

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ZİGANA (TORUL, GÜMÜŞHANE, KD TÜRKİYE) YÖRESİ Pb-Zn-Cu±BARİT
CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENSEL AÇIDAN KARŞILAŞTIRMALI
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Serap Sevda TURAN

TEMMUZ 2012
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ZİGANA (TORUL, GÜMÜŞHANE, KD TÜRKİYE) YÖRESİ Pb-Zn-Cu±BARİT
CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENSEL AÇIDAN KARŞILAŞTIRMALI
İNCELENMESİ**

Jeoloji Müh. Serap Sevda TURAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25.05.2012

Tezin Savunma Tarihi : 05.07.2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Miğraç AKÇAY

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Serap Sevda TURAN tarafından hazırlanan

**ZİGANA (TORUL, GÜMÜŞHANE, KD TÜRKİYE) YÖRESİ Pb-Zn-Cu±BARİT
CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENSEL AÇIDAN KARŞILAŞTIRMALI
İNCELENMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 05 / 06 / 2012 gün ve 1459 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Miğraç AKÇAY

Üye : Doç. Dr. İbrahim ALP

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali VAN

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Zigana (Torul, Gümüşhane, KD Türkiye) Yöresi Pb-Zn-Cu±Barit Cevherleşmelerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi” başlıklı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından desteklenen (Proje No: 2009.112.005.3) yüksek lisans tezimin danışmanlığını üstlenerek, tez çalışması süresince üst görüşü ve önerileri ile yol gösteren, değerli katkıları ile bana destek olan, ilgi ve yardımını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Miğraç AKÇAY’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimi boyunca görüş, öneri ve birikimlerinden faydalandığım, tez çalışmam boyunca bilimsel desteğini esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. İbrahim UYSAL’a, Yrd. Doç. Dr. Mithat VICİL’a ve Yrd. Doç. Dr. Yılmaz DEMİR’e teşekkür ederim. Ayrıca arazi çalışmaları sırasında bilgi ve görüşlerini esirgemeyen MTA kamp şefi Jeo. Yük. Müh. Sebahattin GÜNER’e teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince yardımları esirgemeyen değerli arkadaşlarım Arş.Gör. Leyla ÇÖL, Arş.Gör. Çağla Melissa KAYA, Arş.Gör. Recep GÜNEY, Jeoloji Yük. Müh. Neslihan ASLAN, Jeoloji Yük. Müh. Efide KUTLU, Jeoloji Müh. Oguzhan GÜMRÜK ve stajyer öğrencilerime teşekkür ederim.

Hayatımın en değerli varlıkları olan ve öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam Erol TURAN, annem Seriyeye TURAN, ablam Yeliz UZUN’a, abim Özgür TURAN’a, kardeşim Mehtap TURAN’a ve manevi abim Kadir UZUN’a şükranlarımı bir borç bilirim.

Serap Sevda TURAN

Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Zigana (Torul, Gümüşhane, KD Türkiye) Yöresi Pb-Zn-Cu±Barit Cevherleşmelerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Miğraç AKÇAY’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 25/05/2012

Serap Sevda TURAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No:</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Coğrafi Konum	1
1.3. Jeomorfolojisi İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.4. Önceki Çalışmalar	3
1.5. Doğu Pontitlerin Genel Jeolojisi.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	9
2.1. Materyal ve Yöntemler	9
2.1.1. Arazi Çalışmaları	9
2.1.1.1. Jeolojik Harita Alımı	9
2.1.1.2. Petrografi ve Kimyasal Amaçlı Örnek Alımı	10
2.1.2. Laboratuar Çalışmaları	10
2.1.2.1. İnce Kesit ve Parlak Kesit Hazırlanması ve İncelenmesi	10
2.1.2.2. Sıvı Kapanım Kesitlerinin Hazırlanması ve İncelenmesi.....	11
2.1.2.3. Kimyasal Analiz ve X-Işımları Difraksiyonu İçin Örnek Hazırlanması	12
2.1.2.4. İzotop Analizleri İçin Mineral Ayrımı.....	12
2.1.3. Analitik Yöntemler	12
2.1.3.1. Kimyasal Analizler	12
2.1.3.2. XRD Analizleri.....	13
2.1.3.3. İzotop Analizleri	13
2.1.3.4. Elektron Mikroprob Analizleri	13
2.1.3.5. Konfokal Lazer Raman Analizleri	14
2.1.4. Büro Çalışması.....	14
3. BULGULAR.....	16

3.1.	İnceleme Alanının Genel Jeolojisi ve Petrografisi	16
3.1.1.	Kızılkaya Formasyonu.....	16
3.2.	Yapısal Jeoloji	21
3.3.	Maden Jeolojisi.....	22
3.3.1.	Eskiköy Madeni	22
3.3.2.	Istala Madeni	24
3.3.3.	Sırganlık Madeni	25
3.4.	Mineral Birlikteliği ve Kimyası.....	25
3.4.1.	Eskiköy Madeni	28
3.4.1.1.	Pirit	28
3.4.1.2.	Kalkopirit.....	30
3.4.1.3.	Sfalerit.....	31
3.4.1.4.	Galen.....	35
3.4.1.5.	Fahlers.....	35
3.4.1.6.	Diğer Mineraller	37
3.4.2.	Istala Madeni	38
3.4.2.1.	Pirit	38
3.4.2.2.	Kalkopirit.....	39
3.4.2.3.	Sfalerit.....	41
3.4.2.4.	Galen.....	43
3.4.2.5.	Fahlers.....	43
3.4.2.6.	Diğer Mineraller	47
3.4.3.	Sırganlık Madeni	47
3.4.3.1.	Pirit	47
3.4.3.2.	Kalkopirit.....	48
3.4.3.3.	Sfalerit.....	48
3.4.3.4.	Galen.....	50
3.4.3.5.	Diğer Mineraller	50
3.5.	Hidrotermal Alterasyon	53
3.5.1.	Eskiköy Madeninde Hidrotermal Alterasyon	53
3.5.1.1.	XRD Analizleri ile Hidrotermal Alterasyonun Belirlenmesi	56
3.5.2.	Istala Madeninde Hidrotermal Alterasyon.....	58
3.5.2.1.	XRD Analizleri ile Hidrotermal Alterasyonun Belirlenmesi	61
3.5.3.	Sırganlık Madeninde Hidrotermal Alterasyon	63

3.5.3.1.	XRD Analizleri ile Hidrotermal Alterasyonun Belirlenmesi	66
3.6.	Hidrotermal Alterasyonda Yanal Değişim	68
3.6.1.	Eskiköy Madeni Hidrotermal Alterasyondaki Yanal Değişim	69
3.6.2.	Istala Madeni Hidrotermal Alterasyondaki Yanal Değişim	70
3.6.3.	Sırganlık Madeni Hidrotermal Alterasyondaki Yanal Değişim	72
3.7.	İzotop Jeokimyası	73
3.7.1.	Duraylı İzotop Jeokimyası	73
3.7.1.1.	Kükürt İzotop Jeokimyası	74
3.7.1.1.1.	Eskiköy Madeni	74
3.7.1.1.2.	Istala Madeni	74
3.7.1.1.3.	Sırganlık Madeni	74
3.7.1.2.	Oksijen ve Hidrojen İzotop Jeokimyası	76
3.7.1.2.1.	Eskiköy Madeni	76
3.7.1.2.2.	Istala Madeni	76
3.7.1.2.3.	Sırganlık Madeni	76
3.7.2.	Radyojenik İzotop Jeokimyası	78
3.8.	Sıvı Kapanım Jeokimyası	79
3.8.1.	Eskiköy Madeni	79
3.8.1.1.	Sıvı Kapanım Petrografisi	79
3.8.1.2.	Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri	82
3.8.1.3.	İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM}^0C)	84
3.8.1.4.	Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{M-ICE}^0C)	85
3.8.1.5.	Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi	86
3.8.2.	Istala Madeni	87
3.8.2.1.	Sıvı Kapanım Petrografisi	87
3.8.2.2.	Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri	91
3.8.2.3.	İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM}^0C)	92
3.8.2.4.	Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{M-ICE}^0C)	92
3.8.2.5.	Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi	93
3.8.3.	Sırganlık Madeni	94
3.8.3.1.	Sıvı Kapanım Petrografisi	94
3.8.3.2.	Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri	95
3.8.3.3.	İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM}^0C)	96
3.8.3.4.	Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{M-ICE}^0C)	97

3.8.3.5.	Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi.....	97
4.	TARTIŞMA.....	99
4.1.	Maden Sahalarının Jeolojik Yerleşimi ve Yapısal Özellikleri	99
4.2.	Maden Sahalarının Minerolojik ve Parajenetik Özellikleri	99
4.3.	Cevher Minerallerin İz Element İçerikleri.....	101
4.3.1.	Pirit	101
4.3.2.	Kalkopirit.....	104
4.3.3.	Sfalerit.....	105
4.3.4.	Galen.....	108
4.3.5.	Fahlers.....	109
4.4.	Hidrotermal Çözeltilerin Yan Kayaç Etkileşimi.....	110
4.5.	Hidrotermal Sistemin Sıcaklığı ve Kökeni	111
4.6.	Kükürt ve Oksijen İzotop Jeotermometresi	112
4.7.	Hidrotermal Çözeltinin Kökeni	114
4.8.	Cevherin Oluşum Basıncı ve Derinliği.....	117
4.9.	Jeotektonik Oluşum ve Modelleme	121
5.	SONUÇLAR.....	123
6.	KAYNAKÇA	125
7.	EKLER	133
	ÖZGEÇMİŞ	165

ÖZET

ZİGANA (TORUL, GÜMÜŞHANE, KD TÜRKİYE) YÖRESİ DAMAR TİP Pb-Zn-Cu=BARİT CEVHERLEŞMELERİNİN KÖKENSEL AÇIDAN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

Serap Sevda TURAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Miğraç AKÇAY

2012, 132 Sayfa, 32 Ek Sayfalar

Zigana yöresi, Hamsiköy porfiri Cu-Mo zuhurunu içeren granitik kütle tarafından kesilen Üst Kretase yaşlı andezitik-dasitik bileşimli volkanik ve volkanoklastik birimlerden oluşmaktadır. Damar tip cevherleşmeler genellikle KD-D/GB-B doğrultulu kırık ve fay hatları boyunca yerleşmişlerdir. Her üç sahada sfalerit, kalkopirit, galen, pirit ve fahlers ana cevher, kalkozin-kovellin ve bornit ikincil sülfidler, zinkit ve serüsit oksidasyon, kuvars ve barit mineralleri ise gang mineralleridir. Sfaleritlerin Zn:Cu oranları (100-335) ile piritlerin Co:Ni oranları (2-37) her üç madeninde granitlerle ilişkili damar tip hidrotermal bir sistem olduğunu desteklemektedir. Cevher damarlarının bulunduğu bölgelerde benzer alterasyonlara rastlanmış olup, cevherleşmeden dışa doğru 1)silisleşme, 2)killeşme ve 3)propilitik alterasyondur. Pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve barit üzerinde yapılan $\delta^{34}\text{S}$ ölçümleri (%-0,9-%21) kükürtün mağmatik kökenli olduğunu göstermektedir. Sfalerit, kuvars ve barit ile bu minerallerden elde edilen sıvılar üzerinde ölçülen $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri %-3,6-%11 ve %-16-%-83 arasındadır. Kükürt izotop jeotermometre ile 178-398⁰C, oksijen izotop jeotermometresi ile de 357⁰C arasında değişen izotopik denge sıcaklıkları elde edilmiştir. Kurşun izotopları sonucunda cevherleşmelerin alt kabuğun kısmi ergimesine bağlı olarak oluşan granitik sokulumlarla ilişkili olabileceği belirlenmiştir. Sfalerit, kuvars ve barit üzerindeki ölçümlerde homojenleşme sıcaklıkları 100-363⁰C, tuzluluk değerleri ise %0,1-62 NaCl eşd. olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, Zigana yöresindeki damar tip cevherleşmelerin yüzeysel kökenli çözeltilerle kısmen seyreltilmiş mağmatik kökenli çözeltilerden oluştuklarını, eş yaşlı olduklarını ve muhtemelen Hamsiköy porfiri yatağı ile ilişkili olan bir porfiri tip cevherleşmenin dış kesimlerine karşılık geldiklerini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Eşiköy, İstala, Sırganlık, Hamsiköy, Zigana, Mineral kimyası, Sıvı kapanım, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$, δD ve Pb izotopları, İzotopik denge.

Master Thesis

SUMMARY

A COMPARATIVE STUDY OF VEIN TYPE Pb-Zn-Cu±BARİTE OCCURRENCES AROUND THE MOUNT ZİGANA (TORUL, GÜMÜŞHANE, NE TÜRKİYE)

Serap Sevda TURAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof.Dr. Miğraç AKÇAY
2012, 132 Pages, 32 Appendix

The area around the Mount Zigana, which hosts a number of small vein type Pb-Zn-Cu occurrences, is characterised by wide spread argillic alteration. The Zigana region is covered by andesitic and dacitic valconic and volcanoclastic units of Upper Cretaceous intruded by a granitic stock which hosts the Hamsiköy Cu-Mo deposit. Vein type deposits in the region are usually placed along NE-E/NW-W trending fractures and faults. Both in the three areas, deposits contain sfalerite, chalcopyrite, galena and pyrite as the main sulphides, chalcocite, covellite and bornite as the secondary sulphides, zincite and serusite as the oxidation minerals, and quartz and barite as the gangue minerals. Zn/Cd ratios of sfalerites(100-335) and Co/Ni(2-37) ratios of pyrites indicate a genetic link to vein type systems related to granitic intrusions. Hydrothermal alteration is limited to the veins and in the form of silicification in the inner zones and argillic in the outer zones. $d^{34}\text{S}$ measurements from pyrite, chalcopyrite, sfalerite and galena vary from ‰-0,9 to ‰4,9 (n=28) and denote that sulphur is of magmatic origin. Sfalerite-galena, pyrite-galena and pyrite-sfalerite mineral pairs show isotopic equilibrium temperatures in the range 178-398⁰C. $d^{18}\text{O}$ and $d^{18}\text{D}$ values obtained from sfalerite, pyrite and barite, and the fluids extracted from them span -3,6 to 11‰ and ‰-16 to 83‰, respectively. As a result of the lead isotopes, it's been determined that mineralizations can be related to magmatic intrusions that are formed due to the bottom shell's partial fusion. Getting homogenous degrees are set as 100-363⁰C and salinity as ‰0,1-62NaCl following the mesasurements on sfalerite, quartz and baryte. To sum up, it can be said that these isotope and fluid inclusion data show that vein type deposits around the Mount Zigana are formed from magmatic fluids diluted partly by meteoric fluids, that they are contemporaneous, and that they are likely to correspond to outer zones of the Hamsiköy porphyry deposit.

Key Words: Eskiköy, Istala, Sirganlık, Hamsiköy, Zigana, Mineral Chemistry, Fluid Inclusions, Sulphur-Oxygen-Hydrogen-Lead Isotopes, Isotopic Equilibrium.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No:

- Şekil 1.1. Çalışma sahalarının (Eskiköy, Istala ve Sırganlık Pb-Zn-Cu) konumu..... 2
- Şekil 3.1. Çalışma alanında gözlenen birimlere ait stratigrafik kolon kesit. 17
- Şekil 3.2. Çalışma alanına (Eskiköy, Istala ve Sırganlık Madeni) ait 1/25 000 ölçekli genel jeoloji haritası (Güven, 1993 ve MTA ile JICA, 1985'ten değiştirilerek). 18
- Şekil 3.3. Dasitlerin arazideki görünüşleri. a) dasitlerde görülen sarımsı-kahverengimsi kolon yapıları, b) dasitler içerisinde merccek şeklinde görülen kireçtaşları, c) .dasitleri kesen andezitik dayk ve d) beyaz renkli kırıklı yapıya sahip dasitlerin görünümü 19
- Şekil 3.4. Mikrolitik porfirik dokulu dasitlerin mikroskobik görünüşleri. a) yarı öz şekilli kuvarsların hamur tarafından yenilmesi, b) dasitlerin kırıklarına yerleşmiş ikincil kuvarslar ve serizitleşmiş plajiyoklas fenokristali, c) sinosin doku oluşturmuş plajiyoklasların serizitleşmesi ve yer yer de kloritleşmesi, d) serizitleşmiş K-feldispat mineralinin görünüşü, e) altersyon sonucu karbonatlaşmış ve yer yer de opaklaşmış olan ince uzun kristaller halinde bulunan muskovit mineralinin görünüşü ve f) tamamen kloritleşmiş ve killeşme sonucu opaklaşmış amfibol mineralinin görünüşü. 20
- Şekil 3.5. Tüflerin makroskobik ve mikroskobik görünüşleri. a) tüfün el örneği ve b) mikroskopi görünüşü. 21
- Şekil 3.6. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinden alınan kırık ölçümlerinden yararlanılarak oluşturulan gül diyagramı. 22
- Şekil 3.7. Eskiköy madenin, a) ana galeri krokisi, b) galeri içerisinde görülen cevher damarı ve kükürt kusmaları, c) fay zonunda görülen killeşme ve d) güncel kalkantit oluşumları. 23
- Şekil 3.8. Istala madeni galeri ve galeri içi görünüşleri. a) kapalı galerinin görünüşü, b) fay zonunda açılmış galeri görünüşü, c) galeri içerisinde görülen fay breşleri ve d) breşler arasında oluşan malakit-azurit ve kalkantit oluşumları. 24
- Şekil 3.9. Sırganlık madenin galeri ve galeri dışı görünüşleri. a) ana galerinin görünüşü, b) ana galeri girişinde görülen cevher damarı, c) galen damarı, d) pirit damarı, e) cevherleşmeye eşlik eden dilinimleri iyi gelişmiş kalsitler ve f) cevherli zonda silisleşmeye eşlik eden hematitleşme ve limonitleşmenin görünüşü. 26
- Şekil 3.10. Çalışma alanlarından alınan cevherli el örnekleri. a ve b) Eskiköy madenin, c) Istala madenin ve d) Sırganlık madenin cevherli damarından alınan el örnekleri. 28
- Şekil 3.11. Eskiköy piriti ile diğer mineraller arasındaki ilişkilere ait görünüşler. a) Kuvars içerisinde sacınım halinde kısmen öz şekilli olarak bulunan piritler ve b) piritlerin kendisinden sonra oluşmuş olan diğer sülfidli mineraller tarafından ornatılması ve sonrasında meydana gelen kırılma. 29

- Şekil 3.12. Eskiköy sahasında kalkopirit minerali ile diğer mineraller arasındaki ilişkilere ait görünümler. a) Kalkopirit I ve kalkopirit II'nin sınır ilişkisi ve sfaleritin kalkopirit I'yi ornatması, b) kalkopirit I'in piriti ornatırken sfalerit ve galen tarafından ornatılması ve kalkopirit I'in boşlukları boyunca kalkozin-kovelline dönüşmesi ve ayrıca, kalkopirit II'nin sfalerit içerisinde gelişi güzel dağılımı 31
- Şekil 3.13. Eskiköy madeninde sfalerit ile diğer mineraller arasındaki ilişkiler. a) Kalkopirit II benekleri içeren sfaleritin kalkopirit I ve galeni ornatması, b) kuvars ile dokanak ilişkilerinin olduğu yerlerde sfaleritin ayrışması sonucu zinkite dönüşmesi, c) son kırılma ile birlikte ortama fahlersin kırık dolgusu şeklinde gelmesi, ayrıca kırıklar boyunca tetrahedrit-tenantit grubu mineraller tarafından sfaleritin ornatılması ve d) baritin gelişi güzel bir şekilde sfaleriti kesmesi. 33
- Şekil 3.14. Eskiköy maden yatağındaki galen ile diğer mineraller arasındaki ilişkiler. a) Sfaleritin boşluklarına yerleşmiş olan galende gelişen üçgen yapılar, b) kalkopirit I'yi keserek ortama yerleşen galen, c) ortamda bulunan kalkopirit I'yi galenin ornatması, galeni de sfaleritin ornatmasıyla oluşan kademeli ornatım, d) galenin son faz ürünü olan kuvars II'ler tarafından ornatılması, e) galeni mineral sınırları boyunca ornatılan kalkozin-kovellinler ve f) galenin oksitlenmesi sonucu serüzite dönüşmesi..... 36
- Şekil 3.15. Istala madeninde pirit ile diğer mineraller arasındaki ilişkilere ait görünümler. a) barit minerali içerisinde saçınımlar halinde bulunan piritlerin kalkopirit I tarafından konsantrik ornatımı, b) piritin, kırıklarına yerleşmiş olan kalkopirit I ve sınırları boyunca yerleşen sfalerit II ve galen II tarafından ornatılması..... 38
- Şekil 3.16. Istala kalkopirit minerali ile diğer mineraller arasındaki ilişkilere ait görünümler. a) Fahlers I kapanımları içeren kalkopirit I'in barit içerisinde gelişi güzel dağılması ve kalkopiritin boşluklarından giren fahlers II, sfalerit II ve barit tarafından ornatılması, b) sfalerit I'yi ornatılan kalkopirit II ve ortama sonradan gelen fahlers II'nin sfalerit ve kalkopiriti ornatması, c) sfalerit I, fahlers I ve II tarafından ornatılan kalkopirit II'nin yer yer bornite dönüşmesi d) kalkopirit mineralinin sınırları boyunca birlikte oluşan kalkozin-kovellin birlikteliği. 40
- Şekil 3.17. Istala madenin sfaleriti ile diğer mineraller arasındaki ilişkileri gösteren mikrofotograflar. a) Benekli sfalerit içerisine eş zamanlı olarak yerleşmiş galen II, kalkopirit II ve fahlers II, b) sfalerit I'in kırıklarına yerleşen fahlers II, c) fahlers I kapanımları içeren sfalerit II'nin kalkopirit I ornatması ve d) sfalerit I, kalkopirit II ve fahlers II'nin boşluklarından itibaren oluşan enarjit-luzonit tarafından ornatılması. 42
- Şekil 3.18. Istala maden yatağındaki galen ile diğer mineraller arasındaki ilişkiler. a) galen I'in fahlers II tarafından kesilmesi, b) fahlers II ile eş yaşlı olan galen II kalkopirit I ve sfalerit I'yi ornatmaktadır, c) fahlers II tarafından ornatılan galen I'in sfalerit II tarafından kesilmesi, d) fahlers I, galen II ve kalkopirit II'nin kademeli ornatımı..... 44

- Şekil 3.19. İstala madenindeki fahlers ile diğer mineraller arasındaki ilişki. a) Fahlers I' i inklüzyon olarak barındıran mineraller ve b) fahlers II'nin damar dolgusu olarak sfalerit içerisinde bulunması. 45
- Şekil 3.20. Sırganlık cevher mineralleri arasında ilişkilerin görünümü. a) Kuvars içerisinde saçınım halinde bulunan piritler kuvars tarafından ornatılmaktadır, b) piritlerin sınırları boyunca oluşan götit-lepidokrozitler, c) piritin kırığına yerleşmiş olan galen tarafından ornatılması, d) sfalerit içerisinde benekli doku oluşturan .kalkopiritler, e) galenin sfaleritin boşluklarına yerleşerek sfaleriti ornatması ve f) piritin kırıklarına yerleşmiş olan galenin sınırları boyunca kalkozin-kovellin oluşumu. 52
- Şekil 3.21. Eskiköy madeninde alterasyon zonlanmasını gösteren harita (1/2500). 54
- Şekil 3.22. Eskiköy madenindeki alterasyonların arazi görünümleri. a) yoğun olarak galeri girişlerinde gözlenen silisleşmenin görünümü, b) killeşmenin genel görünümü, .c) andezitik kayalarda yoğun olarak görülen kloritleşme, karbonatlaşma ve .killeşme ve d) dasitik kayalarda görülen kloritleşme ve karbonatlaşma. 55
- Şekil 3.23. Eskiköy madenindeki kayalarda gözlenen alterasyonların mikroskobik görünümleri. a) Hamurda itibaren kayacın silisleşmesi ile ona eşlik eden serizitleşme ve killeşmenin görünümü, b) hamurdan itibaren serizitleşmenin yer yer silis kümeleri içermesi ve tamamen serizitleşmiş-killeşmiş mafik mineralin opaklaşması, c) epidot ile birlikte bulunan yeşil renkli kloritleşmenin hamurdan itibaren gelişmesi, d) plajiyoklas fenokristallerinin karbonatlaşması, serizitleşmesi ve sınırları boyunca gelişen koyu mavi renkli kloritleşme, e) matriksten itibaren oluşan karbonatlaşma ve f) damar şeklinde bulunan karbonatlaşmaya kloritleşmenin eşlik etmesi. 57
- Şekil 3.24. Eskiköy madeni profil hatlarından alınmış örneklerin XRD tüm kayaç difraktogramı. a) 4. profile ait alterasyon zonunun dış kesiminden alınan kloritleşmiş örneğin, b) 5. profile ait alterasyon zonunun merkezinden alınan silisleşmiş örneğin ve c) 5. profile ait klorit ve kalsitçe zengin propilitik örneğin XRD tüm kayaç difraktogramı. 58
- Şekil 3.25. İstala madeninde alterasyon zonlanmasını gösteren harita (1/2500). 59
- Şekil 3.26. İstala madenindeki alterasyonların arazi görünümleri. a) Dasitlerdeki silisleşmenin arazi görünümü, b) serizitleşme±silisleşmenin görünümü, c) serizitleşme±karbonatlaşmanın arazi görünümü ve d) alterasyon zonun en dış kısmında görülen kloritleşme ve karbonatlaşma. 60
- Şekil 3.27. İstala madenindeki kayalarda gözlenen alterasyonların mikroskobik görünümleri. a) Dasitik kayaların hamurdan itibaren silisleşmesi ve kuvarslar arasında kalan kalan boşluklarda serizit oluşumu, b) ikincil silis damarı ve kuvarsın boşluklarında oluşmuş serizitleşme, c) serizitleşmenin hamurdan itibaren oluşumu, d) plajiyoklas fenokristallerinin serizitleşmesi ve yer yer oluşmuş silis kümeleri, e) ilksel bileşimi belirgin olan örneklerde hamurun karbonatlaşması ve plajiyoklasların görünümü ve f) plajiyoklasların karbonatlaşması ve damar şeklinde oluşmuş karbonatlaşmaya serizitleşmenin eşlik etmesi. 62

- Şekil 3.28. Istala Madeni profil hatlarından alınmış örneklerin XRD tüm kayaç difraktogramı. a) silisleşmiş dasit örneğinin, b) arjilik zondan alınan örneğin, c) alterasyon zonunun en dışından alınan kloritleşmiş örneğin XDR tüm kayaç difraktogramı. 63
- Şekil 3.29. Sırganlık madeninde alterasyon zonlanmasını gösteren harita..... 64
- Şekil 3.30. Sırganlık madenindeki alterasyonların arazi görünüşleri. a) Sırganlık madeninin Zigana tüneline göre konumu ve dasitlerin hidrotermal alterasyon sonucu grimsi beyazımsı rengi, b) yoğun olarak galeri girişlerinde görülen silisleşme, c) dasitlerdeki killeşmenin genel görünümü ve d) alterasyonun en dış zonunda görülen karbonatlaşma ve killeşme..... 65
- Şekil 3.31. Sırganlık madenindeki kayaçlarda gözlenen alterasyonların mikroskopik görünüşleri. a) Dasitlerin matriksten itibaren ve ince damarcıklar şeklinde silisleşmesi, b) matrikstekki plajiyoklas mikrokrastallerinin ve fenokristallerinin alterasyonu sonucu oluşan serizitleşmenin görünümü, c) sfelüritik dokusuyla karakteristik kloritlerin hamurdan itibaren oluşumu ve killeşmenin görünümü, d) plajiyoklas fenokristali üzerindeki serizitleşme ile hamurdaki killeşme, e) hamurdaki killeşme ile karbonatlaş ve serizitleşme ve f) plajiyoklas ve mafik minerallerin ayrışması ürünü olarak oluşan karbonatlaşma..... 67
- Şekil 3.32. Sırganlık madeni profil hatlarından alınmış örneklerin XRD tüm kayaç difraktogramı. a) Alterasyon zonunda 3. profilin dış kesimlerinden alınan illit ve simektitce zengin örneğin, b) 2. profiline ait cevher damarına yakın kesinden alınan illitce zengin örneğin ve c) 3. profilin dış zonlardan alınan illit ve kloritce zengin örneğin XRD tüm kayaç difraktogramı. 68
- Şekil 3.33. Eskiköy madeninde cevher damarına dik yönde oluşturulan 3 profil hattı boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre yanal değişimi..... 70
- Şekil 3.34. Istala madeninde cevher damarına dik yönde oluşturulan 3 profil hattı boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre yanal değişimi..... 71
- Şekil 3.35. Sırganlık madeninde cevher damarına dik yönde oluşturulan 3 profil hattı boyunca toplanan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre yanal değişimi..... 73
- Şekil 3.36. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinden seçilen sülfür mineralleri; pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve sülfat minerali olan baritten elde edilen $\delta^{34}\text{S}(\%)$ izotop değerleri..... 75
- Şekil 3.37. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinde seçilen kuvars, sfalerit ve barit minerallerine ait a) hidrojen izotop değeri (δD) ve b) oksijen izotop değerleri ($\delta^{18}\text{O}$) değerleri..... 77
- Şekil 3.38. Eskiköy sahasından sıvı kapanım için alınan örneklerin petrografik incelemeleri. a) sıvı kapanımların morfolojisini gösteren çizelge. Sfaleritlerdeki b) kırık hattına yerleşmiş ikincil tek fazlı kapanımlar, c) kırık hattına yerleşmiş ikincil, iki fazlı ve elips şekilli kapanım, d) elips

şekilli tek fazlı ile iki fazlı birincil kapanımlar ve karbonik kapanımlar, e) üç fazlı kapanımların görünümü, f) dört fazlı kapanımların 25°C'deki ve g) 500°C'deki hali. Öz şekilsiz kuvars kristalindeki içindeki, h) ikincil tek fazlı elip ve damla şekilli iki fazlı kapanımlar, ı) karbonik kapanım, j) birincil tek ve iki fazlı kapanımlar.....	83
Şekil 3.39. Eskiköy madeninde birincil ve ikincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H °C) dağılımı a) sfalerit kristalinden elde edilen ölçümler, b) kuvars kristalinden elde edilen ölçümler.....	84
Şekil 3.40. Eskiköy madeninde birincil sıvı kapanımlardan ölçülen ilk eğrime sıcaklıklarının (T_{FM} °C) dağılımı, a) sfalerit minerali, b) kuvars minerali.....	85
Şekil 3.41. Eskiköy madeni birincil ve ikincil sıvı kapanımlardan ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE}), hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı, a) sfalerit minerali ve b) kuvars minerali.....	86
Şekil 3.42. Sfalerit ve kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Shepherd ve diğ., 1985).....	87
Şekil 3.43. Istala sahasındaki sıvı kapanımların petrografik incelemeleri. a) sıvı kapanımların morfolojisini gösteren çizelge, b) kırık hattına yerleşmiş olan ikincil tek fazlı kapanımların görünümü, c) kırık hattına yerleşmiş olan ikincil iki fazlı kapanımlar, d) karbonik kapanımın, e) karbonik kapanımlarla tek fazlı sıvı kapanımların bir arada bulunması, f) necking-down g) halit (?) içeren üç fazlı kapanımlar, h) silvit (?) içeren üç fazlı kapanımlar, ı) cevher minerali içeren üç fazlı kapanımlar ve j) silvit(?) ve cevher minerali içeren dört fazlı kapanımların görünümü..	89
Şekil 3.44. Sıvı kapanım üzerinde oda sıcaklığında yapılan Raman Spektroskopisi analizlerinin grafiksel gösterimi. a) iki fazlı karbonik kapanımda gaz fazın ölçülmesi ile elde edilen CO ₂ pikleri ve ölçüm yapılan kapanımın görünümü, b) gaz fazın N ₂ içerip içermediğini belirlemek için yapılan analiz, c) oda sıcaklığında ölçülen üç fazlı kapanımların tuz fazların H ₂ O piki ve d) ölçüm yapılan üç fazlı sıvı kapanımın görünümü.....	90
Şekil 3.45. Istala madeninde iki fazlı birincil ve ikincil kapanımlar ve üç fazlı gaz ve tuzdan ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H °C) dağılımı.....	91
Şekil 3.46. Istala madeninde kapanımlardan ölçülen a) birincil sıvı kapanımların ilk eğrime sıcaklıklarının (T_{FM} °C) dağılımı, b) birincil ve ikincil sıvı kapanımlarda ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE} °C) hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı.....	93
Şekil 3.47. Barit minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması.....	93
Şekil 3.48. Sırganlık sahasındaki sıvı kapanımların petrografik incelemeleri. a) sıvı kapanımların morfolojisini gösteren çizelge, b) birincil sıvı fazlı kapanımlar, c) ikincil sıvı fazlı kapanımlar, d) birincil gaz ve sıvı fazlı kapanımlar, e) ikincil sıvı+gaz fazlı kapanımlar, f) birincil sıvı+gaz armut şekilli kapanımlar, g) birincil sıvı+gaz fazlı kapanımların görünümü.....	95

Şekil 3.49. Sırganlık madeninde kuvars kristalinden birincil ve ikincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H °C) dağılımı.....	96
Şekil 3.50. Kuvars örneklerindeki kapanımlardan ölçülen a) birincil sıvı kapanımların ilk ergime sıcaklıklarının (T_{FM} °C) dağılımı, b) birincil ve ikincil sıvı kapanımlardan ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE}) hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı.....	97
Şekil 3.51. Kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması.....	98
Şekil 4.1. Çalışma alanlarından analiz edilen piritlerin S-Fe (a) ve Co:Ni (b) arasındaki ilişkiler.....	104
Şekil 4.2. Çalışma alanlarından analiz edilen kalkopiritlerin a) Cu-Zn ve b) Fe-Zn arasındaki ilişkiler.....	105
Şekil 4.3. Analiz edilen sfaleritlerin Fe ve Zn (a), Cu ve Zn (b), Fe ve Cu (c)değişimleri ile d) sfaleritlerin Zn/Cd oranları.	107
Şekil 4.4. İstala madeni fahlerslerinin Sb-As (a), Cu-Ag (b), Cu-Zn+Fe (c) ve As+Sb-Cu+Zn+Fe (d) arasındaki ilişkiyi gösteren diyagramlar.	110
Şekil 4.5. Doğal çözeltilerin oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri, Sırganlık ve İstala madenlerini oluşturan çözeltilerin ^{18}O ve D izotop farklılaşma grafiği.....	115
Şekil 4.6. Farklı maden yatak tiplerinden elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları ile Eskiköy, İstala ve Sırganlık cevherleşmelerinden elde edilen sıvı homojenleşme-tuzluluk verilerinin karşılaştırılması.....	117
Şekil 4.7. Bağımsız jeotermometre kullanarak sıvı kapanımların kapanlanma basıncının hesaplanması.	118
Şekil 4.8. Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerinin sıvı kapanım ve bağımsız jeotermometre yardımı ile belirlenen basınç değerlerinin yanal gösterimi	120
Şekil 4.9. Galenlerin $^{208}Pb/^{204}Pb$ 'e karşılık $^{206}Pb/^{204}Pb$ izotop oranlarındaki değişim farklı alanlarla karşılaştırılması.	122
Şekil 4.10. Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerinin jeotektonik yapısı oluşum modeli.	122

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No:

Tablo 3.1.	Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenleri mineral birlikteliği ve oluşum sırası	27
Tablo 3.2.	Eskiköy madeni piritlerinin analiz sonuçları ve 3 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.	30
Tablo 3.3.	Eskiköy madeni kalkopiritlerinin analiz sonuçları ve 4 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.....	32
Tablo 3.4.	Eskiköy madeni sfaleritlerinin analiz sonuçları ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.....	34
Tablo 3.5.	Eskiköy madeni galenlerinin elektron mikroprob analiz sonuçları ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranları.....	37
Tablo 3.6.	Istala madenin elektron mikroprob ile analiz edilen pirit örneklerinin yüzde değerleri ve 3 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.	39
Tablo 3.7.	Istala madeni elektron mikroprob analiz edilen kalkopiritlerin bileşimi ve 4 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.	41
Tablo 3.8.	Istala madeni sfaleritlerinin mikrokimyasal bileşimi ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.....	42
Tablo 3.9.	Istala madeni galenlerinin mikrokimyasal bileşimi ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.....	45
Tablo 3.10.	Istala madeni fahlerslerinin mikrokimyasal bileşimi ve 29 atoma göre hesaplanan atomik oranları.....	46
Tablo 3.11.	Sırganlık madeni piritinin mikrokimyasal bileşimi ve 3 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.....	48
Tablo 3.12.	Sırganlık madeni sfaleritinin mikrokimyasal bileşimi ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranlar.....	49
Tablo 3.13.	Sırganlık madenin elektron mikroprob ile analiz edilen galen örneklerinin yüzde değerleri ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranları.	51
Tablo 3.14.	Eskiköy, Istala ve Sırganlık yataklarındaki sülfidli ve sülfatlı minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotopik bileşenleri.	75
Tablo 3.15.	Istala, Eskiköy ve Sırganlık yataklarındaki analiz edilen minerallerin $\delta^{18}\text{O}$ (‰)ve δD (‰) izotop sonuçları.	77
Tablo 3.16.	Eskiköy ve Sırganlık yataklarındaki analiz edilen galen minerallerin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop sonuçları.....	78
Tablo 3.17.	Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinden seçilen minerallerdeki (sfalerit, kuvars ve barit) sıvı kapanımlardan yapılan mikrometrik ölçümler ve bu ölçümler sonucunda elde edilen verilerden hesaplanan tuzluluk ve yoğunluk değerleri.....	81

Tablo 4.1.	Piritlerin mikrokimyasal analizler sonucunda elde edilen temel istatikselsel parametreler.....	103
Tablo 4.2.	Kalkopiritlerin mikrokimyasal analizleri sonucunda elde edilen temel istatikselsel parametreler.....	105
Tablo 4.3.	Sfaleritlerin mikrokimyasal analizler sonucunda elde edilen temel istatikselsel parametreler.....	107
Tablo 4.4.	Galenin mikro kimyasal analizler sonucunda elde edilen temel istatikselsel parametreler.....	108
Tablo 4.5.	Istala tetrahedritlerinin mikro kimyasal analizler sonucunda elde edilen temel istatikselsel parametreler.....	109

SEMBOLLER DİZİNİ

Amf:	Amfibol
Az:	Azurit
Brt:	Barit
Cpy:	Kalkopirit
D.Ö:	Damar örneği
Dol:	Dolomit
Gl:	Galen
İ:	İllit
Ka:	Karbonatlaşma
Kal:	Kalsit
Kao:	Kaolen
Kl:	Klorit
Kp:	Kayaç parçası
Kv-Kl:	Kovellin-kalkozin
Lm:	Limonit
MVS:	Missisipi vadisi masif sülfid yatakları
Op:	Opak mineral
Örnek No:	Örnek numarası
Ort:	Ortalama
Plj:	Plajiyoklas
Pr:	Pirit
Py :	Pirit
Q:	Kuvars
r:	Korelasyon katsayısı
S:	Kükürt
Se:	Serizitleşme
Smc:	Simektit
Sph;	Sfalerit
Si:	Silisleşme
Sz:	Serüzit
T:	Sıcaklık

$T_{\text{fm-ice}}$:	İlk erğime
Thd:	Tetrahedrit
T_h :	Homojenleşme sıcaklığı
$T_{\text{m-ice}}$:	Son erğime
XRD:	X-ışınları difraksiyonu
μ :	Mikron
δD :	Hidrojen izotop bileşimi
$\delta^{18}O$:	Oksijen izotop bileşimi
$\delta^{34}S$:	Kükürt izotop bileşimi
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$:	Kurşun izotop bileşimi
Σ :	Toplam
Θ :	Yüzeyden yansıma açısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, Gümüşhane Zigana Yöresi'ndeki Eskiköy, Istala ve Sırganlık (Pb-Zn-Cu±Barit) madenlerini kapsayan bir alanda gerçekleştirilmiştir. Seçilen bu çalışma sahasında Maçka'dan Torul'a kadar uzanan bir bölgede değişik ölçeklerde (milimetrikten-desimetriğe kadar) yüzlerce devamsız damar tip polimetallik cevherleşme yer almaktadır. Çalışmanın amacı, Zigana Yöresi'nde işletilmiş olan damar tip sistemlerin kökensel birlikteliğini ortaya koyarak, yörede çok yoğun olarak gözlenen hidrotermal alterasyonun gerekçesini belirlemek, çalışılan madenleri oluşturan sistem ile yörede varlığı bilinen ve potansiyeli olan porfiri Cu-Mo-Au yatakları ve damar tip sistemler arasındaki kökensel ilişkiyi belirlemektir. Petrografik, petrolojik, (mineral kimyası temelli) mineralojik, alterasyon modellemesi, sıvı kapanım çalışmaları ile duraylı ve radyojenik izotop çalışmaları mevcut jeolojik harita üzerine inşa edilerek mevcut damar tip cevherleşmelerin fizikokimyasal oluşum koşulları ile ekonomik elementlerin kökenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, damar tip sistemlerin jeolojik ve jeokimyasal özelliklerinin detaylı olarak incelenmesine bağlı olarak çalışılan madenlerin yapısal, kökensel ve zamansal ilişkilerin belirlenmesi sonucunda, damar tip sistemlerin birbirleriyle kökensel bağlantıları belirlenecek, yörede bu kadar yoğun gözlenen ve çok geniş alanlar kaplayan hidrotermal alterasyon zonlarının cevherleşmeyle bağlantısı ortaya çıkarılacak ve bunun doğal bir sonucu olarak, yörenin maden potansiyeli ortaya konulmaya çalışılacaktır.

1.2. Coğrafi Konum

Çalışma alanı Gümüşhane il sınırları içerisinde olup, 1/25.000 ölçekli topografik haritada C42-c1/C42-c2/C42-c3 ve C42-c4 paftalarının kesişimine denk gelen bir alanı kapsamaktadır. Çalışma sahasındaki Eskiköy madenine Trabzon-Gümüşhane karayolunda bulunan Zigana geçitinin Gümüşhane tarafındaki çıkışından hemen sola sapılarak ulaşılabilir.

Eskiköy mahallesinin kuzeybatısında bulunan maden, 2-3km'lik bir maden yolu ile Eskiköy mahallesine bağlanmaktadır. Istala madenine, Trabzon-Gümüşhane karayolunun Köstere mevkiinde Savaşlı ve Akıncı mahalleleri yol ayrımından itibaren 1km'lik maden yolu ile ulaşılabilir. Madene araçla ulaşım mümkündür. Sırganlık madeni, Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerindeki Zigana geçitinin Gümüşhane tarafındaki çıkışından hemen sağa sapılarak 100-150m'lik bir patika yol ile ulaşımı mümkündür. Maden sahası Kıranoba yaylasının 200m güneydoğusunda bulunmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Eskiköy, Istala ve Sırganlık maden sahaslarının konumu.

1.3. Jeomorfolojisi İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma sahası Doğu Karadeniz'e özgü oldukça engebeli ve dağlık bir arazi olup en önemli yükseltileri Kalkanlıdağı Tepe (2192), Lahanalık Tepe (2197), Şehit Tepe (1694) ve Yanmış Tepe (1823)'dir. Çalışma sahasında daha küçük kotlu birçok küçük tepe de bulunmaktadır. Çalışma alanı iklim özellikleri bakımından Doğu Anadolu ile Karadeniz Bölgesi arasında geçişi teşkil etmektedir. Bölgede karasal iklim hakim olup, yazlar kurak ve yağışsız, kışlar ise soğuk ve serttir. İnceleme alanı bitki örtüsü bakımından zengindir. Çoğunluğu çam ve meşe ağaçlarıyla kaplı sahada az oranda otluk yerler vardır.

1.4. Önceki Çalışmalar

Çalgın (1968), Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerini içerisine alan bölgede 1/25000 ölçekli haritalama çalışmaları ile genel olarak altta bir asidik seri, üstte bazik seri ile beraber tüfit ve kireçtaşı ve bütün bunları kesen granit, granodiyorit, diyorit, kuvars ve diyorit porfirlerin varlığından bahsetmiş; sahanın maden jeolojisi bakımından önemli bir alan olduğunu ve aşırı derecede silisleşme ve kaolinleşmenin mevcut olduğunu ifade etmektedir.

Sawa ve diğ. (1971), üç madende de yantaş olarak dasit, dasitik tüf ve aglomeraların olduğunu; İstala Madenini bazı kısımlarda ağsal karakter gösteren masif kursun, çinko bakır ve barit yatağı olduğunu, bakır minerali olarak tetraedritin kalkopiritten daha fazla oranda olduğunu belirtmiştir.

Emin (1974), Gümüşhane Torul Köstere Köyü çevresinde çalışmış ve bölgede Köstere ve İstala Madenlerine benzer cevher oluşuklarının varlığını araştırmış, kalınlıkları 5-30 cm ve devamlılıkları 3-20 m arasında değişen hidrotermal olarak oluşmuş altı adet damarın varlığını tespit etmiştir.

Aslaner (1977), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan masif sülfid yataklarının, yitim zonunda bulunan adayayında oluşuklarının ve sonradan kıtaya lehimlenmiş olduklarını ileri sürmüştür.

Çınar ve diğ. (1983), kuzey Anadolu Dağları Güney Zonunda maden yatakları açısından yaptıkları çalışmada, yöredeki cevherleşmeleri polimetallik zuhurlar, manganez ve barit zuhurları olmak üzere üçe ayırmışlar ve bu cevherleşmelerin damar ve skarn tipe dahil olduklarını belirtmişlerdir.

Gülibrahimoğlu ve diğ. (1985), bölgenin 1/25000 ölçekli haritasını hazırlayarak, stratigrafi ve cevherleşmeler hakkında bilgiler vermiştir. Jura yaşlı volkanitlerde ve Jura-Erken Kretase yaşlı yarı mermerleşmiş kireçtaşlarında Cu, Pb ve pirometazomatik Fe cevherleşmelerinin varlığından söz etmiştir.

Türk- Japon Ekibi (MTA, 1985), bölgede yapmış olduğu ‘Gümüşhane Yöresinde Ortak Mineral Arama Projesi’ adlı çalışmasında, Köstere, Istala, Midi, Hazine Mağara, Mastra maden sahalarını da kapsayan 2800 km²’lik alanın 1/25000 ölçekli jeolojik harita alımı ile genel jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Dere sedimanı ve su jeokimyası çalışmaları sonucunda inceleme alanı ve civarının Pb, Zn, Cu anomali sahası olarak tespit etmiş ve ayrıntılı olarak çalışılmasını önermiştir.

Özdoğan (1992), ‘Karadağ ve Civarının Jeolojisi ve Maden zuhurlarının Jenetik İncelenmesi’ adlı çalışmasında, Karadağ ve çevresindeki cevherlerin skarn, porfiri tip ve damar tip yataklar olduklarını ortaya koymuştur. Bu yatakların yerleşimini ve ayrıntılı jeolojisini incelemiş, skarn yataklarının Malm-Erken Kretase yaşlı berdiga kireçtaşlarını kesen Geç Kretase yaşlı kuvars porfir ve mikro granadioritlerin dokanağında oluştuğunu, kuvars porfirlerin içinde oluşan porfiri yatakların etrafında sadece fillik ve propilitik alterasyon zonlarının geliştiğini, damar tip cevherleşmelerin ise kalkopirit, antimonit ve barit damarlarından meydana geldiğini vurgulamıştır.

Yalçınalp (1992), Güzelyayla (Maçka- Trabzon) porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası’ adlı doktora tezinde Güzelyayla Mo-Cu cevherleşmesinin yöredeki granit sokulumlarına bağlı olarak geliştiğini vurgulayarak Pontid Alt Bazik karmaşığı ve Zigana granatoyidi içindeki kuvarslı mikrodioritler içinde gelişen maden yatağının storkwork ve saçınım şeklinde yerleştiğini söylemiştir. Buna ek olarak potassik, fillik ve propilitik ayrışma zonları izlenen yatakta arjillik kuşağın gelişmediğini, Güzelyayla porfiri Cu-Mo yatağının mezotermal karakterde olduğunu ve 280-460⁰C arasında oluştuğunu ileri sürmüştür.

Güven (1993), inceleme alanının da içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Bölgesi’nin 1/25000 ölçekli haritasını hazırlamış, bölgede yapılan eski çalışmaları yeniden derleyerek Kuzey Anadolu Sıradağlarının doğu kesimi için ‘Kuzey Zon’ ve ‘Güney Zon’ diye iki farklı kolon kesit önermiştir.

