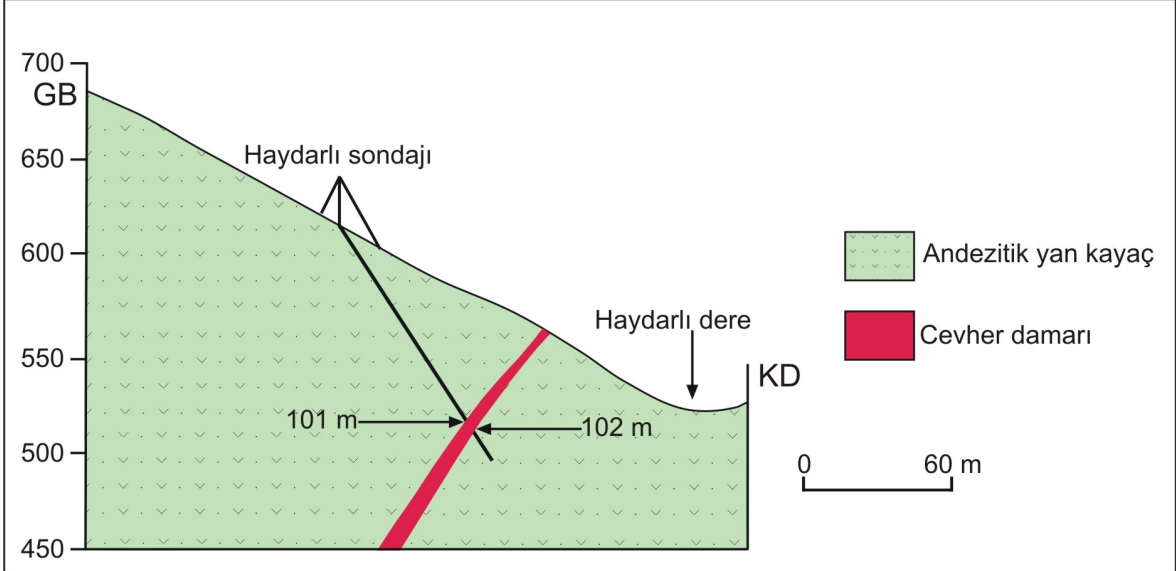


Şekil 66. Haydarlı damarında profil hattı boyunca hesaplanan mineral oranlarındaki değişim.

3.6.2.4. Haydarlı Damarında Element Değişimleri

Haydarlı damarı K60B/ 80° GB konumlu olup bu damar için yapılan sondajın koordinatları 408755 K ve 4520656 D, doğrultu ve eğimi de 210/50'dir. Toplam uzunluğu 111 m olan sondaj 101-102 m'ler arasında 1 m'lik cevherli bir zon kesmiştir (Şekil 67). Damarın kalınlığı yüzeyde 70-80 cm arasında, yüzeyden 100 m derinde ise 1 m civarındadır. Cevher damarını yaklaşık 70 derece açıyla kesen sondajdan, yan kayalardan

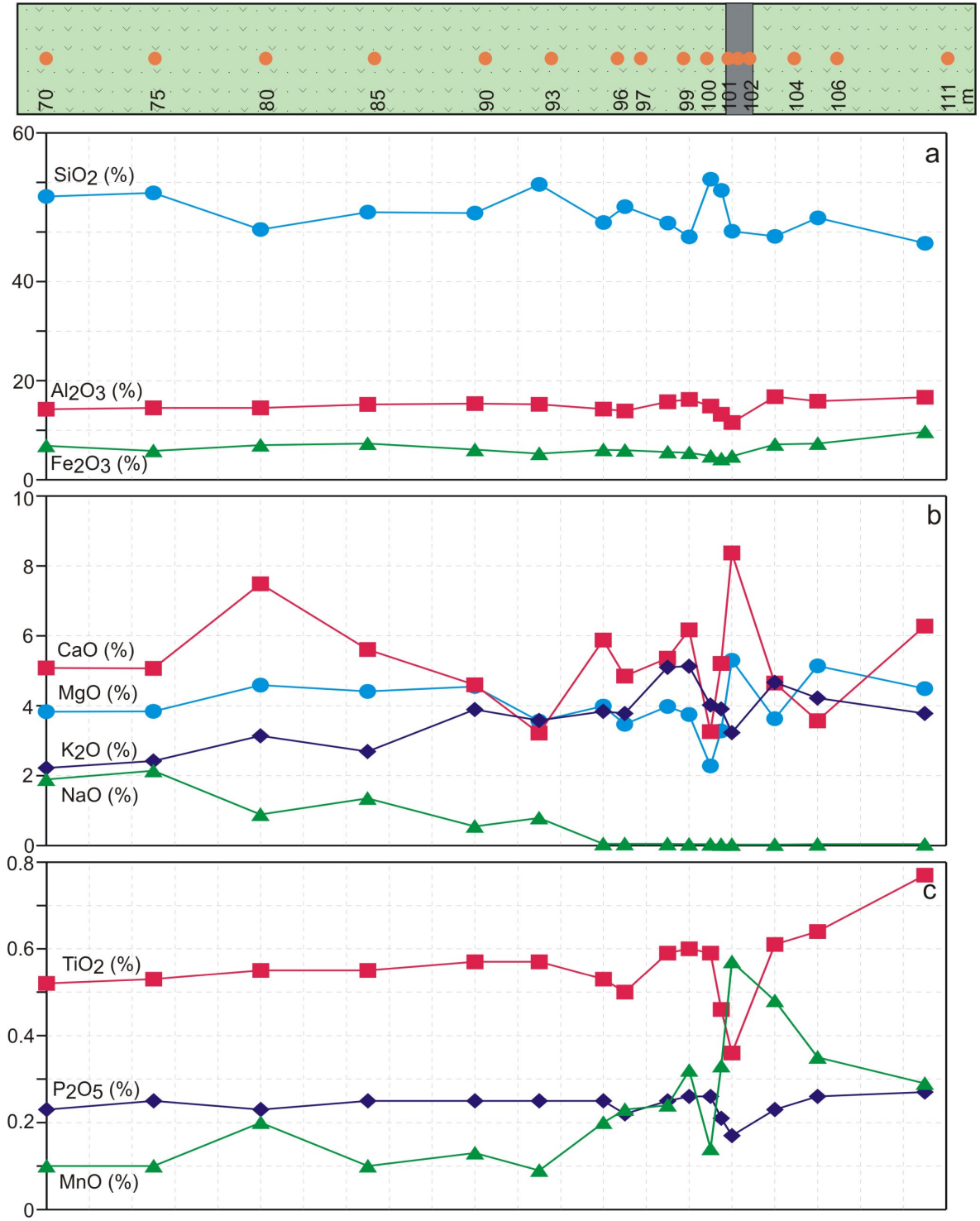
damara doğru sistematik olarak 16 adet örnek alınmış, bu örnekler ana ve iz elementler için analiz edilmiştir. Örnekleme sırasında damara yaklaştıkça örnek aralığı azaltılmıştır.



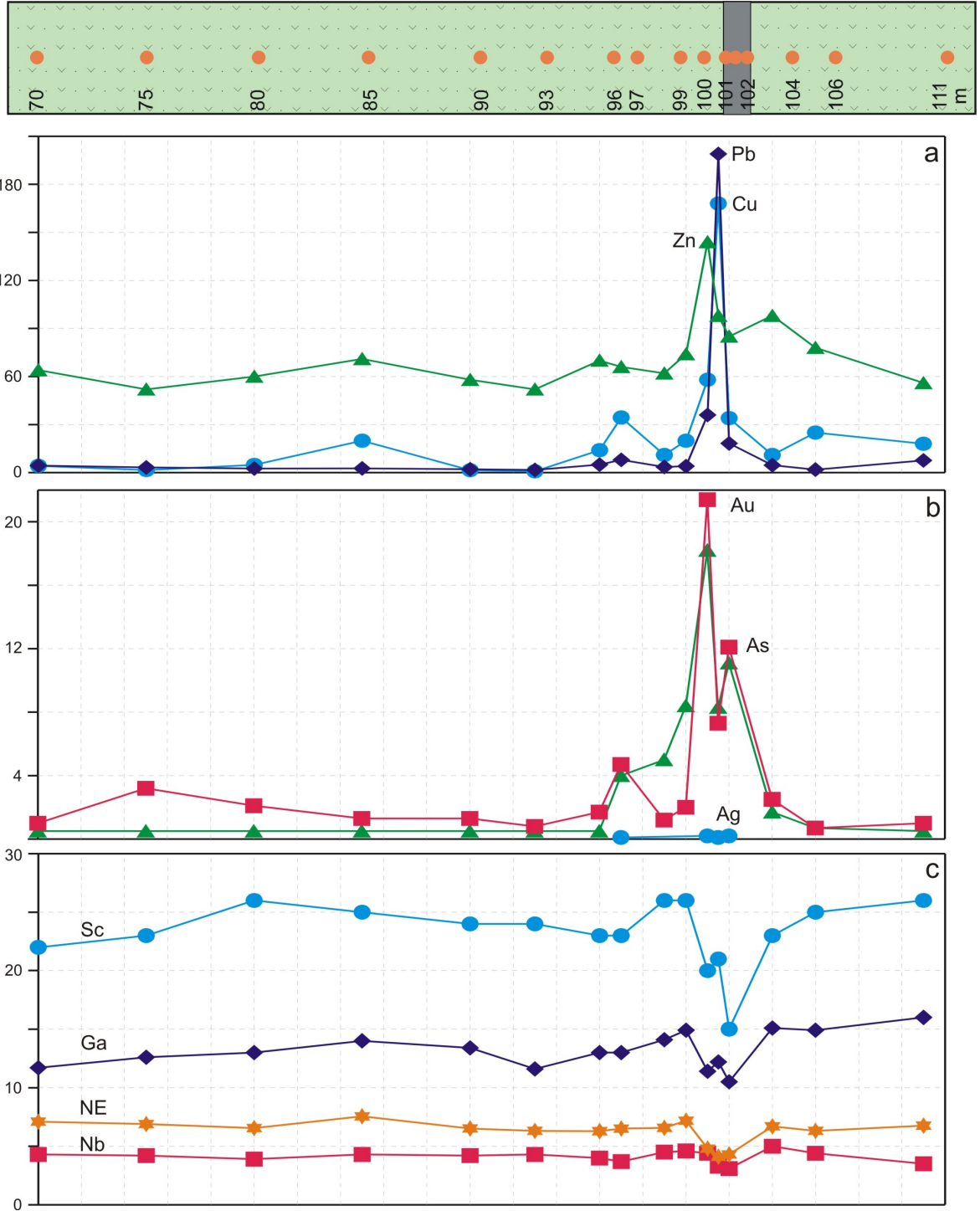
Şekil 67. Haydarlı damarının ve yapılan sondajın kesit hattı üzerindeki görünüşü.

Cevher damarını kesen 40 m'lik profil hattı boyunca Si, Ca, Mg, Mn ve K değerleri yan kayaktan cevher damarına doğru artma göstererek sırasıyla en yüksek % 60.65, % 8.37, % 5.3, % 0.57 ve % 5.13'e ulaşmaktadır. Buna karşılık Al, Fe, Na, Ti ve P de benzer şekilde yan kayaktan cevher damarına doğru azalma eğiliminde olup sırasıyla % 11.55, % 4.21, % 0.03, % 0.36 ve % 0.17'ye düşmektedir (Şekil 68a, b ve c). Mg ve Mn artışına Mg-klorit, silisyum artışına kuvars ve kalsiyum artışına da kalsit mineralleri neden olmuştur. Diğer taraftan cevherli zonda albit minerallerinin azalması Al ve Na düşüşüne, albit ve plajiyoklasların killeşmesi de Na düşüşüne neden olmuştur (Naschwitz ve Van Moort, 1991). Ayrıca rutil miktarındaki azalma Ti oranını ve Fe-kloritin azalması da Fe oranının düşmesine neden olmuştur.

Profil hattı boyunca en fazla 34 ppm olan Cu, cevher damarında 168 ppm'e, 8 ppm olan Pb 199 ppm'e ve 78 ppm olan Zn'de 144 ppm'e çıkarak anomali oluşturmaktadır. Yan kayalar içerisinde 5 ppm'den daha düşük olan As 18 ppm'e ve Au da 21 ppb'ye ulaşmaktadır (Şekil 69a ve b). Ayrıca cevher damarı içerisinde Sc, Ga, NE ve Nb önemli ölçüde azalma göstermektedir (Şekil 69c).



Şekil 68. Haydarlı damarında profil hattı boyunca ana oksitlerdeki değişim.



Şekil 69. Haydarlı damarında profil hattı boyunca iz ve NE'deki değişim (Au ppb, diğerleri ppm olarak verilmiştir).

3.6.3. Kütle Değişim Hesaplamaları

Hidrotermal alterasyon sonucu kayaların yapısında bulunan elementlerin bazıları ortamdaki uzaklaşmakta bazıları ise zenginleşme meydana gelmektedir. Kütle değişim hesabıyla alterasyondan az etkilenmiş veya etkilenmemiş kayacın kimyasal bileşimiyle, altere olmuş kayacın kimyasal bileşimi arasındaki değişimleri ve bu değişimin miktarını kütleli olarak ortaya koymak mümkündür. Bu konuda ilk olarak Greesens (1967) tarafından yapılan çalışmaları Green vd. (1981), Grant (1986), MacLean (1990), Barret vd. (1993) ve Huston (1993) izlemiştir. Grant (1986), Greesens (1967) tarafından önerilen metodu basitleştirerek hem grafiksel hem de bilgisayar ortamında uygulanabilir hale getirmiştir.

Grant'ın (1986) geliştirdiği bu yöntemde altere olmamış kayacın element içeriğini X eksenine, altere kayacın element içeriğini ise Y eksenine yerleştirerek verileri grafiğe aktarmış, daha sonra grafikte bulunan noktalar arasından ve orijinden geçecek şekilde izokon doğrusunu çizmiştir. Grant (1986) tarafından hazırlanan grafikte hangi noktanın hangi elementin değişimine karşılık geldiğini anlamak oldukça güç olduğundan konu üzerinde çalışan araştırmacılar ilk olarak Greesens (1967) tarafından önerilen bu metodu daha anlaşılır hâle getirmişlerdir (Barret ve Maclean, 1991; Shriver ve Mclean, 1993; Barret vd., 1993 ve Huston, 1993).

Huston (1993) tarafından geliştirilen izokon yönteminde altere olan ve olmayan kayalarda bulunan hareketsiz elementler belirlenir ve bu elementler arasındaki en yüksek pozitif korelasyon katsayısı hesaplanır. Hareketsiz elementler seçildikten sonra tüm elementler ölçeklendirilir. Bu elementler arasındaki en yüksek korelasyon katsayısı hesaplanır. Az altere veya altere olmamış kayadaki (C_i^0) ve altere (C_i^A) kayadaki ölçeklendirme faktörü (F_i) (12) numaralı formülle hesaplanır. Tüm elementlerin ölçeklendirme faktörü hesaplandıktan sonra, (13) numaralı formül kullanılarak ölçeklendirme değeri (C_i^S) bulunur. Ölçeklendirme işlemi yapılırken alterasyondan çok etkilenen elementlerin orijine yakın, az etkilenen elementlerin orijinden uzağa ve alterasyondan etkilenmeyen hareketsiz elementlerin ise diğerlerinin arasına dağıtılmasına özen gösterilir. Ölçeklendirilmiş az altere örneklerin bileşimleri X ekseninde, ölçeklendirilmiş altere örneklerin bileşimleri ise Y ekseninde olacak şekilde grafik hazırlanır. Daha sonra bu grafik üzerine orijinden ve hareketsiz elementlerin üzerinden

geçecek şekilde izokon çizilir. Çizilen bu doğrunun üst kısmında kalan elementler kütle artışını, alt kısmında kalan elementler ise kütle azalmasını temsil ederken, bu doğruyla çakışan elementler herhangi bir kütle artışı veya azalmasının olmadığını göstermektedir.

$$F_i = n_i \cdot C_i^O \quad (12)$$

$$C_i^S = F_i \cdot C_i \quad (13)$$

Çizilen bu izokon doğrusunun eğimi (m) hesaplanarak, kütle değişim hesabı yapılabilir. Eğimin (m) < 1 olması kütle artışını, (m) > 1 olası kütle azalmasını, eğimin (m) = 1 olması da kütle değişiminin meydana gelmediğini gösterir. Bütün bu işlemlerden sonra altere kayacın az altere kayaca göre göreceli kütle değişimi (14) numaralı formülle, net kütle değişimi ise (15) numaralı formülle hesaplanır.

$$\Delta C_i^A (\%) : 100(C_i^A / (C^O \times C_i^O) - 1) \quad (14)$$

$$\Delta C_i^A (g/100g) : (\Delta C_i^A (\%) / 100) \times (C_i^A (g/100g)) \quad (15)$$

$$\Delta M^A (\%) : 100 \times (1/m - 1) \quad (16)$$

C_i^A : i elementinin altere kayadaki konsantrasyonu

C_i^O : i elementinin en az ayrılmış kayadaki konsantrasyonu

ΔC_i^A : en az ayrılmış kayaca göre ayrılmış kayadaki göreceli (%) ve net (g/100g) kütle değişimi

ΔM^A : % net kütle değişimi

m : eğim

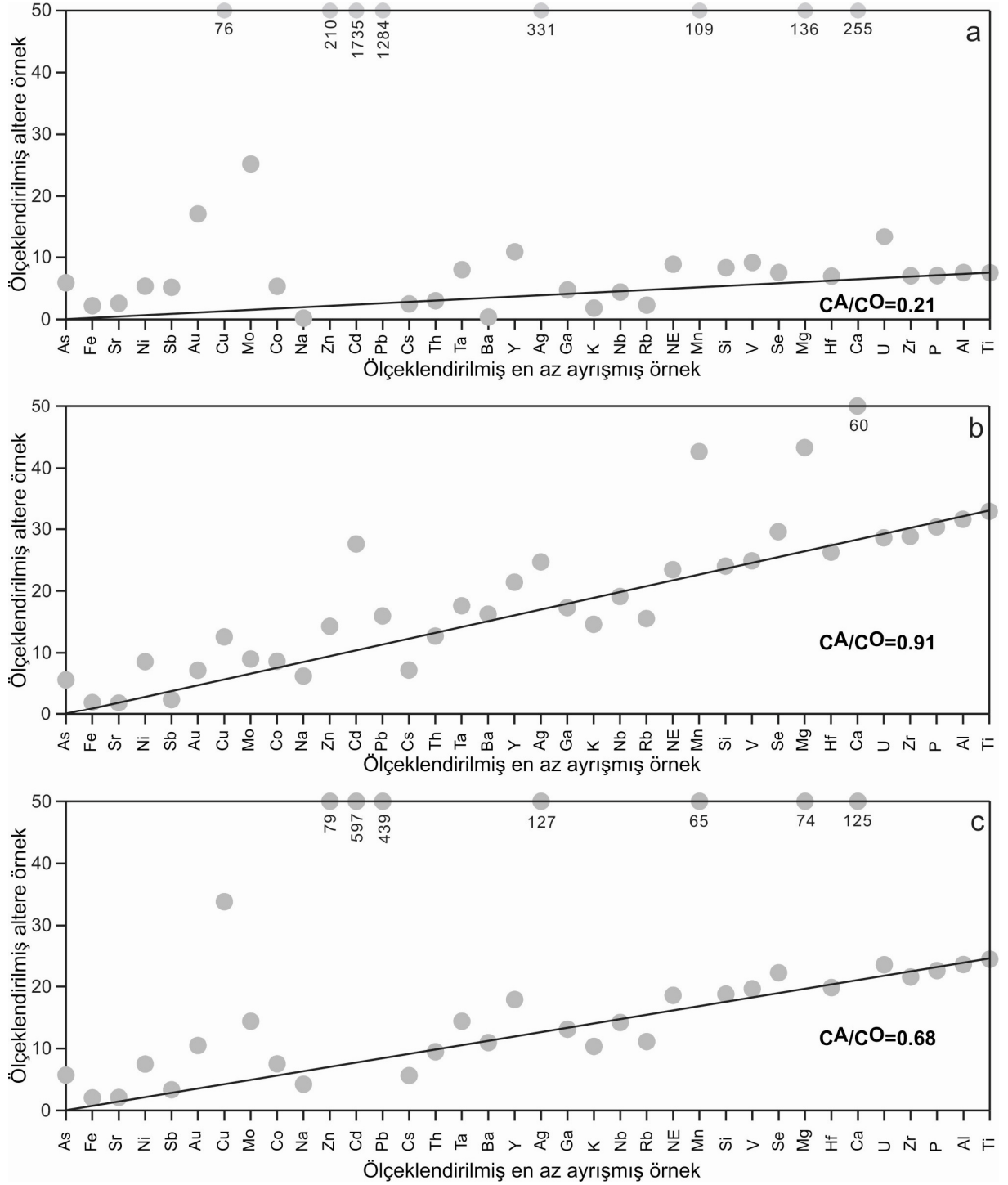
3.6.3.1. Demiroluk Damarında Göreceli ve Net Kütle Değişimleri

MINSQ yöntemiyle sondaj profili boyunca cevher damarından yan kayaca doğru alterasyon mineralojisindeki değişim belirlendikten sonra, aynı yöntem kullanılarak cevher damarı, altere yan kayalar ve tüm hat boyunca meydana gelen kütle ve kimyasal değişimler belirlenmiştir. Bu değişimleri belirlemek için, alterasyondan en az etkilenen hareketsiz element belirlenip, diğer elementlerin bu hareketsiz elemente göre artışı veya azalışının hesaplanması gerekmektedir. Bu amaca yönelik yapılan çalışmalara göre

(MacLean ve Kranidiotis, 1987, MacLean (1990) Al, Zr, Ti, Y ve Nb alterasyondan en az etkilenen veya hareketsiz oldukları belirlenen elementlerdir. Bu çalışmada da Demiroluk sondajından sistematik olarak alınan 16 örneğin kimyasal analiz sonuçlarına göre en az hareketsiz element olarak Ti belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalarda nadir elementlerinin (NE) ortalama değeri kullanılmıştır. Belirlenen hareketsiz elemente göre izokon doğrusu oluşturularak kütle değişimi hesaplanmıştır.

Huston (1993) yöntemi kullanılarak, Demiroluk damarına ait sondaj profil hattı için oluşturulan izokon doğrusunun eğimi cevher damarı, altere yan kayaçlar ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buna göre izokon doğrusunun eğimi cevher damarı için $m=0.21$ (Şekil 70a), altere yan kayaçlar için $m=0.91$ (Şekil 70b) ve tüm hat için de $m=0.68$ (Şekil 70c) çıkmaktadır. İzokon doğrusunun eğiminin her üç durumda da 1'den küçük olması kütle artışının meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca Şekil 70'deki diyagramlardan da anlaşacağı üzere kütle kaybı olan elementler izokon doğrusunun alt kısmında, kütle kazanımı olan elementler izokon doğrusunun üst kısmında, alterasyon süresince değişime uğramayan, hareketsiz elementler ise izokon doğrusu üzerinde dağılım göstermektedir.

Hazırlanan bu diyagrama göre cevher damarı içerisinde As, Au, Cu, Mo, Zn, Cd, Pb, Ag, Mn, Mg ve Ca elementlerinde kütle kazanımının, buna karşılık Na, Ba, K ve Rb elementlerinde ise kütle kaybının olduğu görülmektedir (Şekil 70a). Altere yan kayaçlarda ise As, Ni, Cu, Zn, Cd, Ag, Mn, Mg ve Ca elementlerindeki kütle artışına karşılık, Na, Cs, K ve Rb elementlerinde kütle kaybının görüldüğü anlaşılmaktadır (Şekil 70b). Cs, Th, Ga, Nb, Hf, Zr, P ve Al elementlerinin, hem de altere yan kayaçlara ait diyagramda izokon doğrusunun üzerine düşmesi, bu elementlerde kütle değişiminin olmadığını göstermektedir.

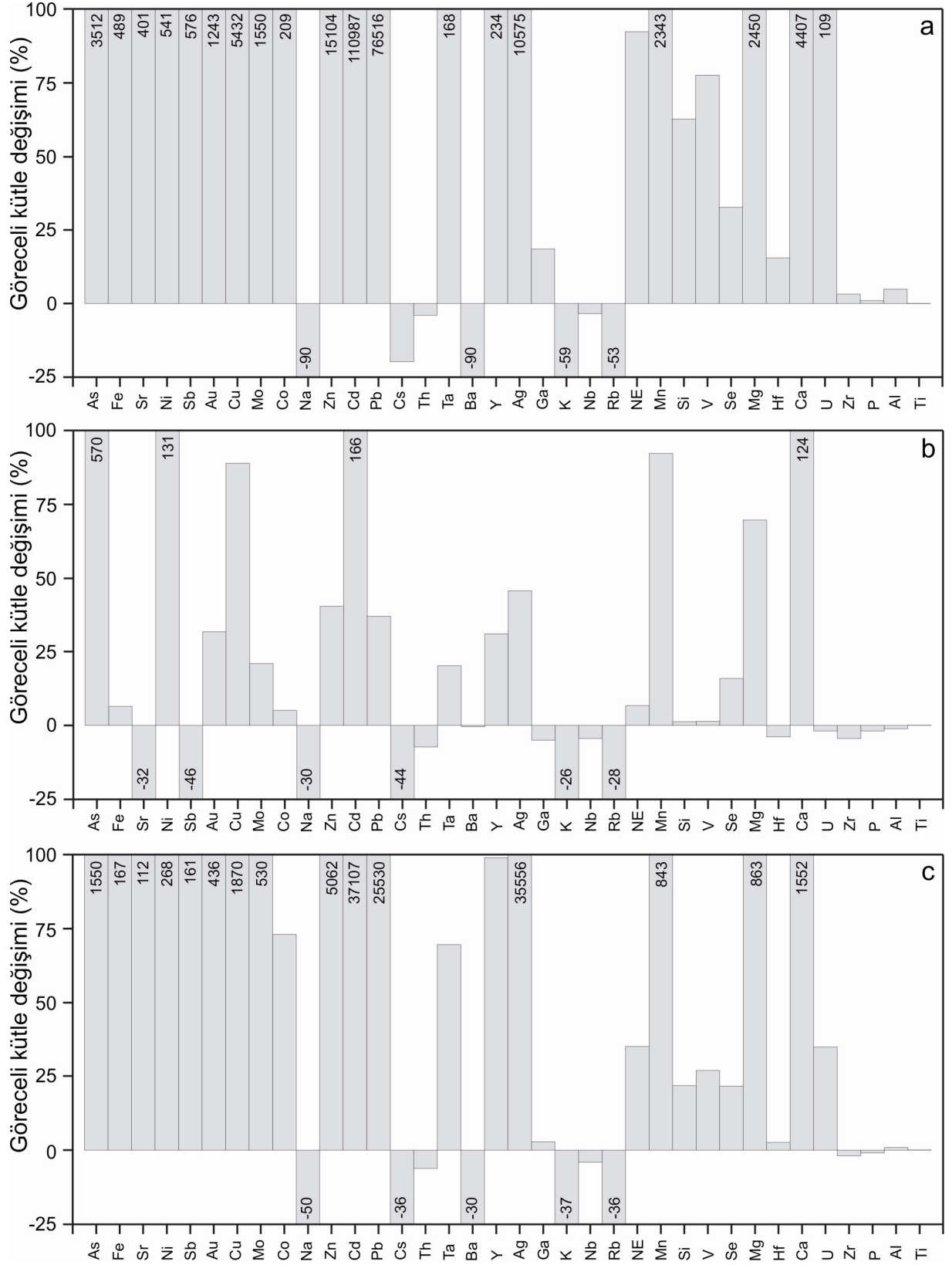


Şekil 70. Demirölük damarında profil hattı boyunca hesaplanan izokon diyagramları. a) Cevherli zon (136, 137, 138, 139 ve 140 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (105 ve 145 metreler arası) % değişim diyagramı.

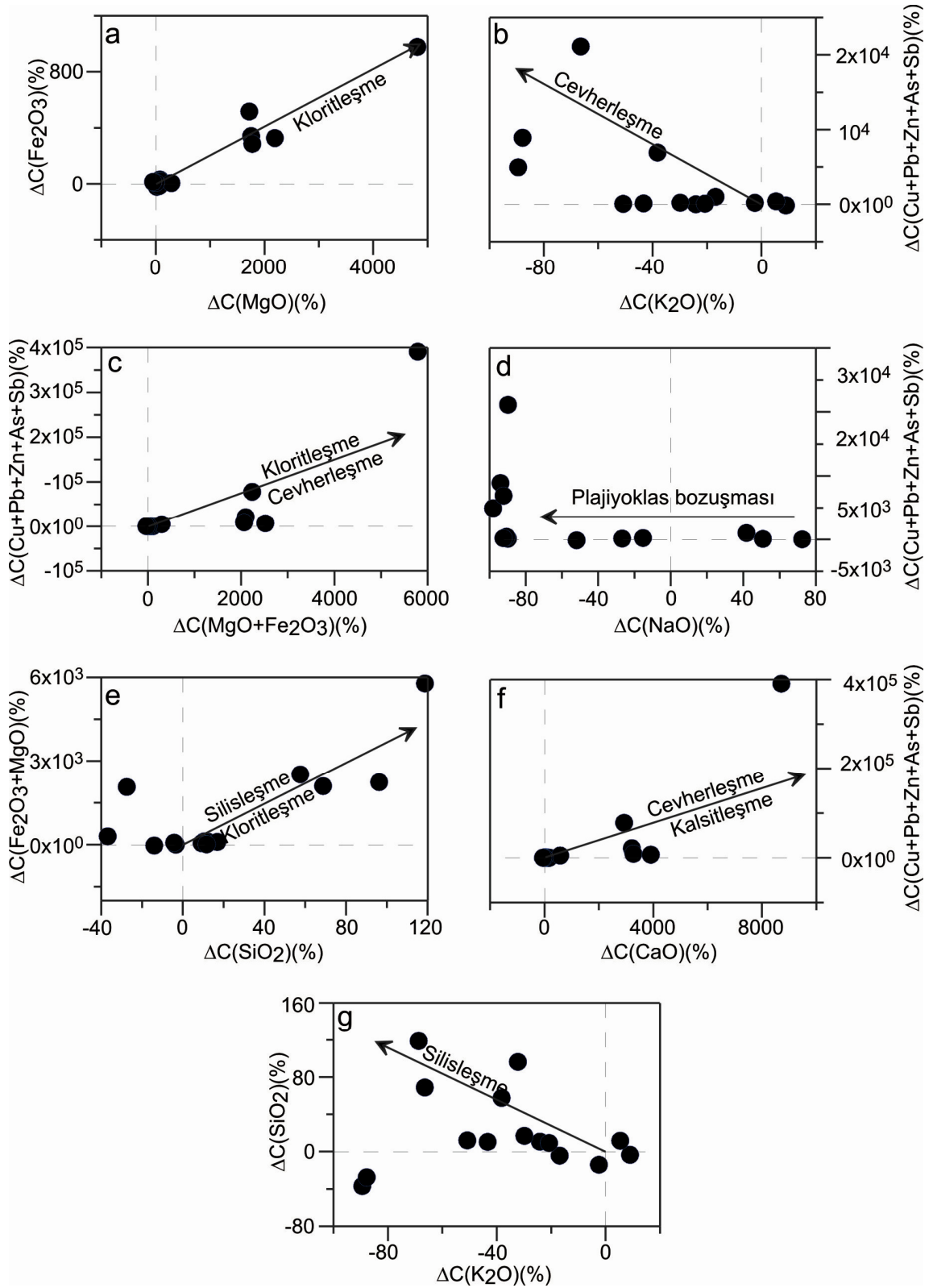
Demirölük damarı için göreceli kütle değişimi (3) numaralı formül kullanılarak cevher damarı, yan kayalar ve tüm hat için hesaplanmış ve Şekil 71’de grafiksel olarak

gösterilmiştir. Buna göre cevher damarı içinde Cu (% 5432), Pb (% 76516), Zn (% 15104), As (%3512), Au (% 1243), Ag (% 10576) ve Ca (% 4407) Şekil 71a'da gösterilen diğer bazı metallere birlikte artış gösterirken, Na (% 90), Ba (% 90), K (% 59) ve Rb (% 53) azalma göstermektedir. Yan kayaçlar içindeki element değişimlerine bakıldığında, As (% 570), Ni (% 131), Cd (% 166) ve Ca (% 124) önemli ölçüde artış gösteren elementler arasında iken, Sr (% 32), Sb (% 46), Na (% 30), K (% 26) ve Rb (% 28) azalma gösteren elementler arasındadır (Şekil 71b). Cevher damarı ve altere yan kayaçlar birlikte değerlendirildiğinde, meydana gelen element artışı ve azalmaları ise Şekil 71c'de verilmiştir. Göreceli element değişimlerine göre kıymetli metallere hem cevher damarı hem de alterasyon zonu içerisinde önemli derecede artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Si miktarı altere yan kayaçlarda % 1,23, cevher damarında ise % 63 oranında artış gösterirken, Ca miktarı alterasyon zonu içinde % 124, cevher damarı içinde ise % 4407 oranında artış göstermektedir. Mg miktarı da benzer şekilde alterasyon zonu içinde % 70, cevher damarı içinde ise % 2450 oranında artış hâlinindedir.

Demiroluk damarında göreceli kütle değişim hesaplamalarına göre Fe ve Mg arasında görülen pozitif korelasyon kloritleşmeye işaret etmektedir (Şekil 72a). Cevher oluşumuna paralel olarak serizitleşme azalırken (Şekil 72b), kloritleşme artış göstermektedir (Şekil 72c). Demiroluk damarında Na miktarında meydana gelen göreceli azalma cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışması (Şekil 72d), Ca miktarında meydana gelen göreceli artma ise cevher oluşumu ile kalsitleşmenin bir arada olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Şekil 72f). Tüm bunlara ilâveten yan kayaçlarda silisleşme ile kloritleşme eş zamanlı olarak gerçekleştiği (Şekil 72e), diğer taraftan silisleşmenin artışıyla serizitleşmenin azaldığı (Şekil 72g) anlaşılmıştır.



Şekil 71. Demirölk damarında profil hattı boyunca hesaplanan göreceli kütle değişimleri a) Cevherli zon (136, 137, 138, 139 ve 140 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (105 ve 145 metreler arası) göreceli kütle değişimi.

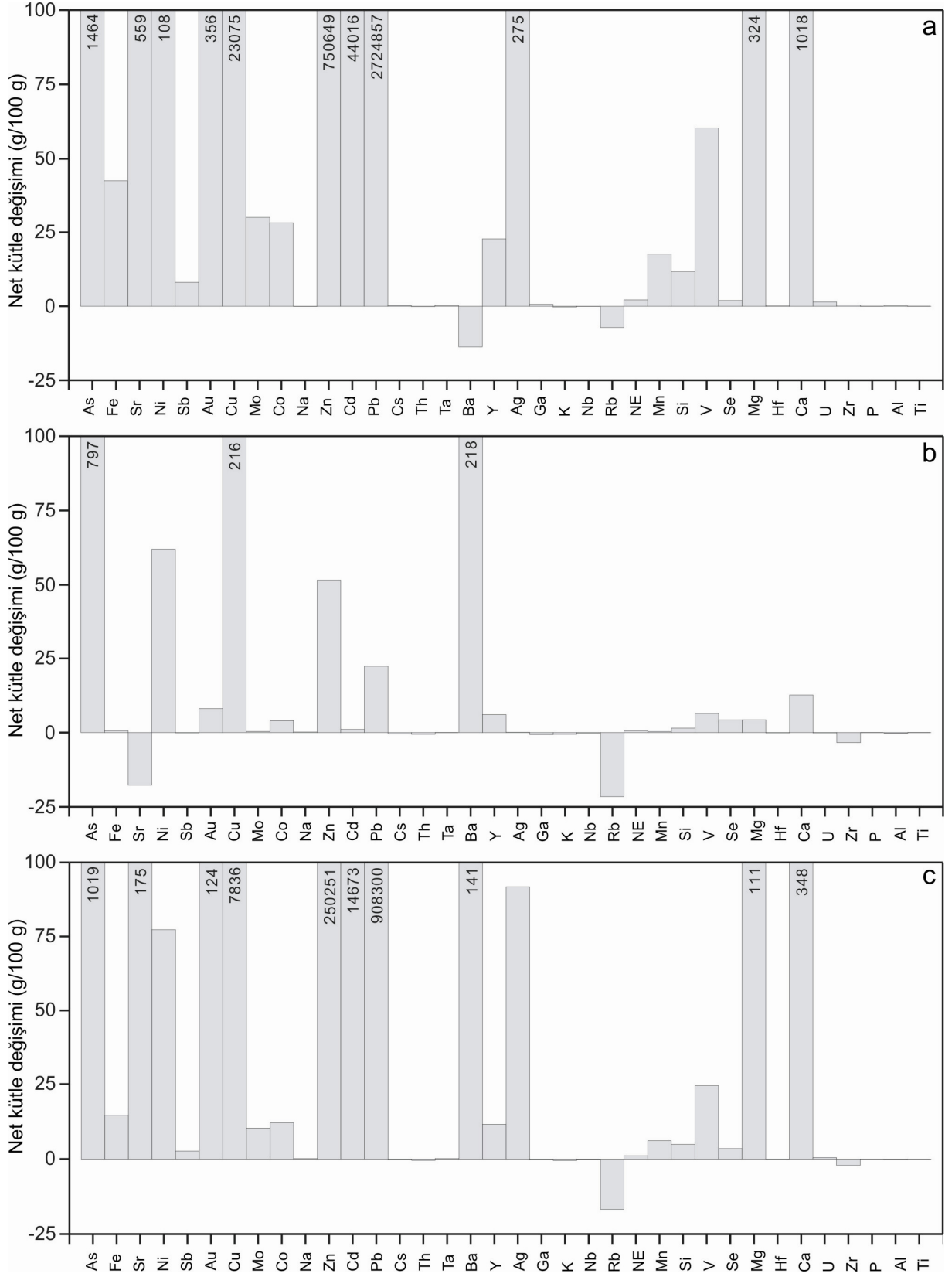


Şekil 72. Demireluluk damarında en az altere kayaca göre ayrılmış kayaktan hesaplanan ve kayacın göreceli kütle artışı veya azalmasına neden olan elementler arasındaki ilişkiler.

Kütle artması veya azalmasının 100 gr'a göre net kütle değişimi (4) numaralı formül kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 73'de gösterilmiştir. Buna göre Demiroluk damarı içinde Pb (2724857 g), Zn (750649 g), Cd (44016 g) ve Cu (23075 g)'nun yanında As, Sr, Ni, Ag, Mg ve Ca önemli ölçüde artış gösteren elementler arasındadır (Şekil 73a). Ba ve Rb bu zonda azalma göstermektedir. Altere yan kayaçlarda ise As (797 g), Cu (216 g) ve Ba (218 g) önemli ölçüde kütle artışı gösteren elementlerden bazılarıdır (Şekil 73b). Sr ve Rb bu zonda azalma göstermektedir. Cevher damarı ve altere yan kayaçlar birlikte değerlendirildiğinde ise As, Cu, Zn, Cd, Pb ve Ca önemli ölçüde artış, Rb ise azalma göstermektedir (Şekil 73c). Demiroluk damarına ait göreceli ve net kütle değişimleriyle bu oranların hesaplanmasında kullanılan parametreler Ek Tablo 10 ve 11'de verilmiştir.

Sondaj profili boyunca meydana gelen % net kütle değişimi eğim ($m=0.68$) değerinden yararlanılarak 5 nolu formüle bağlı olarak hesaplanmıştır. Buna göre Demiroluk damarında tüm hat için yapılan hesaplamalara göre yan kayaçların kütlelerinde % 47.06'lık net kütle artışının meydana geldiği belirlenmiştir.

Göreceli ve net kütle değişim hesaplarına göre hem cevher damarı, hem de altere yan kayaçlar içinde kalsiyum miktarında önemli oranda artış belirlenmiştir. Bu durum ilk bakışta hidrotermal sistemin kalsiyuma doymuş olduğunu düşündürmektedir. Cevher damarından hazırlanan parlak kesitlere göre ise cevher minerallerine gang olarak kuvarsın eşlik ettiği anlaşılmıştır. Analiz sonuçlarının MINSQ programıyla hesaplanması sonucu kalsit, dolomit, anhidrit ve apatitten oluştuğu belirlenen karbonatların, cevher damarı içinde gelişen kırıklar boyunca, cevherden sonra oluştuğu anlaşılmıştır.



Şekil 73. Demirogluk damarında profil hattı boyunca hesaplanan net kütle değişimleri a) Cevherli zon (136, 137, 138, 139 ve 140 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) sondaj boyunca (105 ve 145 metreler arası) net kütle değişimi.

Cevher yan kayacından yapılan ince kesitlere göre de andezitlerin yoğun bir şekilde karbonatlaştığı ve bu karbonatlaşmanın serizitleşmeye eşlik ettiği anlaşılmıştır. Mikroskop çalışmalarına göre volkanitler içinde bulunan plajiyoklaslar önce serizitleşmiş, daha sonra karbonatlaşmıştır. Bundan dolayı karbonatlaşmanın plajiyoklasların ayrışması sonucu olduğu belirlenmiştir. Plajiyoklaslarda görülen karbonatlaşmanın yanında yan kayaçlar içinde gelişen kırık, çatlak ve gaz boşluklarında ikincil olarak oluşmuş karbonatlar oldukça yaygın olarak görülmektedir. Mikroskop çalışmalarına göre de cevher damarları içinde gelişen kırıklar boyunca oluşan karbonatların, cevher oluşumundan sonra kristallendiği anlaşıldığından, gerek cevher damarı, gerekse yan kayaçlar içinde görülen karbonatlaşmanın, hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan Ca'la ilişkili olmayıp, plajiyoklasların ayrışması sonucu ortaya çıkan Ca'a bağlı olarak olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre hidrotermal alterasyonun hızlandığı ayrışma, plajiyoklasların bileşiminde bulunan Ca'un ortaya çıkmasını sağlamış, bunun sonucunda da karbonatlar hem cevher damarı, hem de yan kayaçlar içinde bulunan kırıklar boyunca oluşmuştur.

3.6.3.2. Haydarlı Damarında Göreceli ve Net Kütle Değişimleri

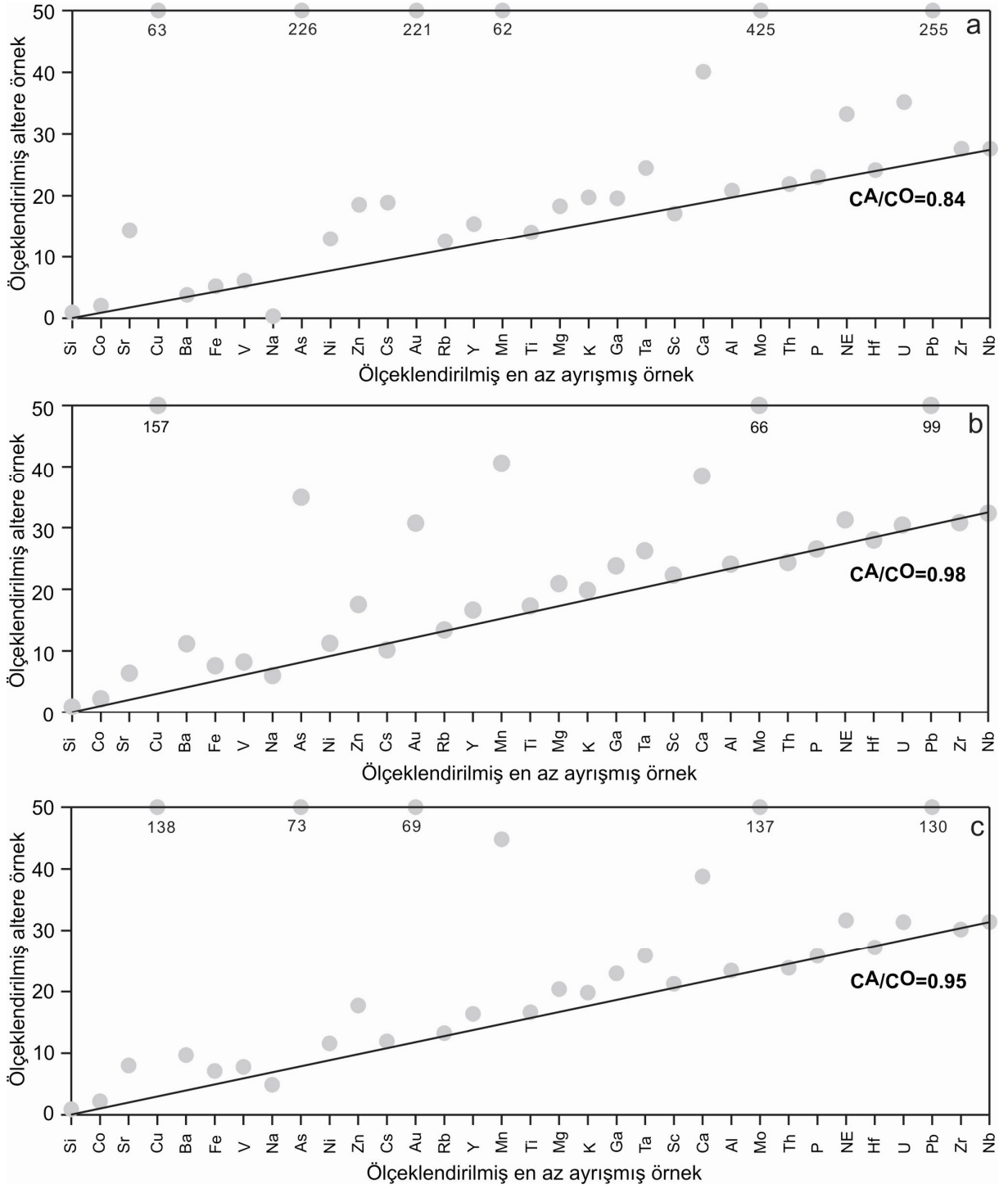
Huston (1993) yöntemine göre en az altere olmuş örneğin ölçeklendirme değeri X eksenine ve altere örneğin ölçeklendirme değeri Y eksenine yerleştirilerek çizilen izokon doğrusunun eğiminin (m) < 1 olması durumunda hidrotermal alterasyona bağlı olarak kütle artışı meydana gelmekteydi. Haydarlı damarı için izokon doğrusunun eğimi cevher damarı için $m=0.84$ (Şekil 74a), altere yan kayaçlar için $m=0.95$ (Şekil 74b) ve tüm hat birlikte değerlendirildiğinde de $m=0.98$ (Şekil 74c) çıkmaktadır. İzokon doğrusunun eğiminin her üç durumda da 1'den küçük çıkması kütle artışının meydana geldiğini göstermektedir. Ancak bu eğim değerlerinin, 1'e yakın oluşu, söz konusu kütle artışının az olduğunu göstermektedir.

Haydarlı damarına ait sondaj profili boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları, Huston (1993) tarafından hazırlanan izokon diyagramına aktarılmış, buna göre, cevher damarı içinde Cu, As, Au, Mn, Ca, Mo, NE ve Pb elementlerinde kütle artışının, Na'da ise kütle kaybının olduğu anlaşılmıştır (Şekil 85a). Altere yan kayaçlarda ise cevher damarına benzer şekilde Cu, As, Au, Mn, Ca, Mo, Ca, NE ve Pb elementlerinde kütle artışı meydana gelmiştir (Şekil 85a ve b). Ayrıca Ti, Th, P, Hf, Rb, Al ve Zr gibi alterasyon süresince

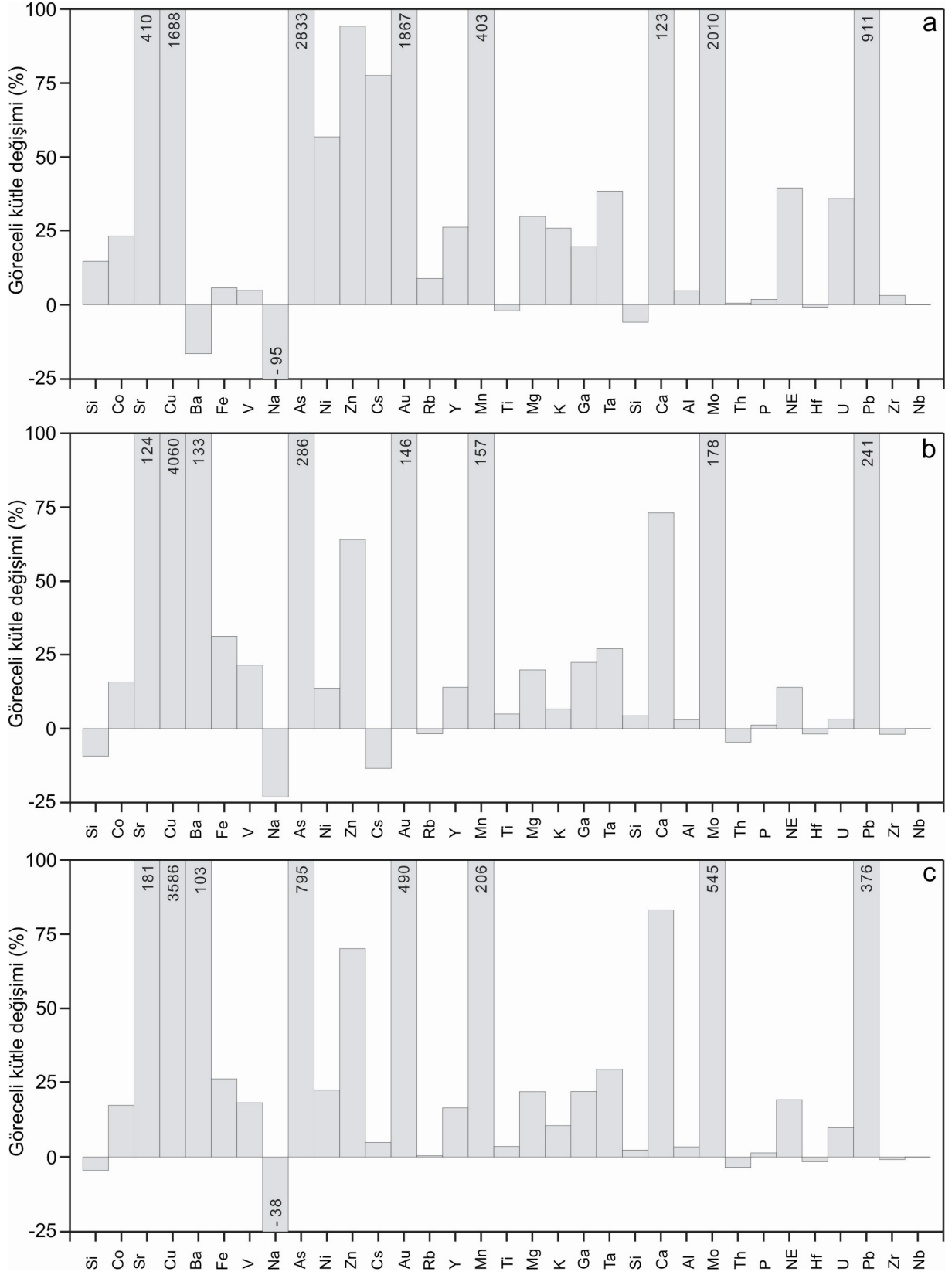
değişime uğramayan veya hareketsiz elementlerin izokon doğrusu üzerinde dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 74a, b ve c).

Haydarlı damarına ait sondaj profili boyunca meydana gelen göreceli kütle değişimi (3) numaralı formül kullanılarak her örnek için ayrı ayrı hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 86'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Buna göre taze kayacın bileşimine kıyasla, cevherli zonda Pb % 911, Mo % 2010, Ca % 123, Mn % 403, Au % 1867, As % 2833 ve Cu % 1688 oranında göreceli artış görülürken, Na % 95 ve Ba da % 16.47 oranında azalma görülmektedir (Şekil 75a). Cevher yan kayacında bulunan alterasyon zonunda da Pb % 241, Mo, % 178, Mn % 157, Au % 146, As % 286 ve Cu % 4060 oranında göreceli artış gösteren elementler arasında iken, Si % 9.28, Na % 23.14 ve Cs % 13.42 oranında azalma gösteren elementler arasındadır (Şekil 75b). Cevher damarında Fe ve Mg miktarındaki % 5.66 ve % 29.72 göreceli artışına karşılık, yan kayalarda Fe ve Mg'un göreceli artışı % 31 ve % 19.81 şeklindedir. Buna göre cevherli zonda Mg-klorit, yan kayada ise Fe-klorit zenginleşmesi söz konusudur (Şekil 66). Tüm hat için yapılan göreceli kütle değişim hesaplamalarına bakıldığında ise cevher oluşturan elementlerdeki artışa karşılık Na miktarında önemli oranda azalma dikkati çekmektedir (Şekil 75c).

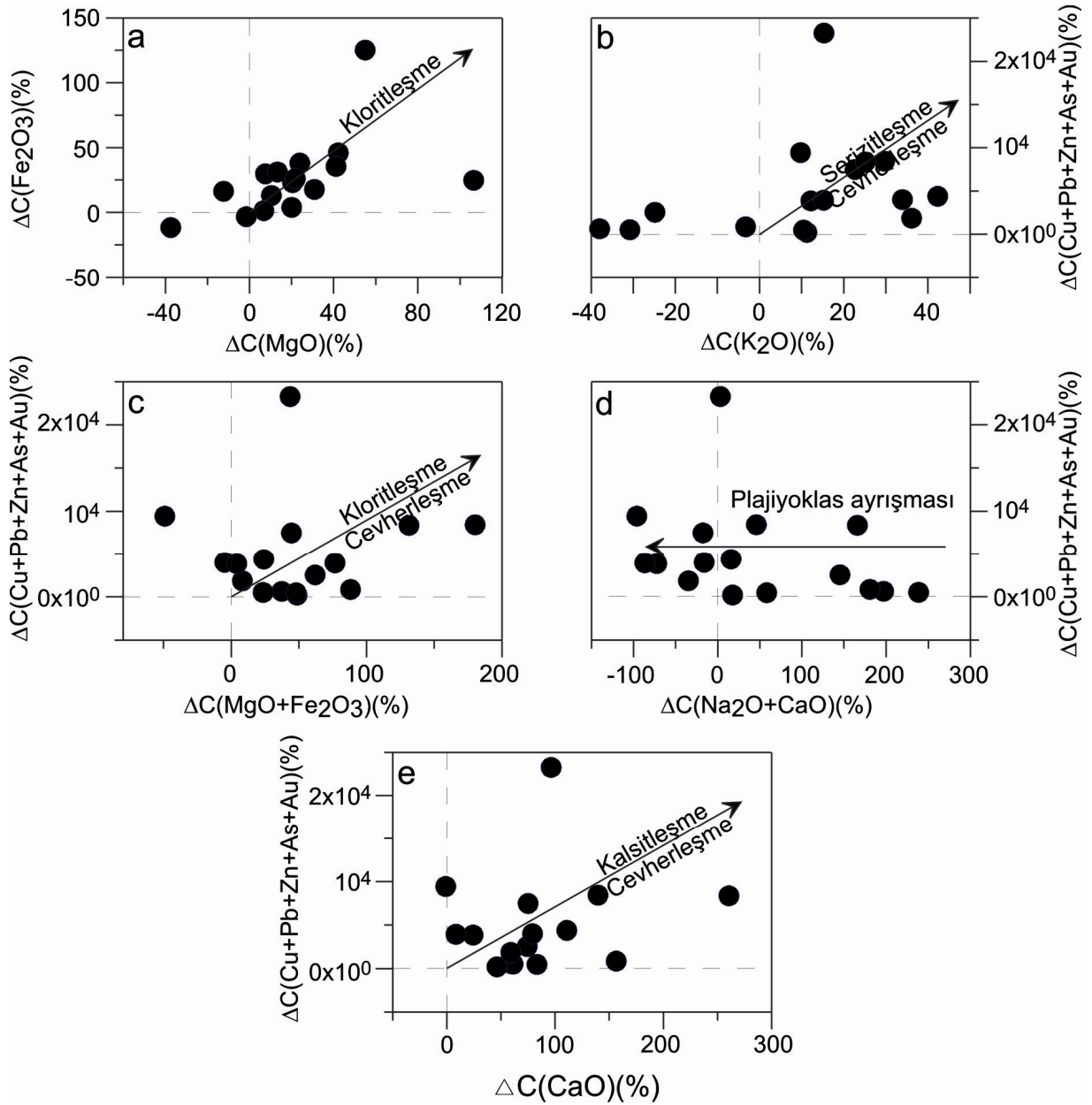
Haydarlı damarında meydana gelen göreceli element değişimlerine bakıldığında, Demiroluk damarında olduğu gibi Fe ve Mg arasında görülen pozitif korelasyon kloritleşmeyi ifade etmektedir (Şekil 76a). Cevher oluşumu süresince K, Mg+Fe ve Ca miktarlarında göreceli artış gözlenmiştir. Buna göre K'daki artış, serizitleşmenin cevherleşmeye eşlik ettiğini gösterirken (Şekil 76b), Mg+Fe ve Ca miktarında belirlenen göreceli artış da, benzer şekilde cevher oluşumuna kloritleşmenin (Şekil 76c) ve kalsitleşmenin (Şekil 76e) eşlik ettiğini göstermektedir. Na'un cevherleşmeyle olan ilişkisine bakıldığında plajiyoklasların bozuşmasına bağlı olarak sodyumun tüketildiği belirlenmiştir (Şekil 76d). MINSQ programıyla hesaplanan mineral yüzdesi tablosuna göre de cevher damarına yaklaştıkça albit miktarının belirgin bir şekilde azalıyor olması, cevher oluşumu sırasında plajiyoklas bozuşmasına bağlı olarak Na miktarının azaldığını destekler niteliktedir (Şekil 66).



Şekil 74. Haydarlı damarında profil hattı boyunca hesaplanan izokon diyagramları. a) Cevherli zon (101, 101.5 ve 102 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (70 ve 111 metreler arası) % değişim diyagramı.



Şekil 75. Haydarlı damarında profil hattı boyunca hesaplanan göreceli kütle değişimleri a) Cevherli zon (101, 101.5 ve 102 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (70 ve 111 metreler arası) % değişim diyagramı.



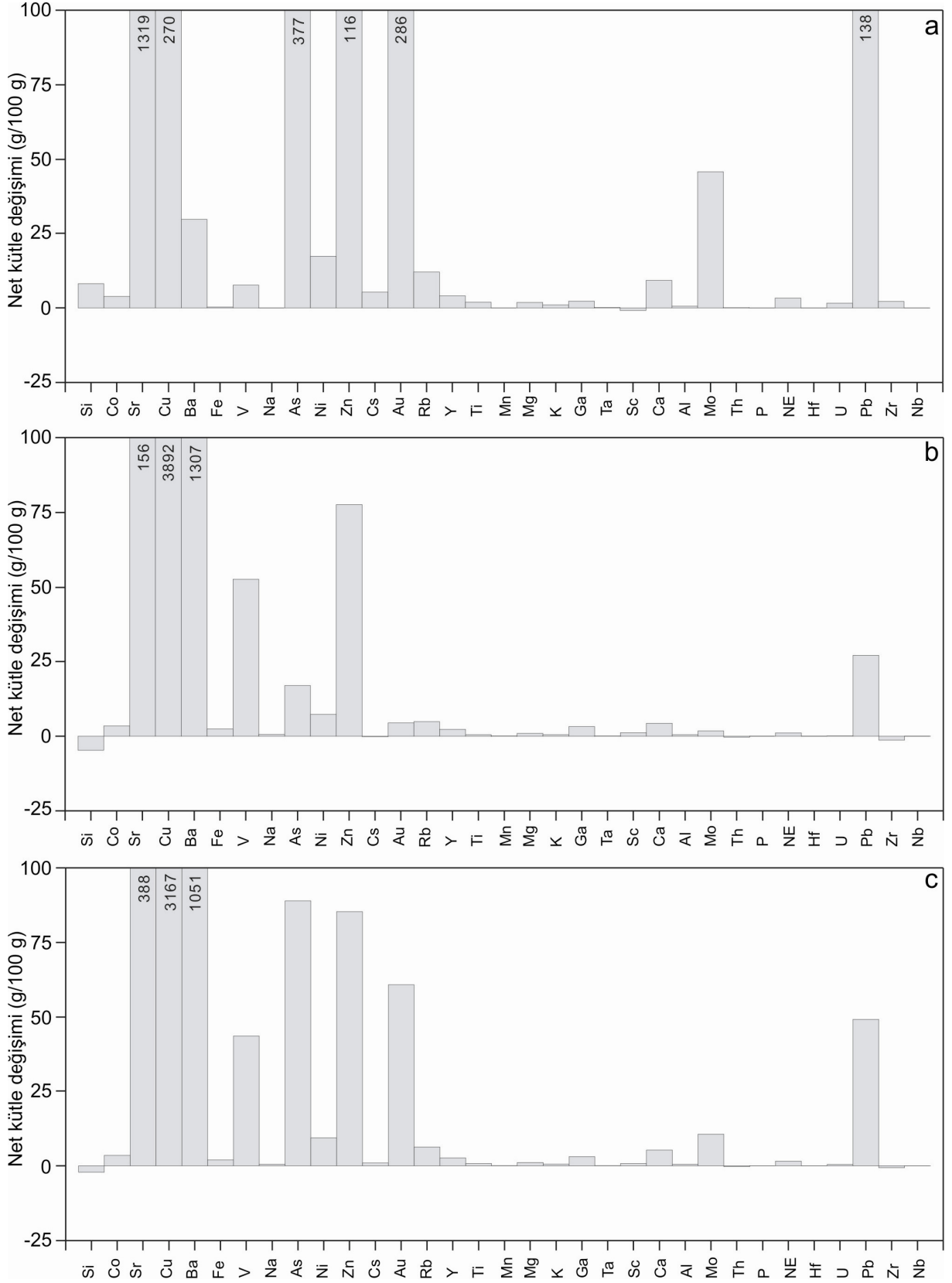
Şekil 76. Haydarlı damarında en az altere kayaca göre ayrılmış kayaçtan hesaplanan ve kayaçta göreceli kütle artışı veya azalmasına neden olan elementler arasındaki ilişkiler.

Kütle artması veya azalmasının 100 gr'a göre değişimi (4) numaralı formül kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 77'de gösterilmiştir. Buna göre, Haydarlı damarında hem cevher damarı, hem de tüm alterasyon zonu içerisinde kütle artışı meydana gelmiştir. Tüm alterasyon zonu boyunca Cu (270 g), As (89 g), Zn (85 g), Au (61 g), Pb (49 g) ve Ba (29 g) oranlarında artış gösterirken, cevher zonu içerisinde bu değerler daha da yükselerek Cu (3167 g), As (377 g), Zn (116 g), Au (288 g), Pb (138 g) ve Ba (1307

g)'e çıkmaktadır (Şekil 77a, b ve c). Haydarlı damarına ait göreceli ve net kütle değişimleriyle bu oranların hesaplanmasında kullanılan parametreler Ek Tablo 12 ve 13'de verilmiştir.

Haydarlı damarında sondaj profilinin tamamı boyunca yan kayaçlarda meydana gelen % net kütle değişimi tüm hat için hesaplanan eğim ($m=0.95$) değerinden yararlanılarak (5) numaralı formüle hesaplanmıştır. Buna göre Haydarlı damarında tüm hat için yapılan hesaplamalara göre yan kayaçların kütlelerinde % 5.27'lik net kütle artışının meydana geldiği belirlenmiştir.

Göreceli ve net element değişimlerine göre kıymetli metallerin cevher damarı ve altere yan kayaçlar içerisinde önemli derecede artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Ayrıca hem alterasyon zonu hem de cevher damarı içerisinde Ca miktarında önemli artış olduğu anlaşılmıştır. Ca miktarındaki bu artış hidrotermal sistemin Ca'a doymun olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ancak hazırlanan parlak kesitler ve parlatmalı ince kesitlerde yapılan incelemelere göre cevher oluşumuna gang olarak kuvarsın eşlik ettiği, kalsitin cevher minerali içermeksizin sonradan oluşan kırıkları doldurduğu gözlenmiştir. Demiroluk damarında da gözlenen benzer durum, kalsit, dolomit, anhidrit ve apatit şeklinde gözlenen karbonatların, yan kayaçların bünyesinde bulunan plajiyoklasların ayrışması sonucu ortaya çıkan karbonatlar olduğunu göstermektedir.



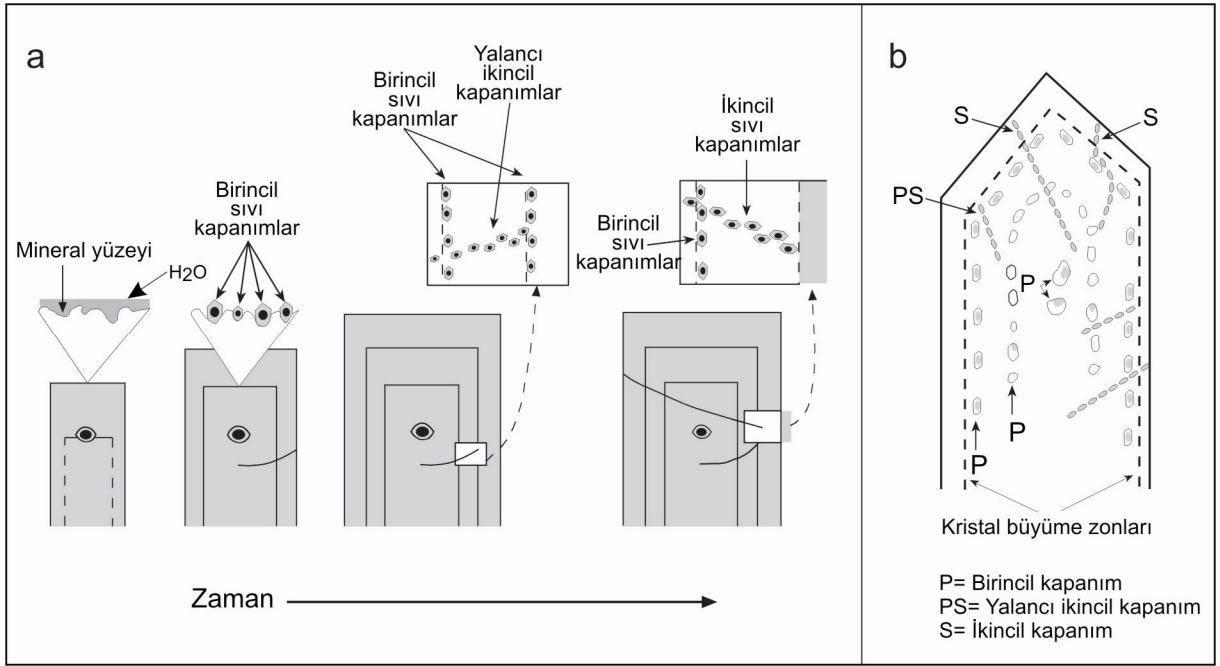
Şekil 77. Haydarlı damarında profil hattı boyunca hesaplanan net kütle değişimleri a) Cevherli zon (101, 101.5 ve 102 metreler), b) Propilitik alterasyon zonu, c) Sondaj boyunca (70 ve 111 metreler arası) % değişim diyagramı.

3.7. Sıvı Kapanım Çalışmaları

Mineraller, kristallenme süreci içinde büyümenin herhangi bir nedenle durması, yön değiştirmesi veya yavaşlaması gibi nedenlerle, oluştukları ortamın özelliklerini yansıtan büyüme düzensizlikleri içerirler. Kristalin birim hücre yapısındaki bu düzensizlikler büyümenin yeniden başlamasıyla gelişerek kristal içinde boşluklar oluşur. Mineralleri oluşturan çözeltilerin bir kısmının bu boşluklarda kalarak günümüze kadar korunmasıyla “sıvı kapanımlar” oluşur. Doğada hatasız olarak oluşan mineral bulunmadığından bütün mineraller sıvı kapanım içerebilir. Sıvı kapanım çalışmalarında yeterli düzeyde ışığı geçiren kuvars, kalsit, dolomit ve florit gibi mineraller tercih edilirken, son yıllarda kızılötesi mikroskopunun geliştirilmesiyle birlikte ışığı geçirmeyen volframit, molibdenit, hematit, tetrahedrit-tenantit ve pirit gibi mineraller üzerinde de sıvı kapanım çalışmaları yapılmaya başlanmıştır (Wilkinson, 2001).

Sıvı kapanım çalışmalarının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi, aynı tür ve eş zamanlı kapanımlardan elde edilen ölçüm sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle mümkündür. Bundan dolayı sıvı kapanım ölçümleri yapmadan önce aynı tür kapanımların belirlenip sınıflandırılması gerekmektedir. Sıvı kapanımların sınıflandırılmasında pek çok yöntem kullanılmakta olup, morfolojilerine, mineral içindeki oluşum sıralarına ve oda sıcaklığında sahip olduğu faz sayılarına göre yapılan sınıflandırmalar, en çok kullanılanlardır.

Morfolojilerine göre yapılan sınıflandırmada sıvı kapanımların sadece şekilleri dikkate alındığından bu durum kökensel herhangi bir bilgi vermemektedir. Mineral içindeki oluşum sıralarına göre yapılan sınıflandırmada ise sıvı kapanımlar; birincil kapanımlar, ikincil kapanımlar ve yalancı ikincil (pseudosecondary) kapanımlar şeklinde sınıflandırılmıştır (Şekil 78). Birincil kapanımlar, mineralin kristallenmesi sürecinde oluşan kapanımlar olup, mineralin büyüme zonlarına paralel olmasıyla ayırt edilir. İkincil kapanımlar, mineralin kristallenmesinden sonra oluşan kırıkların sonradan dolmasıyla oluştuğundan, mineralin büyüme kenarlarını kesmesiyle ayırt edilir. Yalancı ikincil kapanımlar ise mineralin kristallenmesi sürecinde oluşan kırıklarda bulunan kapanımlardır. Fakat kristal oluşumunun devam etmesinden dolayı bu kapanımlar mineralin büyüme kenarlarını kesmezler. Yalancı ikincil kapanımların oluşumları birincil kapanımlardan sonra, ikincil kapanımlardan öncedir.



Şekil 78. Birincil, ikincil ve yalancı ikincil kapanımların oluşumunu gösteren şematik diyagram (a, Bodnar, 2003'ten; b, Shepherd vd., 1985'ten alınmıştır).

Bileşenlerine göre yapılan sınıflandırmaya göre sadece sıvıdan oluşan kapanımlar, “Tek fazlı sıvı kapanımlar (L)”, sıvı ve gazdan oluşan, sıvının gaz fazından fazla olduğu kapanımlar, “Sıvıca zengin iki fazlı kapanımlar (L+V)”, sıvı ve gazdan oluşan, gaz fazın fazla olduğu kapanımlar “Gazca zengin iki fazlı kapanımlar (V+L)”, tamamen gazdan oluşan kapanımlar “Tek fazlı gaz kapanımlar (V)”, sıvı, gaz ve katıdan oluşan kapanımlar, “Çok fazlı kapanımlar (S+L+V)” ve birbirine karışmayan sıvılar ve gazın bulunduğu kapanımlar ise “Karışmazlık gösteren kapanımlar (L₁+L₂+V)” şeklinde sınıflandırılmıştır (Shepherd vd., 1985).

Genel olarak, 2. ve 3. tip kapanımların bir arada bulunması ve her iki tür kapanımın da aynı sıcaklıkta birinin sıvı, diğerinin gaz fazında homojenleşmesi, sıvının kapanlandığı sırada kaynadığına işaret eder. Tek bileşenli (homojen) bir sistemin kaynaması durumunda, gaz kabarcığı ana sıvının gaz fazıdır. Çok bileşenli (heterojen) sistemde ise, gaz fazı köpürmeyle açığa çıkar. Bununla birlikte gaz kabarcığının varlığı karışmazlığa da işaret edebilir. Eğer sıvıda CO₂ varsa bu durum soğutmayla ayırt edilebilir (Roedder, 1979). Yavru (daughter) minerallerin bulunması, aşırı doymuş sıvılara işaret eder. Bu şekildeki aşırı tuzlu (hypersaline) sıvılarda Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺, ve Ca²⁺ en fazla bulunan çözülmüş iyonlardır.

3.7.1. Mikrotermometrik Ölçümler

Sıvı kapanımlar üzerinde sıcaklık değişimiyle ilgili yapılan ölçümler, özel olarak tasarlanmış mikroskoplar yardımıyla, ısıtma ve soğutma olarak tanımlanan iki aşamada gerçekleştirilir. Bu ölçümler esnasında sıvı kapanıma ait elde edilen veriler şunlardır:

İlk Ergime Sıcaklığı (T_{fm}): Tamamen kristallenen veya donan sıvı kapanım ısıtılmaya başlandığında buz ergimesinin ilk fark edildiği sıcaklıktır. Bu sıcaklık farklı yazarlar tarafından “*Ötektik Sıcaklığı (T_e)*” olarak da tanımlanır. Su ve tuzdan oluşan sıvı kapanımlarda içerdiği tuz bileşimine bağlı olarak sıvı kapanımların ilk ergimeye başlaması farklılık göstereceğinden, ilk erime sıcaklığı ölçülerek sıvı kapanımlarda bulunan tuzun türünü (NaCl, KCl ve CaCl₂ gibi) belirlemek mümkündür. Ergimenin ilk başladığı anı gözlemlemek oldukça zor olduğundan ilk ergime sıcaklığının küçük boyutlu kapanımlarda ölçülmesi hem oldukça zor, hem de yanlış ölçüme sebep olabilir.

Son Buz Ergime Sıcaklığı (T_{m-ice}): Sıvıca zengin kapanımlarda, son buz kristalinin tamamen ergidiği sıcaklık değeridir. Ölçülen son buz ergime sıcaklığı sadece sıvı ve gaz içeren sıvı kapanımların tuzluluğunu hesaplamada kullanılır. Eğer sistemde CO₂ veya CH₄ varsa ve soğutma sırasında clathrate oluşumu gerçekleşmişse bu durumda son buz ergime sıcaklığı düşük ölçüleceğinden tuzluluk miktarının gerçekte olduğundan daha düşük hesaplanmasına neden olabilir. Bu durumun nedeni kapanım içinde bulunan CO₂ veya CH₄'ün suyla reaksiyona girerek klatreyt (gaz hidrat:CO₂5.75H₂O) oluşumuna neden olmasıdır. Gaz hidrat oluşumu sırasında kapanım içindeki su miktarı azalacağından geriye kalan su içindeki tuzluluk miktarı artacaktır (Collins, 1979).

Klatreyt (Clathrate) Ergimesi ($T_{m-clath}$): CO₂, su ve gazdan oluşan kapanımlarda yukarıda açıklanan nedenden dolayı son buz ergimesi yerine clathrate ergimesi kullanılmalıdır. CO₂'nin yanında CH₄'ün bulunması durumunda clathrate ergime sıcaklığı daha da yükselecek, böylece sistemin tuzluluğu azalacaktır. Bundan dolayı 10 °C'ın üzerindeki clathrate ergime sıcaklıkları kapanım içinde CH₄'ün bulunduğu göstergesidir. Sıvı kapanımların bileşiminde CO₂ ve CH₄ gibi gazların bulunması durumunda ölçülecek clathrate ergime sıcaklığına göre tuzluluk miktarını hesaplanma yöntemi, Darling (1991) tarafından verilmiştir.

Homojenleşme Sıcaklığı (T_h): Isıtma aşamasında sıvı kapanım, sıvı veya gaz fazına homojenleşinceye kadar ısıtılır ve homojenleşmenin gerçekleştiği andaki sıcaklık,

homojenleşme sıcaklığı (T_h) olarak tanımlanır. Ölçülen homojenleşme sıcaklığı, atmosfer basıncı koşullarındaki en düşük sıcaklıktır. Bu nedenle, sıvının kapanlandığı gerçek derinlik dikkate alınarak basınç düzeltilmesi yapılması gerekir.

3.7.2. Sıvı Kapanım Petrografisi

Oluşumlarından sonra sıvı kapanımla dışarıda bulunan sistem arasında madde alış-verişi olmadığından, kapanımlar oluştuğu sistemin temsilcisi kabul edilir. Araştırmacılar tarafından geliştirilen yöntemlerle günümüzde sıvı kapanımların oluşum sıcaklığı, basıncı, oluşum derinliği ve kimyasal bileşimleri (PVTX) gibi parametreler ölçülebilmektedir. Bundan dolayı sıvı kapanım çalışmaları, maden yataklarının oluşum şartlarının ve kökenlerinin belirlenmesine önemli ölçüde katkı sağlar.

İncelenen yataklarda sıvı kapanım ölçümleri cevher parajenezindeki kuvars ve sfalerit minerallerinde tespit edilen birincil sıvı kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Kuvars ve sfalerit minerallerinde iki ayrı tip sıvı kapanım belirlenmiştir. Bunlardan birincisi tek fazlı kapanımlar, ikincisi ise sıvı ve gazdan oluşan iki fazlı kapanımlardır. Tek fazlı kapanımlarda sıcaklık değişimine bağlı ölçümler yapılamayacağından, bütün ölçümler iki fazlı (sıvı ve gaz içeren) kapanımlardan yapılmıştır. Sıvı kapanım çalışmaları kuvars ve sfalerit minerallerinde yapılanlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Kuvarslarda tek fazlı ve genellikle 10 μm 'den küçük boyutlu sıvı kapanımların yanında, kırık hatları boyunca dizilmiş farklı oranlarda sıvı ve gaz içeren ve genellikle düzensiz şekilli ikincil kapanımlar da bulunmaktadır. Bu tür ikincil kapanımların ısıtma etkisi altında kırıklar boyunca gaz kaçırmaları mümkündür. Bu şekilde gaz kaçması muhtemel olan kapanımlardan yapılacak ölçümler sağlıklı olmayacağından, ikincil kapanımlar ölçüm sırasında dikkate alınmamıştır.

Ölçüm yapılan, sıvı ve gazdan oluşan iki fazlı kapanımların boyutları, birkaç örnekte belirlenen 50 μm 'ye yakın kapanımların dışında (Şekil 79a), genel olarak 10-30 μm arasında değişmektedir (Şekil 79b ve c). Oval, elipsoidal ve damla şekilli kapanımların baskın olduğu kuvars minerallerinde daha az oranda düzensiz şekilli kapanımlar (Şekil 79d) ve nâdiren de ince uzun şekilli kapanımlar (Şekil 79e) bulunmaktadır. Kapanımların bazen kesit içinde belli alanlarda yoğunlaştığı (Şekil 79d), bazen de bir hat boyunca sıralandığı gözlenmiştir (Şekil 79e). Boyutlarının oldukça büyük olmasının yanında net olarak

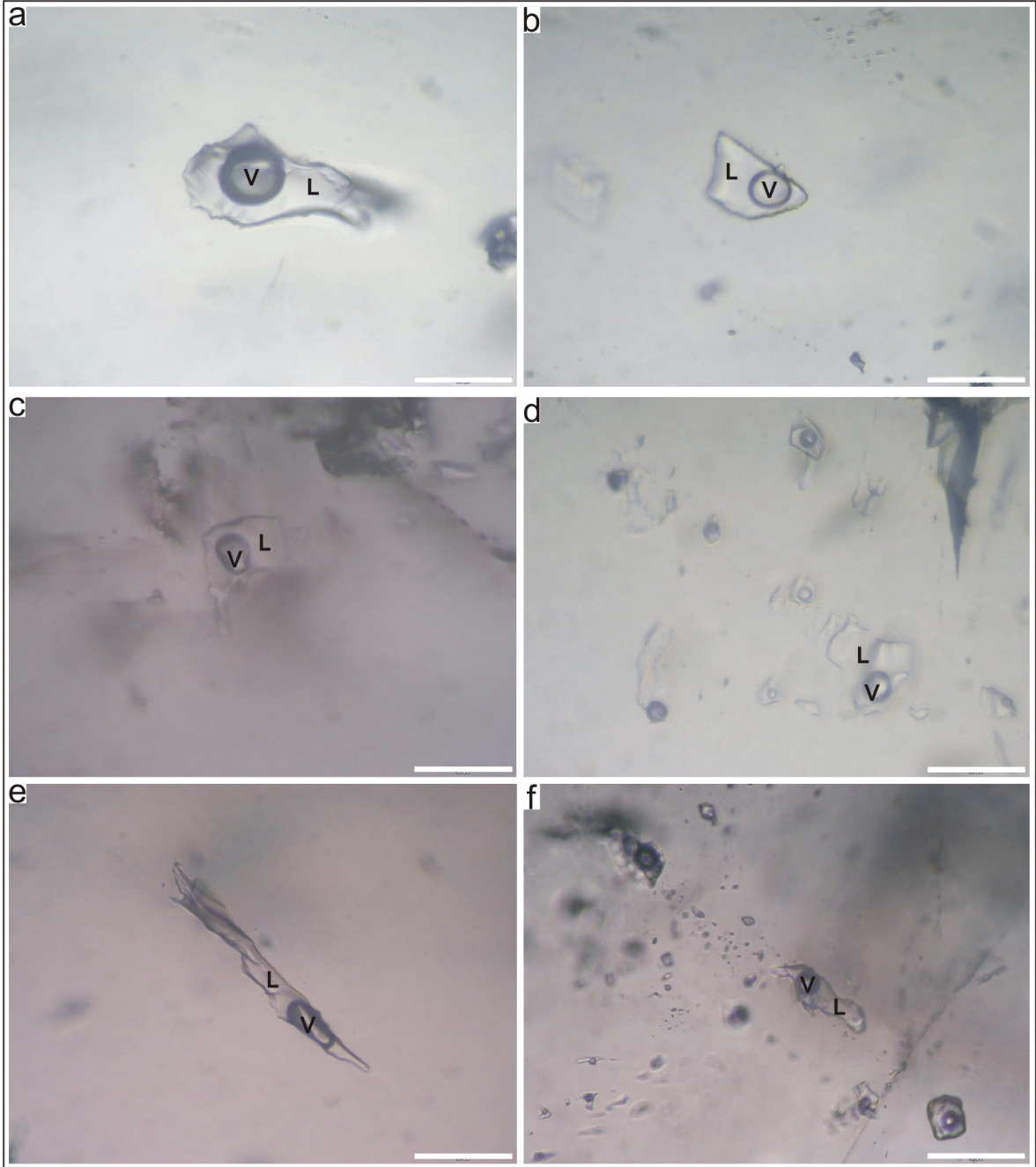
görülebilmeleri nedeniyle hem ilk ergime, hem de son buz ergime sıcaklıklarını ölçmek çok zor olmamıştır. Kuvarslarda bulunan kapanımların oda sıcaklığında hesaplanan gaz hacmi, toplam hacmin % 8.3-34.3'i arasında (ort. % 19.29) değişmektedir. Gözlenen bütün kapanımların sıvı ve gazdan oluşması, bu kapanımların başlangıçta tek fazlı olduğunu, daha sonradan soğumaya bağlı olarak gaz ve sıvı şeklinde iki faza ayrıldığını göstermektedir.

Sfalerit mineralleri kuvarsa benzer şekilde tek fazlı sıvı ve iki fazlı sıvı+gaz kapanımlar içermektedir. Sfalerit minerallerinde ölçüm yapılan kapanımlar genellikle 10-30 µm arasında değişmekle birlikte, bazı örneklerde 100 µm'ye ve hattâ 200 µm'ye varan boyutlarda (Şekil 80a) kapanımlar belirlenmiştir. Ancak kuvars minerallerinde oval ve elipsoidal şekilli kapanımlar baskın iken, sfaleritlerde bu tür kapanımların azaldığı, buna karşılık karemsi (Şekil 80b), düzensiz şekilli (Şekil 80c ve d) ve silindirik (Şekil 80e) kapanımların arttığı görülmüştür. Örneklerin bazılarında kapanımların, mineralin büyüme eksenlerine paralel olarak sıralandıkları (Şekil 80f) belirlenmiştir. Oda sıcaklığında hesaplanan gaz hacmi, toplam hacmin % 7.6-31.6'sı arasında (ort. % 16.7) değişmektedir. Sıvı kapanımların oldukça büyük boyutlu olması nedeniyle, ölçülmesi zor ve hassasiyet gerektiren ilk buz ergime ve son buz ergime sıcaklıkları, kuvarslarda olduğu gibi sfaleritlerde de kolaylıkla ölçülebilmektedir.

Kuvars ve sfaleritlerde bulunan kapanımlar genellikle mineral içinde düzensiz olarak dağılmış, yer yer belli alanlarda kümelenmiş, bazen de belli hatlar boyunca çizgisel olarak sıralanmış şekillerde bulunurlar. Çizgisel dağılım gösteren bu kapanımlar yaklaşık eşit oranlarda gaz ve sıvı içermelerinin yanında, uzun eksenlerinin farklı yönlerde gelişmiş olmaları nedeniyle birincil olarak kabul edilmişlerdir. Özellikle sfaleritlerde bulunan bazı kapanımlar ya kesit hazırlanması sırasında veya mineralin oluşumu sonrasında meydana gelen kırıklar nedeniyle sıvısını kaybetmiştir. İncelenen kapanımların hiç birinde tuz kristali gözlenmemiştir.

Sıvı kapanımların içinde bulunan gazın hacmi Bakker (2003) tarafından geliştirilen BULK programıyla hesaplanabilir. Bulk programıyla hesaplanan gaz hacmini yuvarlak şekilli kapanımlarla hesaplamak mümkün olduğu gibi, bilgisayar programı sayesinde düzensiz şekilli kapanımların toplam hacmini ve gazın hacmini hesaplayarak da bulmak mümkündür. Kuvars ve sfaleritlerde bulunan bütün sıvı kapanımlarda hesaplanan gaz

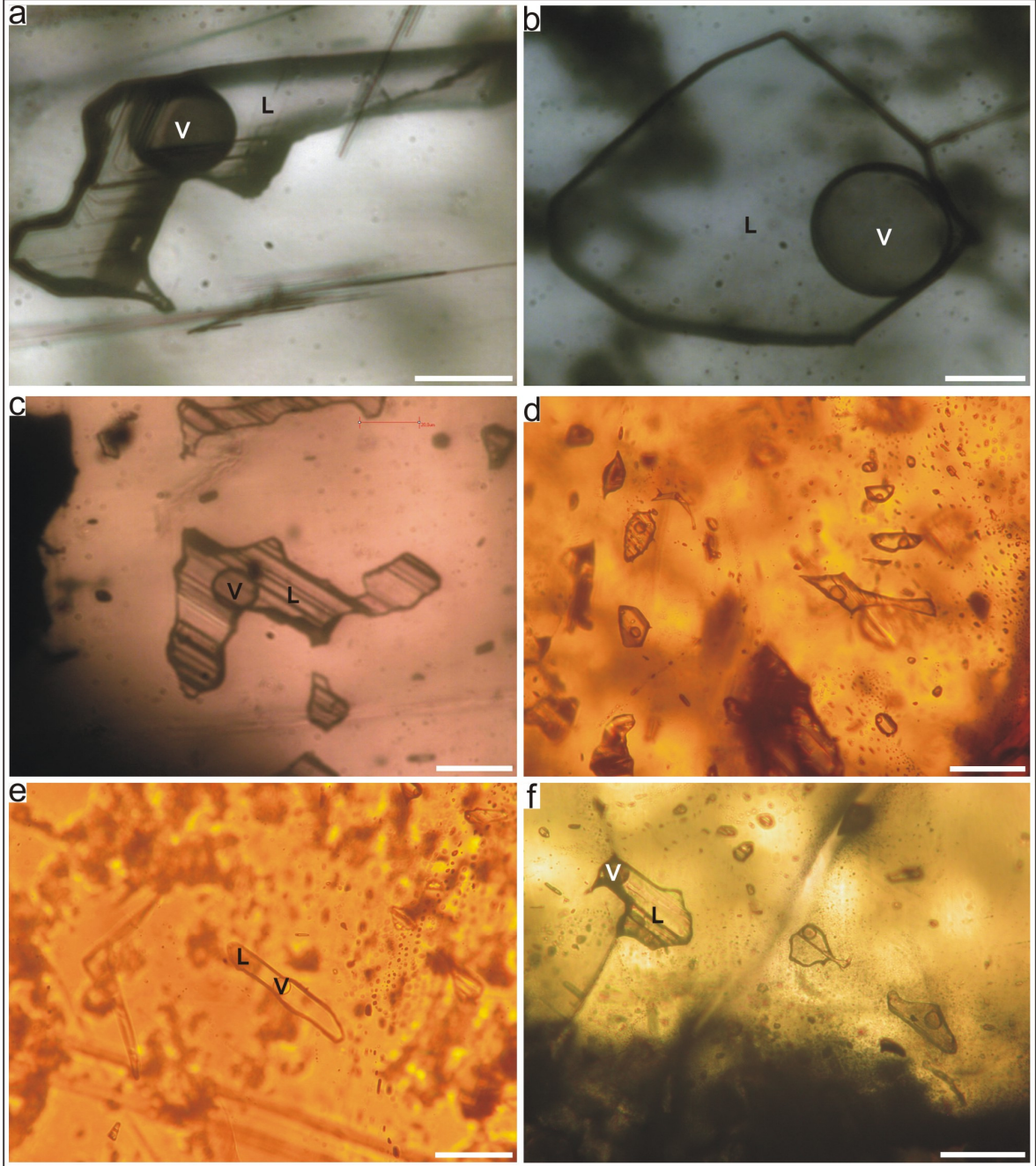
hacmi, kapanımların şekillerine ve boyutlarına bağlı olmaksızın oda sıcaklığında toplam hacmin ($V_g/(V_g+V_s)$) % 7.6-34.3'ü arasında (ort. % 18.6) değişmektedir.



Şekil 79. Kuvars minerallerinde bulunan sıvı kapanımlar (Açıklama için metne bakınız, ölçek uzunluğu 20 μm 'dir).

Bazı kesitlerde sıvıca zengin ve sıvı faza homojenleşen kapanımların yanında gaz faza homojenleşen kapanımların da bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum Roedder (1984)

ve Shepherd vd., (1985)'e göre kaynama belirtisi olarak kabul edilmektedir. Ancak kaynamanın kesin olarak olduğunu söyleyebilmek için bu iki farklı tip kapanımın kesit içinde aynı alanda birlikte bulunması, aynı bileşimlerde olması, sıvı faza homojenleşmenin ve gaz faza homojenleşmenin yakın sıcaklık değerlerinde olması ve benzer doluluklarda olması gibi kriterler de gereklidir (Pichavant vd., 1982, Ramboz vd., 1982).



Şekil 80. Sfalorit minerallerinde bulunan sıvı kapanımlar (Açıklama için metne bakınız, ölçek uzunluğu 20 μm 'dir).

Kaynama belirtilerinden ilki olan, sıvı faza ve gaz faza homojenleşen kapanımların bir arada bulunması yalnızca birkaç kesitte ve nâdiren gözlenen bir durumdur. Ancak gaz faza homojenleşen kapanımların yalnızca birkaç kesitte ve çok az sayıda olmasının yanında gaz faza homojenleşme sıcaklıklarının, sıvı faza homojenleşme sıcaklıklarından düşük olması ve doluluk oranlarının belirgin bir şekilde farklılık göstermesi kaynama olduğu düşüncesine ters düşmektedir.

Sıvıca zengin ve gazca zengin kapanımların, kaynama olmaksızın bir arada bulunması Roedder'e (1984) göre iki farklı sıvının karışması veya mevcut sıvı kapanımların sonradan bölünmesiyle (necking) mümkündür. Buna göre iki farklı sıvının karışması durumunda mevcut sıvı kapanımların bileşim olarak farklılık göstermesi beklenir. Kamenetsky vd. (2003) ve Hollings vd. (2005)'e göre iki farklı magmadan türeyen hidrotermal çözeltilere bağlı olarak oluşan yataklarda, bu magmaların bileşimleri birbirinden farklı olacağından, sıvı kapanımların birbirinden farklı faz bileşenlerine sahip ve bu fazların farklı oranlarda olması gerekir. Ayrıca bu şekilde bir karışımda hidrotermal çözeltilerin bileşimleri de farklılık göstereceğinden, iki farklı hidrotermal çözeltinin karışması sonucu oluşan sıvı kapanımların birbirinden çok farklı sıvı ve gaz oranlarına sahip olmaları gerekir. Çalışılan kesitlerde bütün kapanımların gaz ve sıvı fazdan oluşmasının yanında (CO_2 veya tuz kristali içermemesi), sıvı ve gaz oranlarının birbirlerine yakın değerlerde olması, iki farklı bileşimdeki sıvının karışması düşüncesi ters düşmektedir.

Sıvı kapanımının bölünerek daha küçük kapanımlara ayrılması sırasında, oluşan kapanımların sıvı ve gaz oranları, ilksel kapanıma kıyasla benzer veya eşit oranda olmayabilir. Böyle bir durumda oluşan küçük kapanımlar içinde sıvıca ve gazca zengin kapanımlar bir arada bulunabilir. Sıvı kapanımlarda bölünme olayı kesitlerde açıkça görülmesi de, gazca zengin kapanımların çok nadir olarak yalnızca birkaç kesitte görülmesi, bu kapanımların kaynama belirtisi olmaktan çok bölünme sonucu oluşabileceği düşüncesini kuvvetlendirmektedir.

3.7.3. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri

Kuars ve sfalerit minerallerinde bulunan sıvı kapanımlardan yapılan sıcaklık ölçümleri, homojenleşme sıcaklığı (T_h), ilk buz ergime sıcaklığı (T_{fm}) ve son buz ergime

sıcaklığını (T_{m-ice}) kapsamaktadır. Daha önce de belirtilen 9 ayrı damara ait kuvars ve sfalerit minerallerinden yapılan bu ölçümlerle birlikte, bu veriler kullanılarak hesaplanan tuzluluk, yoğunluk ve homojenleşme basınç verileri ve bu verilere ait temel istatistiksel parametreler Ek Tablo 14 ve 15’de, her bir cevher damarı için ayrı ayrı verilmiştir.

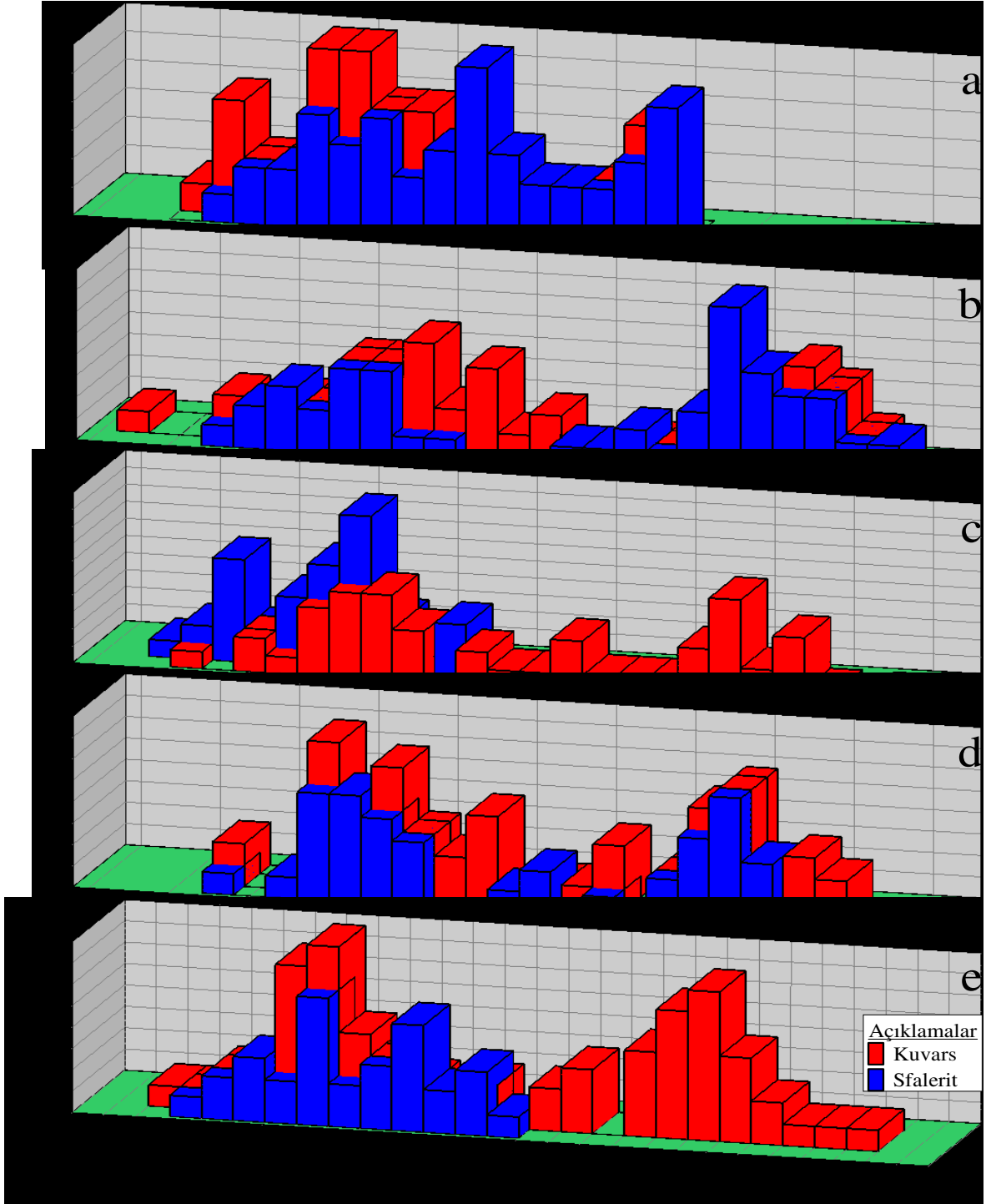
Yapılan ölçümlere göre kuvars ve sfalerit minerallerinde bulunan sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları sırasıyla 184,2 - 436,1 °C ve 180 - 423,4 °C aralıklarında değişmektedir. Petrografik çalışmalar sırasında sıvı kapanımlar şekilleri, boyutları, sıvı-gaz oranları ve oda sıcaklığında sahip oldukları faz bileşenleri açısından birinci ve ikinci evrede oluşanlar şeklinde ayırlanamamıştır. Ancak homojenleşme sıcaklıklarının frekans dağılım grafiğine aktarılması sonucu, cevher oluşumunun, hem sfaleritlere, hem de kuvarslara göre iki ayrı evrede gerçekleştiği anlaşılmıştır (Şekil 81 ve Şekil 82). Ayrıca homojenleşme sıcaklığı frekans dağılım grafiğine göre birinci evrede oluşan kapanımların yaklaşık 436 °C ilâ 300 °C arası, ikinci evrede oluşum kapanımların ise 300 °C ilâ 180 °C arası sıcaklıklarda homojenleştiği söylenebilir.

3.7.4. İlk Buz Ergime Sıcaklığı (T_{fm}) Ölçümleri

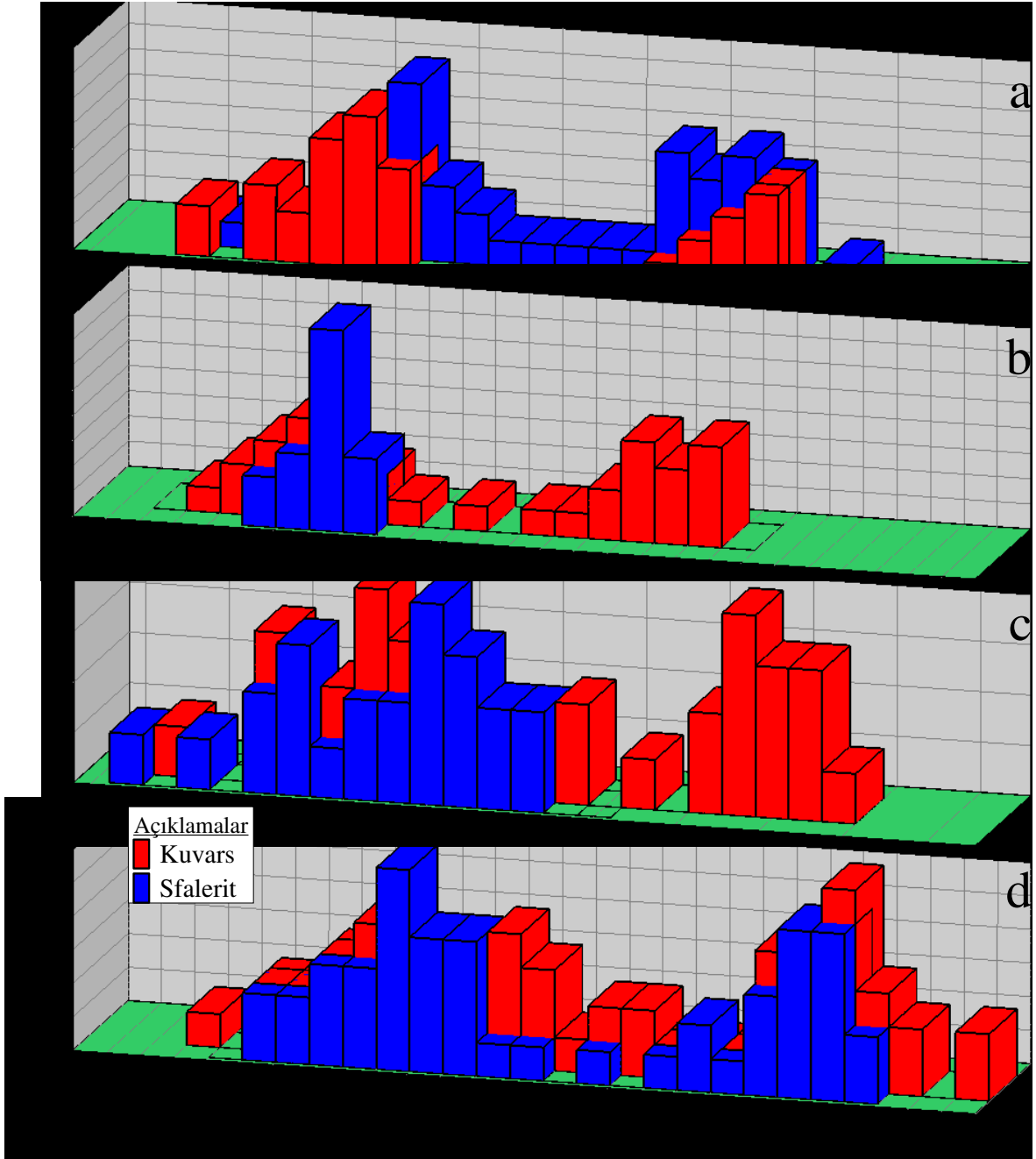
Sıvı kapanımların ilk buz ergime sıcaklıklarını ölçerek, bileşiminde ne tür tuzların bulunduğunu belirlemek mümkündür. Bileşiminde tek bir tuz türü bulunan kapanımların T_{fm} sıcaklıkları, bulunan tuz türünün karakteristik sıcaklığını verecektir. Buna göre NaCl-H₂O, KCl-H₂O, MgCl₂-H₂O ve CaCl₂-H₂O gibi bileşime sahip sıvı kapanımların T_{fm} sıcaklıkları sırasıyla -21.2, -22.9, -33.6 ve -49.5 °C şeklinde olacaktır. Eğer sıvı kapanımların bileşiminde, yukarıda bahsedilen tuz türlerinden bir kaçını aynı anda bulunuyorsa ilk ergime sıcaklıkları verilen değerler arasında değişim gösterecektir.

Kuvars ve sfaleritlerde bulunan kapanımların T_{fm} sıcaklıkları sırasıyla -74.9 ilâ -21.2 °C ve -74.5 ilâ -21.2 °C arasında ölçülmüş, ölçümler her bir cevher damarı için ayrı ayrı olacak şekilde Ek Tablo 14 ve 15’te verilmiştir. Bu değerlerin belirli tuz bileşimine sahip kapanımların karakteristik T_{fm} sıcaklıklarından farklılık göstermesi, kapanımların tek bir bileşenden ziyade birden çok anyon ve katyon türünü içerdiğine işaret etmektedir. Kuvars ve sfaleritlerde bulunan sıvı kapanımlardan ölçülen ve sırasıyla -74.9 ilâ -64.4 °C ve -75.4 ilâ -64.7 °C aralıklarındaki değişen T_{fm} sıcaklıkları, Roedder (1984), Shepherd vd.,

(1985) ve Hein'a (1989) göre çözeltili bileşiminde Li ve Br türü tuzların bulunduğuna işaret etmektedir (Öztürk vd., 2008).



Şekil 81. Sırasıyla Akgüney, Atköprü, Boruklu, Yepelek ve Çokdam mahalleleri damarlarında, kuvars ve sfaleritlerde bulunan birincil sıvı kapanımlardan ölçülen Th sıcaklığı-frekans dağılım histogramı.

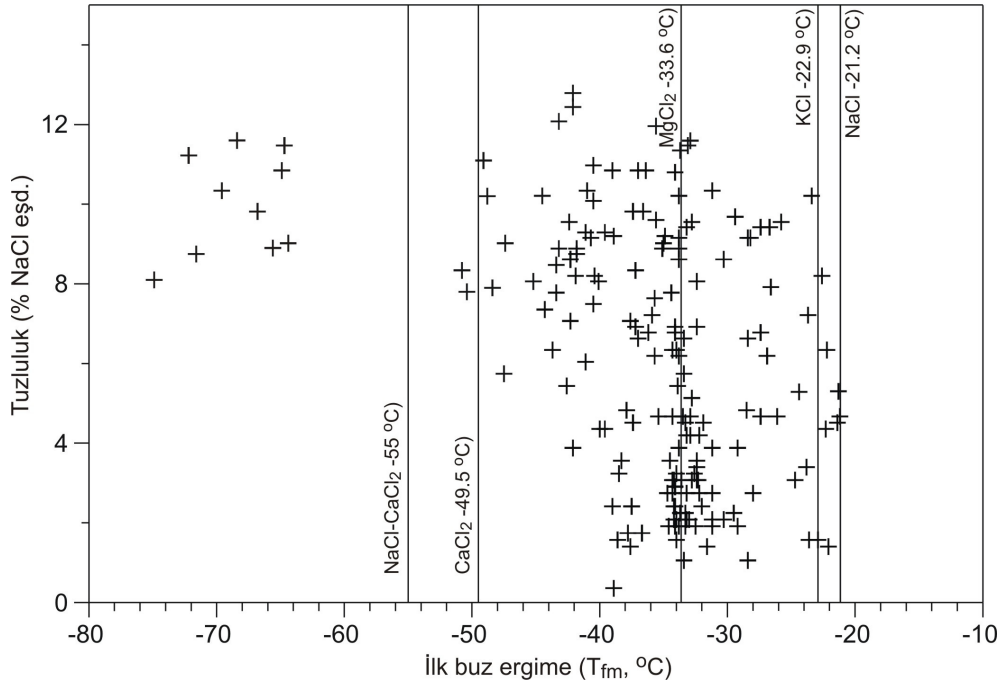


Şekil 82. Sırasıyla Haydarlı, Harami, Kuşyuvası ve Ovaşkur mahalleleri damarlarında, kuvars ve sfaleritlerde bulunan birincil sıvı kapanımlardan ölçülen Th sıcaklığı-frekans dağılım histogramı.

Bu oldukça düşük T_{fm} sıcaklıkları, tuzluluk miktarındaki değişime karşılık grafiğe aktarıldığında Li ve Br içeren kapanımların kısmen yüksek tuzluluk ve yüksek homojenleşme sıcaklığına sahip kapanımlara karşılık geldiği görülmektedir (Şekil 83 ve 84). -21.2 ilâ -54.6 arasında değişen T_{fm} sıcaklıklarına göre ise hem kuvars, hem de

sfaleritlerdeki kapanımların bileşiminde bulunan olası tuz türlerinin CaCl_2 , MgCl_2 , KCl ve NaCl şeklinde olduğu anlaşılmıştır (Şekil 83 ve 84). Buna göre sıvı kapanımların bileşiminin $\text{CaCl-MgCl-KCl-NaCl-H}_2\text{O}$ sisteminde olduğu söylenebilir. Ancak içerdiği kation türlerindeki çeşitliliğe rağmen, sıvı kapanımların bünyesinde kristallenen tuz bulunmadığından, bu kapanımların $\text{H}_2\text{O-NaCl}$ sisteminde olduğu kabul edilmiştir.

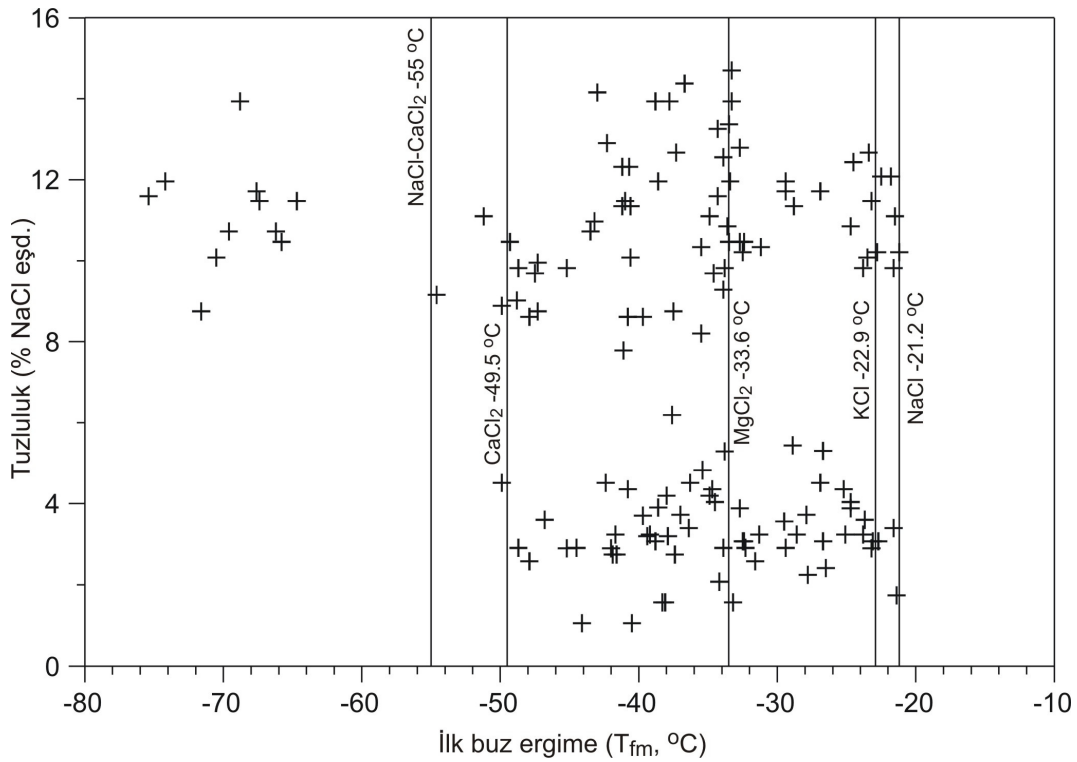
Ölçülen T_{fm} sıcaklıkları ve bu sıcaklıklara göre belirlenen bileşimleri bakımından hem kuvars, hem de sfaleritlerdeki kapanımların bileşim bakımından birbirlerine benzer olduğu anlaşılmıştır. Buna göre her iki mineralde bulunan kapanımlar da NaCl ve KCl ile birlikte CaCl_2 ve MgCl_2 türü tuzlar içermektedir (Shepherd vd., 1985; Leeder vd., 1987 ve Gökçe ve Bozkaya, 2003). Sıvı kapanımların bileşiminde Ca ve Mg 'un bulunması, Neng vd., (1999) ve Germann vd., (2003)'e göre hidrotermal çözeltilerin deniz suyu ile etkileşim içinde bulunduğunu gösterirken, Gökçe ve Bozkaya'ya (2003) göre de bu durum hidrotermal çözeltilerin ya deniz suyu ile etkileşim hâlinde oldukları veya bünyesinde deniz suyu bulduran kayalar içinden geçmiş oldukları şeklinde yorumlanmıştır. Bu açıklamalara göre sıvı kapanımların CaCl_2 ve MgCl_2 türü tuzlar içermesi, hidrotermal çözeltilerin her hangi bir şekilde deniz suyu ile etkileşim içinde oldukları anlamına gelmektedir.



Şekil 83. Kuvars minerallerindeki sıvı kapanımlardan ölçülen T_{fm} sıcaklıkları ile bu kapanımların $T_{\text{m-ice}}$ sıcaklıklarından hesaplanan tuzluluk miktarları arasındaki ilişki.

3.7.5. Son Buz Ergime Sıcaklığı (T_{m-ice}) Ölçümleri

Bileşiminde sıvı ve gaz bulunan kapanımların, tamamen dondurulduktan sonra ısıtılması esnasında ölçülen son buz kristalinin ergime sıcaklığı (T_{m-ice}), bu tür kapanımların tuzluluk miktarının % olarak hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Kapanımların bileşiminde bulunan tuz bileşenleri, kapanımların donma sıcaklığını saf suya göre düşüreceğinden T_{m-ice} değerleri sıfırın altında olacaktır. Bu kurala göre, sıvı kapanımların bileşimindeki tuz miktarı arttıkça, T_{m-ice} değerleri düşecektir. Sıvı kapanımların tuz miktarı ile ergime sıcaklıkları arasındaki bu ilişkiyi yararlanarak kapanımların tuzluluklarını hesaplamak mümkündür.



Şekil 84. Sfalerit minerallerindeki sıvı kapanımlardan ölçülen T_{fm} sıcaklıkları ile bu kapanımların tuzluluk miktarı arasındaki ilişki.

Son buz ergime sıcaklıkları kullanılarak hesaplanan tuzluluk miktarı sistemde katı tuz kristalinin bulunmadığı durumlarda kullanılan yöntem olup, buna göre sıvı kapanım içinde bulunabilecek tuz miktarı en fazla % 23.2 NaCl eşdeğeri olacaktır. Eğer tuz miktarı bu değerden fazla ise bu durumda tuz kristalleneceğinden katı tuz kristalini kapanım içinde

görmemiz gerekecektir. Kapanım içinde katı tuz kristalinin bulunması durumunda çözelti tuzluluğu tuz kristalinin ergime derecesine göre hesaplanmaktadır.

Sıvı kapanımların tuzluluk miktarlarını hesaplamak üzere Potter vd., (1978), Bodnar, (1993) ve Bodnar ve Vityk (1994) tarafından önerilen eşitliklerin dışında, Brown, (1989) tarafından geliştirilen “Flincor” ve Bakker, (2003) tarafından geliştirilen “Bulk” adlı bilgisayar programları da kullanılmaktadır. Aşağıda Potter vd. (1978) ve Bodnar (1993) tarafından geliştirilen eşitlikler sırasıyla (17) ve (18) numaralı bağıntılarda verilmiştir. Bu çalışmada, Bodnar (1993) tarafından önerilen eşitliğe göre hesaplanan tuzluluk değerleri, Bakker (2003) tarafından geliştirilen programla hesaplanarak kontrol edilmiştir.

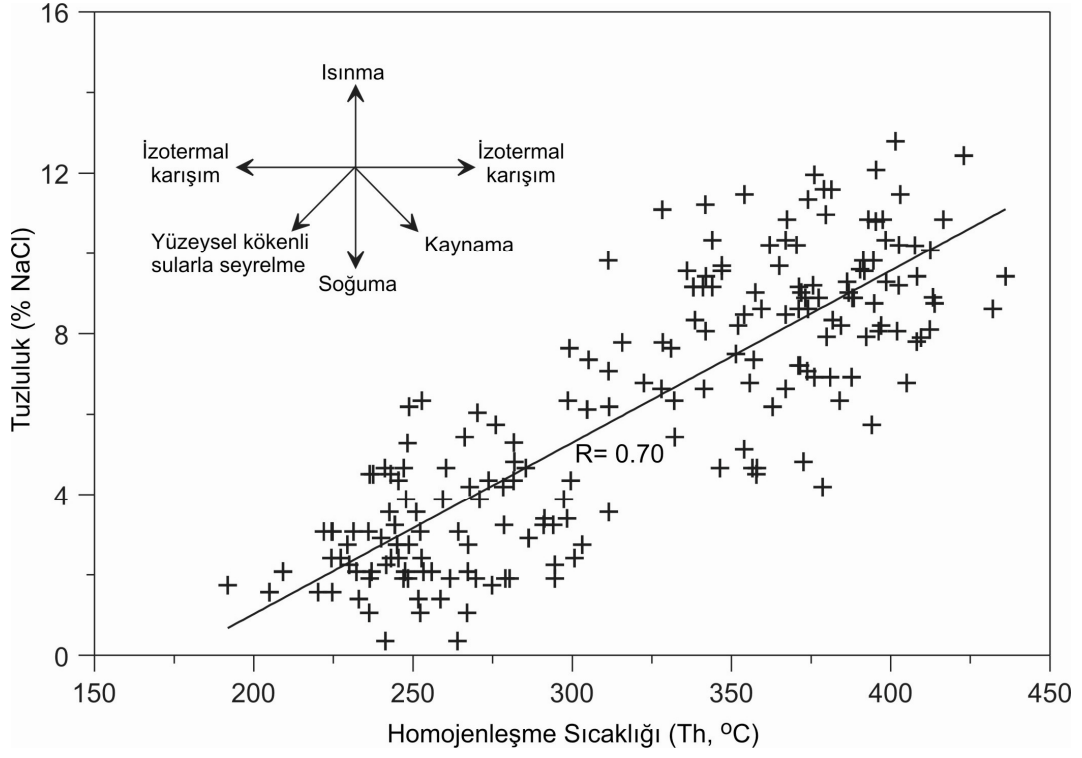
$$\text{Tuzluluk: } 1.76958T_m - 4.2384 \times 10^{-2}T_m^2 + 5.2778 \times 10^{-4}T_m^3 \quad (\text{Potter vd., 1978}) \quad (17)$$

$$\text{Tuzluluk: } 1.78T_m - 0.0442T_m^2 + 0.000557T_m^3 \quad (\text{Bodnar, 1993}) \quad (18)$$

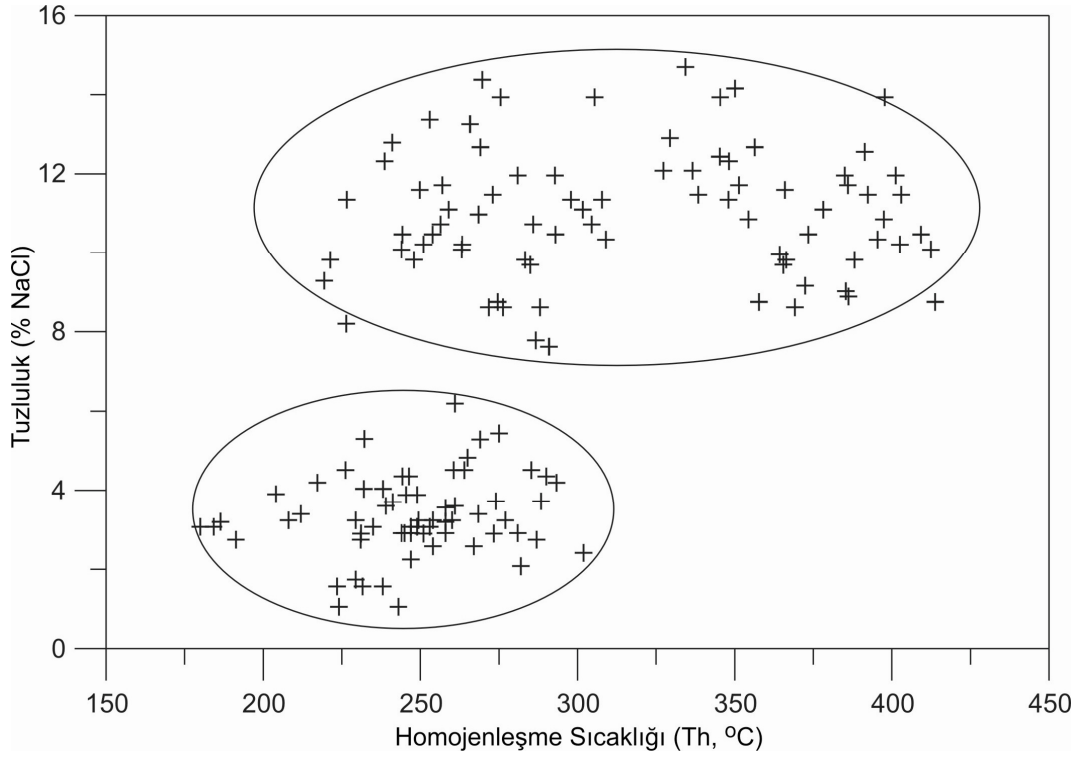
Shepherd vd., (1985), Bodnar, (1993) ve Wilkinson, (2001)’e göre sıvı kapanımların bileşiminde en yaygın olarak bulunan tuz türü NaCl olduğundan, kapanımların tuzluluğu NaCl eşdeğeri olarak verilmektedir. Kapanımların bileşiminde NaCl’nin dışında diğer tuz türleri bulunsa bile dondurma-ısıtma yöntemiyle belirlenen tuzluluk miktarında yapılabilecek hata miktarı % 5’i geçmeyecektir (Shepherd vd., 1985). Bundan dolayı bu çalışmada, farklı tuz bileşimleri belirlenmiş olmasına rağmen, sıvı kapanımların tuzluluğu NaCl eşdeğeri olarak verilmiştir.

Kuvars minerallerinde ölçülen T_{m-ice} değerleri -0.2 °C ilâ -8.8 °C (ort. -3.8 °C, $n=191$), sfalerit minerallerinde de -0.6 °C ilâ -10.5 °C arasında (ort. -4.53 °C; $n=142$) değişmektedir. Ölçülen T_{m-ice} değerleri kullanılarak hesaplanan tuzluluk miktarları da kuvarslarda % 0.4-12.8 NaCl eşdeğeri arasında (ort. % 6.1 NaCl eşd.), sfaleritlerde ise % 1.1-14.7 NaCl eşdeğeri (ort. 7.6 % NaCl eşd.) arasında değişmektedir (Ek Tablo 14).

Kuvarslarda bulunan sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk grafiğinde, iki ayrı gruba ayrılan verilerin tek bir doğrusal dağılım gösterdiği, azalan homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk miktarlarının da düştüğü görülmektedir (Şekil 85). Homojenleşme sıcaklıklarının frekans dağılım grafiklerinden, cevher oluşumunun iki ayrı evrede gerçekleştiği, ilk evrede sıcaklıkların yüksek, ikinci evrede ise düşük olduğu belirlenmiştir. Buna göre kuvarsların kristallenme sürecinde homojenleşme sıcaklığındaki düşüşe karşılık, giderek azalan tuzluluk şartlarının egemen olduğu anlaşılmıştır (Şekil 85).



Şekil 85. Kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların Th sıcaklıklarına karşılık tuzluluk miktarlarındaki değişim.