Aydın (1996), inceleme alan yakınlarında bulunan barit cevherleşmelerinin, granitler içindeki çatlaklara ve Liyas yaşlı volkano-tortul seriyi kesen faylara yerleştiklerini,

kükürtlü minerallerin baritler içinde çok az bulunduğunu ve söz konusu baritlerin hidrotermal kökenli olduğun ortaya koymuştur.

Lermi ve diğ. (2000), Zigana Dağı Çevresinde bulunan dasitlerin Rb, Ba ve Th içerikleri bakımından zengin; Sr, Nb ve Zr içerikleri bakımından fakir kayaçlar olduklarını, negatif Eu anomalisi gösterdiklerini ve dolayısıyla adayayı ortamlarında oluştuklarını tespit etmişlerdir.

Karslı (2002), ‘Granitoid Kayaçlarda Magma Etkileşimleri İçin Petrografik, Mineralojik Ve Kimyasal Bulgular: Dölek Ve Sarıççek Plütonları (Gümüşhane, Kd-Türkiye)’ adlı doktora tezinde Geç Eosen sürecinde ($42.7 \pm 2.2 - 44.1 \pm 1.1$ My.) oluştukları belirlenen Dölek ve Sarıççek Plütonlarının petrografik, mineralojik ve kimyasal açıdan benzerlik sunduklarını belirlemiştir. Granitlerin, elde edilen verilere göre, I-tipi, yüksek potasik kalk-alkalin ve metalümin karakterli olduğunu, daha çok volkanik yay granitlerine (VYG) benzediğini söylemiştir. Bunun yanı sıra ana, iz ve nadir toprak element (NTE) değişimleri, kayaçların oluşumu sırasında kristallenmeyle farklılaşma (fraksiyonel kristallenme) ve kısmî ergimenin en önemli petroloji olayları olduğunu göstermiştir.

Aydın (2003), ‘Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrografisi’ başlıklı doktora tezinde, mineral kimyası verilerine göre, Üst Kretase yaşlı toleyitik kalkalkalı volkanitleri ada yayı olup bazaltik ve andezitik kayaçlardan oluştuğunu söylemiştir.

Demir (2005), ‘İstala ve Köstere (Torul-Gümüşhane) Madenlerinin Minerolojik ve Dokusal Özellikleri’ adı yüksek lisans tezinde, Istala Madeninde makroskobik olarak üç farklı barit türünün varlığını ortaya koymuştur ve bu baritlerden sıvı kapanım ölçümleri yaparak homojenleşme sıcaklıklarını bulmuştur. Yapılan sıvı kapanım çalışmaları sonucunda, siyah cevherin arasında bulunan barit bloklarının homojenleşme sıcaklıklarının $100-170^{\circ}\text{C}$ aralığında, beyaz renkli iri kristali baritlerin homojenleşme sıcaklığının $150-220^{\circ}\text{C}$ ve kırmızı baritlerin homojenleşme sıcaklıklarının $200-280^{\circ}\text{C}$ olduğunu tespit ederek yatağın oluşum sıcaklığı bakımından epitermal-mezotermal aşamada oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca Demir cevherleşmesinin bulunduğu alanın yan kayaç litolojisini göz önüne alarak Istala Pb, Zn, Cu maden yatağının volkanolojik masif sülfid tip Pb-Zn-Cu olduğunu ileri sürmüştür.

Sipahi (2005), ‘Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayışmaları Minerolojisi ve Jeokimyası’ adlı doktora tezinde, çalışılan volkanitlerin toleyitik-geçiş-kalkalkali özellikte ve volkanik yay ortamında geliştiğini ileri sürmüştü;

dasitleri Dasit-I ve Dasit-II olarak adlandırmıştır. Ayrıca yapmış olduğu kütle değişim hesaplamalarında, genel olarak bazalt, andezit ve Dasit-I' de kütle artması, Dasit-II ve andezit dayklarında kütle azalması meydana gelmiştir. Porfirik dasitlerde ise hem kütle artması, hem de kütle azalması meydana gelmiştir. Volkanitlerde, genel olarak az ayrışmış kayaçtan çok ayrışmış kayaca doğru illitleşme- kloritleşme- kaolinitleşme arttığını, karbonatlaşmanın ise azaldığını ortaya koymuştur.

Sipahi ve Sadıklar (2010), Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Minerolojisi ve Kütle Değişimi' başlıklı çalışmasında bazalt ve andezitlerde %2-61 kütle kazancı, Dasit-I %71 kütle kazancı ve %42 kütle kaybı ve Dasit II'de %44 kütle kazancı ve %32 kütle kaybı hesaplamıştır bu veriler ışığında alterasyon minerallerinin oluşumunda kırıklar boyunca hareket eden hidrotermal sıvıların önemli rol oynadığını düşünmektedir. Sonuç olarak, çalışma alanında kayaçlardaki alterasyon ürünleri muhtemelen mezo-epitermal evrede, asidik-hafif alkali ortam şartlarında kayaçlardaki minerallerin hidrotermal alterasyonu ile oluşmuşlardır. Buna bağlı olarak kayaçlarda farklı hidrotermal alterasyon koşulları geliştiği için farklı kütle değişimleri görülmektedir.

1.5. Doğu Pontitlerin Genel Jeolojisi

Doğu Karadeniz Bölgesi'ne tektonik bir birim olarak Pontid ismi ilk kez Hamilton (1942) tarafından verilmiştir. Ketin (1966), tektonik üniteleri Türkiye'nin orojenik gelişimi esasına dayanarak kuzeyden güneye doğru Karadeniz Dağları, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayırmıştır. Bu tektonik birlikleri Ketin ve Canitez (1972) yeniden düzenleyerek, söz konusu birliği 'Doğu Pontid'ler ve 'Batı Pontid'ler olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Doğu Pontid'lerdeki Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney (iç) ve kuzey (dış) bölümlere ayrılmıştır (Akin,1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Bektaş (1986), Doğu Pontid magmatik yayını farklı magmatik, tektonik ve sedimantolojik evrim aşamalarına göre kuzeyden güneye doğru Kuzey Zonu, Güney Zonu ve Eksen Zonu olmak üzere üç alt zona ayırmıştır.

Doğu Pontid'e temel teşkil ettikleri kabul edilen Paleozoyik yaşlı kayaçlar kristalen şistler ve granitlerden oluşmaktadır. Doğu Pontid'in Güney Zonu'nda egemen olan bu kayaçlar (Zankl, 1961, 1962; Açar, 1977; Gedikoğlu, 1978), Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda

seyrek olarak görülürler (Türk-Japon Ekibi, 1985). Temeli oluşturan metamorfik kayalar, Liyas öncesinde Paleozoyik yaşı granitoidik kayalar tarafından kesilmişlerdir (Çoğulu, 1975). Granitoidik kayalar büyük plütonik kütleler halinde Gümüşhane yöresinde ve Gümüşhane-Köse arasında (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1976; Özdoğan, 1992), küçük mostralarda halinde Giresun güneyinde metamorfik kayalarla birlikte görülmektedir (Schultz-Westrum, 1961).

Liyas yaşı volkano-tortul kayalar, Gümüşhane bölgesinde Paleozoyik yaşı Gümüşhane Granitoidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelirler ve konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve volkanitlerden oluşmaktadır. Schultz-Westrum (1961) Giresun-Aksu civarında Liyas'tan başlayarak Erken Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizmayı 'Alt Bazik Seri' olarak isimlendirmişlerdir. Malm-Erken Kretase yaşı Berdiga Kireçtaşları, Liyas yaşı volkanik kayalar üzerine uyumlu olarak gelmektedirler. Doğu Pontid Güney Zonu'nda sürekli bir şekilde görülmelerine rağmen, Kuzey Zonu'nda mercekler ve olistrostromlar halinde bulunurlar. Plütonik kayalar Permo-Karbonifer'den Eosen sonuna kadar geniş bir yaş aralığına sahiptirler ve başlıca gabrodan granit kadar değişen türdeki bazik ve asidik bileşimli kayalardan oluşmuşlardır. Bu granitik plütonlar, Paleozoyik, Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca 3 zaman periyodunda sokulum yapmışlardır. Bunlardan Paleozoyik yaşı Gümüşhane Granitoidi, metamorfik kayaları keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975). Jura-Kretase-Paleosen granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayalarla dokanak ilişkisindedir (Jica, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000; Kaygusuz, 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004). Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2002, Arslan ve Aslan, 2006). Doğu Pontid'lerde, Geç Kretase iki farklı özellikte görülmektedir. Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda magmatik kayalar egemen iken, Doğu Pontid Güney Zonu'nda volkanotortul kayalar yer alır. Geç Kretase'de kılavuz seviye olarak kabul edilen kırmızı kireçtaşları, Güney Zonu'nda tek bir seviye halinde ve Geç Kretase'nin tabanında görülmekte, Kuzey Zonu'nda ise birkaç seviye halinde volkaniklerle ara katkılı olarak bulunmaktadır (Bektaş, 1984).

Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda Geç Kretase'nin tabanı tartışmalıdır. Schultz-Westrum (1961)'a göre, Erken Kretase'de başlayan Alt Bazik Seri, Geç Kretase'nin başında devam etmekte, Geç Kretase'de Alt Bazik Seri'ye *hippuritli* kireçtaşları ve tüffitik kireçtaşı-marn

serisi eşlik etmekte, bunun üzerinde dasit ve piroklastitleri ile *inoceramuslu* kırmızı kireçtaşları yer almakta ve bunların üzerine de bazik volkanikler gelmektedir. Bu bazik volkanik kayalar kısmen Eosen'de de devam ederek 'Üst Bazik Seri'yi oluşturmuşlardır.

Doğu Pontid Güney Zonu'nda Geç Kretase, Berdiga Formasyonu üzerine açılmal uyumsuzlukla gelen kumlu kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu birimi şarap kırmızısı renkli kırmızı kireçtaşları uyumlu olarak üstlemektedir. Volkano-tortul seriden oluşan birim kırmızı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Tokel, 1972; Eren, 1983). Geç Kretase-Paleosen geçişi Doğu Pontid'ler de yer yer gözlenmektedir. Tirebolu'nun güneydoğusunda Geç Kretase kireçtaşlarının devamı olarak Paleosen yaşlı birimleri tesbit etmiştir.

Hopa-Cankurtaran yöresinde volkano-tortul seri, Geç Kretase'den Eosen'e kesintisiz geçmektedir (Özsayar vd., 1981). Kale (Gümüşhane) yöresinde Geç Kretase yaşlı filişle başlayan istif, uyumsuz olarak konglomera ve mikritik kireçtaşlarından oluşan Paleosen yaşlı Kale Formasyonu'na geçmekte ve Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu ile örtülmektedir (Aliyazıcıoğlu, 1999). Eosen, Pontid'lerde genellikle Kretase ve Paleosen yaşlı birimler üzerine taban konglomerası ile gelmekte ve bunları andezit ve piroklastitleri ile filiş çökellerinden oluşan seriler üstlemektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntemler

Doğu Pontid volkanik kuşağı içerisinde yer alan inceleme alanında var olan Eskiköy, Istala ve Sırganlık Cu-Pb-Zn yatakları deneştirilmeye çalışılmış ve böylece; cevher mineralojisi, köken ve yaş ilişkileri yorumlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla yürütülen çalışmalar arazi, laboratuvar, analitik yöntemler ve büro çalışmaları olmak üzere dört ana başlık altında toplamak mümkündür.

2.1.1. Arazi Çalışmaları

2008 yılında ön arazi çalışmaları ile başlayan ve yaz ayları içerisinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları 2010 yılında tamamlanmıştır.

2.1.1.1. Jeolojik Harita Alımı

Arazi çalışmalarının ilk aşamasını oluşturan jeolojik harita alımı Istala, Eskiköy, Sırganlık Cu-Pb-Zn yataklarını içine alan bölgenin litostratigrafik birimlerin tanınması, dokanak ilişkilerinin ortaya konulması ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan arazi gözlemlerinin sonucunda ayırt edilen birimlerin makroskobik özellikleri incelenmiş, mevcut yapısal unsurlardan (kırık, çatlak, fay ve tabaka vb.) ölçümler alınmış ve gözlenen formasyon sınırları haritaya işlenmiş ve 1/25000 ölçekli jeolojik harita hazırlanmıştır. Haritaların hazırlanması esnasında daha önceden MTA tarafından hazırlanmış olan jeolojik haritalar esas alınmıştır.

2.1.1.2. Petrografi ve Kimyasal Amaçlı Örnek Alımı

Geniş ölçekli yapılan çalışmada, birimleri temsil eden kayalardan petrografik ve kimyasal analiz amaçlı örnekler alınmıştır.

Detay çalışmalarda ise, Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinde bulunan ana cevher damarlarına dik yönde 100m aralıklarla üç farklı profil hatları oluşturdu ve bu profil hatları boyunca hidrotermal alterasyonu belirlemek amacıyla her bir profil hattından 50m aralıklarla 9'ar örnek olmak üzere toplam 81 örnek alınmıştır. Bunun yanı sıra cevher mineral parajenezi belirlemek, izotop ve sıvı kapanım çalışmaları için cevher örnekleri alınmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. İnce Kesit ve Parlak Kesit Hazırlanması ve İncelenmesi

İnce kesit örnekleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda petrografik incelemeler yapmak amacıyla; kayaç örneği 2,6x4,7cm boyutundaki lamele yapıştırılarak dereceli aşındırıcılar yardımı ile 0,1-0,2mm kalınlığına kadar inceltiilerek hazırlanmış olup Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Araştırma Mikroskopisi Laboratuvarı'nda incelenmiş ve mikro fotoğrafları çekilmiştir.

Parlatılmış ince kesitler mikroprob analizlerinde kullanılmak üzere Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda elmas disk ile 0.5-1cm kalınlığında kesildikten sonra Metkon firması tarafından tedarik edilen epoksi reçine ile 27*46mm boyutlarındaki ince kesit camına yapıştırılmıştır. Yapıştırma işleminden sonra kuruması için 8 saat beklenen örnekler Akasel marka Aka-Piatto 220, 600 ve 1200meş'lik elmas diskler ile Metkon Forcipol 300-1v cihazında Focimat Ts başlığı kullanılarak 50-70µ kalınlığı kadar aşındırılmışlardır. Parlatma işlemi için Buehler marka parlatma cihazında 9, 6, 3 ve 1µ'luk elmas macunlar ve 0,3 ve 0,05µ'luk Al₂O₃ süspansiyonlar ile sırasıyla Akasel Plaran, Buhler Texmet, Akasel Daran, Metkon Fedo1, Akasel Napal ve Metkon Fedo1N parlatma çuhaları kullanılmıştır. Örneklerin her aşamada işleme ne kadar tabi tutulacağı ise her aşamadan sonra üstten aydınlatmalı mikroskop ile

kontrol edilerek belirlenmekle birlikte genellikle her aşama için 2-5dk arasının yeterli olduğu görülmüştür. Örnekler her aşamadan sonra ultrasonik banyo ile temizlenmiştir. Hazırlanan kesitler üzerinde mineral kimyası yapılacak cevher mineralleri üstten aydınlatmalı mikroskop ile incelenmiş, mineral kimyası analizi yapılacak mineraller kesit üzerinde işaretlenmiş, konumlarını ve özelliklerini gösteren mikro fotoğraflar çekilmiştir.

Parlatılmış kesitler ise mikroprob analizlerinde ve cevher mikroskobu çalışmalarında kullanılmak üzere, araziden alınan cevher örneklerinden yapılmıştır. Bu örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda elmas disk ile 1.5-2cm çaplı ve 0,5-1cm kalınlığında kesildikten sonra Metkon firmasından tedarik edilen epoxy reçine ile 2,54cm çapında silindirik kaplarda vakum altında kalıba alınmıştır. Kalıba alma işleminden sonra örnekler parlatılmış ince kesitler ile aynı aşamalardan geçirilerek parlatılmıştır. Hazırlanan parlatılmış ince kesitler ve parlak kesitler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Araştırma Mikroskopisi Laboratuvarı'nda incelenmiş ve mikro fotoğrafları çekilmiştir.

2.1.2.2. Sıvı Kapanım Kesitlerinin Hazırlanması ve İncelenmesi

Sıvı kapanım çalışmalarında kullanılmak üzere hazırlanan çift tarafı parlatılmış kesitler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kesit Hazırlama Laboratuvarı'nda elmas disk ile yaklaşık olarak 1cm boyutunda kesildikten sonra jel formda Cyanoakrilat bileşimli yapıştırıcı (standart Japon yapıştırıcısı) ile 27*46mm boyutlarındaki ince kesit camına yapıştırılmıştır. Parlatılmış ince kesit için uygulanan aşamalardan geçirilen örnekler ilk yüzeyin parlamasından sonra aseton içeren kaba konularak çözülmüştür. Daha sonra örneklerin parlamamış yüzeyleri üste gelecek şekilde yapıştırılarak nihai kalınlıkları 80-100 mikron olacak şekilde aynı aşamalardan tekrar geçerek parlatılmışlardır. Parlatılan örnekler tekrar aseton içine konarak yapıştırıcıdan ayrılmıştır. Hazırlanan bu kesitler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda incelenerek mikrometrik ölçümler alınmış ve mikro fotoğrafları çekilmiştir.

2.1.2.3. Kimyasal Analiz ve X-Işınları Difraksiyonu İçin Örnek Hazırlanması

Arazi çalışmalarında sistematik olarak alınan yüzey örneklerinden yapılan ince kesitler ilk önce petrografik olarak incelenmiş ve kimyasal analiz için uygun örnekler seçilmiştir. Seçilen bu örnekler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda, ilk önce çeneli kırıcıdan daha sonra halkalı öğütücüden geçirilerek 105µ'dan daha küçük boyuta getirilmiştir. Hazırlanan bu örneklerden ana, iz ve nadir toprak element analizleri için 10gr ve X-Ray Difrakto (XRD) analizi için ise 5gr örnek ayrılmıştır.

2.1.2.4. İzotop Analizleri İçin Mineral Ayrımı

Duraylı izotop analizi için cevher ve gang mineralleri bioküler mikroskop kullanılarak 0,5gr saf ya da safa yakın örnekler seçilmiştir. Cevher minerallerinden galen, sfalerit, pirit, kalkopirit ve gang minerallerinden ise barit kükürt analizi için seçilmiştir. Hidrojen ve oksijen izotop analizleri için ise kuvars mineralleri seçilmiştir. Ayrıca cevher minerallerinden sfalerit ve barit minerallerinin bünyelerinde bulunan sıvı kapanımlardan oksijen ve hidrojen analizleri yaptırılmıştır.

Duraylı izotop analizleri dışında, radyojenik izotop (kurşun izotop) izotop analizleri de yapılmıştır. Bu analiz için, galenli cevher örneklerinden bioküler mikroskop yardımıyla 1,5gr saf galen seçilmiş ve analiz için ilgili laboratuara gönderilmiştir.

2.1.3. Analitik Yöntemler

2.1.3.1. Kimyasal Analizler

İnce kesit incelemeleri sonucunda ana, iz ve nadir toprak element analizi için en az altere olduğu düşünülen örnekler seçilmiş ve hidrotermal analiz sonucunda meydana gelen mineral değişimi gözlemek amacıyla Eskilöy, Istala ve Sırganlık madenlerinden toplam 30 örnek analiz edilmiştir. Analizler ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada)'da yapılmıştır. Örneklerin ana element analizleri İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively

Coupled Plasma)–Atomik Emisyon Spektrometre (ICP-AES) yöntemi ile iz ve nadir toprak element (NTA) analizleri ise İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometre (ICP-MS) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

2.1.3.2. XRD Analizleri

Cevher damarına dik yönde alınmış 81 adet altere kayaç örneğinin X-Ray Difrakto (XRD) analizine tabi tutularak kil bileşimleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu analizler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fizik Bölümü, Katı Hal Fiziği Laboratuvarı'nda 3-70° 2θ aralığında ölçülmüştür.

2.1.3.3. İzotop Analizleri

Kükürt, oksijen ve hidrojen analizleri Queen's Üniversitesi (Kanada) 'Queen's Facility for Isotope Research Laboratuvarı'nda 15 örnekten $\delta^{34}\text{S}$ ve 10 örnekten $\delta^{18}\text{O}$ ve D analizi yaptırılmıştır. Hidrojen izotopları (δD) kuvars, sfalerit ve barit içerisindeki sıvı kapanımlardan yaptırılmıştır.

Kurşun izotop analizleri Activation Laboratories Ltd. 'Geochronology and Isotopic Geochemistry' laboratuvarında TIMS yöntemiyle, seçilen 4 galen minerali üzerinde yapılmıştır.

2.1.3.4. Elektron Mikroprob Analizleri

Elektron mikroprop analizleri (EPMA) Montan Leoben Üniversitesi (Leoben, Avusturya)'nde bulunan Jeol JXA8200 marka 5 tünelli dalga boyu dağıtıcı spektrometreler ile donatılmış elektron mikroprop cihazı kullanılmıştır. Aletsel koşullar 40° bitirme açısı ve 20 kV bombalama enerjisidir. Bombalama akımı 10 nA ve ışın çapı olarak 1µ kullanılmıştır.

Tüm minerallerin ölçümlerinde kalibrasyon standardı olarak doğal ve sentetik mineraller kullanılmıştır. Sülfürlü minerallerinin analizleride Sn 30 saniye, Hg ve Te 20

saniye, As, Sb, S, Au, Fe, Se, Bi, Ag, Cu, Pb, Cd, Zn, Ni ve Co için 15 saniye olarak seçilmiştir. Mikroprob çalışmaları sırasında ölçülecek noktalar geri saçınımlı elektron görüntüsü (BSE) altında minerallerin atomik ağırlıklarının farklı olmasından kaynaklanan renk değişimleri göz önüne alınarak belirlenmiştir.

2.1.3.5. Konfokal Lazer Raman Analizleri

Raman çalışması Eötvös Lorand Üniversitesi, (Budapeşte, Macaristan) Litosfer Laboratuvarı'nda mikrotermometrik analizler için hazırlanmış sıvı kapanım kesitleri üzerinde Raman çalışmaları Horiba Jobin Yvon Labram HR800 model yüksek çözünürlüklü Raman mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir. Bu cihaza monte edilmiş Olympus BXFM ve X-Y-Z eksenlerinde harekete müsâade eden motorize tabla ile 100 mW gücünde 532 μ 'lik yeşil Nd-Yag lazeri kullanılarak sıvı kapanımlar içindeki gaz fazın bileşimi oda sıcaklığındaki Raman Spektrometresi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde kapanım büyüklüğü, gaz fazın büyüklüğü ve derinliği gibi faktörlere bağlı olarak 1-3 tekrar olarak yapılmış ve ölçüm süreleri aynı faktörlerden dolayı ölçüm süreleri 30-240 sn arasında değişmiştir. Kullanılan lazerin örneğin yüzeyindeki çapı yaklaşık olarak 1 μ 'dir.

Gaz fazların belirlenmesinde kullanılan dalga boyu aralıkları; SO₂ için 1000-1450cm⁻¹, CO₂ için (1285-1388cm⁻¹ ve 2100-2500cm⁻¹), N₂ için (2580-2940cm⁻¹), H₂S için (2611 cm⁻¹) ve CH₄ için (2917-4100-4300 cm⁻¹) ve H₂ için (4126, 4143, 4156 ve 4161 cm⁻¹) kullanılmıştır.

Ölçüm yapılan sıvı kapanımların hepsi barit kristalleri içinde olduğundan dolayı yapılan her ölçümün sonrasında kapanımın içinde bulunduğu kristalde kapanımla aynı z koordinatına sahip ve herhangi başka bir mineral ve sıvı kapanım bulunmayan bir noktadan yapılan ölçümü karşılaştırmak için aynı ölçüm süresi ile tekrardan bir ölçüm daha yapılmıştır.

2.1.4. Büro Çalışması

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler büro çalışmalarıyla değerlendirilmiştir. Arazide topoğrafik harita üzerine hazırlanmış olan jeolojik harita

düzenlenmiş ve stratigrafik kesitler çizilmiştir. Tüm harita ve kesitler bilgisayara aktarılıp çizim programları kullanılarak çizilmiştir. Arazi, laboratuar ve büro çalışmaları sonucunda elde edilen veriler birleştirilerek yorumlanmış ve tez yazımında 'KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uyulmuştur.

3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi ve Petrografisi

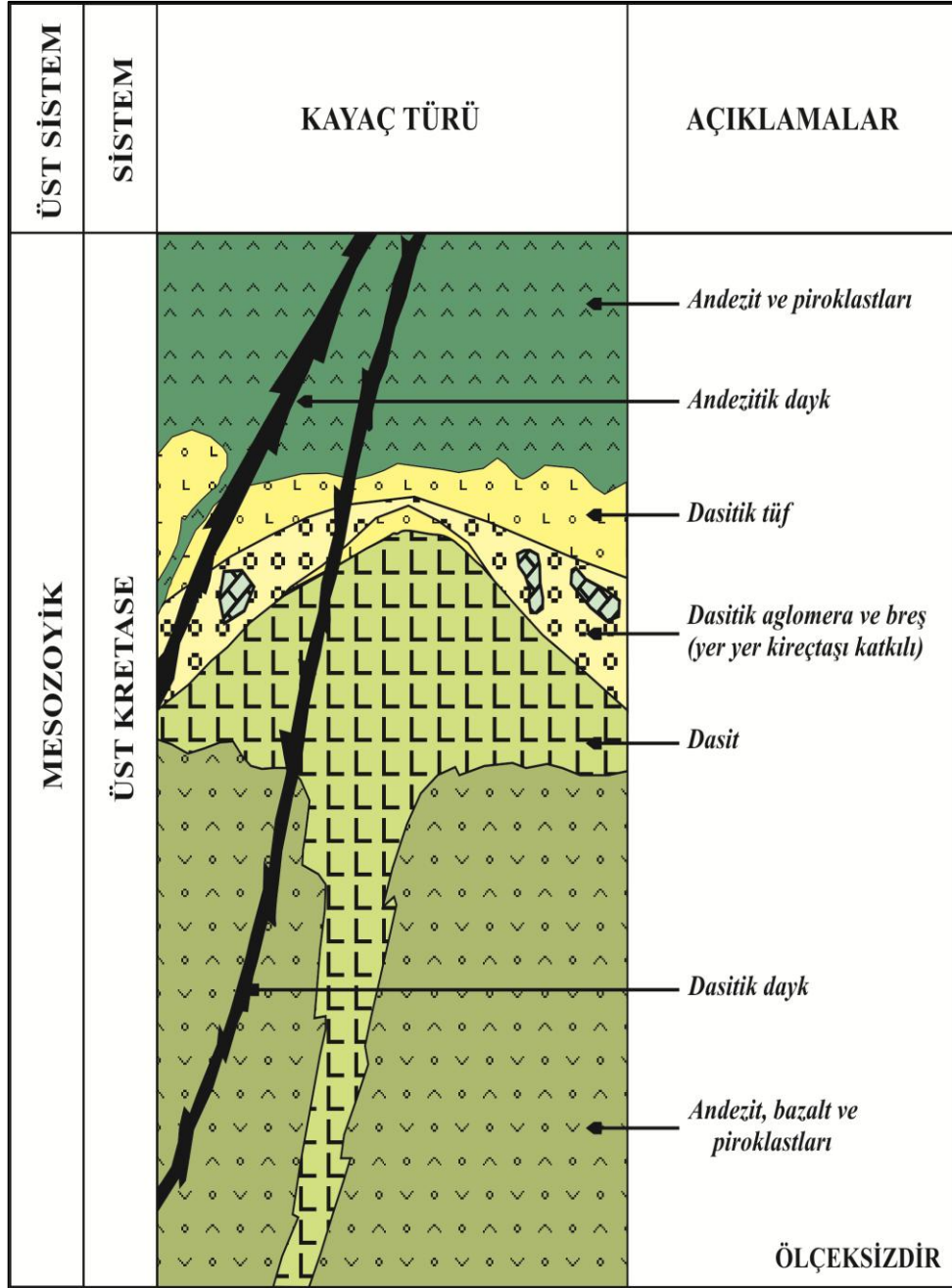
İnceleme alanında andezitik, dasidik ve bazaltik kayaçlar egemendir. Güven ve diğ., (1993) bu bölgedeki andezit ve bazaltları 'Çatak Formasyonu', dasit ve piroklastlarını 'Kızılkaya Formasyonu', dasidik piroklastları üzerine uyumlu olarak gelen andezit ve piroklastranı da 'Çağlayan Formasyonu' olarak adlandırmışlardır. Bu volkanik kayaçlar mercekler şeklinde kireçtaşları içermektedirler. Ayrıca, andezitik ve dasidik dayklar ile kesilmişlerdir. Çalışmanın konusu olan Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenleri, Güven ve diğ., (1993) tarafından tanımlanmış olan bu formasyonlardan Kızılkaya Formasyonu'nu oluşturan dasit ve piroklastları içerisinde yer almaktadır. Buna göre yöredeki mevcut kayaçlar yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Şekil 3.1):

1. Andezitik ve dasidik dayklar
2. Andezit ve piroklastitleri (Çağlayan Formasyonu)
3. Dasit ve piroklastitleri (Kızılkaya formasyonu)
4. Andezit-bazaltlar ve piroklastitleri (Çatak Formasyonu)

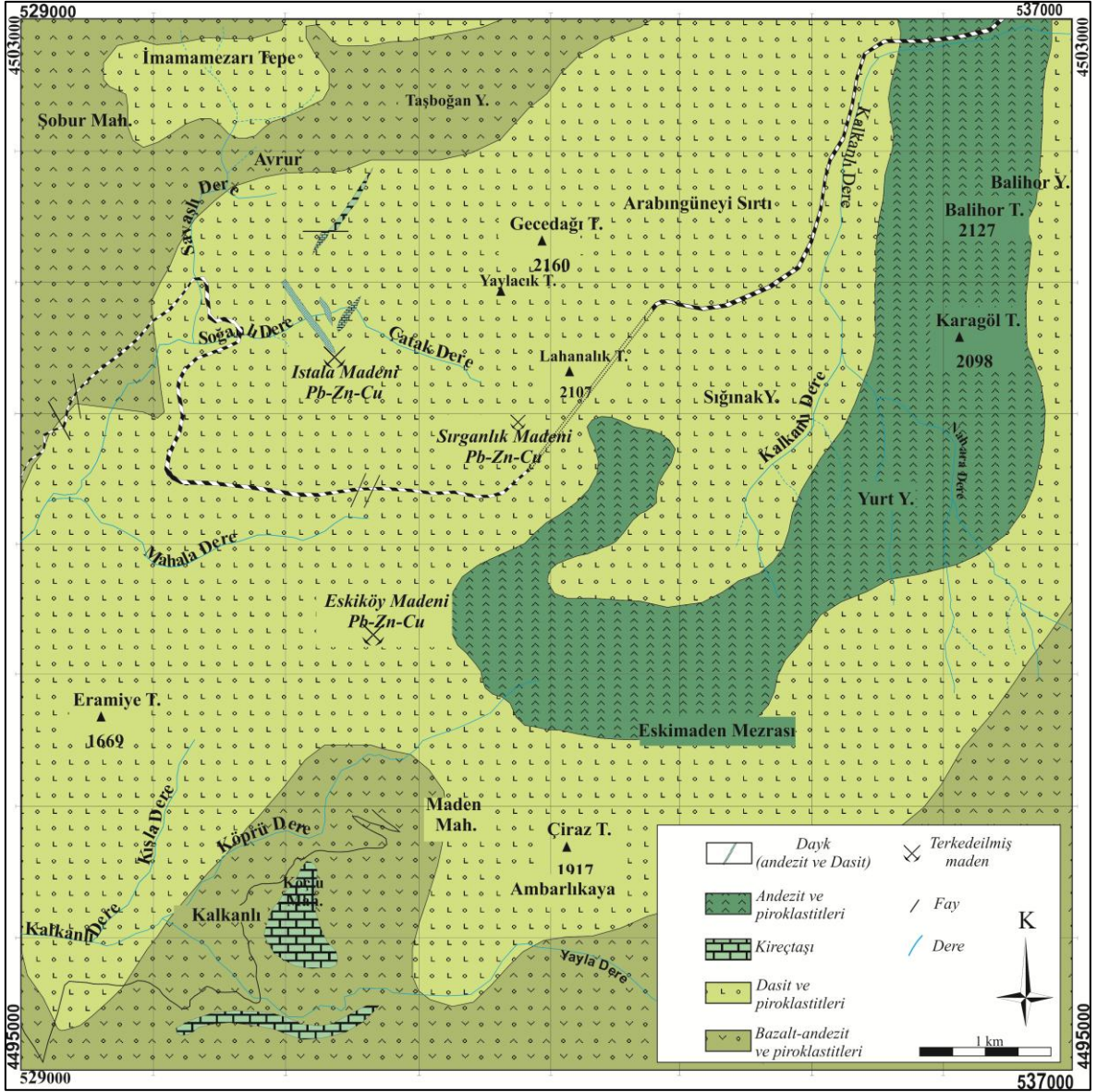
Bu çalışmada madenlerin içerisinde yer aldığı Kızılkaya Formasyonu' na ait kayaçlar örneklenmiş ve petrografik çalışmaları yapılmıştır.

3.1.1. Kızılkaya Formasyonu

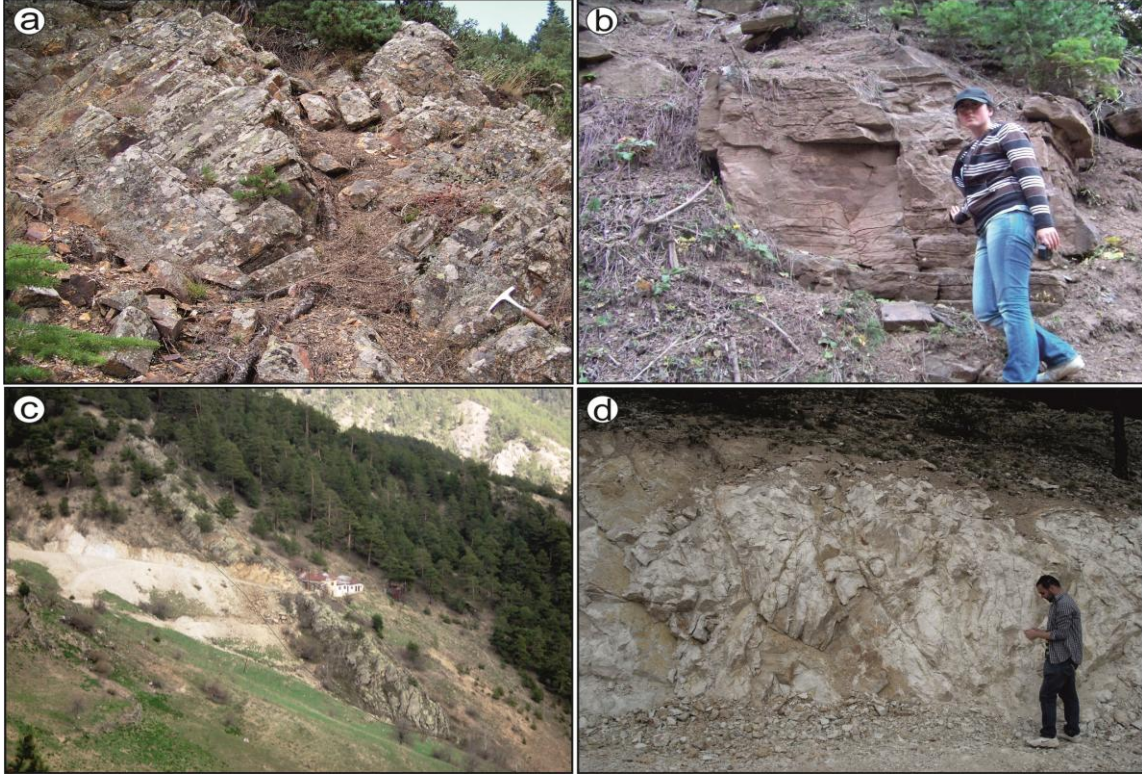
İnceleme alanının büyük bir bölümünü kaplayan dasit ve piroklastitleri Akıcı ve Mahmutlu mahalleleri, Öksürük Sırtı, Zigana ve Kıranoba yaylaları mevkinde mostra vermektedir (Şekil 3.2). Andezit-bazalt ve piroklastitlerinden oluşan Çatak Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen bu birim, yer yer kolonsu yapı göstermekte olup yer yer de kireçtaşı mercekleri içermektedir (Şekil 3.3a ve b). Ayrıca bu birim dasit ve andezit daykları tarafından da kesilmektedir (Şekil 3.3c). Kırıklı bir yapıya sahip olan dasitler ve piroklastitleri genellikle beyaz, renklerde olup, pirit içeriğinin fazla olduğu yerlerde sarımsı ve kahverengimsi renklerdedirler (Şekil 3.3d). Pirit içeriğinin fazla olması nedeniyle bu birime 'cevherli dasit' de denilmektedir (Aslaner ve diğ., 1982).



Şekil 3.1. Çalışma alanında gözlenen birimlere ait stratigrafik kolon kesit.

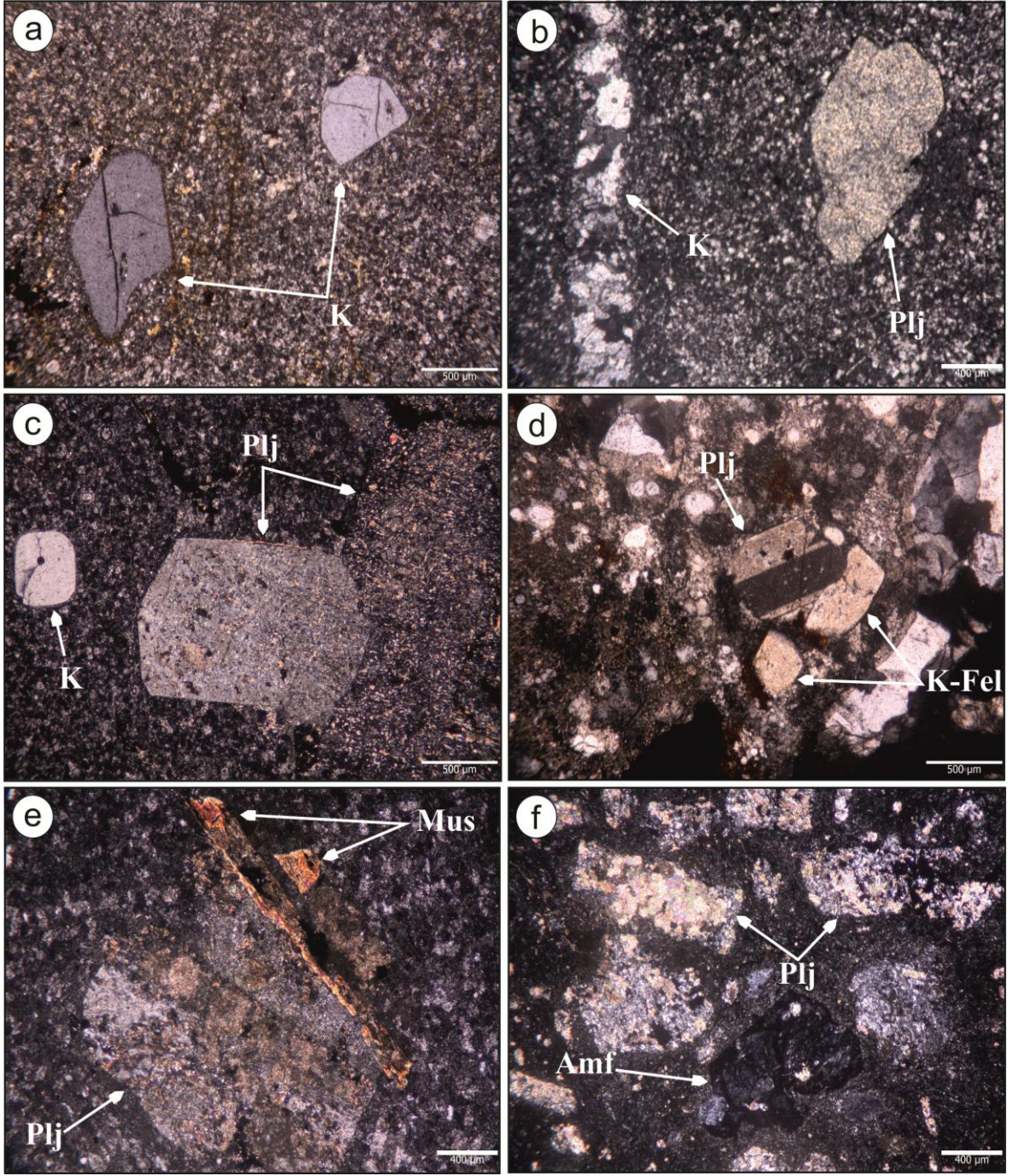


Şekil 3.2. Çalışma alanına (Eskiköy, Istala ve Sırganlık Madeni) ait 1/25 000 ölçekli genel jeoloji haritası (Güven, 1993 ve MTA ile JICA, 1985'ten değiştirilerek).



Şekil 3.3. Dasitlerin arazideki görünüşleri. a) dasitlerde görülen sarımsı-kahverengimsi kolon yapıları, b) dasitler içerisinde mercekleşmiş kireçtaşları, c) dasitleri kesen andezitik dayk ve d) beyaz renkli kırıklı yapıya sahip dasitlerin görünüşü.

Dasitlerin ve dasitik tüflerin petrografik incelenmelerinde, birincil minerallerin kuvars, plajiyoklas, K-feldispat ve muskovit, ikincil minerallerin ise kuvars, karbonat, serizit, klorit ve hematit oluştuğu, dokularının da mikrolitik porfirik oldukları tespit edilmiştir. Kuvarslar hem iri hem de küçük kristaller halindedirler. Birincil iri kuvarslar yarı öz veya öz şekilsiz olarak ve kısmen hamur tarafından yenilmiş şekilde (Şekil 3.4a); ikincil kuvarslar ise damarlar boyunca gelişmiştir (Şekil 3.4b). Plajiyoklaslar iri ve küçük kristaller halinde öz ve yarı öz şekilli olarak bulunmaktadır. İri plajiyoklas kristalleri bir araya toplanarak kümülofirik dokuyu oluşturmaktadırlar. Plajiyoklasların çoğunlukla serizitleştiği yer yer kloritleştiği ve kalsitleştiği belirlenmiştir (Şekil 3.4c). Serizitleşmenin görüldüğü K-feldispat minerali diğer minerallere oranla daha az bulunmaktadır (Şekil 3.4d). Muskovitler ince uzun kristaller halinde ve alterasyon sonucu çoğunlukla karbonatlaşmış olup, yer yer de killeşmeye bağlı olarak opaklaşma meydana gelmiştir (Şekil 3.4e). Öz şekilli olarak bulunan amfibol minerallerinde kloritleşme ve killeşme görülmektedir. Killeşme sonucu opaklaşan amfiboller çok yaygın olup öz şekilleri ile tanınmaktadırlar (Şekil 3.4f).



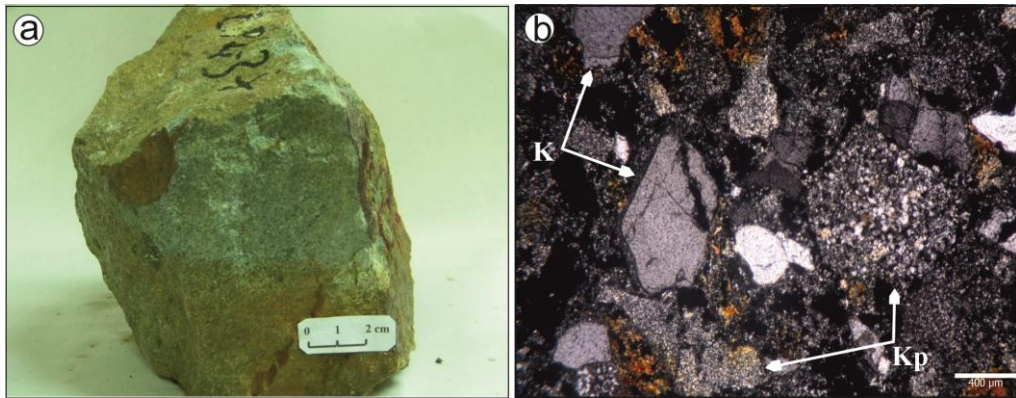
Şekil 3.4. Mikrolitik porfirik dokulu dasitlerin mikroskobik görünüşleri. a) yarı öz şekilli kuvarsların hamur tarafından yenilmesi, b) dasitlerin kırıklarına yerleşmiş ikincil kuvarslar ve serizitleşmiş plajiyoklas fenokristali, c) sinosin doku oluşturmuş plajiyoklasların serizitleşmesi ve yer yer de kloritleşmesi, d) serizitleşmiş K-feldispat mineralinin görünüşü, e) altersyon sonucu karbonatlaşmış ve yer yer de opaklaşmış olan ince uzun kristaller halinde bulunan muskovit mineralinin görünüşü ve f) tamamen kloritleşmiş ve killeşme sonucu opaklaşmış amfibol mineralinin görünüşü (K: kuvars, Plj: plajiyoklas, K-feldispat, Mus: muskovit ve Amf: amfibol).

Dasitik tüfler alterasyondan aşırı olarak etkilenmişlerdir. Yapılan petrografik incelemeler sonucunda, tüflerin bolluk sırasına göre kayaç, kristal ve cam parçacıklarından oluştuğu belirlenmiştir. Bu özelliklerine bağlı olarak kayaç litik kristal tuf olarak adlandırılmıştır. Kayaç parçaları dasitik kayaçlara aittir. Kristal parçaları olarak kuvars ve plajiyoklas belirlenmiştir. Kuvarslar kırıklı yapıda olup, plajiyoklaslar ise serizitlemiştir (Şekil 3.5a ve b).

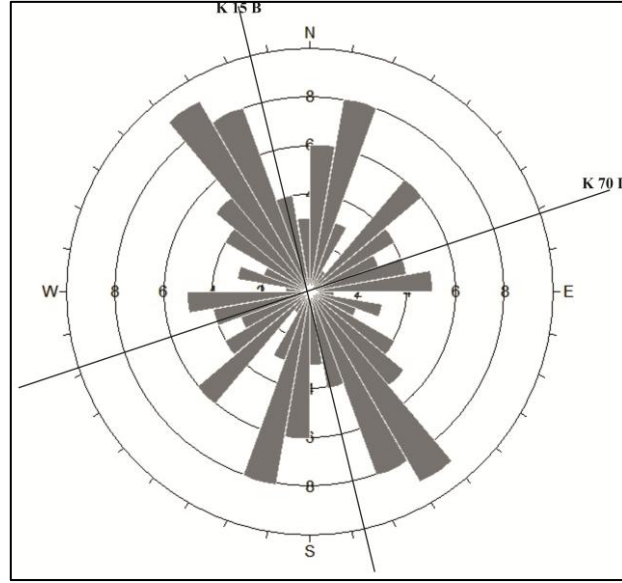
3.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanının hakim çatlak sistemini belirlemek amacıyla dasitik kayaçlardan alınan kırık ölçümlerinden gül diyagramı oluşturulmuş ve yöredeki hakim çatlak sistemleri ile olan uyumu ortaya koyulmaya çalışılmıştır (Şekil 3.6).

Oluşturulan gül diyagramına bakıldığında, kırık sistemlerinin dağınık durduğu görülmektedir. Bunun nedeni arazi çalışmaları sırasında çatlak ölçülerinin gerekli şekilde alınmamış olmasıdır. Buna rağmen K-KB/G-GB ile KD-GB yönlü iki ana tür kırık sistemi arazide gözlenir. Buradan da hareketle Doğu Karadeniz'in yapısal özellikleri ile uyduğuna, özellikle ilk kırık sisteminin ağırlıklı ortalamalarını alıp yeniden düzenlendiğinde K15B doğrultulu bir yönelmenin olduğu ve diğer tür kırık sisteminin ağırlıklı ortalamasının ilk kırık sisteme dik ve yaklaşık K70D duruşlu olduğu görülmektedir. Bu ikinci tür kırık sistemi arazide özellikle Eskiköy'deki cevher damarlarının duruşu ile de uyumludur. Bu açılma zonlarını oluşturma bilmek için K-KB ve G-GB doğrultulu çekme gerilmelerini olması gerekmektedir.