Şekil 86. Sfalerit minerallerindeki sıvı kapanımların Th sıcaklıklarına karşılık tuzluluk miktarlarındaki değişim.

Sfalerit minerallerinde ölçülen homojenleşme sıcaklığına karşılık, tuzluluk grafiğinde, verilerin iki ayrı gruba ayrıldığı görülmektedir (Şekil 86). Bu grafiğe göre kuvarslarda bulunan kapanımlarda olduğu gibi homojenleşme sıcaklığına karşılık, tuzluluk miktarının sistematik olarak azaldığını söylemek mümkün değildir. Buna rağmen grafikten tuzluluğun başlangıçta yüksek, daha sonra ise düşük olduğu açıkça anlaşılmaktadır.

Bütün sıvı kapanımların T_{m-ice} ölçümlerinden hesaplanan tuzluluk miktarı % 0.2 ilâ % 14.7 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir. Tuzluluk miktarının bu değişim aralığı, Roedder (1984) tarafından verilen, porfiri bakır ve skarn yataklarının dışındaki granitle ilişkili yatakların tuzluluk miktarına (% 1-15 NaCl arası) yakın değerlerdedir (sayfa 457). Ayrıca bu çalışmada belirlenen tuzluluk miktarının benzer tipteki magmatik kökenli hidrotermal yatakların tuzluluk miktarlarıyla uyumlu olduğu anlaşılmıştır (Tablo 8). Sıvı kapanımların % 15 NaCl eşdeğerine yakın tuzlulukları meteorik kökenli sular için oldukça yüksektir. Bundan dolayı her ne kadar daha düşük tuzluluk değerleri meteorik kökenli su karışımını gösterse de Kabadüz yöresi cevherlerinin magmatik kökenli hidrotermal çözeltilere bağlı olarak oluştuğunu söylemek mümkündür. Bu çalışmada hidrotermal çözeltilerin kökenini daha iyi anlayabilmek için kuvars minerallerinden oksijen izotop analizleri yaptırılmış, bulgular oksijen izotopları başlığı altında ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Tablo 8. Dünyanın değişik bölgelerinde bulunan benzer damar tip yatakların homojenleşme sıcaklıkları ve tuzluluk miktarlarındaki değişim.

Maden Yatağı	Ülke	Mineral birlikteliği ve özellik	Th °C	Tuzluluk % NaCl	Kaynak
Damoqujia	Çin	Pirit-kuvars, sülfid-kuvars ve kuvars-karbonat, Zhaoping fayı boyunca oluşmuş	160-350	1.4-13.6	Yang vd., 2007
CSA	Avusturalya	Pb-Zn-Cu Hidrotermal damar tip	275-380	< %7	Giles ve Marshall, 2004
Köstere	Türkiye	Pb-Zn-Cu Hidrotermal damar tip	200-370	0-9.85	Demir vd., 2008
Xiaoqinling Bölgesi	Çin	Pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve altın, mezotermal altın damarları	157-403	1.4-13.5	Neng vd., 1999
Ute-Uley	Amerika	Pb, Zn, Ag, Au damarı	165-385	0-12.4	Slack, 1980
Moukkori, Aittoranta ve Hosko damarları	Finlandiya	Sülfidlerle birlikte altın, mezotermal kuvars damarları	105-375	0.2-13	Poutiainen ve Partamies, 2003
Groundhog	Meksika	Pb-Zn-Cu Hidrotermal damar tip	270-405	2-10.6	Hawksworth ve Meinert, 1990

Sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığındaki düşüşe karşılık tuzluluk miktarının azalıyor olması, Wilkinson (2001) tarafından belirtilen meteorik suyun karışım trendine uymaktadır (Şekil 85). Hidrotermal çözeltilere meteorik suların karışması sonucu sıvı kapanımların tuzluluğunun azaldığı benzer çalışmalarda da ortaya konmuş ve bu çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Li Qiang vd. (2007), Zhaoping fayı (Çin) boyunca oluşan cevherde kuvars minerallerinde bulunan sıvı kapanımların 160-350 °C arası sıcaklıklarda homojenleştiğini, hesaplanan tuzluluk değerlerinin de % 1.4-13.6 NaCl eşd. arasında değiştiğini belirtmektedir. Buna göre araştırmacı, cevher oluşumunun ilk evresinin kesinlikle magmatik sistemle ilişkili olduğunu, ancak sonraki evrede sisteme meteorik suyun karışması nedeniyle tuzluluk miktarının düştüğünü belirtmektedir.

Huizenga vd., (2006) yaptıkları çalışmada, sıvı kapanımların tuzluluğunun oldukça geniş bir aralıkta değişim göstermesini (% 2-22 NaCl eşd. arası), tuzluluk miktarı yüksek ve tuzluluk miktarı düşük iki ayrı sıvının karışımıyla açıklamışlar, çok düşük değerdeki tuzluluk değerlerinin bulunmasını da meteorik suyun karışımıyla açıklamaktadır.

Breskovska ve Tarkian (1993), Madjarovo (Bulgaristan) maden bölgesinde bulunan damar tip yatakların % 2-4 eşd. tuzluluk miktarına sahip olduğunu belirlemiş, bu durumun nedenin de hidrotermal çözeltilere meteorik su karışımı olduğunu savunmuşlardır.

Dolnicek vd. (2009), Bohemya Masifinde (Çekoslovakya) bulunan Zalesi yatağındaki % 0-27 arasında değişen tuzluluk değerlerini meteorik suyun karışımıyla açıklarken, ilk buz ergime sıcaklığı ölçümlerine göre bazı kapanımların $CaCl_2$ içerip bazılarının içermemesinin, ya iki farklı sıvının karışmasından veya yan kayaçlarda bulunan kalsiyumca zengin plajyoklaslardan kaynaklanabileceğini savunmuşlardır.

Homojenleşme sıcaklığındaki düşüşe karşılık tuzluluğun her zaman azalma göstermesi bir kural olmayıp bu durumun tersi yönünde bulgular elde eden çalışmalar da mevcuttur. Williams-Jones vd., (1992) homojenleşme sıcaklığındaki düşüşe karşılık artan tuzluluk miktarının, ortama daha tuzlu farklı bir sıvının karışımına bağlı olarak oluşabileceğini savunmaktadır. Gomez-Fernandez vd., (2000), Hollings vd., (2005) ve Barrie ve Touret, (1999) farklı homojenleşme sıcaklıkları ve farklı tuzluluklara ait kapanımların bir arada bulunmasının, magmatik ve meteorik sıvıların karışması sonucu değil, birbirinden farklı bileşimleri olan iki farklı hidrotermal çözeltinin karışması sonucu oluştuğunu savunmaktadırlar.

Yukarıda açıklanan benzer çalışmalara göre de Kabadüz yöresi cevherlerinin oluşumu magmatik kökenli hidrotermal çözeltilerle ilişkilidir. Yine bu açıklamalara göre homojenleşme sıcaklığındaki düşüğe karşılık tuzluluk miktarının azalması, kısmen sıcak ve daha tuzlu hidrotermal çözeltilerle, daha soğuk ve düşük tuzlulukta yer altı veya meteorik suyun karışımıyla açıklanmaktadır. Her ne kadar sfaleritlerin homojenleşme sıcaklığı ile tuzluluk miktarı arasında sistematik bir ilişki olmasa da, kuvarslarda homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk miktarı sistematik olarak ($R=0.70$) azalmaktadır. Bu durum Sup So vd., (1993)'e göre cevher oluşum sürecinde, hidrotermal çözeltilerle meteorik suyun sistematik olarak karışım hâlinde olduğunun göstergesidir.

3.7.6. Basınç Hesabı

Maden yataklarının oluşumu esnasında genellikle üzerinde örtü kayaçları bulunmaktadır. Bu örtü kayaçları daha sonradan aşınma yoluyla ortamdaki uzaklaştığı için madenin gerçek oluşum derinliğini belirlemek oldukça güçtür. Maden yatağının oluşumu esnasında üst kısımda bulunan ve yatak oluşuktan sonra ortamdaki aşınma yoluyla uzaklaşan örtü kayaçlarının kalınlığını sıvı kapanım çalışmalarıyla belirlemek mümkündür. Sıvı kapanımların basınç, hacim, yoğunluk ve bileşimleri (PVTX) kapanımların kimyasal bileşiminden çok tuzluluk miktarına bağlıdır (Bodnar, 1983; Zhang ve Frantz, 1987 ve Atkinson, 2002). Bundan dolayı kapanımların bünyesinde her ne kadar KCl veya $CaCl_2$ türü tuzlar bulunmuş olsa da basınç değerlerini NaCl'ye göre hesaplamak yanlış olmaz. Değişik kapanım tipleri için geliştirilen farklı yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

3.7.6.1. İki Karışmayan Sıvının Birlikte Bulunması

Sıvı kapanımlar ısıtıldıklarında bünyelerinde bulunan gaz ve diğer bileşenler genişleyeceği için iç basıncı artacaktır. Özellikle yüksek oranda CO_2 içeren kapanımlar ısıtıldıklarında ani bir iç basınç artışı olacaktır. Isıtmaya devam edildiğinde, sıvı kapanımın iç basıncı dış basıncı geçtiğinde patlama (decrepitation) olayı meydana gelir. Roedder'e (1984) göre bu patlama anındaki sıcaklık ve sıvı kapanımın boyutu kapanımların oluştuğu basıncı veren parametreler olduğundan, araştırmacı yaptığı deneysel çalışmalar neticesinde sıvı kapanımların boyutu ve oluşum basıncı arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler

hazırlamıştır. Araştırmacı bu yöntemin 30 µm'den küçük boyutlu kapanımlarda uygulanabileceğini belirtmektedir. Ayrıca sıvı kapanımların oluşum basıncını bulmaya yönelik olarak Swanenberg (1979), Bowers ve Helgason (1983) ve Brown ve Lamb (1989) tarafından hazırlanan grafikler bulunmaktadır.

3.7.6.2. İzokonların Kesiştirilmesi Metodu

CO₂ içeren sıvı kapanımlarda CO₂ ve H₂O'ya ait izokonların kesişme noktalarından yararlanarak basınç hesabı yapılabilmektedir (Roedder ve Bodnar, 1980). Faz ayrımlanmasının bulunduğu kapanımlarda kullanılmak üzere geliştirilen bu yöntemde CO₂ ve H₂O'ya ait izokonlar farklı eğimlerde olacağından bu izokonların kesişme noktasına göre bulunan basınç değeri sıvı kapanımların kapanlanma basıncını vermektedir (Shepherd vd., 1985 ve Roedder ve Bodnar, 1980). Bu yöntemde kullanılması gereken izokonların öncelikle eğimlerinin hesaplanması gerekmektedir. Holloway (1981) tarafından verilen eğim hesaplama yöntemi % 5'ten daha az tuzluluk içeren ve homojenleşme sıcaklığının 400 °C'ın üzerinde olduğu kapanımlarda kullanılmaktadır.

3.7.6.3. Yavru (Daughter) Mineral İçeren Kapanımların Kullanılması

Bu yöntem, sıvı kapanımların içinde bulunan tuz kristalinin ergimesi esasına dayanmaktadır. Hesaplanan tuzluluk değerlerine ait izokonların, tuz kristallerinin ergime sıcaklığına ait izokonla kesiştirilmesiyle kapanımların oluştuğu en düşük basınç değeri hesaplanabilmektedir (Bodnar, 1994). Bu yöntemi uygulayabilmek için kapanım içinde CO₂ gazı bulunmalı ve tuz kristali içeren kapanımların homojenleşme sıcaklıkları, tuz kristali içermeyen kapanımlardan yüksek olmalıdır (Mishra vd., 2005).

Bu çalışmada sıvı kapanımların CO₂ ve tuz kristali içermemelerinin yanında, boyutlarının, tuzluluk miktarlarının ve homojenleşme sıcaklıklarının yukarıda bahsedilen yöntemlerle uyuşmaması nedeniyle bu yöntemler kullanılamamış, bunun yerine, aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan, homojenleşme sıcaklığının başka bir jeotermometreyle kıyaslanması yöntemi kullanılmıştır.

3.7.6.4. Homojenleşme Sıcaklığının Bağımsız Bir Termometreyle Kıyaslanması

İki fazlı sıvı kapanımların oluşum basıncını hesaplamada bağımsız termometre yöntemi kullanılmaktadır (Roedder ve Bodnar, 1980). Bu yöntemde sıvı fazın gaz basıncı bağımsız bir termometre kullanılarak izokonların kesiştirilmesi sùretiyle bulunur. Homojenleşme sıcaklığının başka bir jeotermometreyle kıyaslanması yönteminde; ortalama tuzluluğa bağılı olarak (19) numaralı bağıntıyla hesaplanan (Knight ve Bodnar, 1989) kritik noktanın, homojenleşme sıcaklığı ve en düşük gaz basıncı kullanılarak P-T grafiği üzerinde belirlenen noktayla birleştirilmesiyle, sıvı ve gazın ayrımlandığı kritik eğri çizilir. Sözü edilen en düşük gaz basıncı ise, tuzluluğa bağılı olarak hesaplanan kritik nokta kullanılarak (20) numaralı bağıntıyla hesaplanmaktadır (Knight ve Bodnar, 1989).

$$T: 374.1+8.800\Phi+0.1771\Phi^2-0.0213\Phi+7.334*10^{-4}\Phi^4 \quad (19)$$

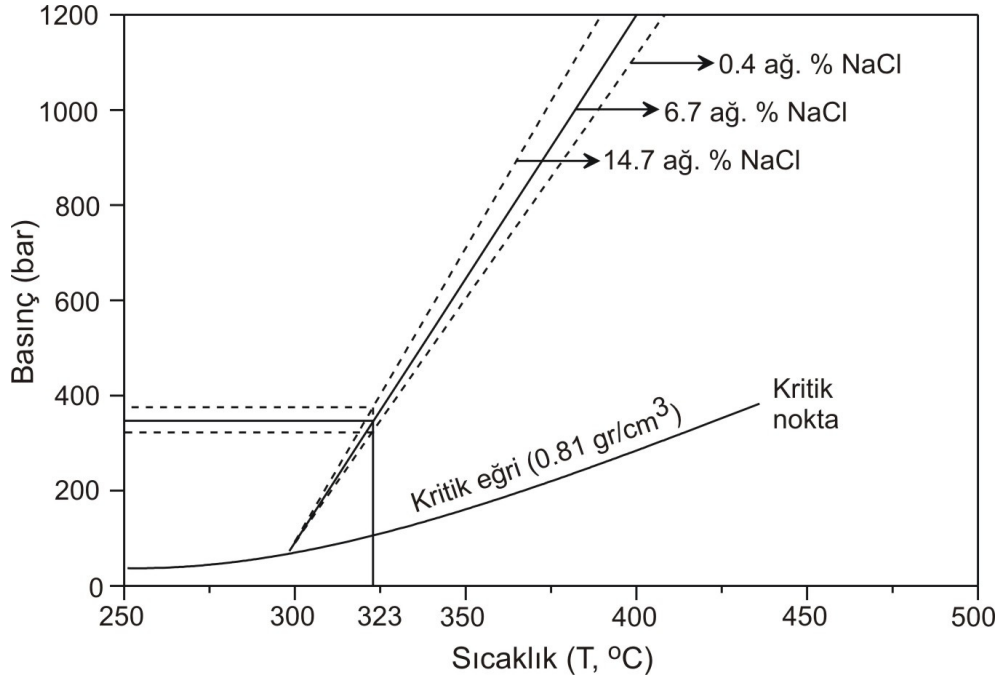
T: Kritik Nokta, Φ : % NaCl

$$P: 2094-20.56 *T+ 0.06896T^2 - 8.903*10^{-5}T^3+4.214*10^{-8}T^4 \quad (20)$$

Daha sonra Flincor (Brown, 1989) programı kullanılarak ortalama tuzluluğa ait basınç-sıcaklık izokonu Brown ve Lamb'a (1989) göre çizilmiştir. Sfalorit-galen mineral çiftinden kükürt izotop termometresine göre hesaplanan sıcaklık değeri (323 °C) grafiğe aktarılarak sıvı kapanımların ortalama yoğunluğu (0.81 gr/cm³) ve tuzluluğu (% 6.7 NaCl eşd.) için gerçek oluşum basıncı 350 bar olarak bulunmuştur (Şekil 87). Bu basınç değeri en düşük tuzluluk miktarı (% 0.4 NaCl eşd.) için 325 bar'a, en yüksek tuzluluk miktarı için ise 375 bar'a karşılık gelmektedir.

Bağımsız termometre kullanılarak sıvı kapanımların kapanlanma basıncı (P_T) 350 bar olarak hesaplanmıştır (Şekil 87). Hesaplanan bu basıncın litostatik basınç olması durumunda olası derinlik (Yüzeyde bulunan kayaçların yoğunluğu 2.7 gr/cm³ kabul edilerek) 1321 m'ye karşılık gelmektedir (En düşük ve en yüksek tuzluluk değerleri için olası derinlik sırasıyla 1227 ve 1415 m şeklinde hesaplanmıştır). Hidrostatik basınç koşullarında ise olası derinlik 3568 m'ye karşılık gelmektedir (Shepherd vd., 1985). Litostatik basınç dikkate alındığında, cevher oluşumunun yüzeye yakın ortam şartlarında oluştuğu söylenebilir. Ancak mevcut cevherlerin fay ve kırık zonları boyunca oluşmuş olması, bu fay ve kırıkların, hidrotermal çözeltilerin geçiş kanallarını oluşturmasının

yanında, hidrotermal çözeltilerin atmosferle temasını sağlayan boşluklar olduğunu gösterir. Eğer cevher oluşumu bu fay ve kırıklar deniz altı ortamında iken gerçekleştiyse, yukarıda açıklanan nedenden dolayı, litostatik basınç yerine hidrostatik basıncı dikkate almak gerekecektir (Li Qiang vd., 2007).



Şekil 87. Bağımsız termometre kullanılarak sıvı kapanımların oluşum basıncının bulunması (PT). Kritik eğri sıvı kapanımların ortalama homojenleşme sıcaklığı (299 °C) ve yoğunluğu (0.81 gr/cm³) kullanılarak, Knight ve Bodnar'a (1989) göre, izokon eğrisi ise sıcaklık ve tuzluluğun fonksiyonu olarak Brown ve Lamb'a (1989) göre hesaplanmıştır.

Sıvı kapanım ölçümlerinin yapıldığı laboratuvar şartlarındaki basıncın doğadaki gerçek oluşum şartlarıyla aynı olmamasından dolayı, ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, doğadaki gerçek oluşum sıcaklıklarından daha düşük olacaktır. Bundan dolayı sıvı kapanımların gerçek oluşum sıcaklıklarının doğru olarak belirlenebilmesi için, ölçülen homojenleşme sıcaklıklarına basınç düzeltmesi yapmak zorunludur (Gomez-Fernandez vd., 2000 ve Mishra vd., 2005). Basınç düzeltmesi, hesaplanan basınç değerine karşılık gelen sıcaklık farkı, ölçülen homojenleşme sıcaklığına ilâve edilerek yapılır. Sıvı kapanımların kapanılma basıncı belirlendikten sonra, homojenleşme sıcaklığı ve hesaplanan ortalama tuzluluk değerleri için yapılması gereken basınç düzeltmesi, Potter (1977) tarafından hazırlanan grafikler üzerinden yapılabilmektedir. Bağımsız termometre kullanılarak

hesaplanan kapanlanma basıncı (350 bar) ve ortalama tuzluluk için (ort. % 6,7 NaCl eşdeğeri) yapılması gereken sıcaklık düzeltmesinin Potter'e (1977) göre 40 °C civarında olup, en yüksek tuzluluk miktarı için (% 14,7 NaCl eşdeğeri) 50 °C'yi geçmemektedir.

Ölçülen homojenleşme sıcaklıklarına (ort. 299 °C) 40 °C'lık basınç düzeltmesi yapılması durumunda bulunan sıcaklık 339.7 °C'ye çıkmaktadır. Bu durumda kükürt izotop termometresinden hesaplanan sıcaklık değeriyle (ort. 323 °C), sıvı kapanımlardan ölçülen ortalama homojenleşme sıcaklığı arasında ~17 °C'lik fark vardır. Sıvı kapanımların iki farklı evrede oluştuğu ve ölçülen sıcaklıkların ortalaması kullanıldığından, basınç düzeltmesi yapılarak bulunan sıcaklığın, kükürt izotop termometresinden hesaplanan ortalama sıcaklıkla uyum içinde olduğu söylenebilir.

3.8. Duraylı İzotop Jeokimyası

Bir elementin proton sayıları aynı fakat nötron sayıları farklı atomlarına o elementin izotopları denir. Birden çok izotopu bulunan elementlerin izotoplarının kütlelerinde farklılıklar olmasına karşın kimyasal özellikleri aynıdır. Bu izotopların çeşitli bileşikler içindeki bolluk dereceleri jeolojik, jeokimyasal ve coğrafik olaylara bağlı olarak değişim gösterdiğinden, duraylı izotoplar, maden yataklarının oluşumlarının yorumlanmasında önemli bilgiler vermektedir. Duraylı izotop analizleriyle, cevherin oluşumunu sağlayan hidrotermal çözeltilerin kaynağı, bileşimi ve bu çözeltilerin taşınım depolanması gibi cevher oluşum evrelerinin anlaşılmasının yanında, sıcaklık, basınç ve derinlik gibi fiziksel parametreleri de hesaplamak mümkündür (Ohmoto ve Rye, 1979; Faure, 1986; O'Neil, 1986; Hoefs, 2004 ve Akçay, 2002).

Doğada bilinen 271 adet duraylı izotoptan çoğunun maden yataklarında yaygın olarak bulunmamasından dolayı, bu izotoplardan sadece bir kaç jeolojik amaçlı çalışmaya uygundur (Akçay, 2002). Maden yataklarında genellikle pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen gibi sülfürlü minerallerle birlikte kuvars, kalsit ve barit gibi gang mineralleri yaygın olarak bulunduğu için bu minerallerin bileşiminde bulunan S, O, H ve C izotopları, izotop jeokimyasında en çok kullanılanlardır. Bu izotoplardan, O ve H hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan suyun, S sülfürlü ve sülfatlı minerallerin bileşiminde bulunan kükürtün ve C izotopları ise karbonatlı minerallerin bileşiminde bulunan karbonun kökeninin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

3.8.1. Kükürt İzotopları

İzotop jeokimyası çalışmalarında yaygın olarak kullanılan kükürtün ^{32}S , ^{33}S , ^{34}S ve ^{36}S şeklinde dört izotopu bulunmaktadır. Bu izotopların doğadaki ortalama bollukları sırasıyla % 95.02, % 0.75, % 4.21 ve % 0.02 şeklinde olup, ^{32}S ve ^{34}S izotopları diğerlerinden daha yaygın olarak bulunduğundan, kükürt izotop çalışmalarında bu iki izotop kullanılmaktadır (Akçay, 2002). Kükürt izotop analizlerinde standart örnek olarak, Canyon Diablo Meteoritinin bileşiminde bulunan S'in $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ oranı kullanılmaktadır. Ohmoto ve Rye (1979) ve Hoefs (2004) tarafından verilen değişik jeolojik ortamların S izotop bileşimleri Şekil 88a'da gösterilmiştir. Kükürt izotop bileşimi $\delta^{34}\text{S}$ şeklinde gösterilmekte olup, aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\delta^{34}\text{S} = \left\{ \left[\left(\frac{^{34}\text{S}}{^{32}\text{S}} \right)_{\text{örnek}} - \left(\frac{^{34}\text{S}}{^{32}\text{S}} \right)_{\text{standart}} \right] / \left(\frac{^{34}\text{S}}{^{32}\text{S}} \right)_{\text{standart}} \right\} \times 1000$$

Kükürt izotop çalışması, sülfidlerin bileşiminde bulunan kükürtün kökenini belirlemek, cevher minerallerinin oluşum sıcaklıklarını hesaplamak ve sıvı kapanım çalışmalarıyla birlikte bağımsız termometre olarak kullanmak üzere yapılmıştır. Bu çalışmada Demiroluk, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarından seçilen pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden kükürt izotop analizleri yaptırılmış, analiz sonuçları ve analiz yaptırılan örneklerin mineral birliktelikleri Tablo 9'da verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre $\delta^{34}\text{S}$ değerleri piritlerde ‰ 2.14 ilâ -0.22 (n = 9, ort = 1.35), kalkopiritlerde ‰ 1.64 ilâ 0.44 (n = 9, ort = 1.25), sfaleritlerde ‰ 1.54 ilâ -5.92 (n = 9, ort = -0.41) ve galenlerde ise ‰ 0.16 ilâ -7.84 (n = 9, ort = -2.29) arasındadır. Bu sonuçlara göre pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen sırasını izleyerek azalan izotopsal bileşim, Ohmoto ve Rye (1979) tarafından belirtilen izotopsal farklılaşma eğilimine uygunluk göstermektedir. Mikroskop çalışmalarına göre belirlenen mineral oluşum sırasının, kükürt izotoplarının gösterdiği farklılaşmayla uyum içinde olduğu anlaşılmıştır.

Demiroluk, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarından yaptırılan S izotop analizlerine göre $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin sfaleritlerde yapılan 1 analiz (‰ -5.92) ve galenlerde yapılan 2 analiz (‰ -7.01 ve -7.84) dışında ‰ 2.14 ilâ -1.47 arasında değiştiği, bu sonuçların Ünal (2006) tarafından Akgüney damarından yaptırılan ve ‰ 3.02 ilâ -0.63 arasında değişen analiz sonuçlarına benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır.

Asitik kayaçların $\delta^{34}\text{S}$ değeri Holser ve Kaplan (1966) tarafından granitik kayaçlar için $\% 10 \pm 5$ ve kıtasal kabuğun ortalama bileşimi için de $\% 6 \pm 2.3$ olarak verilmektedir. Bu verilerin çok az sayıdaki çalışmaya dayandığını ve bu çalışmalarda asitik kayaçların $\delta^{34}\text{S}$ bileşimi bakımından anormal bir şekilde zenginleşen granitik kayaçlardan etkilenmiş olabileceğini savunan Ohmoto ve Rye (1979) ise, mantodan itibaren oluşan kıtasal kabuğun, çok geniş bir izotopik farklılaşmaya maruz kaldığını dikkate alarak kıtasal kabuğun ve asitik magmatik kayaçların $\delta^{34}\text{S}$ bileşiminin $\% 0 \pm 3$ olduğunu belirtmektedir. Buna göre mantodan veya kabuktan itibaren kısmî ergime sonucu oluşan ergiyiklerin $\delta^{34}\text{S}$ bileşimi birbiriyle aynı değerlerdedir.

Mafik ve ultramafik kayaçların $\delta^{34}\text{S}$ değeri de benzer şekilde Üst Manto'nun bileşimine uygun olarak -1 ilâ +3 arasında değişmektedir. Ancak mafik kayaçların $\delta^{34}\text{S}$ değerinin anormal bir şekilde artış göstererek $\% 5$ ilâ 17 arasında değişebildiği gibi (Sasaki ve Ishihara, 1979), azalma göstererek $\% -13.4$ 'e kadar düştüğü de belirlenmiştir (Smitheringale ve Jensen, 1963). Bu anormal şekilde artış veya azalma Ohmoto ve Rye'a (1979) göre mantonun bileşimindeki farklılıktan çok, sedimanter kökenli sülfidlerin karışmasının sonucudur.

Tablo 9. Demirooluk, Haydarlı ve Kuşyuvası cevherlerindeki sülfidli minerallerin kükürt izotop bileşimleri ve mineral çiftlerinden hesaplanan sıcaklıklar (T1: Pirit-kalkopirit, T2: Pirit-sfalerit, T3: Sfalerit-galen ve T4: Pirit-galen).

		Mineral Birlikteliği	Pirit	Kalkopirit	Sfalerit	Galen	T1, °C	T2, °C	T3, °C	T4, °C
Demirooluk	1	Py, Sf, Gl, Kpy, Ku ve Ba	1,76	1,23	1,54	-1,47	> 500	> 500	217	289
	2	Sf, Gl, Py, Kpy, Ku, Ka	2,14	1,10	0,20	-0,45	385	< 150	> 500	354
	3	Py, Kpy, Gl, Sf, Ku, Ka	1,29	1,31	1,33	-0,51			355	> 500
Haydarlı	1	Py, Kpy, Sf, Gl, Ku, Ba	1,21	1,64	-0,70	-7,84		< 150	< 150	< 150
	2	Sf, Gl, Py, Kpy, Ku, Ka	1,43	0,79	0,50	-7,01	> 500	299	< 150	< 150
	3	Py, Sf, Gl, Kpy, Ku, Ka	1,45	1,64	-5,92	-1,41		< 150		325
Kuşyuvası	1	Kpy, Gl, Sf, Py, Ku, Ka, Ba	1,74	1,59	1,34	0,16	> 500	> 500	> 500	> 500
	2	Gl, Sf, Kpy, Py, Ku, Ka	1,33	1,54	-1,13	-1,08		< 150		378
	3	Kpy, Gl, Py, Sf, Ku, Ka, Ank	-0,22	0,44	-0,89	-0,97		401	> 500	> 500

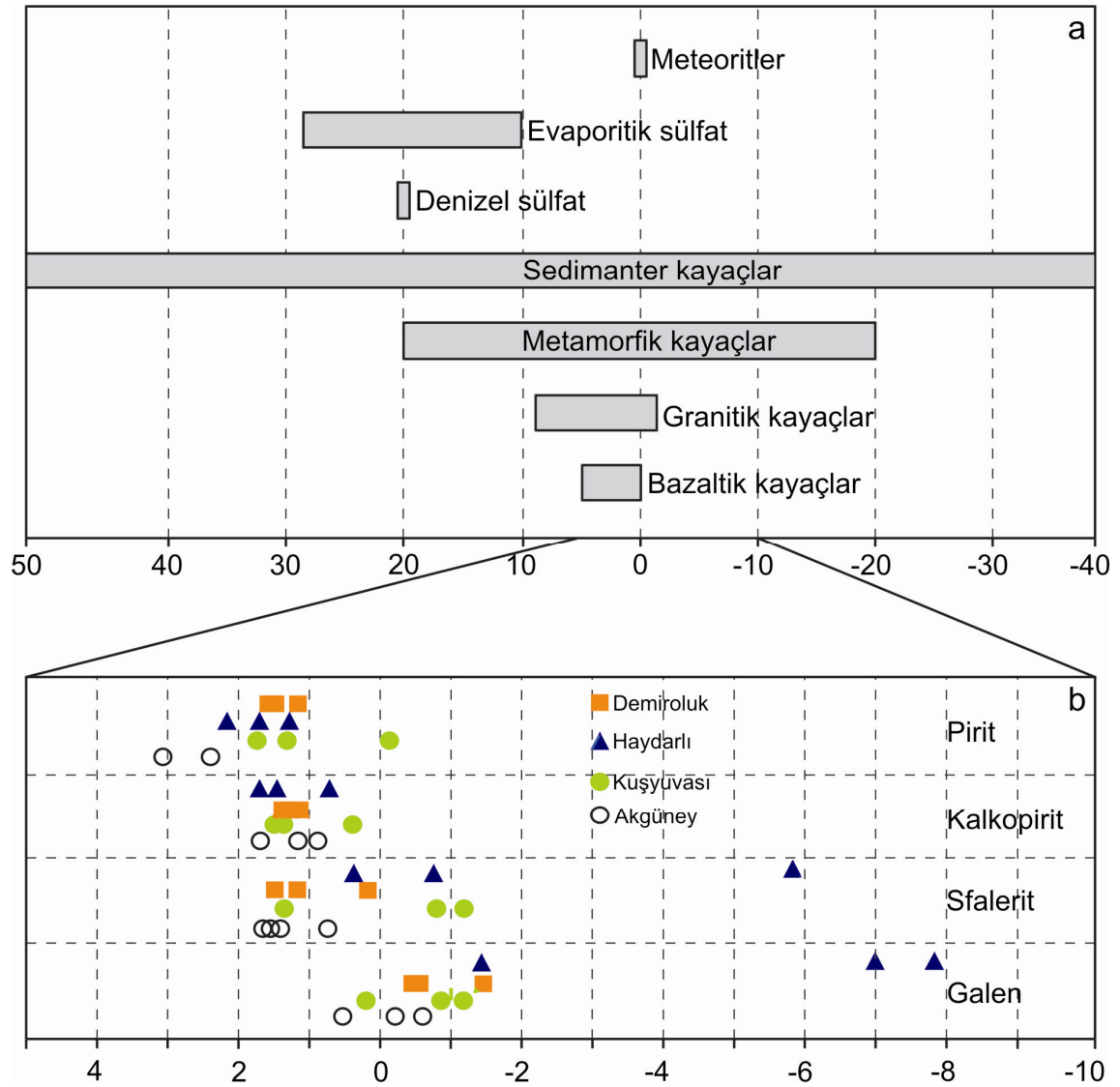
Sülfürlü minerallerin bileşiminde bulunan $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin (3 ölçüm dışında) ‰ 0'a çok yakın oluşu ve dar bir aralıkta değişiyor olması, cevher minerallerinin oluşumunu sağlayan hidrotermal çözeltiler içindeki kükürtün magmatik kökenli olduğunu göstermektedir (Ohmoto ve Rye, 1979). Ancak, Hoefs (2004) tarafından verilen ve değişik ortamların S izotop bileşimlerini gösteren Şekil 88a'dan da anlaşılacağı üzere, bazik magmatik kayaların $\delta^{34}\text{S}$ bileşimleri daima ‰ 0'ın üzerinde iken, granitik kayaların $\delta^{34}\text{S}$ bileşimleri ‰ -3'e kadar düşmektedir. Bundan dolayı ‰ 0'ın altındaki $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin bulunması nedeniyle (Şekil 88b), Kabadüz yöresi cevherlerinin bileşiminde bulunan kükürtün, granitik kayaların bileşimine daha yakın olduğu anlaşılmıştır.

Sfalerit ve galenlere ait 3 örnekte ölçülen ve ‰ -5.92 ilâ -7.84 arasında değişim gösteren $\delta^{34}\text{S}$ değerinin, diğer ölçümlerden belirgin bir şekilde farklılık göstererek hafif izotoplar bakımından anormal bir şekilde zenginleştiği görülmektedir (Şekil 88b). Maden yatakları için olağan olan bu durumun nedenleri, Kerrich'e (1987) göre yan kayaç litolojisindeki farklılık, hidrotermal çözeltilerin oksidasyonu veya cevher oluşum sırasında, sıcaklık ve pH şartlarında görülen değişimler olabilir.

Aynı litolojik özelliklere sahip yan kayaçlar içinde bulunmasına rağmen oldukça düşük $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin yalnızca Haydarlı damarında ölçülmüş olması, yan kayaç litolojisinin etkili olmadığını göstermektedir. Cevher damarlarında oksidasyon belirtisi de gözlenmediğine göre anormal bir şekilde düşük $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin varlığı pH ve sıcaklık şartlarındaki değişim olabilir. Kuvars ve sfalerit minerallerinde bulunan sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının 180-436 °C arasında değişiyor olması, sıcaklık değişiminin $\delta^{34}\text{S}$ bileşimi üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir. Zhang ve Frantz (1989) tarafından yapılan deneysel çalışmalara göre de sıcaklık ve pH değişiminin aynı mineral üzerinde bile $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin değişimine neden olabileceğini doğrulamaktadır. Ohmoto ve Rye (1979) tarafından yapılan çalışmalara göre de sıcaklık değişiminin magmatik kökenli çözeltilerde $\delta^{34}\text{S}$ değerinin ‰ 3 ilâ -13 arasında değişimine neden olabileceği belirlenmiştir.

Hafif izotop bakımından zenginleşmenin diğer bir nedeni de Ohmoto ve Rye (1979)'a göre hidrotermal çözeltilere sedimanter kökenli kükürtün karışması olabilir. Hidrotermal tip maden yatakları S, magmatik bir kayaktan direkt olarak veya yan kayaçlarda sülfid içeren minerallerden çözünerek ortaya çıkabileceği gibi, deniz suyundan da karışabilir. Deniz suyu kaynaklı S'de sülfatların bakteriler tarafından H_2S 'e

indirgenmesi sedimanter sülfütlere oluşturur. Hidrotermal çözeltiler, sedimanter sülfütlere bünyesinde bulunan S'i bünyesine katarak cevher oluşumunu sağlar. Düşük sıcaklıklarda sülfatların sülfütlere indirgenmesi bakteriler tarafından gerçekleştirilirken, yüksek sıcaklıklarda bu işlem bakteriler olmaksızın da gerçekleşebilir. Bundan dolayı S izotop bileşimi ‰ 50 ilâ -40 gibi oldukça geniş bir aralıkta değişim gösteren sedimanter kökenli S'in hidrotermal çözeltiler içine karışması, sülfütlere $\delta^{34}\text{S}$ bileşiminin ‰ 0'dan uzaklaşmasına neden olabilir.



Şekil 88. a) Farklı jeolojik ortam ve kayaç türlerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop bileşimindeki değişimler (Ohmoto ve Rye, 1979 ve Hoefs, 2004). b) Demirölük, Haydarlı ve Kuşyuvası cevherlerinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değişimleri (Akgüney damarını temsil eden içi boş daireler Ünal, 2006'dan alınmıştır).

Yukarıda ayrıntılı olarak açıklanan sebeplerden dolayı, Kabadüz yöresindeki cevher minerallerinin bileşiminde bulunan S'in magmatik kaynaklı olduğu anlaşılmıştır. Cevher yan kayaçlarının denizaltı ortamında oluştuğu düşünülürse, 3 ayrı örnekte belirlenen hafif izotop zenginleşmesinin nedeni, magmatik kökenli S ile sedimanter kökenli S'in karışması sonucu olabileceği gibi, cevher oluşumunun oldukça geniş sıcaklık aralığında gerçekleşmesi de olabilir.

Ohmoto ve Rye (1979) tarafından yapılan S izotop çalışmasına göre, sfalerit-galen mineral çiftinden hesaplanan sıcaklıkların, sfalerit minerallerinde bulunan sıvı kapanımların Th sıcaklıklarıyla uyum içinde olduğu, pirit-kalkopirit ve pirit-galen mineral çiftlerinden hesaplanan sıcaklıkların da bu sıcaklıklara paralel değişim gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre metamorfizmaya uğramayan yataklarda mineral çiftleri arasında izotopik dengenin sağlandığı, mineral oluşum sonrasında da izotopik bileşim bakımından herhangi bir değişimin olmadığı kabul edilmiştir. Bundan dolayı belirli mineral çiftlerinin izotop sonuçlarını kullanarak yapılan sıcaklık hesabında, her iki mineralin denge hâlinde olduğu, bu minerallerin oluşumundan sonra mineraller arasında veya mineral-çözelti arasında izotopik değişimin olmadığı ve seçilen minerallerin tamamen saf olduğu kabul edilir (Ohmoto ve Rye, 1979).

Kabadüz yöresi cevher damarlarında izotopik dengenin, en iyi şekilde pirit-galen mineral çifti arasında sağlandığı, buna göre de bu minerallerin oluşum sıcaklığının 289-378 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Pirit-kalkopirit, pirit-sfalerit ve sfalerit-galen mineral çiftlerinden hesaplanan sıcaklıklar da sırasıyla 385 °C, 299-401 °C ve 217-355 °C şeklindedir. S izotoplarından hesaplanan bu sıcaklık değerleriyle, sfalerit ve kuvars minerallerinden ölçülen Th sıcaklıklarının değişim aralıklarının (180-436.1 °C) uyum içinde olduğu anlaşılmıştır.

Kükürtün doğada yaygın olarak bulunması ve izotop oranlarındaki değişimin sıcaklığa duyarlı olmasından dolayı, jeolojik çalışmalarda kükürt izotoplarına ayrı bir önem verilmektedir. Sülfidlerin ana bileşenini oluşturan kükürtün, organik maddeler, deniz suyu, magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçlar gibi hemen hemen bütün jeolojik ortamlarda iz oranda sülfid veya sülfat şeklinde bulunduğu bilinmektedir (Hoefs, 2004). Bu çalışmada seçilmiş sülfidlerden ICP-MS yöntemiyle ölçülen $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ ($\delta^{34}\text{S}$) oranlarının yanında, aynı örneklerden hazırlanan parlak kesitlerde bulunan sülfidlerden LA-ICP MS yöntemiyle ^{34}S izotop miktarları ölçülmüştür. Ölçülen ^{34}S izotop miktarı ve $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ izotop

oranı kullanılarak ^{32}S izotop miktarı hesaplanmış, buna göre S'e ait her iki izotopun cevherler içinde bulunan sülfidlerdeki dağılım oranları belirlenmiştir. Böylece doğadaki ortalama bollukları bilinen S izotoplarının cevher damarları içindeki dağılımları irdelenmiştir. Pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenlerden ölçülen ^{34}S izotop bileşimleri ve bu minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ izotop oranları kullanılarak hesaplanan ^{32}S izotop miktarları Tablo 10'da verilmiştir. ^{34}S izotop bileşimlerinin $\delta^{34}\text{S}$ oranlarına karşı dağılımlarına bakıldığında, ağır izotop bileşiminin piritlerde en yüksek, galenlerde en düşük, kalkopirit ve sfaleritlerde ise, pirit ve galen arasında yer aldığı görülmektedir.

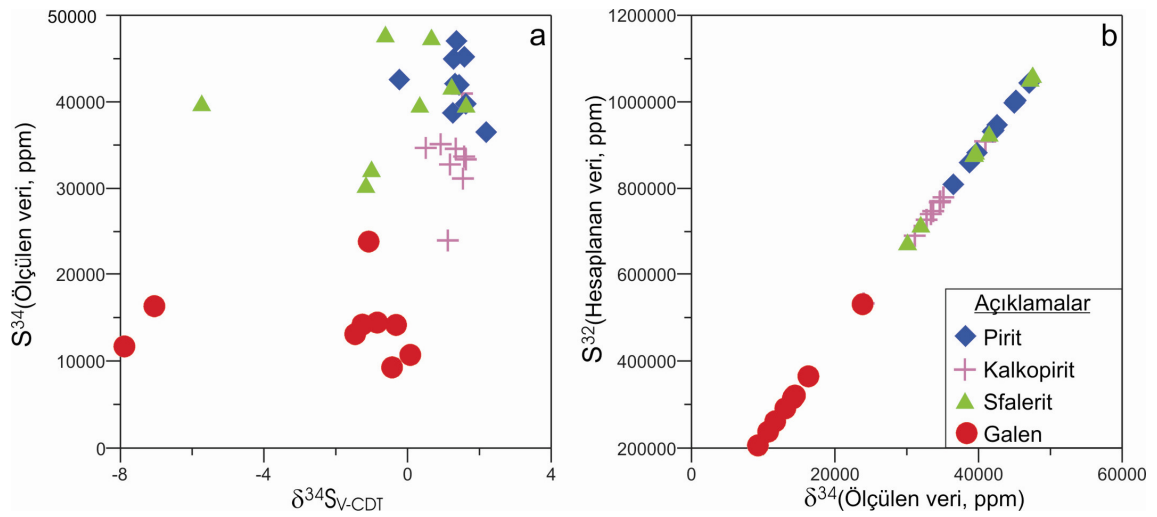
Tablo 10. Demiroluk, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarındaki sülfidlerdeki ölçülen $\delta^{34}\text{S}$ (‰) bileşimleri ve bu minerallerden ölçülen ^{34}S (ppm) izotop bileşimleri kullanılarak hesaplanan ^{32}S (ppm) bileşimleri.

Örnek No	Ölçülen $\delta^{34}\text{S}$ ‰	Ölçülen veri (ppm)	Hesaplanan veri (ppm)	Örnek No	Ölçülen $\delta^{34}\text{S}$ ‰	Ölçülen veri (ppm)	Hesaplanan veri (ppm)
Pirit				Kalkopirit			
D1	1,6	39771,7	882298,9	D1	1,1	23974,7	532122,5
D2	2,2	36496,9	809190,0	D2	1,2	32767,8	727242,7
D3	1,3	44970,2	997961,5	D3	1,3	34588,1	767519,2
H1	1,6	45220,0	1003200,8	H1	1,6	33681,1	747216,6
H2	1,4	47045,4	1043928,6	H2	1,5	40944,9	908416,5
H3	-0,2	42588,6	946538,6	H3	0,5	34660,6	769768,3
K1	1,3	38733,7	859577,3	K1	1,5	31123,0	690489,7
K2	1,4	41973,1	931310,5	K2	0,9	35098,4	779170,6
K3	1,3	42100,0	934250,8	K3	1,6	33354,8	740243,3
Sfalerit				Galen			
D1	1,6	39387,1	873757,6	D1	-1,5	13086,9	291215,6
D2	0,3	39387,1	874884,4	D2	-0,3	14138,3	314253,0
D3	1,2	41486,4	920695,9	D3	-0,4	9260,8	205864,0
H1	1,3			H1	0,1	10694,5	237614,4
H2	-1,2	30111,7	669857,3	H2	-1,1	23845,5	530421,7
H3	-1,0	31964,0	710955,3	H3	-0,8	14417,1	320618,5
K1	-0,6	47530,1	1056772,5	K1	-7,9	11667,4	261311,4
K2	0,7	47195,2	1047984,0	K2	-7,1	16295,8	364664,8
K3	-5,7	39580,2	879272,4	K3	-1,3	14175,8	315745,4

$\delta^{34}\text{S}$ izotop oranlarına göre, izotop farklılaşma sırasının pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen şeklinde olduğu belirlenmişti. İzotop farklılaşması, ağır izotopların mineral içindeki dağılım miktarını ifade ettiğinden, ölçülen ^{34}S izotop miktarlarını kullanarak da izotop farklılaşmasındaki değişimi belirlemek mümkün olmuştur. Buna göre piritlerin ağır izotop bileşimleri en yüksek ve galenlerin en düşükken, sfalerit ve kalkopiritler ağır izotop

bileşimleri bakımından pirit ve galenler arasında değişim göstermektedir. Buna göre ölçülen $\delta^{34}\text{S}$ oranı ve ^{34}S izotop bileşimi kullanılarak hesaplanan ^{32}S izotop değerlerinin, ^{34}S izotoplarıyla pozitif korelasyona sahip olduğu, hem ^{32}S , hem de ^{34}S izotop bileşimlerinin, galenlerde diğer minerallerden belirgin olarak farklılık gösterdiği görülmektedir (Şekil 89a ve b).

S izotop bileşimleri bakımından birbirine oldukça yakın değerlerde olan pirit, kalkopirit ve sfaleritlerin ^{32}S bileşimleri ortalama % 88.58 ($\sigma = \% 18.75$) ve ^{34}S bileşimleri de ortalama % 3.99 ($\sigma = \% 8.4$) olarak hesaplanmıştır. Bu minerallerin ^{32}S ve ^{34}S izotop bileşimleri toplamı ise, ortalama % 92.57 ($\sigma = \% 19.60$) olarak hesaplanmıştır. Buna göre Kabadüz yöresi cevherlerinde bulunan pirit, kalkopirit ve sfaleritlerin ^{32}S ve ^{34}S izotopları bakımından, kıtasal kabuğun ortalama bileşimine kıyasla % 8.15 oranında fakirleştiği, ^{33}S ve ^{36}S izotopları bakımından da aynı oranda zenginleştiği anlaşılmıştır.



Şekil 89. Demiroluk, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarındaki pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenlerin ^{34}S ve ^{32}S izotop miktarları arasındaki ilişkiler.

Galenlerin bileşiminde bulunan ^{32}S izotop bileşiminin değişim aralığı % 20.6-53 arasında (ort. % 31.46, $\sigma = \% 10.01$) ve ^{34}S izotop bileşiminin değişim aralığı da % 1.07-2.38 (ort. 1.42, $\sigma = \% 4.5$) olarak hesaplanmıştır. Galenlerin bileşiminde bulunan ^{32}S ve ^{34}S izotopları toplamı ortalama % 32.89 ($\sigma = \% 10.47$) olarak hesaplanmıştır. Bu iki izotop toplamının kıtasal kabuktaki ortalama bollukları % 99.22 olduğuna göre, Kabadüz cevherlerinde bulunan galenlerin, ^{32}S ve ^{34}S izotopları bakımından % 67.36 oranında

fakirleştigi hesaplanmıştır. Buna karşılık ³³S ve ³⁶S izotopları bakımından da aynı oranda zenginleştigi anlaşılmaktadır.

3.8.2. Oksijen ve Hidrojen İzotopları

Doğada en bol olarak bulunan oksijenin ¹⁶O, ¹⁷O ve ¹⁸O şeklinde 3 izotopu olup bu izotopların bollukları sırasıyla % 99.76, % 0.038 ve % 0.2 şeklindedir (Akçay, 2002). İzotop jeokimyası çalışmalarında bu üç izotoptan ¹⁶O ve ¹⁸O izotopları kullanılır ve ¹⁸O/¹⁶O oranı ölçülür. Oksijen izotop çalışmalarında standart olarak okyanus suyunun ortalama bileşimi (SMOW) kullanılmaktadır. Oksijen izotop bileşimi $\delta^{18}\text{O}$ şeklinde gösterilmekte olup aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\delta^{18}\text{O} = \left\{ \left[\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{mineral}} - \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW}} \right] / \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW}} \right\} \times 1000$$

Oksijen izotop analizleri silikatlar, oksitler, karbonatlar, sülfürler ve sıvı kapanımlar içindeki sıvılardan yararlanarak yapılır. İzotop jeokimyası çalışmalarında oksijenin kullanılma nedenleri; doğada en bol bulunan element olması, katı, sıvı ve gaz şeklinde de bulunabilmesi ve oksijenli bileşiklerin çok geniş sıcaklık aralıklarında duraylı kalabilmesi şeklinde sıralanabilir (Akçay, 2002).

Özellikle sulu silikatlar içerisinde yaygın olarak bulunan hidrojenin ¹H, ²H, ve ³H şeklinde üç izotopu bulunmaktadır. Bunlardan ²H izotopuna döteryum (D) da denilmekte olup, izotop çalışmalarında D/H oranı kullanılmaktadır. ²H izotopunun doğadaki bolluğu % 99.98, D'nin bolluğu ise % 0.0026 şeklindedir (Akçay, 2002). Hidrojen izotop çalışmalarında standart olarak SMOW kullanılmaktadır. D/H oranı analiz edilen hidrojen izotop sonuçları δD (‰) şeklinde gösterilmekte ve analiz sonuçları aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmaktadır.

$$\delta\text{D} = \left\{ \left[\left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{mineral}} - \left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{SMOW}} \right] / \left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{SMOW}} \right\} \times 1000$$

Hidrojen izotopu çalışmalarında, sulu silikatların dışında, hidrotermal çözeltilere bağlı olarak gelişen klorit, serizit, serpantin ve muskovit gibi alterasyon ürünleri de kullanılmaktadır. Ancak, sıvı ilâ bu mineraller arasında H izotop değişiminin düşük sıcaklıklarda bile gerçekleşmesi nedeniyle bu mineraller jeotermometre olarak

kullanılamazlar. Bundan dolayı H izotop değerleri, jeotermometre olarak sadece yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir (Akçay, 2002). Değişik jeolojik ortamların H izotop bileşimleri Hoefs (2004) tarafından verilmiş olup Şekil 90'de gösterilmiştir.

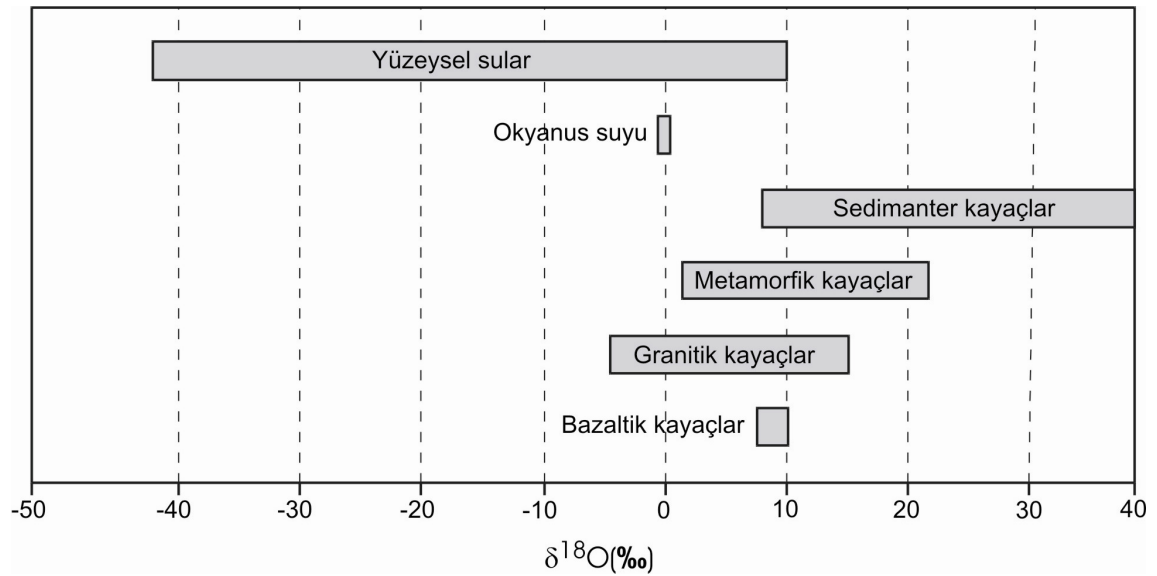
Kabadüz yöresi cevherlerinin oluşumunda etkili olan hidrotermal çözeltilerin bileşimindeki suyun kökenini belirlemek amacıyla oksijen ve hidrojen izotop çalışması yapılmıştır. Bu amaçla Demiroluk ve Haydarlı damarlarından seçilen kuvarslardan oksijen izotopu ve cevher yan kayaç dokanağında bulunan andezitler içindeki serizitlerden de hidrojen izotop analizleri yaptırılmış olup, sonuçlar Tablo 11'de verilmiştir. Her iki cevher damarında da kuvars minerallerinin oksijen izotop bileşimleri ‰ 7.8 ilâ 8.5 arasında değişmektedir. Serizitlerden ölçülen hidrojen izotop bileşimleri ise Demiroluk damarında ‰ -40 ilâ -43 arasında, Haydarlı damarında da ‰ -55 ilâ -57 arasında değişim göstermektedir. Tablo 11'de ayrıca Ünal vd., (2009) tarafından Akgüney damarında bulunan kuvarslardan yaptırılan oksijen izotop analizleri ve sıvı kapanımların bileşiminden ölçülen hidrojen izotop bileşimleri de verilmiştir.

Tablo 11. Demiroluk, Haydarlı ve Akgüney cevherlerinin oksijen ve hidrojen izotop sonuçları (Akgüney cevherine ait veriler Ünal vd., 2009'dan alınmıştır).

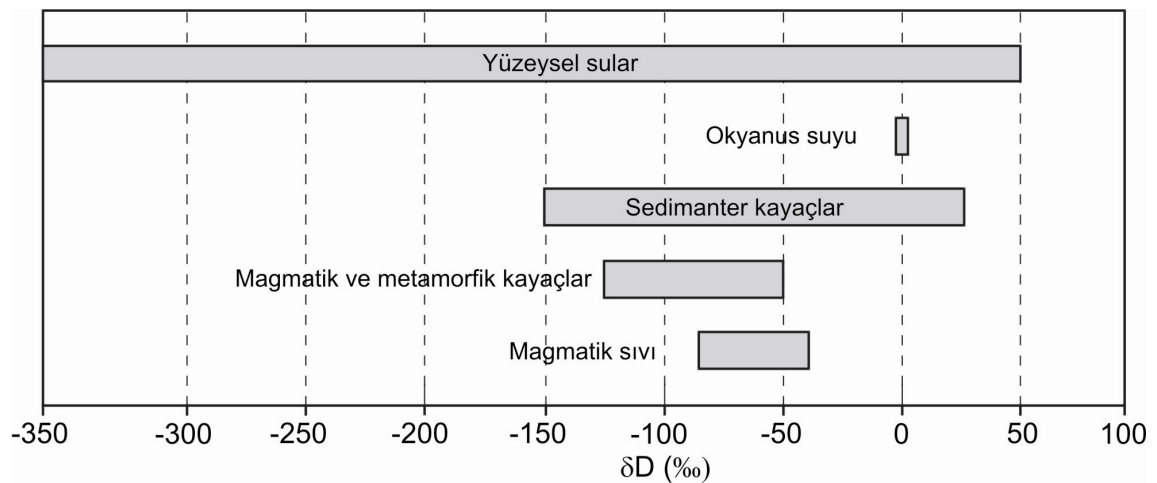
Lokasyon	Örnek No	$\delta^{18}\text{O}$ ‰	Örnek No	δD ‰
Demiroluk	D1	7,8	D1-H	-43
	D2	7,9	D2-H	-41
	D3	7,9	D3-H	-40
Haydarlı	H1	7,8	H1-H	-56
	H2	8,5	H2-H	-57
	H3	8,3	H3-H	-55
Akgüney	OC-04	10		-94
	OC-05	10,6		-62
	OC-07	10,1		-45
	OC-11	8,8		-52
	OC-12	7,8		-40
	OC-13	8,5		-49
	OC-14	9		-38
	OC-17	9,2		-63
	OC-21	8,6		-51
OC-24	11,2		-71	

Demiroluk ve Haydarlı damarlarında bulunan kuvars minerallerinin oksijen izotop bileşimleri, Ünal vd., (2009) tarafından Akgüney damarından yaptırılan oksijen izotop analizleriyle önemli ölçüde benzerlik göstermektedir. Bu sonuçlara göre her üç cevher

damarlarında bulunan kuvarsların oksijen izotop bileşimleri de bazaltik kayaçların bileşimine yakın olmakla birlikte, granitik kayaçların izotopik bileşimine uygunluk göstermektedir (Şekil 90). Demiroluk ve Haydarlı cevherlerinde serizit minerallerinden yaptırılan hidrojen izotop bileşimlerinin ‰ -40 ilâ -57 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçların Ünal vd., (2009) tarafından, Akgüney damarında bulunan kuvarslardaki sıvı kapanımların bileşiminden ölçtürülen hidrojen izotop bileşimlerine benzerlik gösterdiği anlaşılmış olup, buna göre her üç cevher damarının oluşumunun da magmatik kökenli suyla ilişkili olduğu anlaşılmıştır (Şekil 91).



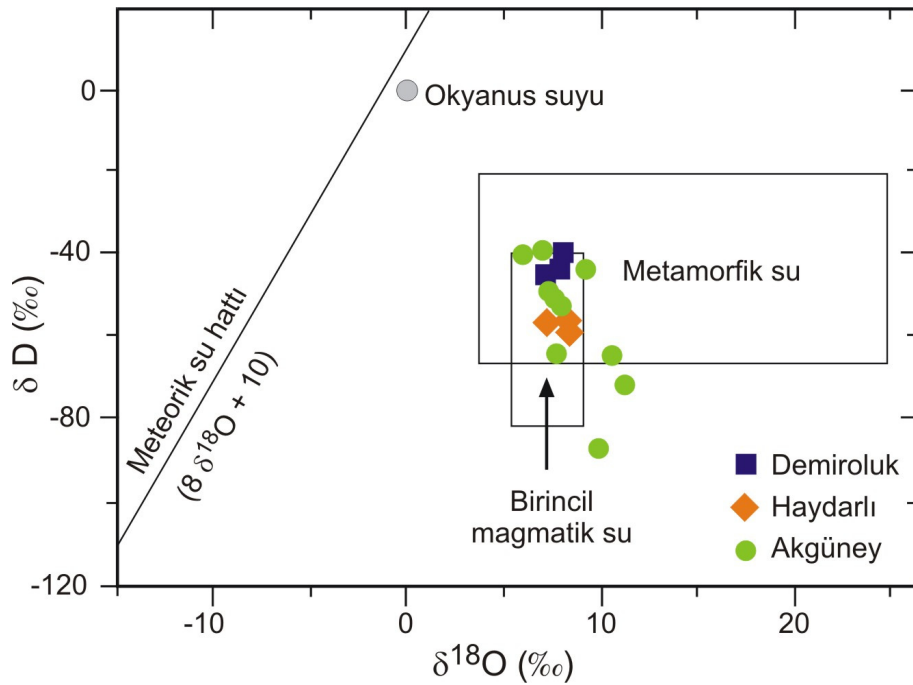
Şekil 90. Bazı önemli jeolojik ortamların oksijen izotop bileşimleri (Hoefs, 2004).



Şekil 91. Değişik ortamların hidrojen izotop bileşimleri (Hoefs, 2004)

Hidrojen izotop sonuçları cevherlerin magmatik kaynakla ilişkili olduğunu gösterirken, oksijen izotoplarının değişim aralığı (‰ 7.8 ilâ 8.5), bazaltik kayalara benzerlik göstermekle birlikte, daha çok granitik kayaların bileşimine uygunluk göstermektedir. Oksijen izotoplarıyla birlikte kükürt izotoplarının bileşiminin de granitik kayalara yakın olması söz konusu cevherlerin, bazik magmatik bir faaliyetten çok granitik bir sokulumun ürünü oldukları anlamına gelmektedir.

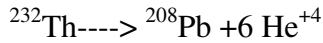
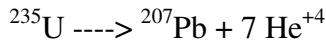
Demirölük ve Haydarlı damarlarından elde edilen δD ve $\delta^{18}O$ izotop sonuçları grafiğine aktarıldığında, hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan suyun magmatik kökenli olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 92). Ünal vd., (2009) tarafından Akgüney damarından elde edilen izotop sonuçları da grafiğe aktarılmış, buna göre verilerin çoğunluğunun magmatik kökenli su alanına düştükleri anlaşılmıştır. Magmatik kökenli su alanı dışında kalan birkaç veri ise ilgili çalışmada, hidrotermal çözeltilerin yan kayalar içindeki sedimanter arakatkılarla etkileşimiyle açıklanmaktadır. Diğer taraftan bu çalışmada sıvı kapanımların Th-tuzluluk grafiği açıkça meteorik su karışımını göstermektedir. Bundan dolayı izotop bileşimlerine göre magmatik kökenli olduğu belirlenen çözeltilerin meteorik sularla karıştığı söylenebilir.



Şekil 92. Demirölük, Haydarlı ve Akgüney damarlarından ölçülen oksijen ve hidrojen izotop bileşimlerinin dağılımları (Hoefs, 2004), (Akgüney damarına ait veriler Ünal vd., 2009'dan alınmıştır).

3.9. Kurşun İzotoplarının Maden Yataklarında Kullanılması

Becquerel tarafından 1896 yılında U tuzlarından görünmeyen bazı ışınların ortaya çıktığının fark edilmesinden sonra, Madam Curie, 1897 yılında Th'un da ışınlar yaydığını belirleyerek bu olaya "radyoaktivite" adını vermiştir. Radyoaktif elementlerin başında gelen U ve Th, yarılanma ömrü adı verilen belirli sürelerde belirli oranlarda He atomu vererek kurşun izotoplarını oluştururlar. "*alfa bozunumu*" olarak adlandırılan bu olayda He gazının pozitif yüklü iyonları, radyoaktif elementlerin atomlarının çekirdeklerinden sabit bir hızla ayrılırlar. ^{238}U ve ^{235}U şeklinde iki izotopu bulunan U'un, bu izotoplarının yarılanma ömrü sırasıyla 4.5 ve 0.7 milyar yıldır. Toryumun (^{232}Th) yarılanma ömrü ise 14.1 milyar yıldır. Bunlar belirli oranlarda He atomu vererek aşağıdaki gibi kurşun izotoplarını oluştururlar.



Doğada kurşunun ^{208}Pb , ^{207}Pb , ^{206}Pb ve ^{204}Pb şeklinde dört izotopu vardır. Bu izotoplardan ilk üçünün miktarı jeolojik zamanlar boyunca sürekli olarak arttığı hâlde, ^{204}Pb 'ün miktarı hep aynı kalmıştır. Bundan dolayı bu izotopa "*yaygın kurşun izotopu*" denir. Yaygın kurşun izotopu hâricindeki izotopların artış hızı zamana bağlı olduğuna göre, bu izotopların miktarları tespit edilirse, içinde buldukları kayacın yaşı bulunabilir.

Kurşun izotoplarıyla ilgili ilk çalışma Aston (1927) tarafından yapılmıştır. Daha sonra Nier (1938) tarafından galen minerallerinin izotopsal bileşimleri üzerine yapılan çalışmada, sabit kalan ^{204}Pb izotopuna karşın $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranlarının değişimi incelenmiştir. Farklı yatakların kurşun izotoplarındaki değişimi inceleyen Nier vd. (1941), yaygın kurşunla (^{204}Pb) birlikte radyoaktif kurşun izotoplarının, mineralin ilk oluşumu esnasında karıştığını belirlemiş, bu tespit kurşun izotoplarına bağlı olarak dünyanın yaşını hesaplama olanağını doğurmuştur. Birkaç yıl sonra ise Holmes (1946) ve Houtermans (1946) tarafından kurşun izotoplarının doğadaki değişimleri sayısallaştırılmıştır. Bu teoriye göre dünyanın başlangıçta sıvı bileşimde olduğu U, Th ve Pb'nin her yerde homojen olarak dağılım gösterdiği ve mineralin oluşumu sırasında Pb'un,

U ve Th'dan ayrılarak mineralin bünyesinde hapsediği ve mineralin oluşumundan sonra izotopsal bileşiminde herhangi bir değişimin olmadığı kabul edilmiştir.

Holmus-Houtermans teorisine göre radyojenik Pb, U ve Th'un yarılanmasına bağlı olarak kaynak alanda oluştuktan sonra, yaygın izotopla birleşerek galen mineralini oluşturmuşlar, daha sonra da mineralin bünyesinde U ve Th bulunmadığı için, galenin izotopsal bileşimi değişmemiştir. Herhangi bir zaman önce U içeren kapalı bir sistemden ayrılan kurşunun $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranı aşağıda (21) numaralı formülde verilmiştir.

$$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t = (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i + ^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}(e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_1 t}) \quad (21)$$

$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t$: Herhangi bir zaman önce kaynak alandan ayrılan kurşunun bileşimi

$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i$: Kurşunun ilksel bileşimi

$^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$: Kaynak alandaki izotopların güncel bileşimi

t = : Kurşunun kaynak alandan ayrılmasından sonra geçen zaman

T = : Dünyanın yaşı

$\lambda_1 =$: ^{238}U 'ün ^{206}Pb ya dönüşmesi için geçen yarılanma ömrü

$\lambda_2 =$: ^{235}U 'ün ^{207}Pb ye dönüşmesi için geçen yarılanma ömrü

$\lambda_3 =$: ^{232}Th 'ün ^{208}Pb e dönüşmesi için geçen yarılanma ömrü

Yukarıda λ_1 değeri kullanılarak hesaplanan $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranı, benzer şekilde λ_2 ve λ_3 değerleri kullanılarak $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları için de (22) ve (23) numaralı denklemler kullanılarak elde edilebilir.

$$(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t = (^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i + (^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb})/137.88*(e^{\lambda_2 T} - e^{\lambda_2 t}) \quad (22)$$

$$(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t = (^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i + ^{232}\text{Th}/^{204}\text{Pb}(e^{\lambda_3 T} - e^{\lambda_3 t}) \quad (23)$$

$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i$ değerine a_0 ve $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i$ değerine de b_0 dersek (22) ve (23) numaralı denklemler birleştirilerek (24) numaralı denklem elde edilir. Elde edilen (4) numaralı denklem kullanılarak, galenlerin izotopsal bileşimlerine göre dünyanın yaşını hesaplamak mümkündür.

$$((^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t - b_0) / ((^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t - a_0) = (1/137.88) * ((e^{\lambda_2 T} - e^{\lambda_2 t}) / (e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_1 t})) \quad (24)$$

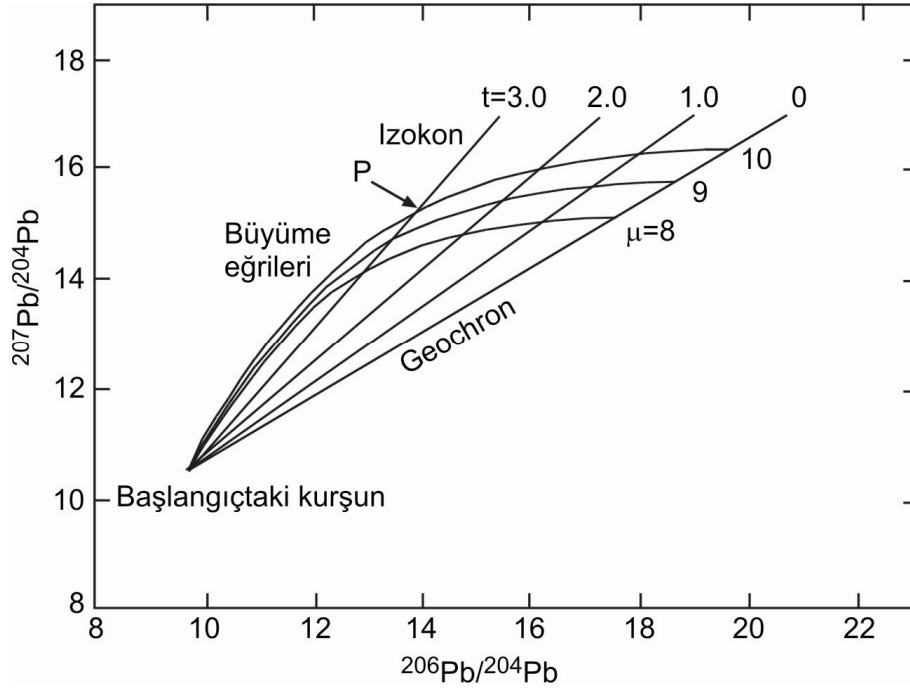
Bu denklem herhangi bir zaman önce oluşmuş Pb'nin yaşını vermektedir. Patterson, (1956) meteoritlerin izotopsal bileşimi üzerine yaptığı çalışmalara göre, meteoritlerin güneş sistemiyle birlikte oluştuğunu, daha sonradan dünya üzerinde bulunan radyojenik olayın meteoritlerde gerçekleşmediğini ve meteoritlerin bileşiminin dünyanın ilksel izotopik bileşimini yansıttığını kabul etmiştir. Buna göre yukarıdaki (24) numaralı denklemde bulunan “*t*” değerini, dünyanın ilk oluşmaya başladığı zaman olarak kabul etmiş ve “*t*” yerine sıfır (0) koyarak bu denklemi aşağıdaki (25) numaralı denkleme indirgemıştır.

$$\left(\frac{{}^{207}\text{Pb}}{{}^{204}\text{Pb}}\right)_{t-b_0} / \left(\frac{{}^{206}\text{Pb}}{{}^{204}\text{Pb}}\right)_{t-a_0} = (1/137.88) * ((e^{\lambda_2 T} - 1) / (e^{\lambda_1 T} - 1)) \quad (25)$$

Bu denklemde bulunan $({}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb})_t$ ve $({}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb})_t$ herhangi bir zaman önce oluşmuş Pb'nin izotopsal oranları olup, analiz sonucu elde edilmektedir. Bu durumda bağıntının diğer tarafı, eğimi “*m*” olan bir doğrunun denklemini vermektedir.

Canyon Diablo meteoritinin izotopsal bileşimi kullanılarak ve “*T*” değerini 4,5 milyar yıl kabul edilerek çözülen denklem, eğimi 0.6022 olan bir doğruyu vermektedir. Bu doğru eksenlerinde a_0 ve b_0 'ın olduğu dünyanın ilksel izotopik bileşimini temsil eden noktaya birleştirilerek, dünyadaki izotopik değişimi temsil eden ve “*Geochron*” olarak adlandırılan doğru elde edilir. Bu doğru güncel Pb'nin izotopik bileşimini vermektedir. Günümüzden “*t*” zaman önce oluşan Pb'nin izotopik bileşimi (25) numaralı bağıntıya göre hesaplandığında $a_0 - b_0$ noktalarından geçen ve eğimi Geochron'dan daha büyük olan bir doğru elde edilecektir. Şekil 93'de görülen “*P*” noktası günümüzden 3 milyar yıl önce oluşan ve kaynak alanın “*μ*” değeri $({}^{238}\text{U}/{}^{204}\text{Pb})$ 10 olan izotopsal bileşimi vermektedir.

Bütün bu anlatılanlara göre izotopsal bileşimi ölçülen herhangi bir mineralin ilk oluşum veya kaynak alandan ayrıldığı yaş (24) numaralı bağıntıya göre hesaplanabilir. Ancak bu bağıntının üstel fonksiyon olması çözümünü oldukça zorlaştırmaktadır. Denklem bir doğrunun eğimini verdiğine göre, günümüzden dünyanın ilk oluştuğu zamana kadar geçen süre için bu doğrunun eğimindeki değişim miktarı hesaplanmış ve tablo hâlinde verilmiştir (Tablo 12). Bundan dolayı söz konusu (24) numaralı denklemi “*t*” zaman için çözmek yerine, ölçülen izotopsal bileşimin ilksel kurşuna olan farkıyla elde edilen eğim değeri bulunup verilen tabloya göre yaş hesaplaması yapmak daha kolay bir yöntemdir.



Şekil 93. Tek aşamalı modele göre Pb izotop oranlarının değişim eğrisi (Stacey ve Kramers, 1975).

Tablo 12'ye göre verilen iki eğim arasındaki fark 0.2 milyar yıla karşılık geldiğine göre, hesaplanan eğim değerinin kendisine en yakın olan eğim değerinden farkı aritmetik olarak bulunup, daha düşük eğim değerlerine ait yaşla toplanarak hesaplama yapılır. Şekil 93'de görülen μ değeri $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ oranı olup, deneysel çalışmalara göre bu değer maden yataklarında 8-10 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca model yaş hesaplandıktan sonra hesaplanan "t" yaşı için kurşunun kökeni olan kaynak alanın $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ bileşimini ilgili yatak için (26) numaralı bağıntıyla hesaplamak mümkündür.

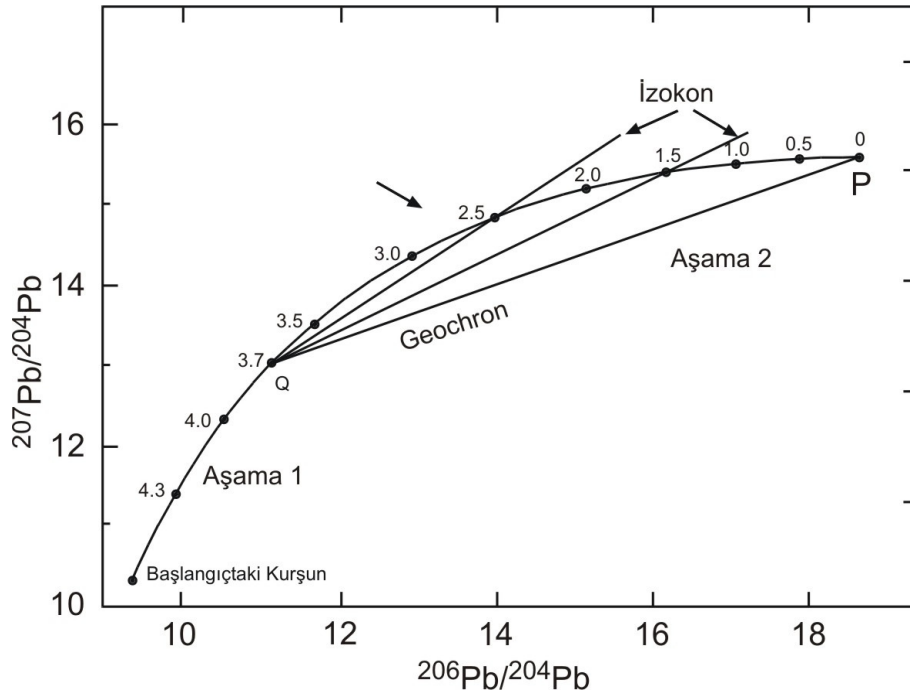
$$\mu = ((^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) - a_0) / (e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_1 t}) \quad (26)$$

Tablo 12. Tek aşamalı modele göre izokon eğim değerlerinin karşılık geldiği yaş aralıkları (Faure, 1986, my: milyar yıl).

Yaş (my)	Eğim	Yaş (myl)	Eğim	Yaş (my)	Eğim	Yaş (my)	Eğim
0,0	0,61761	1,2	0,75158	2,4	0,98101	3,6	1,40257
0,2	0,63705	1,4	0,78144	2,6	1,03410	3,8	1,50387
0,4	0,65509	1,6	0,81415	2,8	1,09295	4,0	1,61743
0,6	0,67624	1,8	0,85005	3,0	1,15830	4,2	1,74498
0,8	0,69923	2,0	0,88952	3,2	1,23100	4,4	1,88849
1,0	0,72426	2,2	0,93300	3,4	1,31205	4,6	2,05025

Canyon Diablo meteoritinden hesaplanan μ ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$) değeri 7.192 olup, dünyanın oluşumu esnasındaki bileşimle eş kabul edilmektedir. Yine Canyon Diablo meteoritinin a_0 ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) değeri 10.294, b_0 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) değeri 9.307 ve c_0 ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) değeri de 29.476 olup dünyadaki Pb'nin ilksel bileşimini vermektedir. Holmus-Houtermans (1946) teorisine göre yapılan hesaplamalar dünyanın ilk oluşumundan günümüze kadar, kaynak alanın U ve Th değerlerinin değişmediği kabul edilerek yapılmış olup yukarıda “Tek Aşamalı Model”e göre anlatılmıştır.

Ancak maden yataklarında yapılan çalışmalar “ μ ” değerinin sabit kalmayıp değiştiğini ve 9.735’e çıktığını göstermektedir. Bu durumda kaynak alanın U ve Th içerikleri geçmişte değişmiş olmalıdır. Bundan dolayı oluşan ilksel Pb'nin bileşiminin kimyasal ayrışma sonucu, günümüzden 3.7 milyar yıl öncesine kadar değişime uğradığını ve bu zamandan sonra sabit kaldığını savunan “İki Aşamalı Model” geliştirilmiştir (Stacey and Kramers, 1975) (Şekil 94). Bu teoriye göre a_0 , b_0 ve c_0 değerleri 3.7 milyar yıl önce sırasıyla 11.152, 12.998 ve 31.230 olup, günümüzde bu değerler kıtasal kabuğun bileşiminde ortalama 18.700, 15.628 ve 38.630 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 94. İki aşamalı modele göre Pb izotop oranlarının değişim eğrisi (Stacey ve Kramers, 1975).

Hem “*Tek Aşamalı Model*”e, hem de “*İki Aşamalı Model*”e göre, Pb’nin izotopik bileşimindeki değişim (4) numaralı bağıntıya göre hesaplanabilmektedir. Her iki durumda da denklem bir doğrunun eğimini verdiği için göre “*İki Aşamalı Model*”de değişen parametreler a_0 , b_0 ve c_0 olmaktadır. Bu yeni parametreler kullanılarak hesaplanan eğim ve bu eğimlere karşılık gelen zaman aralıkları Tablo 13’de verilmiş olup, Pb’nin ölçülen izotopik bileşimine göre bulunan eğim değerine karşılık gelen zaman aralığı tablodan aritmetik olarak hesaplanabilir.

Tablo 13. İki aşamalı modele göre izokon eğim değerlerinin karşılık geldiği yaş aralıkları (Faure, 1986, my: milyar yıl).

Yaş (my)	Eğim	Yaş (my)	Eğim	Yaş (my)	Eğim
0,0	0,3484	1,2	0,44457	2,4	0,61769
0,2	0,36103	1,4	0,46659	2,6	0,65884
0,4	0,37482	1,6	0,49090	2,8	0,70482
0,6	0,38991	1,8	0,51781	3,0	0,75630
0,8	0,40645	2,0	0,54764	3,2	0,81404
1,0	0,4246	2,2	0,58079	3,4	0,87892

3.9.1. Kabadüz Yöresi Cevherlerinin Kurşun İzotop Özellikleri

Maden yataklarıyla ilgili yapılan kurşun izotop çalışmalarında galenlerle birlikte diğer minerallerin de (pirit, kalkopirit, zinober vb.) kullanıldığı bilinmektedir (Ho vd., 1995; Qiu ve McNaughton, 1999; Higuera vd., 2005; Olivo vd., 2007 ve Potter ve Taylor, 2009). Bundan dolayı, Kabadüz yöresindeki Haydarlı, Kuşyuvası ve Demiroluk damarlarında bulunan pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden hem yatakların oluşum yaşını hem de oluşumunda etkili olan kurşunun kökenini belirlemek amacıyla Pb izotop analizleri yaptırılmıştır. Kalkopirit ve sfalerit minerallerinde yapılan ölçümler, ölçüm hassasiyet sınırının (Ölçüm alt sınırı analitik yöntemde verilmiştir) altında çıktığı için değerlendirilemezken, pirit ve galen minerallerinde ölçülen sonuçlar Tablo 14’te verilmiştir.

Pirit minerallerinde ölçülen Pb izotoplarının $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları sırasıyla 17.20-20.18, 15.80-18.12 ve 33.40-41.85 arasında değişirken, bu oranlar galenlerde 17.24-18.66, 15.86-17.28 ve 37.60-39.97 şeklindedir. Pirit ve galen minerallerinde $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ’ye karşılık $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ’ya karşılık $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$

değişimlerine göre gerek izotop bileşimleri, gerekse oranları bakımından birbirinden farklı yataklarda herhangi bir ayrımlanma gözlenmemiştir (Şekil 95 ve 96).

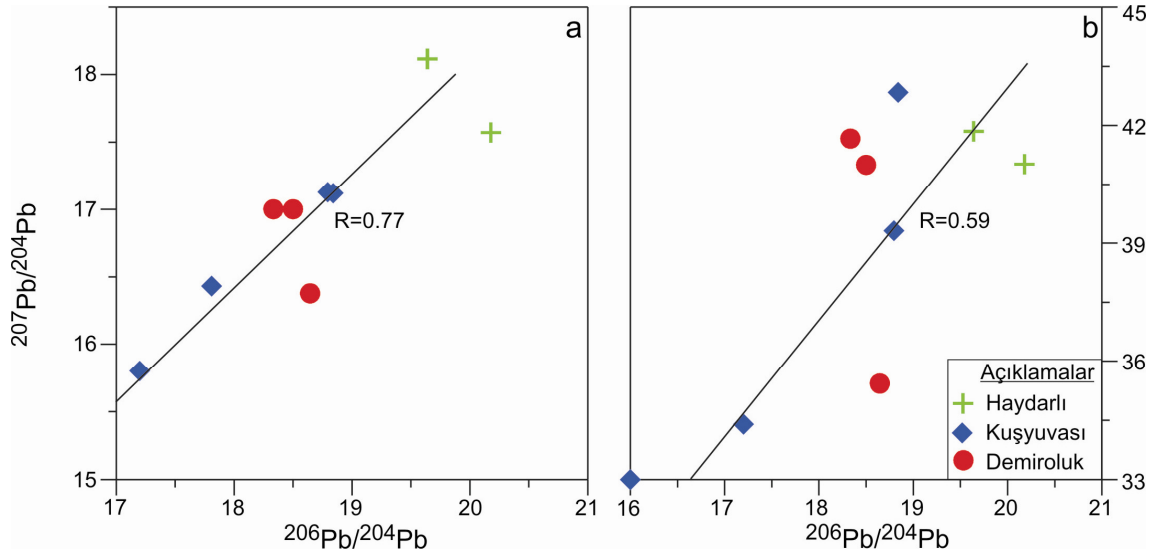
Ölçülen $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarının değişim aralığının oldukça geniş olması ve radyojenik Pb bakımından aşırı zenginleşme nedeniyle, bu ölçümlerin Stacey ve Kramers (1975) tarafından verilen ve Şekil 93 ve 94’de gösterilen Pb’nin oluşum eğrisiyle (Geochron) uyuşmadığı anlaşılmıştır. Bundan dolayı Pb izotopları kullanılarak yapılan yaş hesaplaması Stacey ve Kramers (1975) tarafından verilen ve yukarıda açıklanan ampirik yöntemle yapılmıştır. Buna göre galenlerin bileşiminde bulunan Pb’nin yaşı 0.63 - 1.16 milyar yıl arasında, piritlerde ise 0.51 -1.22 milyar yıl arasında hesaplanmıştır (Tablo 14).

Buna göre Pb izotoplarından hesaplanan cevher oluşum yaşının, verilerin çoğuna göre yan kayaçlardan (Senomaniyen-Kampaniyen) daha eski olduğu anlaşılmaktadır. Epijenetik yataklarda cevherin yan kayaçlardan önce oluşması mümkün olmadığına göre, yan kayaçlardan daha eski oluşum yaşı, benzer çalışmalarda Pb’nin bilinmeyen veya daha yaşlı bir kaynaktan türediği zaman olarak kabul edilmiştir (Bornhorst vd. 1998).

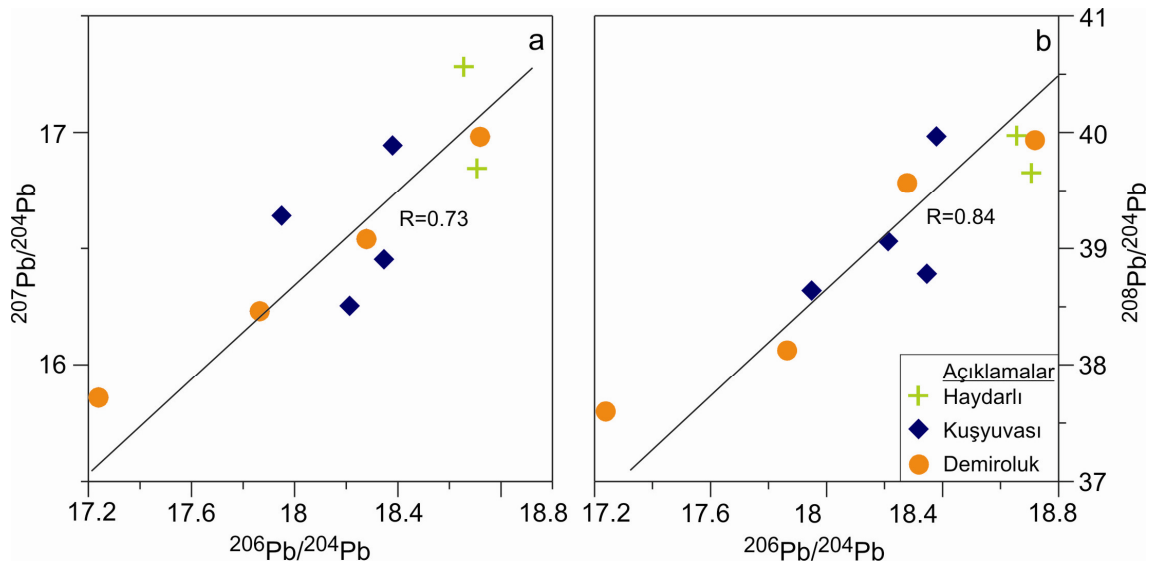
Tablo 14. Pirit ve galen minerallerinde ölçülen Pb izotop oranları ve hesaplanan yaş değerleri (my: milyar yıl).

Lokasyon	Pirit			Hesaplanan Yaş (my)
	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
Haydarlı	20,18	17,57	41,02	0,63
	19,64	18,12	41,85	1,22
Kuşyuvası	17,20	15,80	34,40	0,82
	18,79	17,13	39,31	0,97
	17,81	16,43	33,00	0,86
Demiroluk	18,84	17,12	42,84	0,94
	18,33	17,00	41,67	1,13
	18,50	17,00	41,00	1,03
	18,65	16,38	35,43	0,51
	Galen			Hesaplanan Yaş
	$^{206}/^{204}$	$^{207}/^{204}$	$^{208}/^{204}$	
Haydarlı	18,66	17,28	39,97	1,16
	18,71	16,85	39,65	0,82
Kuşyuvası	17,95	16,64	38,64	1,07
	18,21	16,25	39,06	0,63
	18,35	16,45	38,78	0,71
Demiroluk	18,38	16,94	39,97	1,06
	18,72	16,98	39,94	0,91
	17,24	15,86	37,60	0,85
	18,28	16,54	39,56	0,81
	17,86	16,23	38,13	0,80

Haydarlı, Kuşyuvası ve Demirolok damarlarındaki pirit ve galen minerallerinin $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranları, Zartman ve Doe (1979) tarafından verilen farklı kaynak alanların izotop bileşimleriyle karşılaştırılmış, buna göre söz konusu cevher damarlarında bulunan Pb'nin, Alt Kabuk kökenli olduğu anlaşılmıştır (Şekil 97). Ancak söz konusu cevherlerin bileşiminde bulunan Pb yalnızca Alt Kabuk kökenli olsaydı, bu durumda izotopik bileşim, Şekil 98'de görülen Alt Kabuk bileşimli Pb eğrisinin üzerinde kalması gerekirdi (Carvalho vd., 1997; Qian vd., 2002 ve Downes vd., 2008).

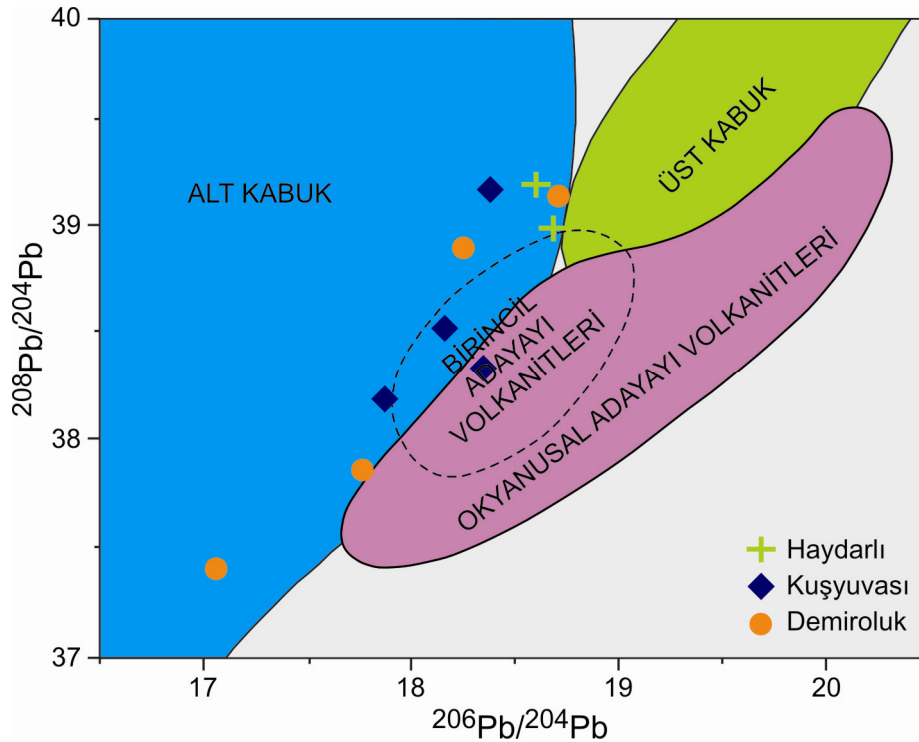


Şekil 95. Pirit minerallerinde $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişim (a ve b'deki simgeler aynıdır).



Şekil 96. Galen minerallerinde $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişim (a ve b'deki simgeler aynıdır).

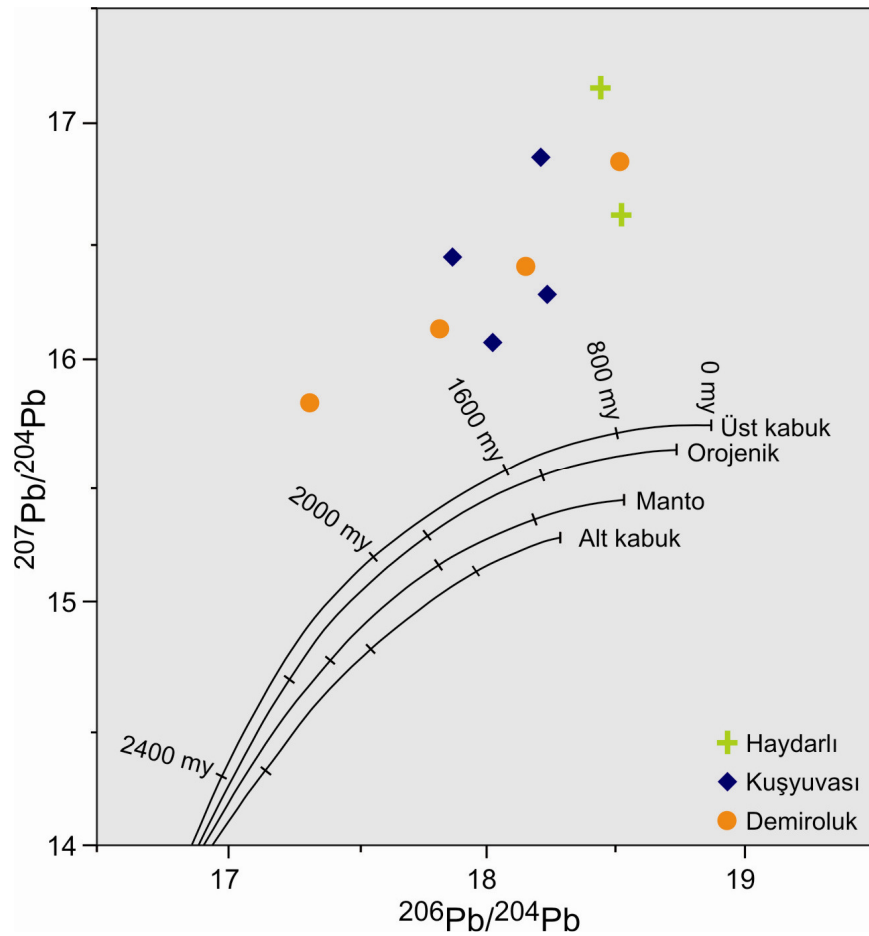
Diğer taraftan ölçülen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarının, Zartman ve Doe (1979)'nin önerdiği modellerle karşılaştırılması sonucu, söz konusu cevherlerin bileşiminde bulunan kurşunun, hem Manto kökenli kurşundan, hem de Kabuğun ortalama izotopik bileşiminden daha yüksek çıktığı görülmüştür (Şekil 98). Carvalho vd. (1997), oldukça yüksek radyojenik kurşunun Kabuk kökenli olduğunu savunmakla birlikte, izotopsal bileşimin çok geniş aralıklarda değişim göstermesinin, kurşunun farklı kaynaklardan türediğinin göstergesi olduğunu belirtmektedir. Radyojenik kurşun bakımından aşırı zenginleşmenin yalnızca Manto ve Kabuk kökenli kurşunun karışımıyla oluşamayacağını savunan araştırmacıya göre eğer yalnızca Manto ve Kabuk kökenli kurşun karışmış olsaydı, izotopsal bileşim Şekil 98'da görülen Manto ve Kabuk kökenli kurşun eğrilerinin arasında bir değer olmalıydı. Nitekim Qian vd. (2002) ve Downes vd. (2008) yaptıkları çalışmalarda galenlerin $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ değerlerinin Kabuk ve Manto kökenli kurşun değişim eğrilerinin arasında kaldığını görmüş, bu durumu, ortama Manto kökenli kurşunun karıştığı şeklinde yorumlamışlardır.



Şekil 97. Galenlerin $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 'e karşılık $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişimin farklı alanlarla karşılaştırılması (Zartman ve Doe, 1979).

Üç ayrı cevher damarında da Pb izotop verilerinin, birbirinden oldukça farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Vaasjoki ve Gulson (1986) ve Nie vd. (1994)'ne göre tek bir

kaynağa bağlı olarak oluşan yatakların bu derece değişim göstermesi mümkün olmayıp böyle bir durum, radyojenik Pb bakımından zengin ve radyojenik Pb bakımından fakir iki farklı kaynağın karışması durumunda mümkün olabilir. Diğer taraftan birbirinden farklı bileşimdeki Pb izotoplarının tek bir doğrusal değişim trendi sunduğu görülmektedir. Sverjensky vd. (1979) ve Vaasjoki ve Gulson'a (1986) göre farklı izotopik bileşime sahip kaynaklardan türeyen Pb aynı yatak içerisinde (bazen aynı mineralde bile), izotopsal bileşim açısından doğrusal bir değişim sunabilir. Bu izotopik değişim eğrisi aslında kaynaklardan herhangi birini ifade etmekten çok karışıma ait olup, kaynakların ayrı ayrı tanımlanmasını güçleştiren bir durumdur. Diğer taraftan farklı kaynaklardan türeyen Pb'nin, hidrotermal çözeltilerle yan kayaçlar arasında meydana gelen etkileşim sonucunda homojen bir bileşime sahip olması da mümkündür (Boni vd., 1996; Misra vd., 1996; Hitzman ve Beaty, 1996; Tornos vd., 1996 ve Koptagel vd., 2007).



Şekil 98. Galen minerallerinde ölçülen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 'e karşılık $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişimin farklı kaynak alanlarının izotopsal bileşimiyle karşılaştırılması (Zartman ve Doe, 1979).

Güney Avustralya'da Flinder Bölgesi'nde çalışan Harkins vd. (2008)'ne göre radyojenik izotop oranlarının kıtasal kabuğa göre oldukça yüksek olması, Pb'nin, U ve Th bakımından zengin bir kaynaktan türediğini, izotop verilerinin geniş bir aralıkta değişim göstermesine rağmen lineer bir trend sunması da, Pb'nin oluşumunda etkili olan farklı kaynakların birbirleriyle kökensel olarak ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Nitekim aynı bölgedeki granitik kayaçları çalışan Neumann vd. (2000), bu kayaçların U ve Th içeriklerinin sırasıyla 4-49 ppm ve 8-120 ppm arasında değiştiğini saptayarak, kıtasal kabuğun ortalama bileşimine göre (0.5-4 ppm ve 2-7 ppm, Faure, 1998) oldukça zengin olduklarını belirlemişlerdir.

Pirit ve galen minerallerinde ölçülen ve Tablo 14'de verilen ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb izotop bileşimlerinin, Stacey ve Kramers (1975) tarafından verilen Pb izotoplarının güncel bileşimine kıyasla (sırasıyla 18.700, 15.628 ve 38.630) aşırı derecede zenginleştiği anlaşılabilecektir. Pb izotoplarının cevher damarları içinde Kıtasal Kabuğun ortalama bileşimine kıyasla zenginleşmesi Doe ve Zartman'a (1979) göre, ancak dışarıdan U ve Pb ilâvesiyle mümkün iken, böyle bir zenginleşmeyi Vaasjoki ve Gulson (1986) ve Bornhorst vd. (1998), Pb'nin Kıtasal Kabuktan türediği veya Kıtasal Kabuğun bileşiminden önemli derecede etkilendiği şeklinde açıklamaktadır. Ho vd. (1995) ise yüksek radyojenik Pb'nin kökenini granodiyoritik bir sokulumla ilişkilendirmiştir (Downes vd., 2008).

Diğer taraftan Gillerman (2008), Lemhi Pass Bölgesi'ndeki magmatik kökenli hidrotermal yatakların, kıtasal kabuğun bileşiminden karışan U ve Th ilâvesiyle aşırı derecede zenginleştiğini belirlemiş, bu zenginleşmeye yakınlarda bulunabilecek Kıtsal Kabuk kökenli, sokulum yapmış bir kayacın veya Prekambriyen veya Paleozoyik yaşlı tortul kayaçlardan türeyen Pb'nin neden olabileceğini savunmuştur. Ayrıca yazar, radyojenik Pb bakımından aşırı zenginleşmede, bahsettiği her iki olasılığın birlikte etken olabileceğini de belirtmektedir.

Yukarıda ayrıntılı olarak açıklanan Pb izotoplarıyla ilgili benzer çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, Kabadüz yöresi cevher damarlarının oluşumunda tek bir kaynağın rol oynadığını söylemek oldukça güçtür. Verilerin tek bir izotopsal değişim trendi sunmasına karşın, oldukça geniş bir aralıkta değişiyor olması, bu yatakların oluşumunda birden fazla kaynağın etkili olduğunu düşündürmektedir. Kurşun izotoplarından hesaplanan ve Tablo 14'te verilen yaş değerlerinin geniş bir zaman aralığında değişim göstermesi de bu durumu destekler niteliktedir. Eğer Pb tek bir kaynaktan eş zamanlı olarak türemiş olsaydı, hesaplanan yaş değerlerinin birbirine yakın olması beklenirdi.

Bundan dolayı Kabadüz yöresindeki cevherlerin bileşiminde bulunan Pb'nin, farklı zamanlarda oluşan Pb'nin karışımı olduğunu söylemek mümkündür.

Radyojenik Pb bakımından aşırı zenginleşmeyi araştırmacıların bir kısmı (Sverjensky vd., 1979; Vaasjoki ve Gulson, 1986 ve Bornhorst vd., 1998) Kıtasal Kabuktan Pb ilâvesiyle açıklarken, bir kısım araştırmacılar da (Ho vd., 1995; Neuman vd., 2000; Harkins vd., 2008; Downes vd., 2008 ve Gillerman vd., 2008) bu tür bir zenginleşmeyi granitik bir sokulumla ilişkilendirmişlerdir. Bu çalışmaların hepsinde Pb bakımından aşırı zenginleşmenin nedeni olarak asidik veya ortaç bileşimli bir magmatik faaliyet önerilmektedir. Bundan dolayı, her ne kadar Kabadüz yöresinde yüzeylemiş granitik bir sokulum bulunmasa da, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki genç granitik sokulumların varlığı dikkate alınarak, Pb izotop verilerine göre, yöredeki cevherlerin, yüzeylememiş granitik bir sokulumla bağlı olarak oluştuğunu söylemek mümkündür.

Ayrıca, Karlı vd. (2010a)'ne göre Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan, 50 My yaşlı adakitik volkanitler mafik Alt Kabuğun kısmî ergimesine bağlı olarak oluşmuştur. Karlı vd. (2010b)'ne göre de bu genç yaşlı A tipi granitlerin, Mantodan etkilenmiş mafik Alt Kabuk bileşimli, 0.94 milyon yıl ilâ 1.12 milyar yıl arası yaşlı prototipin kısmî ergimesiyle oluşmuştur. Bu çalışmada Alt Kabuk kökenli olduğu belirlenen Pb'nin en eski oluşum yaşı piritlerin bileşiminde bulunan kurşundan 1.22 milyar yıl, galenlerin bileşiminde bulunan kurşundan ise 1.16 milyar yıl olarak hesaplanmıştır. Kurşun izotoplarından hesaplanan en eski oluşum yaşının, Karlı vd. (2010b)'nin verileriyle benzerlik göstermesi nedeniyle, cevherlerin bileşiminde bulunan kurşunun, mafik Alt Kabuğun kısmî ergimesiyle oluşan granitik sokulumlarla ilişkili olması muhtemeldir.

Ayrıca, izotop verilerinin farklı cevher damarları için herhangi bir ayrımlanma göstermeksizin (Şekil 95 ve 96) benzer izotopik bileşime sahip olması nedeniyle, Harkins vd. (2008)'nin görüşü dikkate alınarak, yörede bulunan cevherlerin kökensel olarak birbirleriyle ilişkili olduğu sonucuna da varılmıştır.

4. İRDELEME

Daha önceki bölümlerde Kabadüz yöresi cevherlerinin jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökensel özelliklerini incelemeye yönelik yapılan çalışmalar ayrı ayrı bölümler şeklinde verilmiş ve elde edilen bulgular kendi içlerinde tartışılmıştır. Bu bölümde ise elde edilen bulgular deneştirilerek cevherleşme yan kayaç ilişkileri, yan kayaçlarda meydana gelen element ve mineralojik değişimler, hidrotermal çözeltilerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve kökenleriyle birlikte sözkonusu cevherlerin oluşum şartları irdelenmiş, sözkonusu cevherlerin oluşumu modellenmiştir.

4.1. Cevherleşme Yankayaç İlişkileri

Kabadüz (Ordu) yöresi cevherleri Mesudiye Formasyonu içinde, çoğunlukla KB-GD doğrultulu kırık hatları boyunca oluşmuş, hidrotermal damar tip cevherlerdir. Mesudiye Formasyonu'nun alt seviyeleri andezit ve bazaltlardan, üst seviyeleri ise tuf, aglomera ve kırmızı biyomikrit seviyelerinden oluşmaktadır. Saha gözlemlerine göre yöredeki cevherlerin tamamı andezit ve bazaltlardan oluşan alt seviyelerde bulunmaktadır. Tuf, aglomera ve kırmızı biyomikrit içeren üst seviyelerde herhangi bir cevherleşmeye rastlanmamıştır. Bu durum, yöredeki cevherlerin, tuf ve aglomeralardan önce oluştuğu anlamına gelmektedir.

Cevher yan kayacı olan andezit ve bazaltları Mesudiye Formasyonu'na dahil eden Terlemez ve Yılmaz (1980), bu birimin yaşını “*Senomaniyen-Kampaniyen*” olarak vermektedir. Andezit ve bazaltlar üzerine gelen tuf ve aglomeraların yaşı da Türk-Yugoslav Ekibi (1970), Terlemez ve Yılmaz (1980) ve Çınar vd. (1987) tarafından “*Kampaniyen-Maastrichtiyen*” olarak belirlenmiştir. Bundan dolayı epijenetik olarak oluştuğu belirlenen Kabadüz yöresi cevherlerinin, *Senomaniyen-Kampaniyen* yaşlı andezit ve bazaltlar içerisinde, *Kampaniyen-Maastrichtiyen*'den önce oluştuğu söylenebilir.

İnceleme alanındaki sistematik olarak gelişmiş KB-GD ve KD-GB doğrultulu kırıklar, Bektaş vd., (1995) ve Bektaş ve Çapkinoğlu, (1997) tarafından belirtilen Doğu Karadeniz Bölgesi'nin ana kırık sistemleriyle uyum içindedir. Kuzeydoğu Türkiye'de Geç Kretase döneminde KD-GB yönlü bir açılma rejiminin olduğu araştırmacıların çoğu

tarafından kabul edildiğinden (Bektaş vd., 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Topuz vd., 2005; Eyüboğlu vd., 2006, Karşlı vd., 2007 ve 2010), sözkonusu kırık sistemi bölgedeki açılma rejimi sırasında oluşmuş olmalıdır. Yöredeki cevherlerin, eğimleri KD veya GB'ya olacak şekilde çoğunlukla KB-GD doğrultulu kırıklara yerleşmiş olması, bu cevherlerin oluşumunun, sözkonusu açılma rejimi sırasında gelişen faylarla ilişkili olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

Bu araştırmacılar ayrıca, Geç Kretase sonrasında gelişen magmatizmanın, bu açılma rejimine bağlı olarak oluştuğunu savunmaktadırlar. Bundan dolayı bölgedeki kırık sistemlerinin oluşumu sırasında devam eden bir magmatizmanın olduğunu söylemek mümkündür. Her ne kadar inceleme alanı içinde granitik kütleler görülme de, yakın çevrede çok sayıda granitik kütlelerin varlığı bilindiğinden (Boztuğ vd., 2004 ve 2006, Karşlı vd., 2002 ve Karşlı vd., 2007), Kabadüz yöresi cevherlerinin, henüz yüzeylememiş bir granitik sokulumla ilişkili olması mümkündür.

Kabadüz cevherlerinde pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, tetrahedrit-tenantit başlıca cevher minerallerini oluşturmaktadır. Gang minerallerinin büyük bir kısmını kuvars ve karbonatlar, daha az oranda da baritle birlikte kil minerallerinden ilit, kaolinit ve klorit oluşturmaktadır. Sahada en yaygın olarak görülen damar tip cevher yapısının yanında, yine bu damarlar içinde gelişmiş masif, saçınımlı ve boşluk dolgusu cevher yapılarıyla birlikte cevher yan kayacı içindeki kırıklar boyunca gelişen ağsal cevher yapıları bulunmaktadır. Genel olarak cevher yankayaçta gelişen kırık ve çatlaklara boşluk dolgusu ve yan kayacı ornatarak yerleştiğinden, epijenetik oluşumu ifade etmektedir.

Mikroskop çalışmalarına göre yöredeki bütün cevherlerin mineral birlikteliği ve dokusal özellikler yönünden benzerlik gösterdiği ve cevher oluşumunun iki ayrı evrede gerçekleştiği belirlenmiştir. Ornatım, ayrılım ve kataklastik dokular cevher damarlarının hepsinde yaygın olarak görülen doku türleridir. Buna göre ornatım dokuları genellikle kalkopiritle pirit ve galenle sfalerit arasında gelişmiştir. Ayrılım dokuları ise sfalerit içinde kalkopirit ve kalkopirit içinde sfalerit ayrılımları şeklindedir. Ayrılım dokuları bazen benekli ayrılım bazen de lifî ayrılımlar şeklindedir. Cevher oluşumunun iki farklı evresi sonrasında da kırılma gerçekleşmiş, bu kırıklara bağlı olarak kataklastik dokular gelişmiştir. Bu doku türünde bütün cevher minerallerinin kırılıp parçalandığı, bazı kesitlerde cevher ve gang mineralleri içinde gelişen büyük boyutlu kırıkların, mineral parçaları ve gang

tarafından doldurulduğu, bu kırıkların yer yer ornatım fazlarına kolaylık sağladığı belirlenmiştir.

Buraya kadar yapılan açıklamalara göre bölgedeki tektonizma ve magmatizma aynı dönemde geliştiğine göre, söz konusu cevherler tektonizma ile eş yaşlı olmalıdır. Hem arazi çalışmalarında gözlenen breşik cevher yapıları, hem de mikroskop çalışmalarında belirlenen yoğun kataklastik dokular yöredeki cevherlerin oluşumundan sonra kırıklarda yeni bir hareketlenmemin olduğuna işaret etmektedir. Kabadüz yöresini de içine alan Kuzeydoğu Türkiye'nin Geç Kretase sonrasında sıkışma rejimine maruz kaldığı araştırmacılar tarafından (Okay ve Şahintürk, 1997; Topuz vd., 2005; Boztuğ vd., 2004 ve 2006; Karlı vd., 2007, 2009 ve 2010) kabul edildiğinden, cevherlerde gözlenen yoğun kataklastik dokuların, bu sıkışma rejimi sırasında oluştuğu anlaşılmaktadır.

4.2. Yankayaçlardaki Element ve Mineralojik Değişimler

Demiroluk ve Haydarlı damarlarını kesen sondajlardan sistematik olarak alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre her iki damarda da yan kayaçlardan cevherli zona doğru Ca, Mg, ve Mn değerleri artmakta, buna karşılık Al, Fe, Na, Ti ve P değerleri azalmakta, buna karşılık Si miktarı Demiroluk damarında cevherli zonda azalırken, Haydarlı damarında artış göstermektedir. Kıymetli metallere Pb, Zn, Cu, As, Cd, Ag ve Au miktarı her iki profil hattı boyunca da cevherli zona doğru artış gösteren elementlerdir. Kütle değişim hesaplamalarına göre, her iki damarda da tüm alterasyon zonu boyunca kütle artışı meydana gelmiş olup, bu artış Demiroluk damarında % 47.06, Haydarlı damarın ise % 5.27 oranında hesaplanmıştır.

Ana ve iz element analizlerine göre, her iki damarda da cevher damarına yaklaştıkça kalsit, sfen, Mg-klorit miktarlarında artma, K-feldispat, albit, Fe-klorit ve epidot miktarlarında ise azalma belirlenmiştir. Kütle değişim hesaplarına göre Mg ve Mn artışına Mg-klorit, Ca artışına da kalsit mineralleri neden olmuştur. Yan kayaç içerisinde bulunan plajiyoklasların cevherli zonda ayrışması, Na ve Al miktarlarında azalmaya neden olurken, K-feldispatların ayrışması da Al ile birlikte K'nın azalmasına neden olmuştur (Naschwitz ve Van Moort, 1991). Ayrıca rutil miktarındaki azalma Ti oranının ve Fe-kloritin azalması da Fe oranının düşmesine neden olmuştur. Mineral değişim hesaplamalarına göre Demiroluk ve Haydarlı cevherlerinin alterasyon mineralojisinin

genel olarak, cevherden yan kayaca doğru; kuvars, serizit, ilit, kaolen, Mg-klorit, Fe-klorit, K-feldspat, albit ve epidot şeklinde olduğu söylenebilir.

Kütle değişim hesaplarına göre hem cevher damarı, hem de altere yan kayaçlar içinde Ca miktarında görülen önemli orandaki artış, ilk bakışta hidrotermal çözeltilerin Ca'a doygun olduğunu düşündürmektedir. Ancak mikroskop çalışmalarına göre cevher minerallerine gang olarak kuvarsın eşlik ettiği, karbonatların cevher oluşumundan sonra gelişen kırıklarda bulunduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı gerek cevher damarı içinde, gerekse yan kayaçlarda görülen yoğun karbonatlaşmanın, hidrotermal çözeltilerin Ca'a doygun olmasından çok, yan kayaçların bileşiminde bulunan ve ayrışma sonucu ortaya çıkan Ca'a bağlı olarak olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre hidrotermal alterasyonun hızlandırdığı ayrışma, plajiyoklaslar içinde bulunan kalsiyumun ortaya çıkmasını sağlamış, buna bağlı olarak da kalsiyum, hem cevher damarı, hem de yan kayaçlar içindeki kırık zonları boyunca karbonatların oluşumunu sağlamıştır.

Göreceli element değişimlerine göre Ca'un Demiroluk damarında % 4407 oranında, Haydarlı damarında ise % 123 oranında artış gösterdiği belirlenmiş, buna göre Demiroluk damarındaki karbonatlaşmanın Haydarlı damarına göre çok daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bundan dolayı Demiroluk damarı içinde Si miktarının azalma göstermesinin, cevher mineralleriyle birlikte Ca miktarındaki aşırı zenginleşme nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Feldispatların ayrışması sonucu ortaya çıkan serizitleşme, yöredeki volkanitlerde en yaygın olarak görülen alterasyon türüdür. Feldispat minerallerinde olduğu gibi hamur içinde de yaygın olarak serizitleşme görülmektedir. Barret vd., (1993) ve Warren vd., (2007)'ye göre serizitleşmiş kayaçlarda Ca ve Na kaybı olurken, K artışı söz konusudur. Araştırmacılar bu durumu, K ilâvesine bağlı olarak alkali değişimi sonucu plajiyoklasların serizitleşmesi şeklinde açıklamaktadır. Plajiyoklasların serizitleşmesi K ilâvesini gerektirdiğinden (Hemley ve Jones, 1964; Date vd., 1983 ve Large vd., 2001), serizit oluşumu için gereken K, hidrotermal çözeltilerle gelebileceği gibi volkanitler içinde bulunan biyotit ve K-feldispatlardan da kaynaklanabilir.

Mikroskop çalışmalarına göre kloritleşmenin genellikle aşırı derecede serizitleşmiş örneklerde yaygın olduğu, bu örneklerde silisleşmenin çok az veya hiç gelişmediği anlaşılmıştır. Nutt'a (1989) göre bu durumun nedeni, mezotermal yataklarda serizitik alterasyonun ilerleyerek kloritleşmeye neden olmasıdır. Bu şekilde ortaya çıkan

kloritleşmede Mg^{2+} metazomatizması ve H^+ iyonlarının ortaya çıkması sistemdeki silisleşmenin azalmasını sağlamaktadır. Araştırmacıya göre kloritlerin oluşabilmesi için ortamda yeterli miktarda Fe^{2+} ve Mg^{2+} iyonları bulunmalıdır. Kloritler alterasyon sonucu oluştuğuna ve bünyesinde K bulunmadığına göre, bu mineralin oluşması için ortamdaki K'ın uzaklaşması gerekmektedir. Large vd., (2001)'e göre serizitlerin bünyesinde bulunan K'ın ortamdaki uzaklaşması ve ortama Fe^{2+} ve Mg^{2+} ilâvesiyle kloritler oluşmaktadır. K'nın ortaya çıkması, serizitleşme sonrasında meydana geldiğine göre, kloritleşmenin serizitleşme sonrasında gerçekleşen bir alterasyon türü olduğu söylenebilir. Bundan dolayı serizitleşme ve kloritleşmenin birlikte görüldüğü anlaşılmaktadır.

Karbonat alterasyonu, Phillips'e (1986) göre CO_2 metazomatizmasına bağlı olarak oluşmaktadır. Buna göre karbonatların oluşumu söz konusu ise ortamda yeterli düzeyde CO_2 'nin bulunduğu söylenebilir. Araştırmacı ortamda yeterli düzeyde CO_2 'nin bulunması durumunda oluşabilecek karbonat alterasyonunun aktinolit-klorit, klorit-karbonat ve karbonat-pirit sırasını izleyerek önce kloritleşmeye ardından da piritleşmeye neden olduğunu, bu şekilde bir oluşum sırasının $300-400\text{ }^{\circ}C$ sıcaklık aralığında, düşük tuzluluk değerleri (% 2 NaCl) ve 0.8-2 kbar basınç şartları altında gerçekleşebileceğini savunmaktadır. Bu görüş dikkate alınarak yan kayaçlar içinde görülen kloritleşmenin yalnızca feldispatların ayrışması sonucu gelişmediğini, karbonatların da kloritleşmeye neden olabileceğini söylemek mümkündür.

Haydarlı ve Demiroluk sondajlarına ait örneklerde ilit, kaolinit, klorit, simektit ve alunite mevcut kil türlerini oluşturmaktadır. Cevher damarına yakın örneklerde, ilit miktarında artış görülmeyle birlikte, her iki damarda da sondaj profili boyunca ilit ve kaolinit yoğun olarak bulunmaktadır. Diğer taraftan klorit cevherden uzak kesimde daha yoğun olarak bulunmaktadır. Ayrıca, sondaj bulunmayan Akgüney, Demiroluk, Çokdam, Atköprü, Dere Mahalle ve Boruklu Mahallesi damarlarının yan kayaç dokanaklarında bulunan kil mineralojisi de çoğunlukla ilit ve kaolinitten oluşmaktadır. Buna yöre yöredeki bütün cevher damarlarının kil mineral birlikteliğinin birbiriyle aynı özellikler gösterdiği sonucuna varılmış olup, bu durum Warren vd., (2007)'ye göre hidrotermal çözeltilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin benzer olduğu anlamına gelmektedir.

Brown'a (1978) göre ilit ve klorit mineral birlikteliği $220\text{ }^{\circ}C$ 'dan daha yüksek sıcaklık şartlarında oluşmaktadır. Cole ve Ravinsky'ye (1984) göre de kil mineralleriyle birlikte klorit ve epidot bulunması 350-400 m derinliklere ve $180-205\text{ }^{\circ}C$ arası sıcaklıklara

işaret ederken kaolinit ve alunit mineral birlikteliği de asitik karakterli hidrotermal alterasyonun göstergesidir. Yazar ayrıca klorit, ilit, epidot ve pirit mineral birlikteliğinin NaCl'ce zengin asitik karakterli hidrotermal çözeltilere ve 220 °C'ın üzerindeki sıcaklık koşullarına işaret ettiğini belirtmektedir. Rose ve Burt'a (1979) göre de ilit, epidot, klorit ve pirit mineral birlikteliği, NaCl'ce zengin hidrotermal çözeltilere bağlı olarak oluşmaktadır.

Gerek Haydarlı ve Demiroluk sondajlarından sistematik olarak, gerekse diğer cevher damarlarının yan kayaç dokanaklarından alınan örneklerin kil mineralojisi yukarıda bahsedilen çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Bundan dolayı, sıvı kapanımlardan ve kükürt izotop termometresinden hesaplanan sıcaklık değerleri de dikkate alınarak, Kabadüz sahasında gözlenen alterasyonun asitik karakterli hidrotermal çözeltilere bağlı olarak ve 180 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda geliştiği sonucuna varılmıştır.

Cevher yan kayaçlarının baz metal içerikleri, cevherin ana bileşenini oluşturan Pb, Zn ve Cu içerikleri bakımından (sırasıyla 7.9 ppm, 59 ppm ve 49 ppm) oldukça düşüktür. Analiz sonuçları Cu-Pb-Zn üçgen diyagramına aktarıldığında Cu-Zn bölgesinde toplandıkları, dolayısıyla yan kayaçların, cevherin bileşiminde yüksek oranda bulunan Pb bakımından oldukça fakir oldukları söylenebilir. Bundan dolayı söz konusu cevherlerin oluşumunda, yan kayaçların baz metal içeriklerinin potansiyel kaynak olamayacağı düşünülmektedir.

4.3. Hidrotermal Çözeltilerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kabadüz cevherlerinde kuvars ve sfalerit minerallerinde belirlenen sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları sırasıyla 184.2-436.1 °C ve 180-423.4 °C arasında değişmektedir. Kuvars ve sfaleritlerde ölçülen homojenleşme sıcaklıklarının ortalaması sırasıyla 303.1 ve 292.5 °C olarak belirlenmiştir. Birbirinden farklı cevherlere ait sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları arasında da belirgin bir fark gözlenmemiştir. Kükürt izotop termometresine göre de izotopik dengenin en iyi şekilde pirit-galen mineral çifti arasında sağlandığı, buna göre de bu minerallerin oluşum sıcaklığının 289-378 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Pirit-kalkopirit, pirit-sfalerit ve sfalerit-galen mineral çiftlerinden hesaplanan sıcaklıklar da sırasıyla 385 °C, 299-401 °C ve 217-355 °C arasında değişmektedir. Buna göre S izotoplarından hesaplanan sıcaklık

değerleriyle, kuvars ve sfalerit minerallerinde bulunan kapanımlardan ölçülen Th sıcaklıklarının uyum içinde olduğu anlaşılmıştır.

Ölçülen Th sıcaklıklarının frekans dağılım grafiğine aktarılması sonucu, yöredeki bütün cevhelerin iki ayrı evrede oluştuğu anlaşılmıştır. Her ne kadar petrografik çalışmalar sırasında sıvı kapanımlar birinci ve ikinci evrede oluşanlar şeklinde ayrılmasa da, Th-frekans dağılım grafiğine göre birinci evrede oluşan kapanımların 436-300 °C arasında, ikinci evrede oluşan kapanımların ise, 300 - 180 °C arasında homojenleştiği söylenebilir.

Kuvars ve sfaleritlerde bulunan sıvı kapanımlardan ölçülen ve -21.2 ilâ -54.6 arasında değişen T_{fm} sıcaklıkları, sıvı kapanımların bileşiminde NaCl ve KCl'nin dışında $MgCl_2$ ve $CaCl_2$ türü tuzların da bulunabileceğini göstermektedir (Shepherd vd., 1985; Leeder vd., 1987 ve Gökçe ve Bozkaya, 2003). $MgCl_2$ ve $CaCl_2$ türü tuzların bulunması Neng vd., (1999), Germann vd., (2003) ve Gökçe ve Bozkaya'ya (2003) göre hidrotermal çözeltilerin deniz suyu ile etkileşim içinde oldukları, veya bünyesinde deniz suyu bulunduran tortul kayaçlar içinden geçmiş oldukları şeklinde yorumlanmıştır. -64.4 ilâ -75.4 °C arasında ölçülen T_{fm} sıcaklıkları ise Roedder (1984), Shepherd vd. (1985) ve Hein'a (1989) göre sıvı kapanımların bileşiminde Li ve Br türü tuzların bulunduğu işaret etmektedir. Li ve Br türü tuzların, yüksek Th sıcaklıklarının ölçüldüğü kapanımlara karşılık gelmesi ise bu tür tuzların cevher oluşumunun ilk evresinde bulunduğunu göstermektedir.