Şekil 3.5. Tüflerin makroskobik ve mikroskobik görünüşleri. a) tufün el örneği ve b) mikroskopi görünümü (K: kuvars, Kp: kayaç parçası).



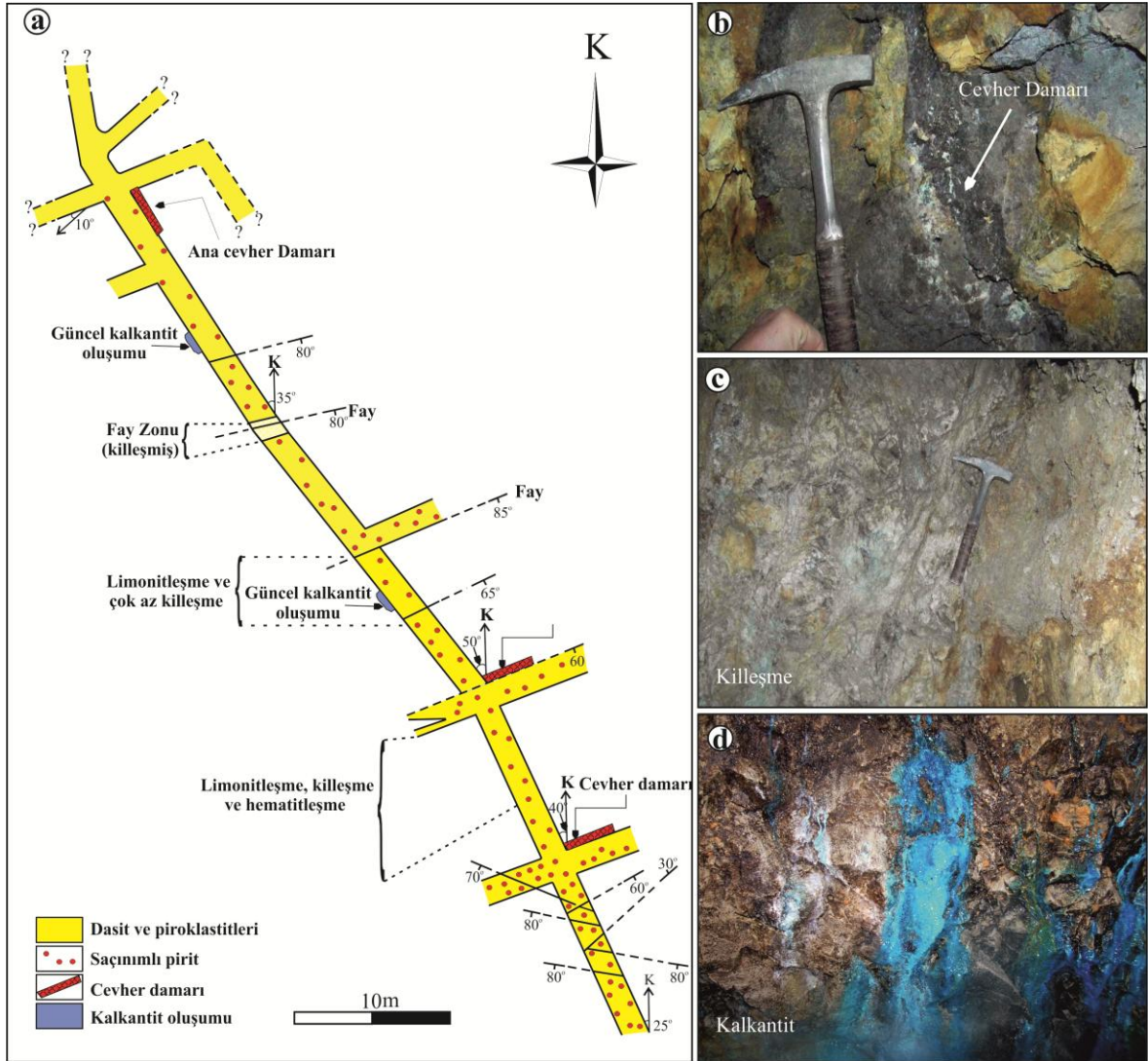
Şekil 3.6. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinden alınan kırık ölçümlerinden yararlanılarak oluşturulan gül diyagramı.

3.3. Maden Jeolojisi

3.3.1. Eskiköy Madeni

Eskiköy madeni, Eskiköy mahallesinin kuzeybatısında mostra veren dasitik ve andezitik kayalar içerisinde yer almaktadır. Bu madende önceki yıllarda işletme amaçlı çok sayıda galeri açılarak cevher çıkarılmıştır. Ancak günümüzde bu maden işletilmemektedir. Çalışma alanında açılmış olan galerilerin birçoğu çökmüş olup inceleme yapılabilecek olan iki adet galeri bulunmaktadır. Bu galeriler baş aşağı ve baş yukarı yöntemleri ile işletilmişlerdir. İşletme galerilerinin bir kısmı andezitik kayalar içerisinde ve bir kısmı ise dasitik kayalar içerisinde K25⁰B doğrultulu olarak açılmışlardır. İnceleme yapılabilen galeri andezit ve dasitik kayaların dokanağında K25⁰B doğrultulu olarak 2,5m genişliğinde, 2,2m yüksekliğinde ve yaklaşık 75m uzunluğundadır. Ana galeri içerisinde cevher damarlarının doğrultusuna paralel yan galeriler açılmıştır. Bu galeriden kroki alımı gerçekleştirilerek galerinin kırık sistemi, cevherleşme ve alterasyon özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 3.7a). Kroki boyunca K10-30⁰D/60-85⁰GD doğrultulu birbirine paralel faylar ana galeri güzergahı boyunca ve yan galerilerde gözlenmiştir. Galerinin ilk 20 metresinde birbirini kesen KD, KB doğrultulu, eğimleri 60-80⁰ arasında

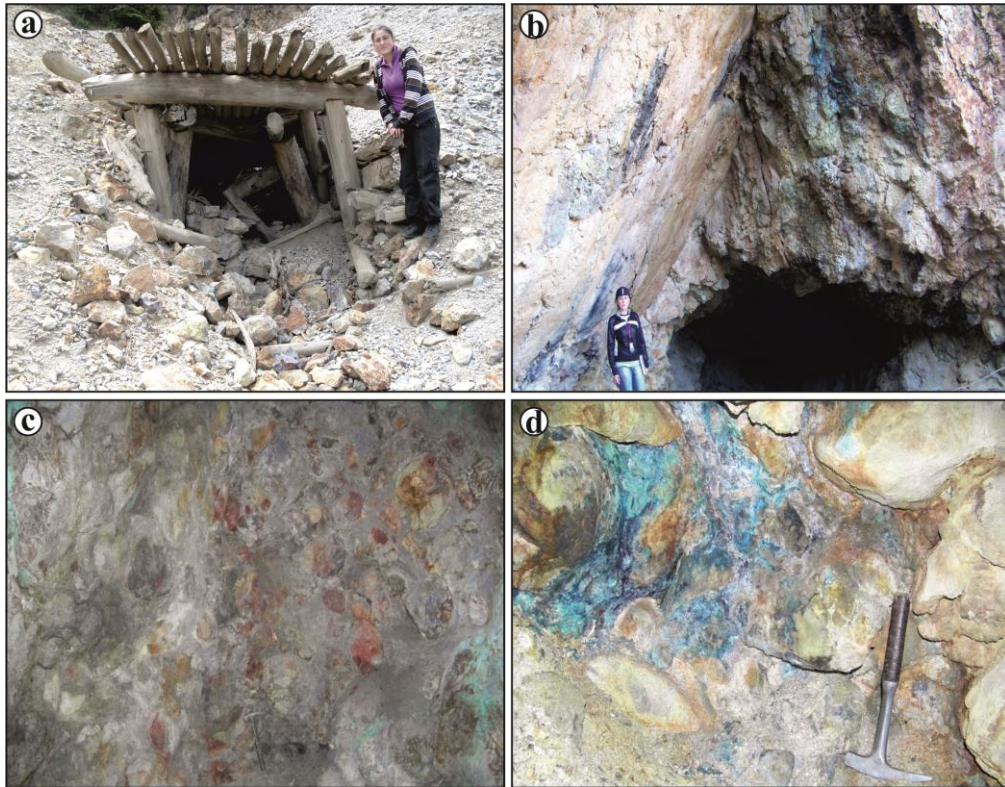
değişen kırıklar bulunmaktadır. Ayrıca galeri altere olmuş piritli dasit içerisinde ilerlemektedir. Bu bölümde yer yer limonitleşme görülmektedir. Cevher damarı galerinin yaklaşık 30. metresinde 60° KD'ya eğimli kırığa paralel olarak yaklaşık 10 cm kalınlığında gözlenmiştir. Bu damar yoğun olarak kalkopirit, sfalerit ve galenden oluşmaktadır. Damarın etrafında limonitleşmeler ve kükürt kusmaları bulunmaktadır (Şekil 3.7b). Galeri içerisinde yoğun olarak killeşme görülmektedir (Şekil 3.7c). Ayrıca galeri içerisinde, galerinin 40 ve 55. metrelerinde güncel kalkantit oluşumları mevcuttur (Şekil 3.7d).



Şekil 3.7. Eskiköy madenin, a) ana galeri krokisi, b) galeri içerisinde görülen cevher damarı ve kükürt kusmaları, c) fay zonunda görülen killeşme ve d) güncel kalkantit oluşumları.

3.3.2. Istala Madeni

Istala madeni Gümüşhane'nin Torul ilçesinin 13km KD'da Kıranoba ve Akıncı mahallesi arasında yer almaktadır. Maden bölgesinde bulunan dasitlerde değişik alterasyonlar gözlenmektedir. Alterasyonlara bağlı olarak dasitlerin rengi sarı, açık kahve, beyaz ve krem olarak gözlenmektedir. Bu dasitler bol kırıklı olup kırıkların doğrultuları KD ve KB'ya doğrudur. Istala madeninde işletim amaçlı K-G doğrultulu 4 ayrı galeri açılmıştır. Bu galerilerden üç tanesi çökmüş olup, sadece bir tanesinin içerisine girilebilmektedir (Şekil 3.8a ve b). İncelenen galeri girişinde K70°D doğrultulu bir fay bulunmaktadır. Cevherleşmede K70°D ve K80°B doğrultulu faylar etkilidir (Şekil 3.8b). Galeri içerisinde K70°D doğrultulu fay boyunca gelişmiş breşler bulunmaktadır. Bu breşler dasitlerin parçaları olup aralarını ince cevher damarları doldurmaktadır (Şekil 3.8c). Cevher damarları pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden oluşmaktadır. Ayrıca galeri içerisinde ve dış zonlarda malakit, azurit ve limonit oluşumları görülmektedir (Şekil 3.8d).



Şekil 3.8. Istala madeni galeri ve galeri içi görünümleri. a) kapalı galerinin görünümü, b) fay zonunda açılmış galeri görünümü, c) galeri içerisinde görülen fay breşleri ve d) breşler arasında oluşan malakit-azurit ve kalkantit oluşumları.

3.3.3. Sırganlık Madeni

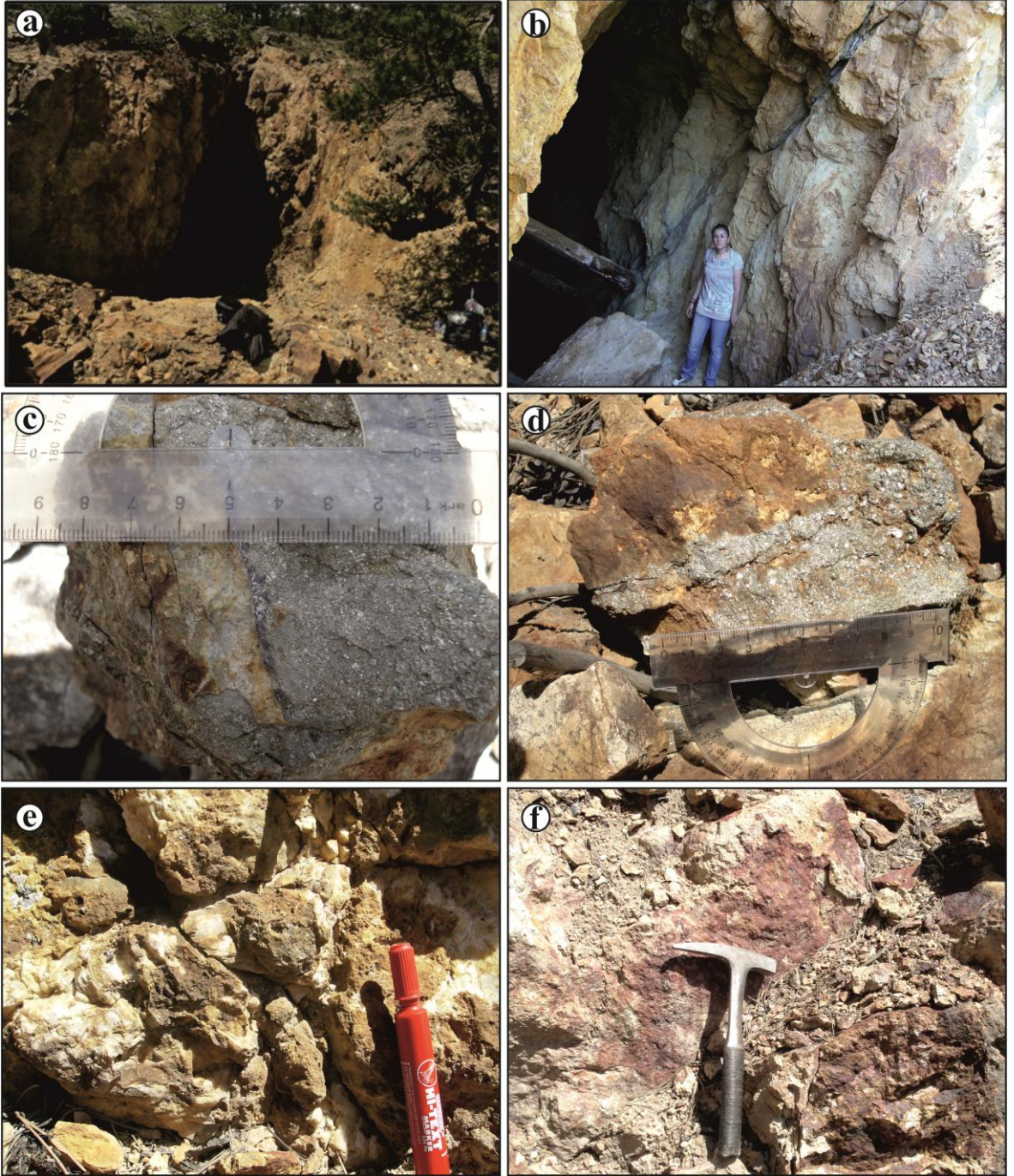
Sırganlık madeni Zigana geçitinin 500 metre kuzeydoğusunda dasitler içerisinde yer almaktadır. Dasitlerde alterasyona bağlı olarak mostra rengi beyaz sarı ve açık kahverengi olarak gözlenmiştir. Bu alanda K57°D doğrultulu bir fay boyunca gelişmiş olan damar tip Pb-Zn-Cu yatağı görülmektedir. İnceleme alanında işletme amaçlı üç adet galeri açılmış olup yalnızca bir tanesine girilebilmektedir. Ana galeri yaklaşık 3m genişliğinde olup cevher damarı boyunca açılmıştır. Galeri girişinde birbirine yaklaşık paralel farklı kalınlıklarda cevher damarları bulunmaktadır (Şekil 3.9a). Bu cevher damarlarının kalınlığı 1-50 cm arasında değişmektedir (Şekil 3.9b). Galeri girişinde görülen damarların orta kesimlerde kalınlaştığı ve kırık boyunca daralarak son bulduğu belirlenmiştir. Bu damarların bazıları yoğun olarak galenden oluşurken, bazı damarlar ise sadece pirit mineralinden oluşmaktadır (Şekil 3.9c ve d). Cevher damarlarının gözlendiği dasitler çoğunlukla silisleşmiş olup cevherleşmeye karbonatlaşma da eşlik etmektedir. Cevher damarları ile birlikte dilinimleri iyi gelişmiş kalsit mineralleri gözlenmiştir (Şekil 3.9e). Ana galeri çevresinde silisli zonalarda hematitleşme ve limonitleşme de yaygındır (Şekil 3.9f).

3.4. Mineral Birlikteliği ve Kimyası

Zigana yöresinde incelenen maden sahalarının cevher ve gang minerallerini, mineraller arası dokusal ilişkileri ve minerallerin oluşum sırasını belirleyebilmek amacıyla; cevherleşme zonu ve çevresinden alınan örneklerden hazırlanan parlak ve parlatılmış ince kesitlerin mikroskobik incelenmesi ile öğütülmüş toz örneklerden elde edilen XRD verileri kullanılmıştır.

Mikroskop incelemesi sonucunda tanımlanmasında problem yaşanan minerallerin kimyasal bileşimini ortaya koymak amacı ile elektron mikroprob analizleri yapılmıştır (Bkz. Bölüm 2).

Cevher mikroskobu çalışmaları sonucunda, Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinin mineral birlikteliklerinin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Cevher oluşumu Eskiköy ve Istala madenlerinde iki fazda gerçekleşirken, Sırganlık madeninde tek fazda oluşmuştur. (Tablo 3.1).



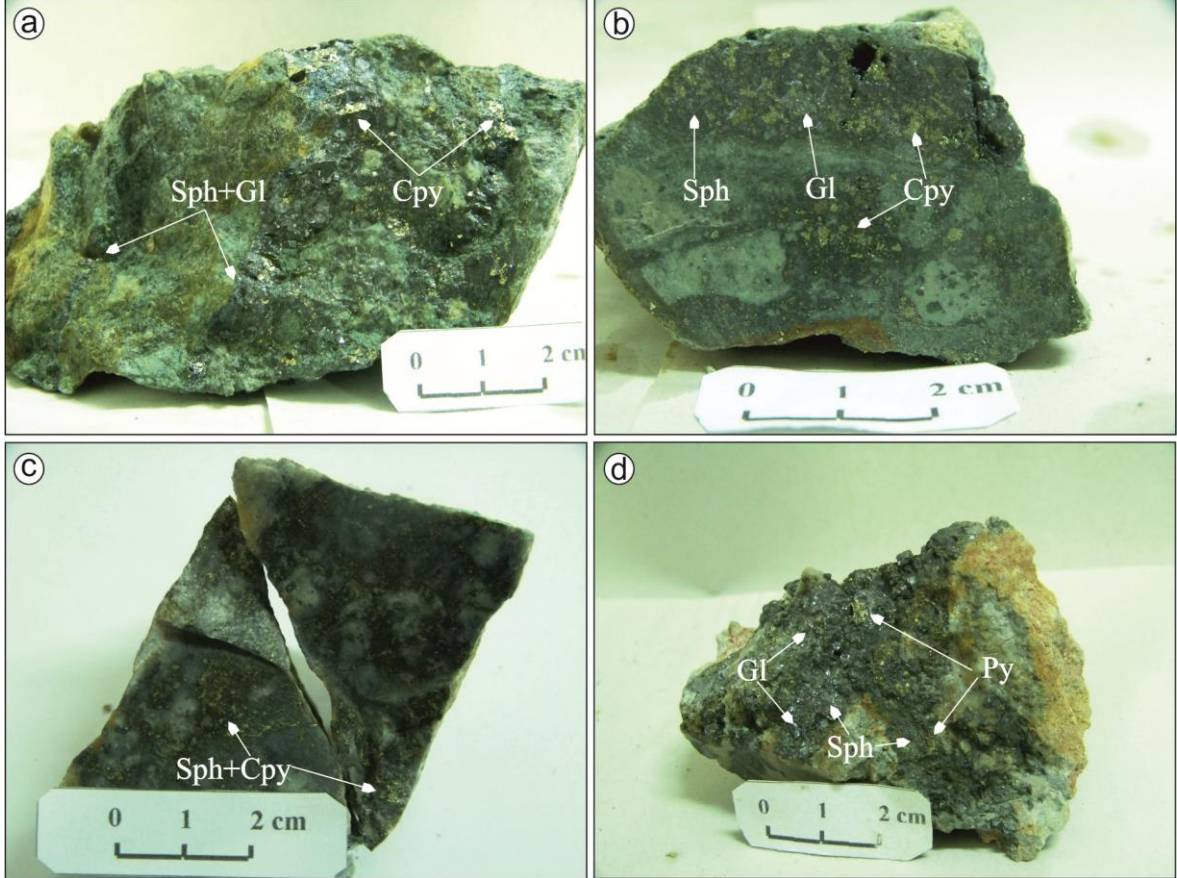
Şekil 3.9. Sırganlık madeninin galeri ve galeri dışı görünüşleri. a) ana galerinin görünümü, b) ana galeri girişinde görülen cevher damarı, c) galen damarı, d) pirit damarı, e) cevherleşmeye eşlik eden dilinimleri iyi gelişmiş kalsitler ve f) cevherli zonda silisleşmeye eşlik eden hematitleşme ve limonitleşmenin görünümü.

Tablo 3.1. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinin mineral birlikteliği ve oluşum sırası.

<i>Saha</i>	<i>Mineraller</i>	<i>I. Faz</i>	<i>II. Faz</i>	<i>Süperjen Fazı</i>
<i>Eskiköy Pb-Zn-Cu Madeni</i>	Pirit	—————		
	Kalkopirit	—————	—————	
	Galen		—————	
	Sfalerit		—————	
	Fahlers		—————	
	Kuvars	—————		
	Barit		—————	
	Kalkozin-Kovellin			—————
	Zinkit			—————
	Bornit			—————
	Serüsit			—————
	<i>Istala Pb-Zn-Cu Madeni</i>	Pirit	—————	
Fahlers		—————	—————	
Sfalerit		—————	—————	
Kalkopirit		—————	—————	
Galen		—————	—————	
Enarjit-Lüzonit			—————	
Barit		—————		
Kuvars			—————	
Bornit				—————
Kovellin-Kalkozin				—————
Serüsit				—————
<i>Sırganlık Pb-Zn-Cu Madeni</i>		Pirit	—————	
	Kalkopirit	—————		
	Sfalerit	—————		
	Galen	—————		
	Kuvars	—————		
	Lepidokrozit-Götit			—————
	Kovellin-Kalkozin			—————
	Serüsit			—————

Eskiköy maden zuhurunda sfalerit en yoğun gözlenen cevher mineralidir. Kalkopirit, galen ve pirit daha az rastlanan cevher mineralleridir. Bunlara ilave olarak kovellin-kalkozin ve bornit ikincil sülfidler, zinkit ve serüsit ise oksidasyon zonu mineralleridir. Gang minerali olarak çoğunlukla kuvars ve daha az miktarda barit mevcuttur (Şekil 3.10a ve b). Istala maden zuhurunda kalkopirit, sfalerit ve fahlers yoğun olarak gözlenen cevher mineralleri iken, pirit ve galen daha az rastlanan cevher mineralleridir. Bunların yanı sıra enarjit-luzonit, bornit, kalkozin-kovellin ve serüsit gibi ikincil sülfidler ile gang minerali

olarak barit ve daha az oranda kuvars mevcuttur (Şekil 3.10c). Sırganlık maden zuhurunda ise yoğun olarak piritte rastlanırken sfalerit, kalkopirit ve galen daha az oranda bulunur. Bunlarla birlikte kalkozin-kovellin ikincil sülfidler; lepidokrozit-götit ve serüzit ise oksidasyon zonu mineralleridir. Gang minerali olarak kuvars görülmektedir (Şekil 3.10d).



Şekil 3.10. Çalışma alanlarından alınan cevherli el örnekleri. a ve b) Eskiköy madenin, c) Istala madenin ve d) Sırganlık madenin cevherli damarından alınan el örnekleri (Sph: Sfalerit, Cpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Gl: Galen).

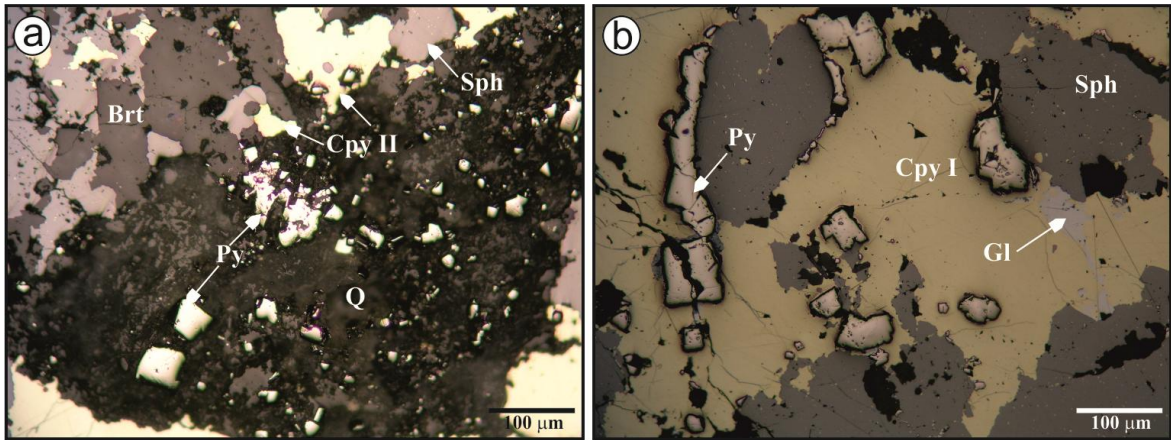
3.4.1. Eskiköy Madeni

3.4.1.1. Pirit

Pirit ilk oluşan cevher mineralidir ve sadece ilk fazda oluşmuştur. Makroskobik olarak, çok ince taneli, öz şekilli, yarı öz şekilli ve öz şekilsiz olarak saçınım şeklinde görülen pirit, genellikle birkaç mm büyüklüğündedir. Pirit minerali genel olarak kuvars,

kalkopirit ve sfalerit ile ilişkilidir (Tablo 3.1). Pirit en az görülen sülfürlü mineral olup, cevher mikroskopi incelemelerinde metalik sarı renkleri ile kolayca tanınmaktadır. Genellikle kuvars içerisinde bulunan piritler kırılma tektoniğinden yoğun bir şekilde etkilenmişlerdir. Piritler nadiren öz şekilli olarak cevher mineralleri içinde görülebildiği gibi, cevher mineralleri tarafından (özellikle sfalerit ve kalkopirit) ornatılmış olarak da görülmektedir. İncelenen parlak kesitlerde piritlerin galen ile dokanak ilişkileri görülememiştir (Şekil 3.11a ve b).

Eskiköy maden yatağında bulunan piritlerin kimyasal bileşimini belirlemek amacı ile 4 örnekte (EC-1, EC-2, EC-3, EC-4) toplam 19 nokta analiz edilmiştir (Ek Tablo 1). Analiz edilen piritlerin belirgin özelliği önemli miktarda iz element içermemeleridir. Piritlerdeki kobalt (Co) ve nikel (Ni) oranı piritlerin kökeni hakkında bilgi verirler. Ancak Co değerlerinin tamamı dedeksiyon limiti altındadır. Nikel değerleri ise 1 örnek haricinde dedeksiyon limiti altındadır. Ölçülebilen Ni değeri %0,14 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.2). Yapılan mikrokimyasal analiz sonucundan Eskiköy madeni piritlerinin stokiometrik olduğu belirlenmiş ve kimyasal formülü $Fe_{1,00-1,03}S_{1,97-1,99}$ olarak hesaplanmıştır.



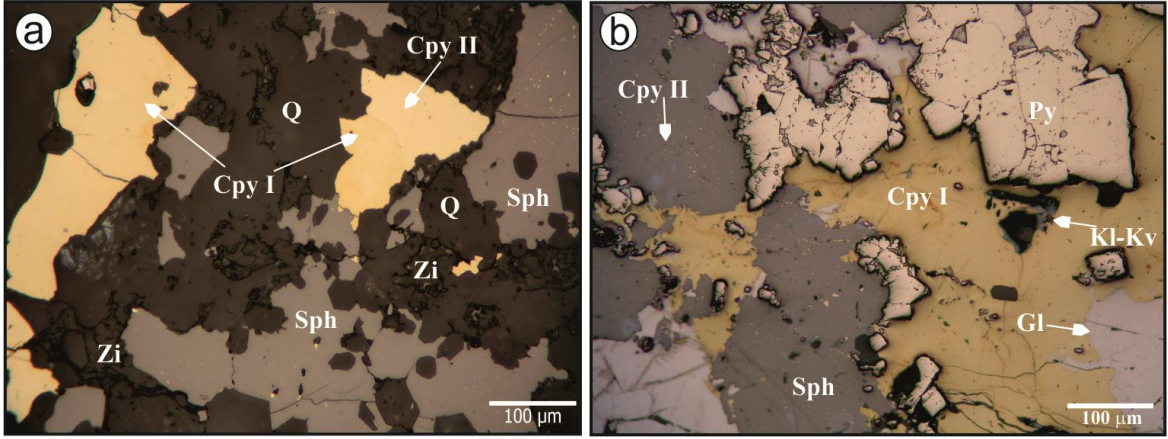
Şekil 3.11. Eskiköy piriti ile diğer mineraller arasındaki ilişkilere ait görünüm. a) Kuvars içerisinde sacınım halinde kısmen öz şekilli olarak bulunan piritler ve b) piritlerin kendisinden sonra oluşmuş olan diğer sülfürlü mineraller tarafından ornatılması ve sonrasında meydana gelen kırılma (Py: pirit, Cpy: kalkopirit, Sph: sfalerit, Gl: galen, Q: kuvars, Brt: barit).

Tablo 3.2. Eskiköy madeni piritlerinin analiz sonuçları ve 3 atoma göre hesaplanan atomik oranlar (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

Örnek no	%Ağ.					Atomik Oran				
	DL(%)	S 0,056	Fe 0,035	Cu 0,0095	Toplam	S	Σ Anyon	Fe	Cu	Σ Kasyon
EC-1	b2-1	65,79	33,97	0,02	99,78	1,97	2	1,02	dla	1
	b3-1	65,74	33,61	0,01	99,35	1,97	2	1,01	dla	1
	b3-2	65,86	33,65	0,07	99,58	1,98	2	1,01	dla	1
	b4-1	65,57	34,24	0,01	99,82	1,97	2	1,03	dla	1
EC-2	b1-1	66,12	33,83	0,02	99,97	1,98	2	1,01	dla	1
	b1-2	66,13	33,77	0,04	99,95	1,98	2	1,01	dla	1
EC-3	b3-1	66,36	33,36	0,05	99,77	1,99	2	1,00	dla	1
	b5-1	66,38	33,54	dla	99,92	1,99	2	1,01	dla	1
	b5-2	66,00	33,94	0,01	99,95	1,98	2	1,02	dla	1
	b5-3	66,07	33,85	dla	99,92	1,98	2	1,02	dla	1
EC-4	b1-1	66,23	33,70	0,01	99,93	1,99	2	1,01	dla	1
	b1-2	66,11	33,84	0,01	99,96	1,98	2	1,02	dla	1
	b1-3	66,11	33,83	dla	99,93	1,98	2	1,01	dla	1
	b2-1	66,02	33,91	dla	99,93	1,98	2	1,02	dla	1
	b2-2	66,13	33,77	0,01	99,92	1,98	2	1,01	dla	1
	b2-3	65,96	33,98	0,01	99,95	1,98	2	1,02	dla	1
	b3-1	66,28	33,26	0,11	99,65	1,99	2	1,00	dla	1
	b4-1	66,40	33,37	0,05	99,83	1,99	2	1,00	dla	1
b4-2	66,20	33,74	0,01	99,95	1,99	2	1,01	dla	1	

3.4.1.2. Kalkopirit

Eskiköy madeninde sfaleritten sonra görülen en yaygın sülfidli mineraldir. Makroskobik olarak galen ve sfalerit ile birliktelik gösteren kalkopiritin (Şekil 3.10a ve b) diğer minerallerle ve birbirleri ile olan sınır ilişkilerine göre iki farklı evrede (kalkopirit I ve kalkopirit II) oluştuğu söylenebilir (Tablo 3.1 ve Şekil 3.12a). Kalkopirit I kendisinden önce kristallenmiş olan pirit mineralini ornatırken, kendisinden sonraki evrede kristallenmiş olan sfalerit ve galen minerali tarafından ornatılmıştır. Kalkopirit II ise sfalerit içerisinde gelişi güzel dağılım göstermektedir. Kalkopirit I'lerin kırık hatları boyunca ayrılarak kalkozin-kovelline dönüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.12b). Kalkopiritlerde gözlenen diğer bir özellik ise az miktarda da olsa sfalerit tarafından çevrelenmiş olan kalkopiritlerin bornite dönüşmesidir (Şekil 3.13c ve d).



Şekil 3.12. Eskiköy sahasında kalkopirit minerali ile diğer mineraller arasındaki ilişkilere ait görünüşler. a) Kalkopirit I ve kalkopirit II'nin sınır ilişkisi ve sfaleritin kalkopirit I'yi ornatması, b) kalkopirit I'in piriti ornatırken sfalerit ve galen tarafından ornatılması ve kalkopirit I'in boşlukları boyunca kalkozin-kovelline dönüşmesi ve ayrıca, kalkopirit II'nin sfalerit içerisinde gelişi güzel dağılımı (Py: pirit, Cpy: kalkopirit, Sph: sfalerit, Gl: galen, Q: kuvars, Kl-Kv: kalkozin-kovellin).

Eskiköy kalkopiritlerinin kimyasal bileşimini belirlemek amacıyla 3 (EC-1, EC-2, EC-3) örnekte toplam 16 noktada yapılan mikrokimyasal ölçümler (Ek Tablo 2), sonucunda Ag, Cd ve As içeriklerinin çoğunlukla dedeksiyon limiti altında olduğu, nadiren %0,05'e kadar ulaştığı gözlenmiştir. Çinko, ölçülemeyen değerlerden %0,89'a varan değerlere kadar değişmektedir. S içeriği %49,24-%49,58, Fe içeriği %24,88-%25,49, Cu içeriği ise %24,92-%25,27 arasında değişmektedir (Tablo 3.3). Elde edilen bu bilgiler ışığında Eskiköy kalkopiritleri için hesaplanan mineral formülü ($Cu_{1-1,01}Fe_{1-1,02}Zn_{0,04}S_{1,97-1,98}$)'dir. Bu kimyasal bileşim tipik bir stokiometrik kalkopirit formülünden ($CuFeS_2$) farksızdır.

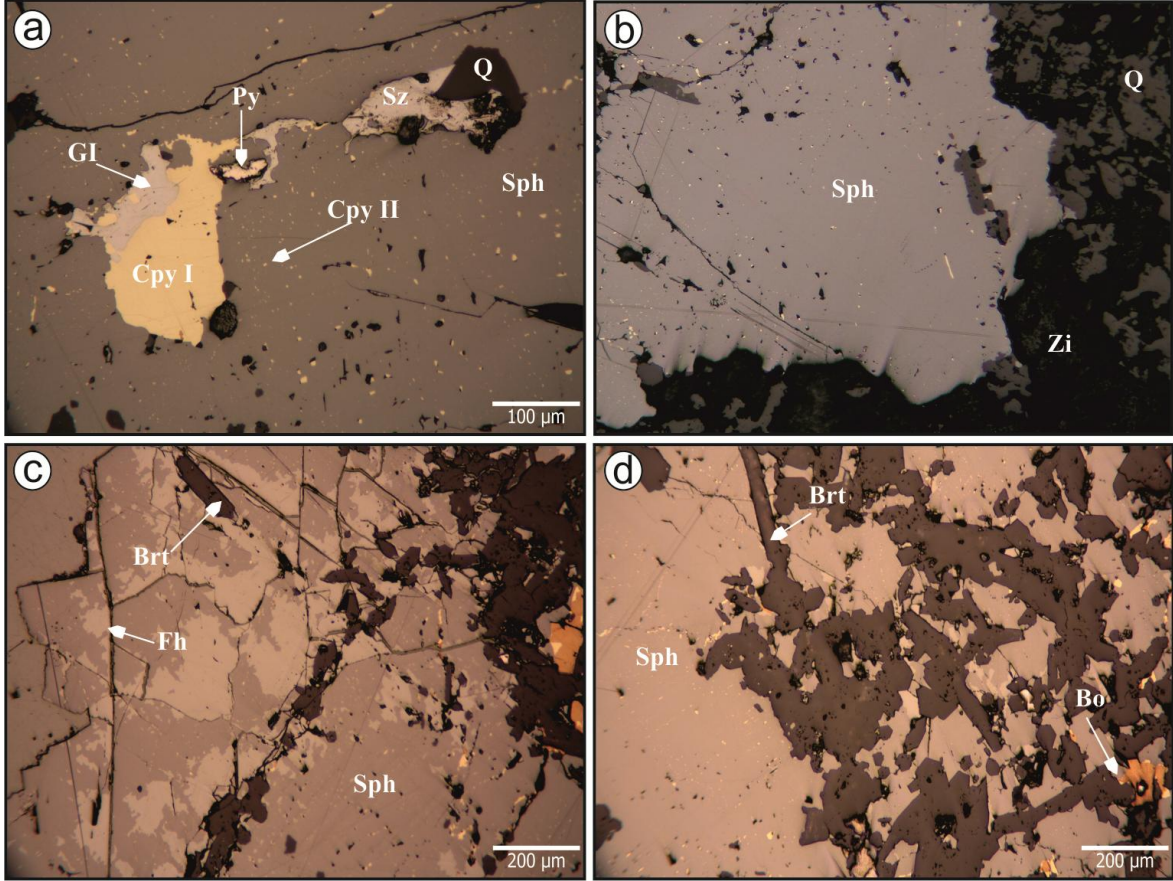
3.4.1.3. Sfalerit

Eskiköy cevherleşmesinde en baskın olarak görülen sülfürlü mineraldir. II. fazda cevherleşmeye katılmış olan sfalerit makroskobik olarak μm 'den mm'e kadar değişen boyutlarda genellikle öz şekilsiz ve nadiren ince taneli olarak, kahverengi ve bal rengi olmak üzere iki ayrı renkte görülmektedirler. Makroskobik olarak kalkopirit ve galen ile yakından ilişkili olup, ender olarak da piritte eşlik etmektedir (Şekil 3.10a ve b).

Tablo 3.3. Eskiköy madeni kalkopiritlerinin analiz sonuçları ve 4 atoma göre hesaplanan atomik oranlar (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

Örnek No	%Ağ						Atomik oran					
	DL(%)	S 0,056	Fe 0,035	Cu 0,0095	Zn 0,04	Toplam	S	Σ Anyon	Fe	Cu	Zn	Σ Kasyon
EC-1	<i>b1-1</i>	49,51	25,40	25,01	dla	99,95	1,98	2	1,01	1,00	dla	2
	<i>b2-1</i>	49,40	25,34	25,10	0,14	99,98	1,98	2	1,01	1,00	0,01	2
	<i>b3-1</i>	49,43	25,49	25,00	dla	99,95	1,98	2	1,02	1,00	dla	2
	<i>b3-2</i>	49,36	25,46	25,05	0,09	99,96	1,97	2	1,01	1,00	dla	2
	<i>b4-1</i>	49,41	25,22	25,26	0,05	99,94	1,98	2	1,00	1,01	dla	2
	<i>b4-2</i>	49,45	25,46	25,03	dla	99,95	1,98	2	1,01	1,00	dla	2
	<i>b5-1</i>	49,40	25,22	25,10	0,25	99,97	1,98	2	1,00	1,00	0,01	2
EC-2	<i>b1-1</i>	49,41	25,27	25,21	0,04	99,93	1,98	2	1,01	1,01	dla	2
	<i>b4-1</i>	49,44	25,34	25,04	0,15	99,97	1,98	2	1,01	1,00	0,01	2
EC-3	<i>b1-1</i>	49,35	25,16	25,03	0,44	99,97	1,97	2	1,00	1,00	0,02	2
	<i>b2-1</i>	49,58	25,17	25,03	0,20	99,98	1,98	2	1,00	1,00	0,01	2
	<i>b3-1</i>	49,31	25,13	25,16	0,34	99,94	1,97	2	1,00	1,01	0,01	2
	<i>b4-1</i>	49,33	25,26	25,27	0,05	99,92	1,97	2	1,01	1,01	dla	2
	<i>b5-1</i>	49,30	24,88	24,92	0,89	99,99	1,97	2	0,99	1,00	0,04	2
	<i>b6-2</i>	49,33	25,15	25,23	0,18	99,89	1,97	2	1,00	1,01	0,01	2
	<i>b6-3</i>	49,24	25,29	25,26	0,14	99,94	1,97	2	1,01	1,01	0,01	2

Eskiköy cevherleşmesinde bulunan sfaleritler mikroskop altında çoğunlukla sarımsı-kahverengi iç yansıma renkleri gösterir. Ancak bazı sfaleritlerde kırmızımsı-kahverengi iç yansıma da görülmektedir. Sfalerit minerallerinin diğer belirgin özelliği ise kalkopirit ayrılımları (benekli doku) içermesidir. Sfalerit kendisinden önce oluşmuş olan diğer sülfürlü mineralleri (pirit, kalkopirit ve galen) ornatmaktadır. Kuvars ile dokanak ilişkisi olan sfaleritler oksitlenerek zinkite dönüşmüşlerdir. Kırık tektoniğine maruz kalan sfaleritlerin kırıkları boyunca fahlers ve kuvars tarafından doldurulmuştur. Ayrıca sfaleritler yer yer barit lataları tarafından kesilmiştir (Şekil 3.13a, b, c ve d).



Şekil 3.13. Eskiköy madeninde sfalerit ile diğer mineraller arasındaki ilişkiler. a) Kalkopirit II benekleri içeren sfaleritin kalkopirit I ve galeni ornatması, b) kuvars ile dokanak ilişkilerinin olduğu yerlerde sfaleritin ayrışması sonucu zinkite dönüşmesi, c) son kırılma ile birlikte ortama fahlersin kırık dolgusu şeklinde gelmesi, ayrıca kırıklar boyunca tetrahedrit-tenantit grubu mineraller tarafından sfaleritin ornatılması ve d) baritin gelişi güzel bir şekilde sfaleriti kesmesi (Py: pirit, Sph: sfalerit, Gl: galen, Cpy: kalkopirit, Sz: serüzit, Zi: zinkit, Bo: bornit, Fh: fahlers, Q: kuvars, Brt: barit).

Eskiköy madeni sfaleritleri toplam 4 örnekte seçilen 37 noktada mikroprob analizine tabi tutulmuş ve As, Pb, Ag, Fe, S, Se, Sb, Cd, Zn, Au, Bi, Hg, Cu, Sn, Ni, Te ve Co ölçümleri yapılmıştır. Buna göre, sfaleritlerin Fe içerikleri düşük olup (%0,05-%1,86 arasında), Zn içeriği ise %47,00-%49,96 arasında değişmektedir (Ek Tablo 3). Analiz edilen bütün sfaleritlerde %0,2-0,49 arasında değişen Cd'a rastlanmış olup, Zn/Cd oranı 100-251 olarak hesaplanmıştır. Analiz edilen sfaleritler kalkopirit kapanımları içerdiklerinden, Cu değerleri yüksek çıkmıştır. Sfaleritlerde %0,01-%1,10 arasında değişen Cu içerikleri Fe ile doğru orantılı olarak artmaktadır (Tablo 3.4). Mikrokimyasal analiz sonucunda Eskiköy sfaleritleri için mineral formülü $(Zn_{0,94-1,00}Fe_{0,-0,04})S_{0,98-1,01}$ olarak

hesaplanmıştır. Az miktarda Fe içeren bu bileşim sfaleritin daha çok kahverengi ve bal rengi oluşunu desteklemektedir.