Ölçülen T_{m-ice} sıcaklıklarına göre kuvarslarda bulunan sıvı kapanımların tuzluluk miktarları % 0.4 - 12.8 NaCl eşd. arasında (ort. % 6.1 NaCl eşd.), sfaleritlerde ise % 1.1 - 14.7 NaCl eşd. arasında (ort. 7.6 % NaCl eşd.) değişmektedir. Sıvı kapanımların tuzluluk miktarlarının değişim aralığı, Roedder (1984) tarafından belirtilen, porfiri bakır ve skarn yataklarının dışındaki, granitle ilişkili yatakların tuzluluk miktarına (% 1-15) yakın değerlerdedir. Ayrıca sıvı kapanımların tuzluluk miktarı magmatik kökenli yataklarla da benzerlik göstermektedir. Bundan dolayı sıvı kapanımların % 15'i geçmeyen tuzluluk miktarlarına göre, Kabadüz cevherlerinin magmatik hidrotermal kökenli çözeltilere bağlı olarak oluştuğunu söylemek mümkündür.

Kuvars ve sfaleritlerde bulunan kapanımlardan oluşturulan Th-Tuzluluk grafiklerine göre, iki ayrı gruba ayrılan verilerin tek bir doğrusal değişim gösterdiği, Th sıcaklığına karşılık tuzluluk miktarlarının da azaldığı anlaşılmış, bu durumun Wilkinson (2001) tarafından verilen, yüzey suyunun karışım trendine uygunluk gösterdiği

belirlenmiştir. Hidrotermal çözeltilere yüzey suyunun karışması sonucu sıvı kapanımların tuzluluğunun azaldığı benzer çalışmalarda da ortaya konmuştur (Li Qiang vd., 2007; Huizenga vd., 2006; Breskovska ve Tarkian, 1993 ve Dolnicek vd., 2009). Kuvars minerallerinde bulunan sıvı kapanımların Th sıcaklığındaki düşüşe karşılık, tuzluluk miktarının düzenli olarak azalması Supso vd., (1993)'ne göre cevher oluşum sürecinde, hidrotermal çözeltilerle meteorik suyun düzenli olarak karışımı şeklinde yorumlanmıştır.

Sıvı kapanımların ortalama homojenleşme sıcaklığı (299 °C) ve tuzluluğuna (% 6.7 NaCl eşd.) göre oluşturulan izokon, sfalerit-galen mineral çiftinden S izotop termometresine göre hesaplanan sıcaklık (323 °C) değeri ile kesiştirilerek sıvı kapanımların kapanlanma basıncı (PT) 350 bar olarak bulunmuştur. Buna göre yatağın olası oluşum derinliği litostatik basınç şartlarında (yüzeyde bulunan kayaların yoğunluğu 2.7 gr/cm³ kabul edilerek) 1321 m, hidrostatik basınç şartlarında ise 3568 m'ye karşılık gelmektedir (Shepherd vd., 1985). Mevcut cevherlerin fay ve kırık zonları boyunca oluşması, bu fay ve kırıkların hidrotermal çözeltilere geçiş kanallarını oluşturmasının yanında, hidrotermal çözeltilerin atmosferle temasını sağlayan boşluklar olduğunu gösterir. Bu fay ve kırıklar deniz altı ortamında bulunurken cevher oluşumu gerçekleştiyse yukarıda açıklanan nedenden dolayı litostatik basınç yerine hidrostatik basıncı dikkate almak gerekir (Li Qiang vd., 2007). Diğer taraftan cevherin oluştuğu fay ve kırıkların deniz tabanında kapalı bir sistem olması da dikkate alınması gereken önemli bir ihtimaldir. Böyle bir durumda litostatik ve hidrostatik basınçlar birlikte dikkate alınacağından hesaplanacak olası derinlik yukarıda verilen değerler arasında olacaktır.

Birbirinden farklı damarlarda belirlenen bütün sıvı kapanımların sıvı - gaz bileşimli oluşu, CO₂ gazı içermeyişi, doluluk oranlarının ve yoğunluklarının çok fazla değişiklik göstermeyişi, bu damarların tek bir kaynaktan beslenerek oluştuğu düşüncesini kuvvetlendirmektedir. Diğer taraftan tuzluluk miktarlarının Th sıcaklığına karşılık azalma eğiliminde oluşu zamanla meteorik suyun etkisini artırarak sisteme karıştığını göstermektedir. Sıvı kapanımların tuzluluk miktarının değişim aralığının oldukça geniş oluşu ise, meteorik kökenli suyun farklı zamanlarda farklı oranlarda katılmasının sonucudur. Bundan dolayı, başlangıçta denizaltı olan ortamın, karasal duruma geçmesinden sonra da hidrotermal çözeltilerin aktif olarak cevher oluşumunu sağladığı anlaşılmaktadır. Zira kapanımların bir kısmının içerdiği MgCl₂ ve CaCl₂ türü tuzlar,

hidrotermal çözeltilerin cevher oluşum sürecinin bir kısmında deniz suyu ile etkileşim içinde olduğunu doğrulamaktadır (Neng vd., 1999).

Pirit kimyası üzerine yapılan çalışmalarda (Fleet ve Mumin, 1997; Tauson, 1999 ve Zacharias vd., 2004) bu mineralin As ve Au içerikleri arasında pozitif korelasyon belirlenmiş, bu durumun nedeni olarak da artan As miktarının, Au'nun çözünürlüğünü artırması gösterilmiştir. Meyer vd. (1990)'ne göre ise piritlerin Au içeriklerinin düşük oluşu hidrotermal çözeltilerin bileşimiyle ilişkilidir. Buna göre Kabadüz yöresindeki piritlerin Au içeriklerinin oldukça düşük oluşu < 1 ppm, Au'nun çözünürlüğünü artıracak düzeyde As bulunmaması veya hidrotermal çözeltilerin Au bakımından fakir olmasıyla ilişkili olabilir. Ayrıca pirit minerallerinde herhangi bir element bakımından zonlanma olmadığı anlaşılmış, bu durum Craig vd. (1998)'ne göre bu mineralin yüksek sıcaklıklarda oluştuğunun göstergesi olarak kabul edilmiştir. Buna göre sıvı kapanım çalışmalarında ölçülen yüksek homojenleşme sıcaklıklarını da (180-436.1 °C arası) dikkate alarak, piritlerin yüksek sıcaklıklarda oluştuğu söylenebilir.

Patrick vd., (1998) ve Dibenedetto vd., (2005)'e göre Cd (0.97 Å) ve Zn'nin (0.74 Å) iyon yarıçapları arasındaki fark büyük olduğu için, Cd'un sfalerit içerisinde homojen bir şekilde dağılması beklenen bir durum olmayıp, bu mineralin Cd içeriğinin homojen olması yalnızca kristallenme sürecinin uzun sürdüğü durumlarda mümkün olabilir. Diğer taraftan Dibenedetto vd., (2005)'e göre sfaleritlerin bileşimindeki değişiklikler mineralin oluşum sonrası dengelenme şartlarından çok, ilk oluşum zamanındaki kimyasal bileşimlerini yansıtmaktadır. Grammatikopoulos ve Roth'a (2002) göre de sfaleritlerde görülen zonlanmalar bu mineralin oluşum sürecinde ortam şartlarındaki değişiklikleri yansıtır. Bundan dolayı mineral kimyası analizlerine göre sfaleritlerin herhangi bir element bakımından zonlanma göstermemesi, bu mineralin kristallenme sürecinde ortamın fizikokimyasal şartlarının değişmediği anlamına gelmektedir.

Mineral kimyası analizlerine göre bütün cevher damarlarında bulunan sfaleritlerin Fe içerikleri 3.37 ağı. %'nin altındadır. Sfalerit içinde bulunabilecek FeS miktarının 56 mol %'ye kadar (Balabin ve Urusov, 1995 ve Patrick vd., 1998) çıkabildiği bilindiğine göre, sfaleritlerin Fe bakımından fakir oluşu ya hidrotermal çözeltilerin Fe içeriklerinin düşüklüğünden veya bu mineralin düşük sıcaklık şartlarında oluşmasından (Scott ve Brnes, 1971; Scott ve Kissin, 1973; Kojima ve Sugaki, 1985 ve Lusk ve Calder, 2004).

Ancak sfaleritlerde bulunan sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıklarının 180 - 433 °C arasında ölçülmüş olması, sfaleritlerin kristallenmesi sürecinde sıcaklığın oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı sfaleritlerin Fe içeriği bakımından fakir oluşunu, düşük sıcaklık şartlarına bağlamak doğru olmaz. Diğer taraftan mineral birlikteliğinde bulunan tetrahedrit ve tenantitlerin Fe içeriklerinin de düşük oluşu (0.43-1.56 ağı. %), hidrotermal çözeltilerin Fe bakımından fakir olduğunu göstermektedir.

Mineral kimyası analizlerine göre Kabadüz cevherlerinde bulunan tetrahedrit (Ag = 2.24 ağı. %) ve tenantitlerin (Ag ≤ 0.12 ağı. %) Ag içeriklerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Tetrahedrit ve tenantit minerallerinin kimyası üzerine yapılan çalışmalar, (Jambor ve Laflamme, 1978; Miller ve Craig, 1983; Hachbarth ve Petersen 1984; Ramsden vd., 1990; Ebel ve Sack, 1991; Tarkian ve Breskovska, 1994 ve Hammond ve Tabata, 1997) bu mineralin Ag içeriğinin Sb ile pozitif korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Hachbarth ve Petersen'in (1984) "fraksiyonel kristallenme" teorisine göre Cu ve As hidrotermal çözeltilerden ayrılarak önce tenantitleri oluşmakta, daha sonra Ag ve Sb tetrahedritleri oluşturmaktadır. Tenantitlerin Cu ve As bakımından zengin olmasına karşılık, tetrahedritlerin Ag ve Sb bakımından zengin oluşu bu fraksiyonel kristallenmenin sonucudur. Bu durum, Hachbarth ve Petersen (1984)'ın teorisine göre hidrotermal çözeltilerin bileşimde tetrahedrit oluşturacak düzeyde Sb ve Ag bulunmadığını göstermektedir.

Galenlerin Ag, Bi ve Sb içerikleri bakımından oldukça fakir olduğu, bu elementlerin her üçünün de çok az veya ölçüm sınırının altında olduğu belirlenmiştir. Amcoff'a (1984) göre 390 °C'nin altındaki sıcaklıklarda kristallenen galenlerin önemli ölçüde Ag içermesi mümkün değildir. Yazara göre galenlerin yüksek oranda Ag içermesi oluşum sıcaklığının dışında önemli ölçüde Bi veya Sb içermesine bağlı olup bu elementlerin bulunması Ag'nin galenler içerisinde çözünürlüğünü önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca yazar Sb ve Bi'un yüksek sıcaklık şartların daha yüksek oranda bulunabileceğini, bundan dolayı galenlerin Ag içeriğinde sıcaklığın önemli bir parametre olduğunu belirtmektedir. Huston vd. (1996)'ne göre de Ag, cevherde Cu bakımından zengin yerlerde artarken, Ag'ce zengin galenlerin Bi içeriği de yüksek çıkmaktadır. Ayrıca araştırmacı, Ag'nin yüksek sıcaklıklarda galenlerin bileşiminde, düşük sıcaklıklarda ise tetrahedritlerin bileşiminde bulunma eğiliminde olduğunu belirtmektedir. Yüksek oranda

Ag içeren galenlerin, Bi içeriğinin yüksek olduğu Shalaby vd., (2004) tarafından da belirtilmektedir.

Yukarıda yapılan açıklamalara göre galenlerin Ag içeriğinin bu derece düşük oluşu ya oluşum sıcaklığının düşüklüğünden veya hidrotermal çözeltilerin yeterli ölçüde Bi ve Sb içermemesinden kaynaklanabilir. Cevher oluşumunun oldukça yüksek sıcaklık şartlarında gerçekleştiği bilindiğine göre (en yüksek 436 °C), galenlerin Ag bakımından fakir oluşunu sıcaklık şartlarına bağlamak doğru olmaz. Mineral birlikteliği dikkate alındığında, Ag'nin galenlerin dışında önemli ölçüde gri cevherin bileşiminde bulunabileceği bilinmektedir. Ancak gri cevherin de Sb'ce fakir olan tenantit bileşiminde oluşu ve Bi içermeyişi, Amcoff'un (1984) görüşüne göre hidrotermal çözeltilerin bileşiminde Ag'nin çözünürlüğünü artıracak düzeyde Sb ve Bi bulunmamasından kaynaklanabilir.

4.4. Hidrotermal Çözeltilerin Kökeni

Bu bölümde mineral kimyası analizleriyle birlikte kükürt, oksijen, hidrojen ve kurşun izotopları sonuçlarına göre cevherleri oluşturan hidrotermal çözeltilerin kökeni tartışılmaktadır.

Demirolok, Haydarlı ve Kuşyuvası damarlarından yaptırılan kükürt izotop analizlerine göre $\delta^{34}\text{S}$ değerleri, sfaleritlerde yapılan 1 analiz (-5.92) ve galenlerde yapılan 2 analiz (% -7.01 ve % -7.84) dışında, % 2.14 ilâ % -1.47 arasında (n= 33) değişmektedir. Sülfürlü minerallerin bileşiminde bulunan $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin (3 ölçüm hâricinde) % 0'a çok yakın oluşu ve dar bir aralıkta değişiyor olması, cevher minerallerinin bileşimindeki kükürtün magmatik kökenli olduğuna işaret etmektedir (Ohmoto ve Rye, 1979; Campbell, 1987).

Sfalerit ve galenlere ait 3 örnekte ölçülen ve % -5.92 ilâ % -7.84 arasında değişim gösteren $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin, diğer ölçümlerden belirgin bir şekilde farklılık göstererek hafif izotoplar bakımından anormal bir şekilde zenginleştiği görülmektedir. Zhang (1989) tarafından yapılan deneysel çalışmalar, sıcaklık ve pH şartlarındaki değişiminin aynı cevherde ve hattâ aynı mineral üzerinde bile $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin değişimine neden olabileceğini göstermiştir. Ohmoto ve Rye (1979) tarafından yapılan çalışmalara göre de sıcaklık değişiminin, magmatik kökenli çözeltilerde $\delta^{34}\text{S}$ değerinin +3 ilâ -13 arasında

değişimine neden olabileceği belirlenmiştir. Hafif izotop bakımından zenginleşmenin diğer bir nedeni de Ohmoto ve Rye'a (1979) göre hidrotermal çözeltilere sedimanter kökenli kükürtün karışmasıdır. Buna göre kükürt izotop bileşimi ‰ +50 ilâ -40 gibi oldukça geniş bir aralıkta değişim gösteren sedimanter kökenli kükürtün hidrotermal çözeltiler içine karışması, sülfidlerin $\delta^{34}\text{S}$ bileşiminin ‰'dan uzaklaşmasına neden olabilir.

Yapılan bu açıklamaya göre 3 ayrı örnekte belirlenen negatif kükürt zenginleşmesinin, magmatik kökenli kükürtle sedimanter kökenli kükürtün karışması sonucu veya cevher oluşumunun oldukça geniş sıcaklık aralığında (180-436.1 °C) gerçekleşmesi nedeniyle de oluşabileceği düşünülebilir. Ancak bazik bileşimli magmatik kayaların $\delta^{34}\text{S}$ bileşimi daima ‰ 0'dan büyük iken (Şekil 88), bu değer granitik kayalarda ‰ -9'a kadar düştüğü görülmektedir. Bu durumda ölçülen en düşük değer de dâhil olmak üzere (‰ -7.84) bütün verilerin granitik kayaların izotopsal bileşimiyle uyum içinde olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 88; Ohmoto ve Rye, 1979 ve Hoefs, 2004).

Demirölük ve Haydarlı damarlarında bulunan kuvars minerallerinin oksijen izotoplarının değişim aralığı (‰ 7.8 ilâ 8.5), bazaltik kayaların bileşimine benzerlik göstermekle birlikte, daha çok granitik kayaların izotopik bileşimine uygunluk göstermektedir (Şekil 90). Oksijen izotoplarıyla birlikte kükürt izotoplarının bileşiminin de granitik kayalara yakın olması söz konusu cevherlerin, bazik magmatik bir faaliyetten çok granitik bir sokulumun ürünü oldukları anlamına gelmektedir.

Demirölük ve Haydarlı damarlarında cevher yan kayaları içinde bulunan serizitlerden ölçülen hidrojen izotop bileşimleri ‰ -40 ilâ -57 arasında değişim göstermektedir. Bu sonuçların Ünal vd., (2009) tarafından, Akgüney damarında bulunan kuvarslardaki sıvı kapanımların bileşiminden ölçtürülen hidrojen izotop bileşimlerine benzerlik gösterdiği anlaşılmış olup, her üç cevher damarının oluşumunun da magmatik kökenli suyla ilişkili olduğu anlaşılmıştır (Şekil 91).

Hidrojen ve oksijen izotop sonuçları δD 'e karşılık $\delta^{18}\text{O}$ grafiğine aktarıldığında, hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan suyun magmatik kökenli olduğu anlaşılacakla birlikte, verilerin magmatik kökenli su alanının dışına taşması, hidrotermal çözeltilerin bileşimine meteorik suyun karıştığını göstermektedir. Sıvı kapanım çalışmalarına göre de hidrotermal çözeltilerin bileşimine meteorik kökenli suyun karıştığı belirlendiğinden, Kabadüz yöresi cevherlerinin, magmatik ve meteorik kökenli suların karışması sonucu oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Haydarlı, Kuşyuvası ve Demiroluk damarlarında bulunan pirit ve galenlerin $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarına göre, cevherlerin bileşiminde bulunan kurşunun kökeni Alt Kabukla ilişkili olarak görülmektedir. Diğer taraftan $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarının, Üst Kabuğun bileşiminden daha da yüksek çıkması, cevherlerin bileşiminde bulunan kurşunun Kıtasal Kabuğun ortalama bileşimine göre zenginleşmesi anlamına gelmektedir. Böyle bir zenginleşme Doe ve Zartman'a (1979) göre ancak dışarıdan U ve Th ilâvesiyle mümkün olabilirken, Neumann vd., (2000), dışarıda U ve Th ilâvesinin olması için yan kayaçların U ve Th içeriklerinin, Kıtasal Kabuğun bileşimine kıyasla yüksek olması gerektiğini savunmaktadır.

Diğer taraftan, Kabadüz yöresinde bulunan ve cevhere ev sahipliği yapan yan kayaçların U ve Th içeriklerinin, Kıtasal Kabuğun ortama bileşimine göre (sırasıyla 0-4 ppm ve 2-7 ppm arası) herhangi bir artış göstermediği bilinmektedir (Ek Tablo 1). Buna göre eğer hidrotermal çözeltiler derinlerde bulunan ve U ve Th bakımından zengin bir alandan etkilenmediyse, yan kayaçların bileşiminden etkilenerek kurşun bakımından zenginleşmesi pek olası görülmemektedir. Bu durumda kurşun izotoplarının bir yatak içinde aşırı bir şekilde zenginleşmesinin nedeni, araştırmacıların çoğu tarafından da kabul edildiği gibi (Ho vd., 1995; Neuman vd., 2000; Harkins vd., 2008; Downes vd., 2008 ve Gillerman vd., 2008), cevherin granitik bir sokulumla ilişkili olması olabilir.

Pb izotop verileri kullanılarak Stacey ve Kramers'e (1975) göre hesaplanan oluşum yaşı galenlerde 0.63-1.160 milyar yıl arasında, piritlerde ise 510-1.22 milyar yıl arasında değişmekte olup oldukça geniş bir zaman aralığı vermektedir. Yöredeki cevherlerin Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı yan kayaçlar içinde, epijenetik olarak oluştuğu dikkate alınırsa, söz konusu cevherin oluşum yaşı yan kayaçlardan daha genç olmalıdır. Bornhorst vd., (1998)'ne göre de epijenetik yataklarda kurşun bilinmeyen veya daha yaşlı bir kaynaktan türediği için hesaplanan yaş aslında cevherin oluşum yaşı olmayıp, kurşunun kaynak alandaki ilk oluşum yaşını vermektedir.

Kabadüz yöresini de içine alan Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Geç Kretase sonrasında sokulum yapmış çok sayıda granitik kütlelerin varlığı bilinmektedir (Boztuğ vd., 2004 ve 2006, Karşlı vd., 2002 ve Karşlı vd., 2007). Karşlı vd., (2010b)'ye göre de bu granitik sokulumların 0.94-1.12 milyar yıl arası yaşlı Alt Kabuğun kısmî ergimesi sonucu oluştukları belirtilmektedir. Bundan dolayı kurşun izotoplarına göre piritlerden hesaplanan

1.22 milyar yıl ve galenlerden hesaplanan 1.16 milyar yıl yaşlı kurşunun, yöredeki granitik sokulumlarla ilişkili olduğu muhakkaktır.

Buna göre yöredeki cevherler kökensel olarak, Alt Kabuğun kısmî ergimesine bağlı olarak oluşan granitik sokulumlarla ilişkili olmalıdır. Ancak tek bir kaynağa bağlı olarak oluşan kurşun izotoplarının birbirine yakın değerler olması gerektiği daha önce açıklandığından, hem izotop oranlarının çok geniş aralıklarda değişimi, hem de hesaplanan zaman aralıklarının geniş olması nedeniyle kurşunun tek bir kaynaktan türediğini savunmak mümkün değildir. Yöredeki granitik sokulumların Alt Kabuğun kısmî ergimesi sonucu oluşan magmayla ilişkili olduğu düşünülürse, bu magmanın yükselimi sırasında kıtasal kabuğun bileşiminden etkilenmesi mümkündür. Ayrıca izotop verilerinin farklı damarlar için herhangi bir ayrımlanma sunmaksızın benzer izotopik bileşime sahip olması, bu yatakların kökensel olarak birbirleriyle ilişkili oldukları şeklinde yorumlanmıştır.

Sfaleritlerin Cd içeriği ve Zn/Cd oranı pek çok araştırmacı tarafından yatak tipini belirlemede kullanılmıştır (Jonasson ve Sangster, 1978; Song, 1984; Xuexin, 1984; Brill, 1989; Zaw ve Large, 1996; Xu, 1998 ve Gottesman ve Kampe, 2007). Bu araştırmacılara göre Zn/Cd oranının 250'nin altına düşmesi, asitik bileşimli bir kaynağa işaret etmektedir. Kabadüz yöresi cevherlerinde bulunan sfaleritlerin Zn/Cd oranları, birbirinden farklı damarlarda değişim göstermekle birlikte, tüm damarlar için ortalama 181.2 ($\sigma=60.62$) olarak hesaplanmıştır. Bundan dolayı yöredeki cevherlerin asidik karakterli bir magmatizmayla ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

Piritlerin Co ve Ni içerikleri ve Co/Ni oranları çok sayıda araştırmacı tarafından, bu mineralin oluşum şartlarını belirlemede önemli kriter olarak kullanılmıştır (Loftus-Hills ve Solomon, 1967; Bralia vd., 1979; Roberts, 1982; Campbell ve Ethier, 1984; Xuexin, 1984; Meyer vd., 1990; Craig vd., 1998; Bajwah vd., 1987; Raymond, 1996 ve Clark vd., 2004). Buna göre Co/Ni oranının 1'den küçük olması genellikle sedimanter kökeni ifade ederken, bu oranın 1'in üzerinde olması hidrotermal kökene işaret etmektedir (Bralia vd., 1979 ve Raymond, 1996).

Bajwah vd. (1987) ve Loftus-Hills ve Solomon (1967), Shieh ve Chin (1983) ve Botinelly vd., (1985)'ye göre Ni'in Co'a göre yüksek oluşu cevherin oluşumunda etkili olan magmatizmanın bazik karakterli olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Ancak oluşumundan sonra hidrotermal alterasyona maruz kalan piritlerin Co içeriklerinin azaldığı değişik araştırmalar tarafından ortaya konmuştur (Bralia vd., 1979; Walshe ve Solomon,

1981; Meyer vd., 1990 ve 1990; Lu, 2002 ve 2005 ve Clark vd., 2004). Lu'ya (2002 ve 2005) göre bu durumun nedeni Co'nun Ni'e kıyasla daha hareketli olmasından dolayı alterasyon sürecinde yan kayaçların bileşimine geçme eğiliminden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan, Güleç ve Erler (1983), Blevin ve Chappell (1991) ve Ho vd., (1995)'ne göre asidik bileşimli kaynağa bağlı olarak oluşan yataklarda piritlerin Co ve Ni içerikleri oldukça düşük çıkmaktadır. Yukarıda yapılan açıklamalara göre piritlerin Co içerikleri (< 0.01 ağı. %) her ne kadar Ni'e kıyasla (0.01-0.04 ağı. %) düşük çıksa da, piritlerin her iki element bakımından fakir oluşu, asidik karakterli bir kaynağa işaret etmektedir.

4.5. Kabadüz Yöresi Cevherlerinin Oluşum Modeli

Daha önceki bölümlerde Kabadüz yöresi cevherlerinin jeolojik ve mineralojik özellikleri, alterasyon mineralojisi, cevherleşme yan kayaç ilişkisi, sıvı kapanım, mineral kimyası, duraylı ve radyojenik izotop özellikleri detaylı bir açıklanmıştır. Bu bölümde ise sözü edilen çalışmalar neticesinde elde edilen bulgular değerlendirilerek Kabadüz yöresi cevherlerinin oluşumu açıklanmaya çalışılmıştır.

Yöredeki cevherler *Senomaniyen-Kampaniyen* yaşlı andezit ve bazaltlar içinde, çoğunlukla KB-GD doğrultulu fay ve kırık zonları boyunca oluşmuş hidrotermal damar tip cevherlerdir. Andezit ve bazaltların üzerini örten, *Kampaniyen-Maastrichtiyen* yaşlı tuf ve aglomeralar içinde her hangi bir cevherleşmenin bulunmayışı, söz konusu cevherlerin tuf ve aglomeralardan önce oluştuğunu göstermektedir.

Sahada en yaygın olarak görülen damar tip cevher yapısının yanında, yine bu damarlar içinde gelişmiş masif, saçınımlı ve boşluk dolgusu cevher yapılarıyla birlikte cevher yan kayacı içindeki kırıklar boyunca gelişen ağsal cevher yapıları bulunmaktadır. Genel olarak cevher yankayaçta gelişen kırık ve çatlaklara boşluk dolgusu ve yan kayacı ornatarak yerleştiğinden, epijenetik oluşumu ifade etmektedir.

Kuzeydoğu Türkiye'de Geç Kretase döneminde KD-GB yönlü bir açılma rejiminin olduğu araştırmacıların çoğu tarafından kabul edilmektedir (Bektaş vd., 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Topuz vd., 2005; Eyüboğlu vd., 2006, Karlı vd., 2007 ve 2010). Yöredeki cevherlerin, eğimleri KD veya GB'ya olacak şekilde çoğunlukla KB-GD doğrultulu kırıklara yerleşmiş olması, bu cevherlerin oluşumunun, sözkonusu açılma rejimi sırasında gelişen faylarla ilişkili olduğunu göstermesi bakımından önemlidir. Hem arazi

çalışmalarında gözlenen breşik cevher yapıları, hem de mikroskop çalışmalarında belirlenen yoğun kataklastik dokular yöredeki cevherlerin oluşumu sırasında tektonizmanın devam ettiğini göstermektedir.

Hidrojen ve oksijen izotop sonuçlarına göre, hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan magmatik kökenli suyun meteorik kökenli suyla karışmış olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında hidrotermal çözeltilerin bileşimine meteorik kökenli suyun karıştığı sıvı kapanımların sıcaklık-tuzluluk grafiklerinden de açıkça görülmektedir. Sıvı kapanımların ortalama homojenleşme sıcaklığı (299 °C) ve tuzluluğuna (% 6.7 NaCl eşd.) göre cevher oluşum derinliği litostatik basınç şartlarına göre 1321 molarak bulunmuştur. Sıvı kapanımların en yüksek tuzluluk değeri için (% 14.7 NaCl) bile bu derinlik 1415 m' geçmemektedir. Buna göre cevher oluşumunun yüzeye yakın ortam şartlarında gerçekleşmesi, hidrotermal çözeltilerin bileşimine yoğun bir şekilde meteorik su karışımını sağlamıştır.

Cevherlerin alterasyon zonu içinde görülen klorit, ilit, epidot ve pirit mineral birlikteliği (Brown, 1978), piritlerin Co ve Ni içeriklerinin oldukça düşük oluşu (Güleç ve Erler, 1983; Blevin ve Chappell, 1991 ve Ho vd., 1995), sfaleritlerin yüksek Cd içeriğiyle birlikte, Zn/Cd oranlarının 250'nin altına düşmesi (Jonasson ve Sangster, 1978; Song, 1984; Brill, 1989; Xu, 1998; Xuexin, 1984; Zaw ve Large, 1996 ve Gottesman ve Kampe, 2007) gibi özelliklerle birlikte, kükürt, oksijen, hidrojen ve kurşun izotopları Kabadüz yöresi cevherlerinin oluşumunun granitik bir magmatizmaya ilişkili olduğunu göstermektedir.

Kurşun izotoplarına göre yöredeki cevherlerin bileşiminde bulunan kurşunun Alt Kabuğun kısmî ergimesine bağlı olarak oluşan granitik sokulumlarla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında kurşun izotopları kullanılarak Stacey ve Kramers'e (1975) göre hesaplanan oluşum yaşı galenlerde 0.63-1.160 milyar yıl, piritlerde ise 510-1.22 milyar yıl arasında değişmektedir. Cevherlerin bileşiminde bulunan kurşunun hem kökensel özelliği, hem de oluşum yaşı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Geç Kretase sonrasında sokulum yapmış granitlerle benzerlik göstermektedir (Karlı vd., 2010b). Her ne kadar çalışma alanı içinde granitik bir kütle varlığı belirlenmemiş olsa da, çalışma alanının dışında Geç Kretase sonrasında sokulum yapmış çok sayıda granitik kütle varlığı bilinmektedir (Boztuğ vd., 2004 ve 2006, Karlı vd., 2002 ve Karlı vd., 2007).

Bütün bu özellikler Kabadüz yöresi cevherlerinin, henüz yüzeylememiş granitik bir sokulumla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Yöredeki bütün cevherlerin mineralojik ve dokusal özellikleri, yan kayaç ilişkileri, mineral kimyası, sıvı kapanım ve alterasyon özellikleriyle birlikte duraylı ve radyojenik izotop özellikleri, bu cevherlerin birbirleriyle kökensel olarak ilişkili oldukları ve aynı süreçler sonucunda oluştuklarını göstermiştir.

5. SONUÇLAR

Kabadüz (Ordu) yöresi cevherlerinin jeolojik ve mineralojik özellikleri, mineral kimyası, sıvı kapanım, alterasyon mineralojisi, kükürt, oksijen, hidrojen ve kurşun izotop özellikleri detaylı bir şekilde incelenerek, bu cevherlerin oluşum özellikleri ve kökenleri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

İnceleme alanında bulunan birimler dasit ve dasitik tüfler, andezit ve bazaltlar ve tuf ve aglomeralar şeklindedir. Yöredeki cevherlerin tamamı andezit ve bazaltlar içinde gelişen kırık ve fay zonları boyunca epijenetik olarak oluşmuş hidrotermal damar tip cevherlerdir. Andezit ve bazaltların üzerini örten tuf ve aglomeralar içerisinde herhangi bir cevherleşmeye rastlanmadığından, yöredeki cevherlerin tuf ve aglomeralardan önce oluştuğu anlaşılmıştır.

Yöredeki cevherlerin, eğimleri KD veya GB'ya olacak şekilde, çoğunlukla KB-GD doğrultulu kırıklara yerleşmiş olması, bu cevherlerin fay kontrollü olarak oluştuğunu göstermektedir. Çalışma alanındaki KB doğrultulu kırıklar, Geç Kretase döneminde Kuzeydoğu Türkiye'deki KD-GB yönlü açılma rejimine bağlı olarak gelişmiş, bu açılma rejimi, Geç Kretase sonrasında bölgede yoğun bir magmatizmanın gelişimini sağlamıştır. Bundan dolayı yöredeki cevherleşmenin, bu magmatizmayla ilişkili olması kuvvetle muhtemeldir.

Yöredeki bütün cevherlerin mineral birlikteliği ve oluşum sırası benzer olup pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, tetrahedrit-tenantit başlıca cevher minerallerini, kuvars, karbonatlar, baritle birlikte kil minerallerinden ilit ve kaolinit gang minerallerini oluşturmaktadır. Mikroskop çalışmalarına göre yöredeki bütün cevherlerin iki ayrı evrede oluştuğu belirlenmiştir. Ornatım, kataklastik ve ayrılım dokuları cevher damarlarında görülen yaygın doku türleridir.

Mineral kimyası analizlerine göre yöredeki damarlarının tamamında bulunan cevher mineralleri benzer stokiyometrik bileşimdedir. Piritlerin Ni ve Co içerikleri ve sfaleritlerin Zn/Cd oranları, bu cevherlerin asitik karakterli bir magmatizmanın ürünü olduklarını göstermektedir.

Demirölük ve Haydarlı damarlarında, yan kayaktan cevherli zona doğru kuvars, kalsit, apatit, sfen, serizit, kaolen ve Mg-klorit artarken, K-feldispat, Fe-klorit, albit ve epidot azalmaktadır. Kütle değişim hesaplamalarına göre, propilitik alterasyon ve cevher

zonunda, hem göreceli hem de net kütle değişimi bakımından Cu, Pb, Zn, As, Au, Ag ve Ca miktarlarında artış, Na, Ba, K ve Rb miktarlarında ise azalma belirlenmiştir. Kimyasal analizler kullanılarak yapılan kütle değişim hesaplarına göre, Demiroluk damarında alterasyon zonu içinde % 47.06'lık, haydarlı damarında ise % 5.27'lik kütle artışı meydana gelmiştir.

Sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları 180-436.1 °C arasında değişmektedir. Kükürt izotop termometresine göre sfalerit-galen mineral çiftinden hesaplanan sıcaklık değeriyle (323 °C), sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları (ort= 299 °C) birbiriyle uyumludur.

Sıvı kapanımların ilk ergime sıcaklığı ölçümlerine göre, kısmen yüksek homojenleşme sıcaklığına sahip kapanımların bileşiminde baskın olarak CaCl₂ ve MgCl₂, düşük homojenleşme sıcaklığına sahip kapanımların bileşiminde ise NaCl ve KCl'nin bulunabileceği anlaşılmıştır. Tuzluluk miktarı % 0.4-14.7 NaCl eşd. arasında değişen sıvı kapanımların, tuzluluk miktarındaki düşüğe karşılık, homojenleşme sıcaklıklarının azaldığı belirlenmiş, buna göre de hidrotermal çözeltilerin bileşimine meteorik kökenli suyun karıştığı sonucuna varılmıştır.

Pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin ‰ 0' değerine yakın olması (‰ 2.14 ilâ -7.84 arası), bu minerallerin oluşumunu sağlayan sülfürün magmatik kökenli olduğunu göstermektedir.

Kuvars minerallerinin O izotop bileşimi ‰ 7.8-8.5 arasında, serizit minerallerinin H izotop bileşimi ise ‰ -40 ilâ -57 arasında ölçülmüş, bu değerlere göre hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan suyun, magmatik ve meteorik kökenli suların karışımından oluştuğu anlaşılmıştır.

Haydarlı, Kuşyuvası ve Demiroluk damarlarında bulunan pirit ve galenlerin kurşun izotop özelliklerine göre, cevherlerin bileşiminde bulunan kurşunun Alt Kabuğun kısmî ergimesi sonucu oluşan granitik sokulumlarla ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, bu granitik sokulumların, kıtasal kabuğun bileşiminden etkilenerek, kurşun izotopları bakımından aşırı derecede zenginleşmiş olabileceği düşünülmektedir.

Yukarıda sıralanan sonuçlara göre Kabadüz yöresi cevherlerinin, Geç Kretase dönemindeki açılma rejimi sırasında sokulum yapmış granitik bir intrüzyona bağlı olarak oluşmuş, tektonik kontrollü hidrotermal damar tip yataklar olduğu ve bütün cevherlerin kökensel olarak birbirleriyle ilişkili oldukları sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Acar, E., 1974. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Giresun ili dahilindeki bazı Cu-Pb-Zn madenlerinin iz elementler yönünden önemi, MTA dergisi, 82, 136-146.
- Adamia, S., Lordkipanidze, M.B. ve Zakariade, G.S., 1977. Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus, Tektonophysics, 40, 183-189.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesi'nin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul, 156 s.
- Akçay, M., 2002. Jeokimya Temel Kavramlar ve Uygulamaya Aktarımları, KTÜ yayınları, no, 204, 506 s.
- Akçay, M., Özkan, H.M., Moon, C.J. ve Spiro, B., 2006. Geology, mineralogy and geochemistry of the gold-bearing stibnite and cinnabar deposits in the Emirli and Halıköy areas (Ödemiş, İzmir, West Turkey), Ore Geol. Rev., 29, 19-51.
- Akdeniz, N., Akçören, F. ve Timur, E., 1994. Aşkale-İspir Arasının Jeolojisi, MTA, rapor no, 9731.
- Akıncı, T. Ö., 1985. Bulancak sülfid damarlarının mineralojisi ve kristallenme işlemleri, MTA Dergisi, 93-94, 55-65.
- Aktürk, A., 1998. Zamantı madencilik Ordu-Kabadüz-Bakacak Pb-Zn-Cu sahası jeoloji raporu, Zamantı Madencilik arşivi, yayınlanmamış.
- Amcoff, Ö., 1984. Distribution of silver in massive sulphide ores, Mineral. Deposita, 19, 63-69.
- Aslaner, M., 1977. Türkiye bakır-kurşun-çinko yataklarının jeolojik ve bölgesel sınıflamasıyla plaka tektoniği yönünden incelenmesi, KTÜ, Yerbilimleri Fakültesi, Yayın no, 12, Trabzon.
- Aston, F.W., 1927. The constitution of ordinary lead, Nature, 120, 224.
- Ateş, Ş., Keçer, M., Mutlu, G., Bulut, A., Osmañcelebiođlu, R., Şule, S., Ekmekçi, M., Özerk, O.C., Özata., A. ve Karakaya, F., 2004. Ordu İlinin Yerbilim Verileri ve Doğal Afet Özellikleri, MTA, rapor no, 10667.
- Atkinson, A.B., 2002. A model for the PTX properties of H₂O-NaCl. Unpublished M.S. Thesis, Virginia Tech, Blacksburg VA, 133 s.
- Atkinson, B.K., 1975. Experimental deformation of polycrystalline pyrite; effects of temperature, confining pressure, strain rate, and porosity, Econ. Geol., 70, 473-487.

- Ayan, Z., 1991. Şebinkarahisar (Giresun) kuzeybatısındaki Pb-Zn-Cu cevherleşmelerinin mineralojik-jeokimyasal incelenmesi ve kökensel yorumu, DEÜ. Müh. Fak., Doktora Tezi, 186 s, İzmir (yayınlanmamış).
- Ayışkan, Ö. ve Sözen, A., 1961. Giresun'un Bulancak kazası ile Ordu arasında kalan bölgede tezahür eden cevher yataklarının tetkik ve tespiti hakkında prospeksiyon raporu, MTA, rapor no, 3322, 91 s.
- Bajwah, Z.U., Secombe, P.K. ve Offler, R., 1987. Trace element distribution, Co:Ni ratios and genesis of the Big Cadia iron-ore deposit, New South Wales, Australia, Mineral. Deposita, 22, 292-300.
- Bakker, R.J., 2003. Package FLUIDS 1. Computer programs for analysis of fluid inclusion data and for modelling bulk fluid properties, Chem. Geol., 194, 3-23.
- Balabin, A.I. ve Urusov, V.S., 1995. Recalibration of the sphalerite cosmobarometer: Experimental and theoretical treatment, Geochim. Cosmochim. Acta, 59, 1401-1410.
- Barret, T.J. Cattalani, S. ve Maclean, W.H., 1993. Volcanic lithogeochemistry and alteration at the Delbridge massive sulphide deposit, Noranda Quebec, Jour. of Geochem. Exp., 48, 135-173.
- Barret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, mass, and oxygen isotopic changes during extreme hydrothermal alteration of an archaean rhyolite, Noranda, Econ. Geol., 86, 406-414.
- Barrie, I.J., Touret, J.L.R., 1999. Fluid inclusion studies of gold-bearing quartz veins from the Yirisen deposit, Sula Mountains greenstone belt, Masumbiri, Sierra Leone, Ore Geol. Rev., 14, 203-225.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Manto Yükselimi ve Polijenetik Ofiyolit Olgusu, TJK, Ketin Semp., 19-22 Ekim, Ankara, Bildiriler Kitabı, 175-188.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Back-Arc of Eastern Pontides, MTA Dergisi., 103-104, 1-15.
- Bektaş, O. ve Yılmaz, C., 1995. Doğu Pontid yay gerisi havzasında derin yayılma çukurlarının oluşumu (KD Türkiye): Neo-tetisin pasif kıta kenarı evrimi, KTÜ, 30. Yıl Semp., 16-20 Ekim, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 1, 263-274.
- Bektaş, O., Yılmaz, C, Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S., 1995. Cretaceous, Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform (NE Turkey); The Formation of Carbonate Breccias and Türbidites as Evidiance of a Drowned Platform, Giornale di Geologia, 57, 233-244.
- Bektaş, O., Yılmaz, C. ve Taslı, K., 1995. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Derin Yayılma Çukurlarının Oluşumu (KD Türkiye), Neo-Tethysin Pasif Kıta Kenarı Evrimi, KTÜ, 30. yıl Semp., , 16-20 Ekim, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 1, 263-275.

- Bektaş, O. ve Çapkınoğlu, Ş., 1997. Doğu Pontid Magmatik Arkında (KD, Türkiye) Neptuniyen Dayklar ve Blok Tektoniği, Yerbilimleri, 30,1, 451-463.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction Related Volcanism Towards the Back-arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), Geol. Journal, 34, 95-106.
- Bernard, J.H., 1970. Kuzeydoğu Türkiye'nin Giresun iline bağlı Piraziz polimetal cevher yatağının mineralojisi, MTA dergisi, 75.
- Blevin, P.L. ve Chappell, B.W., 1991. Relationships between granites and mineral deposits in the Lachlan Fold Belt, Geol. Soc., 29, 4.
- Bodnar, R.J. ve Vityk, M.O., 1994. Interpretation of microthermometric data for H₂O-NaCl fluid inclusions. In Fluid Inclusions in Minerals, Methods and Applications (ed. B. De Vivo ve M. L. Frezotti), Virginia Tech, 117-130.
- Bodnar, R.J., 1983. A method of calculating fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and PVTX properties on inclusion fluids, Econ. Geol., 78, 535-542.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solution, Geochem. Cosmochim. Acta, 57, 683-884.
- Bodnar, R.J., 1994. Synthetic fluid inclusions, XII. Experimental determination of the halite liquidus and isochores for a 40 wt.% H₂O-NaCl solution, Geochim. Cosmochim. Acta, 58, 1053-1063.
- Bodnar, R.J., 2003. Introduction to fluid Inclusions. in I. Samson, A. Anderson ve D. Marshall, Mineral. Assoc. Can. Short course series, 32, 1-8.
- Boni, M., Balassone, G. ve Iannace, A., 1996. Base metal ores in the Lower Paleozoic of Southwestern Sardinia. In: Sangster, D.F. (eds), Carbonate-Hosted Lead-Zinc Deposits, Special Publication, Soc. of Econ. Geol., 4, 18-28.
- Botinelly, T., Siemens, D.F. ve Sanzolone, R.F., 1985. Trace elements in disseminated sulfides, magnetite, and massive sulfides, west shasta district, California, Econ. Geol., 80, 2196-2205.
- Bowers, T.S. ve Helgason, H.C., 1983. Calculating of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system H₂O-CO₂-NaCl on phase relations in geologic systems: metamorphic equilibria at high pressure and temperatures, Amer. Mineral., 68, 1059-1075.
- Boztuğ, D., 2001. Suşehri (Sivas) - Gököy (Ordu) arasında KAFZ'nun kuzey ve güney kesimlerindeki Granitoidlerin ve çevre kayaların petrolojik incelenmesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Projesi, No, YDABÇAG-9, 98 s.

- Boztuğ, D., Jonckheere, R., Wagner, G.A., Yeğingil, Z., 2004. Slow Senonian and fast Paleocene-Early Eocene uplift of the granitoids in the Central Eastern Pontides, Turkey: apatite fission-track results, Tectonophysics, 382, 213-228.
- Boztuğ, D., Erçin, A.I., Kuruçelik, M.K., Göç, D., Kömür, I., Iskenderoğlu, A., 2006. Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, eastern Pontides, Turkey, Jour. of Asian Earth Sci. 27, 286-302.
- Bralia, A., Sabatini, G. ve Troja, F., 1979. A revaluation of the Co/Ni ratio in pyrite as geochemical tool in ore genesis problems, Mineral. Deposita, 14, 353-374.
- Breskovska, V. ve Tarkian, M., 1993. Mineralogy and Fluid inclusion study of polymetallic veins in the madjarovo ore field, Eastern Rhodope, Burgaria, Mineral. and Petrol., 49, 103-118.
- Brill, B.A., 1989. Deformation textures and recrystallisation microstructures in deformed ores from the CSA mine, Cobar, Australia, Journ. of Struct. Geol., 11, 591-601.
- Brown, K.L. 1978. Hydrothermal alteration in active geothermal fields, Earth and Planet. Sci., Ann. Rev., 6, 229-250.
- Brown, P.E., 1989. Flinkor: A microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data, Amer. Mineral., 74, 1390-1393.
- Brown, P.E. ve Lamb, W.M., 1989. PVT properties of fluids in the system H₂O-CO₂-NaCl: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies, Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 1209-1221.
- Browne, P.R.L. ve Lovering, J.F., 1973. Composition of sphalerite from the broadlands geothermal field and their significance to sphalerite geothermometry and geobarometry, Econ. Geol., 68, 381-387.
- Cabanis, B. ve Lecolle, M., 1989. Le diagramme La/10, Y/15, Nb/8: un pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des procussus de melanges etou de contamination crustale, C.R. Acad. Sci., 309, 2023-2029.
- Cabri, L.J., Campbell, J.L., Laflamme, J.H.G., Leigh, R.G., Maxwell, J.A. ve Scott J.D. 1985. Proton-microprobe analysis of trace elements in sulfides from some massive sulfide deposits, Can. Mineral., 23, 1.33-148.
- Campbell, F.A. ve Ethier, V.G., 1984. Nickel and cobalt in pyrrhotite and pyrite from the Faro and Sullivan orebodies, Can. Mineral., 22, 503-506.
- Carvalho, I.G., Iyer, S.S., Tassinari, C.G. ve Misi, A., 1997. Lead- and Sulfur-Isotope Investigations of the Boquirá Sediment-Hosted Sulfide Deposit, Brazil, Inter. Geol. Rev., 39, 97-106.

- Clark, C., Grguric, B. ve Mumm, A.S., 2004. Genetic implications of pyrite chemistry from the Palaeoproterozoic Olary domain and overlying Neoproterozoic Adelaiden sequences, southern South Australia, Ore Geol. Rev., 25, 237-257.
- Clayton, R.N. ve Mayeda, T., 1963. The use of bromine pentafluoride in the extraction of oxygen from oxides and silicates for isotopic analysis, Geochim. Cosmochim. Acta, 27, 47-52.
- Collins, P.L.F., 1979. Gas hydrates in CO₂ bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimation of salinity, Econ. Geol., 74, 1435-1444.
- Cook, N.D.J., Fanning, C.M. ve Ashley, P.M., 1994. New geochronological results from the Willyama supergroup, Olery Block, South Australia, Australian research on ore genesis symposium, Adelaide, Austral. Min. Found., 191-195.
- Cook, N.J., 1996. Mineralogy of the sulphide deposits at sulitjelma, northern Norway, Ore Geol. Rev., 11, 303-338.
- Cook, N.J., Halls, C. ve Boyle, A.P., 1993. Deformation and metamorphism of massive sulphides at Sulitjelma, Norway, Mineral. Mag., 57, 67-81.
- Cox, K.G. ve Hawkesworth, C.J., 1985. Geochemical stratigraphy of the Deccan Traps at Mahabalaeshwar, Western Ghats, India: its implications for open system magmatic processes, Jour. of Petrol., 26, 355-377.
- Cox, S.F., 1987. Flow mechanisms in sulfide minerals, Ore Geol. Rev., 2, 133-171.
- Craig, J.R. ve Vaughan, D.J., 1994. Ore microscopy and ore petrography, 2nd. Edition. Wiley-interscience, New York, 434 s.
- Craig, J.R. ve Vokes, F.M., 1992. Ore mineralogy of the Appalachian-Caledonian stratabound sulphide deposits, Ore Geol. Rev., 7, 77-123.
- Craig, J.R. ve Vokes, F.M., 1993. The metamorphism of pyrite and pyritic ores: an overview, Mineral. Mag., 57, 3-18.
- Craig, J.R., Vokes, F.M., ve Solberg, T.N., 1998. Pyrite: physical and chemical textures, Mineral. Deposita, 34, 82-101.
- Çamur, M.Z., Tüysüz, N., Güven, İ.H., Arıkal, T. ve Er, M., 1994. Eastern Pontides Volcanism and Related Ore Deposits, Inter. Volcan. Cong., Ankara, 20-20.
- Çınar, S., Yazıcı, E.N., Doksanbir, T., Boğuşlu, M., Genç, T., Yağcı, A. ve Yıldırım, K., 1987. Ordu-Ulubey-Perşembe-Fatsa yörelerinin jeolojisi ile maden zuhurlarına ilişkin rapor, MTA, rapor no, 8452, (yayınlanmamış).
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ, yayın no, 1034, İstanbul.

- Darling, R.S., 1991. An extended equation to calculate NaCl contents from final clathrate melting temperatures in H₂O-CO₂-NaCl fluid inclusions: Implications for P-T isochore location, Geochim. Cosmochim. Acta, 55, 3869-3871.
- Date, J., Watanabe, Y. ve Saeki, Y., 1983. Zonal Alteration around the Fukazawa Kuroko Deposits, Akita Prefecture, Northern Japan, Econ. Geol. Monograph, 5, 365-386.
- Demir, Y., Uysal, İ., Sadıklar, M.B. ve Sipahi, F., 2008. Mineralogy, Mineral Chemistry, and Fluid Inclusion Investigation of Köstere Hydrothermal Vein-Type Deposit (Gümüşhane, NE-Turkey), N. Jahr. für Mineral., 185-2, 215-232.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. ve Bonin, J., 1973. Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine system, Geol. Soc. Am. Bul., 84, 3137-3180.
- Dibenedetto, F., Bernardini, G.P., Costagliola, P., Plant, D. ve Vaughan, D., 2005. Compositional zoning in sphalerite crystals, Amer. Mineral., 90, 1384-1392.
- Dixon, J.C. ve Pereire, J., 1974. Plate tectonics and mineralization in the Tethyan region, Mineral. Deposita, 9, 185-198.
- Doe, B.R. ve Zartman, R.E., 1979. Plumbotectonics 1, the Phanerozoic. In: Barnes H.L. (ed). Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2 nd. Ed. Holt, Rinehart and Winston, 21-70, New york.
- Dolnicek, Z., Fojt, B., Prochaska, W, Kucera, J. ve Sulovsky, P., 2009. Origin of the Zalesi U-Ni-Co-As-Ag/Bi deposit, Bohemian masif, Czech Republic: Fluid inclusion and stable isotope constraints, Mineral. Deposita, 44, 81-97.
- Downes, P.M., Seccombe, P.K. ve Carr, G.R., 2008. Sulfur- and lead-isotope signatures of orogenic gold mineralisation associated with the Hill End Trough, Lachlan Orogen, New South Wales, Australia, Mineral. Petrol., 94, 151-173.
- Dunham, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional textures in W.E. Ham. (ed), Classification of carbonate rocks, Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1, 108-121.
- Ebel, D.S. ve Sack, R.O., 1991. Arsenic-silver incompatibility in fahlore, Mineral. Magazine, 55, 521-528.
- Ercan, T. ve Gedik, A., 1983. Pontidlerdeki volkanizma, TJK Bülteni, 18, 3-22.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, FBE, Trabzon, 197 s.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Arkının Evriminde Alaskan Tip Ultramafik Kayaçların Önemi, Doktora Tezi, KTÜ, FBE, Trabzon, 205 s.
- Eyüboğlu, Y., Bektas, O., Seren, A., Nafız, M., Jacoby, W.R. ve Özer, R., 2006. Three axial extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey), Geol. Carpat., 57-5, 337-346.

- Faure, G., 1986. Principles of Isotopes Geology, second edition, John Wiley ve Sons, New York, 589 s.
- Faure, G., 1998. Principles and Applications of Geochemistry (2nd Edition), Prentice Hall, .
- Fleet, M.E. ve Mumin, A.H., 1997. Gold bearing arsenian pyrite and marcasite from Carlin Trend deposit and laboratory synthesis, Amer. Mineral., 82, 182-193.
- Folk, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types in W.E. Ham. (Ed) classification of carbonate rocks, AAPG Bull., 1, 62-82.
- Gedik, İ., Kırmacı, Z., Çapkınoglu, S., Özer, E. ve Eren, M., 1996. Dogu Pontidlerin Jeolojik Gelişimi, KTÜ, 30. Yıl Semp. Bildiriler Kitabı, 2, 654-677.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit granit karmaşığı ve çevre kayaçları, Doktora Tezi, KTÜ, Yerbilimleri Fakültesi, Trabzon, 161 s.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1982. Gököy (Ordu) Yöresinde Bir Paleokaldera ile Cevherleşmelerin Konumu Arasındaki İlişkiler, Karadeniz Üniversitesi, Yer Bil. Dergisi., 2, 1-2, 117-130.
- Germann, K., Lüders, V., Banks, D.A., Simon, K. ve Hoefs, J. 2003. Late Hercynian polymetallic vein-type base metal mineralization in the Iberian Pyrite belt: fluid-inclusion and stable-isotope geochemistry (S-O-H-C), Mineral. Deposita, 38, 953-967.
- Giles, A.D. ve Marshall, B., 2004. Genetic significance of fluid inclusions in the CSA Cu-Pb-Zn deposit, Cobar, Australia, Ore Geol. Rev., 24, 241-266.
- Gill, J.B., 1981. Orogenic Andesites and Plate Tectonics, Springer, Berlin, 390 s.
- Gill, J.E., 1969. Experimental deformation and annealing of sulfides and interpretation of ore texture, Econ. Geol., 64, 500-508.
- Gillerman, V.S., 2008. Geochronology of Iron Oxide Copper Thorium REE Mineralization in Proterozoic Rocks at Lemhi Pass, Idaho, and a Comparison to Copper-Cobalt Ores, Blackbird Mining District, Idaho. Final Technical Report to U.S. Geological Survey, 148 s.
- Gomez-Fernandez, F., Both, R.A., Mangas, J. ve Arribas, A., 2000. Metallogenesis of Zn-Pb Carbonate-Hosted mineralization in the Southern region of the Picos de Europa (Central Northern Spain) Province, Econ. Geol., 95, 19-40.
- Gottesman, W. ve Kampe, A., 2007. Zn/Cd ratios in calcsilicate- hosted sphalerite ores at Tumurtijn-Ovoo, Mongolia, Chemie Der Erde, 67, 323-328.
- Gökçe, A. ve Bozkaya, G., 2003. Fluid inclusion and stable isotope characteristics of the İnler Yaylası lead zinc deposits, northern Turkey, Inter. Geol. Rev., 45, 1044-1054.

- Gökçe, A. ve Özgüneylioğlu, A., 1988. Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu yataklarının jeolojisi, oluşumu ve kökeni, Cumhuriyet Univ., Müh. Fak., Yerbilimleri Dergisi, 5-1, 23-36.
- Gökçe, A., 1990a. Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu Yataklarında kükürt izotopları incelemesi, MTA Dergisi, 111, 111-118.
- Gökçe, A., 1990b. Kurşunlu (Ortakent-Koyulhisar-Sivas) Pb-Zn-Cu Yataklarında Sıvı Kapanım ve Jeotermometre İncelemeleri, TJK Bülteni, 33, 31-37.
- Gökçe, A., 1993. Hidrotermal maden yataklarının köken ve oluşum koşullarının araştırılmasında kararlı izotoplar jeokimyası incelemeleri ve Türkiye'den örnekler, Jeoloji Mühen., 42, 89-1001.
- Gökçe, A., Spiro, B. ve Miller, M.F. 1993. Kurşunlu (Koyulhisar - Sivas) Damar Tipi Pb-Zn-Cu Yataklarında Mineral Oluşturucu Hidrotermal Çözeltilerin Kararlı İzotoplar (O, H Ve C) Jeokimyası ve Kökeni, TJK Bülteni, 36, 73-79.
- Görür, N., Şengör, A.M.C., Akkök, R. ve Yılmaz, Y., 1983. Pontidlerde Neo-Tetis'in Kuzey Kolunun açılmasına ilişkin sedimantolojik veriler, TJK Bülteni, 26, 11-20.
- Grant, J.A., 1986. The Isocon Diagram- A simple Solution to Greenses' equation for metasomatic alteration, Econ. Geol., 81, 1976-1982.
- Green, G.R., Solomon, M. ve Walshe, J.L., 1981. The formation of the volcaniv-hosted massive sulphide deposit at Rosebery, Tasmania, Econ. Geol., 76, 304-338.
- Greenses, R.L., 1967. Composition-volume relationship of metasomatism, Chem. Geol., 2, 47-65.
- Guilbert, J.M. ve Park, C.F.Jr., 1986. The geology of ore deposits, W.H. Freeman and Company, New York, 985 s.
- Güleç, N. ve Erler, A., 1983. Masif sülfid yataklarındaki piritlerin karakteristik iz element içerikleri, TJK Bülteni, 26, 145-152.
- Gündoğdu, M.N. ve Yılmaz, O., 1984. Kil Mineralojisi Yöntemleri, Ç.Ü. I. Ulusal Kil Simpozyumu Bildiriler Kitabı, Eylül, 1984, Adana, 319-330.
- Gürsoy, H., Öztürk, A. ve İnan, S., 1993. Kelkit (Gümüşhane) ve Yakın Dolayının Tektonostratigrafik Gelişimi, A. Suat Erk Semp., Bildiriler Kitabı, 15-18 Kasım, Ankara, 53-64.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidler'in 1/25.000 Ölçekli Komplikasyonu, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara (Yayınlanmamıs).
- Hachbarth, C.J. ve Petersen, U., 1984. A fractional crystallization model fort he deposit of argentinian tetrahedrite, Econ. Geol., 79, 448-460.

- Hacıalioglu, T., 1983. Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyel İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, FBE, Trabzon, 121 s.
- Hammond, N.Q. ve Tabata, H., 1997. Characteristics of ore minerals associated with gold at the Prestea mine, Ghana, Mineral. Magazine, 61, 879-894.
- Haris, D.C., Cabri, L.J. ve Nobiling, R., 1984. Silver bearing chalcopyrite, a principal source of silver in the Izok Lake massive-sulfide deposit: confirmation by electron and proton microprobe analyses, Can. Mineral., 22, 493-498.
- Harkins, S.A., Martin S.A., Nelson, B.K., Brewer, A.M. ve Groves, I.M., 2008. Lead Isotope Constraints on the Origin of Nonsulfide Zinc and Sulfide Zinc-Lead Deposits in the Flinders Ranges, South Australia, Econ. Geol., 103, 353-364.
- Hart, S.R., Erlank, A.J. ve Kable, E.J.D., 1974. Sea floor basalt alteration: some chemical and Sr isotopic effect, Cont. to Mineral. and Petrol., 44, 219-230.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. ve Mitchell, A.F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks using Immobile Trace Elements: Development of the Th-Co Discrimination Diagram, Jour. of Petrol., 48, 2341-2357.
- Hawksworth, M.A. ve Meinert, L.D., 1990. Alteration and fluid inclusion study of the Groundhog vein system, central Mining district, New Mexico, Econ. Geol., 85, 1825-1839.
- Hemley, J.J. ve Jones, W.R., 1964. Chemical aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism, Econ. Geol., 59, 538-569.
- Hermann, W. ve Berry, R.F., 2003. MINSQ-A Least Squares Spreadsheet Method for Calculating Mineral Proportions from Whole Rock Major Element Analyses (yayınlanmamış).
- Higuera, P.L., Munha, J., Oyarzun, R., Tassinari, C.G. ve Ruiz, I.R., 2005. First lead isotopic data for cinnabar in the Almadén district (Spain): implications for the genesis of the mercury deposits, Geogaceta, 3, 67-70.
- Hitzman, M.W. ve Beaty, D.W., 1996. The Irish Zn-Pb-(Ba) orefield. In: Sangster, D. (ed.) Carbonate-hosted Zn-Pb Deposits, Society of Econ. Geol., 4, 112-143.
- Ho, S.E., McQueen, K.G., McNaughton, N.J. ve Groves, D.I., 1995. Lead isotope systematics and pyrite trace element geochemistry of two granitoid associated mesothermal gold deposits in the southern Lachlan fold belt, Econ. Geol., 90, 1818-1830.
- Hoefs, J., 2004. Stable isotope Geochemistry, Fifth revised and updated edition, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 244 s.
- Hollings, P., Cooke, D. ve Clark, A.H., 2005. Regional geochemistry of Tertiary igneous rocks in central Chile: Implications for the geodynamic environment of giant porphyry copper and allied mineralization, Econ. Geol., 100, 887-904.

- Holloway, J.R., 1981. Composition and volumes of supercritical fluids in the Earth's crust. In: applications to petrology, Min. Assoc. Can., 6, 13-36.
- Holmes, A., 1946. An estimate of the age of the earth, Nature, 157, 680-684.
- Holser, W.T. ve Kaplan, I.R., 1966. Isotope geochemistry of sedimentary sulfates, Chem Geol., 1, 93-135.
- Holten, T., Jamtveita, B. ve Meakina, P., 2000. Noise and oscillatory zoning of minerals, Geochim. Cosmochim. Acta, 64-11, 1893-1904.
- Houtermans, F.G., 1946. Die Isotopenhäufigkeiten im natürlichen blei und das Alter des Urans, Naturwissenschaften, 33, 185-186.
- Huizenga, J.M., Gutmez, J. ve Banks, D., 2006. The Paleoproterozoic carbonate-hosted Pering Zn-Pb- deposit, South Africa. II: fluid inclusion, fluid chemistry and stable isotope constraints, Mineral. Deposita, 40, 686-706.
- Humphris, C.C., Jr., 1978. Salt movement on continental slope, northern Gulf of Mexico. In: A. i. Bournas, G. T. Moore, ve L M. Coleman, (eds.), Framework, facies, and oil-trapping characteristics of the upper continental margin, Amer. Assoc. of Petrol. Geol. Studies in Geol., 7, 69-85.
- Huston, D., Jablonski, W. ve Sie, S., 1996. The distribution and mineral host of silver in eastern Australian Volcanogenic massive sulphide deposits, The Can. Mineral., 34, 529-546.
- Huston, D.L., 1993. The effect of alteration and metasomatism on wall rocks to the Balcooma and Dry River South volcanics-hosted massive sulphide deposits, Queensland, Australia, Jour. of Geoch. Expl., 48, 277-307.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks, Can. Jour. of Earth Scien., 8, 523-548.
- Jambor, J.L. ve Laflamme, J.H.G., 1978. The mineral sources of silver and their distribution in the Caribou massive sulfide deposit, Bathurst area, New Brunswick, CANMET Rep., 78-14
- Johan, Z., Marcoux, E. ve Bonnemaïson, M., 1989. Arsenopyrite aurifere: mode de substitution de Au dans la structure de FeAsS, Academie De Sciences (Paris) Comptes Rendus, 308, 185-191.
- Jonasson, I.R. ve Sangster, D.F., 1978. Zn/Cd ratios for sphalerites from some Canadian sulfide ore samples, Geol. Surv. Can., 78, 195-201.
- Kahraman, İ., Yılmaz, B.S. Yazıcı, E.N. ve Boğuşlu, M., 1983. Giresun-piraziz yöresinin jeolojik raporu, MTA, rapor no, 1941, Ankara.
- Kamenetsky, V.S., De Vivo, B., Naumov, V.B., Kamenetsky, M.B., Mernagh, T.P., van Achterbergh, E., Ryan, C.G. ve Davidson, P., 2003. Magmatic inclusions in the

- search for natural silicate-salt melt immiscibility: Methodology and examples, Developments in Volcanology, 5, 65-82.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane yakın yörelerindeki Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonunun çökel özellikleri ve birikim koşulları, Doktora Tezi, KTÜ, FBE, Trabzon, 272 s.
- Karlı, O., 2002. Granitoid Kayaçlarda Magma Etkileşimleri için Petrografik, Mineralojik ve Kimyasal Bulgular: Dölek ve Sarıççek Plutonları (Gumuşhane, KD-Türkiye), Doktora tezi, KTÜ, FBE, Trabzon.
- Karlı, O., Aydın, F. ve Sadıklar, M.B., 2002. Geothermobarometric investigation of the Zigana Granitoid, Eastern Pontides, Turkey, Inter. Geol. Rev., 44, 277-286.
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F. ve Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting, Lithos, 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010a. Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: Implications for crustal thickening to delamination, Lithos, 114, 109-120.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. ve Wijbrans, J., 2010b. Relative contributions of crust and mantle to generation of campanian high-K calc-alkaline I-type granitoids in a subduction setting, with special reference to the Harşit Pluton, eastern Turkey, Contrib. Mineral. Petrol., 160, 467-487.
- Kerrick, R., 1987. The stable isotope geochemistry of Au-Ag vein type deposits in metamorphic rocks. In: Kyser, T.K., (ed.) Stable isotope geochemistry of low temperature fluids, Mineral. Assoc. of Can., Short courses Hand-book, 13, 287-336.
- Kesgin, Y., 1983. Bayburt (Gümüşhane) ilçesi Akşar Köyü ve güneybatısının jeolojik incelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, FBE, Trabzon, 94 s.
- Keskin, M., Pearce, J.A. ve Mitchell, J.G., 1998. Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars plateau, northeastern Turkey, Jour. of Volcan. and Geoth. Res., 85, 355-404.
- Knight, C.L. ve Bodnar, R.J., 1989. Synthetic fluid inclusions IX. Critical PVTX properties of NaCl-H₂O solutions, Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 3-8.
- Kojima, S. ve Sugaki, A., 1984. Phase relations in the central portion of the Cu-Fe-Zn-S system between 800-500 °C, Mineral. Journal, 12, 15-28.
- Kojima, S. ve Sugaki, A., 1985. Phase relations in the Cu-Fe-Zn-S system between 500 °C and 300 °C under hydrothermal conditions, Econ. Geol., 80, 158-171.

- Kojima, S., 1990. A coprecipitation experiment on intimate association of sphalerite and chalcopyrite and its bearing on the genesis of Kuroko ores, Mineral. Geol., 40, 147-158.
- Koptagel, O., Ulusoy, U. ve Fallick, A., 2007. Sulfur and Lead Isotope Investigations of the Carbonate-Hosted Pb-Zn Deposits in the Yahyalı Region, Kayseri, Southern Turkey, Turkish. Jour. Eart. Scien., 16, 57-76.
- Korkmaz, S. ve Gedik, A., 1988. Rize-Fındıklı-Çamlıhemşin Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Petrol Oluşumları, TJK Bülteni, 32-33, 5-15.
- Köse, M., 1987. Akgüney-Kabadüz (Ordu) Yöresi Pb-Zn-Cu Damarlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, FBE, 74 s.
- Kronberg, P., 1970. Photogeologische Daten zur Tektonik im ostpontischen Gebirge (NETürkei). Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 74, 24-33.
- Kudun-Yozgat, K., 2008. Çetilli (Gölköy-Ordu) Yöresinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Hidrotermal Damar Tip Cevherleşmeler Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, FBE, 106 s.
- Kuşcu, İ. ve Erler, A., 1998. Deformation of stibnite and pyrite in the Madsan antimony deposit 8Niğde, Turkey): İmplications for pressure-Temperature conditions of local deformation, Turkish. Jour. of Eart. Scien., 8, 57-66.
- Kuşcu, İ. ve Erler, A., 2002. Pyrite deformation textures in the deposits of the küre mining district (Kastamonu-Turkey). Turkish Jour. of Eart. scien., 11, 205-215.
- L'Heureux, I. ve Jamtveit, B., 2002. A model for oscillatory zoning in solid solutions grown from aqueous solutions: applications to the (Ba, Sr)SO₄ system, Geochim. Cosmochim. Acta, 66, 417-429.
- Lambert, R.J. ve Holland, J.G., 1974. Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships in Minerals and Rocks, Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 1393-1414.
- Laracque, A.C.L., Jackman, J.A., Cabri, L.J. ve Hodgson, C.J., 1995. Calibration of the ion microprobe for the determination of silver in pyrite and chalcopyrite from the Mobrun VMS deposit, Rouyn-Noranda, Quebec, Can. Mineral., 33, 361-372.
- Large, R.R., McPhie, J., Gemmel, J.B., Hermann, W. ve Davidson, G.J., 2001. The spectrum of the ore deposit types, volcanic environments, altheration halos, and related exploration vectors in sub marine volcanic successions: Some example from Australia, Econ. Geol., 96, 913-938.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford.

- Lermi, A., 2003. Midi Zn-Pb yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve kökenselel incelenmesi (Karamustafa-Gümüşhane), KD-Türkiye, Doktora tezi, KTÜ, FBE, 266 s.
- Lianxing, G. ve McClay, K.R., 1992. Pyrite deformation in stratiform lead-zinc deposits of the Canadian Cordillera, Mineral. Deposita, 27, 169-181.
- Loftus-Hills, G. ve Solomon, M., 1967. Cobalt, nickel and selenium in sulphides as indicators of ore genesis, Mineral. Deposita, 2, 228-242.
- Lu, L., 2002. The study on surface reaction of pyrite, PhD. Thesis, Nanjing University.
- Ludwig, K.R., 1997. ISOPLOT, a plotting and regression program for radiogenic-isotope data; Version 2.95 (July 1995 review) USGS Open-File Report, 91-445.
- Lusk, J. ve Calder, B.O.E., 2004. The composition of sphalerite and associated sulfides in reactions of the Cu-Fe-Zn-S, Fe-Zn-S and Cu-Fe-S systems at 1 bar and temperatures between 250 and 535 °C, Chem. Geol. 203, 319-345.
- Maclean, W.H. ve Kranidiotis, P., 1987. Immobile elements as monitors of mass transfer in hydrothermal alteration: Pheşps Dogge massive sulphide deposit, Matagami, Quebec, Econ. Geol., 82, 951-962.
- Maclean, W.H., 1990. Mass change calculations in altered rock series, Mineral. Deposita, 25, 44-49.
- Maurel, C., 1978. Stabilité de la blende dans le système Zn-Cd-S, Bull. de Mineral., 101, 406-411.
- McClay, K.R. ve Ellis, P.G., 1983. Deformation and recrystallization of pyrite, Mineral. Mag., 47, 527-538.
- Meyer, F.M., Robb, L.J., Oberthür, F.M., Saager, R. ve Stupp, H.D. 1990. Cobalt, nickel, and gold in pyrite from primary gold deposits and Witwatersrand reefs, Sout. Afr. Jour. Geol., 93-1, 70-82.
- Miller, J.W. ve Craig, J.R., 1983. Tetrahedrite-tennantite series compositional variations in the Cofer deposit, Mineral district, Virginia, Amer. Mineral., 68, 227-234.
- Mishra, B., Pal, N. ve Sarbadhikari, A.B., 2005. Fluid inclusion characteristics of the Uti gold deposit, Hutti-Maski greenstone belt, southern India, Ore Geol. Rev., 26, 1-16.
- Misra, K.C., Gratz, J.F. ve Lu, C., 1996. Carbonate-hosted Mississippi Valley-Type mineralisation in the Elmwood-Gordonsville deposits, Central Tennessee zinc district: A synthesis. In: Sangster, D.F. (eds), Carbonate-Hosted Lead-Zinc Deposits, Soc. of Econ. Geol., Michigan, Spec. Pub., 4, 58-73.
- Moore, D.M. ve Reynolds, R.C., Jr. 1997. X-ray Diffraction and Identification and Analysis of Clay Minerals, Oxford University Press, Oxford, 378 s.

- Moore, W.J., McKee, E.H. ve Akinci, Ö.T., 1980. Chemistry and chronology of plutonic rocks in the Pontid mountains, northern Turkey. In: Jankovic, S., Sillitoe, R.H. (Eds.), Eur. Copper Deposits, Belgrade, 209-216.
- Naschwitz, W. ve Van Moort, J.C., 1991. Geochemistry of wallrock alteration, Tasmania, Australia, Applied Geochem., 6, 267-278.
- Neng, J., Jiuhua, X. ve Mianxin, S., 1999. Fluid inclusion characteristics of mesothermal gold deposits in the Xiaoginling district, Shaanxi and Henan Provinces, Peoples Republic of China, Mineral. Deposita, 34, 150-162.
- Neumann, E.R., Sorensen, V.B., Simonsen, S.L. ve Johnsen, K., 2000. Gabbroic xenoliths from La Palma, Tenerife and Lanzarote, Canary Islands: evidence for reactions between OIB melts and old oceanic crust, Jour. Volcan. Geoth. Res., 103,1-4, 311-339.
- Nie, S.Y., Yin, A., Rowley, D.B. ve Jin, Y.G., 1994. Exhumation of the Dabie Shan ultra-high-pressure rocks and accumulation of the Songpan-Ganzi flysch sequence, central China, Geology, 22, 999-1002.
- Nier, A.O., 1938. Variations in the relative abundances of the isotopes of common lead from various sources, Jour. Amer. Chem. Soc., 60, 1571-1576.
- Nier, A.O., Thompson, R.W. ve Murphey, B.F., 1941. The isotopic constitution of lead and the measurement of geological time III, Phys. Rev., 60, 112-116.
- Nutt, C.J., 1989. Chloritization and associated alteration at the Jabiluka unconformity-type uranium deposit, Northern Territory, Australia, Can. Mineral., 27, 41-58.
- Ohmoto, H. ve Rye, R.O., 1979. Isotopes of sulphur and carbon: in Barnes, H.L. (ed.) Geochemistry of Hydrothermal ore deposits, 2nd ed., p. 509-567, John Wiley & Sons, New York.
- Okay, A.I. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides. In: A. Robinson (Ed), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Regions, AAPG Memoir, 68, 291-311.
- Olivo, G.R., Isnard, H., Williams-Jones, A.E. ve Gariépy, C., 2007. Pb Isotope composition of pyrite from the C quartz-Tourmaline vein of the Siscoe gold deposit, Quebec: Constraints on the origin and age of the gold mineralization, Econ. Geol., 102, 137-146.
- Özer, E., 1983. Bayburt (Gümüşhane) Yöresinin Jeolojisi ve Mikrofasiyes incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KÜ. FBE, Trabzon, 107 s.
- Özgenç, İ., 1999. Sulfur Isotopes in Sulfide and Sulfate Bearing Mineralizations of Şebinkarahisar (Giresun) region, DEÜ, Fen ve Müh. Derg., 1-1, 65-72.
- Öztürk, H., Hanilçı, N., Kasapçı, C. ve Altuncu, S., 2008. Orta Karadeniz Bölgesi (Giresun-Ordu) Damar Tipi Zn-Pb-Cu Yataklarının Jeolojik Özellikleri ve

Oluşumları, İstanbul Üniversitesi, Türkiye Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojisi, Madencilik ve Mevcut Sorunları Semp., 325-346, İstanbul.

- Palero, F.J. ve Martin-Izard, A., 2005. Trace element contents in galena and sphalerite from ore deposits of the Alcudia Valley mineral field (Eastern Sierra Morena, Spain, Jour. of Geochem. Expl., 86, 1-25.
- Patterson, C.C., 1956. Age of meteorites and the earth, Geochim. Cosmochim. Acta, 10, 230-237.
- Patrick, R.A.D., Mosselmans, J.F.W. ve Charnock, J.M., 1998. An X-ray absorption study of doped sphalerites, Eur. Jour. of Mineral., 10, 239-249.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In C. J., Hawkesworth ve M. J. Norry, (eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Saroglu, F., Yilmaz, Y., Moor bath, S. ve Mitchell, I.I., 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey, Jour. of Volcan. and Geotherm. Res., 44, 189-229.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate margins, In: R. S. Thorpe (ed.), Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks, Wiley, New York, 525-548.
- Pejato viç, S., 1971. Doğu Karadeniz Küçük Kafkasya bölgesindeki metalojenik zonlar ve bunların metalojenik özellikleri, MTA Dergisi, 77, 10-21.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik incelemesi, KTÜ yayını, 87, 103.
- Pichavant, M., Ramboz, C. ve Weisbord, A., 1982. Fluid immiscibility in natural processes: use and misuse of fluid inclusion data. 1 Phase equilibria analysis – a theoretical and geometrical approach, Chem. Geol., 37, 1-27.
- Potter, E.G. ve Taylor, R.P., 2009. The Lead isotope composition of ore minerals from precious metal bearing, polymetallic vein systems in the cobalt embayment, northern Ontario: metallogenetic implications, Econ. Geol., 104, 869-879.
- Potter, R.W., 1977. Pressure corrections for fluid inclusion homogenisation temperatures based on the volumetric properties of the system NaCl-H₂O, Jour. of Res. Unit. Stat. Geol. Surv., 5, 603-607.
- Potter, R.W., Clyne M.A. ve Brown D.L. 1978. Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions, Econ. Geol., 73, 284-285.
- Poutiainen, M. ve Partamies, S., 2003. Fluid evolution of the late Archaean Ramepuro gold deposit in the Homantsi greenstone belt in eastern Finland, Mineral. Deposita, 38, 196-207.

- Qian, Z., Jiajun, L., Shuxun, S. ve Zhihao, L., 2002. An Estimate Of The Lead Isotopic Compositions Of Upper Mantle And Upper Crust And Implications For The Source Of Lead In The Jinding Pb-Zn Deposit In Western Yunnan, China, Geochem. Jour., 36, 271-287.
- Qiu, Y. ve McNaughton, N.J., 1999. Source of Pb in orogenic lode-gold mineralisation: Pb isotope constraints from deep crustal rocks from the southwestern Archaean Yilgarn Craton, Australia, Mineral. Deposita, 34,366-381.
- Ramboz, C., Pichavant, M. ve Weisbord, A., 1982. Fluid immiscibility in natural processes: use and misuse of fluid inclusion data, Chem. Geol., 37, 29-48.
- Ramdohr, P., 1984. The ore minerals and their intergrowths, Pergamon press, Second edition, 2 cilt, Headington Hill Hall, Oxford, 1205 s, England.
- Ramsden, A.R., Kineally, K.M., Creelman, R.A. ve French, D.H., 1990. Precious and base metal mineralogy of the Hellyer volcanogenic massive sulphide deposit, northwest Tasmania: a case study by electron microprobe. In sulphide deposits-their origin and Processing (P.M.J. Gray, G.J. Bowyer, J.F. Castle, D.J. Vaughan ve N.A. Warner, eds), Inst. Mining Metal, 49-71, London.
- Raymond, O.L., 1996. pyrite composition and ore genesis in the Prince Lyell copper deposit, Mt Lyell mineral field, western Tasmania, Australia, Ore Geol. Rev., 10, 231-250.
- Roberts, F.I., 1982. Trace element chemistry of pyrite: A useful guide to the occurrence of sulfide base metal mineralization, Jour. of Geoch. Expl., 17, 49-62.
- Robinson, A.G., Banks, C.J., Rutherford, M.M. ve Hirst, J.P.P., 1995. Stratigraphic and structural development of the Eastern Pontides, Turkey, Jour. of Geol. Soc. London, 152, 861-872.
- Roedder, E., 1979. Fluid inclusions as samples of ore fluids. In H.L. Barnes (ed.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. 2nd edition., Wiley Interscience, New York, 684-737.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions. Rev. in Mineral., 12, 644 s. Mineralogical Society of America, Washington.
- Roedder, E. ve Bodnar, R.J. 1980. Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies, Ann. Rev. of Eart. Planet. Scien., 8, 263-301.
- Rose, A.W. ve Burt, D.M., 1979. Hydrothermal alteration. In: Barnes, H.L. (ed.) Geochemistry of hydrothermal ore deposits, John Wiley & Sons, New York, 173-227.
- Sack, R.O., 2004. Internally consistent database for sulfides and sulfosalts in the system Ag₂S-Cu₂S-ZnS-FeS-Sb₂S₃-As₂S₃: Update, Geochim. Cosmochim. Acta, 69/5, 1157-1164.

- Sack, R.O., Lynch, J.V.G. ve Fot, F., 2003. Fahlore as a petrogenetic indicator: Keno Hill Ag-Pb-Zn District, Yukon, Canada, Mineral. Mag., 67-5, 1023-1038.
- Sasaki, A. ve Ishihara, S., 1979. Sulfur isotopic composition of the magnetite-series and ilmenite-series granitoids in Japan, Cont. to Mineral. and Petrol., 68-2, 107-115.
- Sato, T., 1974. Distribution and geological setting of the Kuroko deposits, Soc. Min. Geol. Jpn. Spec., 6, 1-10.
- Saunders, A.D., Norry, M.J. ve Tarney, J., 1991. Fluid influence on the trace element compositions of subduction zone magmas, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 335, 377-392.
- Saunders, A.D., Tarney, J. ve Weaver, S.D., 1980. Transverse geochemical variations across the Antarctic Peninsula: Implications for the genesis calcalkaline magmas, Earth and Plan. Scien. Lett., 46, 344-360.
- Schultze-Westrum, H.H., 1960. Giresun-Aksudere (Doğu Pontos Cevher bölgesi) hinterlandında yapılan prospeksiyon ve jeolojik harita hakkında rapor, MTA, rapor no, 3184 (yayınlanmamış).
- Schultze-Westrum, H.H., 1961. Kuzeydogu Anadolu'da Dogu Pontus Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile ilgili Mütââlâlar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Scott, S.D. ve Barnes, H.L., 1971. Sphalerite geothermometry and geobarometry, Econ.Geol., 66, 653-669.
- Scott, S.D. ve Kissin, S.A., 1973. Sphalerite composition in the Zn-Fe-S system below 300 °C. Econ. Geol., 68, 475-479.
- Seymen, İ. 1975. Kelkit vâdisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun tektonik Özelliği, Doktora tezi, İTÜ, FBE, 192 s.
- Shalaby, I., Stumpf, E., Helmy, H.M., Mahallawi, M.M. ve Kamel, O., 2004. Silver and Silver-bearing minerals at the Um Samiuki Volcanogenic massive sulphide deposit, eastern desert, Egypt, Mineral. Deposita, 39, 608-621.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H. ve Aiderton, D.H.M., 1985. A practical guide to fluid inclusion studies, Blackie and Son Limited, Glasgow (U.K.), 235 s.
- Shieh, S.H. ve Chen, C.C., 1983. A geochemical study of the pyrites in the Tamayenshan area, Eastern Taiwan. Mere, Geol. Soc. China., 5, 167-176.
- Shriver, N.A. ve MacLean, W.H., 1993. Mass, Volume and Chemical Changes in the Alteration Zone at the Norbec Mine, Noranda, Quebec, Mineral. Deposita, 28, 157-166.
- Slack, J.F., 1980. Multistage vein ores of the Lake City district, western San Juan Mountains, Colorado, Econ. Geol., 75, 963-991.

- Smitheringale, W.G. ve Jensen, M.L., 1963. Sulfur isotopic composition of the Tertiary igneous rocks of eastern United States, Geochim. Cosmochim. Acta, 27, 1183-1207.
- So, C.S., Yun, S.T. ve Koh, Y.K., 1993. Mineralogic, fluid inclusion, and stable isotope evidence for the genesis of carbonate-hosted Pb-Zn (Ag) orebodies of the Taebaek Deposit, Republic of Korea, Econ. Geol., 88, 855-872.
- Stacey, J.S. ve Kramers, J.D. 1975. Approximation of the terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model, Earth and Plan. Sci. Lett., 26, 207-221.
- Steinmann, M. ve Emerson, C., 2001. Zamanti madeni Kuzey Türkiye Jeolojisi, rezervleri ve sondaj programı, Zamanti madencilik arşivi, Yayınlanmamış.
- Sun, S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: Implications for mantle composition and processes, In: A. D. Saunders, ve M.J. Norry, (eds.), Magmatism in the Ocean Basins, Geol. Soc. of London, Spec. Publ., 42, 313-345.
- Sverjensky, D.A., Rye, D.M. ve Doe, B.R., 1979. The lead and sulfur isotopic composition of galena from a Mississippi valley-type deposit in the New Lead Belt, southeastern Missouri, Econ. Geol., 74, 149-153.
- Swanenberg, H.E.C., 1979. Phase Equilibria in carbonic systems, and their application to freezing studies of fluid inclusions, Contrib. Mineral. and Petrol., 668, 303-306.
- Şaşmaz, A. ve Sağıroğlu, A., 1994a. Tutakdağı Güneybatısındaki (Şebinkarahisar-Giresun) Pb-Zn yatakları, MTA Dergisi, 116, 51-64.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., 1979. Mid-Mesozoic Closure of Permo-Triassic Tethys and Its Implications, Nature, 279, 590-593.
- Şengör, A.M.C., 1982. Factors controlling the neotectonic evolution of Aegean. In: Erol, O., Oygur, V. (Eds.), Panel on Neotectonics and Young Volcanism of Western Anatolia, Geological Society of Turkey, Ankara, 59-71.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. ve Ketin, İ., 1980. Remnants of Pre-Late Jurassic Ocean in Northern Turkey: Fragments of Permian Triassic Paleo-Tethys, Geol. Soc. Amer. Bull., 91, 599-609.
- Tarkian, M. ve Breskovska, V., 1990. Arsenic minerals and their genetic significance in the Madjarovo ore field, Eastern Rhodope, Bulgaria, N. Jb. Mineral. Mh., 10, 433-442.
- Tarkian, M. ve Breskovska, V., 1989. Greenockite from the Madjarovo Pb-Zn Ore District, Eastern Rhodope, Bulgaria, Mineral. and Petrol., 40, 137-144.

- Tarkian, M. ve Breskovska, V., 1994. Mineralogy and Fluid Inclusion Study of the Zidarovo Copper Polymetallic Deposit, Eastern Bulgaria, N. Jb. Miner. Abh. 168-3, 283-298.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase karbonat istiflerinin stratigrafik, paleocoğrafik ve mikropaleontolojik incelemesi, Doktora Tezi, KTÜ, FBE, Trabzon, 223 s.
- Tauson, V.L., 1999. Gold solubility in the common gold-bearing minerals: Experimental evaluation and applic ation to pyrite, Eur. Jour. of Mineral., 11, 937-947.
- Tauson, V.L., Chernyshev, L.V. ve Makeyer, A.B., 1977. Phase relations and structural characteristics of mixed crystals in the system ZnS-MnS, Geoch. Inter., 14, 33-45.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust, Its Composition and Evolution, Blackwell, Oxford, 312 s.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A., 1980. Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi, TJK Bülteni, 23, 179-191.
- Terzioğlu, İ. ve Yılmaz, A., 1980. Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi, TJK Bülteni, 23, 179-191.
- Terzioğlu, İ., 1986. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Pliyosen yaşlı Erdembaba volkanitlerinin petrolojisi ve kökenseel yorumu, TJK Bülteni, 29, 119-132.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey), Doktora Tezi, University of College, London.
- Tokel. S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen yaşlı kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma, TJK Bülteni, 20, 49-54.
- Tokel, S., 1981. Plaka Tektonigindeki Magmatik Yerleşimler ve Jeokimya: Türkiye'den Örnekler, Yeryuvarı ve İnsan, 6, 53-65.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M., Dokuz, A., 2005. Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). Contributions to Mineralogy and Petrology 150, 441-455.
- Tornos, F., Ribera, F., Arias, D., Loredó, J. ve Galindo, C., 1996. The carbonate-hosted Zn-Pb deposits of NW Spain: Stratabound and discordant deposits related to the Variscan deformation, *in* Sangster, D.F., (ed.), Carbonate hosted lead zinc deposits: Society of Econ. Geol. Special Publication, 4, 195-203.
- Türk-Yugoslav Ekibi, 1970. Ordu-Kabadiüz sahasının 1/25.000 ölçekli jeolojik etüdü ve prospeksiyon raporu, MTA, rapor no, 4596, 37s.
- Tüysüz, N. 2000. Geology, Litho geochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulphide Deposit, NE-Turkey, Chem. der Erde, 60, 231-250.

- Tüysüz, N., 1992. Ordu-Ünye-Fatsa-Aybastı Yöresindeki Altın Aramalarına Çok Değişkenli İstatistik Yöntemlerin Uygulanması ve Jeokimyasal Yorumu, TJK Bülteni, 35, 141-146.
- Tüysüz, N., Sadıklar, M.B., Er, M. ve Yılmaz, Z., 1995. An epithermal gold-silver deposit in the Pontide island arc, Mastra, Gümüşhane, northeast Turkey, Econ. Geol., 90, 1301-1309.
- Uysal, Ş., Bedi, Y., Kurt, İ. ve Kılınc, F., 1995. Koyulhisar (Sivas) dolayının jeolojisi, MTA, rapor no, 9838, 120 s.
- Ünal, E., 2006. Akgüney (Kabadüz-Ordu) bakır-kurşun çinko yatağının jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 70 s.
- Ünal, E., Gökçe, A. ve Harris, C., 2009. Microtrmometrik and O and H isotopes characteristics of the mineralizing fluid in the akgüney, copper-lead-zinc deposit, NE, Turkey, Intern. Geol. Rev., 51, 375-387.
- Vaalsjoki, M. ve Gulson, B.L., 1986. Carbonate-hosted base metal deposits: lead isotope data bearing on their genesis and exploration, Econ. Geol., 81, 156-172.
- Vıçıl, M. 1988. Doğu Pontidlerin Cevher Minerallerinde Görülen Mikrotektonik İzler, Akdeniz Üniversitesi, 5. Müh. Haftası semp., 266-275.
- Warren, I., Simmons, S.F. ve Mauk, J.L., 2007. Whole-rock geochemical techniques for evaluating hydrothermal alteration, mass changes, and compositional gradients associated with epithermal Au-Ag mineralization, Econ. Geol., 102, 923-948.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, Lithos, 55, 229-272.
- Williams-Jones, A.E., Schrijver, K., Doig, R. ve Sangster, D., 1992. A model for epigenetic Ba-Pb-Zn mineralization in the Appalachian thrust belt, Quebec: evidence from fluid inclusions and isotopes, Econ. Geol., 87, 154-174.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1976. Geochemical magma type discrimination: application to altered and metamorphosed basic igneous rocks, Earth and Plan. Scien. Lett., 28, 459-469.
- Wood, D.A., Joron, J.L., Treuil, M., Norry, M. ve Tarney, J., 1979. Elemental and Sr isotopic variations in basic lavas from Iceland and surrounding ocean floor: the nature of the mantle sources inhomogenities, Contrib. Mineral. Petrol., 70, 319-339.
- Xu, G., 1998. Geochemistry of sulphide minerals at Dugald River, NW Queensland, with reference to ore genesis, Mineral. and Petrol., 63, 1-2, 119-139.
- Xuexin, S., 1984. Minor elements and ore genesis of the Fankou Lead-Zinc deposit, China, Mineral. Deposita, 19, 95-104.

- Yang, L.Q., Deng, J., Zhang, J., Wang, Q.F., Gao, B.F., Zhou, Y.H. ve Jiang, S.Q., 2007. Preliminary studies of fluid inclusions in Damoqujia gold deposit along Zhaoping fault zone, Shandong province, China, Acta Petrol. Sinica, 23, 1, 153-160.
- Yaylalı, G., 2000. Akoluk (Ulubey-Ordu) epitermal altın cevherleşmesinin jeolojisi, minerolojisi ve hidrotermal alterasyonu, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, FBE, 147 s, Trabzon.
- Yıldız, B., 1983. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Cu-Pb-Zn cevherleşmelerinin uzay görüntülerinden saptanan çeşitli yapılar ile ilişkisi, MTA dergisi, 99-100, 91-99.
- Yılmaz, A. ve Yılmaz, H., 2004. Geology and Structural Evolution of the Tokat Masif (eastern Pontides, Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, A Special Issue Commemorating Okan Tekeli, 13, 231-246.
- Yılmaz, C., 1997. Sedimentological Records Cretaceous Platform-basin Transition Gümüşhane Region (NE Turkey), Geologie Mediterran, 24, 1-2, 125-135.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, TJK Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, H., 1984. Olur (Erzurum) Yöresinin Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, KÜ, FBE, Trabzon, 84 s.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D. 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontids, Turkey, Inter. Geol. Rev., 38, 935-956.
- Yılmaz, S., 1995. Dereli-Şebinkarahisar (Giresun güneyi) arası granitoid Plütonlarının karşılaştırmalı incelenmesi Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Yılmaz, Y., 1973. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, 485-490.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Şengör, A.M.C., 1997. Geology of Tectonic Evolution of the Pontides, AAPG Memoir, 68, 183-226.
- Yoldaş, R., Keskin, B., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, İ., Ağrıdağ, R. ve Besbelli, B., 1985. Samsun ve dolayının (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki bölge) jeolojisi ve petrol olanakları, MTA, rapor no, 8130 (yayımlanmamış).
- Yüksel, S., 1976. Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Flişinin Petrografik ve Sedimentolojik İncelemesi, Doçentlik Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Zacharias, J., Fryda, J., Paterova, B. ve Mihaljevic, M., 2004. Arsenopyrite and As-bearing pyrite from the Roudny deposit, Bohemian Masif, Mineral. Magazine, 68, 1, 31-46.
- Zartman, R.E. ve Doe, B.R., 1981. Plumbotectonics-The model, Tectonophysics, 75, 135-162.

- Zartman, R.E. ve Stacey, J.S., 1971. Lead isotopes and mineralization ages in Belt supergroup rocks, Northwestern Montana and northern Idaho, Econ. Geol., 66, 849-860.
- Zaw, K. ve Large, R.R., 1996. Petrology and geochemistry of sphalerite from the Cambrian VHMS deposits in the Rosebery- Hercules district, western Tasmania: implication for gold mineralisation and Devonian metamorphic processes, Mineral. Petrol., 57, 97-118.
- Zhang, Y.G. ve Frantz, J.D., 1987. Determination of the homogenisation temperatures and densities of supercritical fluids in the system NaCl-KCl-CaCl₂-H₂O using synthetic fluid inclusions, Chem. Geol., 64, 335-350.
- Zhang, Z. ve Frantz, J.D., 1989. Experimental determination of the compositional limits of immiscibility in the system CaCl₂-H₂O-CO₂ at high temperature and pressure using synthetic fluid inclusions, Chem. Geol., 74, 289-308.

7. EKLER

Ek Tablo 1. Kabadüz yöresi andezit ve bazaltlara ait ana ve iz element analiz sonuçları.

	D.L.	% T	D7	D12	C3	B17	B33	B2	B13	B22	AG6	AG7	AG5	AG13	AG15	Y6
SiO ₂	0.01	0,16	55.54	53.89	55.69	42.38	47.93	61.74	53.64	46.67	54.40	54.61	51.09	50.58	51.83	44.47
Al ₂ O ₃	0.01	0,36	15.90	15.82	16.67	11.00	14.36	16.41	16.37	15.58	16.37	16.54	15.21	16.13	17.10	16.54
Fe ₂ O ₃	0.04	0,98	6.66	6.80	7.35	8.67	7.68	3.87	8.25	8.17	7.39	7.48	7.75	8.21	7.50	10.84
MgO	0.01	1,06	3.93	3.24	3.52	6.15	4.87	1.70	1.87	6.20	3.54	4.08	3.73	3.95	4.19	4.49
CaO	0.01	0,46	4.23	4.86	3.09	12.64	5.98	2.55	5.23	7.15	7.03	6.93	6.93	4.87	6.71	6.75
Na ₂ O	0.01	0,46	2.50	2.14	0.70	0.81	1.36	3.09	1.52	3.27	1.89	2.08	1.66	0.68	2.66	2.69
K ₂ O	0.01	1,16	3.39	5.99	4.71	1.66	3.47	5.97	5.06	2.76	4.21	4.02	2.66	6.31	3.75	4.52
TiO ₂	0.01	1,11	0.58	0.58	0.64	0.49	0.56	0.37	0.63	0.67	0.60	0.63	0.59	0.68	0.66	0.90
P ₂ O ₅	0.01	2,48	0.24	0.28	0.24	0.20	0.22	0.20	0.20	0.25	0.31	0.29	0.28	0.35	0.30	0.38
MnO	0.01	6,60	0.14	0.11	0.20	0.18	0.14	0.12	0.10	0.12	0.10	0.10	0.16	0.23	0.15	0.12
Cr ₂ O ₃	0.002	1,34	0.005	0.003	<0.002	0.027	0.004	<0.002	0.004	0.012	0.006	0.004	0.003	<0.002	0.004	<0.002
Ask.	-5.1		6.6	6.0	6.9	15.5	13.1	3.8	6.7	8.7	3.8	2.9	9.7	7.2	4.8	7.9
Top/C	0.02		0.78	0.88	0.61	3.20	2.80	0.43	1.02	1.31	0.43	0.12	1.41	0.94	0.45	1.23
Top/S	0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.02
Toplam	0.01		99.70	99.73	99.73	99.72	99.72	99.77	99.61	99.61	99.68	99.67	99.77	99.17	99.66	99.65
Ni	0.1	112,5	13.5	10.9	11.6	59.1	13.3	1.4	7.3	31.0	12.2	11.0	14.5	17.3	16.4	11.0
Sc	1	3,66	23	21	23	41	26	9	24	39	24	24	23	25	28	32
Ba	1	1,09	1011	877	755	415	694	879	2214	1153	854	795	471	1597	864	1051
Be	1	25,66	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	3	2	1
Co	0.2	1,76	20.0	18.0	21.3	37.5	23.4	5.5	17.4	33.6	21.9	21.7	23.9	24.0	24.8	24.0
Cs	0.1	1,64	2.4	1.7	1.7	4.8	2.2	1.1	1.9	0.5	0.9	0.6	2.8	1.6	2.5	2.0
Ga	0.5	4,38	14.5	13.3	15.1	10.2	12.0	12.9	13.7	12.9	13.6	13.6	13.1	14.3	14.1	14.6
Hf	0.1	12,25	2.7	3.0	2.9	1.3	2.3	4.0	2.5	1.8	3.1	3.2	2.6	3.6	2.6	1.8
Nb	0.1	6,00	5.0	6.2	5.5	2.5	4.6	8.3	4.7	3.0	5.6	5.8	4.9	8.3	4.8	3.3
Rb	0.1	1,15	87.2	198.2	115.3	53.5	121.5	180.8	197.0	75.2	115.4	119.5	81.5	184.6	91.9	135.6
Sn	1	32,99	2	2	2	<1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1
Sr	0.5	0,16	303.2	226.8	138.0	421.0	161.2	228.5	177.3	439.2	535.8	543.2	282.7	141.2	463.1	229.2
Ta	0.1	23,55	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2
Th	0.2	2,69	10.1	13.6	11.3	4.6	10.3	17.9	9.9	6.4	14.4	13.8	13.0	17.3	9.9	7.6
U	0.1	5,79	3.4	4.5	4.0	2.6	3.6	5.9	2.7	2.5	5.3	5.2	4.7	6.1	3.9	3.1
V	8	2,64	199	201	224	239	236	55	221	285	213	221	207	245	247	370

Ek Tablo 1'in devamı.

	D.L.	% T	D7	D12	C3	B17	B33	B2	B13	B22	AG6	AG7	AG5	AG13	AG15	Y6
W	0.5	4,91	1.9	2.7	2.2	1.3	1.8	3.3	3.2	1.0	2.5	2.4	2.5	3.6	1.6	1.0
Zr	0.1	5,69	91.9	110.3	107.2	44.3	82.2	147.3	94.0	59.3	105.5	105.6	94.4	135.1	89.2	59.9
Y	0.1	1,37	19.2	17.8	18.7	12.8	15.3	22.2	17.7	15.5	17.3	18.1	16.7	34.8	20.0	21.0
Mo	0.1	66,39	1.5	0.5	1.7	0.6	0.2	0.8	0.6	0.3	1.4	1.8	0.3	0.4	0.5	0.7
Cu	0.1	19,36	52.8	54.0	59.0	85.0	78.3	7.3	6.9	74.1	66.2	79.5	89.2	218.7	156.2	156.5
Pb	0.1	13,2	5.7	4.6	6.1	6.5	3.0	10.5	4.8	3.3	5.2	6.7	9.3	284.7	9.9	2.4
Zn	1	2,10	92	53	98	48	58	49	32	56	51	53	57	3103	83	53
As	0.5	326,6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.8	<0.5	1.5	7.0	4.1	0.6	<0.5	0.7	2.4
Cd	0.1	516,4	<0.1	<0.1	2.3	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	38.5	0.4	<0.1
Sb	0.1	243,3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Bi	0.1	344,3	0.4	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2
Ag	0.1	115,5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au	0.5	38,49	3.2	4.1	2.4	2.3	1.3	3.2	2.5	2.0	1.8	2.5	3.0	0.7	1.3	3.2
Hg	0.01	46,19	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tl	0.1	98,97	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Se	0.5	81,65	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5
NE																
La	0.1	2,69	21.2	24.4	23.7	13.6	18.1	32.6	21.1	15.0	21.9	22.6	19.8	33.5	20.6	18.2
Ce	0.1	2,71	44.0	47.4	49.2	26.5	36.2	61.6	42.8	30.4	43.7	46.4	40.6	58.3	42.9	39.9
Pr	0.02	2,36	5.21	5.53	5.84	3.23	4.26	6.94	5.23	3.75	5.02	5.42	4.78	8.01	5.17	5.02
Nd	0.3	3,58	20.7	21.0	23.2	14.5	17.8	25.8	21.2	16.6	20.4	20.6	18.3	32.5	19.8	21.3
Sm	0.05	3,19	4.04	4.21	4.53	2.93	3.40	4.70	4.08	3.31	3.86	4.16	3.85	5.87	4.21	4.45
Eu	0.02	2,24	1.01	1.03	1.04	0.75	0.88	1.15	0.98	0.98	1.02	1.07	0.95	1.52	1.15	1.32
Gd	0.05	2,33	3.54	3.52	3.96	2.63	3.12	3.82	3.42	2.96	3.37	3.50	3.33	5.56	3.76	4.18
Tb	0.01	2,10	0.59	0.59	0.61	0.41	0.49	0.65	0.55	0.47	0.55	0.56	0.53	0.87	0.62	0.68
Dy	0.05	2,30	3.32	2.92	3.37	2.41	2.71	3.66	3.01	2.58	2.94	3.17	2.90	4.72	3.40	3.74
Ho	0.02	1,33	0.65	0.60	0.67	0.45	0.52	0.71	0.62	0.51	0.58	0.61	0.58	0.94	0.69	0.75
Er	0.03	3,56	2.00	1.85	2.04	1.23	1.56	2.19	1.83	1.59	1.75	1.80	1.70	2.64	1.99	2.25
Tm	0.01	4,05	0.31	0.29	0.31	0.18	0.24	0.33	0.28	0.23	0.27	0.27	0.24	0.38	0.29	0.33
Yb	0.05	1,50	1.94	1.79	1.98	1.19	1.51	2.18	1.77	1.52	1.78	1.81	1.66	2.35	1.95	2.00
Lu	0.01	27,44	0.32	0.30	0.31	0.18	0.24	0.34	0.28	0.23	0.27	0.28	0.24	0.37	0.29	0.31

Ek Tablo 1'in devamı.

Örnek no	D.L.	Y3	KZ5	YP	29	37	40	A1	A2	A3	A4	A5	A13	A31
SiO2	0.01	54.40	55.76	57.15	52.91	57.26	53.07	48.84	55.41	54.44	54.39	50.18	47.03	44.86
Al2O3	0.01	16.58	16.11	16.84	15.92	17.47	15.92	17.52	16.93	17.04	17.19	14.16	18.14	17.83
Fe2O3	0.04	7.31	7.09	4.37	7.04	7.29	6.84	7.46	7.21	7.07	4.73	6.69	8.90	8.70
MgO	0.01	4.80	3.61	2.16	4.35	1.30	3.62	4.66	3.36	2.44	2.53	4.26	4.22	2.41
CaO	0.01	3.41	5.58	4.36	5.25	2.16	5.28	5.35	7.22	5.64	4.17	5.17	6.08	7.62
Na2O	0.01	3.78	2.40	2.74	3.39	0.54	2.02	3.45	2.10	1.91	0.87	1.57	2.10	2.00
K2O	0.01	2.75	4.89	6.25	3.30	4.99	4.48	3.40	3.79	4.25	3.15	3.59	3.21	6.13
TiO2	0.01	0.63	0.59	0.48	0.60	0.67	0.59	0.67	0.63	0.63	0.63	0.54	0.69	0.72
P2O5	0.01	0.24	0.26	0.22	0.24	0.30	0.25	0.27	0.22	0.26	0.28	0.21	0.24	0.25
MnO	0.01	0.13	0.12	0.05	0.16	0.05	0.16	0.09	0.11	0.09	0.08	0.12	0.15	0.12
Cr2O3	0.002	<0.002	0.003	<0.002	0.004	0.004	0.006	0.004	0.002	<0.002	0.005	0.004	0.002	<0.002
Ask.	-5.1	5.6	3.3	5.1	6.6	7.8	7.5	8.0	2.7	5.9	11.7	13.3	9.0	9.1
Top/C	0.02	0.41	0.38	0.71	0.82	0.88	1.08	0.98	0.36	1.12	1.87	2.82	1.28	1.57
Top/S	0.02	<0.02	0.06	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Toplam	0.01	99.70	99.72	99.71	99.73	99.81	99.73	99.70	99.72	99.71	99.77	99.76	99.75	99.69
Ni	0.1	11.7	10.6	5.9	15.0	5.0	14.5	12.8	8.6	20.1	7.5	10.7	12.2	12.3
Sc	1	22	23	13	23	26	23	26	24	22	25	21	26	27
Ba	1	737	788	1228	698	529	793	964	734	872	806	720	528	1290
Be	1	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	1
Co	0.2	19.5	19.0	10.5	20.3	10.1	19.5	20.4	18.5	22.6	10.0	18.8	26.5	22.2
Cs	0.1	1.4	2.4	1.8	0.9	3.2	1.5	3.0	1.1	1.8	2.2	1.8	1.9	1.9
Ga	0.5	14.1	12.9	12.5	13.5	12.7	13.5	15.2	14.4	15.1	13.3	12.7	16.8	14.0
Hf	0.1	2.9	3.7	3.3	2.1	3.0	2.7	2.9	2.9	2.9	2.4	2.6	3.4	2.9
Nb	0.1	5.0	6.0	6.5	4.4	5.5	4.4	5.0	5.0	5.1	4.8	4.3	5.5	5.2
Rb	0.1	99.7	165.1	164.1	92.7	153.0	113.3	124.2	119.6	133.0	114.9	129.6	147.7	202.0
Sn	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2
Sr	0.5	314.7	380.0	335.1	259.4	178.1	216.4	204.4	385.0	394.2	219.8	165.1	166.5	273.2
Ta	0.1	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3
Th	0.2	10.1	14.7	16.4	9.0	12.6	9.7	11.0	11.5	12.5	11.6	10.3	12.1	11.2
U	0.1	3.6	5.7	5.5	2.8	3.9	3.8	3.6	3.9	4.0	2.2	3.3	3.9	3.7
V	8	206	195	110	211	250	207	219	203	212	198	175	242	246

Ek Tablo 1'in devamı.

Örnek no	D.L.	Y3	KZ5	YP	29	37	40	A1	A2	A3	A4	A5	A13	A31
W	0.5	1.8	2.6	1.1	1.7	2.1	2.2	1.9	2.2	2.2	1.9	1.8	2.3	3.1
Zr	0.1	96.4	117.0	124.7	81.0	108.3	89.3	101.7	102.8	106.9	88.9	89.3	116.8	104.4
Y	0.1	19.9	17.5	15.9	18.3	16.2	16.2	18.0	18.7	20.1	18.4	17.0	20.2	20.4
Mo	0.1	0.3	1.7	0.5	0.2	0.4	0.2	0.2	0.6	0.6	0.4	0.4	<0.1	0.3
Cu	0.1	63.7	70.3	30.7	39.9	65.6	4.0	36.0	45.4	48.2	22.3	2.3	92.3	4.3
Pb	0.1	47.7	11.2	2.9	6.7	8.0	4.0	7.7	2.4	16.0	6.0	4.6	3.2	6.6
Zn	1	54	46	35	79	34	97	57	49	73	38	53	90	45
As	0.5	0.9	1.1	<0.5	0.8	0.8	0.8	<0.5	3.5	0.6	0.8	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	0.1	0.3	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2
Bi	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au	0.5	0.9	1.4	0.7	0.7	1.8	1.1	<0.5	1.5	0.6	3.3	1.8	0.6	<0.5
Hg	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tl	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Se	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
NE														
La	0.1	21.0	22.6	23.7	19.6	23.0	18.8	22.0	21.1	23.5	22.2	19.3	21.3	22.7
Ce	0.1	44.2	45.2	48.4	41.9	47.8	40.7	47.4	45.9	52.0	48.4	41.7	48.5	51.3
Pr	0.02	5.26	5.06	5.21	4.88	5.36	4.56	5.26	5.21	5.65	5.31	4.57	5.31	5.57
Nd	0.3	21.7	19.5	20.3	19.6	21.1	18.6	20.4	20.3	23.8	21.2	18.7	21.6	22.8
Sm	0.05	4.23	3.81	3.70	4.06	4.12	3.63	4.24	4.33	4.73	4.31	3.88	4.55	4.67
Eu	0.02	1.02	0.95	0.97	1.06	0.97	1.00	1.05	1.07	1.19	1.05	1.00	1.19	1.10
Gd	0.05	3.65	3.35	2.97	3.42	3.48	3.26	3.67	3.67	4.01	3.81	3.42	3.96	4.08
Tb	0.01	0.60	0.53	0.48	0.58	0.54	0.54	0.59	0.61	0.66	0.60	0.56	0.66	0.67
Dy	0.05	3.36	2.94	2.62	3.22	3.03	3.07	3.24	3.30	3.66	3.50	3.10	3.61	3.86
Ho	0.02	0.67	0.59	0.54	0.64	0.59	0.58	0.67	0.68	0.72	0.71	0.62	0.74	0.78
Er	0.03	2.01	1.75	1.58	1.94	1.75	1.74	1.94	1.98	2.11	2.01	1.84	2.21	2.33
Tm	0.01	0.30	0.27	0.23	0.28	0.27	0.26	0.30	0.29	0.32	0.31	0.28	0.33	0.35
Yb	0.05	1.90	1.80	1.54	1.90	1.82	1.81	1.92	2.03	2.13	2.02	1.81	2.20	2.21
Lu	0.01	0.31	0.28	0.25	0.29	0.28	0.29	0.32	0.31	0.33	0.30	0.29	0.33	0.34

Ek Tablo 2. Kabadüz cevherlerinin analiz sonuçları (Mo-Sn arasındaki elementler ppm, Fe-S arasındaki elementler % olarak verilmiştir).

	Örnek no	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Bi	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb
Akgüney	AG1	0,3	>10000	>10000	>10000	>200	0,4	2,3	1268	2100	2	0,4	0,4	<0,1	11	133,2	0,4
	AG2	0,5	>10000	>10000	>10000	24	0,5	14,5	2894	42,9	11	0,5	<0,1	0,2	17	2655	1,6
	AG3	16,8	>10000	155,5	314	18,3	5	15,7	1877	193,9	5	0,7	0,3	1,4	4	1,3	0,9
Kuşyuvası	KY1	29	76,7	252,8	660	4,1	20,9	57,8	6022	13,8	20	4,9	<0,1	4	51	2,2	1,4
	KY2	4,3	109,9	90,4	244	1,2	6,6	51,6	4128	4,5	17	2,9	<0,1	1,7	55	1,3	0,6
	KY3	25,8	70,5	282	446	6,1	19,6	80	2975	27,7	47	5,9	<0,1	3,8	14	1,1	1,2
Atköprü	AK1	4,1	5141	>10000	>10000	85,1	7,5	5,5	86	4,7	310	0,1	0,9	<0,1	10	214,9	24,8
	AK2	2,8	>10000	>10000	>10000	8,4	2,1	5,8	866	0,9	9	0,2	<0,1	0,2	3	1261	3,1
	AK3	16,9	>10000	>10000	>10000	35,9	6,8	12,5	614	<0,1	56	3,6	0,1	0,7	56	351,1	14,9
Haydarlı	H1	1	>10000	540,1	432	25,9	2,1	7,8	701	98,2	1	0,4	<0,1	0,6	2	2,3	0,4
	H2	0,2	>10000	>10000	>10000	97	<0,1	4,9	1137	285	7	0,3	<0,1	<0,1	3	>4000	0,3
	H3	3,3	>10000	7363	>10000	113,9	0,7	11,3	993	316,8	11	3,8	0,1	<0,1	23	196	0,9
Dere mah,	DM1	2,5	220,6	1418	>10000	0,6	14,9	22,4	2938	0,5	5	0,2	<0,1	0,4	25	507,5	3,5
	DM2	1,1	3969	5964	>10000	1,3	16	35,3	410	0,1	8	0,1	<0,1	0,2	4	2227	2,8
	DM3	2	540,7	2214	>10000	1	8,2	20,3	967	<0,1	5	0,3	0,1	0,4	25	1004	4,7
Demiroluk	BK1	0,5	>10000	>10000	>10000	37,5	3	11,5	2849	3,9	14	0,8	<0,1	0,6	12	1637	19,6
	BK2	11,3	245,7	>10000	>10000	3,7	7,6	18,9	6102	0,6	105	2,2	<0,1	0,7	34	144,3	3,7
	BK3	4,3	108,9	>10000	>10000	23	4,2	14,2	4611	3,4	39	2,1	<0,1	0,4	32	819,1	14,5
Harami	HM1	0,3	>10000	>10000	>10000	13,1	<0,1	10,2	2707	17,8	3	0,4	<0,1	<0,1	23	2279	1,8
	HM2	0,5	>10000	2136	>10000	121,9	0,2	6,1	852	1837	4	1,4	<0,1	<0,1	12	882	0,4
	HM3	0,1	>10000	2349	>10000	36,2	<0,1	1,9	1418	81,3	6	1,1	<0,1	<0,1	14	3709	0,3
Çokdam	C1	3	8831	>10000	>10000	17	<0,1	9,8	1915	4,4	6	0,3	<0,1	<0,1	28	3495	14,7
	C2	7,7	2084	>10000	>10000	65,7	<0,1	3,4	1152	7	6	0,3	0,1	<0,1	16	1947	40,4
	C3	1,9	5789	>10000	>10000	15,5	<0,1	13,7	1665	0,8	6	0,2	<0,1	0,1	17	3784	13,9
Boruklu	BM1	62,7	4530	4604	>10000	1,7	22,8	16,6	881	<0,1	11	0,2	<0,1	0,2	19	1926	7,1
	BM2	698	7633	6814	>10000	4,2	33,5	27,1	630	<0,1	48	0,4	1,5	0,6	16	535	27,4
	BM3	52,5	8862	3934	>10000	1,7	28,6	20,9	985	<0,1	12	0,1	<0,1	<0,1	23	1785	5

Ek Tablo 2'in devamı.

	Örnek no	Cr	Ba	Sn	Fe	Ca	P	Mg	Ti	Al	Na	K	S
Akgüney	AG1	<1	13	0,3	28,48	1,74	0,001	0,88	0,001	0,17	0,01	<0,01	>10
	AG2	2	4	2,5	10,63	3,11	<0,001	1,46	0,004	0,2	0,006	<0,01	>10
	AG3	3	7	0,4	26,68	0,07	0,017	2,41	0,046	1,92	0,004	<0,01	>10
Kuşyuvası	KY1	6	3	1,3	19,8	6,12	0,059	4,29	0,116	6,35	0,009	0,15	>10
	KY2	6	17	0,4	14,68	7,07	0,014	3,41	0,036	3,32	0,011	0,09	>10
	KY3	12	3	0,8	27,9	1,26	0,059	2,15	0,079	6,84	0,005	0,19	>10
Atköprü	AK1	3	6	0,3	18,49	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	0,17	0,003	0,03	>10
	AK2	2	7	0,9	5,18	<0,01	<0,001	0,04	0,008	0,45	0,007	0,27	>10
	AK3	8	5	0,2	13,98	1,05	0,018	0,5	0,04	0,83	0,004	0,09	>10
Haydarlı	H1	<1	5	0,2	17,27	0,08	0,005	0,65	0,014	0,57	0,002	0,01	>10
	H2	2	2	5,3	6,22	0,24	<0,001	0,18	<0,001	0,08	<0,001	<0,01	>10
	H3	1	2	0,5	25,63	2,38	<0,001	1,24	<0,001	0,17	0,006	<0,01	>10
Dere mah,	DM1	3	32	0,1	8,89	2,91	0,005	1,2	0,023	0,83	0,006	0,3	>10
	DM2	2	30	0,4	10,01	0,04	0,002	0,02	0,012	0,33	0,004	0,14	>10
	DM3	4	42	0,2	7,51	1,01	0,008	0,44	0,022	0,72	0,006	0,3	>10
Demirogluk	BK1	2	2	0,5	8,43	3,16	0,003	1,4	0,016	0,62	0,003	<0,01	>10
	BK2	2	4	0,3	9,39	8,2	0,008	3,99	0,024	1,21	0,006	<0,01	>10
	BK3	2	3	0,8	8,73	7,85	0,008	3,63	0,015	1,2	0,007	<0,01	>10
Harami	HM1	2	1	1,5	13,34	3,02	<0,001	1,36	<0,001	0,03	0,002	<0,01	>10
	HM2	1	2	1,9	27,6	1,25	<0,001	0,73	<0,001	0,16	0,003	<0,01	>10
	HM3	1	<1	1,6	7,92	1,15	<0,001	0,82	<0,001	0,24	0,002	<0,01	>10
Çokdam	C1	1	2	2,2	2,21	2,53	<0,001	1,37	0,001	0,12	0,003	<0,01	>10
	C2	1	2	2,2	1,77	1,7	<0,001	0,89	0,001	0,09	0,002	<0,01	>10
	C3	2	3	3,6	1,81	1,63	<0,001	0,98	0,002	0,22	0,002	<0,01	>10
Boruklu	BM1	2	12	<0,1	4,65	3,02	<0,001	1,19	0,014	0,42	0,004	0,17	>10
	BM2	3	24	<0,1	6,5	2,3	0,007	0,98	0,049	2,27	0,008	1,01	8,1
	BM3	1	10	<0,1	6	3,4	<0,001	1,35	0,009	0,34	0,004	0,13	>10

Ek Tablo 3. Kabadüz yöresi cevher damarlarında bulunan sfalerit minerallerine ait mineral kimyası analiz sonuçları.