Tablo 3.4. Eski köy madeni sfaleritlerinin analiz sonuçları ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranlar (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

Örnek No	%Ağ.						Atomik Oran							
	DL(%)	S	Fe	Zn	Cu	Cd	Toplam	S	Σ	Fe	Zn	Cu	Cd	Σ
		0,056	0,035	0,04	0,0095	0,13		Anyon	Anyon	Anyon	Anyon	Anyon	Anyon	Katyon
EC-1	<i>b1-1</i>	33,61	1,39	65,28	dla	0,66	100,95	1,05	1	0,02	1,02	dla	0,01	1
	<i>b1-2</i>	33,31	1,14	65,00	0,94	0,75	101,15	1,04	1	0,02	1,02	0,01	0,01	1
	<i>b2-1</i>	33,39	0,67	65,70	0,49	0,62	100,87	1,04	1	0,01	1,03	0,01	0,01	1
	<i>b3-1</i>	33,42	0,40	66,37	0,16	0,57	100,92	1,05	1	0,01	1,04	dla	0,01	1
	<i>b4-1</i>	33,23	0,86	66,67	dla	0,81	101,58	1,04	1	0,02	1,04	dla	0,01	1
	<i>b5-1</i>	33,47	1,16	65,83	dla	0,62	101,08	1,05	1	0,02	1,03	dla	0,01	1
	<i>b5-2</i>	33,72	2,20	63,78	1,47	0,85	102,04	1,05	1	0,04	1,00	0,02	0,01	1
EC-2	<i>b1-1</i>	33,35	1,18	65,02	1,16	0,67	101,39	1,04	1	0,02	1,02	0,02	0,01	1
	<i>b2-1</i>	33,49	1,10	65,65	dla	0,80	101,04	1,05	1	0,02	1,03	dla	0,01	1
	<i>b2-2</i>	34,07	0,47	66,11	0,40	0,62	101,67	1,07	1	0,01	1,03	0,01	0,01	1
EC-3	<i>b1-1</i>	33,37	0,05	67,15	dla	0,69	101,26	1,04	1	dla	1,05	dla	0,01	1
	<i>b2-1</i>	33,48	0,16	66,87	0,06	1,18	101,75	1,05	1	dla	1,05	dla	0,01	1
	<i>b3-1</i>	33,62	0,78	66,15	0,58	0,50	101,63	1,05	1	0,01	1,03	0,01	dla	1
	<i>b4-1</i>	33,21	1,28	64,46	1,13	0,61	100,69	1,04	1	0,02	1,01	0,02	0,01	1
	<i>b5-1</i>	33,55	0,16	66,81	0,05	0,95	101,53	1,05	1	dla	1,04	dla	0,01	1
	<i>b5-2</i>	33,48	0,26	67,07	0,01	1,03	101,87	1,05	1	dla	1,05	dla	0,01	1
	<i>b6-1</i>	33,96	1,20	64,9	1,34	0,64	102,04	1,06	1	0,02	1,02	0,02	0,01	1
	<i>b6-2</i>	33,71	0,77	65,71	0,78	0,73	101,71	1,05	1	0,01	1,03	0,01	0,01	1
	<i>b6-3</i>	33,70	0,47	66,56	0,45	0,68	101,86	1,05	1	0,01	1,04	0,01	0,01	1
	<i>b6-4</i>	33,90	0,29	67,02	0,22	0,61	102,06	1,06	1	0,01	1,05	dla	0,01	1
	<i>b6-5</i>	33,76	0,24	67,31	0,08	0,77	102,16	1,06	1	dla	1,05	dla	0,01	1
	<i>b6-6</i>	33,76	0,29	67,28	0,16	0,95	102,46	1,06	1	0,01	1,05	dla	0,01	1
	<i>b7-1</i>	33,57	1,21	66,29	dla	0,60	101,68	1,05	1	0,02	1,04	dla	0,01	1
	<i>b7-2</i>	33,68	1,48	65,84	dla	0,67	101,69	1,05	1	0,03	1,03	dla	0,01	1
EC-4	<i>b1-1</i>	33,00	1,01	66,55	0,04	0,67	101,27	1,03	1	0,02	1,04	dla	0,01	1
	<i>b1-2</i>	33,66	1,17	66,88	0,03	0,70	102,45	1,05	1	0,02	1,05	dla	0,01	1
	<i>b1-3</i>	33,65	0,60	67,29	0,17	0,75	102,48	1,05	1	0,01	1,05	dla	0,01	1
	<i>b2-1</i>	33,52	1,11	65,51	0,56	0,68	101,39	1,05	1	0,02	1,02	0,01	0,01	1
	<i>b2-2</i>	33,59	0,97	66,31	0,43	0,58	101,88	1,05	1	0,02	1,04	0,01	0,01	1
	<i>b2-3</i>	33,53	0,93	66,73	0,47	0,47	102,14	1,05	1	0,02	1,04	0,01	dla	1
	<i>b3-1</i>	33,74	0,93	66,89	0,42	0,55	102,54	1,06	1	0,02	1,05	0,01	dla	1
	<i>b3-2</i>	33,85	0,89	66,56	0,31	0,52	102,15	1,06	1	0,02	1,04	0,01	dla	1
	<i>b3-3</i>	33,26	0,92	65,98	0,47	0,68	101,32	1,04	1	0,02	1,03	0,01	0,01	1
	<i>b4-1</i>	33,25	0,36	66,7	0,22	0,80	101,35	1,04	1	0,01	1,04	dla	0,01	1
	<i>b4-2</i>	33,52	1,21	65,61	0,56	0,69	101,60	1,05	1	0,02	1,03	0,01	0,01	1
	<i>b4-3</i>	33,27	0,73	66,78	0,05	0,78	101,62	1,04	1	0,01	1,04	dla	0,01	1
	<i>b4-4</i>	33,29	0,30	66,71	0,22	0,61	101,13	1,04	1	0,01	1,04	dla	0,01	1

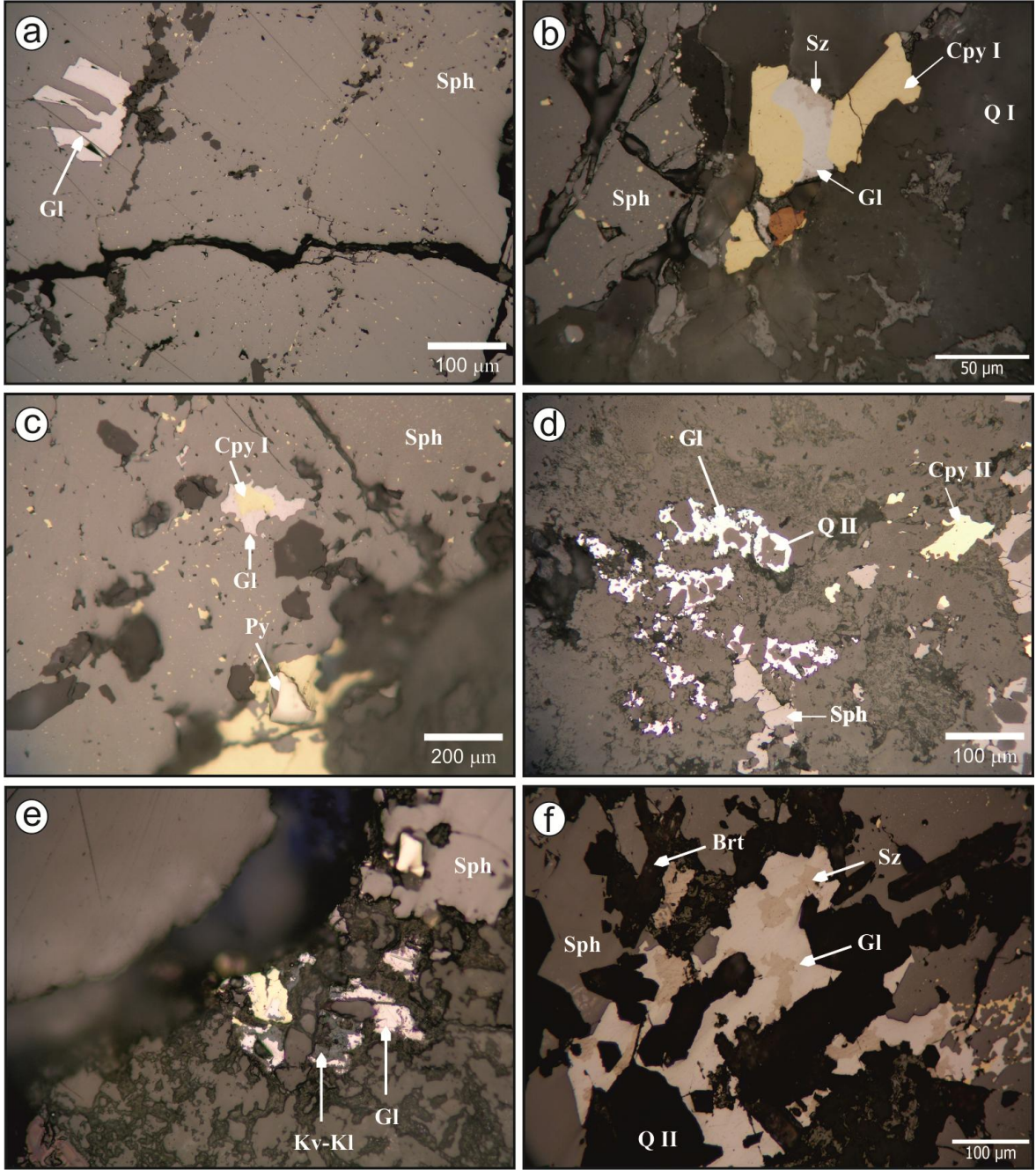
3.4.1.4. Galen

Eskiköy madeninde en az görülen sülfürlü mineraldir. Cevherleşmenin II. fazında oluşmuştur. Makroskobik olarak ince taneli olarak bulunur ve sfalerit ile yakından ilişkilidir (Şekil 3.10a ve b). Sfalerit içerisinde bulunan boşluklara yerleşen galende nadir olarak iyi gelişmemiş üçgen yapısı görülmektedir (Şekil 3.14a). Galen kendisinden önce oluşan kalkopirit I'i de kesmektedir (Şekil 3.14b). Galenlerde yer yer kademeli ornatım görülmektedir. Galen kalkopirit I'i ornatırken ortama gelen sfaleritin galeni ornatmasıyla kademeli ornatım oluşmaktadır (Şekil 3.14c). Galen son faz ürünü olan kuvars II'ler tarafından ise ornatılmaktadır (Şekil 3.14d). Galenler nadiren kalkozin-kovellin tarafından ornatılmaktadır (Şekil 3.14e). Eskiköy madeninde görülen galenlerin çoğu oksitlenme sonucunda serüzite dönüşmüşlerdir (Şekil 3.14f).

Mikrokimyasal analiz sonuçları (Ek Tablo 4) galenin stokiometrik bir bileşime sahip olduğunu gösterir. Pb ve S hariç, analiz edilen bileşenlerden hiçbiri önemli olabilecek konsantrasyonlara ulaşmamıştır. Gümüş, galen kristal yapısında Pb'nin yerine girerek önemli konsantrasyonlara erişebilir. Ancak Eskiköy galenlerinde Ag dedeksiyon limiti altındadır. Sadece bir örnekte (EC-2/b1-1) %1 Ag ölçülmüştür (Tablo 3.5). Eskiköy madeni galenlerinin genel mineral formülü $Pb_{0,96-1,01}S_{0,98-1,00}$ olarak hesaplanmıştır.

3.4.1.5. Fahlers

Eskiköy madeninden alınan el örneklerinde makroskobik olarak fahlersin varlığı belirlenememiş; ancak yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında sadece EC-3 numaralı parlak kesitin sfaleritce zengin olan bir bölgesinde varlığı tespit edilmiştir. Eskiköy cevherleşmesinde en az görülen sülfürlü mineral olan fahlersler, çoğunlukla grimsi renkleri ile sfaleriti ornatın nadiren de zeytin yeşili renkleri ile damar dolgusu olarak görülmektedir (Şekil 3.13c ve d).



Şekil 3.14. Eskişehir maden yatağındaki galen ile diğer mineraller arasındaki ilişkiler. a) Sfleritin boşluklarına yerleşmiş olan galende gelişen üçgen yapılar, b) kalkopirit I'i keserek ortama yerleşen galen, c) ortamda bulunan kalkopirit I'i galenin ornatması, galeni de sfaleritin ornatmasıyla oluşan kademeli ornatım, d) galenin son faz ürünü olan kuvars II'ler tarafından ornatılması, e) galeni mineral sınırları boyunca ornatın kalkozin-kovellinler ve f) galenin oksitlenmesi sonucu serüzite dönüşmesi (Py: pirit, Sph: sfalerit, Gl: galen, Cpy: kalkopirit, Sz: serüzit, Kl-Kz: kalkozin-kovellin, Q: kuvars ve Brt: barit).

Tablo 3.5. Eskiköy madeni galenlerinin elektron mikroprob analiz sonuçları ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranları (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

Örnek No	%Ağ					Atomik Oran						
	DL(%)	S	Ag	Pb	Bi	Toplam	S	Σ	Ag	Pb	Bi	Σ
		0,056	0,013	0,013	0,0375		Anyon					Katyon
EC-1	b3-1	49,65	dla	50,00	dla	99,65	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b3-2	48,87	dla	49,41	dla	98,28	0,98	1	dla	0,99	dla	1
	b4-1	49,29	dla	49,73	dla	99,02	0,99	1	dla	0,99	dla	1
	b5-1	49,19	dla	49,83	dla	99,01	0,98	1	dla	1,00	dla	1
	b5-2	49,34	dla	48,22	dla	97,56	0,99	1	dla	0,96	dla	1
EC-2	b1-1	48,82	dla	49,02	dla	97,84	0,98	1	dla	0,98	dla	1
	b4-1	49,15	dla	50,29	dla	99,44	0,98	1	dla	1,01	dla	1
EC-3	b2-1	49,59	dla	50,01	dla	99,59	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b5-1	49,52	dla	49,94	dla	99,46	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b6-1	49,37	dla	50,18	dla	99,54	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b6-2	49,33	dla	50,22	dla	99,55	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	L6-1	49,51	dla	49,93	dla	99,44	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	L6-2	49,55	0,03	50,07	dla	99,66	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	L6-3	49,41	dla	50,09	dla	99,50	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	L6-4	49,85	0,01	49,62	dla	99,47	1,00	1	dla	0,99	dla	1
	b7-1	49,49	dla	49,96	dla	99,45	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b7-2	48,90	dla	48,67	dla	97,56	0,98	1	dla	0,97	dla	1
b7-3	49,45	0,01	50,02	dla	99,48	0,99	1	dla	1,00	dla	1	
EC-4	b1-2	49,75	0,03	49,90	dla	99,68	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b2-2	49,14	dla	49,62	dla	98,76	0,98	1	dla	0,99	dla	1
	b3-1	49,99	0,01	49,69	dla	99,69	1,00	1	dla	0,99	dla	1
	b3-2	50,15	dla	49,49	dla	99,64	1,00	1	dla	0,99	dla	1
	b4-3	49,14	dla	49,81	dla	98,94	0,98	1	dla	1,00	dla	1

3.4.1.6. Diğer Mineraller

Kalkozin-kovellin, bornit, serüsit ve zinkit Eskiköy madeninde görülen ikincil oksidasyon mineralleridir. Bunlarda en yaygın olanı serüsit ve zinkittir.

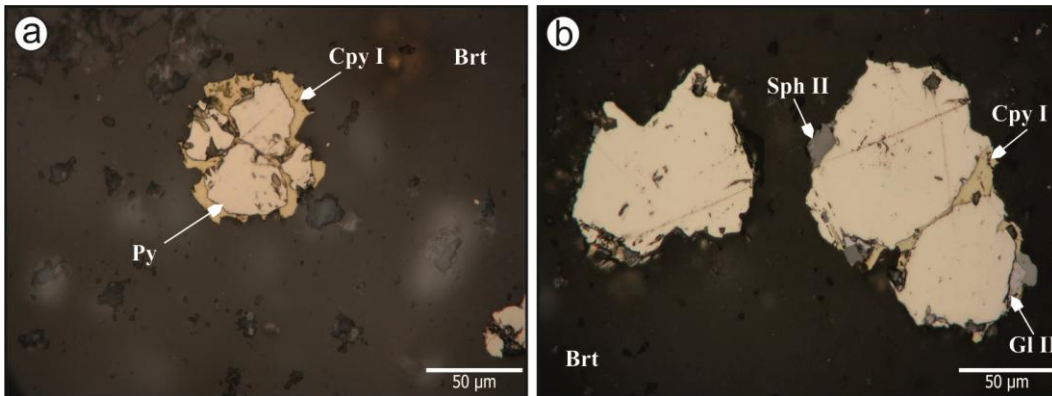
Kuvvetli anizotropisi ve mavi rengi ile kolayca tanınan kalkozin-kovellin mineralleri, bir arada bulunup birbirlerinden ayırt edilememektedirler. Genellikle kalkopiritin ve galenin sınırları boyunca olduğu gibi kırık hatlarına yerleşmiş olarak da izlenebilmektedirler (Şekil 3.12b ve Şekil 3.14e). Bornit sfalerit içindeki kalkopiritin (Şekil 3.13c ve d ve Şekil 3.14b) serüsit galenin (Şekil 3.13a, ve Şekil 3.14b ve f), zinkit ise sfaleritin kenarları boyunca oksitlenmesi sonucu oluşmuştur (Şekil 3.13b).

3.4.2. Istala Madeni

3.4.2.1. Pirit

Istala madeninin ilk kristallenen cevher minerali olan pirit, makroskobik ve mikroskobik olarak barit içerisinde saçınım halde görülür (Şekil 3.10c). Asıl cevherli zonda yoğunlaşmış olup, cevherleşmeden uzaklaştıkça pirit mineralinde de azalma gözlenir. Piritler genellikle ince taneli olup, μ ölçeğinden cm'ye değişen boyutlarda öz şekilli veya şekilsiz olarak bulunurlar (Tablo 3.1). Parlak kesitlerde piritler fahlers minerali hariç diğer cevher mineralleri ile dokanak halindedirler. Barit içerisinde saçınım halde oldukları gibi aynı zamanda barit tarafından ornatılmaktadır. Piritler genellikle kırıklı bir yapıya sahip olup çoğunlukla kalkopirit I, nadiren galen II ve sfalerit II tarafından ornatılmaktadır. Kalokopirit I'ler piriti bazen konsantrik bir şekilde ornatırken, bazen de kırıklarına yerleşmiş olarak bulunurlar (Şekil 3.15a ve b).

Istala madeni piritlerinin kimyasal bileşimlerini belirlemek amacıyla ISG-5 örneğinden 16 noktada mikrokimyasal ölçüm yapılmış; bu ölçümlerden elde edilen sonuçlar Ek Tablo 5'te verilmiştir. Yapılan mikroprob çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre; Istala madeni piritlerinin Eskiköy madeni piritleri gibi iz elementlerce fakir olduğu görülmüştür. Co ve Ni değerlerinin tamamınınsa dedeksiyon limiti altında olduğu gözlenmiştir (Tablo 3.6). Istala madeni piritlerinin kimyasal formülü $Fe_{0,98-1,02}S_{1,93-2,00}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.15. Istala madeninde pirit ile diğer mineraller arasındaki ilişkilere ait görünüşler. a) barit minerali içerisinde saçınım halinde bulunan piritlerin Kalkopirit I tarafından konsantrik ornatımı, b) piritin, kırıklarına yerleşmiş olan kalkopirit I ve sınırları boyunca yerleşen sfalerit II ve galen II tarafından ornatılması (Py: pirit, Cpy: kalkopirit, Sph: sfalerit, Gl: galen, Brt: barit).

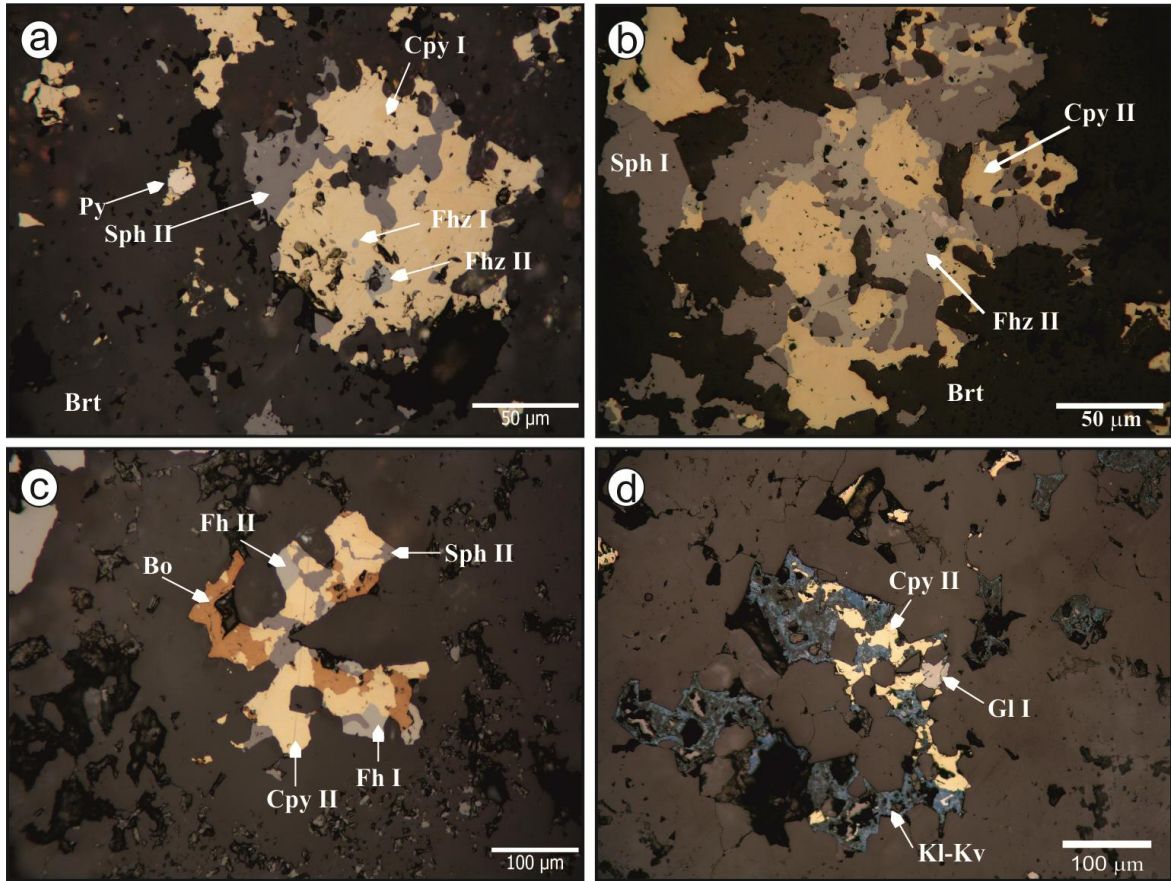
Tablo 3.6. İstala madeninde elektron mikroprob ile analiz edilen piritlerin bileşenleri ve 3 atoma göre hesaplanan atomik oranlar (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

Örnek No	DL(ppm)	%Ağ.			Toplam	Atomik Oran				
		S 0,056	Fe 0,035	Cu 0,0095		S	Σ Anyon	Fe	Cu	Σ Katyon
ISG-5	Py-1	66,15	32,50	0,02	98,68	1,98	2	0,98	dla	1
	Py-2	66,23	33,48	0,00	99,71	1,99	2	1,00	dla	1
	Py-3	65,91	33,94	0,00	99,84	1,98	2	1,02	dla	1
	Py-4	66,13	33,41	0,01	99,55	1,98	2	1,00	dla	1
	Py-5	66,51	33,37	0,03	99,91	2,00	2	1,00	dla	1
	Py-6	66,15	33,52	0,02	99,69	1,98	2	1,01	dla	1
	Py-7	65,91	33,68	0,00	99,59	1,98	2	1,01	dla	1
	Py-8	65,37	34,07	0,02	99,46	1,96	2	1,02	dla	1
	Py-9	65,96	33,68	0,00	99,64	1,98	2	1,01	dla	1
	Py-10	66,20	33,51	0,02	99,73	1,99	2	1,01	dla	1
	Py-11	65,63	34,09	0,08	99,81	1,97	2	1,02	dla	1
	Py-12	66,64	33,16	0,02	99,83	2,00	2	0,99	dla	1
	Py-13	66,49	33,33	0,04	99,85	1,99	2	1,00	dla	1
	Py-14	64,48	33,84	0,07	98,39	1,93	2	1,02	dla	1
	Py-15	65,83	33,99	0,01	99,83	1,98	2	1,02	dla	1
	Py-16	65,55	33,55	0,00	99,10	1,97	2	1,01	dla	1

3.4.2.2. Kalkopirit

İstala madeni kalkopiritleri barit içerisinde saçınım halde bulunmaktadır. Diğer sülfürlü minerallerle birlikteliği makroskobik olarak görülebilmektedir (Şekil 3.10c). Yapılan cevher mikroskobisi incelemelerinde kalkopiritin iki fazda da kristallendiği belirlenmiştir (Tablo 3.1). Kalkopirit sfaleritten sonra İstala madeninde en fazla görülen cevher mineralidir. Kalkopirit minerallerinin en belirgin özellikleri barit içerisinde gelişi güzel saçınımlar oluşturmasıdır. Kalkopiritlerin, fahlers kapanımı içeren kalkopiritler ve kapanım içermeyen kalkopiritler olarak iki ayrı oluşumu mevcuttur. Kalkopirit I'ler fahlers kapanımı içermekte olup aynı zamanda da fahlers II ve sfalerit II tarafından kesilmektedirler (Şekil 3.16a). Kalkopirit II ise sfalerit I'i ornatmakta ve fahlers II tarafından ornatılmaktadır (Şekil 3.16b). Kalkopiritlerin, oksitleşme sonucu bornit ve kalkozin-kovelline dönüştükleri de görülmektedir. Yer yer bornite dönüşen kalkopirit I'ler sfalerit II tarafından ornatılmaktadır. Ayrıca kalkopirit II'yi ornatın sfalerit II, fahlers II tarafından kesilirken fahlers I'i de kesmektedir. (Şekil 3.16c). Genellikle barit içerisinde tek başına bulunan kalkopiritde görülen kalkozin-kovellin oluşumuna nadir olarak galen eşlik etmektedir (Şekil 3.16d).

Istala madeni kalkopiritlerinden yapılan mikrokimyasal analizlerde S, Fe, Cu ve Zn içeriklerinin sırası ile %48,35-%48,94, %24,76-%26,44, %24,45-%26,71 ve %0,1 ila %0,27 arasında değiştiği görülmüştür (Tablo 3.7). As içeriklerinin dedeksiyon limiti altında, Ag içeriğinin %0,01 olduğu ve Cd içeriğinin de %0,02-%0,05 olduğu gözlenmiştir (Ek Tablo 6). Buna göre, Istala madeni kalkopiritleri için hesaplanan mineral formülü $(\text{Cu}_{0,98-1,07}\text{Fe}_{0,99-1,06}\text{Zn}_{0-0,01})\text{S}_{1,93-1,96}$ 'dır.



Şekil 3.16. Istala kalkopirit minerali ile diğer mineraller arasındaki ilişkilere ait görünüşler. a) Fahlers I kapanımları içeren kalkopirit I'in barit içerisinde gelişi güzel dağılması ve kalkopiritin boşluklarından giren fahlers II, sfalerit II ve barit tarafından ornatılması, b) sfalerit I'i ornatılan kalkopirit II ve ortama sonradan gelen fahlers II'nin sfalerit ve kalkopiriti ornatması, c) sfalerit I, fahlers I ve II tarafından ornatılan kalkopirit II'in yer yer bornite dönüşmesi d) kalkopirit mineralinin sınırları boyunca birlikte oluşan kalkozin-kovellin birlikteliği (Py: pirit, Cpy: kalkopirit, Sph: sfalerit, Gl: galen, Brt: barit, Kl-Kv: kalkozin-kovellin, Fh: fahlers, Bo: bornit).

Tablo 3.7. Istala madeni elektron mikroprob analiz edilen kalkopiritlerin bileşimi ve 4 atoma göre hesaplanan atomik oranlar (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

Örnek No	DL(ppm)	%Ağ.				Toplam	Atomik Oran					
		S	Fe	Cu	Zn		S	Σ Anyon	Fe	Cu	Zn	Σ Katyon
ISG-5	bol1-1	48,94	26,44	24,45	0,10	99,93	1,96	2	1,058	0,98	0,00	2
	bol2-1	48,93	24,81	25,95	0,27	99,95	1,96	2	0,992	1,04	0,01	2
	bol2-2	48,35	24,76	26,71	0,10	99,92	1,93	2	0,991	1,07	0,00	2

3.4.2.3. Sfalerit

Istala madeninde barit içerisinde öz şekilsiz olarak, kalkopirit ve yer yer pirit ile birlikte bulunan sfalerit açık kahverengiden koyu kahverengiye kadar değişen renklindedir (Şekil 3.10c). Sfaleritler, kalkopirit ve fahlers kapanımları içeren olmak üzere iki farklı oluşum gösterir. Sfalerit I'ler kalkopirit kapanımları içerirken, sfalerit II fahlers kapanımları içermektedir. Sfalerit I içerisindeki kalkopirit kapanımları çok küçük boyutlarda olup, gelişi güzel bir şekilde dağılmışlardır. Ayrıca sfalerit I'ler tektonizmadan yoğun olarak etkilenmiş olup, oluşan bazı kırıklara kalkopirit II, galen II ve fahlers II eş yaşlı olarak, kırıklara da sadece fahlers II yerleşmiştir (Şekil 3.17a ve b). Sfalerit II'ler ise fahlers I kapanımları içermekte olup kalkopirit I'i ornatmaktadır (Şekil 3.17c). Ayrıca sfalerit I'i ornatılan fahlers II'nin boşluklarında ortama yerleşmeye başlayan enarjit-luzonit ve kalkopirit II tarafından ornatılmaktadır (Şekil 3.17d).

İki örnekten (ISG-5 ve ISP2-4) seçilen toplam 17 noktada yapılan mikrokimyasal analizlerde bazı noktalarda toplam değerler düşük çıktığından dikkate alınmamıştır (Ek Tablo 7). Bu noktalar muhtemelen sfaleritin yüzeysel olarak oksitlendiği zonlara karşılık gelmektedir. Kullanılabilir düzeyde (100 ± 2) olan elektron mikroprob analizlerinde sfaleritlerin Fe içeriklerinin oldukça düşük olduğu (%0,09-%0,96) ve Fe ve Zn arasında yoğun bir yer değiştirme olmadığı görülmektedir (Tablo 3.8). Kalkopirit kapanımları içeren sfaleritlerin Cu içerikleri %0,05-0,31 arasındadır. Ayrıca, bütün sfaleritlerde Cd'a rastlanmıştır ve %0,15-0,24 arasında değişen değerlere sahip olduğu görülmüştür. Zn/Cd oranları 200 ilâ 335 arasındadır. Bu değer mineral formülünde sadece iz oranda Fe bulunduğunu gösterir $[(Zn_{0,96-1,01}Fe_{0-0,02})S_{0,98-1,01}]$.

3.4.2.4. Galen

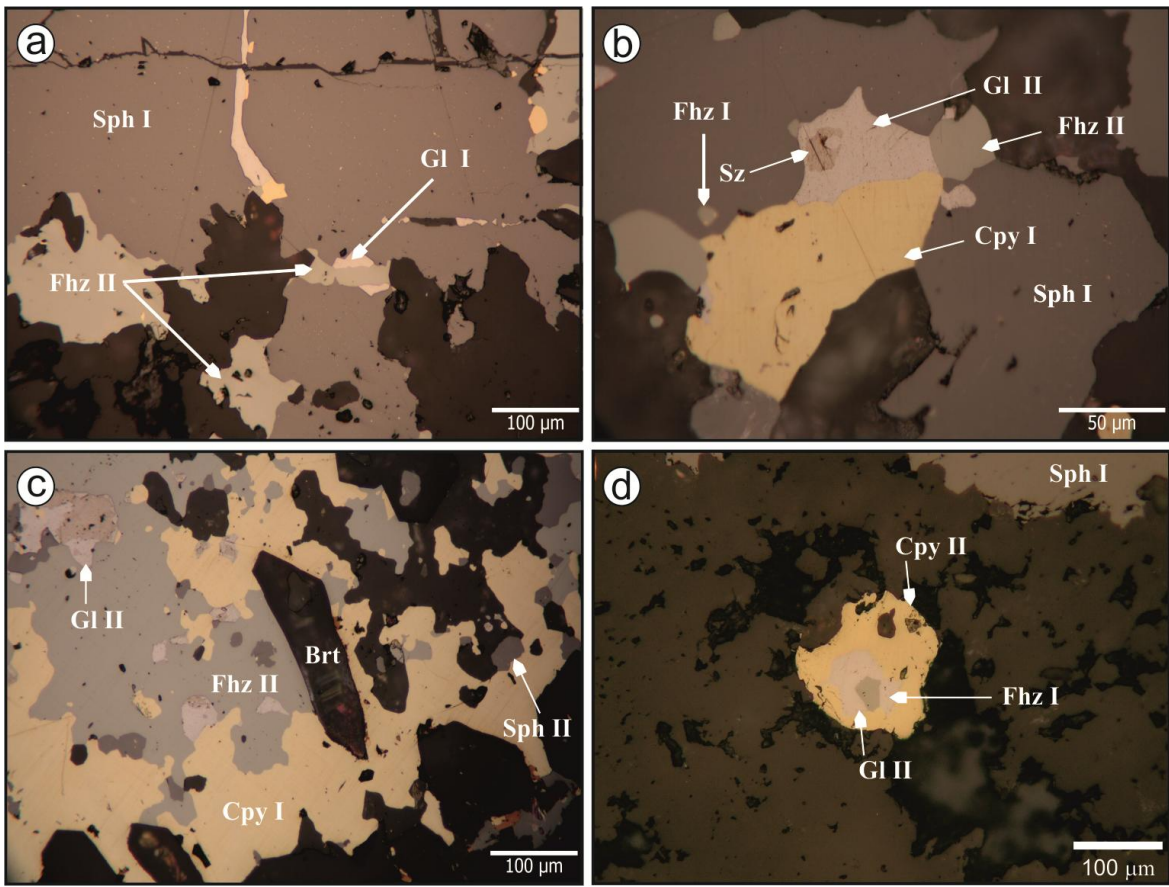
Eskiköy madeninde olduğu gibi Istala madeninde de en az görülen sülfürlü mineral galendir. Barit içerisinde ince taneli olan galenler öz şekilli olarak bulunmasına rağmen, genellikle diğer cevher minerallerinin boşluklarında da öz şekilsiz olarak bulunmaktadırlar (Şekil 3.10c). İkinci fazdan itibaren cevherleşmeye katılan galen ikinci fazın sonuna kadar oluşmaya devam etmiştir (Tablo 3.1). Istala madeninde galenin karakteristik özelliği olan üçgen yapılarına rastlanmamıştır (Şekil 3.17c, ve Şekil 3.18a, b, c ve d). Sfalerit I'in kırıklarına yerleşen galen I fahlers II tarafından kesilmektedir (Şekil 3.18a). Yer yer oksitlenmeyle serüsite dönüşen galen (Şekil 3.18b ve c) genel olarak fahlers içerisinde kapanımlar halindedir. Fahlers II tarafından ornatılan galen I sfalerit II tarafından da kesilmektedir (Şekil 3.18c). Sfaleriti ornatılan galen, fahlers ve kalkopirit ile düzgün sınırlar oluşturmaktadır (Şekil 3.18b ve d). Ayrıca, galen ilk fazda kristallenen piriti ornattığı gibi (Şekil 3.15b), kalkopirit II, galen II ve fahlers I kademeli ornatım da göstermektedir (Şekil 3.18d).

Galenin kimyasal bileşimini belirlemek amacı ile iki örnekte (ISG-5 ve ISP2-4) 5 nokta analiz edilmiştir (Ek Tablo 8). Istala madeninde galen bileşiminde Cu ve Cd göreceli olarak yüksek değerler vermiştir. Bakırın içeriği %0,01 ilâ %0,96, Cd içeriği de %0,07-%0,31 arasında değişmektedir. Buradan hareketle galende Pb yerine kristal yapısına %1'e kadar Cu ve %0,3'e kadar Cd girdiği belirlenmiştir (Tablo 3.9). Istala madeni galenlerinin hesaplanan mineral formülü ($Pb_{0,96-0,98}Fe_{0-0,02}Cd_{0-0,01}S_{0,98-1,01}$)'dir.

3.4.2.5. Fahlers

Istala madeninden alınan cevherli el örneklerinde fahlersin varlığı belirlenememiştir. Ancak yapılan cevher mikroskobisi incelemelerinde, fahlers mineralinin değişken tane boylarına sahip yaygın bir cevher minerali olduğu tespit edilmiş (Tablo 3.1) ve çoğunlukla kalkopiritçe zengin bölgelerde görülmüştür (Şekil 3.15b, Şekil 3.16b ve c, Şekil 3.18). Dokusal ilişkilerine bağlı olarak iki ayrı fahlers fazı belirlenmiştir. Birinci nesil fahlersler, cevher oluşum evrelerinin birinci fazında kristallenmiş olup, 1 ilâ 20µm arasında değişen boyutlarda inklüzyon olarak kalkopirit I, barit ve kuvars mineralleri içerisinde bulunur (Şekil 3.16a). Ayrıca fahlers I, kalkopirit II ve galen II tarafından ornatılmaktadır (Şekil

3.19a). Fahlers II kendisinden önce oluşan mineralleri ornatmaktadır. İkinci nesil fahlers, sfaleriti damarlar şeklinde ornatmaktadır. Ayrıca sfaleriti ornatan galen II ve kalkopirit II ile düzgün sınır ilişkileri vardır. Bu da fahlers II'nin galen II ve kalkopirit II ile eş yaşı olduğunu göstermektedir (Şekil 3.17a, b ve Şekil 3.18a). Fahlerslerin diğer bir özeliği ise, genellikle enarjit-lüzonit ile birlikte bulunmalarıdır (Şekil 3.17d, Şekil 19b). Enarjit-Luzonit çalışma alanlarından sadece Istala madeninde gözlenmektedir. Yeşilimsi rengi ve kuvvetli gri anizotropisi ile fahlersten kolayca ayrılmaktadır. Genelde sfaleritin kenar sınırlarında kalkopirit ve fahlers ile birlikte bulunur (Şekil 3.17d ve Şekil 3.19b).

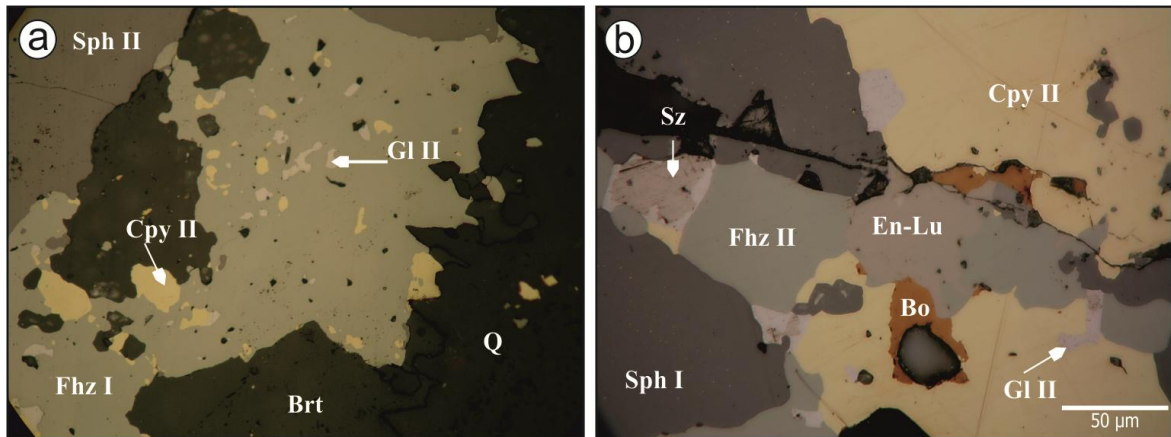


Şekil 3.18. Istala maden yatağındaki galen ile diğer mineraller arasındaki ilişkiler. a) galen I'in fahlers II tarafından kesilmesi, b) fahlers II ile eş yaşı olan galen II kalkopirit I ve sfalerit I'i ornatmaktadır, c) fahlers II tarafından ornatılan galen I'in sfalerit II tarafından kesilmesi, d) fahlers I, galen II ve kalkopirit II'nin kademeli ornatımı (Py: pirit, Sph: sfalerit, Gl: galen, Cpy: kalkopirit, Sz: serüzit, Fhz: fahlers, Brt: barit).

Tablo 3.9. Istala madeni galenlerinin mikrokimyasal bileşimi ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranlar (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

	DL(%)	%Ağ.				Toplam	Atomik oran					
		S 0,056	Ag 0,013	Pb 0,007	Bi 0,0375		S	∑ Anyon	Ag	Pb	Bi	∑ Katyon
ISP2-4	<i>b1-1</i>	50,46	dla	49,17	dla	99,63	1,01	1	<0,01	0,98	<0,01	1
	<i>b1-2</i>	50,30	dla	49,00	dla	99,30	1,01	1	<0,01	0,98	<0,01	1
ISG-5	<i>b2-1</i>	49,45	dla	48,75	dla	98,20	0,99	1	<0,01	0,97	<0,01	1
	<i>b2-2</i>	49,70	dla	48,20	dla	97,89	0,99	1	<0,01	0,96	<0,01	1
	<i>b4-1</i>	49,17	0,03	48,05	dla	97,25	0,98	1	<0,01	0,96	<0,01	1

Istala madeninden alınan ISP2-4 ve ISG-5 örneklerinde belirlenen fahlerslerden (toplam 14 noktadan) mikrokimyasal ölçümler yapılmış ve bu sonuçlar Ek Tablo 9'da verilmiştir. Yapılan ölçümlere göre, Istala madeni fahlerslerinin gümüş bakımından fakir oldukları tespit edilmiştir (*ISG-5, b6-1* hariç, $Ag < \%0,5$). Analizlerde, Cu %34,55-%35,74, As %2-%11,12 ve Sb %1,24-%10,74 arasında değişim göstermektedir. Analiz edilen fahlerslerin tetrahedrit-tenantit bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Tetraeditlerin tenantitlere oranla daha fazla Ag içerdikleri görülmektedir. Ayrıca tenantit-tetrahedrit katı eriyik serisinde S , Fe , Cu ve Zn içeriklerinde önemli miktarda bir farklılık yoktur (Tablo 3.10). Fahlerslerin genel formülü $(Ag_{0-0,15}Cu_{10,02-10,36})_{10}(Zn_{1,96-2,16}Fe_{0,01-0,2})_2(As_{0,58-3,23}Sb_{0,36-3,11})_4(S_{12,85-13,18})_{13}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.19. Istala madenindeki fahlers ile diğer mineraller arasındaki ilişki. a) Fahlers I'i inklüzyon olarak barındıran mineraller ve b) fahlers II'nin damar dolgusu olarak sfalerit içerisinde bulunması (Sph: sfalerit, Gl: galen, Fhz: fahlers, Cpy: kalkopirit, Sz: serüzit, Bo: bornit, En-Lu: enatjit-lüzonit, Brt: barit, Q: kuvars).

Tablo 3.10. İstala madeni fahlerslerinin mikrokimyasal bileşimi ve 29 atoma göre hesaplanan atomik oranları (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

Örnek No		%Ağ.									Atomik Oran											
		DL(%)	S	Fe	Cu	Zn	As	Ag	Cd	Sb	Bi	Toplam	S	Fe	Cu	Zn	As	Ag	Cd	Sb	Bi	Toplam
			0,056	0,035	0,095	0,04	0,011	0,013	0,13	0,06	0,0375											
ISP2-4	Tenantit	b1-1	45,16	0,04	35,74	6,80	10,77	0,01	0,18	1,24	dla	99,94	13,10	0,01	10,36	1,97	3,12	0,00	0,05	0,36	<0,01	28,98
		b1-2	45,45	0,03	34,96	7,46	10,48	0,15	dla	1,34	dla	99,98	13,18	0,01	10,14	2,16	3,04	0,04	0,03	0,39	<0,01	28,99
		b1-3	44,73	dla	35,60	7,12	11,12	0,03	dla	1,26	dla	99,94	12,97	0,01	10,32	2,07	3,23	0,01	0,01	0,36	<0,01	28,98
		b4-3	44,31	0,36	35,33	7,18	10,22	0,18	dla	2,23	dla	99,94	12,85	0,10	10,25	2,08	2,96	0,05	0,04	0,65	<0,01	28,98
ISG-5	Tetrahedrit	b1-1	44,54	0,04	35,69	7,25	6,77	0,16	0,14	5,32	dla	99,92	12,92	0,01	10,35	2,10	1,96	0,05	0,04	1,54	<0,01	28,98
		b2-1	44,66	0,31	34,98	7,40	7,20	0,14	dla	5,14	dla	99,93	12,95	0,09	10,15	2,15	2,09	0,04	0,03	1,49	<0,01	28,98
		b4-1	44,64	0,06	35,69	6,96	7,11	0,26	dla	5,12	dla	99,89	12,94	0,02	10,35	2,02	2,06	0,08	0,02	1,48	<0,01	28,97
		b4-2	44,91	0,14	35,40	7,10	8,54	0,17	dla	3,62	dla	99,96	13,02	0,04	10,27	2,06	2,48	0,05	0,02	1,05	<0,01	28,99
		b6-1	44,82	dla	34,55	7,13	2,00	0,50	0,13	10,74	dla	99,88	13,00	0,01	10,02	2,07	0,58	0,15	0,04	3,11	<0,01	28,97
		b6-2	44,71	0,07	34,93	7,30	6,66	0,20	dla	5,98	dla	99,94	12,97	0,02	10,13	2,12	1,93	0,06	0,02	1,74	<0,01	28,98
		b6-3	44,68	0,03	35,15	7,08	4,85	0,34	dla	7,72	dla	99,94	12,96	0,01	10,19	2,05	1,41	0,10	0,02	2,24	<0,01	28,98
		b7-1	45,06	0,38	34,95	6,91	6,75	0,20	dla	5,57	dla	99,93	13,07	0,11	10,13	2,00	1,96	0,06	0,03	1,61	<0,01	28,98
		b7-2	44,96	0,70	34,78	6,80	7,01	0,15	0,13	5,43	dla	99,95	13,04	0,20	10,09	1,97	2,03	0,04	0,04	1,57	<0,01	28,99
		b7-3	45,04	0,67	34,88	6,74	7,04	0,16	dla	5,33	dla	99,92	13,06	0,19	10,12	1,96	2,04	0,05	0,01	1,55	<0,01	28,98

3.4.2.6. Diğer Mineraller

Kalkozin-kovellin Istala madeninde genellikle gang içerisindeki kalkopiritlerin kenar sınırları boyunca gözlenmektedir (Şekil 3.16d). Istala madeninde bornit ve serüzit gibi ikincil minerallerin varlığına rastlanmıştır. Bornit, gang içerisindeki kalkopiritlerde yaygın olarak görülür (Şekil 3.16c, 3.17d ve 3.19b). Serüzit ise, galenin ayrışması sonucu oluşmuştur ve galen ile sınırlıdır (Şekil 3.18b ve c ve 3.19b).

3.4.3. Sırganlık Madeni

3.4.3.1. Pirit

Sırganlık madeninde piritler I. fazda oluşmuştur. Maden sahasının tüm bölgesinde yoğun şekilde görülmekte ve boyutları mm'den birkaç cm'ye kadar değişmektedir. Makroskobik olarak genellikle öz şekilli, nadiren şekilsiz görülürler. Genellikle kuvars içerisinde saçınımlar halinde olabildikleri gibi, sfalerit ve galen içerisinde de görülebilmektedirler (Şekil 3.10d). En bol görülen sülfürlü mineral olan pirit, diğer sülfürlü minerallerle yakından ilişkilidir (Tablo 3.1). Tektonizmadan yoğun olarak etkilenmiş olması ve kuvars tarafından sıklıkla ornatılmış olması Sırganlık piritlerinin en karakteristik özellikleridir (Şekil 3.20a). Piritlerin sınırları boyunca nadiren lepidokrozit-götüt oluşumları görülmektedir (Şekil 3.20b). Sfalerit ve galen kırık dolgusu olarak piritlerin boşluklarına ve mineral sınırları boyunca yerleşip onu ornatmaktadır (Şekil 3.20c).

Sırganlık sahasındaki piritlerin kimyasal bileşimini belirlemek için üç ayrı örnekten toplam 19 nokta analiz edilmiştir (Ek Tablo 10). Bu analizler sonucunda Sırganlık madeni piritlerinin incelenen diğer sahalardaki piritler gibi Co ve Ni değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bazı piritlerin bünyesinde %0,002 ilâ %0,015 arasında Au ve %0,003 ilâ %0,022 arasında değişen değerlerde ise Ag içerdikleri görülmüştür. Piritlerin Cu değerleri %0,001 ilâ %0,036 arasında değişmekte olup, bazı örneklerde Cu ölçülemediği görülmüştür. Sırganlık piritlerinin Fe değerleri %32,66 ilâ %34,11 arasında, S değerleri ise %65,83 ilâ %67,29 arasındadır (Tablo 3.11). Yapılan mikrokimyasal çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre Sırganlık madeni piritlerinin kimyasal formülü $Fe_{0,98-1,02}S_{1,97-2,01}$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.11. Sırganlık madeni piritinin mikrokimyasal bileşimi ve 3 atoma göre hesaplanan atomik oranlar (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

Örnek No	DL(%)	%Ağ.			Toplam	Atomik Oran				
		S 0,056	Fe 0,035	Cu 0,0095		S	Σ Anyon	Fe	Cu	Σ Kasyon
SC-1	<i>bol2-1</i>	67,29	32,66	dla	99,97	2,01	2	0,98	dla	1
	<i>bol2-2</i>	67,01	32,95	dla	99,97	2,01	2	0,98	dla	1
	<i>bol2-3</i>	67,02	32,91	dla	99,94	2,01	2	0,98	dla	1
	<i>bol5-2</i>	66,99	32,91	dla	99,92	2,00	2	0,98	dla	1
	<i>bol5-3</i>	66,85	33,02	dla	99,87	2,00	2	0,99	dla	1
	<i>bol6-1</i>	67,05	32,89	dla	99,95	2,01	2	0,98	dla	1
	<i>bol7-1</i>	66,95	32,96	dla	99,93	2,00	2	0,98	dla	1
	<i>bol7-2</i>	67,04	32,89	dla	99,94	2,01	2	0,98	dla	1
	<i>bol7-3</i>	67,07	32,86	dla	99,95	2,01	2	0,98	dla	1
	<i>bol8-1</i>	67,10	32,78	dla	99,90	2,01	2	0,98	dla	1
	<i>bol8-2</i>	66,99	32,99	dla	99,98	2,00	2	0,98	dla	1
	<i>bol8-3</i>	67,02	32,77	dla	99,81	2,01	2	0,98	dla	1
	SC-2	<i>bol1-3</i>	65,90	34,07	dla	99,98	1,97	2	1,02	dla
<i>bol2-1</i>		66,03	33,92	dla	99,96	1,98	2	1,01	dla	1
<i>bol5-1</i>		65,83	34,11	0,011	99,96	1,97	2	1,02	dla	1
<i>bol5-2</i>		66,10	33,81	dla	99,92	1,98	2	1,01	dla	1
<i>bol5-3</i>		65,92	33,98	dla	99,92	1,97	2	1,01	dla	1
SF-1	<i>bol6-1</i>	66,60	33,29	dla	99,91	1,99	2	0,99	dla	1
	<i>bol6-2</i>	66,68	33,21	0,036	99,94	2,00	2	0,99	dla	1

3.4.3.2. Kalkopirit

Sırganlık madeninden alınan el örneklerinde makro olarak kalkopirit mineraline rastlanmamıştır (Şekil 3.10d). Yapılan cevher mikroskobisi incelemelerinde kalkopirit sadece sfaleritin kristalografik düzlemleri boyunca ve/veya gelişi güzel dağılımlar ve saçınımlar şeklinde görülmüştür (Şekil 3.20d). Belirlenen kalkopiritlerin boyutları mikrokimyasal ölçüm yapmak için yeterli olmadığından mikroprob analizleri yapılamamıştır.

3.4.3.3. Sfalerit

Sırganlık madeninin ana cevher minerali olan sfalerit, öz şekilsiz ve oldukça koyu renklidirler (Şekil 3.10d). Yoğun olarak kalkopirit kapanımları içeren sfaleritler kuvars

içerisinde saçınım olarak ve kuvars tarafından ornatılmış olarak bulunur (Şekil 3.20a ve b). Sfalerit piritin kırıklarına yerleşerek damar dolgusu olarak piriti ornatmaktadır (Şekil 3.20c). Büyük sfalerit tanelerinin içerisinde yer yer yoğunlukları artan kalkopirit kapanımları görülmektedir (Şekil 3.20d).