Akgüney damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
AG1-10-1	32.57	0.97	64.84	0.07	0.38		0.41	0.02										99.26
AG1-10-3	33.20	0.84	65.49	0.08	0.18		0.46	0.00										100.25
AG1-11-1	32.18	1.29	64.68	0.10		0.01	0.42											98.69
AG1-11-2	32.68	0.94	65.48	0.11	0.00	0.05	0.41		0.00									99.68
AG1-1-4	32.58	1.79	63.78	0.06	0.74	0.03	0.30		0.01									99.30
AG1-2-4	32.53	0.61	65.77	0.06	0.05		0.37		0.01									99.40
AG1-3-2	32.61	0.60	65.39				0.89											99.49
AG1-3-3	32.60	1.81	65.00	0.12		0.04	0.34											99.90
AG1-5-3	32.47	1.85	63.16	0.09	0.96	0.04	0.37											98.94
AG1-5-4	32.59	3.09	61.01	0.07	2.18	0.06	0.36											99.37
AG1-6-1	32.36	1.06	65.14	0.12			0.43											99.11
AG1-6-2	32.69	1.15	65.18	0.12	0.03		0.36		0.08									99.62
AG1-7-4	32.43	1.25	65.65	0.12	0.04	0.01	0.39		0.01									99.89
AG1-7-5	32.57	0.98	65.52	0.11	0.01		0.37											99.56
AG1-8-1	33.21	0.90	64.75	0.07	0.33	0.03	0.40											99.69
AG1-9-2	32.51	1.10	64.81	0.07	0.03		0.36											98.88
AG2-10-1	32.49	0.73	65.65	0.12	0.05		0.35											99.40
AG2-10-2	32.54	2.28	62.67	0.08	1.33		0.42		0.02									99.33
AG2-10-4	32.27	8.08	49.74	0.08	8.52		0.24		0.04									98.98
AG2-1-4	32.37	1.23	65.25	0.14	0.05	0.02	0.40		0.02									99.47
AG2-3-3	32.55	1.04	64.84	0.04	0.74	0.07	0.45											99.72
AG2-4-1	32.68	0.65	66.04	0.09	0.01	0.03	0.39	0.02	0.00									99.91
AG2-4-2	32.12	0.51	65.76	0.11	0.05		0.45											99.00
AG2-4-4	32.56	0.97	65.20	0.09	0.32	0.00	0.40											99.55
AG2-5-3	32.69	0.69	66.53	0.10	0.07		0.38		0.07									100.53
AG2-6-3	32.35	1.01	65.16	0.11	0.04	0.00	0.41											99.08
AG2-6-4	32.69	1.10	65.30	0.09	0.03		0.41		0.00									99.62
AG2-7-2	32.64	1.72	64.44	0.12	0.01		0.40											99.33
AG2-7-5	32.64	0.79	65.55	0.09	0.12	0.01	0.42											99.63

Ek Tablo 3'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
AG2-8-3	32.64	2.78	63.39	0.11	0.05	0.02	0.36		0.06									99.41
AG2-8-4	32.59	2.43	63.65	0.09	0.04	0.07	0.42											99.29
Atköprü damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
AK1-10-1	32.42	0.80	65.04	0.09	0.15		0.20	0.00										98.71
AK1-3-1	32.20	1.53	64.72	0.17	0.24		0.22											99.07
AK1-3-3	33.24	2.27	63.67	0.07	0.16		0.21											99.62
AK1-4-6	32.70	1.03	65.16	0.11	0.06		0.23		0.05									99.34
AK1-5-4	32.60	1.32	65.10	0.10	0.08		0.26		0.01									99.46
AK1-7-2	32.54	1.05	65.48	0.11	0.01		0.24	0.01										99.44
AK1-8-2	32.74	1.04	65.29	0.14	0.16		0.25	0.01										99.64
AK2-1-7	33.36	0.94	65.40	0.16	0.04	0.05	0.25	0.04										100.23
AK2-1-8	33.23	0.87	65.29	0.21	0.02		0.29	0.02	0.00									99.93
AK2-2-1	33.06	0.71	65.32	0.35	0.07	0.07	0.22	0.01	0.08									99.88
AK2-3-3	33.25	1.13	64.71	0.17	0.07	0.01	0.23											99.56
AK2-3-4	33.24	1.41	64.18	0.22	0.02	0.02	0.16	0.01	0.03									99.29
AK2-5-1	33.19	0.85	65.23	0.22	0.02		0.24											99.76
AK2-5-2	33.37	0.70	64.71	0.12	0.04		0.25		0.05									99.24
AK2-6-2	33.04	0.95	64.55	0.24	0.02		0.26	0.01	0.02									99.08
AK2-6-7	33.18	0.72	64.94	0.13	0.14		0.23	0.01										99.35
AK2-7-2	33.38	0.78	64.94	0.24	0.02	0.04	0.26		0.04									99.69
AK2-7-4	33.38	0.66	65.19	0.07	0.06	0.04	0.22											99.63
AK2-8-2	33.25	0.75	65.15	0.13	0.08		0.22		0.04									99.61
AK2-8-3	33.40	1.04	64.70	0.15	0.08		0.20	0.01										99.58
Boruklu damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
B1-1	33.00	0.28	66.24	0.01	0.02		0.71											100.26
B1-1	33.03	0.42	65.38	0.03		0.02	0.59											99.47
B1-1	33.24	0.58	65.78	0.03	0.04		0.55											100.22
B1-1	32.97	0.87	66.02	0.01	0.01		0.53											100.41
B1-1	33.03	0.89	65.89	0.02	0.01	0.00	0.60											100.45
B1-1-1	33.04	0.56	64.85	0.01			0.68		0.00									99.15

Ek Tablo 3'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
B1-1-2	33.11	1.04	63.88	0.01	0.01	0.06	0.60		0.05									98.76
B1-2-3	33.07	0.86	64.23		0.00	0.06	0.75		0.00									98.97
B1-2-5	33.19	0.68	64.54	0.01	0.03	0.02	0.87											99.33
B1-2-7	32.85	0.68	64.50	0.03	0.01	0.02	0.78											98.87
B1-3-2	33.21	0.92	64.38	0.02	0.27	0.00	0.63											99.44
B1-3-3	33.28	0.63	64.75	0.01			0.77											99.44
B1-4-3	33.14	0.55	64.66	0.03	0.01		0.66		0.02									99.08
B1-4-4	33.12	0.55	64.74	0.03		0.01	0.71		0.05									99.21
B1-6	33.24	0.64	65.90				0.53											100.30
B1-6	33.09	0.64	66.18	0.02	0.00	0.00	0.49											100.43
B1-6	33.21	0.70	66.37	0.02	0.00		0.51											100.81
B1-6	33.30	0.90	65.75	0.00	0.01	0.00	0.53											100.50
B1-6	32.96	1.06	65.92	0.01	0.15	0.01	0.58											100.68
B1-6-4	33.00	0.84	64.35	0.00	0.17	0.01	0.53											98.91
B1-6-5	33.08	0.72	64.43	0.00	0.01		0.67		0.01									98.92
B1-7-1	33.00	0.62	64.42		0.05		0.63	0.01										98.72
B1-8	32.98	0.42	65.88		0.20	0.01	0.53											100.02
B1-8	33.01	0.54	65.33	0.04	0.08	0.02	0.62											99.63
B1-8	33.56	0.65	66.22	0.02			0.79											101.25
B1-8	33.30	0.66	66.47	0.00		0.00	0.65											101.10
B1-8	32.37	0.69	69.52	0.03	0.01	0.01	0.65											103.28
B3-1-2	32.92	0.65	65.49	0.00	0.02		0.64											99.73
B3-2-1	32.73	0.73	65.81	0.02	0.02	0.01	0.65											99.96
B3-5-1	32.78	0.62	66.14	0.02	0.14	0.05	0.59											100.34
B3-5-2	32.92	0.48	65.00	0.02	0.15		0.59											99.16
B3-7-3	32.77	0.67	65.36	0.00	0.02	0.05	0.73		0.01									99.63
B3-7-4	32.69	0.87	65.30	0.03	0.07		0.57		0.02									99.54
B3-8-1	32.62	0.61	65.48			0.01	0.67											99.39
B3-8-4	32.97	0.67	65.61	0.02			0.62		0.10									99.99
B3-9-1	32.46	0.64	65.69	0.02	0.13		0.57		0.01									99.52

Ek Tablo 3'ün devamı.

Demirouluk damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
BK2-10-3	32.33	0.88	65.82	0.11	0.01		0.40	0.00										99.57
BK2-1-1	32.57	0.57	66.14	0.05			0.31											99.65
BK2-11-2	32.52	1.00	65.02	0.09	0.01		0.42											99.06
BK2-1-3	32.53	0.32	65.59	0.03	0.02	0.02	0.33											98.84
BK2-1-4	32.28	0.68	66.10	0.08	0.01	0.00	0.33		0.01									99.49
BK2-3-3	32.78	0.99	65.15	0.11			0.41	0.03										99.47
BK2-4-1	32.51	1.13	65.02	0.13	0.02	0.02	0.34											99.18
BK2-4-3	32.45	1.19	65.44	0.09	0.00		0.33	0.00										99.50
BK2-5-4	32.74	0.94	65.21	0.09			0.31											99.28
BK2-6-1	32.66	0.64	65.80	0.07			0.38		0.02									99.57
BK2-6-2	32.47	0.62	65.98	0.05		0.01	0.26		0.04									99.44
BK2-7-3	32.73	0.78	65.68	0.05		0.04	0.33	0.00										99.61
BK2-7-4	32.84	0.80	65.37	0.09		0.01	0.35		0.07									99.53
BK2-9-2	32.55	1.27	65.25	0.17	0.03	0.00	0.25		0.03									99.54
BK3-1-1	33.00	0.90	65.59	0.09			0.39											99.96
BK3-2-5	32.81	1.15	64.87	0.09	0.60		0.34											99.87
BK3-3-1	32.91	1.03	65.26	0.08	0.09	0.00	0.34											99.71
BK3-4-1	32.97	0.46	66.01	0.07			0.36	0.03	0.03									99.93
BK3-4-2	32.60	0.49	66.03	0.08	0.03	0.03	0.36		0.04									99.66
BK3-4-4	32.68	0.56	65.77	0.06	0.00	0.00	0.38											99.46
BK3-5-1	33.13	1.16	64.40	0.06	0.35	0.01	0.43		0.00									99.54
BK3-6-3	33.06	1.00	65.08	0.08	0.16		0.39											99.77
BK3-6-4	33.02	0.86	65.46	0.06	0.01		0.35											99.75
BK3-7-2	32.83	0.74	65.53	0.08	0.01		0.38											99.57
BK3-7-3	32.92	0.96	65.40	0.11	0.02		0.35		0.03									99.79
BK3-7-4	32.96	0.84	65.18	0.16	0.02		0.34		0.03									99.53
BK3-8-1	32.92	0.76	65.31	0.05	0.03	0.04	0.38											99.49

Ek Tablo 3'ün devamı.

Çokdam damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
C1-1-7	32.93	0.59	65.26	0.02	0.02	0.02	0.75											99.58
C1-2-1	32.77	0.54	65.45	0.01	0.01	0.04	0.49		0.05									99.35
C1-2-2	32.95	0.57	64.94	0.02			0.62		0.07									99.17
C1-3-5	32.65	0.64	65.08	0.01	0.02	0.01	0.49		0.05									98.95
C1-4-1	33.04	0.60	65.06				0.58		0.02									99.30
C1-7-2	32.81	0.46	65.59	0.01	0.03		0.65											99.55
C1-9-1	33.20	0.58	65.67	0.01	0.01		0.62		0.04									100.13
C1-9-5	33.06	0.91	65.11	0.02	0.03	0.01	0.61											99.75
C3-1-1	33.11	0.78	64.64	0.09			0.38											99.01
C3-1-2	33.46	0.78	64.45	0.07		0.02	0.37	0.01	0.05									99.20
C3-2-1	32.91	0.80	64.55	0.07	0.00	0.01	0.40											98.74
C3-2-2	33.12	0.74	65.05	0.09	0.02	0.04	0.26											99.33
C3-3-1	33.49	0.94	64.39	0.09	0.01		0.39											99.31
C3-4-2	33.18	1.11	64.47	0.08	0.07		0.36											99.27
C3-5-2	33.26	0.75	65.17	0.10	0.19	0.05	0.33											99.85
C3-6-2	33.19	0.77	64.56	0.08	0.01		0.50		0.03									99.14
C3-6-4	33.22	0.74	64.39	0.07	0.10		0.40											98.93
C3-7-1	33.40	0.76	64.11	0.09			0.35											98.71
C3-7-2	33.00	0.77	64.52	0.07	0.00		0.42											98.79
C3-8-1	33.39	1.18	64.09	0.06		0.03	0.38											99.13
C3-9-1	33.07	0.75	64.94	0.08		0.02	0.38											99.25
C3-9-2	33.16	0.71	64.42	0.09	0.01	0.03	0.40		0.02									98.83
C3-9-4	33.05	1.13	63.50	0.10	0.54	0.01	0.35											98.68
Haydarlı damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
H4-4	32.40	0.79	65.20	0.08	0.29		0.48											99.24
H4-4	32.53	0.89	65.68	0.13	0.15	0.00	0.26											99.63
H4-4	32.64	0.92	63.20	0.04	1.16		0.55											98.51
H4-4	32.55	1.02	65.73	0.15	0.03		0.28											99.75
H4-4	32.46	1.05	65.35	0.16	0.01		0.30											99.34

Ek Tablo 3'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
H4-4	32.50	1.07	65.87	0.16			0.28											99.88
H4-4	32.51	1.10	65.69	0.14		0.00	0.27											99.70
H4-4	32.43	1.11	65.42	0.18	0.01	0.01	0.28											99.43
H4-4	32.74	1.12	65.33	0.16			0.27											99.61
H4-4	32.35	1.15	65.49	0.17			0.25											99.42
H4-7	32.51	0.91	66.26	0.01	0.43		0.15											100.27
H4-7	32.47	0.92	65.91	0.02	0.42		0.15											99.88
H4-7	32.57	1.18	65.46		0.59	0.00	0.18											99.97
H4-7	32.38	1.24	65.53	0.01	0.62	0.00	0.19											99.98
H4-7	32.32	2.40	63.17		1.78	0.01	0.35											100.04
Harami damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
HC1-3	33.09	1.32	65.43	0.15	0.46		0.31											100.76
HC1-3	32.94	1.40	65.07	0.11	0.53	0.01	0.32											100.36
HC1-3	33.01	1.57	64.66	0.10	0.78	0.00	0.31											100.42
HC1-3	33.16	1.69	64.20	0.10	0.74	0.00	0.31											100.20
HC1-3	33.02	1.73	64.19	0.13	0.98		0.31											100.35
HC1-8	33.18	0.72	65.19	0.07	0.25	0.01	0.30											99.72
HC1-8	33.06	0.85	66.31	0.08	0.02		0.38											100.70
HC1-8	32.93	0.90	66.36	0.09	0.01	0.00	0.35											100.64
HC1-8	33.11	0.91	66.08	0.07		0.01	0.40											100.58
HC1-8	33.11	1.34	65.21	0.12	0.39	0.02	0.31											100.49
HC2-10	32.91	0.42	65.77	0.04	0.03	0.00	0.42											99.59
HC2-10	33.38	0.43	66.30	0.03	0.02		0.40											100.57
HC2-10	33.08	0.43	66.61	0.06		0.01	0.41											100.60
HC2-10	33.20	0.46	65.78	0.02		0.01	0.48											99.95
HC2-10	33.11	1.02	65.35	0.02	0.41	0.01	0.37											100.29
HC2-5	33.14	0.33	65.69	0.04	0.09		0.38											99.66
HC2-5	32.99	0.39	66.10	0.02	0.04		0.40											99.94
HC2-5	33.17	0.39	66.46	0.05		0.01	0.37											100.45
HC2-5	32.99	0.43	66.95	0.04	0.01	0.01	0.43											100.85

Ek Tablo 3'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
HC2-5	33.31	0.43	66.70	0.04		0.01	0.39											100.88
Kuşyuvası damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
KZ5-4	32.75	0.39	64.54	0.05	0.23		0.42											98.37
KZ5-4	32.94	0.56	65.38	0.10	0.06	0.01	0.39											99.45
KZ5-4	32.78	0.64	66.03	0.11	0.00		0.46											100.03
KZ5-4	32.70	0.68	66.07	0.11		0.00	0.48											100.03
KZ5-4	32.79	0.70	65.82	0.11	0.01		0.48											99.91
KZ5-5	32.69	1.12	65.41	0.17		0.00	0.38											99.77
KZ5-5	32.90	1.16	65.59	0.14	0.03		0.38											100.20
KZ5-5	32.91	1.31	65.19	0.16	0.04	0.00	0.39											100.01
KZ5-5	32.74	1.41	64.88	0.13	0.17		0.38											99.71
KZ5-5	33.12	2.31	63.58	0.14	0.23	0.00	0.37											99.75
KZ5-6	32.85	0.57	64.95	0.05	0.31		0.40											99.14
KZ5-6	32.71	0.77	65.77	0.15	0.03		0.36											99.79
KZ5-6	32.73	0.82	65.42	0.19	0.03		0.34											99.54
KZ5-6	32.85	0.83	65.85	0.24			0.37											100.15
KZ5-6	32.74	1.10	65.09	0.22	0.32	0.01	0.37											99.85
KZ6-10	32.59	0.19	65.92	0.02	0.01		0.81											99.53
KZ6-10	32.85	1.23	65.85	0.19	0.01	0.00	0.33											100.46
KZ6-10	32.77	1.25	65.30	0.21	0.01	0.01	0.34											99.88
KZ6-10	32.82	1.28	65.29	0.18	0.02	0.01	0.39											99.98
KZ6-10	32.98	1.50	64.62	0.20	0.01	0.00	0.39											99.70
KZ6-2	32.65	1.05	65.44	0.17			0.29											99.60
KZ6-2	32.85	1.17	65.54	0.16		0.00	0.25											99.98
KZ6-2	32.83	1.24	64.88	0.14	0.44		0.34											99.86
KZ6-2	32.96	1.25	65.32	0.17			0.28											99.98
KZ6-2	32.78	1.25	65.52	0.19	0.01	0.00	0.26											100.02
KZ6-2	33.02	1.26	65.79	0.18		0.01	0.29											100.55
KZ6-2	32.83	1.30	65.44	0.17			0.26											100.01
KZ6-2	32.72	1.30	65.55	0.20			0.29											100.06

Ek Tablo 3'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
KZ6-2	33.09	1.33	65.36	0.17	0.01		0.29											100.25
KZ6-2	33.50	3.37	60.45	0.16	2.33	0.01	0.25											100.07
KZ6-7	33.05	0.83	66.55	0.11	0.01	0.00	0.29											100.84
KZ6-7	32.91	0.87	66.17	0.11			0.30											100.35
KZ6-7	33.02	0.90	66.50	0.10	0.02	0.01	0.32											100.87
KZ6-7	32.83	0.94	65.84	0.09	0.02		0.32											100.04
KZ6-7	32.79	1.20	64.82	0.13	0.03	0.00	0.31											99.29
KZ6-8	33.09	0.68	65.22	0.10	0.07	0.00	0.31											99.48
KZ6-8	33.02	0.84	65.33	0.14	0.01	0.01	0.30											99.65
KZ6-8	32.97	1.00	65.66	0.15	0.03		0.32											100.13
KZ6-8	32.90	1.04	65.79	0.16	0.15	0.01	0.36											100.42
KZ6-8	32.83	1.51	64.67	0.12	0.55		0.33											100.01
KZ6-9	33.15	1.30	65.07	0.18	0.01		0.37											100.07
KZ6-9	33.38	1.33	65.23	0.18			0.31											100.42
KZ6-9	33.26	1.34	65.33	0.18	0.00		0.44											100.55
KZ6-9	32.87	1.35	64.87	0.17			0.43											99.69
KZ6-9	32.79	1.60	64.50	0.17	0.04		0.34											99.44
Demirölük damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
O1-1-1	33.30	0.66	65.94	0.05	0.00	0.01	0.29		0.04									100.28
O1-1-7	32.72	0.87	65.56	0.07	0.06		0.35	0.01	0.02									99.67
O1-2-1	32.91	0.81	65.43	0.06	0.02	0.02	0.49											99.75
O1-2-2	33.00	0.84	66.05	0.06	0.07	0.05	0.42											100.50
O1-2-9	33.15	0.85	66.06	0.08			0.38		0.01									100.53
O1-3-7	33.08	0.37	65.76	0.02			0.39	0.03										99.65
O1-4-1	32.99	0.98	65.23	0.06	0.01		0.30		0.04									99.61
O1-4-2	33.20	1.13	65.02	0.09	0.22		0.31											99.96
O1-6-4	32.95	1.11	65.14	0.13	0.15	0.01	0.37											99.88
O2-10-1	33.11	0.82	65.35	0.13	0.02	0.01	0.38											99.80
O2-10-2	33.07	0.77	64.97	0.11	0.03	0.06	0.37											99.39
O2-10-3	33.04	0.68	64.42	0.08	0.17	0.02	0.37		0.00									98.79

Ek Tablo 3'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
KZ6-2	33.09	1.33	65.36	0.17	0.01		0.29											100.25
KZ6-2	33.50	3.37	60.45	0.16	2.33	0.01	0.25											100.07
KZ6-7	33.05	0.83	66.55	0.11	0.01	0.00	0.29											100.84
KZ6-7	32.91	0.87	66.17	0.11			0.30											100.35
KZ6-7	33.02	0.90	66.50	0.10	0.02	0.01	0.32											100.87
KZ6-7	32.83	0.94	65.84	0.09	0.02		0.32											100.04
KZ6-7	32.79	1.20	64.82	0.13	0.03	0.00	0.31											99.29
KZ6-8	33.09	0.68	65.22	0.10	0.07	0.00	0.31											99.48
KZ6-8	33.02	0.84	65.33	0.14	0.01	0.01	0.30											99.65
KZ6-8	32.97	1.00	65.66	0.15	0.03		0.32											100.13
KZ6-8	32.90	1.04	65.79	0.16	0.15	0.01	0.36											100.42
KZ6-8	32.83	1.51	64.67	0.12	0.55		0.33											100.01
KZ6-9	33.15	1.30	65.07	0.18	0.01		0.37											100.07
KZ6-9	33.38	1.33	65.23	0.18			0.31											100.42
KZ6-9	33.26	1.34	65.33	0.18	0.00		0.44											100.55
KZ6-9	32.87	1.35	64.87	0.17			0.43											99.69
KZ6-9	32.79	1.60	64.50	0.17	0.04		0.34											99.44
Demirölük damarına ait sfalerit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
O1-1-1	33.30	0.66	65.94	0.05	0.00	0.01	0.29		0.04									100.28
O1-1-7	32.72	0.87	65.56	0.07	0.06		0.35	0.01	0.02									99.67
O1-2-1	32.91	0.81	65.43	0.06	0.02	0.02	0.49											99.75
O1-2-2	33.00	0.84	66.05	0.06	0.07	0.05	0.42											100.50
O1-2-9	33.15	0.85	66.06	0.08			0.38		0.01									100.53
O1-3-7	33.08	0.37	65.76	0.02			0.39	0.03										99.65
O1-4-1	32.99	0.98	65.23	0.06	0.01		0.30		0.04									99.61
O1-4-2	33.20	1.13	65.02	0.09	0.22		0.31											99.96
O1-6-4	32.95	1.11	65.14	0.13	0.15	0.01	0.37											99.88
O2-10-1	33.11	0.82	65.35	0.13	0.02	0.01	0.38											99.80
O2-10-2	33.07	0.77	64.97	0.11	0.03	0.06	0.37											99.39
O2-10-3	33.04	0.68	64.42	0.08	0.17	0.02	0.37		0.00									98.79

Ek Tablo 3'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Ni	Pb	As	Se	Au	Bi	Sn	Te	Toplam
O2-4-3	33.08	0.73	65.97	0.08	0.02	0.03	0.40	0.02	0.05									100.38
O2-5-3	32.93	0.99	65.02	0.08	0.09	0.07	0.34											99.52
O2-6-3	32.97	0.87	65.69	0.07	0.06	0.04	0.35											100.06
O2-6-4	32.88	0.91	65.06	0.08		0.02	0.37	0.02										99.34
O2-7-2	33.23	0.80	65.79	0.06	0.00		0.40		0.03									100.31
O2-8-1	32.99	0.74	65.64	0.09	0.03	0.02	0.37		0.03									99.91
O2-8-2	32.83	1.03	64.82	0.08	0.53	0.06	0.32											99.67
O2-8-3	33.17	0.93	65.29	0.06	0.11		0.40											99.97

Ek Tablo 4. Kabadüz yöresi cevher damarlarında bulunan pirit minerallerine ait mineral kimyası analiz sonuçları.

Akgüney damarına ait Pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
Örnek	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
AG2-10-5	52.31	46.31	0.01		0.06													98.69
AG2-7-1	52.66	46.25	0.02	0.08	0.04	0.00												99.05
AG2-8-2	52.67	46.40	0.00		0.05													99.12
AG2-1-2	52.76	46.24	0.04	0.16	0.05	0.02												99.26
AG2-1-1	52.79	45.80	0.02	0.04	0.05		0.08											98.78
AG2-9-1	52.82	46.68		0.23	0.03													99.76
AG2-9-2	52.84	46.97	0.02	0.04	0.05	0.01												99.93
AG2-7-3	52.85	46.66	0.02	0.06	0.04		0.02											99.65
AG2-3-1	52.91	46.15		0.05	0.03	0.02	0.14											99.29
AG2-9-3	53.10	46.43		0.11	0.05		0.03											99.73
AG2-2-2	53.24	46.10	0.02		0.02													99.39
AG1-8-2	52.75	46.23	0.02	0.04	0.08													99.12
AG1-4-2	52.90	46.25	0.01	0.03	0.05	0.01												99.26
AG1-2-1	52.50	46.27	0.01	0.03	0.03													98.84
AG1-4-3	52.95	45.76	0.02	0.01	0.04	0.00	0.04											98.81
AG1-8-3	52.97	46.21	0.01	0.03	0.05													99.28
AG1-4-1	52.98	45.98	0.02	0.00	0.00	0.00												98.98
AG1-2-2	53.00	46.15		0.21	0.05	0.00	0.03											99.46
AG1-2-3	53.01	46.17	0.04	0.11	0.04		0.10											99.47
AG1-3-4	53.02	46.26	0.02	0.02	0.03		0.01											99.35
AG1-1-3	53.24	46.33	0.01	0.06	0.04	0.00	0.02											99.69
AG1-9-1	53.21	46.62		0.04	0.04											0.01		99.87
Atköprü damarına ait pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
AK1-10-4	52.71	46.06	0.02		0.08													98.87
AK1-3-2	52.91	46.00		0.10	0.06		0.02											99.09
AK1-10-2	52.99	46.49	0.02		0.06	0.01												99.57
AK1-10-3	52.99	46.52		0.07	0.05	0.00	0.03											99.67
AK1-5-1	53.05	46.16	0.01	0.02	0.01		0.01											99.25
AK1-5-2	53.32	45.91		0.01	0.06		0.02											99.33

Ek Tablo 4'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
AK1-4-4	53.32	46.22	0.02	0.01	0.04	0.01	0.05											99.67
AK1-4-5	53.50	46.15	0.01	0.02	0.05													99.73
AK2-8-4	53.77	44.32		0.72	0.04													98.84
AK2-4-2	53.78	44.69	0.04		0.04													98.54
AK2-7-3	53.78	44.21	0.00	0.40	0.04		0.04											98.47
AK2-6-1	53.39	44.74		0.15	0.13		0.05											98.46
AK2-2-3	53.47	44.90	0.01	0.08	0.04													98.50
AK2-3-2	53.60	44.93	0.01	0.21	0.03		0.04											98.83
AK2-4-1	53.60	44.86		0.04	0.06	0.00	0.02											98.58
AK2-6-3	53.71	44.68	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01											98.48
AK2-3-1	53.53	45.14		0.14	0.04	0.01												98.87
AK2-1-1	53.55	44.64	0.01		0.07		0.05											98.32
AK2-7-1	53.58	44.33	0.02	0.95	0.09													98.96
AK2-1-2	53.61	44.88	0.01	0.00	0.05	0.02												98.59
Boruklu damarına ait pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
B1-2-2	53.61	44.85		0.03	0.04	0.01												98.53
B1-1-3	53.66	44.79		0.08	0.07		0.04											98.64
B1-1-4	54.00	45.15		0.08	0.03													99.28
B1-5-2	54.05	44.97	0.03	0.04	0.09													99.17
B1-2-4	53.98	44.94		0.01	0.05	0.01	0.09											99.08
B1-5-1	53.88	44.83		0.03	0.05	0.00	0.07											98.86
B1-7-4	53.83	44.80	0.01	0.01	0.07		0.07											98.79
B1-7-3	53.73	44.57	0.02	0.04	0.05													98.40
B3-4-4	52.73	46.40	0.02	0.03	0.04		0.09											99.31
B3-4-3	52.46	46.35	0.01	0.02	0.06	0.01	0.03											98.94
B3-5-8	52.90	46.42	0.03	0.14	0.05	0.00	0.01											99.55
B3-6-1	52.92	46.72	0.01	0.04	0.05													99.75
B3-1-4	52.76	46.41	0.01		0.05		0.02											99.25
B3-6-3	52.81	46.48	0.03	0.02	0.05		0.03											99.42
B3-9-4	52.99	46.24	0.01	0.04	0.02													99.30
B3-7-1	52.86	46.45	0.02	0.04	0.03	0.01	0.02											99.42

Ek Tablo 4'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
B3-5-6	52.95	46.37	0.03	0.01	0.05													99.41
B3-5-7	53.01	46.52	0.02		0.05	0.00												99.60
B3-1-1	53.02	46.55	0.01	0.05	0.07													99.70
B3-6-2	53.28	46.32	0.03	0.11	0.07													99.81
B1-2	53.49	45.89	0.02		0.03		0.04											99.47
B1-2	53.37	45.83			0.05		0.05											99.30
B1-2	52.93	45.64	0.01		0.05		0.04											98.68
B1-2	53.20	45.37	0.01		0.05													98.64
B1-2	53.23	45.69	0.03		0.04													98.99
B1-7	52.99	45.44	0.01		0.07													98.51
B1-7	53.18	45.76	0.01		0.05													98.99
B1-7	53.19	45.64	0.01		0.06		0.01											98.91
B1-7	53.00	45.73			0.05													98.78
B1-7	52.92	45.38	0.01		0.03		0.03											98.38
B1-10	53.23	45.69	0.02		0.07													99.01
B1-10	53.17	45.79	0.02		0.04													99.02
B1-10	53.27	45.86	0.02		0.03		0.00											99.17
B1-10	53.61	45.45	0.01		0.07													99.14
B1-10	53.33	45.65	0.02		0.06		0.04											99.11
Demirolok damarına ait pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
BK2-1-2	52.36	46.08	0.01	0.18	0.01	0.01	0.09											98.74
BK2-2-2	52.39	46.10	0.03	0.05	0.05													98.62
BK2-5-3	52.45	46.24	0.02		0.06		0.02											98.80
BK2-4-4	52.51	46.37	0.00	0.10	0.06													99.05
BK2-9-3	52.56	46.41	0.01		0.05	0.00	0.01											99.05
BK2-7-1	52.60	46.51	0.01	0.03	0.04		0.03											99.22
BK2-2-1	52.62	46.56		0.04	0.04	0.00	0.05											99.32
BK2-3-2	52.65	45.86	0.00	0.38	0.04	0.01												98.93
BK2-3-1	52.66	46.22		0.20	0.03	0.01	0.01											99.13
BK2-11-3	52.73	46.53	0.01		0.02	0.01	0.01											99.31

Ek Tablo 4'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
BK2-4-2	52.74	46.75	0.04	0.03	0.04	0.00	0.01											99.61
BK2-8-1	52.75	46.16			0.05	0.01												98.97
BK2-5-1	52.72	46.27		0.03	0.04													99.06
BK2-10-4	52.80	46.64		0.01	0.06													99.51
BK2-11-4	52.87	46.14	0.02	0.05	0.06		0.00											99.14
BK2-9-1	52.93	46.69		0.25	0.00													99.88
BK2-8-2	52.96	46.08		0.01	0.04		0.01											99.11
BK2-7-2	53.11	46.42		0.15	0.06													99.75
BK3-8-7	52.60	44.91	0.02	0.03	0.06		0.05											97.68
BK3-2-6	52.98	45.86	0.01	0.12	0.02	0.00	0.03											99.01
BK3-2-2	53.10	45.59	0.01	0.01	0.05	0.01												98.77
BK3-1-3	53.12	45.80	0.03	0.39	0.05	0.00	0.07											99.46
BK3-3-2	53.01	45.70	0.02	0.24	0.07		0.00											99.04
BK3-5-3	53.55	46.00	0.01	0.06	0.05		0.02											99.68
BK3-7-6	53.56	45.91		0.14	0.06		0.05											99.71
BK3-8-9	53.52	45.85		0.17	0.02	0.00												99.56
BK3-7-5	53.41	46.16	0.00	0.08	0.06		0.01											99.72
BK3-7-7	53.31	46.05	0.02		0.06		0.01											99.45
BK3-5-4	53.18	46.15	0.00		0.06	0.01												99.41
Çokdam damarına ait pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
C1-10-2	51.71	44.16	0.00	0.03	2.09		0.00											97.99
C1-1-1	52.88	44.77	0.02	0.03	0.58		0.00											98.28
C1-4-3	53.04	45.22	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01											98.37
C1-5-4	53.10	45.19	0.00	0.00	0.04	0.17												98.51
C1-8-2	53.14	45.03	0.01		0.08	0.02												98.27
C1-2-4	53.14	45.31	0.00	0.02	0.05	0.00	0.02											98.54
C1-4-5	53.18	45.23		0.07	0.06	0.01	0.04											98.59
C1-9-2	53.53	45.06		0.76	0.03	0.00	0.07											99.45
C1-7-4	53.20	44.95			0.05	0.01												98.21
C1-5-1	53.22	44.95	0.02	0.00	0.05	0.05	0.23											98.52
C1-11-3	53.22	45.09	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04											98.48

Ek Tablo 4'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
C1-10-1	53.23	45.14	0.04	0.10	0.06	0.00												98.56
C1-7-3	53.23	45.12	0.03	0.02	0.04	0.00	0.03											98.47
C1-5-3	53.29	45.24	0.02		0.05	0.08	0.02											98.70
C1-4-4	53.34	44.70	0.01	0.27	0.07	0.04												98.42
C1-9-3	53.36	45.04		0.33	0.04	0.03												98.80
C1-8-3	53.40	45.16	0.03		0.05	0.01	0.00											98.66
C1-1-3	53.48	45.52	0.03	0.00	0.03		0.04											99.11
C1-6-3	53.49	45.38	0.01	0.01	0.05		0.03											98.97
C1-11-2	53.50	44.90		0.02	0.06	0.00	0.02											98.51
C1-9-4	53.54	44.81	0.01	0.62	0.05	0.03	0.02											99.08
C3-8-2	53.45	45.31		0.26		0.00			0.05	0.03						0.02	0.00	99.13
C3-5-4	53.85	45.31	0.02	0.10	0.04													99.32
C3-1-3	53.94	44.76		0.02	0.08	0.01												98.80
C3-1-4	53.98	45.06	0.02	0.04	0.04		0.03											99.17
C3-5-3	54.20	44.95		0.03	0.07													99.25
Haydarlı damarına ait pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
H4-3	52.83	45.05	0.01		0.04		0.04											97.96
H4-3	52.10	45.32	0.02		0.08		0.01											97.52
H4-3	52.33	45.32	0.02		0.04		0.10											97.80
H4-3	52.29	45.56			0.04		0.03											97.92
H4-3	52.13	45.45	0.02		0.09													97.69
H4-6	52.82	45.56	0.03		0.04													98.44
H4-6	52.61	45.45	0.02		0.05		0.00											98.14
H4-6	52.81	45.72	0.02		0.05		0.01											98.63
H4-6	52.90	45.29	0.03		0.05													98.27
H4-6	52.60	45.51	0.02		0.04		0.02											98.20
Harami damarına ait pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
HC1-2	53.10	45.50			0.06													98.66
HC1-2	53.46	45.95	0.01		0.04													99.45
HC1-2	53.36	45.97	0.04		0.04													99.41

Ek Tablo 4'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
HC1-2	53.39	45.70	0.02		0.05													99.18
HC1-2	53.32	45.23	0.02		0.04													98.62
HC1-4	52.96	45.75	0.01		0.06													98.78
HC1-4	53.04	45.27			0.04		0.03											98.39
HC1-4	53.10	45.65	0.02		0.08		0.03											98.87
HC1-4	53.16	45.56			0.07		0.10											98.90
HC1-4	53.21	45.57	0.00		0.11		0.06											98.95
HC1-6	53.10	45.64	0.03		0.03		0.00											98.80
HC1-6	53.68	45.66	0.01		0.07		0.03											99.45
HC1-6	53.34	45.80			0.07		0.00											99.21
HC1-6	53.28	45.63	0.03		0.05		0.07											99.05
HC1-6	52.82	46.00	0.00		0.13													98.95
HC2-2	53.14	45.52	0.04		0.07													98.76
HC2-2	53.79	46.55			0.04		0.06											100.44
HC2-2	53.10	45.54	0.02		0.03		0.10											98.79
HC2-2	53.27	45.72	0.01		0.06													99.06
HC2-2	53.39	45.46	0.01		0.06		0.03											98.94
HC2-8	53.29	45.59	0.03		0.05													98.96
HC2-8	53.29	45.74	0.02		0.06		0.06											99.16
HC2-8	53.50	45.33	0.00		0.05		0.09											98.97
HC2-8	53.69	45.54	0.00		0.04													99.27
HC2-8	53.37	45.55	0.01		0.04		0.03											99.00
Kuşuyvası damarına ait pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
KZ5-2	52.91	45.34			0.01													98.27
KZ5-2	52.91	45.56			0.06													98.53
KZ5-2	52.96	45.29	0.02		0.02													98.29
KZ5-2	53.06	45.42	0.02		0.03													98.53
KZ5-2	52.58	45.35	0.01		0.07													98.01
KZ5-3	53.05	45.20			0.06													98.31
KZ5-3	52.94	45.48	0.01		0.06													98.50
KZ5-3	53.04	45.53	0.04		0.04		0.14											98.79

Ek Tablo 4'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
KZ5-3	52.82	45.36	0.01		0.04													98.24
KZ5-3	53.03	45.48	0.01		0.06		0.06											98.64
KZ6-3	53.29	45.48	0.01		0.07		0.02											98.87
KZ6-3	52.98	45.58			0.05													98.62
KZ6-3	53.33	45.71			0.06													99.10
KZ6-3	53.33	45.63	0.04		0.05		0.02											99.07
KZ6-3	52.97	45.19	0.01		0.01													98.17
KZ6-5	53.13	45.91	0.02		0.06													99.11
KZ6-5	52.64	45.65	0.03		0.05		0.01											98.38
KZ6-5	53.22	45.80	0.04		0.07													99.13
KZ6-5	52.97	45.70	0.01		0.06													98.74
KZ6-5	52.81	45.89	0.12		0.05													98.87
KZ6-5	52.64	45.83	0.01		0.07													98.54
KZ6-5	52.99	45.68	0.01		0.04		0.07											98.79
KZ6-5	52.93	45.29	0.00		0.01		0.07											98.30
KZ6-5	52.90	45.52	0.02		0.03		0.03											98.51
KZ6-5	52.69	45.67	0.01		0.05		0.05											98.48
Demirolok damarına ait pirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
O1-6-2	53.52	46.07	0.03	0.09	0.05		0.01											99.76
O1-1-5	53.55	46.27	0.02		0.01													99.84
O1-3-4	53.59	46.14	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03											99.80
O1-3-6	53.62	46.24	0.02	0.07	0.05													99.99
O1-3-3	53.50	45.69	0.02	0.02	0.04													99.26
O1-1-8	53.67	46.19	0.01	0.38	0.05													100.29
O1-5-1	53.76	46.26			0.03													100.04
O1-1-6	53.81	46.15	0.02	0.16	0.05													100.19
O1-3-2	53.84	46.08	0.00	0.04	0.03	0.00												100.00
O1-3-5	53.86	46.13	0.00	0.22	0.04		0.04											100.29
O2-3-4	53.54	45.90	0.02		0.49	0.01	0.08											100.03
O2-8-6	53.58	45.83	0.02	0.13	0.06	0.01	0.03											99.67

Ek Tablo 4'ün devamı.

Örnek	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Mn	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
O2-7-4	53.59	46.11	0.02	0.01	0.05	0.02	0.01											99.82
O2-5-4	53.65	45.80	0.02		0.03	0.00												99.49
O2-3-3	53.65	46.25	0.02	0.02	0.05		0.03											100.02
O2-8-4	53.65	45.72	0.03	0.00	0.06	0.00												99.47
O2-5-6	53.68	45.77	0.02		0.07	0.00												99.54
O2-9-2	53.69	46.03		0.02	0.06	0.02												99.82
O2-5-1	53.84	46.21	0.02		0.05													100.11
O2-5-5	53.85	45.68	0.02	0.50	0.06		0.02											100.13

Ek Tablo 5. Kabadüz yöresi cevher damarlarında bulunan galen minerallerine ait mineral kimyası analiz sonuçları

Akgüney damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
Örnek	S	Au	Ag	Sb	Pb	Te	Fe	Ni	Zn	As	Se	Mn	Cu	Cd	Hg	Bi	Sn	Total
AG1-11-3	13.54		0.02		87.17													100.73
AG1-11-4	13.50				86.60													100.09
AG1-3-1	13.59		0.18		87.14													100.92
AG1-6-3	13.51		0.03		88.37													101.91
AG1-6-4	13.60		0.04		87.44													101.08
AG1-7-6	13.75		0.00		87.53													101.28
AG1-7-7	13.57		0.05		87.86													101.48
AG1-9-3	13.56		0.01		88.04													101.61
AG2-10-3	13.49		0.00		87.88													101.37
AG2-4-3	13.60				87.84													101.44
AG2-4-5	13.62		0.05		87.90													101.57
AG2-5-1	13.71		0.02		88.01													101.74
AG2-5-4	13.52		0.01		87.94													101.47
AG2-6-1	13.70				88.37													102.07
AG2-6-5	13.65				88.59													102.24
AG2-8-1	13.44				86.74													100.18
Atköprü damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
AK1-10-5	13.36				87.26													100.62
AK1-4-1	13.21				87.67													100.88
AK1-4-2	13.37				87.05													100.43
AK1-5-3	13.55		0.01		86.85													100.41
AK1-8-3	13.34		0.00		87.39													100.73
AK1-8-4	13.35		0.04		87.10													100.49
AK2-1-3	13.62				88.75													102.37
AK2-1-9	13.70		0.00		88.49													102.19
AK2-5-3	13.74				87.99													101.73
AK2-5-4	13.70				88.77													102.47
AK2-6-4	13.68				88.36													102.04

Ek Tablo 5'in devamı.

Örnek	S	Au	Ag	Sb	Pb	Te	Fe	Ni	Zn	As	Se	Mn	Cu	Cd	Hg	Bi	Sn	Total
AK2-6-6	13.72		0.18		88.12													102.02
AK2-7-5	13.60				89.52													103.13
Boruklu damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
B1-4	13.63	0.01			88.29	0.02												101.94
B1-4	13.75				88.25	0.07												102.06
B1-4	13.70				88.12	0.05												101.87
B1-4	13.79				87.29	0.04												101.12
B1-4	13.81				87.75	0.04												101.60
B1-4-1	13.74				88.92													102.67
B1-4-2	13.66		0.05		88.08													101.79
B1-5-3	13.69				88.76													102.46
B1-5-4	13.63				88.86													102.49
B1-5-5	13.72				88.77													102.49
B1-6-6	13.72				89.05													102.77
B1-6-7	13.62				88.47													102.08
B1-7-5	13.70			0.02	88.33													102.05
B1-7-6	13.80				89.31													103.11
B1-7-7	13.75				88.07													101.82
B1-9	13.69				88.59	0.05												102.34
B1-9	13.82				88.33	0.05												102.20
B1-9	13.71	0.10			87.89	0.05												101.75
B1-9	13.69				89.00	0.06												102.75
B1-9	13.75	0.09			87.98	0.03												101.85
B3-1-3	13.66				88.71													102.37
B3-4-1	13.82				88.88													102.70
B3-4-2	13.66				88.36													102.02
B3-5-3	13.47				88.36													101.82
B3-5-4	13.65		0.01		88.18													101.84
B3-5-5	13.74				88.19													101.93
B3-7-2	13.85				88.96													102.81

Ek Tablo 5'in devamı.

Örnek	S	Au	Ag	Sb	Pb	Te	Fe	Ni	Zn	As	Se	Mn	Cu	Cd	Hg	Bi	Sn	Total
B3-8-2	13.60		0.02		87.84													101.46
B3-8-3	13.77				88.69													102.46
B3-9-2	13.62				88.26													101.88
B3-9-3	13.62				88.85													102.47
B3-9-5	13.64				88.23													101.86
B3-9-6	13.63				88.39													102.01
Demiroluk damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
BK2-10-1	13.67				88.04													101.71
BK2-10-2	13.52				87.60													101.12
BK2-10-5	13.74				88.05													101.79
BK2-11-1	13.62				88.18													101.80
BK2-5-2	13.68				88.32													102.00
BK2-6-3	13.72				87.64													101.36
BK2-6-4	13.63				88.26													101.89
BK2-8-3	13.71				88.92													102.64
BK2-8-4	13.59				88.38													101.98
BK3-3-3	13.76				88.41													102.18
BK3-4-3	13.62				88.11													101.72
BK3-5-2	13.62				87.24													100.86
BK3-6-1	13.58				88.48													102.06
BK3-6-2	13.63				88.06													101.69
BK3-7-1	13.67				88.15													101.82
BK3-7-8	13.68				88.20													101.89
BK3-7-9	13.56				88.50													102.07
BK3-8-4	13.57				88.79													102.36
BK3-8-6	13.64				87.41													101.05
Çokdam damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
C1-10-5	13.62				88.02													101.64
C1-2-3	13.60				88.82													102.42
C1-3-3	13.61				87.89													101.50

Ek Tablo 5'in devamı.

Örnek	S	Au	Ag	Sb	Pb	Te	Fe	Ni	Zn	As	Se	Mn	Cu	Cd	Hg	Bi	Sn	Total
C1-3-4	13.77				88.20													101.97
C1-4-2	13.55				87.92													101.47
C1-5-2	13.61				88.81													102.42
C1-7-7	13.73				88.81													102.54
C3-2-5	13.64				89.00													102.64
C3-2-6	13.55				88.56													102.11
C3-3-2	13.59			0.01	87.96													101.55
C3-6-1	13.71				88.24													101.95
C3-6-3	13.59				87.51													101.11
C3-7-3	13.57				88.65													102.22
C3-7-4	13.62		0.00		88.36													101.98
C3-7-5	13.78				88.71													102.49
Haydarlı damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
H4-1	13.55				87.38	0.04												100.96
H4-1	13.49				88.21	0.05												101.75
H4-1	13.60	0.06			87.41	0.04												101.10
H4-1	13.42				86.71	0.04												100.16
H4-1	13.52	0.06			87.74	0.06												101.37
Harami damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
HC1-1	13.67				88.78	0.03												102.47
HC1-1	13.76	0.06			88.07	0.03												101.92
HC1-1	13.76				88.85	0.05												102.66
HC1-1	13.75				88.35	0.04												102.15
HC1-1	13.63				88.10	0.02												101.75
HC1-7	13.96				88.79	0.05												102.80
HC1-7	13.71				88.59	0.04												102.34
HC1-7	13.61		0.01		88.73	0.06												102.40
HC1-7	13.90				89.40	0.05												103.35
HC1-7	13.61				88.98	0.06												102.64
HC2-1	13.61				88.24	0.02												101.88

Ek Tablo 5'in devamı.

Örnek	S	Au	Ag	Sb	Pb	Te	Fe	Ni	Zn	As	Se	Mn	Cu	Cd	Hg	Bi	Sn	Total
HC2-1	13.79				88.25	0.04												102.08
HC2-1	13.71				88.48	0.04												102.23
HC2-1	13.78	0.05			88.11	0.04												101.98
HC2-1	13.71				87.80	0.04												101.55
Kuşyuvası damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
KZ5-7	13.72				87.25	0.03												101.00
KZ5-7	13.72	0.06			88.79	0.02												102.60
KZ5-7	13.69	0.04			88.10	0.05												101.88
KZ5-7	13.66				88.30	0.05												102.01
KZ5-7	13.64	0.02			87.57	0.04												101.26
KZ5-8	13.58				88.17	0.03												101.78
KZ5-8	13.63				87.76	0.03												101.42
KZ5-8	13.55				87.42	0.04												101.01
KZ5-8	13.59		0.15		86.67	0.13												100.54
KZ5-8	13.56				87.34	0.04												100.94
KZ6-4	13.79				88.28	0.04												102.11
KZ6-4	13.64				87.72	0.04												101.40
KZ6-4	13.83				88.72	0.05												102.60
KZ6-4	13.64	0.02			88.41	0.05												102.12
KZ6-4	13.76	0.01			87.68	0.04												101.49
Demiroluk damarına ait galen minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
O1-1-2	13.82				88.47													102.29
O1-1-3	13.63				88.79													102.42
O1-1-4	13.63				88.68													102.31
O1-2-6	13.79				88.83													102.62
O1-2-7	13.56				88.44													102.00
O1-2-8	13.70		0.04		87.78													101.53
O1-5-2	13.48				88.22													101.70
O1-5-3	13.43			0.01	88.26													101.70
O1-5-4	13.61				88.53													102.13

Ek Tablo 5'in devamı.

Örnek	S	Au	Ag	Sb	Pb	Te	Fe	Ni	Zn	As	Se	Mn	Cu	Cd	Hg	Bi	Sn	Total
O1-5-5	13.65				88.85													102.49
O1-6-1	13.50				87.53													101.02
O2-10-4	13.58				87.91													101.49
O2-10-5	13.57				88.09													101.67
O2-1-1	13.57				88.32													101.88
O2-2-2	13.50		0.03		88.74													102.28
O2-2-3	13.63				87.18													100.81
O2-4-1	13.85				88.32													102.17
O2-5-2	13.69				88.22													101.91
O2-6-1	13.57				88.31													101.88
O2-6-2	13.62				87.87													101.49
O2-7-1	13.77				88.46													102.23
O2-7-3	13.48				88.62													102.10
O2-8-5	13.53			0.02	89.31													102.87
O2-8-7	13.60				88.25													101.86
O2-8-8	13.66				89.10													102.76

Ek Tablo 6. Kabadüz yöresi cevher damarlarında bulunan Kalkopirit minerallerine ait mineral kimyası analiz sonuçları.

Akgüney damarına ait kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
Örnek	S	Fe	Se	Au	Zn	Cu	Ag	Sn	Te	As	Mn	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Total
AG1-10-2	34.66	29.90		0.01	0.64	34.12	0.01	0.02									99.36
AG1-5-1	34.84	30.21	0.00	0.00	0.01	34.26	0.07	0.01									99.40
AG1-5-2	34.70	29.73			0.39	34.16	0.02		0.00								99.00
AG1-7-1	34.52	30.16		0.07		34.31	0.02		0.01								99.09
AG1-7-2	34.75	30.08				34.43	0.04	0.00	0.00								99.31
AG1-7-3	34.67	29.88	0.01		0.16	34.04	0.02										98.78
AG2-1-3	35.03	29.97			0.22	34.01	0.03	0.01	0.00								99.28
AG2-2-1	34.79	29.99				34.08	0.01	0.02	0.02								98.90
AG2-2-3	34.62	30.19	0.01	0.04	0.01	34.05		0.03	0.03								98.98
AG2-3-2	34.89	29.78			0.33	34.06		0.02									99.07
AG2-5-2	34.98	30.19			0.01	34.44		0.01									99.62
AG2-6-2	34.59	30.06			0.86	33.99		0.03	0.00								99.53
AG2-7-4	34.80	29.92		0.02	0.05	34.46	0.04		0.01								99.30
Atköprü damarına ait kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
AK1-7-1	34.27	29.66	0.01	0.00	0.73	33.67	0.07	0.03	0.04								98.48
AK1-8-1	34.10	30.04			0.60	33.83	0.00	0.02									98.59
AK2-1-4	35.11	29.57			0.02	33.72	0.01	0.04	0.00								98.47
AK2-1-5	35.24	29.36	0.02		0.01	33.80	0.01										98.43
AK2-1-6	35.21	29.46	0.00	0.01	0.20	33.92			0.01								98.81
AK2-2-2	34.91	29.36				33.82		0.05	0.01								98.15
AK2-2-4	35.26	29.37			0.02	33.66	0.04	0.00	0.03								98.39
AK2-2-5	35.14	29.28			0.18	34.03	0.03	0.01									98.67
AK2-4-3	34.92	29.11				33.58	0.02		0.02								97.64
AK2-4-4	35.14	29.05		0.04		33.80											98.03
AK2-6-5	35.15	29.03	0.00	0.05	0.01	34.08	0.01	0.03	0.00								98.36
AK2-6-8	35.29	29.11		0.03	0.03	33.66	0.04	0.00	0.02								98.19
AK2-8-1	35.28	29.09		0.04	0.01	33.72	0.01	0.04									98.19

Ek Tablo 6'nın devamı.

Boruklu damarına ait kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
Örnek	S	Fe	Se	Au	Zn	Cu	Ag	Sn	Te	As	Mn	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Total
B1-2-1	35.04	28.90			0.02	34.34	0.03		0.01								98.34
B1-3	35.45	29.25				34.30	0.03										99.03
B1-3	35.59	29.85				34.39	0.01										99.83
B1-3	35.38	30.05		0.04		34.28	0.02		0.00								99.77
B1-3	35.49	29.99		0.09		34.19	0.00		0.01								99.77
B1-3	35.46	29.54		0.01		34.05	0.01										99.06
B1-3-1	35.22	28.98		0.10		34.18	0.02	0.01	0.00								98.50
B1-3-4	35.17	29.07			0.16	34.10		0.03	0.00								98.54
B1-5	35.25	29.00		0.04		34.11	0.00										98.40
B1-5	35.42	29.56				34.53	0.01		0.01								99.52
B1-5	35.32	29.95				34.55	0.01		0.00								99.84
B1-5	35.82	30.17		0.06	0.03	34.68	0.01		0.02								100.79
B1-5	35.31	29.50		0.05	0.30	34.35	0.00		0.00								99.52
B1-5-6	35.37	29.00				33.89	0.06										98.32
B1-5-7	35.15	28.77				33.75	0.04	0.01	0.03								97.75
B1-5-8	35.22	28.93		0.07		33.82											98.03
B1-6-1	35.10	28.64		0.04		34.18	0.01	0.01	0.04								98.03
B1-6-2	35.26	28.86		0.00		34.05											98.17
B1-6-3	35.29	28.69	0.00		0.07	34.06		0.00	0.01								98.11
B1-7-2	34.83	28.42	0.00	0.03	0.05	33.84	0.02	0.01									97.21
B3-2-2	34.87	29.81		0.04	0.74	33.88		0.01									99.36
B3-3-1	35.00	29.96		0.02		34.24	0.01	0.00									99.23
B3-7-5	34.99	30.09		0.04		34.34	0.01										99.46
B3-7-6	35.01	29.85		0.05	0.00	34.09	0.00	0.02									99.03
Demiroluk damarına ait kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
BK3-1-2	34.75	29.91			0.43	34.21		0.01									99.32
BK3-2-1	34.74	30.02			0.26	34.13											99.16
BK3-2-3	35.11	30.01				34.06	0.00	0.01	0.02								99.21
BK3-2-4	34.81	29.85				34.33	0.04	0.04									99.07

Ek Tablo 6'nin devamı.

Örnek	S	Fe	Se	Au	Zn	Cu	Ag	Sn	Te	As	Mn	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Total
BK3-4-5	34.81	29.67			0.13	34.04		0.02									98.67
BK3-8-3	34.87	29.99	0.00		0.04	34.17		0.01	0.01								99.08
BK3-8-5	34.89	30.00			0.07	33.88	0.00	0.00	0.02								98.88
BK3-8-8	34.85	29.90		0.02	0.41	34.19		0.00									99.37
Çokdam damarına ait kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
C1-11-1	34.88	29.64	0.01	0.01	0.00	33.84											98.38
C1-1-2	34.93	29.42				34.09	0.05	0.01									98.51
C1-1-4	35.14	29.77		0.01		34.02	0.01	0.02									98.97
C1-1-6	34.86	29.90		0.04		34.16	0.01	0.01	0.03								99.00
C1-7-1	34.95	29.62			0.01	34.06			0.03								98.67
C1-7-5	34.96	29.21	0.00		0.05	34.04		0.02									98.29
C1-7-6	35.04	29.56		0.13		33.94	0.06	0.01	0.01								98.76
C1-7-8	35.11	29.31		0.02		34.00		0.00	0.01								98.45
C1-8-1	34.95	29.66				33.13	0.05		0.01								97.81
C1-8-4	35.05	29.65				33.38	0.07		0.01								98.17
C3-1-5	35.10	29.07	0.01			33.95	0.00										98.12
C3-1-6	35.01	28.78				34.02		0.02	0.00								97.83
C3-2-4	35.08	29.15				33.98	0.04	0.01	0.02								98.27
C3-4-1	34.85	28.94	0.00		0.61	33.52											97.92
C3-5-1	34.88	28.89			0.20	33.99	0.03	0.02									98.01
C3-5-5	34.77	29.06		0.07		33.92		0.02	0.03								97.86
C3-5-6	34.92	29.03				34.07	0.05	0.03	0.00								98.09
C3-7-6	34.91	28.78			0.03	34.17	0.01	0.02	0.01								97.92
C3-7-7	34.94	29.07		0.00		34.19	0.02	0.02	0.01								98.25
C3-9-3	35.04	29.08			0.06	34.04	0.07	0.02	0.01								98.32
C3-9-5	34.81	28.86	0.01	0.04	0.09	33.95	0.07		0.00								97.83
Haydarlı damarına ait Kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
H4-2	34.78	29.36		0.06		34.10	0.01		0.01								98.31
H4-2	34.98	29.44				34.46	0.02		0.01								98.91
H4-2	34.88	29.62		0.06		34.24	0.01										98.81

Ek Tablo 6'nın devamı.

Örnek	S	Fe	Se	Au	Zn	Cu	Ag	Sn	Te	As	Mn	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Total
H4-2	35.02	29.52		0.03	0.02	34.08	0.01										98.67
H4-2	34.95	29.55				34.07	0.01		0.01								98.58
H4-5	34.85	29.64			0.54	34.37	0.01										99.41
H4-5	34.81	29.67		0.04	0.28	34.20	0.02										99.02
H4-5	35.01	29.63		0.02	0.19	34.09											98.94
H4-5	35.13	30.07		0.00	0.20	34.43	0.01										99.85
H4-5	34.93	29.89		0.00	0.40	34.57	0.02		0.01								99.82
Harami damarına ait kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
HC1-5	35.36	29.98			0.80	34.14	0.03		0.01								100.32
HC1-5	35.32	29.78			0.23	34.35	0.02		0.00								99.69
HC1-5	35.42	30.22			0.22	34.38	0.01										100.24
HC1-5	35.41	30.03			0.23	34.20	0.00		0.01								99.88
HC1-5	35.48	29.67			0.74	34.30	0.02										100.22
HC2-3	35.39	29.40			1.26	33.87	0.02										99.94
HC2-3	35.36	29.73		0.07	0.56	34.46	0.02	0.01	0.01								100.22
HC2-3	35.65	29.97			0.37	34.28	0.01		0.00								100.28
HC2-3	35.89	29.72		0.01	0.38	34.15	0.03										100.18
HC2-3	36.04	29.36		0.09	0.55	34.34	0.01		0.01								100.40
HC2-4	35.43	28.48			0.03	33.87	0.01		0.01								97.84
HC2-4	35.58	29.43		0.06		34.28	0.01										99.36
HC2-4	35.47	30.00				34.51	0.02										100.00
HC2-4	35.57	29.58		0.02		34.19	0.01										99.37
HC2-4	35.29	29.52		0.07	0.00	34.13	0.02		0.02								99.05
Kuşyuvası damarına ait kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
KZ5-1	35.22	29.93				34.21	0.02		0.01								99.38
KZ5-1	34.97	29.94		0.02		34.39	0.01										99.38
KZ5-1	35.16	30.16		0.02		34.33	0.00										99.67
KZ5-1	35.14	29.95			0.00	34.17		0.05									99.32
KZ5-1	34.93	29.92				34.29	0.01										99.14
KZ5-9	35.41	30.05				34.05	0.01		0.00								99.52

Ek Tablo 6'nın devamı.

Örnek	S	Fe	Se	Au	Zn	Cu	Ag	Sn	Te	As	Mn	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Total
KZ5-9	35.34	30.23		0.04		34.40	0.01	0.01									100.03
KZ5-9	35.19	30.13			0.06	34.52	0.02	0.00									99.92
KZ5-9	34.81	27.75		0.18	0.13	32.66	0.01										95.55
KZ5-9	34.83	29.51			0.77	34.36	0.02	0.06									99.55
KZ6-6	35.19	29.67		0.05		34.22		0.02									99.15
KZ6-6	35.30	29.85		0.04		34.51		0.08									99.79
KZ6-6	35.12	30.00		0.02		34.44	0.02	0.02	0.01								99.63
KZ6-6	35.17	29.95			0.11	34.17		0.05									99.45
KZ6-6	35.27	30.06		0.07		34.29		0.02									99.72
Demiroluk damarına ait kalkopirit minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																	
O1-2-3	34.74	30.28		0.02	0.10	34.18		0.03	0.00								99.35
O1-2-4	35.06	30.28	0.00		0.09	34.24		0.01	0.04								99.72
O1-2-5	35.02	30.03		0.01		34.22	0.05	0.01									99.35
O1-3-1	34.99	29.93		0.01	0.00	33.98	0.02	0.01	0.02								98.96
O1-4-3	34.86	30.22			0.09	34.13			0.01								99.31
O1-4-4	34.74	29.87			0.05	34.24	0.02	0.02	0.04								98.99
O1-4-5	34.93	30.02	0.01	0.01	0.06	34.21	0.01	0.03									99.29
O1-4-6	34.98	29.95			0.01	34.24	0.01	0.01									99.21
O1-6-3	34.78	30.31		0.05	0.27	34.17		0.04	0.01								99.63
O1-6-5	34.77	30.30			0.12	34.04	0.00	0.01									99.25
O2-1-2	35.03	29.71				34.07	0.03	0.02									98.85
O2-1-3	35.07	30.41	0.00			34.26											99.74
O2-1-4	35.31	30.26	0.01	0.11		34.40											100.09
O2-2-1	34.72	30.02	0.00			34.02		0.03									98.79
O2-3-1	35.06	29.98	0.00			34.20		0.03	0.00								99.28
O2-4-2	34.99	30.01	0.01	0.14		34.40		0.02									99.56
O2-6-5	34.90	30.10	0.00		0.11	33.88	0.04	0.02	0.01								99.05
O2-9-1	34.86	30.24				34.32		0.02									99.43
O2-9-3	34.91	30.04		0.10		34.34	0.01	0.01	0.03								99.44

Ek Tablo 7. Kabadüz yöresi cevher damarlarındaki fahlerz minerallerine ait mineral kimyası analiz sonuçları.