Sırganlık madeninden alınan üç farklı örnekte (SC-1, SC-2, SF-1) toplamda 27 ölçüm yapılmış ve sonuçları Ek Tablo 11’de verilmiştir. Analiz edilen sfaleritlerin kimyasal bileşiminde, Fe içeriği bazı örneklerde (SC1-1, b5-1, 2; SC-2, b4-4) %4,31’e kadar çıkmaktadır. Bu durum muhtemelen, sfaleritler içerisindeki kalkopirit kapanımlarının yoğun olmasına bağlıdır. Analiz edilen tüm noktalarda Cd içeriği %0,17-0,44, Cu %0-0,67, Zn %46-50,03, S %48,82-50,91 ölçülmüştür. Zn/Cd oranı 111-290 arasında değişmektedir (Tablo 3.12). Bu sonuçlar sfalerit için $(Zn_{0,97-1,06}Fe_{0-0,09})S_{1,02-1,08}$ şeklinde bir formül üretmektedir.

Tablo 3.12. Sırganlık madeni sfaleritinin mikrokimyasal bileşimi ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranlar (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

	DL(%)	%Ağ.					Toplam	Atomik oran						
		S 0,056	Fe 0,035	Cu 0,0095	Zn 0,04	Cd 0,13		S	Σ Anyon	Fe	Cu	Zn	Cd	Σ Kasyon
SC-1	b2-1	49,28	0,92	dla	49,42	0,35	99,97	1,02	1	0,02	dla	1,03	0,01	1
	b5-1	49,61	3,35	dla	46,77	0,24	99,98	1,04	1	0,07	dla	0,99	0,01	1
	b5-2	49,47	3,80	0,06	46,31	0,33	99,91	1,03	1	0,08	dla	0,97	0,01	1
	b6-1	49,59	0,65	dla	49,55	0,20	99,98	1,04	1	0,01	dla	1,05	dla	1
	b6-2	49,78	0,49	0,30	49,17	0,21	99,66	1,05	1	0,01	0,01	1,04	dla	1
	b6-3	49,70	0,93	0,67	48,28	0,33	99,24	1,04	1	0,02	0,01	1,01	0,01	1
	b7-1	49,31	0,17	0,04	50,01	0,42	99,91	1,04	1	0,00	dla	1,06	0,01	1
	b7-2	49,39	0,13	dla	50,01	0,43	99,96	1,03	1	0,00	dla	1,05	0,01	1
	b8-1	49,51	0,52	0,01	49,69	0,24	99,96	1,04	1	0,01	dla	1,05	0,01	1
	b8-2	49,69	0,23	0,03	49,67	0,32	99,91	1,05	1	0,00	dla	1,05	0,01	1
SC-2	b1-1	49,55	0,47	0,02	49,71	0,25	99,98	1,05	1	0,01	dla	1,06	0,01	1
	b2-1	49,34	0,36	0,02	49,90	0,35	99,96	1,05	1	0,01	dla	1,06	0,01	1
	b2-2	49,24	0,39	0,02	49,91	0,40	99,95	1,04	1	0,01	dla	1,06	0,01	1
	b2-3	49,39	0,38	0,03	49,76	0,38	99,91	1,04	1	0,01	dla	1,06	0,01	1
	b3-1	49,29	0,35	0,02	49,88	0,44	99,96	1,04	1	0,01	dla	1,06	0,01	1
	b3-2	49,79	1,02	0,38	48,40	0,37	99,58	1,05	1	0,02	0,01	1,02	0,01	1
	b3-3	49,36	0,24	0,02	50,03	0,35	99,97	1,04	1	0,01	dla	1,06	0,01	1
	b3-4	49,53	0,47	0,05	49,64	0,31	99,95	1,04	1	0,01	dla	1,04	0,01	1
	b4-1	49,49	0,84	dla	49,35	0,28	99,96	1,04	1	0,02	dla	1,05	0,01	1
	b4-2	49,44	0,52	0,12	49,62	0,28	99,86	1,04	1	0,01	dla	1,05	0,01	1
	b4-3	50,91	2,45	0,02	46,22	0,38	99,96	1,08	1	0,05	dla	0,99	0,01	1
	b4-4	49,27	4,31	0,13	46,00	0,22	99,81	1,04	1	0,09	dla	0,97	dla	1
	b5-1	49,34	0,39	0,03	49,86	0,34	99,93	1,04	1	0,01	dla	1,06	0,01	1
	b6-2	49,44	0,34	dla	49,74	0,45	99,97	1,05	1	0,01	dla	1,06	0,01	1
	b6-3	49,66	0,29	0,01	49,57	0,42	99,95	1,05	1	0,01	dla	1,05	0,01	1
SF-1	b6-1	49,79	1,84	dla	47,96	0,37	99,96	1,07	1	0,04	dla	1,03	0,01	1
	b6-2	48,82	1,41	dla	49,59	0,17	100,00	1,02	1	0,03	dla	1,04	dla	1

3.4.3.4. Galen

Sırganlık maden yatağındaki galenler ince taneli, öz şekilli ve öz şekilsiz olup yoğunlukla sfaleritin boşluklarına yerleşmiştir (Şekil 3.10d). Galen sfalerit ile birlikte kataklastik doku gösteren piritlerin onu ve sfaleritin boşluklarına girerek onu ornatmıştır (Şekil 3.20c, e ve f). Galenler yer yer oksitlenme sonucu serüzite dönüşmüştür (Şekil 3.20e ve f). Piritlerin kırıklarına yerleşen galen dokanakları boyunca kalkozin-kovelline dönüşmüştür. (Şekil 3.20f).

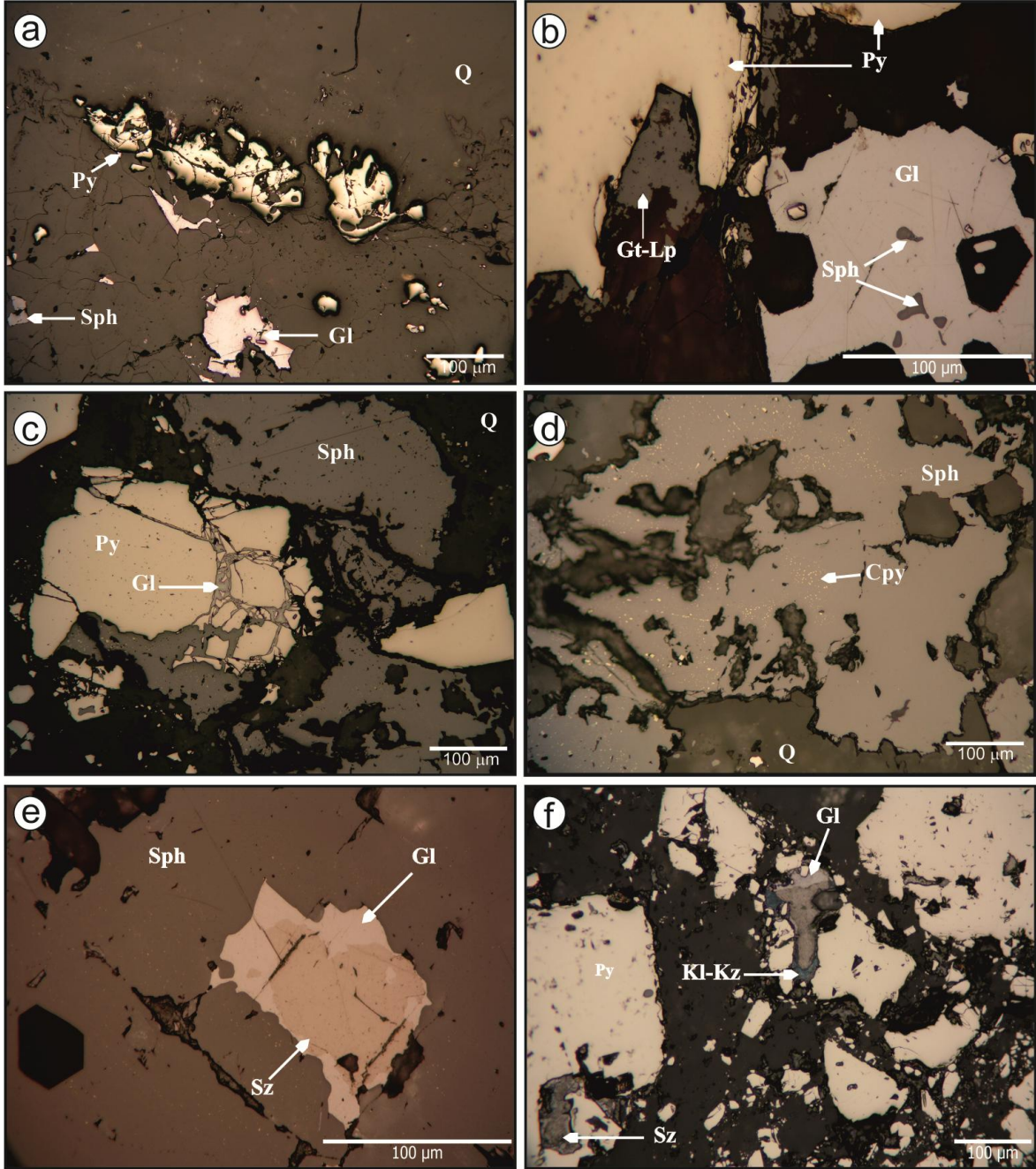
Sırganlık madeni galenlerinin bileşimini belirlemek amacıyla; SC-1, SC-2 ve SF-1 örneklerinden toplam 20 nokta analiz edilmiş ve bu analiz sonuçları Ek Tablo 12’de verilmiştir. Galen stokiometrik bir bileşime sahip olduğundan dolayı bünyelerinde Pb ve S hariç analiz edilen diğer bileşenlerden hiçbir element önemli olabilecek konsantrasyona ulaşmamıştır. Sırganlık galenlerinin SC-2/b6-2, b7-1 ve SF-1/b6-1 örneklerinde Ag değerlerinin %0,01, Cu içeriklerinin %0,01 ilâ %0,07 arasında değişmektedir. Ayrıca analiz edilen tüm galenlerde %0,06-%0,37 Cd arasında değerine rastlanmıştır (Tablo 3.13). Sırganlık galenlerinin hesaplanan mineral formülü $(Pb_{0,96-1,01}Fe_{0-0,05})S_{0,96-1,01}$ ’dir.

3.4.3.5. Diğer Mineraller

Sırganlık madeninde nadir olarak varlığına rastlanan lepidokrozit-götit pirit sınırları boyunca görülmektedir (Şekil 3.20b). Sırganlık madeninde diğer bir ikincil mineral olarak galenin ayrışması sonucu oluşan serüzite rastlanmıştır (Şekil 3.20e ve f). Kalkozin-kovellin, Sırganlık madeninde nadiren görülür. Bunlar diğer çalışma sahalarında bulunan kalkozin-kovellinler göre daha koyu renktedirler ve sadece galenin mineral sınırları boyunca tespit edilmişlerdir (Şekil 3.20f).

Tablo 3.13. Sırganlık madenin elektron mikroprob ile analiz edilen galen örneklerinin yüzde değerleri ve 2 atoma göre hesaplanan atomik oranları (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

	DL(ppm)	%Ağ.				Toplam	Atomik Oran					
		S 560	Ag 130	Pb 70	Bi 375		S	Σ Anyon	Ag	Pb	Bi	Σ Kasyon
SC-1	b6-1	50,16	dla	49,44	dla	99,61	1,00	1	dla	0,99	dla	1
	b7-1	49,52	dla	49,50	dla	99,02	0,99	1	dla	0,99	dla	1
	b7-2	49,64	dla	49,63	dla	99,27	0,99	1	dla	0,99	dla	1
	b8-1	49,16	dla	48,94	dla	98,10	0,98	1	dla	0,98	dla	1
	b8-2	49,91	dla	49,65	dla	99,56	1,00	1	dla	0,99	dla	1
SC-2	b1-1	49,39	dla	50,04	dla	99,42	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b1-2	49,72	dla	49,76	dla	99,48	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b2-2	49,87	dla	49,62	dla	99,49	1,00	1	dla	0,99	dla	1
	b3-1	50,30	dla	49,28	dla	99,58	1,01	1	dla	0,99	dla	1
	b3-2	50,01	dla	49,54	dla	99,54	1,00	1	dla	0,99	dla	1
	b4-1	49,09	dla	50,34	dla	99,43	0,98	1	dla	1,01	dla	1
	b4-2	48,18	dla	49,98	dla	98,15	0,96	1	dla	1,00	dla	1
	b6-1	49,29	dla	49,16	dla	98,44	0,99	1	dla	0,98	dla	1
	b6-2	49,29	0,01	49,20	dla	98,49	0,99	1	dla	0,98	dla	1
	b6-3	49,11	dla	48,08	dla	97,19	0,98	1	dla	0,96	dla	1
	B6	49,30	0,01	50,14	dla	99,46	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	b8-1	49,79	dla	49,83	dla	99,62	1,00	1	dla	1,00	dla	1
	b8-2	49,58	dla	49,82	dla	99,40	0,99	1	dla	1,00	dla	1
	SF-1	b6-1	48,92	0,01	50,49	dla	99,42	0,98	1	dla	1,01	dla
b6-2		49,14	dla	50,35	dla	99,49	0,98	1	dla	1,01	dla	1



Şekil 3.20. Sırganlık cevher mineralleri arasında ilişkilerin görünümü. a) Kuvars içerisinde saçılım halinde bulunan piritler kuvars tarafından ornatılmaktadır, b) piritlerin sınırları boyunca oluşan götit-lepidokrozitler, c) piritin kırığına yerleşmiş olan galen tarafından ornatılması, d) sfalerit içerisinde benekli doku oluşturan kalkopiritler, e) galenin sfaleritin boşluklarına yerleşerek sfaleriti ornatması ve f) piritin kırıklarına yerleşmiş olan galenin sınırları boyunca kalkozin-kovellin oluşumu (Py: pirit, Sph: sfalerit, Gl: galen, Sz: serüzit, Kl-Kz: kalkozin-kovellin, Gt-Lp: götit-lepidokrozit, Q: kuvars).

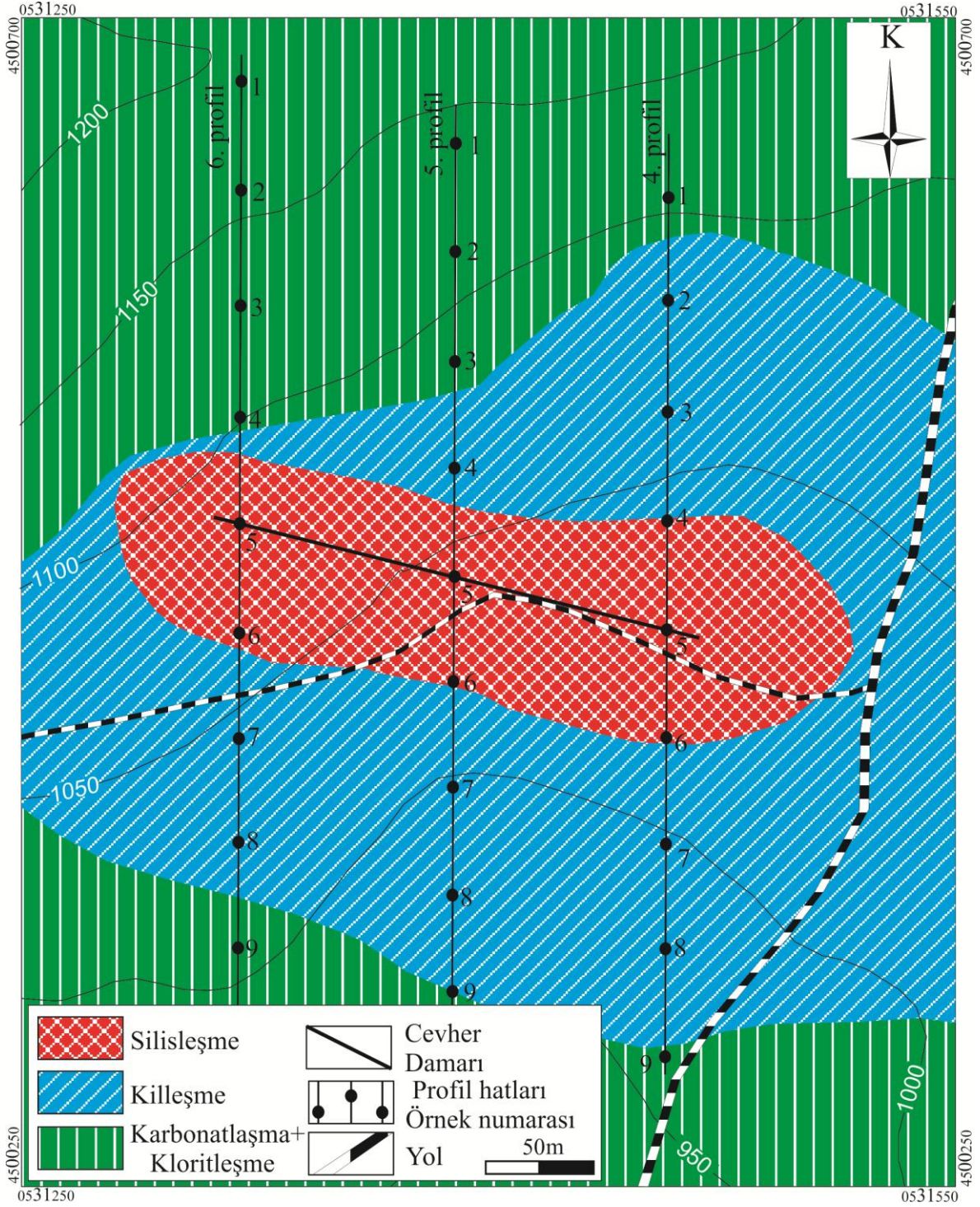
3.5. Hidrotermal Alterasyon

Doğu karadeniz bölgesi özellikle Geç Kretase-Eosen zaman aralığında çok aktif bir magmatik aktiviteye sahiptir. Bu nedenle Doğu Karadeniz Bölgesi çok sayıda damar tip baz metal zenginleşmeleri içerir. Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenleri bu bölgedeki baz metal zenginleşmelerinden bir kaçı olup çalışma sahalarını oluşturmaktadır. Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerinde, dasitik kayalar içerisinde KD-D/GB-B doğrultulu fay zonu içerisine yerleşen cevher damarları etrafında, hidrotermal çözeltilerin neden olduğu geniş bir alterasyon zonu bulunmaktadır. Bu çalışmada, üç ayrı maden sahasındaki alterasyon zonlarının, cevher damarlarından itibaren dış kesimlere doğru nasıl bir değişime uğradığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla alterasyon zonunun merkezinde bulunan cevher damarlarının doğrultularına dik yönde profil hatları belirlenerek belirli aralıklarla örnekleme yapılmıştır. Bu örneklerin makroskobik ve mikroskobik incelemeleri ile XRD analizleri sonucunda, inceleme alanındaki kayaları etkileyen hidrotermal alterasyon türleri, mineral birliktelikleri ve bollukları dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre kloritleşme, karbonatlaşma, epidotlaşma, serizitleşme, silisleşme ve killeşme belirlenen en yaygın alterasyon türleridir.

Bu alterasyon türlerinin gruplar halinde bulunmasıyla da alterasyon birliktelikleri oluşmuştur. Buna göre yapılan makroskobik, mikroskobik, XRD ve kimyasal analiz çalışmaları sonucunda Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenleri çevresinde bulunan alterasyon zonları içinde, en dış kesimden en iç kesime doğru sırasıyla a) propilitik alterasyon, b) arjilik alterasyon ve c) silisleşme özellikli zonlar oluşmuştur.

3.5.1. Eskiköy Madeninde Hidrotermal Alterasyon

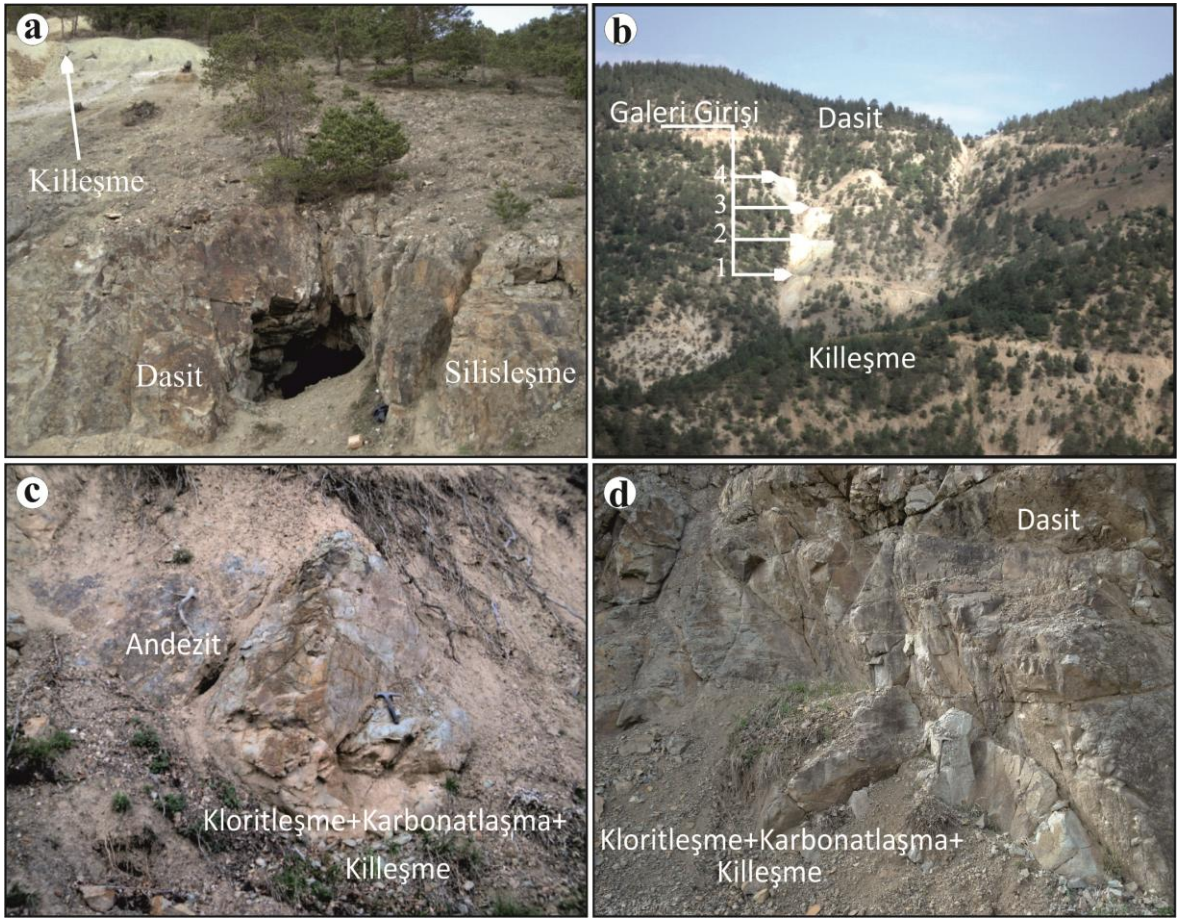
Eskiköy madeni dasitik kayalar ile andezitik kayaların dokanağında yer almaktadır. Ancak dasitik kayalar andezitik kayalara nazaran daha yaygın olup, hidrotermal alterasyondan daha çok etkilenmişlerdir. Eskiköy madeninde damar kalınlığı fazla olmadığından hidrotermal alterasyonun etki alanı da dardır. Eskiköy madeninde alterasyonlar başlıca silisleşme, killeşme, karbonatlaşma-kloritleşme şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Eskiköy madeninde alterasyon zonlanmasını gösteren harita (1/2500).

Silisleşme galeri girişlerinde cevher damarlarının etrafında belirlenmiştir. Galeri girişlerindeki aşırı sertleşmiş ve renkleri griye dönmüş dasitler yer almaktadır (Şekil 3.22a). Alterasyonun etki alanı dar olduğundan silisleşmenin yakın kesimlerinde alterasyon killeşmeye geçiş göstermektedir. Killeşme arazide beyazımsı, sarımsı rengi ve toprağımsı

özelliği ile kolaylıkla tanınmaktadır (Şekil 3.22b). Cevher damarından uzaklaştıkça killeşme de yerini karbonatlaşma ve kloritleşmeye bırakmaktadır. Karbonatlaşma ve kloritleşmenin görüldüğü kayaçlar alterasyondan daha az etkilendikleri için ilksel kayaç özelliklerini kaybetmemişlerdir. Karbonatlaşma ve kloritleşmenin etkisi ile bu kayaçlar yeşilimsi renk kazanmışlardır. Karbonatlaşma ve kloritleşme dasitlere nazaran andezitlerde daha belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 3.22 ve d).



Şekil 3.22. Eskiköy madenindeki alterasyonların arazi görünüşleri. a) yoğun olarak galeri girişlerinde gözlenen silisleşmenin görünümü, b) killeşmenin genel görünümü, c) andezitik kayaçlarda yoğun olarak görülen kloritleşme, karbonatlaşma ve killeşme ve d) dasitik kayaçlarda görülen kloritleşme ve karbonatlaşma.

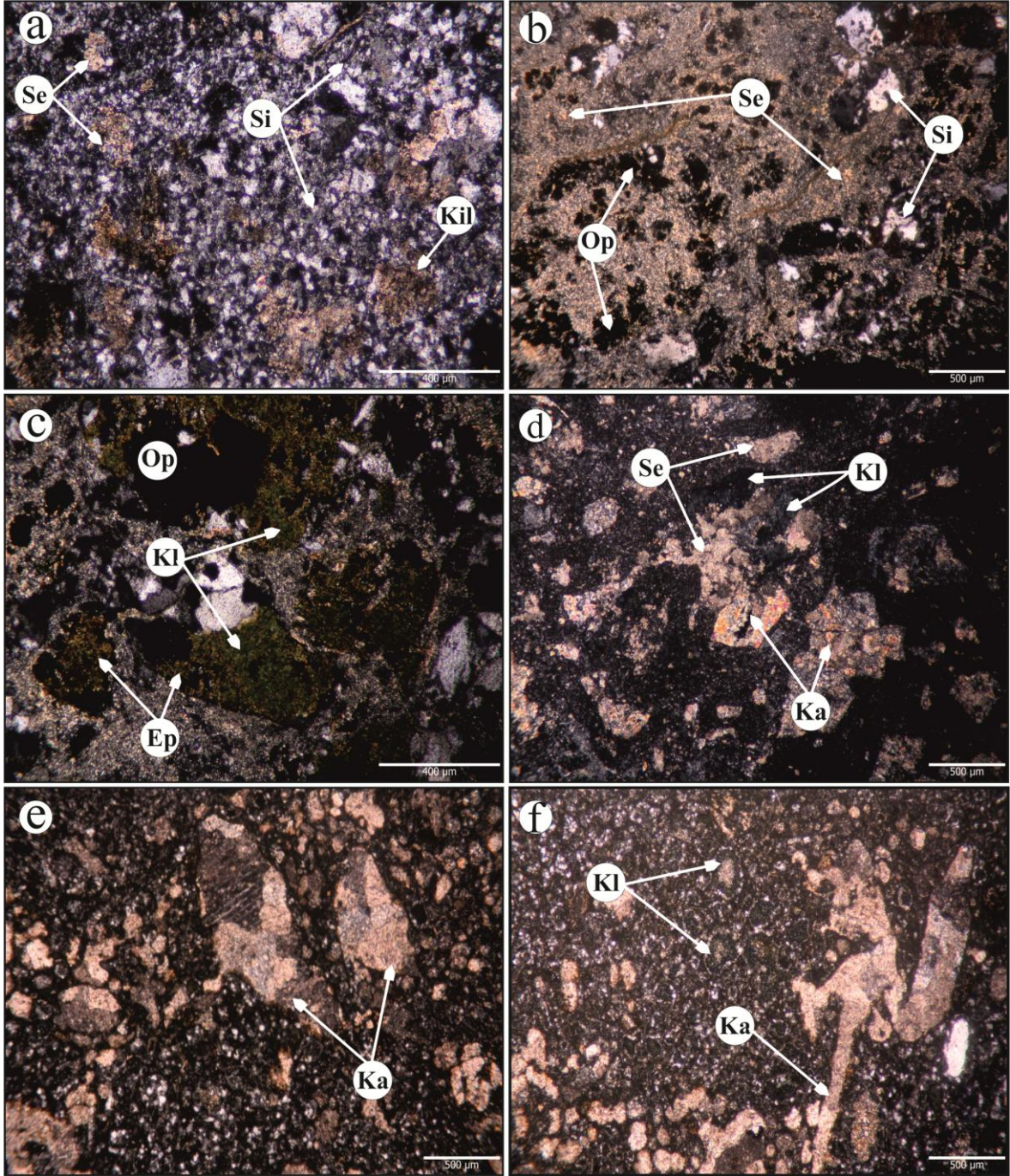
Alterasyon zonlarından alınan örneklerin mikroskobik analizlerinde yaygın olarak silisleşme, serizitleşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve epidotlaşma gözlenmiştir. Cevher damarlarının etrafındaki dasitlerde yoğun bir silisleşme söz konusudur. Bu örneklerde silisleşmeye serizitleşme de eşlik etmektedir (Şekil 3.23a). Silisli zondan uzaklaştıkça serizitleşme ve killeşmede artış gözlenmektedir. Mikroskobik tayinlerde dasitik kayaçlarda

matriksten itibaren ve plajiyoklas fenokristallerinde yoğun bir serizitleşmenin olduğu görülmektedir. Serizitleşmiş örneklerde yer yer silis kümelenmeleri de bulunmaktadır (Şekil 3.23b). Alterasyon zonunun merkezinden uzaklaştıkça serizitleşmeye karbonatlaşma, epidotlaşma ve kloritleşme eşlik etmektedir (Şekil 3.23c ve d). Kloritleşme ile epidotlaşma, karbonatlaşmanın yoğun olduğu örneklerde matriksten ve plajiyoklasların kenarlarından itibaren oluştukları gözlenmektedir. Kloritler, epidotlarla birlikte buldukları örneklerde çapraz nikolde yeşil renklerde olup, plajiyoklaslarla birlikte olduğu örneklerde çapraz nikolde koyu mavi renklerde gözlenmektedir (Şekil 3.23d). Plajiyoklas fenokristallerinin birçoğunda serizitleşmenin yanında karbonatlaşma da görülmektedir (Şekil 3.23d). Karbonatlaşma yaygın olarak matriksten itibaren oluşmakta olup yer yer damarlar halinde de bulunmaktadır (Şekil 3.23e ve f). Bu alterasyon türleri andezitlerde daha boldur. Klorit, epidot ve karbonatın varlığı propilitik alterasyonun karakteristik özelliğidir. Bu minerallerin birlikte bulunduğu örnekler alındığı yer itibari ile de alterasyon zonunun en dış zonlarına denk gelmektedir.

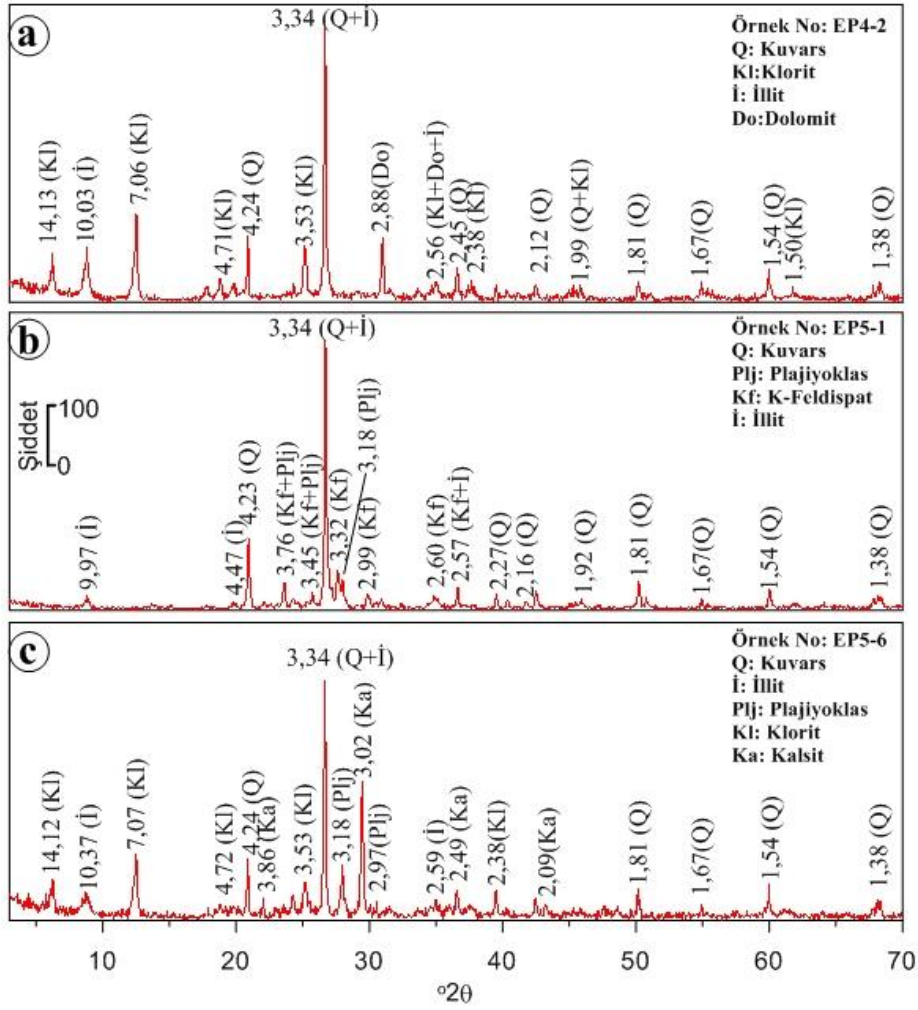
3.5.1.1. XRD Analizleri ile Hidrotermal Alterasyonun Belirlenmesi

Eskiköy cevherleşmesi andezitik kayaçlar ile dasidik kayaçların dokanak zonunda, D-B doğrultulu fay hattı boyunca meydana gelmiştir. Cevherleşmenin meydana geldiği bu zonda yoğun bir alterasyon söz konusudur. Alterasyon zonundaki değişimi belirlemek amacıyla bu fay doğrultusuna dik yönde oluşturulan 3 profil boyunca 27 adet örnek alınmıştır. Bu örneklerden analize uygun olarak seçilen 9 adedinden X- ışınları difraksiyonu (XRD) incelemeleri, tüm kayaç üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaçtan yapılan XRD incelemeleri sonucunda kayaçların, tüm kayaç mineralojik bileşimleri belirlenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, Eskiköy madeninin alterasyon zonu içerisinde tespit edilen kil dışı bileşenleri, kuvars, plajiyoklas, K-felspat, kalsit ve dolomit oluşturmaktadır. Belirlenen kil mineralleri ise, illit ve klorittir. XRD tüm kayaç analizlerine göre kuvars miktarının yoğun olduğu örnekler silisleşme örnekleri olup bir miktar da illit (serizit) içermektedirler. Silisleşme daha çok cevherleşmenin merkezinde görülmektedir. Cevherli zondan dış kesimlere gidildikçe klorit ve karbonat minerallerinde artış görülmektedir (Şekil 3.24a, b ve c).



Şekil 3.23. Eskiköy madenindeki kayalarda gözlenen alterasyonların mikroskobik görünümleri. a) Hamurda itibaren kayacın silisleşmesi ile ona eşlik eden serizitleşme ve killeşmenin görünümü, b) hamurdan itibaren serizitleşmenin yer yer silis kümeleri içermesi ve tamamen serizitleşmiş-killeşmiş mafik mineralin opaklaşması, c) epidot ile birlikte bulunan yeşil renkli kloritleşmenin hamurdan itibaren gelişmesi, d) plajiyoklas fenokristallerinin karbonatlaşması, serizitleşmesi ve sınırları boyunca gelişen koyu mavi renkli kloritleşme, e) matriksten itibaren oluşan karbonatlaşma ve f) damar şeklinde bulunan karbonatlaşmaya kloritleşmenin eşlik etmesi (Si: silisleşme, Se: serizitleşme, Kil: killeşme, Kl: kloritleşme, Ka: karbonatlaşma, Ep: epidotlaşma ve Op: opaklaşma).

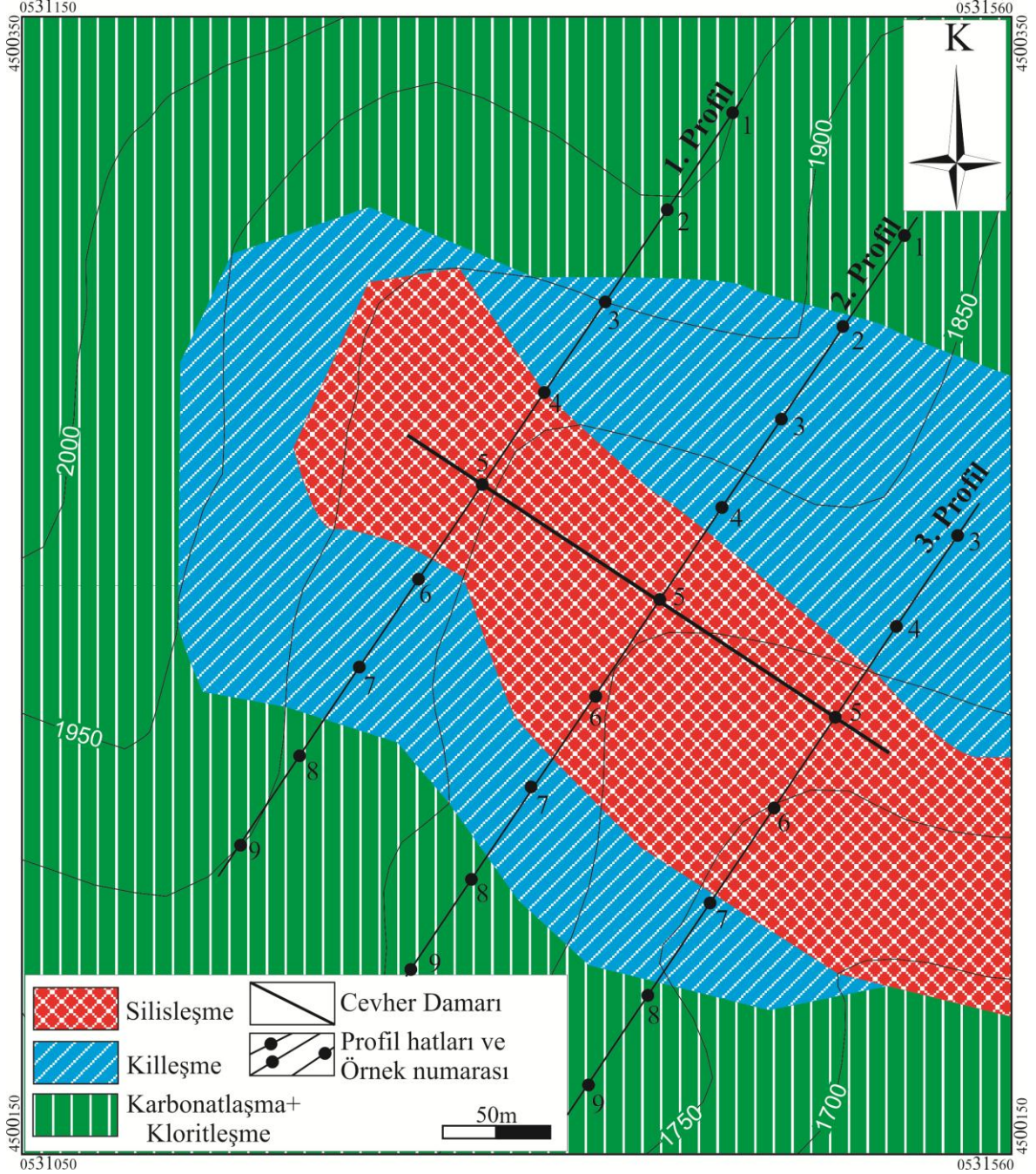


Şekil 3.24. Eskiköy madeni profil hatlarından alınmış örneklerin XRD tüm kayaç difraktogramı. a) 4. profile ait alterasyon zonunun dış kesiminden alınan kloritleşmiş örneğin, b) 5. profile ait alterasyon zonunun merkezinden alınan silisleşmiş örneğin ve c) 5. profile ait klorit ve kalsitçe zengin propilitik örneğin XRD tüm kayaç difraktogramı.

3.5.2. İstala Madeninde Hidrotermal Alterasyon

İstala madeni cevherleşmesi aşırı derecede ayrılmış dasitik kayaçların hakim olduğu bir alanda oluşmuştur. Bu dasitler arazide ayrışma derecesine bağlı olarak farklı renklerde görülmektedir. İstala madenin bulunduğu bölge bitki örtüsü bakımından çok zengin bir alan olduğundan, hidrotermal alterasyonun etkisi yol yarmalarından izlenebilmiştir. Bölgedeki dasitler alterasyonun etkisiyle yeşilimsi grimsi-beyaz, sarımsı-beyaz ve beyaz

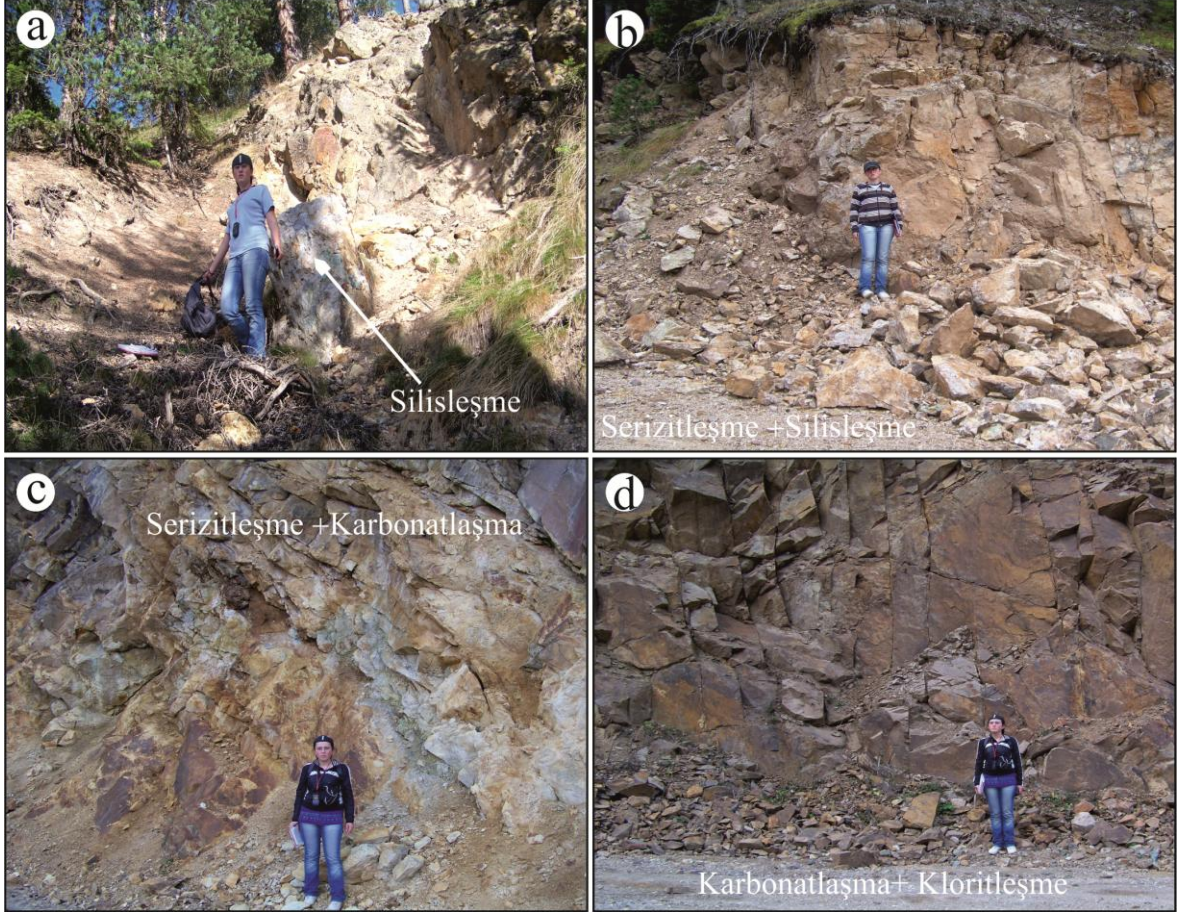
renklerde görülmektedir. İstala madeninde belirlenen alterasyonlar başlıca silisleşme, serizitleşme-killeşme, kloritleşme ve karbonatlaşmadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. İstala madeninde alterasyon zonlanmasını gösteren harita (1/2500).

Galeri girişlerinin bulunduğu kısımlarda çok yoğun bir silisleşme görülmektedir. Silisleşmiş dasitler aşırı sertleşmiş olup altere yüzeyleri kahverengi, taze yüzeyleri ise grimsi renklindedir (Şekil 3.26a). Cevherleşmeden uzaklaştıkça silisleşme sıra ile

serizitleşme-killeşme, kloritleşme ve karbonatlaşmaya geçiş gösterir. Serizitleşme ile silisleşmenin birlikte görüldüğü kayaçlarda sarımsı gri renkte görülmektedirler (Şekil 3.26b). Serizitleşmeden uzaklaştıkça alterasyon taze kayaca geçiş gösterir ve bu kayaçlarda kloritleşmeye ve karbonatlaşma belirgin alterasyonlar görülür (Şekil 3.26c ve d).



Şekil 3.26. Istala madenindeki alterasyonların arazi görünümü. a) Dasitlerdeki silisleşmenin arazi görünümü, b) serizitleşme±silisleşmenin görünümü, c) serizitleşme±karbonatlaşmanın arazi görünümü ve d) alterasyon zonun en dış kısmında görülen kloritleşme ve karbonatlaşma.

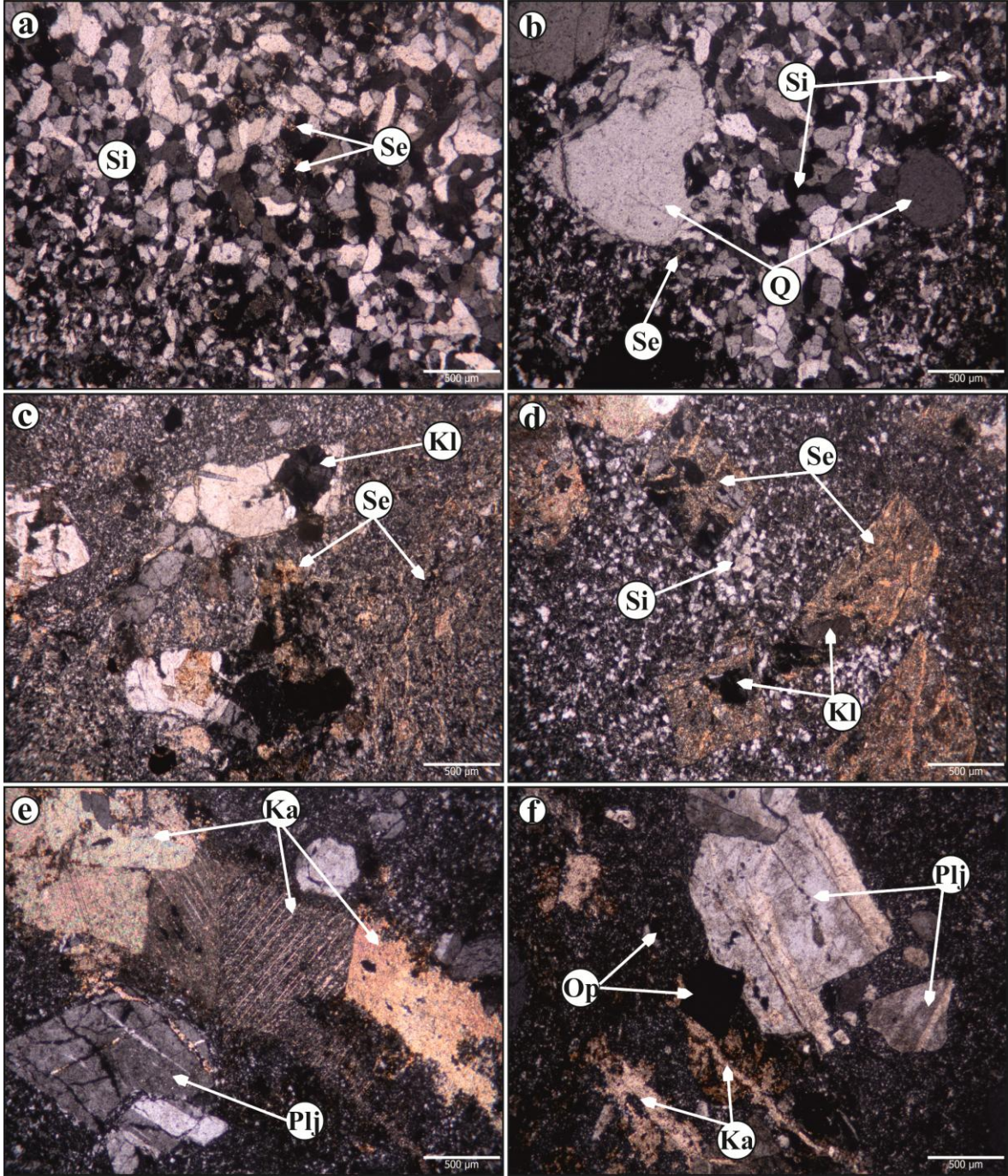
Alterasyon zonlarından alınan örneklerin mikroskopik analizlerinde dasitlerin matriksten itibaren silisleştiği görülmektedir (Şekil 3.27a). Bazı örneklerde ikincil kuvars damarları şeklinde oluşan silisleşmeler de mevcuttur (Şekil 3.27b). Silisleşmiş örneklerde kuvarsların aralarında ince serizitler bulunmaktadır. Aşırı alterasyona uğramış dasitlerde matriksten itibaren serizitleşme meydana gelmiştir. Ayrıca fenokristal olarak bulunan plajiyoklaslar da tamamen serizite dönüşmüştür. Serizitleşmiş örneklerde kuvarsların kenarlarındaki boşluklarda ve plajiyoklasların kenarlarında kloritleşmeler gözlenmiştir.

Ayrıca serizitleşmiş örneklerde yer yer silis kümeleri oluşmuştur (Şekil 3.27c ve d). Alterasyonun zonunun dış kesimlerine doğru dasitlerin ilksel özellikleri belirgin olup, bu örneklerde baskın alterasyon türü karbonatlaşma olarak belirlenmiştir. Karbonatlaşmaya daha az oranda serizitleşme de eşlik etmektedir. Bu örneklerde karbonatlaşma matriksten itibaren ve plajiyoklasların alterasyonu ile oluşmuştur. Fenokristal halindeki plajiyoklaslar alterasyondan çok az etkilenmiş olup ilksel özelliklerini korumuşlardır (Şekil 3.27e). Ayrıca damarlar şeklinde karbonat ve serizit oluşumları da bulunmaktadır. Diğer alterasyon zonlarından farklı olarak karbonatlaşmanın yoğun olduğu örneklerde öz şekilli opak mineraller gözlenmiştir (Şekil 3.27f).

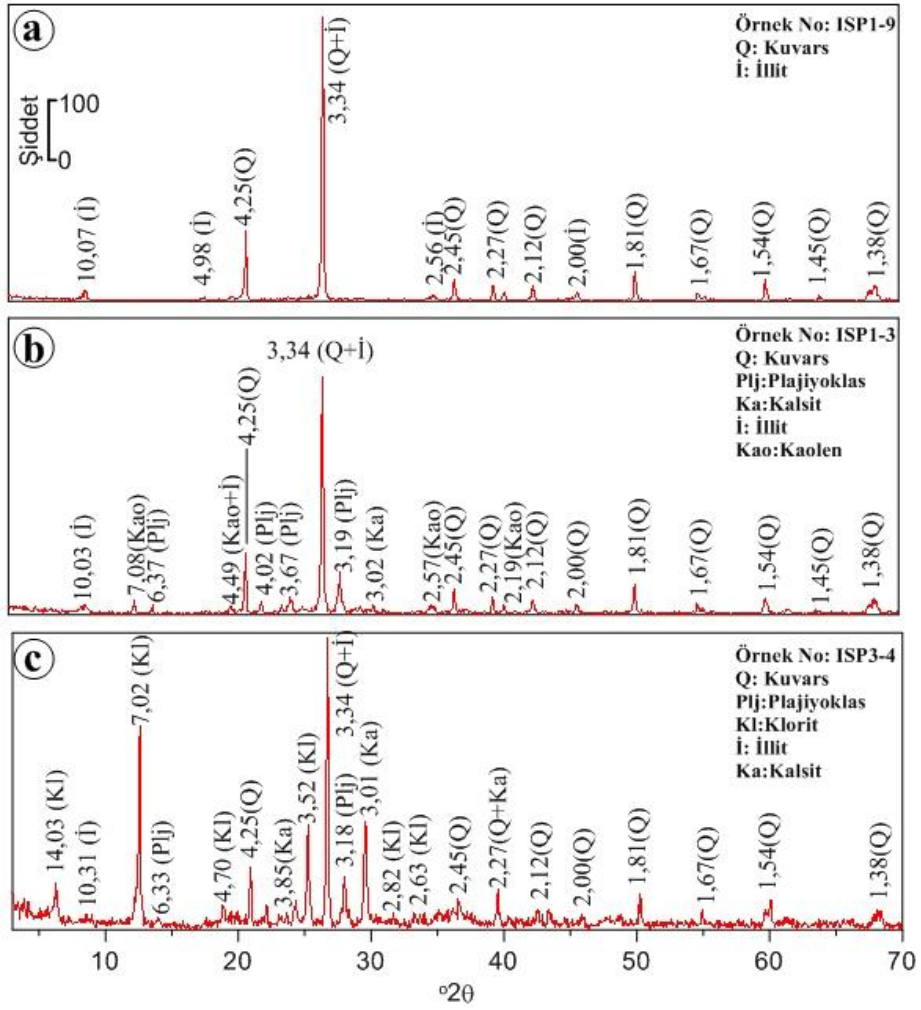
3.5.2.1. XRD Analizleri ile Hidrotermal Alterasyonun Belirlenmesi

Istala cevherleşmesi dasidik kayalar içerisinde, KD-D/GB-B doğrultulu fay hattı boyunca meydana gelmiştir. Cevherleşme yoğun silisleşme gösteren dasitler içerisinde. Istala madeninde diğer madenlerde olduğu gibi cevherleşme etrafında yoğun bir alterasyon zonu vardır. Bu alterasyon zonundaki değişimi belirlemek için cevherleşmenin doğrultusuna dik yönde oluşturulan 3 profilden toplam 27 adet örnek alınmış ve bu örneklerden analize uygun olan 12 adedinden XRD tüm kayaç analizi yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre Istala madeninin alterasyon zonu içerisinde tespit edilen kil dışı bileşenleri, kuvars, plajiyoklas ve kalsitten oluşmaktadır (Şekil 3.28a, b ve c). Belirlenen kil mineralleri ise, illit, kaolen ve klorittir. XRD tüm kayaç analizlerine göre, kuvars miktarının yoğun olduğu örnekler silisleşme örnekleri olup bir miktar da illit (serizit) içermektedirler. Silisleşme daha çok cevherleşmenin merkezinde görülmektedir. Alterasyon zonunda en yaygın kil minerali olarak illit olmasına rağmen iki örnekte kaolen türü kil minerali de belirlenmiştir. İllit ve kaolenin birlikte bulunduğu örnekler arjilik zona karşılık gelmektedir. Klorit ve kalsit içeren örnekler ise alterasyon zonunun dış kesimlerinden alınmış olup propilitik alterasyonu temsil etmektedir.



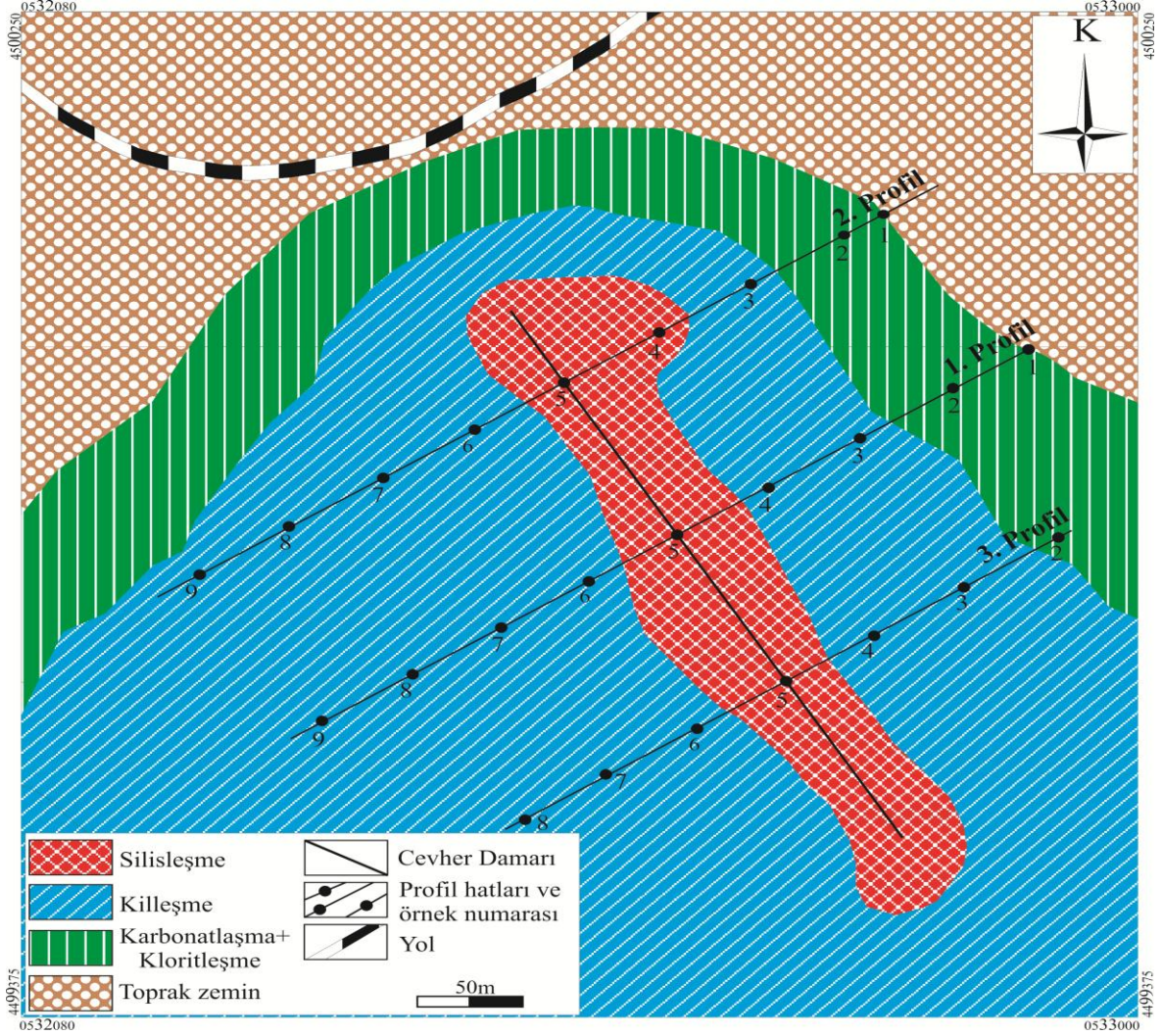
Şekil 3.27. Istala madenindeki kayalarda gözlenen alterasyonların mikroskobik görünümleri. a) Dasitik kayaların hamurdan itibaren silisleşmesi ve kuvarslar arasında kalan kalan boşluklarda serizit oluşumu, b) ikincil silis damarı ve kuvarslar boşluklarında oluşmuş serizitleşme, c) serizitleşmenin hamurdan itibaren oluşumu, d) plajiyoklas fenokristallerinin serizitleşmesi ve yer yer oluşmuş silis kümeleri, e) ilksel bileşimi belirgin olan örneklerde hamurun karbonatlaşması ve plajiyoklasların görünümü ve f) plajiyoklasların karbonatlaşması ve damar şeklinde oluşmuş karbonatlaşmaya serizitleşmenin eşlik etmesi (Si: silisleşme, Se: seerizitleşme, Ka: karbonatlaşma, Q: kuvars, Plj: plajiyoklas, Op: opak mineral).



Şekil 3.28. Istala Madeni profil hatlarından alınmış örneklerin XRD tüm kayaç difraktogramı. a) silisleşmiş dasit örneğinin, b) arjilik zondan alınan örneğin, c) alterasyon zonunun en dışından alınan kloritleşmiş örneğin XDR tüm kayaç difraktogramı.

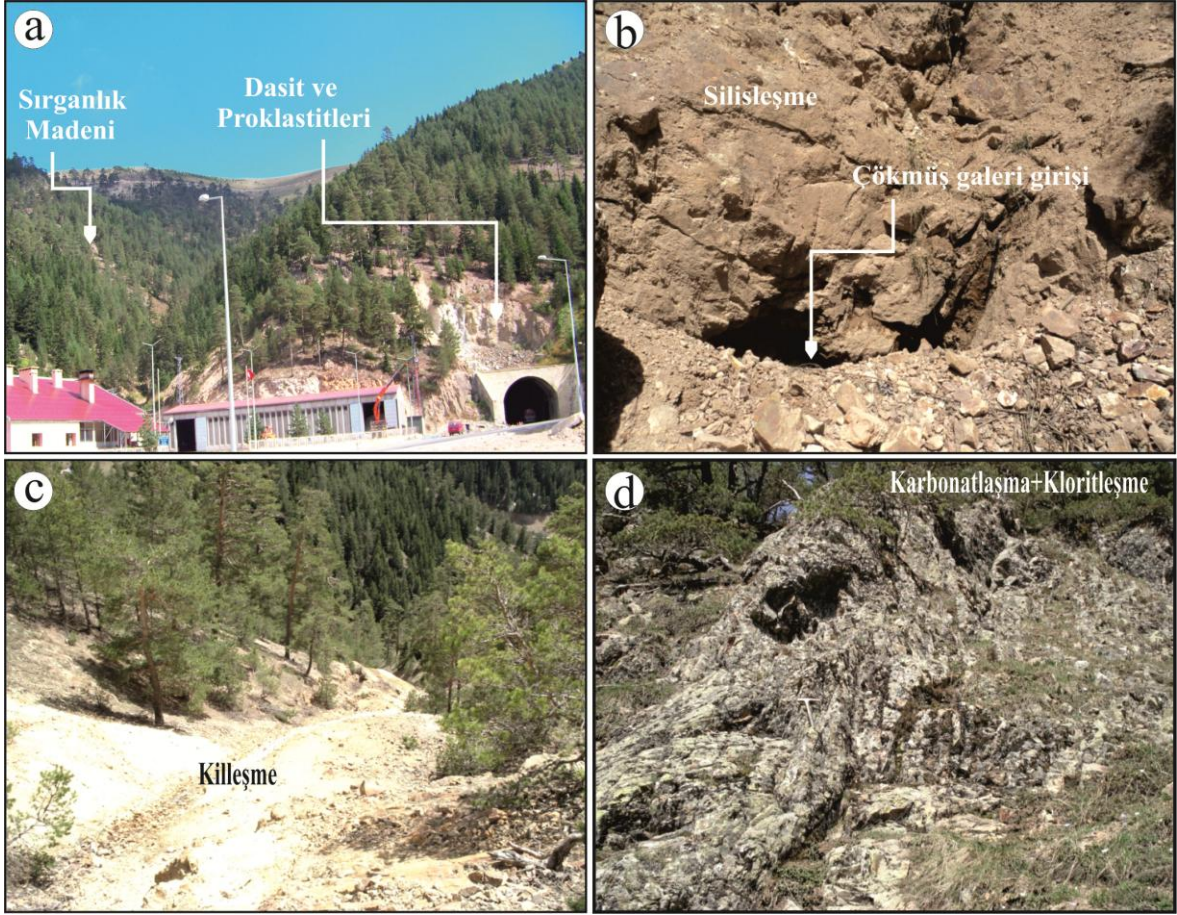
3.5.3. Sırganlık Madeninde Hidrotermal Alterasyon

Sırganlık madeni dasidik kayaçlar içerisinde yer almaktadır. Hidrotermal alterasyondan yoğun olarak etkilenen bu kayaçlarda, damar kalınlığı fazla olmadığından alterasyonun etki alanı da dardır. Sırganlık madeninde belirlenen alterasyonlar başlıca silisleşme, killeşme ve karbonatlaşma-kloritleşmedir (Şekil 3.29).



Şekil 3 29. Sırganlık madeninde alterasyon zonlanmasını gösteren harita (1/2500).

Sırganlık madeni çevresinde hidrotermal alterasyon vadi boyunca cam ağaçları ile örtülü olup genel olarak açık sarı ve beyaz renklerde görülmektedir (Şekil 3.30a). Galeri ağzı ve çevresindeki aşırı sertleşmiş dasitlerin altere yüzeyi sarımsı kahverengi görünürken taze yüzeyi beyazımsı renktedir (Şekil 3.30b). Killeşmenin yoğun olduğu bölgeler sarımsı kahverengi ve beyaz renklerde, aşırı dağınık ve toprağımsı olarak gözlenmektedir (Şekil 3.30c). Bu zonlarda ilksel kayaç özelliklerini tamamen kaybetmiştir. Killeşmiş zondan uzaklaştıkça kayaçlar grimsi renklerde olup, ilksel özellikleri belirgin olarak gözlenmektedir. Bu kayaçlarda karbonatlaşma ve kloritleşme yaygın olarak görülmektedir. Genel olarak arazide kahverengi-yeşil, bazen de gri renklerde görülmektedir. Ancak kayacın ilksel dokusunda çok fazla bir değişim olmaz. (Şekil 3.30d). Hidrotermal çözeltilerden farklı derecede etkilenen bu kayaçların alterasyon türlerini belirlemek amacıyla altere örneklerden yapılan ince kesitler mikroskopta incelenmiştir.



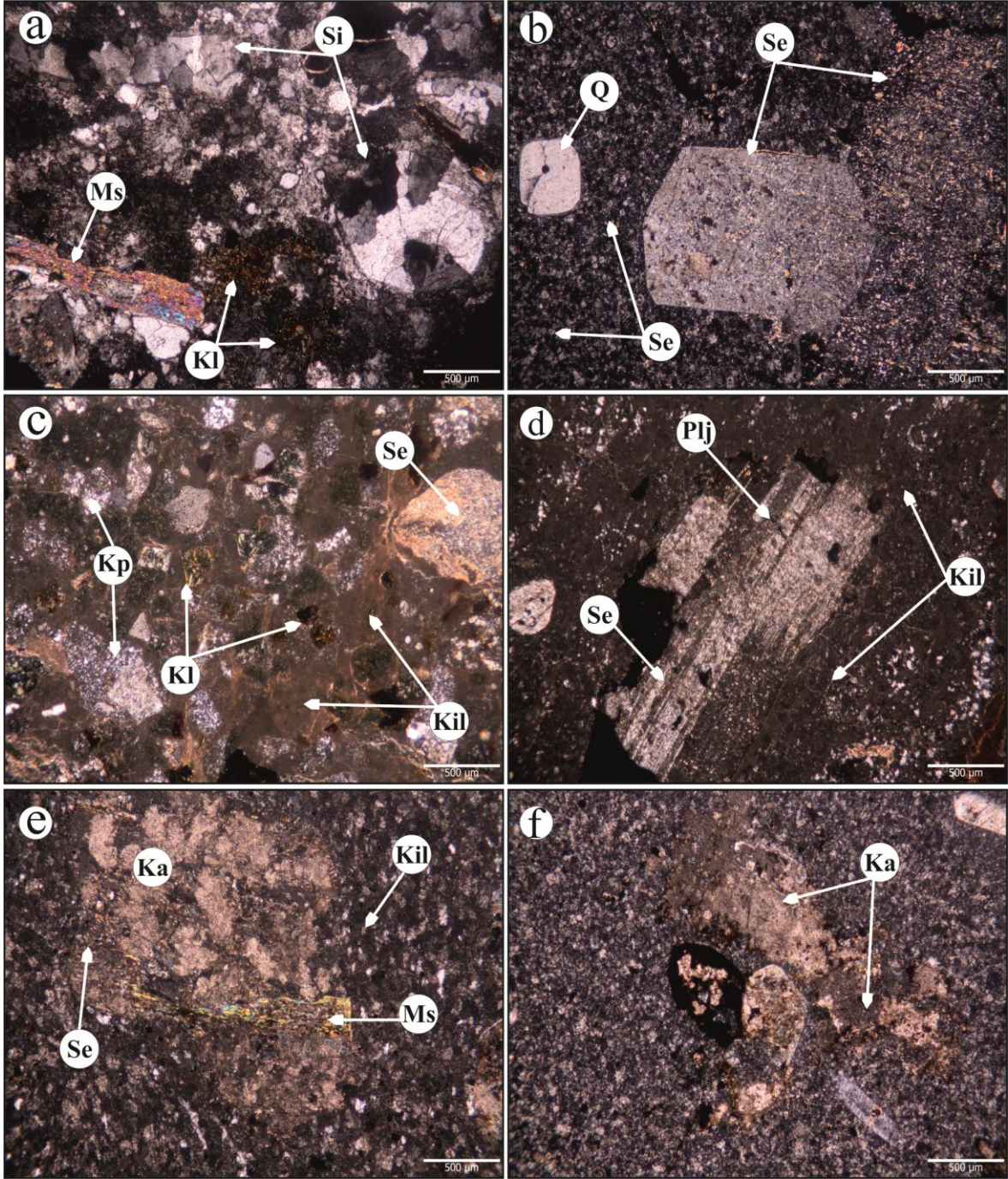
Şekil 3.30. Sırganlık madenindeki alterasyonların arazi görünüşleri. a) Sırganlık madenin Zigana tüneline göre konumu ve dasitlerin hidrotermal alterasyon sonucu grimsi beyazımsı rengi, b) yoğun olarak galeri girişlerinde görülen silisleşme, c) dasitlerdeki killeşmenin genel görünümü ve d) alterasyonun en dış zonunda görülen karbonatlaşma ve killeşme.

İnce kesitlerde alterasyonlar bolluk sırasına göre silisleşme, serizitleşme, killeşme ve daha az oranda da karbonatlaşma ile kloritleşme şeklinde gözlenmiştir. Sırganlık madeninde Silisleşme, cevher damarlarının etrafında, dasitlerin silis bakımından zenginleşmesi ile meydana gelmiştir. İnce kesitlerde matrixden itibaren bir silisleşme ve yer yer ince kuvars damarları şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3.31a). Serizitleşmiş alanlardan alınan örneklerin mikroskopik incelemelerinde serizitin; plajiyoklas fenokristallerinin ve matriksteki mikrolitler halindeki plajiyoklas minerallerinin ayrışma ürünü olarak oluştuğu görülmüştür (Şekil 3.31b). Killeşme en yaygın görülen alterasyon olup ince kesitlerde kahverengi olarak gözlenmektedir (Şekil 3.31c ve d). Ayrıca killeşmeye serizitleşme ve kloritleşmede eşlik etmektedir. Killerin türü ince kesitlerde belirlenememiş olup XRD analizlerinde simektit olarak belirlenmiştir. Kloritleşme

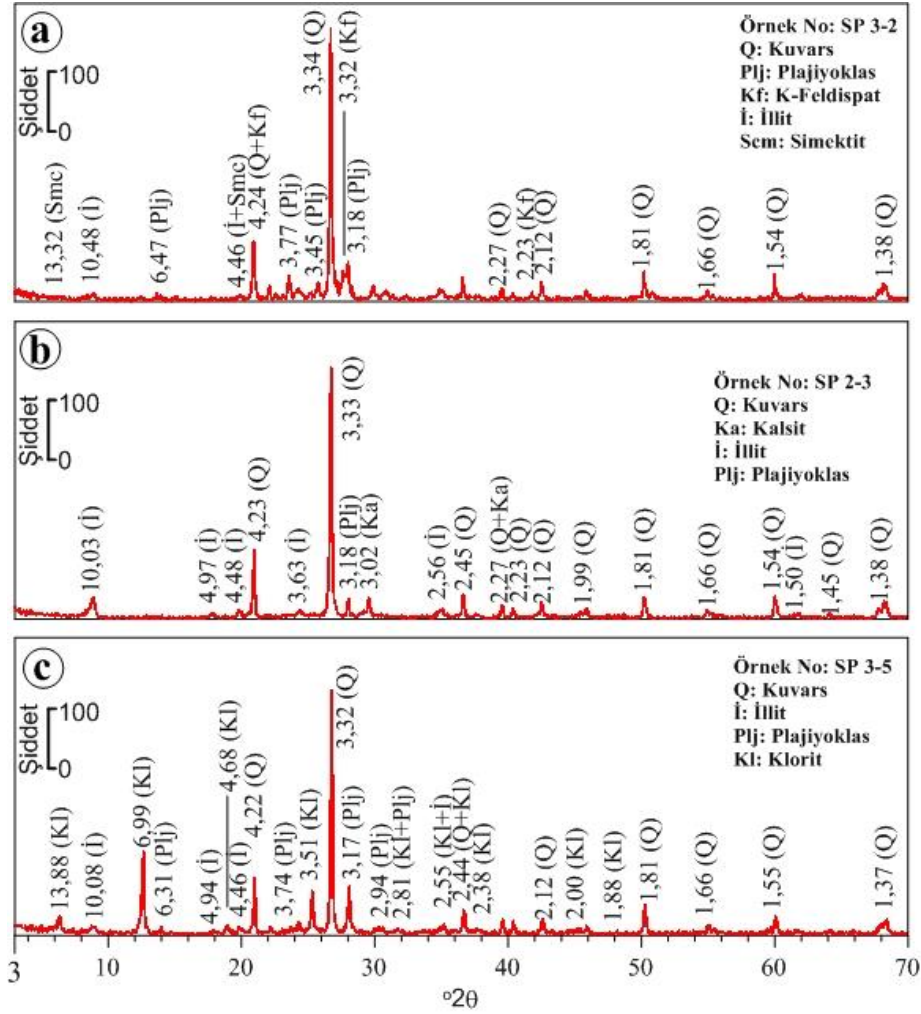
inceleme alanında cevher damarlarına göre alterasyon zonunun en dış kesimlerinde bulunmaktadır. Mikroskopik incelemelerde kloritler; plajiyoklas ve mafik minerallerin ayrışma ürünü olarak oluşmuştur. Tek nikolde yeşil rengi ile kolayca tanınır. Çapraz nikolde kloritler yeşilimsi sarı renkleri ve sferülitik dokusuyla karakteristiktir. Kayaçlarda kloritlerin matriksten itibaren oluştuğu da görülmüştür. Bu durumda matriksi oluşturan cam ve plajiyoklas gibi mineraller klorite dönüşmüştür (Şekil 3.31c). Mikroskopik incelemelerde karbonatlar, dasidik kayaçlarda matrikste ve plajiyoklas ile mafik mineral fenokristallerinin ayrışma ürünü olarak oluşmaktadır (Şekil 3.31e ve f) Bazı örneklerde karbonatlaşmaya, serizitleşme ve killeşmenin de eşlik ettiği görülmüştür (Şekil 3.31e).

3.5.3.1. XRD Analizleri ile Hidrotermal Alterasyonun Belirlenmesi

Sırganlık cevherleşmesinde, dasitler içerisindeki kırık zonlarına yerleşmiş olan cevher damarlarının doğrultusuna dik yönde belirlenen 3 profil hattı boyunca 27 adet altere kayaç örneği alınmıştır. Alınan bu örneklerin makroskopik ve mikroskopik incelemeleri yapılarak benzer örneklerin belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Böylelikle birbirleri ile aynı olan örnekler elenerek analiz edilecek örnek sayısı azaltılmıştır. Bu şekilde analize uygun olarak seçilen 8 adet altere kayaç örneğinden tüm kayaç XRD analizi yapılmış ve tüm kayaç nicel yüzde mineralojik bileşimleri hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Sırganlık madeninin alterasyon zonu içerisinde tespit edilen kil dışı bileşenleri, kuvars, plajiyoklas, K-felspat ve kalsit oluşturmaktadır (Şekil 3.32a, b ve c). Belirlenen kil mineralleri ise, illit, simektit ve klorittir. İllit alterasyon zonunda en bol bulunan kil minerali olup cevherli zona yaklaştıkça miktarı artmaktadır. Cevherli zondan dış zona doğru gidildikçe illite, simektit grubu kil mineralleri ve klorit eşlik etmektedir. Alterasyon profiline ve mineral birlikteliğine bakıldığında arjilik zondan propilitik zona doğru bir geçiş söz konusudur. XRD tanımlamalarında kil minerallerinin belirlenmesinde illitlerin, 10Å, 5Å ve 3,3Å'daki pikleri kullanılmıştır. İllitlerin 3,3Å piki genellikle kuvarsın 3,34Å'daki piki ile çakıştığı için çok kullanışlı değildir. Simektitlerin XRD tanımlamalarında (001) pikindeki değişimler referans alınmıştır. (001) piki 13,32 ilâ 15,91 arasında, kloritlerin (001) piki 6,99 ila 7,02 arasında değişmektedir. Kloritler ile kaolenlerin birbirinden ayrılmasında kaolenlerin 3,57Å, kloritlerin 3,52Å'daki pikleri kullanılmıştır (Biscaye, 1965).



Şekil 3.31. Sırganlık madenindeki kayalarda gözlenen alterasyonların mikroskobik görünümleri. a) Dasitlerin matriksten itibaren ve ince damarcıklar şeklinde silisleşmesi, b) matrikstekki plajiyoklas mikrokrastallerinin ve fenokristallerinin alterasyonu sonucu oluşan serizitleşmenin görünümü, c) sfelüritik dokusuyla karakteristik kloritlerin hamurdan itibaren oluşumu ve killeşmenin görünümü, d) plajiyoklas fenokristali üzerindeki serizitleşme ile hamurdaki killeşme, e) hamurdaki killeşme ile karbonatlaş ve serizitleşme ve f) plajiyoklas ve mafik minerallerin ayrışması ürünü olarak oluşan karbonatlaşma (Si: silisleşme, Ms: muskovit, Kl: klorit, Se: serizit, Kil: Killeşme, Ka: karbonatlaşma, Kp: kayaç parçası, Plj: plajiyoklas).



Şekil 3.32. Sırganlık madeni profil hatlarından alınmış örneklerin XRD tüm kayaç difraktogramı. a) Alterasyon zonunda 3. profilin dış kesimlerinden alınan illit ve simektitce zengin örneğin, b) 2. profiline ait cevher damarına yakın kesinden alınan illitçe zengin örneğin ve c) 3. profilin dış zonlardan alınan illit ve kloritce zengin örneğin XRD tüm kayaç difraktogramı.

3.6. Hidrotermal Alterasyonda Yanal Değişim

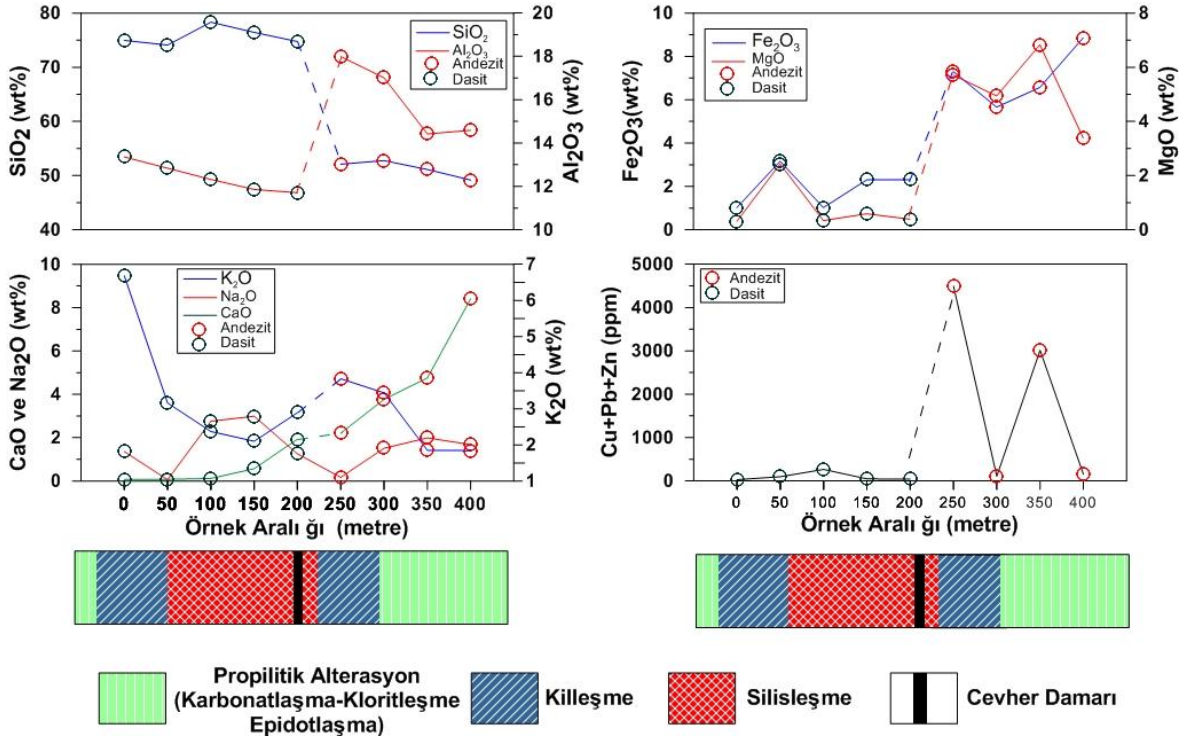
Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerinde alterasyonun yanıl değişimini belirleyebilmek için her bir madenden cevher damarlarının doğrultusuna dik yönde oluşturulan 3 er adet profilin her birinden 50m aralıklarla 9 ar tane örnek alınmıştır. Bu örneklerin makroskobik, mikroskobik ve XRD analizlerine göre bileşim olarak aynı olanları belirlenmiş ve örneklerin gruplandırılması yoluna gidilmiştir. Böylece kimyasal

analize gönderilen örneklerin tüm profilleri yansıtması sağlanmıştır. Bu örneklerin kimyasal analiz sonuçları Ek Tablo 13'te verilmiştir. Analiz edilen örneklerin damara dik yönde (yanal olarak) alterasyon değişimlerinin incelenmesi, hidrotermal çözeltilerin yan kayaçta var olan kırık zonlarını takip ederken yol açtıkları etkilerin belirlenmesini sağlamaktadır. Bunun için grafiksel gösterime, damara dik yönde alterasyon değişimini de gösteren bir profil ilave edilmiştir.

3.6.1. Eskiköy Madeni Hidrotermal Alterasyondaki Yanal Değişim

Eskiköy madeninde cevher damarı dasitik kayaçlar ile andezitik kayaçların dokanağında bulunmaktadır. Bu nedenle cevher damarı etrafında alterasyonun etkisi bu iki tür kayaçta farklılık göstermektedir. Birinci ve ikinci profilde yer alan altere örneklerin birbirleri ile benzer ve farklı olanları belirlenerek tek bir profile indirilmiştir. Bu profili yansıtan örneklerin analiz sonuçlarına göre element değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Cevher damarı örnekleme profilinin 5. ve 6. noktalar arasına denk gelmektedir (Şekil 3.33). Bu profilde cevher damarının konumuna bağlı olarak çizilen $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ değişim grafiğinde, hidrotermal alterasyon sonucu SiO_2 ve Al_2O_3 arasında ters bir ilişki görülmektedir. Dasidik kayaçlarda bir miktar silis artışı görülürken andezitik kayaçlarda belirgin bir değişim olmamıştır. Benzer şekilde dasidik kayaçlarda silisin artış bağlı olarak Al_2O_3 azalmıştır. $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ değişim diyagramında, Fe_2O_3 ve MgO 'in benzer şekilde hareket ettikleri görülmektedir. Fe_2O_3 ve MgO artışı andezitlerde dasitlere oranla daha belirgindir. Andezitler dasitere göre alterasyondan daha az etkilenmişlerdir. Andezitik örneklerde Fe_2O_3 ve MgO artışı daha çok kloritleşmeyi temsil etmektedir. Benzer şekilde bu örneklerin mikroskopik ve XRD analizlerinde yoğun olarak kloritleşme ve karbonatlaşma gözlenmiştir (Şekil 3.23c, e ve f). Na_2O ve $\text{CaO-K}_2\text{O}$ değişim diyagramında, Na_2O ve CaO arasında pozitif ilişki varken, K_2O miktarı ise Na_2O ve CaO 'e göre negatif yönseme göstermektedir. K_2O ise Na_2O ve CaO 'dan farklı olarak cevherleşmenin merkezinde artış gösterirken dış zonlara doğru azalmaktadır. K_2O 'daki bu değişim dasidik kayaçlarda andezitik kayaçlara nazaran daha fazla olup serizitleşmeyi göstermektedir. Ayrıca bu dasidik örneklerin mikroskopik ve XRD analizlerinde yoğun olarak serizitleşme, andezitik kayaçlarda ise kloritleşme gözlenmiştir (Şekil 3.23b ve c). Cu-Pb-Zn elementlerine göre çizilen değişim diyagramlarında bu elementlerin yan kayaçta

değişik miktarlarda bulunduğu ancak cevher damarının merkezine yakın örneklerde (6. nokta) yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 3.33).

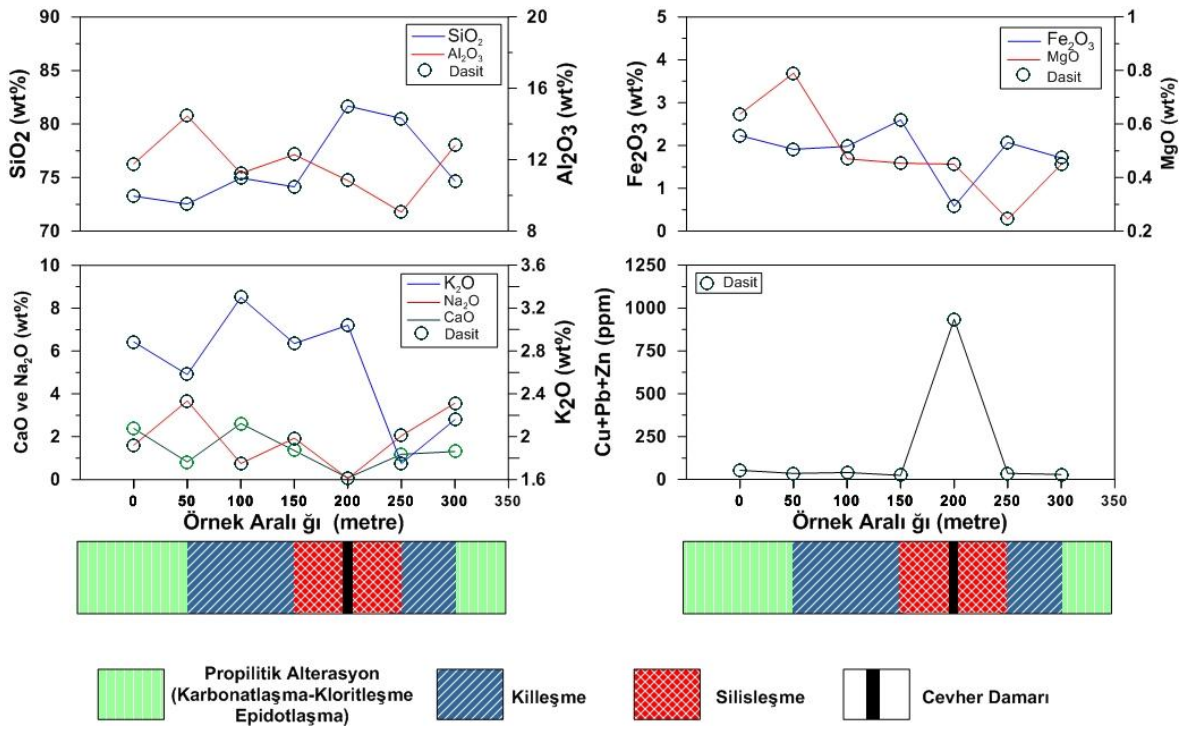


Şekil 3.33. Eskişehir madeninde cevher damarına dik yönde oluşturulan 3 profil hattı boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre yanıl değişimi.

3.6.2. İstala Madeni Hidrotermal Alterasyondaki Yanıl Değişim

Dasitik kayalar içerisinde bulunan İstala madeninde, cevher damarına dik yönde oluşturulan üç profil hattı boyuca 50m aralıklı toplam 27 örnek alınmıştır. Alınan bu örneklerin mikroskopik incelemeleri sonucunda benzer örnekler elenerek tek bir profile düşürülmüş ve bu örneklerden kimyasal analiz yapılmıştır (Ek Tablo 14). Elde edilen kimyasal analiz sonuçları ile İstala madeninin hem ana oksit bileşenlerinin hem de elementlerin (Pb+Zn+Cu) yanıl değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. İstala madeni yanıl değişiminde cevher damarı 5. noktaya denk gelmektedir (Şekil 3.34). Oluşturulan SiO₂ ve Al₂O₃'ün değişim diyagramında, SiO₂'deki artışa bağlı olarak Al₂O₃'de azalma meydana gelmektedir. Cevher damarının bulunduğu noktada silisleşme en yüksek değere ulaşırken Al₂O₃ azalmaya devam etmektedir. Cevher damarına yakın bölgelerde silisleşmenin varlığı hem arazi hem de mikroskopik olarak gözlenmesi bu durumu

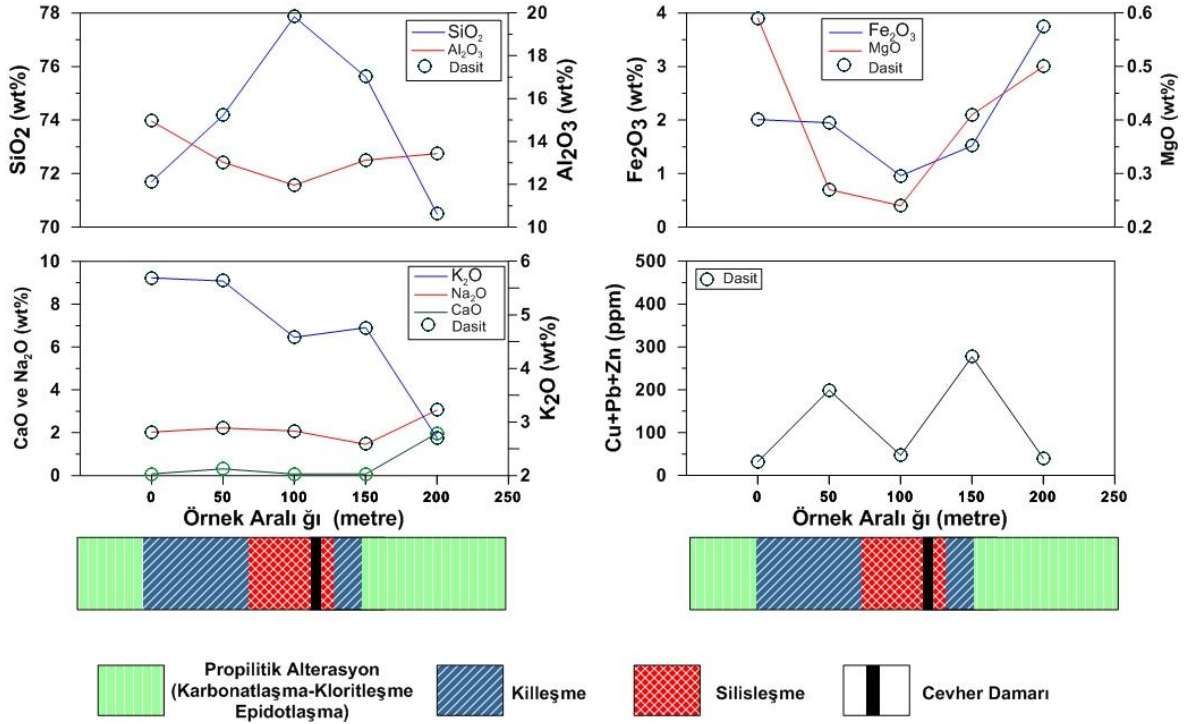
desteklemektedir (Şekil 3.27a ve Şekil 3.28a). Fe_2O_3 - MgO değişim diyagramında, MgO 'da cevher damarının olduğu yerde belirgin bir değişim görülmemektedir. Fakat dış zonlara doğru Fe_2O_3 artışı, XRD verileri ve mikroskobik incelemeler sonucunda kloritin varlığı tespit edildiğinden MgO 'da ki bu farklılık göz ardı edilebilir (Şekil 3.34). Na_2O ve CaO - K_2O değişim diyagramında, nispeten Na_2O ve CaO arasında pozitif ilişki varken, Na_2O ve CaO 'e göre K_2O negatif yönseme göstermektedir. K_2O miktarı Na_2O ve CaO 'dan farklı olarak cevherleşmenin merkezinde artış gösterirken dış zonlara doğru azalmaktadır. K_2O 'daki bu değişim serizitleşmeyi göstermektedir. Ayrıca bu örneklerin mikroskobik ve XRD analizlerinde yoğun olarak serizitleşme ve kloritleşme gözlenmiştir (Şekil 3.28c ve d ve Şekil 3.29). Cu - Pb - Zn elementlerine göre çizilen değişim diyagramlarında bu elementlerin cevher damarının olduğu noktada en yüksek değerine ulaşmışken dış zonlara doğru gidildikçe bu değer azaldığı görülmektedir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. İstala madeninde cevher damarına dik yönde oluşturulan 3 profil hattı boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre yanal değişimi.

3.6.3. Sırganlık Madeni Hidrotermal Alterasyondaki Yanal Değişim

Sırganlık madeninde alterasyon profilleri ikinci ve üçüncü profiller birleştirilerek oluşturulmuştur. Dasitik kayaçlar içerisinde bulunan cevher damarı bu profillerde 5. ve 6. noktaların arasındadır. Cevher damarından dış zonlara doğru alınan altere kayaç örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre cevher damarının merkezinde SiO_2 miktarında bir artış varken, merkezden dışa doğru ise bir azalış söz konusudur. Bu durum cevherleşmenin merkezinde silisleşmenin varlığını göstermektedir (Şekil 3.34). Cevher damarının merkezinden alınan örneklerin arazi gözlemlerinde oldukça sert olmaları ve mikroskobik tayinlerde dasitik örneklerde aşırı kuvarsın varlığı bu örneklerde silisleşmeyi göstermektedir (Şekil 3.30b ve Şekil 3.31a). SiO_2 ve Al_2O_3 değişim diyagramında SiO_2 'deki artışa bağlı olarak Al_2O_3 'de azalma meydana gelmektedir. CaO ve Na_2O miktarları grafiksel olarak birbirine benzerdir. Her ikisinde cevherleşmenin merkezinde azalırken dışarı doğru artış göstermektedir. Bu durum Ca ve Na'un yan kayaçtan hidrotermal çözeltilerin etkisiyle yıkandığının göstergesidir. Buna karşılık K_2O miktarında ise cevherleşmenin merkezinde artış gözlenmektedir. K hidrotermal çözeltilerin etkisiyle ortamdaki yıkanan Ca ve Na'un yerini alarak serizitleşmeye neden olmuştur. Bu durum ince kesitlerde görülen serizitleşmeyi desteklemektedir (Şekil 3.31b). Profiller boyunca alınan altere kayaç örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ile oluşturulan grafiklere göre CaO , MgO ve Fe_2O_3 miktarları cevherleşmenin dışına doğru artış göstermektedir. Bu elementlerdeki artış ince kesitlerde de gözlenen karbonatlaşma ve kloritleşme ile ilişkilidir (Şekil 3.31e ve f). Cu, Pb ve Zn elementlerine göre çizilen kimyasal değişim grafiklerinde profil boyunca alterasyonun merkezinde bu elementler artış göstermekte olup, bu artışlar cevherleşmenin merkezini de göstermektedir (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Sırganlık madeninde cevher damarına dik yönde oluşturulan 3 profil hattı boyunca toplanan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre yanıl değişimi.

3.7. İzotop Jeokimyası

3.7.1. Duraylı İzotop Jeokimyası

Duraylı izotoplar (S, O, D) cevherleşmenin oluşumunda etkili olan fiziksel ve kimyasal olayların belirlenebilmesinde oldukça önemli bilgiler elde edilmesini sağlarlar (Hoefs, 1987; Rye ve Ohmoto 1974; Ohmoto ve Rye, 1979; Ohmoto, 1986; O'Neil, 1986; Faure, 1986). Bu amaçla; cevheri oluşturan bileşenlerin kaynağı belirlemek için kükürt izotopları ($\delta^{34}\text{S}$), çözeltilerin kökeni belirlemek için ise oksijen ve hidrojen izotop ($\delta^{18}\text{O}$, D) çalışmaları yapılmıştır. Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerinden kükürt izotopu için sülfid ve sülfat mineralleri, oksijen ve hidrojen izotopları için ise, kuvars, barit ve sfalerit seçilmiştir.