Çokdam damarına ait gri cevher minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
Örnek	S	Fe	Zn	As	Cu	Ag	Sb	Hg	Pb	Bi	Te	Sn	Cd	Ni	Se	Au	Mn	Total
C1-6-4	28.21	0.91	7.94	20.24	41.66	0.00	0.18	0.03		1.39	0.01							100.58
C1-10-3	28.32	1.14	7.59	20.34	42.03	0.02	1.36	0.00										100.81
C1-6-1	28.39	0.89	8.16	20.89	41.60	0.01	0.01			0.08	0.03							100.06
C1-1-5	28.45	0.66	8.52	20.24	41.52				0.34									99.73
C1-6-2	28.58	0.74	7.75	20.42	42.07	0.01	0.64	0.01		0.26								100.48
C1-10-4	28.64	0.99	7.70	21.13	41.21	0.04												99.69
C1-3-2	28.72	0.69	7.80	20.50	42.46	0.06	0.02				0.02							100.26
Harami damarına ait gri cevher minerallerinin mineral kimyası (Ağ. %)																		
HC2-6	28.52	0.85	7.64	21.20	42.29	0.06	0.03	0.02										100.61
HC2-6	28.87	1.35	7.05	21.21	42.94	0.08		0.01		0.00	0.00							101.52
HC2-6	28.99	1.56	6.72	21.22	42.95	0.09	0.01	0.05		0.02	0.02							101.62
HC2-6	28.87	1.48	6.93	21.04	43.07	0.08	0.01	0.03										101.51
HC2-6	28.76	1.51	7.12	21.21	42.98	0.07	0.00	0.03			0.02							101.71
HC2-9	28.77	1.30	7.61	21.34	42.73	0.07	0.01				0.01							101.84
HC2-9	28.38	0.61	8.11	21.45	43.12	0.11	0.02			0.02								101.82
HC2-9	28.69	0.47	8.12	21.49	42.63	0.10	0.01			0.01	0.01							101.53
HC2-9	28.64	0.66	7.79	20.93	42.47	0.12	0.28			0.01	0.01							100.90
HC2-9	24.88	0.43	7.24	1.84	36.57	2.24	28.26											101.46

Ek Tablo 8. Demiroluk cevher damarına dik bir hat boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek no	D.L.	D-105	D-109	D-116	D-124	D-127	D-130	D-132	D-134	D-136	D-137	D-138	D-139	D-140	D-141	D-143	D-145
SiO ₂	0.01	53.08	52.41	48.70	49.22	50.81	49.78	49.37	49.64	20.81	10.06	17.00	11.80	24.20	26.77	55.09	51.68
Al ₂ O ₃	0.01	17.64	17.13	17.09	15.16	14.96	14.61	14.33	14.40	3.72	4.76	3.59	2.10	4.29	13.82	15.44	17.15
Fe ₂ O ₃	0.04	6.38	7.70	7.60	6.58	8.73	7.59	7.88	5.61	7.99	7.85	6.76	8.54	11.16	6.55	7.84	10.04
MgO	0.01	3.45	2.77	4.45	3.91	4.23	3.88	4.48	3.97	12.09	13.76	13.07	14.00	11.86	8.72	2.66	1.62
CaO	0.01	2.81	2.73	3.70	5.99	4.04	5.48	5.37	6.56	21.29	24.36	22.54	24.76	19.46	14.99	2.41	1.39
Na ₂ O	0.01	0.63	1.25	1.72	1.83	1.63	0.86	0.78	0.11	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.11	0.11
K ₂ O	0.01	7.10	6.21	5.01	4.00	2.64	3.54	3.00	4.27	0.49	0.20	0.79	0.20	0.99	0.53	6.16	6.95
TiO ₂	0.01	0.70	0.68	0.66	0.59	0.62	0.59	0.58	0.59	0.16	0.18	0.14	0.07	0.16	0.55	0.64	0.69
P ₂ O ₅	0.01	0.25	0.27	0.26	0.25	0.25	0.23	0.24	0.25	0.05	0.07	0.07	0.03	0.06	0.19	0.23	0.26
MnO	0.01	0.19	0.16	0.21	0.30	0.23	0.25	0.27	0.29	0.65	0.81	0.59	0.86	0.59	0.53	0.23	0.23
Cr ₂ O ₃	0.002	0.017	0.008	0.027	0.004	0.018	0.004	0.021	0.009	0.015	0.004	0.019	<0.002	0.013	0.008	0.013	0.008
Ask.	-5.1	7.4	8.4	10.3	11.9	11.7	13.0	13.5	14.1	32.4	37.6	35.1	36.1	26.4	27.1	8.9	9.6
Top/C	0.02	1.31	1.51	1.81	2.66	2.34	2.83	2.86	3.10	9.18	10.78	10.10	10.74	7.77	6.42	1.67	1.12
Top/S	0.02	0.27	1.18	0.07	0.54	1.21	1.53	1.10	1.04	1.65	1.30	0.45	1.96	4.32	1.93	2.43	4.76
Toplam	0.01	99.68	99.76	99.71	99.76	99.83	99.82	99.83	99.79	99.67	99.65	99.68	98.47	99.21	99.75	99.75	99.73
Ba	1	1238	714	716	546	253	491	231	772	24	13	15	7	18	92	1110	1376
Ni	0.1	37.1	12.2	49.4	12.8	58.4	6.7	33.2	5.6	25.1	6.8	23.4	6.2	20.0	10.2	30.9	17.2
Sc	1	27	23	28	28	23	22	21	16	7	8	5	4	7	26	25	27
Co	0.2	15.5	22.5	23.4	17.9	39.8	15.3	16.4	12.5	15.1	12.8	9.4	11.9	17.3	20.1	28.0	26.9
Cs	0.1	3.1	2.7	1.8	1.9	1.3	1.2	1.4	1.3	0.4	0.2	0.3	0.1	1.4	0.2	0.8	0.9
Ga	0.5	14.7	16.0	15.0	13.7	14.5	13.8	15.1	11.1	4.1	4.3	3.1	2.6	4.9	11.8	13.2	15.5
Hf	0.1	2.5	2.5	2.3	2.3	2.1	2.2	1.9	2.2	0.6	0.8	0.5	0.4	0.6	1.9	2.1	2.4
Nb	0.1	4.9	4.8	4.4	4.1	4.1	3.8	3.5	4.1	1.1	1.2	1.0	0.5	1.0	4.5	4.1	4.2
Rb	0.1	186.7	173.7	117.3	104.6	90.3	107.5	103.7	106.3	22.2	6.1	24.0	5.9	28.5	14.3	168.5	173.9
Sn	1	2	2	2	2	2	2	2	2	<1	<1	<1	<1	1	2	1	2
Sr	0.5	130.3	135.1	150.5	131.1	75.7	59.3	47.4	66.0	138.6	76.7	110.2	162.7	91.9	51.2	59.7	65.7
Ta	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.3	0.3
Th	0.2	10.5	10.3	9.7	8.7	8.8	8.6	8.1	8.5	2.2	2.5	2.3	1.0	2.3	6.4	8.5	9.5
Tl	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Se	0.5	<0.5	0.6	0.8	<0.5	0.8	<0.5	<0.5	0.6	3.0	2.2	0.8	7.2	7.4	0.5	<0.5	1.0

Ek Tablo 8'in devamı.

Örnek no	D.L.	D-105	D-109	D-116	D-124	D-127	D-130	D-132	D-134	D-136	D-137	D-138	D-139	D-140	D-141	D-143	D-145
Be	1	2	1	2	1	2	2	2	1	<1	<1	<1	<1	<1	1	2	1
U	0.1	3.3	3.2	2.9	2.8	2.7	2.8	2.6	2.5	1.4	1.4	1.1	0.9	1.9	2.8	3.1	3.1
V	8	231	234	234	240	218	216	241	136	96	73	71	70	87	200	214	226
W	0.5	2.7	3.6	2.4	2.5	2.5	2.2	3.0	3.3	0.8	1.0	0.9	1.1	2.5	2.7	2.5	3.2
Zr	0.1	92.3	88.0	83.4	74.7	76.1	71.5	67.7	73.6	19.9	23.9	18.4	10.3	21.1	67.1	76.9	85.1
Y	0.1	16.2	14.7	20.0	21.6	21.6	14.5	13.0	14.2	9.0	9.8	6.1	10.6	9.0	18.1	16.6	19.1
Mo	0.1	0.2	0.4	0.3	0.5	0.5	<0.1	0.1	<0.1	1.1	0.3	0.6	1.1	3.2	1.0	0.5	1.2
Cu	0.1	4.7	19.1	201.7	9.6	11.1	4.0	5.0	9.0	57.5	140.8	13.6	167.6	661.7	12.4	69.1	16.6
Pb	0.1	7.0	13.1	12.4	11.5	6.8	8.2	7.9	10.0	473.7	166.4	137.2	4149.6	1544.7	52.3	22.7	22.0
Zn	1	128	87	136	73	102	79	96	95	155	263	249	5649	1976	118	145	158
As	0.5	2.1	4.6	3.2	5.9	9.7	17.8	14.5	11.3	44.9	7.5	4.9	46.6	31.8	172.2	6.0	15.6
Cd	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	<0.1	0.2	0.1	0.2	1.1	2.4	2.0	45.4	21.4	0.9	0.3	0.1
Sb	0.1	0.6	0.6	0.5	0.5	0.3	<0.1	0.1	0.2	0.1	<0.1	<0.1	1.3	1.5	0.4	<0.1	<0.1
Bi	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	0.2	2.9	<0.1	<0.1	2.8	7.4	0.2	0.7	0.7
Ag	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.2	0.5	0.4	3.0	2.6	0.3	0.2	0.1
Au	0.5	1.2	5.3	1.8	5.5	10.8	3.4	<0.5	1.0	16.9	5.7	3.2	6.4	43.5	15.1	12.3	12.2
Hg	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
La	0.1	19.3	16.4	18.9	18.8	19.4	12.7	10.5	14.0	7.6	7.5	6.3	5.2	5.5	13.9	16.0	18.6
Ce	0.1	41.6	37.9	42.1	41.6	41.0	27.2	23.0	29.5	15.5	15.2	11.7	10.3	11.4	31.7	35.7	40.6
Pr	0.02	4.82	4.30	4.85	4.75	4.93	3.36	2.90	3.72	1.92	1.83	1.41	1.26	1.43	3.80	4.27	4.70
Nd	0.3	18.9	17.5	20.1	18.8	19.8	13.6	12.0	14.8	6.9	7.6	5.4	5.4	6.4	15.7	17.4	19.2
Sm	0.05	4.18	3.73	4.47	4.59	4.19	3.05	2.70	3.17	1.83	1.69	1.28	1.42	1.42	3.66	3.73	4.26
Eu	0.02	1.05	0.96	1.21	1.31	1.15	0.75	0.66	0.80	0.49	0.49	0.36	0.58	0.35	1.06	1.11	1.28
Gd	0.05	3.64	3.39	4.16	4.36	3.95	2.87	2.47	2.80	1.84	1.63	1.21	1.68	1.54	3.50	3.52	3.92
Tb	0.01	0.57	0.53	0.68	0.74	0.66	0.45	0.41	0.46	0.29	0.25	0.19	0.28	0.24	0.56	0.53	0.62
Dy	0.05	3.14	2.90	3.74	4.34	3.60	2.41	2.24	2.38	1.49	1.31	0.93	1.51	1.31	3.23	2.94	3.54
Ho	0.02	0.62	0.61	0.80	0.86	0.75	0.48	0.43	0.50	0.31	0.27	0.20	0.29	0.29	0.69	0.64	0.76
Er	0.03	1.80	1.73	2.34	2.68	2.21	1.43	1.20	1.42	0.80	0.70	0.52	0.74	0.79	1.90	1.67	2.12
Tm	0.01	0.28	0.24	0.36	0.42	0.35	0.21	0.19	0.22	0.11	0.10	0.07	0.10	0.10	0.29	0.26	0.31
Yb	0.05	1.74	1.63	2.27	2.70	2.19	1.34	1.18	1.39	0.64	0.67	0.44	0.68	0.75	2.05	1.82	1.92
Lu	0.01	0.28	0.26	0.35	0.42	0.35	0.22	0.18	0.24	0.10	0.10	0.06	0.09	0.10	0.31	0.27	0.30

Ek Tablo 9. Haydarlı cevher damarına dik bir hat boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları.

Örnek no	D.L.	H-70	H-75	H-80	H-85	H-90	H-93	H-96	H-97	H-99	H-100	H-101	H-101.5	H-102	H-104	H-106	H-111
SiO ₂	0.01	57.17	57.89	50.51	54.01	53.82	59.61	51.92	55.12	51.80	49.02	60.65	58.41	50.16	49.12	52.85	47.72
Al ₂ O ₃	0.01	14.24	14.50	14.51	15.20	15.39	15.22	14.27	13.88	15.73	16.21	14.88	13.22	11.55	16.77	15.87	16.65
Fe ₂ O ₃	0.04	6.85	5.83	6.99	7.29	6.07	5.28	6.04	5.96	5.60	5.46	4.77	4.21	4.75	7.14	7.32	9.68
MgO	0.01	3.83	3.84	4.59	4.41	4.55	3.56	3.99	3.47	3.98	3.75	2.28	3.28	5.30	3.63	5.14	4.49
CaO	0.01	5.08	5.07	7.49	5.61	4.60	3.22	5.88	4.85	5.36	6.17	3.26	5.21	8.37	4.65	3.57	6.28
Na ₂ O	0.01	1.89	2.14	0.89	1.35	0.55	0.79	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
K ₂ O	0.01	2.22	2.42	3.14	2.69	3.89	3.58	3.84	3.78	5.10	5.13	4.02	3.91	3.23	4.67	4.22	3.78
TiO ₂	0.01	0.52	0.53	0.55	0.55	0.57	0.57	0.53	0.50	0.59	0.60	0.59	0.46	0.36	0.61	0.64	0.77
P ₂ O ₅	0.01	0.23	0.25	0.23	0.25	0.25	0.25	0.25	0.22	0.25	0.26	0.26	0.21	0.17	0.23	0.26	0.27
MnO	0.01	0.10	0.10	0.20	0.10	0.13	0.09	0.20	0.23	0.24	0.32	0.14	0.33	0.57	0.48	0.35	0.29
Cr ₂ O ₃	0.002	0.008	0.022	0.011	0.012	0.010	0.014	0.010	0.009	0.032	0.009	0.020	0.011	0.036	0.015	0.031	<0.002
Ask.	-5.1	7.6	7.2	10.7	8.3	9.9	7.6	12.7	11.8	11.1	12.8	8.9	10.6	15.3	12.5	9.5	9.7
Top/C	0.02	1.08	1.19	1.96	1.25	1.73	1.10	2.78	2.55	2.48	2.85	1.14	2.06	3.63	2.47	1.32	1.45
Top/S	0.02	0.03	<0.02	<0.02	0.02	0.03	<0.02	0.06	0.16	0.09	0.13	2.17	1.39	0.70	0.27	0.05	0.05
Toplam	0.01	99.75	99.80	99.82	99.77	99.76	99.84	99.66	99.83	99.79	99.81	99.78	99.87	99.82	99.81	99.77	99.72
Ba	1	920	398	289	519	804	248	1513	275	473	385	376	97	92	167	257	648
Ni	0.1	17.4	24.0	20.2	20.3	16.7	16.9	15.6	12.6	41.7	10.1	26.2	10.4	29.1	13.2	30.4	5.8
Sc	1	22	23	26	25	24	24	23	23	26	26	20	21	15	23	25	26
Co	0.2	17.7	16.3	19.4	22.9	17.3	15.9	14.9	16.6	16.6	15.6	19.8	13.8	15.4	14.1	19.0	22.8
Cs	0.1	2.0	1.8	1.9	1.6	2.4	2.9	2.0	2.0	2.6	2.8	8.1	2.8	2.8	3.5	3.7	3.2
Ga	0.5	11.7	12.6	13.0	14.0	13.4	11.6	13.0	13.0	14.1	14.9	11.4	12.2	10.5	15.1	14.9	16.0
Hf	0.1	2.4	2.3	2.1	2.3	2.6	2.4	2.0	2.1	2.4	2.7	2.5	1.9	1.6	2.8	2.4	1.7
Nb	0.1	4.3	4.2	3.9	4.3	4.2	4.3	4.0	3.7	4.5	4.6	4.4	3.3	3.1	5.0	4.4	3.5
Rb	0.1	71.9	94.8	166.8	96.5	175.0	146.4	144.1	138.3	174.5	177.4	144.6	141.4	109.9	162.2	143.2	137.9
Sn	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Sr	0.5	178.8	105.5	81.2	96.4	58.2	33.8	72.2	33.0	25.9	34.1	379.6	30.4	76.7	29.0	27.0	124.3
Ta	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2
Th	0.2	8.3	9.1	8.4	9.7	8.7	9.3	8.4	7.5	9.2	9.6	9.6	7.3	6.6	10.6	8.5	6.6
Tl	0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Se	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	<0.5	<0.5	0.6	0.6	0.7	<0.5	<0.5

Ek Tablo 9'un devamı.

Örnek no	D.L.	H-70	H-75	H-80	H-85	H-90	H-93	H-96	H-97	H-99	H-100	H-101	H-101.5	H-102	H-104	H-106	H-111
Be	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2
U	0.1	2.9	2.8	2.7	3.1	2.8	2.9	3.0	2.5	3.1	3.4	5.1	2.7	2.4	3.5	3.3	2.2
V	8	183	186	198	222	176	174	187	179	204	190	169	160	125	194	228	301
W	0.5	2.4	1.8	1.8	1.7	1.4	1.5	2.1	3.1	3.1	4.0	7.3	3.5	5.6	4.1	3.5	2.0
Zr	0.1	77.1	76.4	71.4	79.3	78.2	79.9	75.4	64.2	82.6	84.2	83.8	64.6	58.5	93.1	79.0	62.3
Y	0.1	16.5	17.6	16.4	16.5	16.1	14.7	16.3	14.8	16.0	16.5	14.6	15.0	15.7	17.2	15.1	16.6
Mo	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.7	1.2	<0.1	0.3	1.2	3.0	0.9	<0.1	<0.1	<0.1
Cu	0.1	4.2	1.6	4.8	19.9	1.5	0.8	168.3	34.4	7.9	19.9	22.0	4.3	11.4	31.6	30.9	50.8
Pb	0.1	4.4	3.2	2.5	2.6	2.1	1.7	10.7	17.9	3.5	4.0	14.0	9.7	18.2	4.6	1.9	7.6
Zn	1	64	52	60	71	58	52	70	66	62	86	144	34	85	98	176	132
As	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	4.0	5.0	8.4	18.2	8.3	11.1	1.7	0.7	<0.5
Cd	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.2	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1
Bi	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.7	0.3	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.2	0.2	<0.1	0.1
Ag	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1
Au	0.5	1.0	3.2	2.1	1.3	1.3	0.8	1.7	4.7	1.2	2.0	21.4	7.3	12.1	2.5	0.7	1.0
Hg	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
La	0.1	19.4	17.3	17.5	20.4	17.4	16.2	16.2	17.2	17.6	18.6	30.3	13.7	16.6	31.5	16.5	17.0
Ce	0.1	40.9	39.1	36.7	43.6	37.1	36.4	35.1	37.1	37.1	41.6	62.3	33.7	35.9	63.8	35.6	37.4
Pr	0.02	4.74	4.70	4.28	4.94	4.26	4.31	4.11	4.32	4.26	4.73	7.08	3.92	4.07	6.83	4.06	4.34
Nd	0.3	18.0	18.4	17.2	19.5	16.8	16.9	16.8	17.1	17.3	18.5	28.1	15.5	15.9	25.1	16.7	18.5
Sm	0.05	3.83	4.12	3.68	4.11	3.57	3.53	3.63	3.62	3.62	3.96	5.30	3.30	3.58	4.81	3.52	4.06
Eu	0.02	0.95	1.03	0.98	1.00	0.96	0.70	0.95	0.99	0.87	1.06	1.21	0.84	0.94	1.07	0.89	1.15
Gd	0.05	3.30	3.60	3.27	3.49	3.23	3.08	3.22	3.12	3.22	3.61	3.74	2.95	3.27	3.77	3.16	3.69
Tb	0.01	0.54	0.57	0.52	0.56	0.52	0.48	0.53	0.51	0.52	0.56	0.53	0.49	0.53	0.60	0.52	0.59
Dy	0.05	2.90	3.02	2.97	3.26	2.87	2.57	2.98	2.82	2.95	3.14	2.69	2.64	2.95	3.15	2.89	3.19
Ho	0.02	0.62	0.63	0.59	0.61	0.56	0.55	0.59	0.57	0.59	0.62	0.55	0.55	0.58	0.63	0.59	0.64
Er	0.03	1.78	1.80	1.74	1.87	1.76	1.59	1.72	1.65	1.78	1.81	1.60	1.60	1.64	1.91	1.72	1.83
Tm	0.01	0.29	0.28	0.27	0.30	0.28	0.26	0.28	0.26	0.28	0.29	0.26	0.25	0.26	0.31	0.28	0.29
Yb	0.05	1.86	1.76	1.74	1.85	1.69	1.61	1.68	1.62	1.71	1.82	1.64	1.59	1.60	1.91	1.74	1.73
Lu	0.01	0.29	0.27	0.27	0.30	0.27	0.26	0.26	0.25	0.27	0.29	0.26	0.25	0.24	0.31	0.27	0.27

Ek 10. Demirouluk sondajında cevherli zona ait 5 örneğin analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan göreceli (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri (ortalama değerler).

Element	ni	Ci ⁰	Ci ^A	Ci ^S	ΔC (%, Göreceli)	ΔC (g/100g, Net)
As	1	4,60	27,14	5,90	3512,15	1463,74
Fe	2	7,70	8,46	2,20	489,19	42,55
Sr	3	135,10	116,02	2,58	401,13	558,88
Ni	4	12,20	16,30	5,34	541,39	108,05
Sb	5	0,60	0,62	5,17	576,40	8,08
Au	6	5,30	15,14	17,14	1243,20	355,66
Cu	7	19,10	208,24	76,32	5431,61	23075,17
Mo	8	0,40	1,26	25,20	1550,42	29,99
Co	9	22,50	13,30	5,32	208,72	28,16
Na	10	1,25	0,02	0,19	-90,05	-0,02
Zn	11	87,00	1658,40	209,68	15103,64	750649,81
Cd	12	0,10	14,46	1735,20	110987,07	44016,33
Pb	13	13,10	1294,32	1284,44	76516,33	2724857,48
Cs	14	2,70	0,48	2,49	-19,75	0,24
Th	15	10,30	2,06	3,00	-3,97	-0,08
Ta	16	0,20	0,10	8,00	168,49	0,17
Ba	17	714,00	15,40	0,37	-89,68	-13,71
Y	18	14,70	8,90	10,90	234,86	22,71
Ag	19	0,10	1,74	330,60	10574,93	275,16
Ga	20	16,00	3,80	4,75	18,51	0,65
K	21	6,21	0,53	1,81	-58,69	-0,25
Nb	22	4,80	0,96	4,40	-3,45	-0,04
Rb	23	173,70	17,34	2,30	-52,52	-7,18
NE	24	6,58	2,43	8,88	92,26	2,17
Mn	25	0,16	0,70	109,38	2343,75	17,59
Si	26	52,41	16,77	8,32	62,75	11,72
V	27	234,00	79,40	9,16	77,64	60,39
Sc	28	23,00	6,20	7,55	32,93	1,93
Mg	29	2,77	12,96	135,64	2450,56	324,09
Hf	30	2,50	0,58	6,96	15,49	0,08
Ca	31	2,73	22,48	255,29	4407,11	1017,86
U	32	3,20	1,34	13,40	108,75	1,46
Zr	33	88,00	18,72	7,02	3,17	0,39
P	34	0,27	0,06	7,05	0,99	0,00
Al	35	17,13	3,69	7,54	4,92	0,14
Ti	36	0,68	0,14	7,52	0,00	0,00

Açıklamalar:

ΔC (% Göreceli) : Taze kayaca göre, ayrılmış kayaçtaki göreceli (%) kütle değişimidir

ΔC (g/100g, Net) : Taze kayaca göre ayrılmış kayaçtaki net (g/100g) kütle değişimidir.

Ni : Ölçeklendirme katsayısı

Ci⁰ : i elementinin en az ayrılmış kayaçtaki konsantrasyonu

Ci^A : i elementinin altere kayaçtaki konsantrasyonu

Ci^S : Ayrılmış örneğin konsantrasyonu

NE : Nadir elementler

Ek 11. Demiroluk sondajında cevher yan kayaçlarına ait 10 örneğin analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan göreceli (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri (ortalama değerler).

Element	ni	CI ^O	CI ^A	CI ^S	ΔC (%, Göreceli)	ΔC (g/100g, Net)
As	1	4,60	25,83	5,62	570,16	797,22
Fe	2	7,70	7,48	1,94	6,48	0,62
Sr	3	135,10	83,69	1,86	-32,65	-17,69
Ni	4	12,20	26,15	8,57	131,92	61,95
Sb	5	0,60	0,29	2,42	-46,97	-0,08
Au	6	5,30	6,34	7,18	31,69	8,06
Cu	7	19,10	34,32	12,58	88,91	216,12
Mo	8	0,40	0,45	9,00	20,91	0,43
Co	9	22,50	21,58	8,63	5,12	3,97
Na	10	1,25	0,78	6,24	-29,99	0,19
Zn	11	87,00	113,00	14,29	40,58	51,59
Cd	12	0,10	0,23	27,60	166,22	1,06
Pb	13	13,10	16,08	15,96	37,18	22,37
Cs	14	2,70	1,39	7,21	-44,26	-0,42
Th	15	10,30	8,73	12,71	-7,25	-0,59
Ta	16	0,20	0,22	17,60	20,12	0,05
Ba	17	714,00	682,50	16,25	-0,40	218,20
Y	18	14,70	17,49	21,42	31,02	6,02
Ag	19	0,10	0,13	24,70	45,80	0,11
Ga	20	16,00	13,84	17,30	-5,01	-0,64
K	21	6,21	4,32	14,61	-26,33	-0,61
Nb	22	4,80	4,17	19,11	-4,45	-0,17
Rb	23	173,70	117,31	15,53	-27,97	-21,53
NE	24	6,58	6,42	23,43	6,73	0,59
Mn	25	0,16	0,27	42,66	92,22	0,32
Si	26	52,41	48,41	24,02	1,23	1,49
V	27	234,00	215,60	24,88	1,41	6,44
Sc	28	23,00	24,30	29,58	15,89	4,31
Mg	29	2,77	4,14	43,31	69,66	4,33
Hf	30	2,50	2,19	26,28	-3,86	-0,08
Ca	31	2,73	5,27	59,89	123,91	12,63
U	32	3,20	2,86	28,60	-1,91	-0,05
Zr	33	88,00	76,84	28,82	-4,43	-3,40
P	34	0,27	0,24	30,35	-1,91	0,00
Al	35	17,13	15,46	31,59	-1,11	-0,19
Ti	36	0,68	0,62	32,88	0,10	0,00

Not: Açıklamalar Ek Tablo 10'daki gibidir.

Ek 12. Haydarlı sondajında cevherli zona ait 3 örneğin analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan göreceli (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri (ortalama değerler).

Element	ni	Ci ^O	Ci ^A	Ci ^S	ΔC (%, Göreceli)	ΔC (g/100g, Net)
Si	1	59,61	56,41	0,95	14,61	8,07
Co	2	15,90	16,33	2,05	23,05	3,80
Sr	3	33,80	162,23	14,40	409,84	1318,89
Cu	4	0,80	12,57	62,83	1688,16	269,67
Ba	5	248,00	188,33	3,80	-16,47	29,63
Fe	6	5,28	4,58	5,20	5,66	0,26
V	7	174,00	151,33	6,09	4,80	7,56
Na	8	0,79	0,03	0,34	-94,95	-0,03
As	9	0,50	12,53	225,60	2833,22	377,05
Ni	10	16,90	21,90	12,96	56,85	17,28
Zn	11	52,00	87,67	18,54	94,19	116,13
Cs	12	2,90	4,57	18,90	77,57	5,23
Au	13	0,80	13,60	221,00	1867,07	286,43
Rb	14	146,40	131,97	12,62	8,84	12,02
Y	15	14,70	15,10	15,41	26,06	4,02
Mn	16	0,09	0,35	61,63	402,76	1,92
Ti	17	0,57	0,47	14,02	-2,03	0,00
Mg	18	3,56	3,62	18,30	29,72	1,82
K	19	3,58	3,72	19,74	25,73	0,95
Ga	20	11,60	11,37	19,60	19,55	2,25
Ta	21	0,20	0,23	24,50	38,53	0,09
Sc	22	24,00	18,67	17,11	-5,95	-0,92
Ca	23	3,22	5,61	40,10	123,44	9,18
Al	24	15,22	13,22	20,84	4,66	0,56
Mo	25	0,10	1,70	425,00	2010,07	45,83
Th	26	9,30	7,83	21,90	0,53	0,05
P	27	0,25	0,21	23,04	1,80	0,00
NE	28	6,32	7,50	33,23	39,57	3,29
Hf	29	2,40	2,00	24,17	-0,86	-0,01
U	30	2,90	3,40	35,17	35,99	1,53
Pb	31	1,70	13,97	254,69	911,11	137,72
Zr	32	79,90	68,97	27,62	3,14	2,15
Nb	33	4,30	3,60	27,63	0,00	0,00

Not: Açıklamalar Ek Tablo 10'daki gibidir.

Ek 13. Haydarlı sondajında cevher yan kayaçlarına ait 12 örneğin analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan göreceli (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri (ortalama değerler).

Element	ni	Ci ^O	Ci ^A	Ci ^S	ΔC (%, Göreceli)	ΔC (g/100g, Net)
Si	1	59,61	52,58	0,88	-9,28	-4,72
Co	2	15,9	17,77	2,23	15,75	3,42
Sr	3	33,8	72,13	6,40	124,10	155,70
Cu	4	0,8	31,32	156,58	4060,45	3891,67
Ba	5	248	554,00	11,17	133,10	1306,66
Fe	6	5,28	6,69	7,60	31,14	2,41
V	7	174	204,00	8,21	21,41	52,68
Na	8	0,79	0,59	6,01	-23,14	0,60
As	9	0,5	1,94	34,95	285,86	16,94
Ni	10	16,9	19,00	11,24	13,67	7,32
Zn	11	52	82,92	17,54	64,07	77,62
Cs	12	2,9	2,46	10,17	-13,42	-0,19
Au	13	0,8	1,89	30,74	145,74	4,44
Rb	14	146,4	140,22	13,41	-1,78	4,82
Y	15	14,7	16,30	16,63	13,92	2,29
Mn	16	0,09	0,23	40,59	157,21	0,48
Ti	17	0,57	0,58	17,30	4,88	0,04
Mg	18	3,56	4,14	20,93	19,81	0,89
K	19	3,58	3,74	19,85	6,63	0,45
Ga	20	11,6	13,81	23,81	22,37	3,21
Ta	21	0,2	0,25	26,25	26,93	0,08
Sc	22	24	24,33	22,31	4,36	1,16
Ca	23	3,22	5,38	38,46	73,13	4,30
Al	24	15,22	15,27	24,08	2,98	0,48
Mo	25	0,1	0,26	64,58	178,72	1,72
Th	26	9,3	8,72	24,37	-4,54	-0,36
P	27	0,25	0,25	26,55	1,18	0,00
NE	28	6,3	7,06	31,27	13,94	1,08
Hf	29	2,4	2,32	27,99	-1,80	-0,03
U	30	2,9	2,94	30,43	3,22	0,11
Pb	31	1,7	5,42	98,77	241,77	27,07
Zr	32	79,9	76,93	30,81	-1,91	-1,36
Nb	33	4,3	4,22	32,36	0,00	0,00

Not: Açıklamalar Ek Tablo 10'daki gibidir.

Ek Tablo 14. Kabadüz cevherlerine ait kuvars minerallerinden yapılan sıvı kapanım ölçüm sonuçları.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
AG-2	-49,1	-7,4	328,3		11,1	0,80	456,2
	-39,6	-2,6	281,6	8,8	4,4	0,78	411,6
	-24,4	-3,2	248,3	22,4	5,3	0,85	418,7
	-21,4	-2,7	236,4	16,9	4,5	0,85	412,4
	-21,2	-2,8	241,2	9,2	4,7	0,85	414,0
	-22,3	-2,6	245,4	9,4	4,4	0,84	411,6
	-26,1	-2,8	260,4	8,3	4,7	0,82	414,0
	-31,2	-2,3	247,8	8,4	3,9	0,83	407,6
			243,2				
			247,3				
			257,1				
			266,2				
			268,4				
			265,8				
		275,6					
		277,7					
		282,6					
AG-3	-33,8	-5,9	341,6		9,2	0,80	445,4
			309,4				
	-32,8	-6,2	347,4		9,6	0,70	447,7
			253,4				
			258,5				
			259,3				
			256,3				
			251,4				
			209,5				
			214,5				
			219,7				
			223,5				
			228,5				
			277,3				
		274,4					
		294,5					
		297,7					
	-28,4	-5,9	338,3		9,2	0,80	445,4
	-26,7	-6,1	342,5		9,4	0,80	446,6
	-29,4	-6,3	347,2		9,7	0,70	448,3
	-25,8	-6,2	336,3		9,6	0,80	447,7
		211,4					
		217,8					
AK1	-30,3	-1,2	267,2		2,1	0,78	392,3
			184,2				
			235,0				
			214,0				
			226,0				
			213,0				
		237,0					

Ek Tablo 14'ün devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
AK1			258,0				
	-41,0	-6,8	344,0		10,3	0,76	452,0
			277,2				
			371,8				
	-37,6	-0,8	251,7		1,4	0,78	386,4
			251,7				
			263,5				
	-34,1	-1,1	294,5		1,9	0,71	390,8
	-34,7	-1,6	303,1		2,7	0,71	398,0
	-32,6	-1,9	294,0		3,2	0,75	402,1
		255,2					
		268,5					
AK2	-31,2	-1,1	261,6		1,9	0,78	390,8
	-33,7	-1,3	294,5		2,2	0,73	393,7
	-34,1	-1,7	286,3		2,9	0,75	399,4
	-37,8	-1,0	274,8		1,7	0,76	389,3
	-41,1	-3,7	270,2		6,0	0,83	424,2
			274,5				
			278,6				
			290,1				
	-38,5	-1,9	244,3	14,6	3,2	0,83	402,1
	-39,0	-1,4	243,1	22,6	2,4	0,82	395,2
-40,5	-4,7	351,4		7,5	0,69	434,5	
AK3	-34,9	-5,9	402,5	24,3	9,2	0,62	445,4
	-74,9	-6,1	412,3	19,2	8,1	0,57	438,5
	-48,4	-5,0	409,5	22,5	7,9	0,55	437,2
	-50,4	-5,8	408,2		7,8	0,56	436,5
	-38,9	-5,9	375,6	28,1	9,2	0,68	445,4
			378,7				
			397,2				
			399,8				
			397,6				
			286,0				
			315,0				
			318,0				
	-65,6	-5,7	413,3	24,5	8,9	0,57	443,5
-48,8	-6,7	407,6	13,8	10,2	0,63	451,2	
-35,6	-6,2	390,4	22,2	9,6	0,65	447,7	
-34,1	-7,2	395,3	17,8	10,8	0,66	454,6	
		385,0					
B1	-43,7	-3,9	252,8	17,3	6,3	0,85	426,4
	-44,3	-4,6	305,1	17,4	7,4	0,78	433,5
	-37,4	-6,4	311,3	21,6	9,8	0,80	449,0
	-42,1	-2,3	297,4	24,1	3,9	0,74	407,4
	-43,4	-4,9	328,4	13,5	7,8	0,74	436,4
	-32,2	-2,5	278,3		4,2	0,79	410,0
			224,0				
			227,0				

Ek Tablo 14'ün devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
B1			236,0				
			243,0				
			248,0				
			256,0				
			258,0				
			254,0				
			252,0				
			265,0				
			267,0				
			264,0				
			261,0				
			279,0				
			273,0				
			268,0				
		207,0					
		247,0					
B2	-42,4	-6,2	391,7	13,6	9,6	0,64	447,5
	-41,8	-5,6	394,8	31,5	8,7	0,61	442,6
	-41,8	-5,7	373,2		8,9	0,66	443,4
	-40,4	-5,2	384,4	22,9	8,2	0,64	439,1
	-41,1	-6,0	398,6	21,8	9,3	0,62	445,9
	-32,9	-7,8	381,4	10,0	11,6	0,71	458,8
	-33,1	-7,7	354,1		11,5	0,76	458,2
	-43,2	-8,2	395,4	19,2	12,1	0,70	461,4
	-42,1	-8,5	423,0	34,3	12,4	0,63	463,2
	-42,1	-8,8	401,5	25,7	12,8	0,68	465,0
			364,0				
			367,0				
			361,0				
			373,0				
		376,0					
		379,0					
		376,0					
		379,0					
		326,0					
		338,0					
		344,0					
		326,0					
		298,0					
		244,0					
BK3		-2,6	299,5		4,4	0,75	411,3
		-1,9	278,6		3,2	0,78	402,1
		-5	379,9	33,9	7,9	0,63	437,3
			282,2				
			261,8				
			397				
			365,6				
			367,8				
			359,4		8,6	0,7	441,7
		-30,3	-5,5	359,4			

Ek Tablo 14'ün devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
BK3	-50,8	-5,3	338,5		8,3	0,74	440,0
	-64,4	-5,8	386,8		9,0	0,69	444,3
	-23,8	-2	298,4		3,4	0,78	403,5
	-47,4	-5,8	371,9		9,0	0,69	444,3
BK2			334,8	28,7			
			321,5	25,8			
			241,4	27,8			
			336,3	22,8			
	-36,6	-6,4	391,4	22,6	9,8	0,64	449,0
	-43,2	-5,7	388,4	30,1	8,9	0,63	443,4
	-33,4	-0,6	267		1,1	0,77	383,4
	-41,9	-5,2	397		8,2	0,61	439,1
			242				
			245				
			246				
			258				
	-42,3	-5,5	374	33,7	8,6	0,66	441,7
	-42,3	-5,5	371,1	21,7	8,6	0,67	441,7
			291,6				
			298,7				
	-43,4	-5,4	367	15,5	8,5	0,68	440,9
		245,8					
		256,7					
		267,9					
		212,5					
		216,2					
		267,1					
		265,2					
		265,8					
		367,8					
		276					
BK4	-28,4	-4,1	367		6,6	0,64	428,5
			252				
			253				
	-32,4	-5,1	402		8,1	0,59	438,2
			359				
			243				
	-34,1	-4,3	376		6,9	0,62	430,5
	-34,4	-4,9	315,7		7,8	0,76	436,4
	-35,1	-5,7	377,4		8,9	0,66	443,4
	-34,6	-1,1	279		1,9	0,75	390,8
-29,2	-1,1	280,3		1,9	0,75	390,8	
-33,2	-6,1	408,3		9,4	0,6	446,7	
C3	-32,4	-1,8	231,3		3,1	0,85	400,7
	-22,1	-0,8	233,0		1,4	0,83	386,4
	-33,8	-1,1	236,4		1,9	0,82	390,8
	-34,2	-1,4	252,7		2,4	0,81	395,2
	-34,0	-1,2	247,5		2,1	0,82	392,3
			238,6				

Ek Tablo 14'ün devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)	
C3	-33,2	-1,6	248,7	22,8	2,7	0,81	398,0	
	-28,0	-1,6	267,3		2,7	0,78	398,0	
	-29,2	-2,3	270,9		3,9	0,79	407,4	
	-29,5	-1,3	230,0		2,2	0,84	393,7	
	-27,4	-4,2	405,0	15,2	6,8	0,54	429,5	
	-26,9	-3,8	248,8		6,2	0,86	425,3	
	-35,7	-4,8	299,1		11,9	7,6	0,79	435,4
			197,0					
			205,0					
			218,0					
		216,0						
CL	-34,3	-3,9	298,6	21,8	6,3	0,78	426,4	
	-31,6	-0,8	258,6		1,4	0,79	386,4	
	-34,1	-4,2	355,7		6,8	0,67	429,5	
	-32,9	-2,8	346,4		4,7	0,65	413,8	
	-33,2	-2,5	378,6		4,2	0,56	410,0	
			227,5					
			268,9					
			230,1					
			242,1					
			260,9					
			271,6					
			288,9					
		-34,5	-2,1		251,0	3,6	0,82	404,8
		-32,5	-1,1		247,0	1,9	0,81	390,8
		-34,1	-1,7		240,0	2,9	0,83	399,4
		-34,3	-1,6		245,0	2,7	0,82	398,0
			-1,1		248,4	1,9	0,80	390,8
		-0,6	252,3	1,1	0,80	383,4		
		-0,2	241,3	0,4	0,80	377,2		
		236,6						
C1	-72,2	-7,5	341,8	19,2	11,2	0,78	456,9	
	-22,6	-5,2	352,1		8,2	0,71	439,1	
	-36,4	-7,2	367,4		26,4	10,8	0,72	454,8
	-64,9	-7,2	416,5		15,8	10,8	0,60	454,8
			313,9					
			327,1					
			362,4					
			365,6					
		-47,5	-3,5	394,1	12,8	5,7	0,55	422,0
		-28,5	-2,9	372,6	23,0	4,8	0,58	415,0
			314,0					
			324,0					
			328,0					
			343,0					
		347,0						
		357,0						
		359,0						
		363,0						

Ek Tablo 14'ün devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
C1			365,0				
			379,0				
			386,0				
			357,0				
			365,0				
			379,0				
			386,0				
			357,0				
			365,0				
H2	-28,4	-0,6	236,2	20,1	1,1	0,82	383,4
	-33,3	-1,3	241,6		2,2	0,83	393,7
	-31,2	-1,6	229,4		2,7	0,84	398,0
	-34,2	-1,2	209,2	14,5	2,1	0,87	392,3
	-23,6	-0,9	204,9		1,6	0,87	387,9
	-22,9	-0,9	224,6		1,6	0,84	387,9
	-31,2	-1,2	253,3		2,1	0,81	392,3
	-32,3	-1,8	264,2		3,1	0,80	400,7
	-38,9	-0,2	264,0		0,4	0,76	377,2
	-23,4	-6,7	370,4		10,2	0,71	451,3
	-28,2	-5,9	344,0		9,2	0,74	445,1
	-29,4	-6,3	365,0		9,7	0,70	448,3
			238,0				
			247,0				
			228,0				
		263,0					
		254,0					
		259,0					
H1			245,0				
			265,0				
			248,0				
	-33,8	-6,7	362,0		10,2	0,73	451,3
	-32,8	-3,1	354,0		5,1	0,65	417,4
	-27,4	-2,8	358,0		4,7	0,62	413,8
	-69,6	-6,8	367,0		10,3	0,72	452,0
	-35,6	-8,1	376,0		12,0	0,73	460,7
	-33,7	-7,6	374,0		11,3	0,72	457,5
	-68,4	-7,8	379,0	17,6	11,6	0,71	458,9
		254,0					
		258,0					
		251,0					
		243,0					
HC1	-32,8	-1,8	222,0	8,7	3,1	0,86	400,7
	-33,3	-2,7	243,0		4,5	0,85	412,5
	-33,4	-4,1	341,4		6,6	0,70	428,5
		-5,4	354,0		8,5	0,71	440,9
		-4,6	357,0		7,4	0,68	433,5
		-4,8	331,0		7,6	0,74	435,4
		-5,9	338,0		9,2	0,75	445,1
			346,0				

Ek Tablo 14'ün devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)	
HC1			349,0					
			351,0					
			334,0					
		-1,2	232,2		2,1	0,84	392,3	
			236,0					
			236,3					
			228,9					
			218,4					
		-34,2	-1,8	224,7	13,9	3,1	0,83	400,7
	HCR	-32,9	-2,5	267,8		4,2	0,81	410,0
			259,4					
			256,9					
			320,5					
			284,0					
			303,0					
			234,8					
		-33,5	-2,8	356,6		4,7	0,62	413,8
			204,8					
			211,9					
	-32,4	-2,1	311,5		3,6	0,71	404,8	
HC-2	-37,0	-4,1	328,0	9,2	6,6	0,73	428,5	
	-22,2	-3,9	332,0		6,3	0,72	426,4	
KZ2	-33,0	-1,2	255,9		2,1	0,80	392,3	
	-33,3	-1,1	269,7		1,9	0,77	390,8	
	-34,1	-1,4	245,4		2,4	0,82	395,2	
	-33,6	-1,8	252,3	10,4	3,1	0,82	400,7	
			277,6					
			225,9					
		-31,9	-2,7	357,8	13,4	4,5	0,62	412,5
		-35,4	-2,8	247,1	8,7	4,7	0,84	413,8
		-35,7	-3,8	311,6	9,6	6,2	0,76	425,3
			261,8					
			254,8					
			253,2					
		-37,6	-4,4	373,8		7,1	0,64	431,5
				363,7				
				373,0				
				376,0				
			362,0					
	-33,9	-3,3	332,2	12,5	5,4	0,70	419,7	
	-24,7	-1,8	224,5		3,1	0,86	400,7	
	-33,8	-3,8	362,9	8,7	6,2	0,65	425,3	
			263,6					
KZ5			297,4					
	-32,0	-1,4	227,3	16,7	2,4	0,85	395,2	
	-37,2	-4,3	381,0		6,9	0,60	430,5	
	-45,2	-5,1	396,2		8,1	0,61	438,2	
	-32,4	-4,3	387,7		6,9	0,57	430,5	
	-42,3	-4,4	311,4		7,1	0,77	431,5	

Ek Tablo 14'ün devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
KZ5	-36,7	-1,0	191,8		1,7	0,88	389,3
	-33,2	-1,2	237,0		2,1	0,83	392,3
	-35,0	-5,8	357,5		9,0	0,72	444,3
KY1			367,8				
			385,9				
	-21,3	-3,2	281,7	23,6	5,3	0,80	418,7
		270,4					
O1	-38,3	-2,1	242,6	17,1	3,6	0,83	404,8
	-40,0	-2,6	273,7	18,2	4,4	0,80	411,3
	-37,9	-2,9	281,8	20,5	4,8	0,78	415,0
	-37,4	-2,7	237,5		4,5	0,85	412,5
	-40,1	-5,1	341,9		8,1	0,73	438,2
	-38,6	-0,9	220,2	6,7	1,6	0,85	387,9
	-37,5	-1,4	224,4		2,4	0,85	395,2
	-32,4	-2,0	291,3	27,1	3,4	0,75	403,5
	-34,3	-2,8	285,4		4,7	0,78	413,8
	-31,2	-6,8	398,4	33,9	10,3	0,65	452,0
	-33,8	-2,3	259,4	15,4	3,9	0,81	407,4
	-36,2	-4,2	322,5	16,0	6,8	0,74	429,5
	-33,4	-3,5	276,0	30,4	5,7	0,81	422,0
	-34,0	-0,9	204,9		1,6	0,87	387,9
	-66,8	-6,4	394,6		9,8	0,63	449,0
	-39,0	-7,2	393,0	7,8	10,8	0,66	454,8
	-33,8	-5,7	388,0		8,9	0,63	443,4
	-34,0	-3,9	384,0		6,3	0,60	426,4
	-35,9	-4,5	371,5		7,2	0,65	432,5
	-42,6	-3,3	266,2		5,4	0,82	419,7
		254,6					
	-37,2	-5,3	381,8	30,0	8,3	0,64	440,0
		311,0					
		411,0					
		331,0					
		330,0					
		307,0					
		337,0					
		247,0					
OM2	-32,2	-1,6	245,0	22,5	2,7	0,82	398,0
	-34,0	-1,9	291,0	17,0	3,2	0,75	402,1
	-34,3	-1,8	236,0		3,1	0,84	400,7
	-37,5	-1,4	300,7		2,4	0,72	395,2
			297,7				
		269,0					
		272,0					
O1	-40,5	-7,3	379,6	28,7	11,0	0,71	455,5
	-39,6	-6,0	386,3	20,8	9,3	0,66	445,9
	-26,6	-5,0	392,3		7,9	0,60	437,3
	-23,7	-4,5	371,0		7,2	0,65	432,5
	-33,8	-5,5	432,1		8,6	0,51	441,7
	-27,4	-6,1	436,1	17,6	9,4	0,53	446,7

Ek Tablo 14'ün devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
O2	-40,7	-5,9	371,2	24,1	9,2	0,69	445,1
			392,0				
			398,0				
			405,0				
			407,0				
			414,0				
			401,0				
			255,0				
			254,0				
			356,0				
			368,0				
			294,0				
			301,0				
					1,6	0,7	388,1

Ek Tablo 15. Kabadüz cevherlerine ait sfalerit minerallerinden yapılan sıvı kapanım ölçüm sonuçları.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
AG-2	-24,5	-7,2	345,3	16,5	10,3	0,8	468,8
	-23,4	-8,7	356,4	18,8	11,8	0,8	481,9
	-23,2	-7,7	338,4	8,3	10,8	0,8	473,4
	-24,7	-7,2	354,4	11,8	10,3	0,7	468,8
	-21,8	-8,2	336,6	21,1	11,3	0,8	477,8
	-22,5	-8,2	327,3	13,4	11,3	0,8	477,8
			226,0				
			238,0				
			242,4				
			255,0				
			269,2				
			304,3				
			288,5				
			194,0				
		321,4					
		312,0					
		318,0					
		267,0					
AG 1	-33,8	-6,4	221,3	14,7	9,8	0,9	464,4
	-32,7	-6,9	293,0		10,5	0,8	470,2
	-34,9	-7,4	301,7	23,0	11,1	0,8	475,8
	-33,9	-6,0	219,4	14,5	9,3	0,9	459,6
	-43,0	-10,0	350,1	15,3	14,2	0,8	503,7
			236,0				
	-33,9	-1,7	244,3		2,9	0,8	400,7
	-32,5	-1,8	247,3		3,1	0,8	402,2
			358,0				
			346,5				
			274,0				
			275,3				
			308,6				
	-28,6	-1,9	254,6		3,2	0,8	403,8
-29,5	-2,1	258,1		3,6	0,8	406,8	
-27,8	-1,3	247,3		2,2	0,8	394,5	
		293,8					
		298,0					
		296,5					
		347,8					
		355,1					
		264,0					
		268,3					
		284,7					
		287,4					
		291,0					
		294,3					

Ek Tablo 15'in devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
AK3	-64,7	-7,7	403,0	26,1	11,5	0,7	479,1
	-70,5	-6,6	412,4	25,2	10,1	0,6	466,7
	-33,6	-7,2	397,5	30,7	10,8	0,7	473,6
	-71,6	-5,6	413,8	25,7	8,7	0,6	454,8
	-32,5	-6,7	402,6	22,9	10,2	0,6	467,9
	-33,9	-8,6	391,4	31,6	12,6	0,7	488,9
	-33,5	-6,9	409,3	20,4	10,5	0,6	470,2
			395,2				
			403,3				
			423,4				
			421,2				
			354,0				
			382,0				
			367,0				
			395,0				
			374,0				
			378,0				
		381,0					
		389,0					
		387,0					
		387,0					
AK4	-48,7	-1,7	281,0	19,6	2,9	0,8	400,7
	-40,5	-0,6	243,0	8,3	1,1	0,8	383,5
	-37,0	-2,2	274,0	24,6	3,7	0,8	408,3
	-41,6	-1,6	231,0	17,2	2,7	0,8	399,2
	-44,5	-1,7	247,0	16,7	2,9	0,8	400,7
	-47,9	-1,5	254,0	13,1	2,6	0,8	397,6
			218,0				
			223,0				
			227,0				
			254,0				
			256,0				
			262,0				
			268,0				
			267,0				
			266,0				
			371,0				
			372,0				
		373,0					
		374,0					
		375,0					
		377,0					
		324,0					
AK5			337,0				
			345,0				
			348,0				
			365,0				
			364,0				
		237,0					

Ek Tablo 15'in devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
B2	-39,2	-1,9	208,0		3,2	0,9	403,8
	-36,4	-2,0	212,0		3,4	0,9	405,3
	-23,1	-1,8	184,2		3,1	0,9	402,2
	-41,9	-1,6	191,3		2,7	0,9	399,2
	-23,8	-6,4	283,3	18,6	9,8	0,8	464,4
	-34,6	-6,3	285,0		9,7	0,8	463,2
	-38,8	-1,8	180,0		3,1	0,9	402,2
	-38,3	-0,9	223,5		1,6	0,8	388,3
			285,0				
			272,9				
			265,6				
			204,0				
			231,8				
			243,0				
			247,0				
			249,0				
			243,0				
		213,0					
		218,0					
		216,0					
B1	-34,5	-2,4	232,0	18,4	4,0	0,9	411,3
	-22,7	-1,8	249,0		3,1	0,8	402,2
	-41,0	-7,7	273,0	20,1	11,5	0,9	479,1
	-43,2	-7,3	268,5		11,0	0,9	474,7
	-43,5	-7,1	256,4		10,7	0,9	472,4
	-22,8	-6,7	263,3	20,2	10,2	0,9	467,9
	-24,7	-2,3	245,5		3,9	0,8	409,8
	-32,4	-1,8	234,9		3,1	0,9	402,2
	-33,2	-0,9	238,0		1,6	0,8	388,3
	-41,7	-1,9	229,4		3,2	0,9	403,8
			252,0				
			258,0				
			256,0				
			251,0				
			257,0				
			217,0				
			219,0				
		256,0					
		259,0					
		253,0					
BK 1	-49,9	-5,7	386,2	18,8	8,9	0,6	456,0
	-47,9	-5,5	369,2	14,8	8,6	0,7	453,6
	-49,3	-6,9	373,4	12,9	10,5	0,7	470,2
	-48,7	-6,4	388,1	16,8	9,8	0,7	464,4
	-45,2	-6,4	366,4	15,6	9,8	0,7	464,4
			397,3				
			333,6				
		359,8					
		314,3					

Ek Tablo 15'in devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)	
BK1			371,2					
			316,1					
			308,6					
BK 2	-47,3	-6,5	364,3	19,9	9,9	0,7	465,6	
	-51,2	-7,4	378,2		11,1	0,7	475,8	
	-54,6	-5,9	372,4		9,2	0,7	458,4	
	-48,8	-5,8	385,4	23,5	9,0	0,7	457,2	
	-47,5	-6,3	365,5		9,7	0,7	463,2	
	-47,3	-5,6	357,7	13,3	8,7	0,7	454,8	
			234,4					
			218,8					
			241,1					
			246,7					
		-26,7	-1,8	253,0		3,1	0,8	402,2
		-29,4	-1,7	258,0		2,9	0,8	400,7
		-32,3	-1,7	245,0		2,9	0,8	400,7
		-31,6	-1,5	267,0		2,6	0,8	397,6
				259,0				
				247,0				
				249,0				
				255,0				
				258,0				
			373,0					
			379,0					
			263,0					
			267,0					
			264,0					
			271,0					
			279,0					
			274,0					
C1	-32,4	-6,9	244,3	16,3	10,5	0,9	470,2	
	-35,5	-5,2	226,4	11,4	8,2	0,9	449,8	
	-21,4	-1,0	229,4	10,7	1,7	0,8	389,8	
	-38,0	-2,5	293,3	13,0	4,2	0,8	412,8	
	-39,7	-5,5	271,8	8,8	8,6	0,9	453,6	
	-37,5	-5,6	274,6	13,9	8,7	0,8	454,8	
	-21,6	-2,0	268,4	10,6	3,4	0,8	405,3	
			201,0					
			218,0					
			227,0					
			235,0					
			245,0					
			258,0					
		267,0						
		273,0						
		284,0						
		293,0						
C3	-34,7	-2,6	244,3		4,4	0,8	414,3	
	-23,8	-1,9	249,4		3,2	0,8	403,8	

Ek Tablo 15'in devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
C3	-28,9	-3,3	275,0		5,4	0,8	424,4
			216,0				
	-32,7	-2,3	249,0		3,9	0,8	409,8
			238,0				
			244,0				
	-29,4	-7,9	257,0		11,7	0,9	481,3
			265,0				
		274,0					
-33,4	-8,1	281,0		12,0	0,9	483,5	
		299,0					
-31,2	-6,8	309,0		10,3	0,8	469,0	
H4	-49,9	-2,7	226,2	20,0	4,5	0,9	415,8
			217,2	14,9	4,2	0,9	412,8
	-42,3	-8,9	329,4	8,5	12,9	0,8	492,1
			238,1	10,3	4,0	0,9	411,3
	-24,7	-2,4	246,4	15,2	4,4	0,8	414,3
			277,3				
			363,6				
			369,8				
			279,3				
			358,6				
	-33,3	-10,5	334,3	12,1	14,7	0,8	508,9
			348,2		12,3	0,8	486,8
	-41,2	-8,4	351,4		11,7	0,8	481,3
			341,0				
			347,0				
			358,0				
	-75,4	-7,8	366,0		11,6	0,7	480,2
			365,0				
	-37,6	-3,8	261,0		6,2	0,8	431,4
269,0				5,3	0,8	423,0	
-33,8	-3,2	265,0		4,8	0,8	418,7	
		264,0		4,5	0,8	415,8	
-35,4	-2,9	364,0					
		373,0					
-36,3	-2,7	375,0					
		376,0					
H1	-68,8	-10,4	345,4	10,5	14,6	0,8	507,9
			275,5		13,9	0,9	501,6
	-37,8	-9,8	397,7	11,1	12,8	0,7	491,0
			305,4	11,1	13,5	0,9	497,4
	-33,3	-8,8	265,8	17,1	13,3	0,9	495,3
			269,1	10,6	12,7	0,9	490,0
	-38,8	-9,4	269,7	13,6	14,4	0,9	505,8
			314,0				
			296,0				
			206,0				
			343,0				
		351,0					

Ek Tablo 15'in devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
HC-1	-32,7	-8,8	241,0		12,8	0,9	491,0
	-33,5	-9,3	253,0		13,4	0,9	496,3
	-34,3	-7,8	249,8	9,7	11,6	0,9	480,2
	-40,7	-8,4	238,6	11,8	12,3	0,9	486,8
			230,1				
			243,2				
			238,0				
			245,0				
			241,0				
			247,0				
HC-4	-21,6	-6,4	248,0		9,8	0,9	464,4
	-23,5	-6,6	244,0		10,1	0,9	466,7
	-21,2	-6,7	251,0		10,2	0,9	467,9
	-21,5	-7,4	259,0		11,1	0,9	475,8
			224,0				
		226,0					
KZ5	-38,6	-8,1	292,8	16,1	12,0	0,9	483,5
	-69,6	-7,1	285,9	13,7	10,7	0,9	472,4
	-40,6	-6,6	263,2		10,1	0,9	466,7
	-40,6	-7,6	297,9	15,5	11,3	0,8	478,0
	-41,2	-7,6	307,8		11,3	0,8	478,0
	-40,6	-7,6	226,6		11,3	0,9	478,0
	-66,2	-7,1	304,5	15,9	10,7	0,8	472,4
	-40,8	-5,5	288,1	21,8	8,6	0,8	453,6
	-41,1	-4,9	286,7	29,3	7,8	0,8	446,0
	-40,8	-5,5	276,3	19,4	8,6	0,8	453,6
KY1	-23,7	-2,1	239,0		3,6	0,8	407,2
	-23,2	-1,7	251,0		2,9	0,8	400,6
	-37,9	-1,9	258,0	14,2	3,2	0,8	403,5
	-26,7	-3,2	232,2		5,3	1,0	423,1
	-42,0	-1,7	231,1	24,2	2,9	0,8	400,6
	-39,7	-2,2	241,2	9,6	3,7	0,8	408,2
	-39,4	-1,9	186,4	11,9	3,2	0,9	403,5
	-38,6	-2,3	204,0	7,6	3,9	0,9	410,0
			272,0				
			275,2				
		227,2					
	-46,8	-2,1	261,0	28,1	3,6	0,8	407,2
	-45,2	-1,7	273,4	20,0	2,9	0,8	400,6
O1	-27,9	-2,2	288,4	19,1	3,7	0,8	408,3
	-26,5	-1,4	301,9	19,2	2,4	0,7	396,1
	-38,1	-0,9	231,6	18,8	1,6	0,8	388,3
	-37,4	-1,6	287,0		2,7	0,8	399,2
			245,2				
			396,4				
			378,6				
		371,2					
		244,0					
		238,0					

Ek Tablo 15'in devamı.

Örnek no	T _{fm} (°C)	T _{m-ice} (°C)	Th (°C)	Gaz/Sıvı	Tuzluluk (% NaCl)	Yoğunluk (gr/cm ³)	T Kritik (°C)
O1	-28,8	-7,6	348,0		11,3	0,8	478,0
	-26,9	-7,9	386,0		11,7	0,7	481,3
	-29,4	-8,1	385,0		12,0	0,7	483,5
			267,0				
			264,0				
			258,0				
			274,0				
			359,0				
			273,0				
			226,0				
OM2	-65,8	-6,9	253,9	28,1	10,5	0,9	470,2
	-25,1	-1,9	260,1		3,2	0,8	403,8
	-26,9	-2,7	260,6		4,5	0,8	415,8
	-44,1	-0,6	224,1		1,1	0,8	383,5
	-42,4	-2,7	285,3		4,5	0,8	415,8
	-40,8	-2,6	290,1	20,1	4,4	0,8	414,3
	-34,2	-1,2	282,0	11,3	2,1	0,8	393,0
	-31,3	-1,9	277,0	11,4	3,2	0,8	403,8
	-67,4	-7,7	392,4		11,5	0,7	479,1
	-74,2	-8,1	401,2		12,0	0,7	483,5
	-35,5	-6,8	395,5		10,3	0,7	469,0
			389,0				
			401,0				
			393,0				
			256,0				
			245,0				
			389,0				
		387,0					
		396,0					
		374,0					
		326,0					
		361,0					
		358,0					
		267,0					
		261,0					
		275,0					

ÖZGEÇMİŞ

Yılmaz Demir, 1978 yılında Bulancak'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bulancak'ta tamamladı. 1997 yılında Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans öğrenimini 1998-2001 yılları arasında KTÜ Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde devam ettirdi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde, 2001-2005 yılları arasında Yüksek Lisans öğrenimini tamamlayıp, aynı yıl doktora programına başladı. Yüksek lisansının son yılında, Erasmus programı kapsamında Friedrich Schiller Üniversitesi'nde (Almanya) 1 yıl süreyle öğrenim gördü. Araştırmacı 2001-2008 yılları arasında KTÜ Gümüşhane Mühendislik Fakültesi'nde, 2008 yılından itibaren de Gümüşhane Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Evli olan Yılmaz DEMİR iyi derecede İngilizce ve orta derecede Almanca bilmektedir.