Binoküler mikroskop yardımı ile seçilen sülfid, kuvars ve barit mineralleri Queen's Üniversitesi (Kanada), Queen's Facility For Isotope Research' da yapılmıştır. Mineral saflaştırma yöntemi ve analiz yöntemi Bölüm 2'de detaylı olarak anlatılmıştır.

3.7.1.1. Kükürt İzotop Jeokimyası

3.7.1.1.1. Eskiköy Madeni

Eskiköy yatağında bulunan cevher minerallerini oluşturan kükürtün kaynağını belirlemek amacıyla sülfid (kalkopirit, sfalerit, galen) minerallerinden izotop analizleri yapılmıştır. Mineral ayrımı esnasında minerallerin %100 saflıkta olanları seçmeye dikkat edilmiş olup, EC-2 örneğinden kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinden birer adet seçilmiştir. Sfalerit minerallerinde görülen renk farklılıkları seçilirken dikkate alınmamış ve sonuçları diğer seçilen minerallerle birlikte Tablo 3.15’de verilmiştir. Sülfid minerallerinde elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri %2,1-%4,2 arasında dar bir aralıkta değişim göstermektedirler. Tablo 3.15’de görülen analiz sonuçlarına göre, $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerleri kalkopirit için %4,2, sfalerit için %3,7 ve galen için %2,1 değerlerindedir (Şekil 3.36).

3.7.1.1.2. Istala Madeni

ISG-3 örneğinden seçilen sülfat (barit) ve sülfid (kalkopirit ve sfalerit) olmak üzere üç sülfürlü mineral analiz edilmiş olup sonuçları Tablo 3.15’de verilmiştir. Eskiköy madeninde olduğu gibi Istala madeninde de mineraller seçilirken renk farklılıkları dikkate alınmamıştır. Tablo 15’de görüleceği gibi, sülfid minerallerinin dar bir aralıkta değişim gösterirken sülfat minerali olan barit ise sülfid minerallerine kıyasla daha yüksek bir değer sunmaktadır. Bu değerler, kalkopiritin için $\delta^{34}\text{S}$ değeri %2,3, sfalerit için $\delta^{34}\text{S}$ değeri %1,9 ve barit için $\delta^{34}\text{S}$ değeri %21,0 değerindedir (Şekil 3.36).

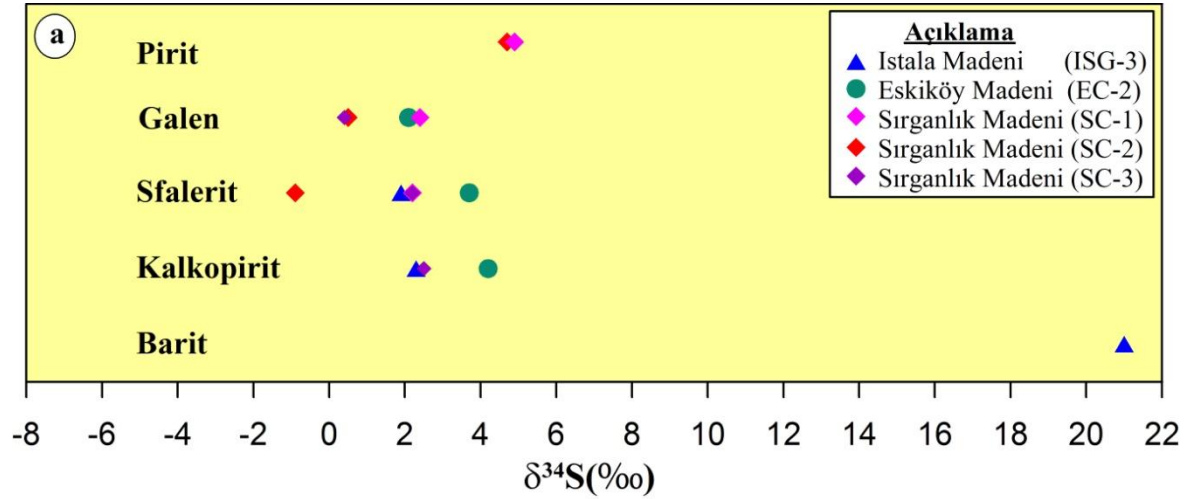
3.7.1.1.3. Sırganlık Madeni

Sırganlık cevherleşmesinden SC-1, SC-2, SC-3 örneklerinden pirit, galen, sfalerit ve kalkopirit olmak üzere 9 sülfid minerali analiz edilmiş olup sonuçları Tablo 3.14’de verilmiştir. Sırganlık madeni kalkopirit %2,5, sfalerit %0,9-2,2, pirit %4,9-4,7 ve galen %0,4-2,4 arasında değişen değerlere sahiptir. Sadece SC-2 örneğinden seçilen sfalerit mineraline ait kükürt izotop değeri (%0,9) dışındaki analiz sonuçları birbirleri ile uyum

göstermektedir. Sfalerit mineralinde görülün bu uyumsuzluk muhtemelen analitik bir hatadan ya da örnek seçimi esnasında bu mineralin yeterince saflaştırılmamasından kaynaklanmaktadır. Sırganlık madeninden seçilen pirit, sfalerit, kalkopirit ve galen minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri birbirleri ile benzerlik göstermekte ve dar alan içerisinde dağılım göstermektedirler (Şekil 3.36).

Tablo 3.14. Eskiköy, Istala ve Sırganlık yataklarındaki sülfidli ve sülfatlı minerallerin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotopik bileşenleri (ISG-3: Istala madeni galeri örneği, EC-2: Eskiköy madeni cevher örneği, SC-1, SC-2 ve SC-3: Sırganlık madeni cevher örnekleri).

Örnek No	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)				
	Barit	Kalkopirit	Sfalerit	Galen	Pirit
ISG-3	21,0	2,3	1,9	-	-
EC-2	-	4,2	3,7	2,1	-
SC-1	-	-	2,2	2,4	4,9
SC-2	-	-	-0,9	0,5	4,7
SC-3	-	2,5	2,2	0,4	-



Şekil 3.36. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinden seçilen sülfid mineralleri; pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve sülfat minerali olan baritten elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değerleri.

3.7.1.2. Oksijen ve Hidrojen İzotop Jeokimyası

3.7.1.2.1. Eskiköy Madeni

Eskiköy maden yatağının kökenini belirlemek amacıyla EC-2 örneğinden sfalerit minerali seçilmiş ve oksijen ($\delta^{18}\text{O}$) ve hidrojen (δD) izotop analizi yapılmıştır (Tablo 3.16). Sfalerit mineralinin oksijen ve hidrojen izotopları sfalerit içerisindeki sıvı kapanımlardan yapılmıştır. Sfaleritin $\delta^{18}\text{O}$ değerinin ‰3,8 ve δD değerinin ‰-17 olduğu görülmektedir (Şekil 3.37a ve b).

3.7.1.2.2. Istala Madeni

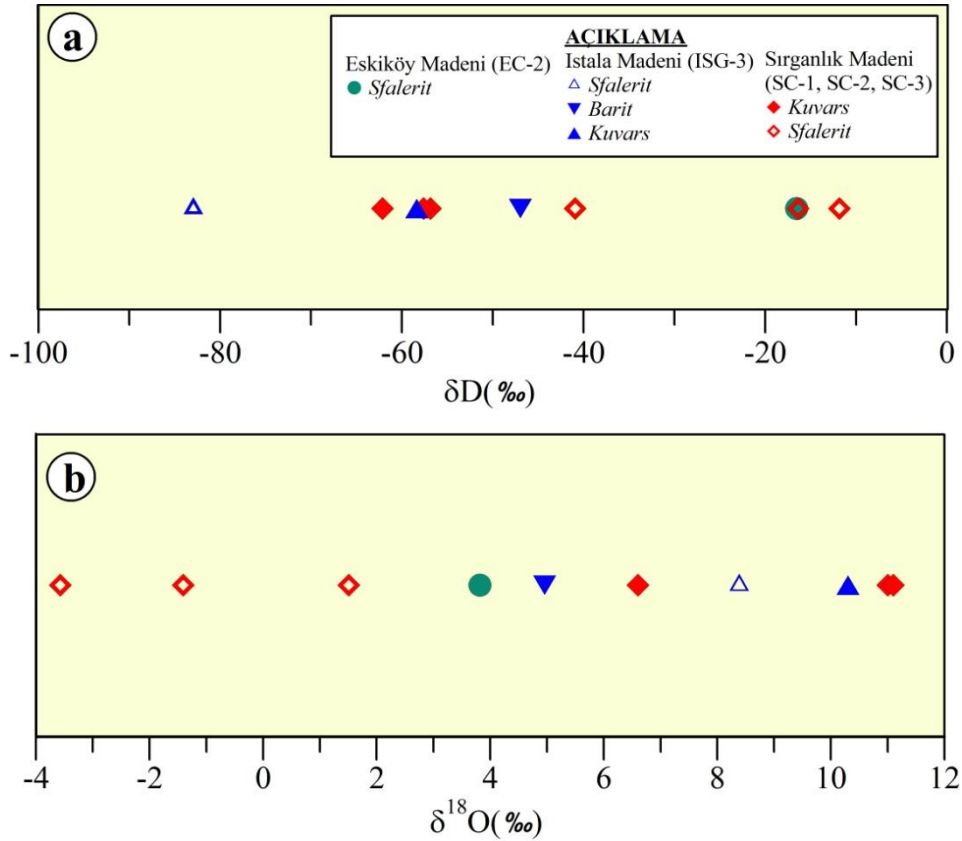
Istala madeninde barit, kuvars ve sfalerit mineralleri seçilmiştir. Kuvars, sfalerit ve barit minerallerinin δD analizleri mineraller içerisindeki sıvı kapanımlardan yapılmış olup analiz sonuçları Tablo 3.16 'de verilmiştir. Barit, kuvars ve sfalerit minarelerinden elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ değeri sırası ile ‰5,0, ‰10,3 ve ‰8,4, δD değeri ise sırasıyla ‰-47, ‰-58 ve ‰-83'tür (Şekil 3.37a ve b).

3.7.1.2.3. Sırganlık Madeni

Sırganlık madeninden seçilen üç kuvars ve üç sfalerit örneğinden oksijen ve hidrojen izotop analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 3.15'de verilmiştir. SC-2 örneğine ait kuvars mineralinden elde edilen sonuç muhtemelen örnek ayrımı esnasında, saf kuvars seçilmemesinden hatalı sonuç vermiştir. Bu durumda, SC-2 örneğine ait kuvars örneğini dâhil etmezsek kuvars örneklerinden elde edilen değerler dar bir aralıkta toplandığı görülür. Kuvars örnekleri ait +10,3 ilâ +11,1(‰) arasında değişim göstermekte, değerleri ise -58 ilâ -62,0(‰) arasında değişmektedir (Şekil 3.37a ve b).

Tablo 3.15. Istala, Eskiköy ve Sırganlık yataklarındaki analiz edilen minerallerin $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ ve $\delta\text{D}(\text{‰})$ izotop sonuçları (ISG-3: Istala madeni galeri örneği, EC-2: Eskiköy madeni cevher örneği, SC-1, SC-2 ve SC-3: Sırganlık madeni cevher örnekleri).

Örnek No	Mineral	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$	$\delta\text{D}(\text{‰})$
ISG-3	Barit	5,0	-47
	Kuars	10,3	-58
	Sfalerit	8,4	-83
EC-2	Sfalerit	3,8	-17
SC-1	Kuars	11,0	-62,0
	Sfalerit	-1,4	-41
SC-2	Kuars	6,6	-57
	Sfalerit	1,5	-12
SC-3	Kuars	11,1	-58
	Sfalerit	-3,6	-16



Şekil 3.37. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinde seçilen kuvars, sfalerit ve barit minerallerine ait a) hidrojen izotop değeri (δD) ve b) oksijen izotop değerleri ($\delta^{18}\text{O}$) değerleri.

3.7.2. Radyojenik İzotop Jeokimyası

Bu çalışmada, radyojenik izotop olarak sadece kurşun izotopları çalışılmıştır. Kurşun izotopları, mineralizasyonun yaşını ve cevherleşmeyi oluşturan kaynak kayanın özelliği hakkında bilgi elde etmek için kullanılır (Zartman ve Stacey, 1971).

Bioküler mikroskop yardımı ile seçilen galen örnekleri Activation Laboratories LTD. ‘Geochronology and Isotopic Geochemistry’ laboratuvarında TIMS yöntemiyle yapılmış olup mineral ayırma ve analiz yöntemi Bölüm 2’de detaylı olarak anlatılmaktadır.

Eskiköy madeninde EC-2 örneğinden seçilen galen mineralinden elde edilen kurşun izotop oranları $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ’dir. Analiz edilen izotop oranlarına ait değerler ve bu değerler sırası ile 18,605, 15,717 ve 38,905’tir.

Istala madeninden galen minerali seçilemediğinden kurşun izotop analizi yapılamamıştır.

Sırganlık madeninden üç örnekten (SC-1, SC-2 ve SC-3) kurşun analizi için galen mineralleri seçilmiş olup bu değerler Tablo 3.16’de verilmiştir. Bu değerlerden SC-1 örneğine ait galen mineralinden elde edilen sonuç muhtemelen örnek ayırımı esnasında, saf galen seçilememesinden hatalı vermiştir. SC-1 örneğine ait değerler dışında diğer oranlar birbirleri ile uyumlu olup $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarının ortalama değerleri sırası ile 18,587, 15,689 ve 38,812’dir.

Tablo 3.16. Eskiköy ve Sırganlık yataklarındaki analiz edilen galen minerallerin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop sonuçları (EC-2: Eskiköy madeni cevher örneği, SC-1, SC-2 ve SC-3: Sırganlık madeni cevher örnekleri, my: milyar yıl).

Örnek No	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
EC-2	18,605	15,717	38,91
SC-1	18,773	15,945	39,68
SC-2	18,607	15,713	38,89
SC-3	18,567	15,665	38,73

3.8. Sıvı Kapanım Jeokimyası

Sıvı kapanımlar, maden yataklarının oluşumunda rol oynayan fizikokimyasal olayların, yataklanma evrelerinin ve yatağın jenezinin anlaşılmasında önemli veriler sağlamalarından dolayı maden yataklarında oldukça önem taşırlar. Sıvı kapanım çalışmalarında, kapanımların tanımlanması ve sınıflandırılması elde edilecek verilerin yorumlanmasında büyük bir öneme sahiptirler. Bu amaçla, sıvı kapanımlar oluşumları ve bileşimlerine göre birçok araştırmacı tarafından değişik şekillerde tanımlanmışlardır (Roedder 1984; Shepherd vd., 1985; Samson ve Russel, 1987; Kiliyas vd., 1996; Wilkinson, 2001).

Çalışma alanlarından, Eskiköy maden yatağından cevher minerali olan sfalerit (EC-2) ve gang minerali olan kuvars (EP4-1), İstala maden yatağından barit (ISG-5), Sırganlık maden yatağından ise kuvars örnekleri (SF-1) ölçümler yapılmak üzere seçilmiştir. Seçilen bu örneklerin, iki yüzleri de parlatılarak sıvı kapanım kesitleri hazırlanmış (Bölüm 2) ve mikrometrik ölçümler yapılmıştır. Sıvı kapanım kesitlerinde tespit edilen kapanımlar Roedder (1984) ve Shepherd ve vd., (1985) önermiş olduğu sınıflamaya göre incelenmiş ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra, ilk eğrime sıcaklığı ($T_{FM}^{\circ C}$), son buz eğrime sıcaklığı ($T_{M-ICE}^{\circ C}$) ve homojenleşme sıcaklıkları ($T_H^{\circ C}$) ölçümleri yapılmış ve bu ölçümler kullanılarak sıvıların yoğunluğu ve tuzluluğu hesaplanmıştır.

Sıvı kapanım ölçümleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sıvı Kapanım Laboratuvarı'n da Leica DM 2500P model mikroskopta, Limkam THMSG 600 model sıvı kapanım cihazında yapılmıştır.

3.8.1. Eskiköy Madeni

3.8.1.1. Sıvı Kapanım Petrografisi

Eskiköy madeninde sıvı kapanım çalışmaları hem sfalerit hemde kuvars minerali üzerinde yapılmıştır. Sfalerit örnekleri koyu renkli ve açık renkli sfalerit olmak üzere farklı yapıda oluşmuşlardır. Koyu renkli sfaleritlerin yeterince şeffaf olmamalarından dolayı sıvı kapanımlar tespit edilememiş olup sıvı kapanım ölçümlerinin tamamı şeffaf ve açık renkli sfaleritlerden ölçülmüştür. Sfaleritlerdeki kapanım türleri, tek fazlı (sıvı ve gaz), iki fazlı

(sıvı+gaz) ve üç fazlı (sıvı+gaz+cevher) oldukları tespit edilmiş olup bu kapanımlar hem birincil hem de ikincil olarak bulunmaktadır. Sıvı kapanım çalışmalarındaki mikrometrik ölçümler hem birincil hem de ikincil kapanımlardan alınmıştır (Tablo 3.17). Birincil kapanımlar genellikle elips, yuvarlağımsı, kare ve damla şeklinde görülmekte olup ikincil kapanımlar ise birincil kapanımlarla benzer petrografik özellikler göstermektedir (Şekil 3.38a).

Sfalerit kristali içerisindeki ikincil kapanımlar, kristallerdeki çatlak sistemi boyunca tek ve iki fazlı olarak yerleşmişlerdir ve $<1\mu\text{m}$ 'dan $10\mu\text{m}$ 'yi geçmeyen boyutlardadırlar (Şekil 3.38b ve c). Birincil kapanımlar ise değişik morfolojiye sahiptirler ve genellikle topluluk halinde bulunurlar. Ayrıca iki fazlılar, tek fazlılarla (sıvı) ve karbonik kapanımlar (gaz) bir arada görülürler (Şekil 3.38d). Bu kapanımların bir arada görülmeleri kaynamanın bir belirtisidir. Birincil kapanımlar $<1\mu\text{m}$ 'dan $40\mu\text{m}$ 'ye varan boyutlardadırlar. Ayrıca birincil ve ikincil kapanımların gaz oranları %5 ilâ %60 arasında değişmektedir. Üç fazlı kapanımların katı fazını cevher minerali oluşturmakta olup sıvı+gaz+cevher fazlarından oluşmaktadır (Şekil 3.38e). Ayrıca sfalerit mineralinde dört fazlı kapanımlara da rastlanmıştır. Katı faz olarak tuz ve cevher mineralinden oluşan bu kapanımların diğer fazlarını sıvı ve gaz oluşturur. Fakat bu kapanım üzerinde yapılan homojenleştirme işleminde 500°C 'de homojenleşmediği belirlenmiştir. 500°C üzerinde çıkıldığında kesit kırıldığından ısıtma işlemine devam edilememiştir. Bunun nedeni, kapanımın ısıya karşı duyarsız (meta duyarlı) bir kapanım olabileceği gibi, kesit kırıldığından dolayı homojenleşme sıcaklığına erişilememiş de olabilir (Şekil 3.38e ve f).

Tablo 3.17. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinden seçilen minerallerdeki (sfalerit, kuvars ve barit) sıvı kapanımlardan yapılan mikrometrik ölçümler ve bu ölçümler sonucunda elde edilen verilerden hesaplanan tuzluluk ve yoğunluk değerleri (B; birincil kapanımlar, İ; ikincil kapanımlar, n: ölçüm sayısı).

Saha		Eskiköy					Istala				Sırganlık	
Örnek No		Sfalerit (EC-2)			Kuvars (EP4-1)		Barit (ISG-5)				Kuvars (SF-1)	
Kapanım Türü		İki fazlı		Üç fazlı	İki fazlı		İki fazlı		Üç fazlı		İki fazlı	
		B	İ	B	B	İ	B	İ	G	T	B	İ
T _H (°C)	n	95	25	17	95	25	70	13	20	12	93	20
	Ort.	267,8	140	283,6	272	159	258,9	149,1	270,5	308,6	252,3	142,1
	Maks.	330	168	325,6	363	245	340,4	182,2	343	412	347,6	183,7
	Min.	181	113	229,7	132	103,9	119,6	121,4	178	148	221,3	112,3
	Std.	35,36	14,6	23,3	59,9	41,5	42,4	18,3	45,0	84,3	89,3	21,1
T _{FM} (°C)	n	38	-	3	28	-	22	-	6	-	32	-
	Ort.	-22,0	-	-29,6	-21,5	-	-21,3	-	-19,3	-	-21,4	-
	Maks.	-18,7	-	-28,2	-19,1	-	-18,2	-	-12,3	-	-18,6	-
	Min.	-26,5	-	-31,2	-23,5	-	-25,1	-	-22,3	-	-24,2	-
	Std.	1,58	-	1,5	1,07	-	2,0	-	3,7	-	4,0	-
T _{M-ICE} (°C)	n	58	8	4	56	6	40	3	2	-	63	7
	Ort.	-1,86	-0,3	-1,8	-2,7	-2,2	-2,5	-2,6	-2,6	-	-2,2	-2,0
	Maks.	-0,10	-0,9	-1,2	-0,4	-0,3	-0,8	-1,5	-2,1	-	-0,1	-0,4
	Min.	-5,80	-1,6	-3,1	-6,3	-5,2	-6,4	-4,2	-3,1	-	-4,3	-3,1
	Std.	1,01	0,25	0,8	1,12	2,13	1,4	1,4	0,7	-	2,97	1,1
Tuzluluk (%)	n	58	8	4	56	6	40	3	6	-	63	7
	Ort.	3,11	2,23	3,08	4,34	3,53	4,2	4,3	62,0	-	3,5	3,3
	Maks.	8,94	2,73	5,1	9,6	8,14	9,7	6,7	69,2	-	6,9	5,1
	Min.	0,17	1,5	2,07	0,7	0,53	1,4	2,6	49,6	-	0,2	0,7
	Std.	1,61	0,41	1,39	1,62	3,3	2,1	2,2	7,0	-	4,74	1,8
Yoğunluk (gr/cm ³)	n	58	8	-	56	6	40	3	-	-	63	7
	Ort.	1,16	1,08	-	1,26	1,27	1,0	0,9	-	-	0,9	0,9
	Maks.	1,95	1,11	-	2,12	1,78	1,2	1,0	-	-	0,9	1,0
	Min.	1,00	1,05	-	1	1,02	0,7	0,9	-	-	0,9	0,9
	Std.	0,16	0,02	-	0,18	0,34	0,2	0,0	-	-	0,02	0,0

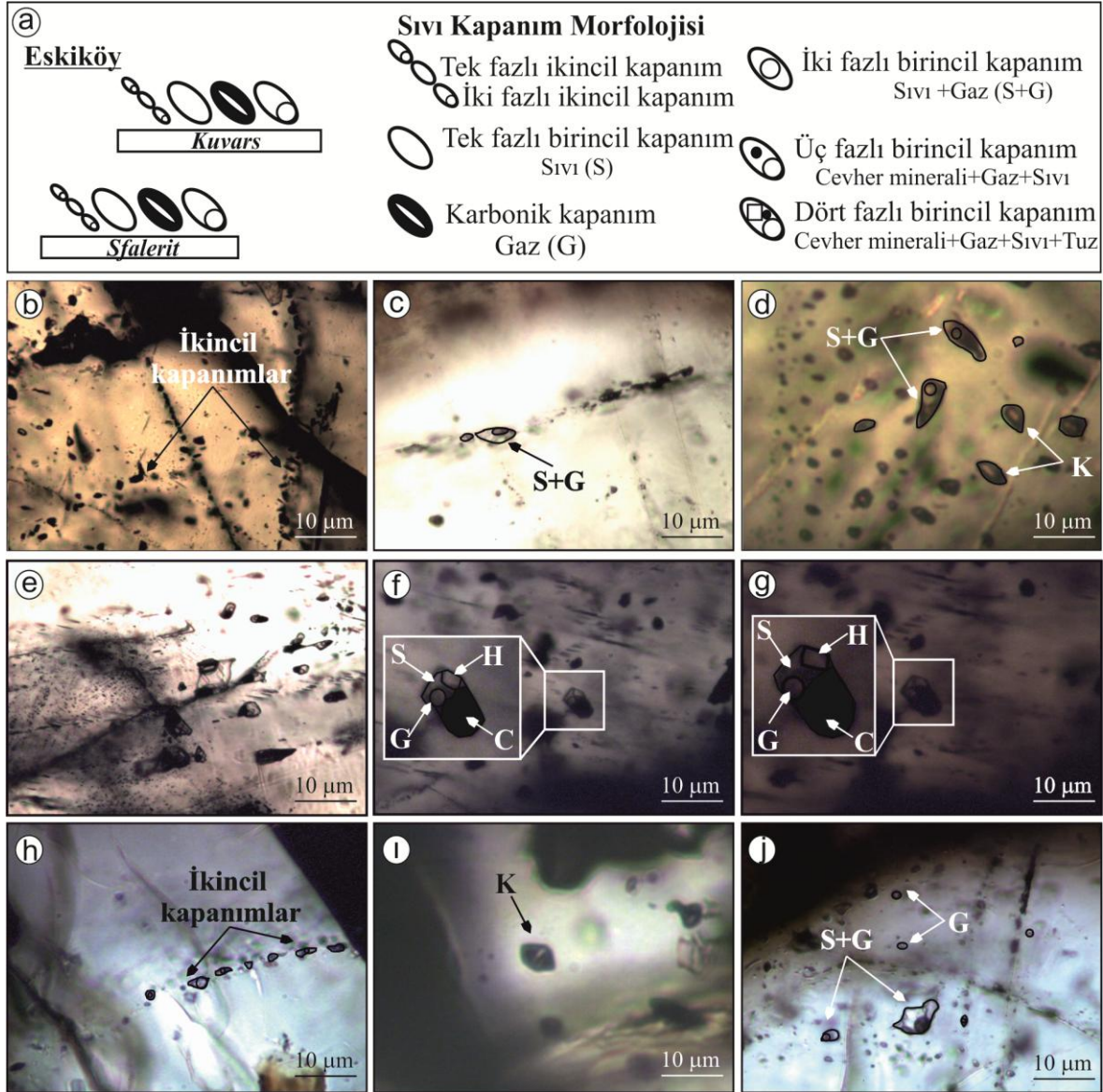
Kuarsın, Fe'ce zengin kahverengi+kırmızı renkli öz şekilsiz ve şeffaf öz şekilsiz iki farklı türü tespit edilmiştir. Sıvı kapanım ölçümlerinin tamamı ise şeffaf ve öz şekilsiz kuvarslardan alınmıştır. Kuvars minerallerindeki kapanım türleri; iki fazlı (sıvı+gaz), tek fazlı (sıvı) sfaleritteki kapanımlarla benzer petrografik benzer özellikler göstermektedirler (Şekil 3.38a). Bu tür kapanımlar hem birincil hem de ikincil olarak görülmektedirler. Kuvars içerisindeki kapanımlar sfaleritdeki kapanımlara oranla daha küçük olup 20µm'yi geçmeyen boyutlardadır. Kapanımların gaz oranları ise %5 ilâ %30 arasında değişmektedir. İkincil kapanımlar, kristalindeki çatlak sistemine çizgisel olarak yerleşmiş halde, elipsten yuvarlağa kadar değişen şekillerde bulunurlar. Tek fazlı ve çift fazlı olarak bulunan ikincil kapanımların büyüklüğü 1µm ilâ 5µm arasında değişmektedir (Şekil 3.38h). Sfalerit kristali ile benzer bir özellik ise kaynamanın varlığının ispatlayan sıvıca ve gazca yoğun birincil kapanımların bir arada beraber görülmeleridir (Şekil 3.38i). Birincil kapanımların belirgin bir özelliği, gaz fazlarının renk bakımından farklılık gösteriyor olmasıdır. Şöyle ki; kimi kapanımların (ikincil iki fazlı kapanımlar da dahil) gaz fazları koyu renkli iken kimi kapanımların gaz fazlarının şeffaf olduklarıdır (Şekil 3.38j). Bunun nedeni, kapanımların gaz fazlarını oluşturan bileşenlerin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülebilir.

3.8.1.2. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri

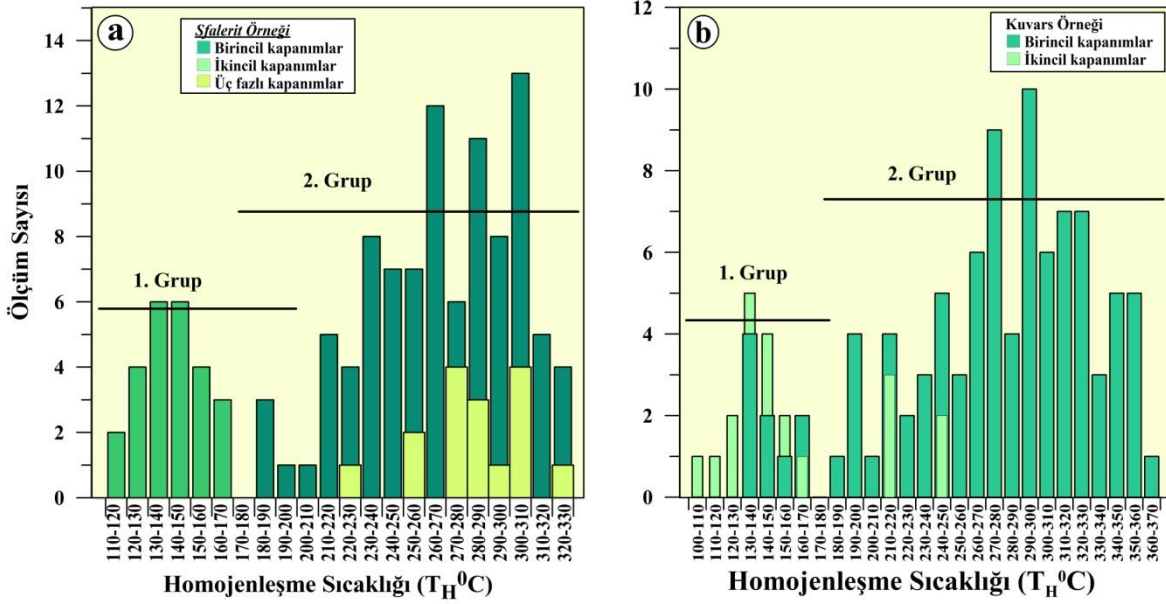
Eskiköy madeni sfalerit ve kuvars (EC-2) üzerinde homojenleşme sıcaklıkları birincil ve ikincil kapanımlardan elde edilmiştir. Kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 113 ilâ 330°C arasında değişmektedir. İki fazlı sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 181 ilâ 330°C arasında, ikincil kapanımlarınki ise 113,2 ilâ 168°C arasında değişmektedir (Tablo 3.19). Genel olarak sfaleritlerde görülen kapanımların homojenleşme sıcaklıkları (T_H °C) 110-170°C ve 180-330°C aralıklarında olmak üzere iki farklı grup oluşturmaktadırlar. Ayrıca üç fazlı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları iki fazlı kapanımlarla uyumlu olup 229-325°C arasında değişmektedir. (Şekil 3.39a).

Kuars (EP4-1) üzerindeki sıvı kapanımlardan homojenleşme sıcaklık ölçümleri birincil ve ikincil kapanımlardan alınmıştır. Kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 100 ilâ 370°C arasında değişmektedir (Tablo 3.17). Birincil kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 131-363°C arasında, ikincil kapanımların ise 103-245°C arasında olup birincil

kapanımlarla uyumluluk göstermektedirler. Kuvarlarda görülen kapanımların genel olarak 100-200°C ve 200-370°C aralıklarında olmak üzere iki farklı grup oluşturmaktadırlar (Şekil 3.39b).



Şekil 3.38. Eskiköy sahasından sıvı kapanım için alınan örneklerin petrografik incelemeleri. a) sıvı kapanımların morfolojisini gösteren çizelge. Sfaleritlerdeki b) kırık hattına yerleşmiş ikincil tek fazlı kapanımlar, c) kırık hattına yerleşmiş ikincil, iki fazlı ve elips şekilli kapanım, d) elips şekilli tek fazlı ile iki fazlı birincil kapanımlar ve karbonik kapanımlar, e) üç fazlı kapanımların görünümü, f) dört fazlı kapanımların 25°C'deki ve g) 500°C'deki hali. Öz şekilsiz kuvars kristalindeki içindeki, h) ikincil tek fazlı elip ve damla şekilli iki fazlı kapanımlar, i) karbonik kapanım, j) birincil tek ve iki fazlı kapanımlar. (S+G: sıvı ve gaz fazlı kapanım, G: gaz fazlı kapanım, K: karbonik kapanım, C: cevher, H: tuz).

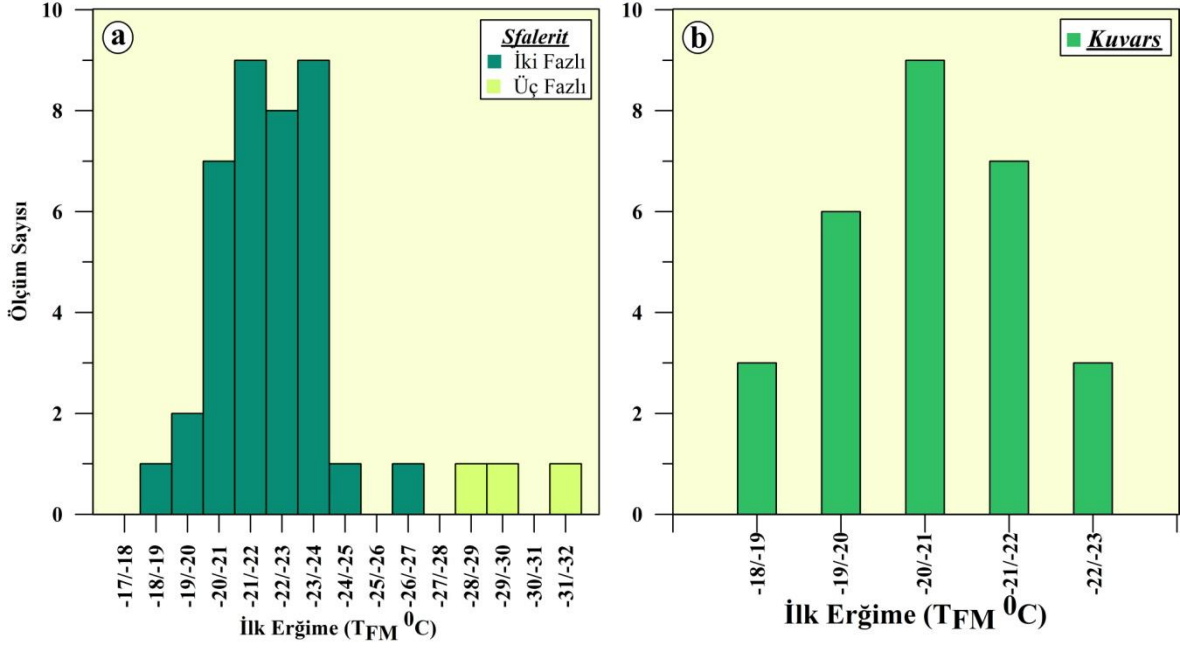


Şekil 3.39. Eskiköy madeninde birincil ve ikincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H) dağılımı a) sfalerit kristalinden elde edilen ölçümler, b) kuvars kristalinden elde edilen ölçümler.

3.8.1.3. İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM})

İlk erime sıcaklığı, yalnızca birincil kapanımlarından ölçülebilmektedir. Sfalerit mineralinden iki fazlı kapanımlardan 37, üç fazlılardan 3 adet ilk erime sıcaklığı ölçülmüştür. Bu değerler iki fazlılar için $-19,8$ ilâ $-23,9^{\circ}\text{C}$ arasında değişen T_{FM} değere sahipken üç fazlılar için $-28,2$ ilâ $-31,2^{\circ}\text{C}$ arasındadır (Şekil 3.40a). Kuvarslardaki birincil sıvı kapanımların 28 tanesinden T_{FM} değerleri ölçülmüştür. Kuvarsta ölçülen ilk eğrime sıcaklıklarının $-19,1$ ilâ $-23,5$ arasında değişmektedir (Şekil 3.40b).

Hem sfalerit örneklerinde hem de kuvars örneklerinde iki fazlı kapanımlarda ölçülen T_{FM} değerleri arasında bir farklılık olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla, sfalerit ve kuvars minerallerini oluşturan çözeltilerin benzer oldukları düşünülebilir. Kuvars ve barit örneklerinden ölçülen T_{FM} değerleri, çeşitli su-tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırılmış ve $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ ($-21,2$), $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{Na}_2\text{SO}_4$ ($-21,7$), $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{NaHCO}_3$ ($-21,8$), $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{Na}_2\text{CO}_3$ ($-21,4$) ve $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{KCl}$ ($-23,5$) sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile uyumlu oldukları görülmektedir (Shepherd ve diğ., 1985; Borisenko, 1977). Dolayısıyla, sfalerit ve kuvars minerallerini oluşturan çözeltilerin $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ sisteminde olduğu ve çözelti içinde çoğunlukla NaCl tuzu ve belki az miktarda KCl tuzu bulunduğu söylenebilir.



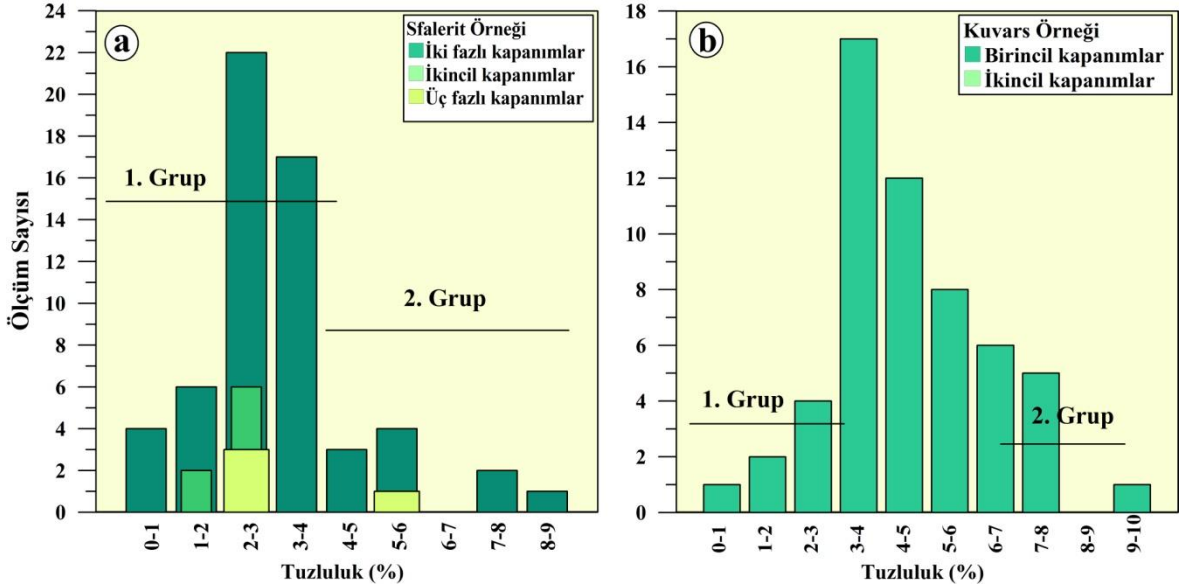
Şekil 3.40. Eskiköy madeninde birincil sıvı kapanımlardan ölçülen ilk eğrime sıcaklıklarının (T_{FM} °C) dağılımı, a) sfalerit minerali, b) kuvars minerali.

3.8.1.4. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{M-ICE} °C)

Son buz eğrime sıcaklığı ölçümleri, sfalerit minerallerinde çoğunlukla birincil ve daha az miktarda ikincil kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Sfalerit örneklerindeki birincil kapanımlarda T_{M-ICE} °C değerleri; -0,1 ilâ -5,8 arasında, ikincil kapanımlar ise -0,9 ilâ -1,6 arasında değişmektedir (Tablo 3.17). Elde edilen son buz erime sıcaklıkları kullanılarak Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla çözeltilerin tuzluluk değerleri hesaplanmıştır. % NaCl eşdeğerleri olarak tuzluluğun; birincil kapanımlarda %0,1-%8,9 arasında, ikincil kapanımlarda %1,5-%2,7 arasında değişmektedir. Birincil kapanımların hesaplanan tuzluluk değerlerine iki farklı grupta tuzluluk değeri belirlenmiş ve bu değerler, %0,17-%3,86 ve %4,02-%8,94 arasında değişmektedirler. İkincil kapanımlar da ise birincil kapanımlardaki gibi farklı gruplar belirlenmemiştir. Ayrıca üç fazlı kapanımların son buz eğrime sıcaklıklarından elde edilen tuzluluk değerleri, iki fazlı ve birincil kapanımlar ile uyumlu olup, %2,07-5,1 arasında değişmektedir (Şekil 3.41a).

Kuvars kristallerindeki kapanımlar üzerinde yapılan son buz erime ölçümleri birincil kapanımlardan 56 adet, ikincil kapanımlardan 6 adet ölçüm alınabilmektedir. T_{M-ICE} °C değerleri birincil kapanımlarda %0,7-%9,5 arasında, ikincil kapanımların ise %0,5-8,13

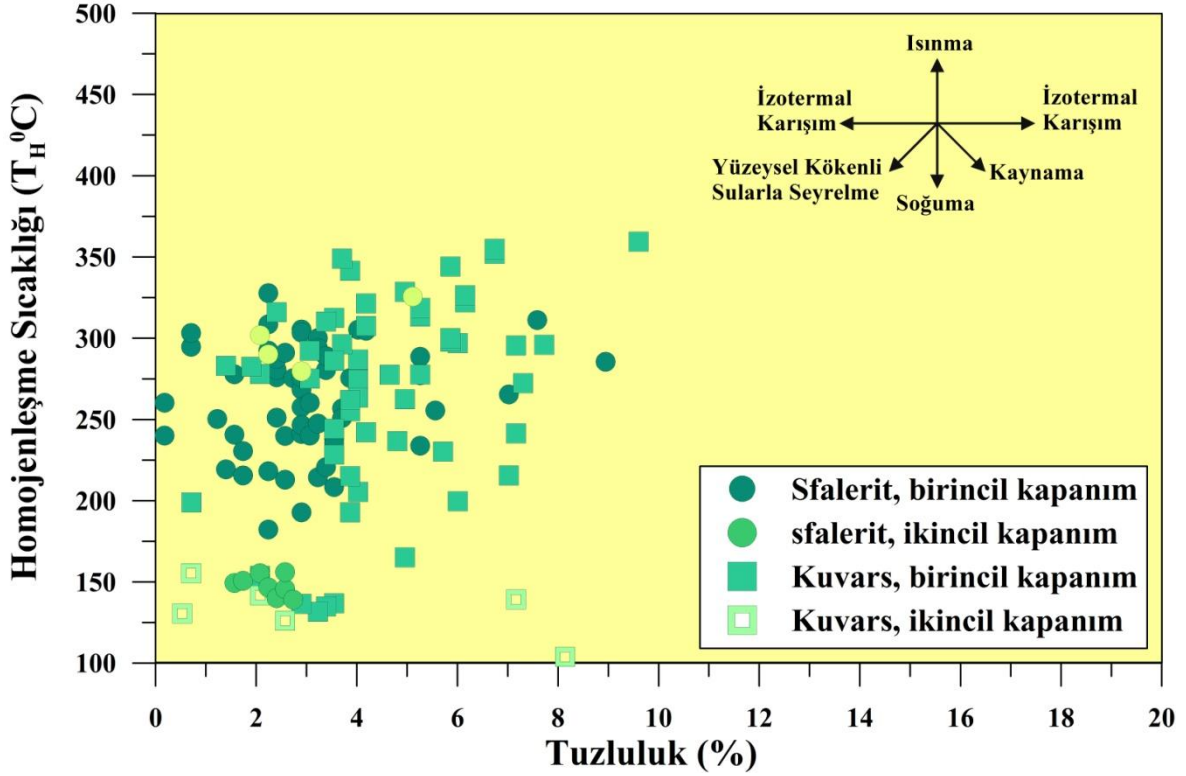
arasında değişen değerlerdedir (Tablo 3.17). Kuvars kristalindeki birincil kapanımların tuzluluk değerleri farklı grup oluşturmamalarına rağmen ikincil kapanımların yüksek ve düşük tuzlulukların %0,5-%2,5 ve %7,1-%8,1 arasında değişen iki farklı grup tuzluluk değeri belirlenmiştir (Şekil 3.41b).



Şekil 3.41. Eskiköy madeni birincil ve ikincil sıvı kapanımlardan ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE}), hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı, a) sfalerit minerali ve b) kuvars minerali.

3.8.1.5. Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi

Birincil ve ikincil kapanımların homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk grafiğinde, sfalerit ve kuvars örneklerine ait kapanımların benzer dağılım gösterdikleri görülmektedir. Azalan homojenleşme sıcaklığına karşılık tuzluluk miktarının da düştüğü görülmektedir (Şekil 3.42). Bu durum da sfalerit ve kuvars minerallerinin oluşum sürecinde sıcaklığın düşüşüne karşılık azalan tuzluluk şartlarının egemen oldukları söylenebilir. Homojenleşme sıcaklığı histogram grafiğinde belirlenen düşük sıcaklıklı (ikincil kapanımlar) ve yüksek sıcaklıklı (birincil kapanımlar) iki farklı grubun varlığı homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk grafiğinde belirlenmemiş olup, homojen bir dağılım gösterdikleri gözlenmiştir. Sfalerit (%0,1-8,9 NaCl) ve kuvars (%0,7-9,5) minerallerinin tuzluluk değerlerinin hidrotermal çözeltilerin meteorik sularla karışması sonucu seyreltiğini söylemek mümkündür.



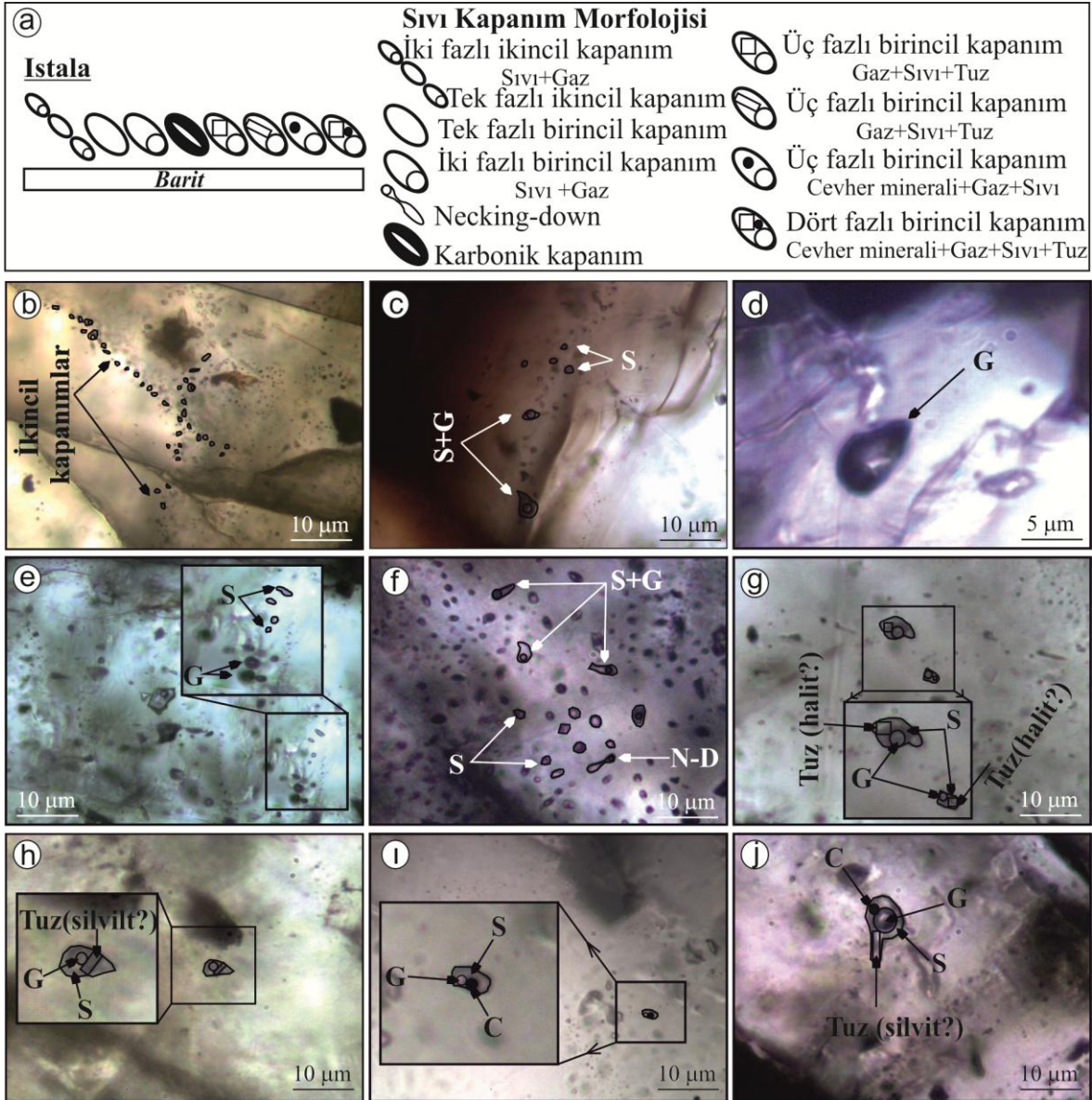
Şekil 3.42. Sfalerit ve kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Shepherd ve diğ., 1985).

3.8.2. İstala Madeni

3.8.2.1. Sıvı Kapanım Petrografisi

İstala madeninde baritler açık ve koyu renkli olmak üzere iki tür tespit edilmiş olup, bu baritler öz şekilli veya öz şekilsiz olarak bulunurlar. Sıvı kapanım çalışmalarının tamamı açık renkli barit kristallerinden yapılmıştır. Öz şekilli ve öz şekilsiz baritler içerisinde gelişi güzel elips, yuvarlağımsı veya kare şeklinde bulunan sıvı kapanımlar birincil ve ikincil kapanımlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Şekil 3.43a). İkincil kapanımlar, kırık hattına yerleşmiş olup tek fazlı (sıvı) ve iki fazlı (sıvı+gaz) olarak bulunurlar (Şekil 3.43b ve c). Bu kapanımların boyutları 5µm'yi geçmemektedir ve iki fazlı kapanımların gaz oranı %20 civarındadır. İkincil kapanımlar genellikle baritlerin çizgisel uzun büyüme eksenlerine yerleşmiş olan birincil kapanımlarla karıştırılabilirler. Bundan dolayı, ikincil kapanımlar baritlerin büyüme eksenlerine paralellik göstermeyen

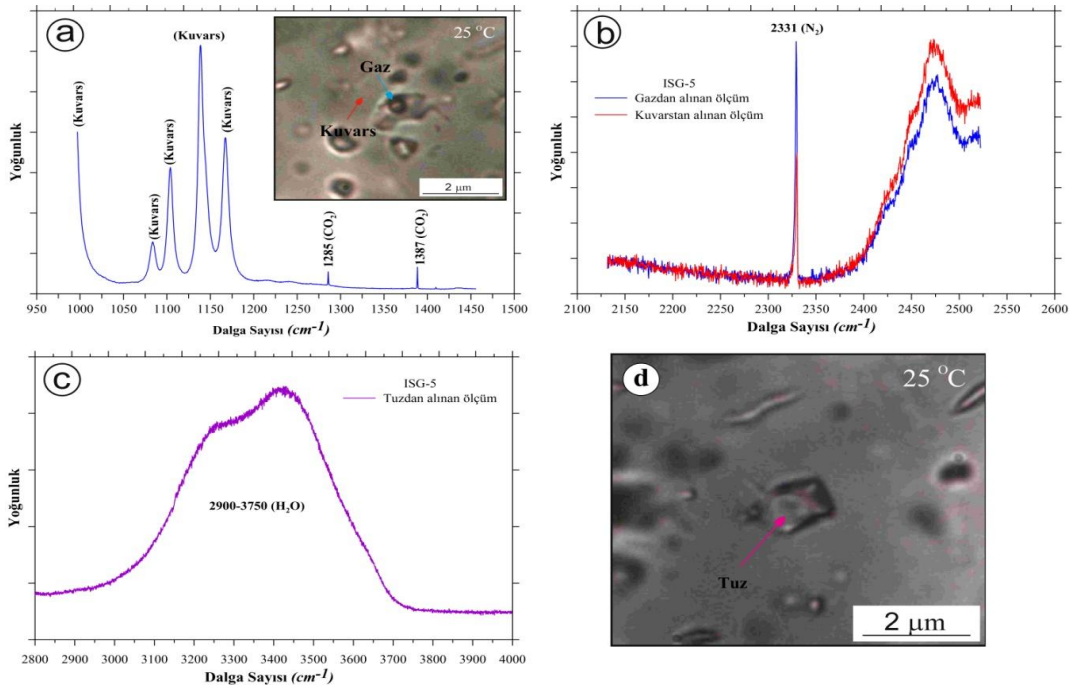
kırık hatlarına çizgisel olarak yerleşmiş kapanımlar olarak belirlenmiştir. Birincil kapanım olarak ise sekiz farklı morfolojide kapanım belirlenmiş olup, bunlar; tek fazlılar, iki fazlılar, üç fazlılar ve dört fazlı kapanımlar olarak gruplandırılmıştır. Tek fazlı kapanımlar, gazca yoğun (G) kapanımlar (Şekil 3.43d) ve sıvıca yoğun (S) kapanımlar olup $5\mu\text{m}$ 'yi geçmeyen boyuttadırlar. Sıvıca yoğun ve gazca yoğun kapanımlar ile iki fazlı kapanımlar ile birlikte görülürler (Şekil 3.43e ve f). Bu birliktelik kaynamaya işarettir. İki fazlı kapanımlar da gözlemlenen bir özellikte necking-down (boyun verme) oluşumudur. Pek yaygın olmayan bu kapanımlar iki fazlılar ile tek fazlıların bir arada bulunduğu ortamlarda görülmektedirler (Şekil 3.43f). Ortamda bulunan tek fazlı kapanımların çizgisel hatta oluşları, muhtemelen daha önceden var olan necking-down'ların yeniden şekillenmesiyle (ayrılması ile) oluşmuşlardır. İki fazlı kapanımların boyutların $10\mu\text{m}$ 'yi geçmeyen boyuttadırlar ve gaz fazları %5 ilâ %10 arasında değişmektedir. Üç fazlı kapanımlar, katı fazlarına göre değişiklik göstermektedirler (Şekil 3.43a). Bu kapanımların katı fazlarını, tuzlar ve opak mineraller oluşturmaktadır. Kapanımların içerdiği tuzlar iki farklı şekilde (kare ve dikdörtgen) görülmektedir. Kare şekilli kapanımların halit (NaCl) (Şekil 3.42g), dikdörtgen şekilli olanların ise silvit (KCl) (Şekil 3.42h) türü tuzların olabileceğine işaret etmektedir. Opak mineral içeren kapanımlar diğer üç fazlı kapanımlara oranla daha az yaygındırlar ve içerdikleri opak minerallerin şekli yuvarlaktır (Şekil 3.43ı). Üç fazlı kapanımların boyutları $10\mu\text{m}$ 'yi geçmemekte ve gaz oranları %5 ilâ %10 arasında değişmektedir. Dört fazlı kapanımlar opak mineral, tuz (silit), gaz ve sıvı fazdan oluşmaktadır. Öz şekilli barit çubuğunda rastlanan bu kapanım türüne ender olarak rastlanılmaktadır. İçerdikleri gaz fazı %20 civarında olup boyutları diğer kapanımlara oranla daha büyüktür (Şekil 3.43j).



Şekil 3.43. Istala sahasındaki sıvı kapanımların petrografik incelemeleri. a) sıvı kapanımların morfolojisini gösteren çizelge, b) kırık hattına yerleşmiş olan ikincil tek fazlı kapanımların görünümü, c) kırık hattına yerleşmiş olan ikincil iki fazlı kapanımlar, d) karbonik kapanımın, e) karbonik kapanımlarla tek fazlı sıvı kapanımların bir arada bulunması, f) necking-down g) halit (?) içeren üç fazlı kapanımlar, h) silvit (?) içeren üç fazlı kapanımlar, ı) cevher minerali içeren üç fazlı kapanımlar ve j) silvit(?) ve cevher minerali içeren dört fazlı kapanımların görünümü. (S: sıvıca yoğun, G: gaz fazı, S+G: sıvı+gaz fazlı, K: gazca yoğun, C: cevher minerali, N-D: necking-down kapanımlar).

İki fazlı kapanımların gaz bileşenlerini ve üç fazlı kapanımların katı fazını belirlemek amacıyla Raman spektroskopisi yapılmıştır. Raman spektroskopisi analizleri zaman azlığı nedeniyle oda sıcaklığında (25⁰C) gerçekleştirilmiş olup, özellikle tuz içeren kapanımların

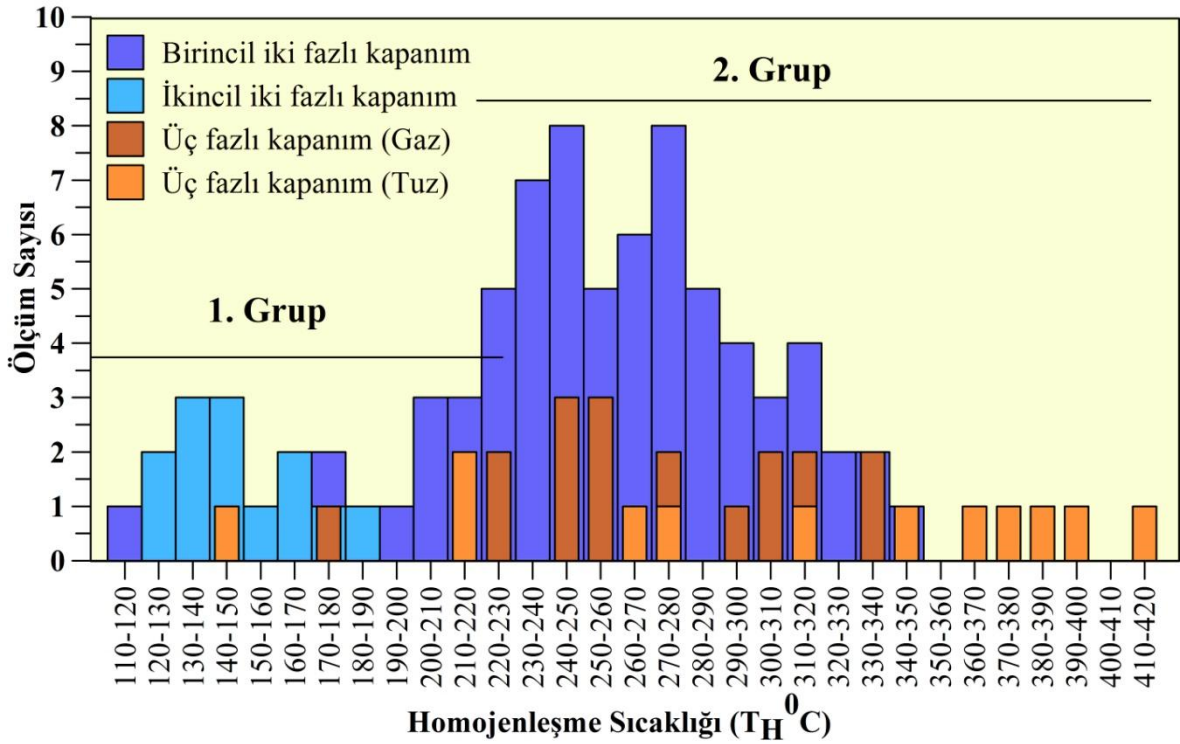
dondurularak ve homojenleştirilerek analiz edilmesi mümkün olmamıştır. İki fazlı kapanımın gaz fazının ölçülmesi ile N₂ (nitrojen) ve CO₂ 'in (karbondioksit) varlığı tespit edilmiştir (Şekil 3.44a ve b). N₂'nin varlığının atmosferik olup olmadığını belirlemek amacıyla, iki fazlı kapanımların gaz fazı dışında mineralden de (kuvars-blank) ölçüm alınmıştır. Eğer kapanımlar, bir örneğin (<20µm) yüzeyine çok yakın konumlanmışlarsa, atmosferdeki N₂ girişimi önlenemez (Burke, 2001). Kapanım dışından alınan kuvars (blank) ölçümleri, muhtemel atmosferik katkılarını düzenlemek için kullanılabilir. Atmosferik N₂ ile kapanımdaki N₂ ayrımı, kapanımdaki N₂ pik kayması ile ayırt edilebilir (Burke, 2001) (Şekil 3.44b). Üç fazlı kapanım katı faz ölçümü +25°C'de yapılmıştır. Oda sıcaklığında yapılan ölçümlerde halit, Raman aktif bir mineral değildir. Ancak -190°C'e kadar dondurulduğunda halit, Raman aktif olan hidrohalite dönüşmektedir. Zaman azlığı nedeniyle bu kapanım -190°C'e kadar soğutulmamış oda sıcaklığında ölçülmüştür. Bu nedenle tuzdan alınan ölçüm Raman aktif olmadığından yalnızca su piki vermiştir (Şekil 3.44c ve d).



Şekil 3.44. Sıvı kapanım üzerinde oda sıcaklığında yapılan Raman Spektroskopisi analizlerinin grafiksel gösterimi. a) iki fazlı karbonik kapanımda gaz fazın ölçülmesi ile elde edilen CO₂ pikleri ve ölçüm yapılan kapanımın görünümü, b) gaz fazın N₂ içerip içermediğini belirlemek için yapılan analiz (gaz fazda N₂ tespit edilmiştir.), c) oda sıcaklığında ölçülen üç fazlı kapanımların tuz fazların H₂O piki ve d) ölçüm yapılan üç fazlı sıvı kapanımın görünümü.

3.8.2.2. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri

Istala madeni barit (ISG-5) üzerinde yapılan homojenleşme sıcaklıkları iki fazlı birincil ile ikincil ve üç fazlı kapanımlardan elde edilmiştir. İki fazlı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 110°C ilâ 350°C değişmektedir. Birincil iki fazlı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları $119,6^{\circ}\text{C}$ - $340,4^{\circ}\text{C}$ arasında, ikincil kapanımlar ise $121,4^{\circ}\text{C}$ - $182,2^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermektedirler. Üç fazlı kapanımlarda elde edilen homojenleşme sıcaklıkları gaz fazları için $146,6^{\circ}\text{C}$ - 343°C , tuz fazlarının için ise 148°C - $412,6^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir (Tablo 3.17). Baritlerde elde edilen homojenleşme sıcaklıkları iki ayrı gruba ayrıldıkları belirlenmiş olup, bu grupların sıcaklık değerleri 110°C - 190°C ve 190°C - 412°C arasında değişmektedir (Şekil 3.45).



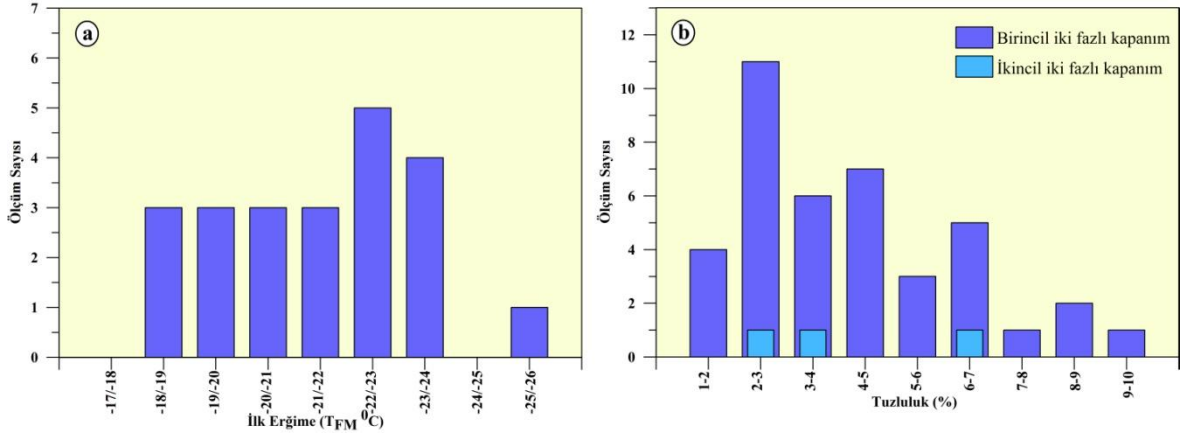
Şekil 3.45. Istala madeninde iki fazlı birincil ve ikincil kapanımlar ve üç fazlı gaz ve tuzdan ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H) dağılımı.

3.8.2.3. İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM}^0C)

Istala madeni baritlerinden T_{FM}^0C ölçümleri iki fazlı birincil ve üç fazlı kapanımlarından ölçülmüştür. İkincil kapanımların çok küçük boyutlarda olduklarından dolayı ölçüm alınamamıştır. Barit kristallerindeki iki fazlı kapanımlardan toplam 40 adet ilk erime sıcaklığı ölçülmüş olup bu değerler -18,2 ilâ -25,1 arasında değişmektedir (Şekil 3.46a). Bariti oluşturan çözeltinin su-tuz sistemi Shepherd ve diğ., 1985 ve Borisenko, 1977 tarafından önerilen $H_2O-NaCl$ (-21,2), $H_2O-NaCl-Na_2SO_4$ (-21,7), $H_2O-NaCl-NaHCO_3$ (-21,8), $H_2O-NaCl-Na_2CO_3$ (-21,4) ve $H_2O-NaCl-KCl$ (-23,5) sistemlerinin ötektik sıcaklarıyla uyumlu oldukları belirlenmiştir. Dolayısıyla, barit minerallerini oluşturan çözeltilerin $H_2O-NaCl-KCl$ (-23,5) sisteminde olduğu ve yapılan petrografik incelemeler sonucunda çözelti içinde çoğunlukla $NaCl$ tuzu bulunduğu söylenebilir. Üç fazlı kapanımların boyutları küçük olmalarından dolayı kapanımların ilk ergimeleri ölçümünü zorlaştırmış ve sadece bir kapanımdan -23,1 değeri ölçülmüştür.

3.8.2.4. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{M-ICE}^0C)

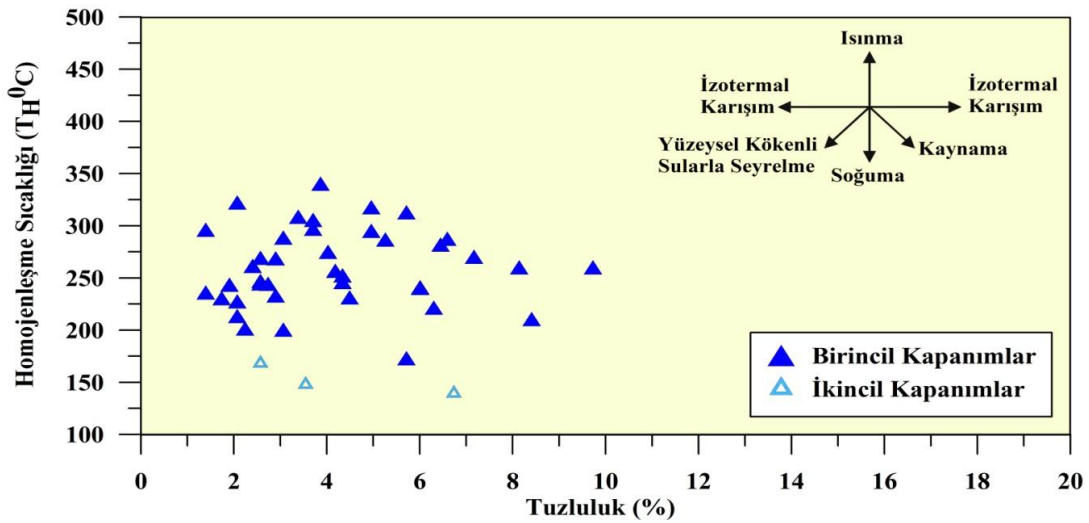
Son buz erime sıcaklığı ölçümleri barit örneklerinde hem iki fazlı hemde üç fazlı kapanımlarından ölçülebilmıştır. Birincil iki fazlı kapanımlardan elde edilen T_{M-ICE} değerleri -0,8 ilâ -6,4 arasında, ikincil iki fazlı kapanımlar ise -1,5 ilâ -4,2 arasında değişmektedir. Üç fazlı kapanımlarından ise -3,1 ve -2,1 değerlerine sahip iki ölçüm alınabilmiştir. İki fazlı kapanımların çözeltisindeki tuzluluk değeri Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan tuzluluk değerleri % $NaCl$ 'nin eş değeri olup birincil kapanımlar da %1,3 ilâ %9,7 aralığında, ikincil kapanımlar ise %2,57 ilâ %6,7 aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 3.46b). Üç fazlı kapanımların tuzluluk değeri Bodnar ve diğ., (1989) tarafından geliştirilen $NaCl-KCl-H_2O$ sistemindeki kapanımların tuzluluk değerlerini hesaplayan Fotran programıyla hesaplanmıştır.



Şekil 3.46. İstala madeninde kapanımlardan ölçülen a) birincil sıvı kapanımların ilk eğrime sıcaklıklarının ($T_{FM}^{0}C$) dağılımı, b) birincil ve ikincil sıvı kapanımlarda ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre ($T_{M-ICE}^{0}C$) hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı.

3.8.2.5. Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi

İstala madeni baritlerinin birincil ve ikincil kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk grafiğinde, homojenleşme sıcaklığındaki azalışa karşılık tuzluluk değerlerinde de düşüşün meydana geldiği görülmektedir (Şekil 3.47). Bu durum, İstala madeni cevherleşmesini oluşturan hidrotermal çözeltilerin yüzeysel kökenli sularla karışması sonucu seyreltiğini göstermektedir.

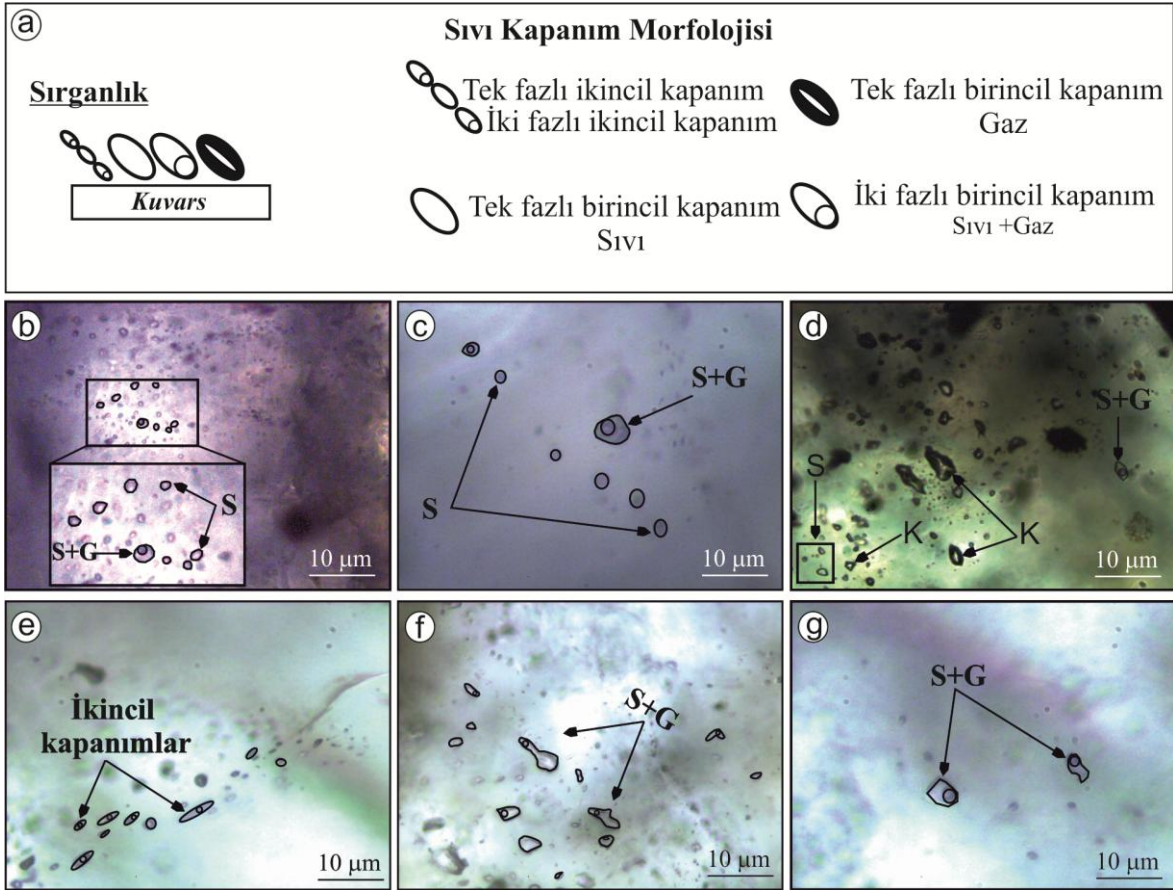


Şekil 3.47. Barit minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Shepherd vd., 1985).

3.8.3. Sırganlık Madeni

3.8.3.1. Sıvı Kapanım Petrografisi

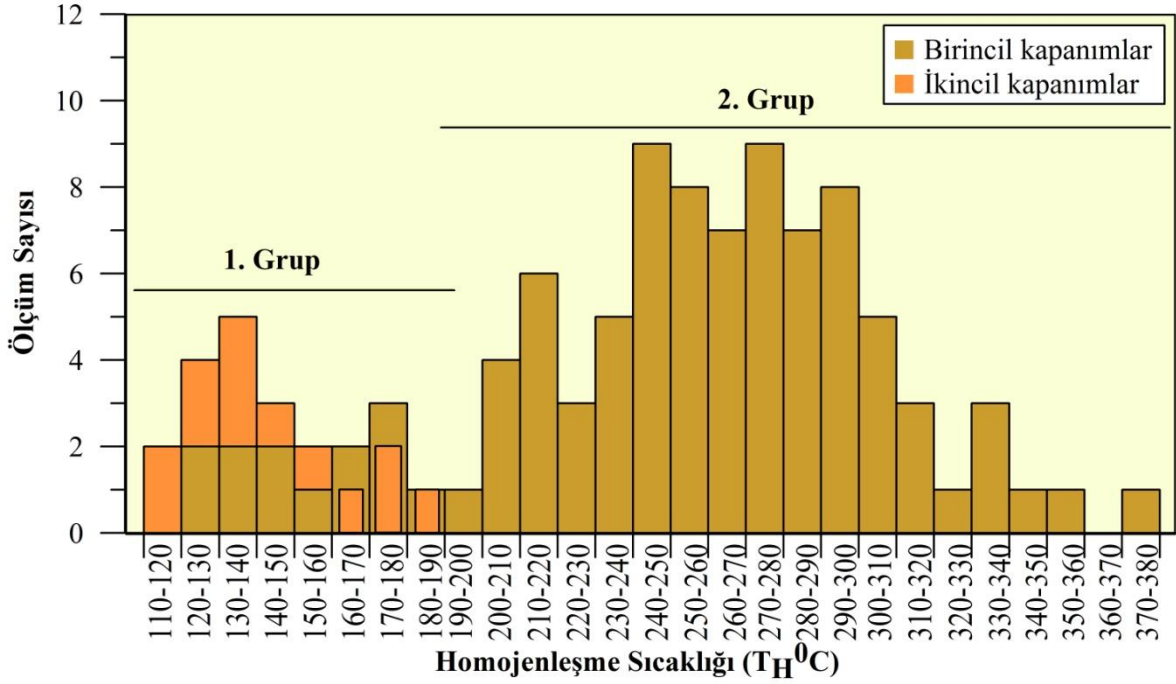
Sırganlık madeninde gang minerali olarak bulunan kuvarslar, süt ve şeffaf kuvarslardan oluşmaktadır. Her iki tür kuvarstan da sıvı kapanım kesiti hazırlanarak petrografik çalışmalar yapılmıştır. Yapılan petrografik incelemelerde süt kuvarslarda sıvı kapanım görülemediği. Şeffaf kuvarslar ise sıvı kapanım bakımından oldukça zengindir. Diğer yataklardaki kapanımlarla benzerlik gösteren Sırganlık kuvars mineralindeki sıvı kapanımlar iki fazlı ve tek fazlı olarak bulunurlar (Şekil 3.48a). Tek fazlı sıvı kapanımlar sıvı ve gaz fazlı olmak üzere iki türde bulunmaktadır. Sıvı fazlı kapanımlar birincil ve ikincil olarak bulunurken, gaz fazlı kapanımlar sadece birincil olarak bulunurlar (Şekil 3.48b, c ve d). Sıvı fazlı ve gaz fazlı kapanımlar yer yer birliktelik gösterirler (Şekil 3.48d). İki fazlı kapanımlar ise hem birincil hemde ikincil olarak bulunurlar. İkincil iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar çoğunlukla elips şekilli olarak görülürken nadiren yuvarlak şekildedirler ve gaz oranları %5 civarındadır (Şekil 3.48e). Kuvars kristalindeki birincil kapanımlar ikincil kapanımlara oranla daha fazla bulunmaktadır. Birincil iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar değişik şekillerde (elips, yuvarlak, armut ve kare şekilli) gözlenmektedir. İki fazlı birincil kapanımlar da sıvıca zengin ve gazca zengin olmak üzere iki çeşit kapanım belirlenmiştir. Sıvıca zengin olan kapanımlar armut ve yuvarlak şekilli kapanımlar (Şekil 3.48f) iken, gazca zengin olan kapanımlar genellikle elips ve kare şekilli kapanımlardır (Şekil 3.48g). Sıvıca zengin kapanımların gaz oranları gaz oranları %5 civarında iken gazca yoğun kapanımlar %10 civarındadır. Kuvarslardaki kapanımların boyutları 10µm'yi geçmemektedir.



Şekil 3.48. Sırganlık sahasındaki sıvı kapanımların petrografik incelemeleri. a) sıvı kapanımların morfolojisini gösteren çizelge, b) birincil sıvı fazlı kapanımlar, c) ikincil sıvı fazlı kapanımlar, d) birincil gaz ve sıvı fazlı kapanımlar, e) ikincil sıvı+gaz fazlı kapanımlar, f) birincil sıvı+gaz armut şekilli kapanımlar, g) birincil sıvı+gaz fazlı kapanımların görünümü.

3.8.3.2. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri

Sırganlık madeni kuvars (SF-1) üzerinde yapılan homojenleşme sıcaklıkları birincil ve ikincil kapanımlardan elde edilmiştir. Kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 110°C ilâ 380°C değişmektedir. Birincil kapanımların homojenleşme sıcaklıkları 119,6°C-340,4°C arasında değişirken, ikincil kapanımlar ise 120,4°C-182,2°C arasında değişim göstermektedirler (Tablo 3.17). Kuvarslarda elde edilen homojenleşme sıcaklıkları iki ayrı gruba ayrıldıkları belirlenmiş olup, bu grupların sıcaklık değerleri 110°C-190°C ve 190°C-380°C arasında değişmektedir (Şekil 3.49).



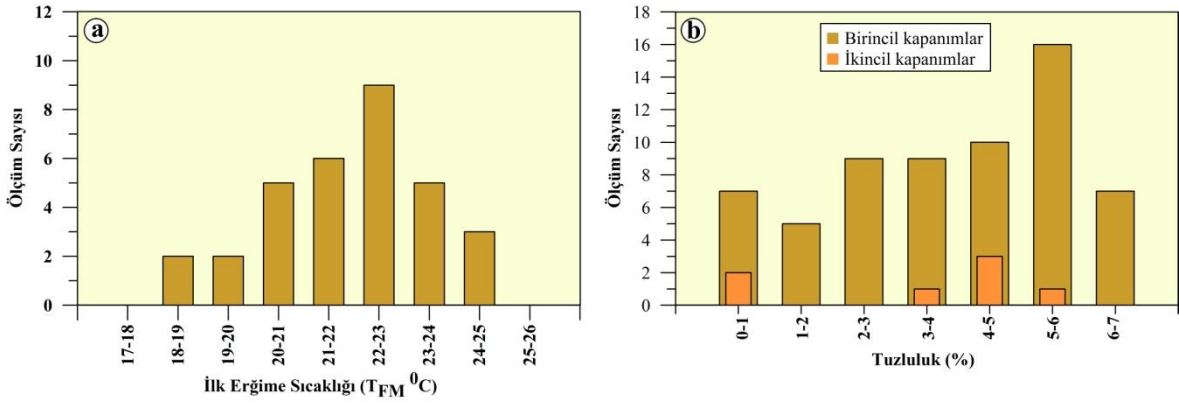
Şekil 3.49. Sırganlık madeninde kuvars kristalinden birincil ve ikincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H) (°C) dağılımı.

3.8.3.3. İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM}) (°C)

Sırganlık madeni kuvarsları üzerinde T_{FM} (°C) değeri sadece birincil kapanımlarından ölçülebilmektedir. İkincil kapanımların çok küçük boyutlarda olduklarından dolayı ölçüm alınamamıştır. Kuvars kristallerinden toplam 32 adet ilk erime sıcaklığı ölçülmüş olup bu değerler -18,6 ilâ -24,2 arasında değişmektedir (Şekil 3.50a). Kuvarsi oluşturan çözeltinin su-tuz sistemi Shepherd ve diğ., 1985 ve Borisenko, 1977 tarafından önerilen H₂O-NaCl (-21,2), H₂O-NaCl-Na₂SO₄ (-21,7), H₂O-NaCl-NaHCO₃ (-21,8), H₂O-NaCl-Na₂CO₃ (-21,4) ve H₂O-NaCl-KCl (-23,5) sistemlerinin ötektik sıcaklıklarıyla uyumlu oldukları belirlenmiştir. Dolayısıyla, Kuvars minerallerini oluşturan çözeltilerin H₂O-NaCl (-21,2) sisteminde olduğu ve çözelti içinde çoğunlukla NaCl tuzu bulunduğu söylenebilir.

3.8.3.4. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{M-ICE}^0C)

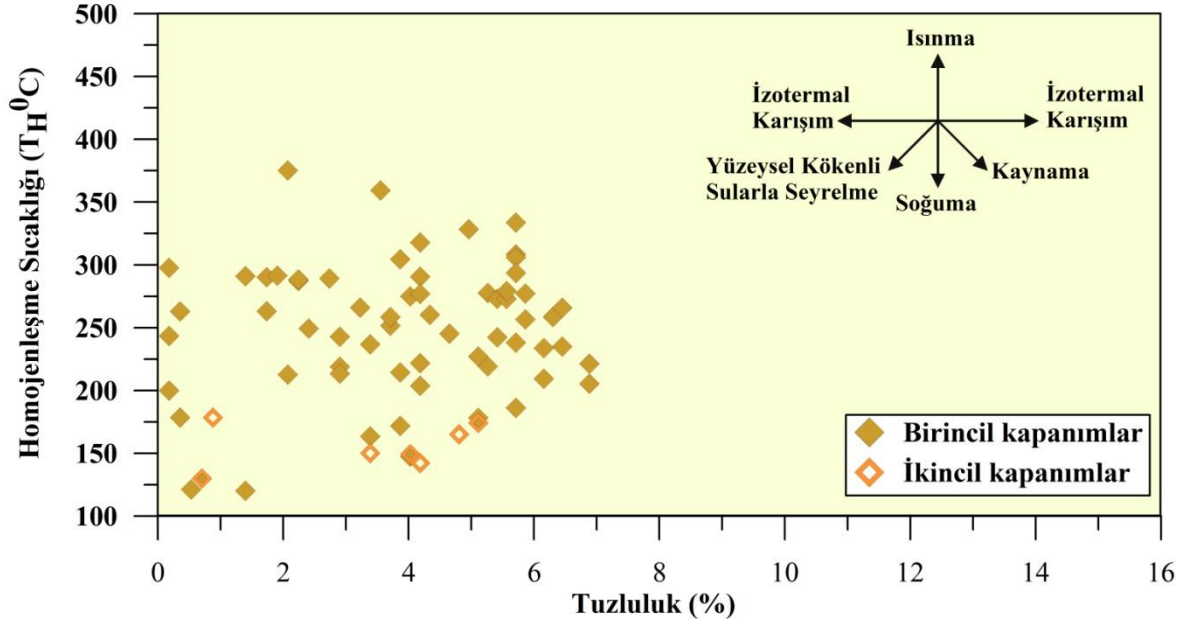
Son buz erime sıcaklığı ölçümleri kuvars örnekleri üzerinde birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülebilmektedir. Birincil kapanımlardan elde edilen T_{M-ICE} değerleri -0,1 ilâ -4,3 arasında, ikincil kapanımlar ise -0,4 ilâ -3,1 arasında değişmektedir (Şekil 3.50b). Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla çözeltin çözeltinin tuzluluk değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan tuzluluk değerleri %NaCl'nin eş değeri olup birincil kapanımlar da %0,1 ilâ %6,8, ikincil kapanımlar ise %0,7 ilâ %5,1 aralığında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 3.50. Kuvars örneklerindeki kapanımlardan ölçülen a) birincil sıvı kapanımların ilk ergime sıcaklıklarının (T_{FM}^0C) dağılımı, b) birincil ve ikincil sıvı kapanımlardan ölçülen son ergime sıcaklıklarına göre (T_{M-ICE}) hesaplanan tuzluluk değerlerinin dağılımı.

3.8.3.5. Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi

Sırganlık madeni kuvarlarının birincil ve ikincil kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk grafiğinde, homojenleşme sıcaklığındaki azalışa karşılık tuzluluk değerlerinde de düşüşün meydana geldiği görülmektedir. Bu durum, Sırganlık madeni cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin yüzeysel kökenli sularla karışması sonucu seyreltiğini göstermektedir (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. Kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Shepherd vd., 1985).

4. TARTIŞMA

4.1. Maden Sahalarının Jeolojik Yerleşimi ve Yapısal Özellikleri

Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerini içinde bulunduğu çalışma alanı, Kızılkaya Formasyonu ve Çağlayan Formasyonu olarak tanımlanan birimlerden oluşmaktadır. Üst Kretase yaşlı olan bu birimlerden Kızılkaya formasyonu dasit ve piroklastitlerinden, Çağlayan formasyonu ise andezit ve proklastitlerinden oluşmaktadır. Söz konusu madenler ise Kızılkaya formasyonu'na ait dasit ve piroklastitlerinden içerisindedir. Çalışma alanında hakim kırık sistemi D-B, KD-GB ve KB-GD olup, Eskiköy madeni D-B duruşlu , Istala Madeni K70°D ve K80°B duruşlu iki fayla ve Sırganlık madeni K57°D duruşlu kırık hatları boyunca hidrotermal çözeltilerin yerleşmesiyle oluşmuşlardır.

4.2. Maden Sahalarının Minerolojik ve Parajenetik Özellikleri

Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinde mineral oluşumu süperjen ve hipojen olmak üzere iki ayrı evrede gerçekleşmiştir. Eskiköy madeninde hipojen evre, cevher mineralleri olarak pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve fahlers, gang mineralleri olarak kuvars ve barit minerallerinden oluşmaktadır. Süperjen evreyi ise cevher minerallerin oksidasyonları sonucu meydana gelen ikincil mineralleri oluşturmaktadır. Bu mineraller kalkopiritin ayrışması sonucu kalkozin-kovellin ve bornit, galenin ayrışması sonucu kalkozin-kovellin ve serüzit, sfaleritin ayrışması sonucu meydana gelen zinkittir. Hipojen evrede cevher ve gang minerallerinin oluşumunun iki ayrı fazda meydana geldiği belirlenmiştir. I. fazda ilk oluşan mineral pirit ve kalkopirit I'dir (Tablo 3.1). Bu minerallerde gözlenen kataklastik yapılar minerallerinin oluşumundan sonra ortamda tektonik hareketliliğin varlığını ve bu şekilde oluşan kırıkların arasını dolduran II. faza ait mineraller de ortamda hidrotermal çözeltilerin devamlılığını gösterir (Şekil 3.11b).

Tektonik hareketler sonrası gelen bu hidrotermal çözeltiler II. fazı oluştururlar. II. fazda kalkopirit II, galen ve sfalerit eş yaşlı olarak gözlenir ve I. faza ait mineraller ile ornatım dokusu oluştururlar (Şekil 3.12). Ayrıca II. fazda sfaleritlerin oluşumundan sonra fahlers, sfaleritin kırıklarına kırık dolgusu şeklinde sfaleriti ornatarak yerleşmiştir (Şekil 3.13c). Kuvars oluşumu, tüm hipojen evre boyunca devam etmiştir. II. faza ait kuvars II ve baritin kısmen öz şekilli oluşları düşük sıcaklığı temsil etikleri yani sistemin soğumaya başladığını göstermektedirler (Şekil 3.13d). Cevher mikroskobisi çalışmaları ile belirlenen minerallerin dışında arazi gözlemlerinde cevher minerallerinin bulunduğu ortamlarda ikincil kalkantit oluşumları belirlenmiştir (Şekil 3.7d). Ayrıca alterasyonun da yoğun olarak gözlemlendiği cevherleşmede, petrografik ve tüm kayaç XRD analizler yardımıyla illit, klorit türü killer ile kalsit ve dolomit türü karbonatların cevher minerallerine, da eşlik ettiği tespit edilmiştir (Şekil 3.24a, b, c).

Istala madeni hipojen evrede cevher mineralleri olarak pirit, fahlers, kalkopirit, galen, sfalerit ve enarjit-lüzonit, gang minerali olarak kuvars ve baritten oluşmaktadır. Süperjen evre ise, kalkopiritlerin ayrışması sonucu bornit ve kalkozin-kovellin ve galenin ayrışması sonucu meydana gelen serüzit minerallerinden oluşmaktadır. Istala madeninde cevher oluşumu Eskiköy madeninde olduğu gibi iki fazda gerçekleşmiştir (Tablo 3.1). I. fazda oluşan ilk mineral pirit olup, pirit ile aynı fazda oluşan fahlers I, sfalerit I, kalkopirit I ve galen I piriti ornatmaktadır. II. fazda oluşan fahlers II, sfalerit II, galen II, kalkopirit II ve enarjit-lüzonitler kendilerinden önce oluşan mineralleri yer yer ornatarak yer yer de bu minerallerin kırıklarına yerleşmişlerdir. Barit minerali tüm cevher oluşum sürecine eşlik etmektedir. Istala madeninde Eskiköy'den farklı olarak ikincil kalkantitler ile azurit ve malakit oluşumları da gözlenmiştir. Bu madende tespit edilen kil mineralleri ise kaolen, illit ve klorittir.

Sırganlık madenin de, Eskiköy ve Istala madenlerinden farklı olarak hipojen evrede cevher oluşumu tek fazda gerçekleşmiştir. Ana cevher minerali olarak Pirit, galen, sfalerit ve daha az oranda kalkopirit, gang minerali olarak ise kuvars ve kalsit belirlenmiştir (Şekil 3.20). Süperjen evrede kalkozin-kovellinler galen ve kalkopiritlerin; lepidokrozit-götütler, piritlerin ayrışması ile oluşmuştur. Yaygın karbonat minerali olarak gözlenen serüzitler ise galenlerin ayrışması sonucu süperjen evrede oluşmaktadır. Kataklastik dokuya sahip pirit cevherleşmede ilk oluşan mineraldir. Pirit sırasıyla kalkopirit benekleri içeren sfalerit ve galen tarafından ornatılmaktadır (Şekil 3.20). Sırganlık madeni mineral birlikteliği bakımından daha çok Eskiköy madeni ile benzerlik göstermektedir. Kaolen, simektit ve

illit belirlenen kil mineralleri olup özellikle illit cevherli zonlarda daha fazla bulunmaktadır.

4.3. Cevher Minerallerin İz Element İçerikleri

Mineral kimyası maden yataklarında cevher minerolojisi çalışmaları için son derece önemlidir. Minerallerin kimyasal formüllerinin belirlenmesinin yanında jeotermometre çalışmaları içinde en elverişli bulgulardan biridir (Lotfus-Hill ve Solomon 1967). Bu bölümde çalışılan üç farklı sahada mevcut olan sülfidlerin mineral kimyası belirlenmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmaları yapılmıştır. Ayrıca mevcut sülfat bileşimli minerallerden jeotermometre hesapları yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla Eskiköy madeninden toplam 96, Istala madeninden 46 ve Sırganlık madeninden 66 nokta analizi yapılmıştır.

4.3.1. Pirit

Pirit, kristal kristal kafes yapısında Fe yerine Co, Ni ve V gibi bileşenleri bünyesine alabilen bir mineraldir. Bu nedenle pirit mineral kimyası önemli kökonsel bulgular verebilir. Özellikle Co:Ni, Se ve V içerikleri literatürde birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Co:Ni oranları <1 ise sedimanter, >1 ise hidrotermal kökenin göstergesi olarak kabul edilmiştir (Lotfus-Hill ve Solomon, 1967; Anderson, 1969; Raiswell, 1980; Bahjaw, 1987).

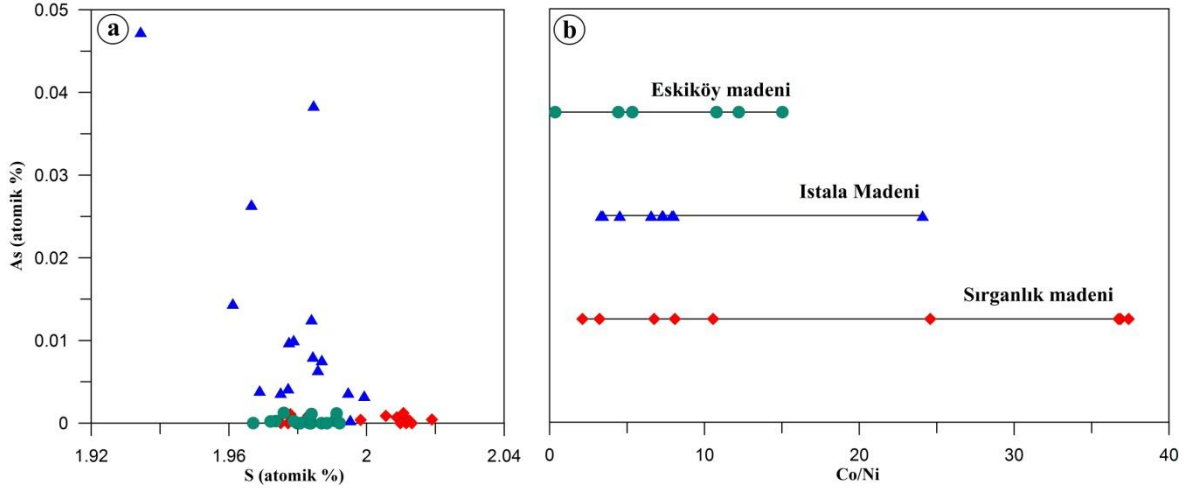
Eskiköy cevherleşmesindeki piritlerin en önemli özellikleri iz elementler bakımından oldukça fakir olmalarıdır (Tablo 4.1). As, Pb, Zn, Sb ve Cd içerikleri sırasıyla $<0,04\%$, $<0,03\%$, $<0,63\%$, $<0,02\%$, $<0,03\%$ 'tür. Bu elementlerin yanı sıra, Bi, Hg ve Co değerlerinin tamamı ölçüm sınırı altında olup, Ni değerleri ise sadece bir örnekte (EC-4, b4-1) $0,14\%$ olmasına rağmen genellikle $\leq 0,01\%$ altındadır. Bu da Eskiköy piritlerinin bu elementler bakımından fakir olduğunu göstermektedir. Clark (2004), Co ve Ni değerlerinin pirit içerisinde fakir oluşunu, cevher oluşturan hidrotermal çözeltilerinin bu elementlerce fakir olan yan kayaçlarla etkileşiminden kaynaklandığını ileri sürmektedir. Diğer taraftan Bahjaw (1987)'e göre Co ve Ni değerlerinin düşük olması cevher oluşturan hidrotermal çözeltilerin asidik karakterli olduğunu göstermektedir. Co değerlerinin ölçüm sınırı altında

olmalarından dolayı, piritlerin Co:Ni oranları, Co değeri olarak dedeksiyon limiti alınarak hesaplanmıştır. Böylece 6 örnekte Co:Ni değeri elde edilmiş ve bu değerlerin bir örnek dışında (EC-4, b4-1; 0,35), 4,42 ilâ 15,02 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Eskiköy piritlerinin As içeriğine oranla, Istala madeni piritlerinin As içeriği daha yüksek olup, bu değer ortalama %0,42 civarındadır. Sırganlık cevherleşmesi As içeriği ise Eskiköy piritleri ile benzerlik göstermekte olup, ortalama %0,01 değerindedir. Güleç ve Erler (1983)'e göre pirit içerisindeki As ve Ti içeriği sıcaklıkla ters orantılıdır. Bu durumda, Istala madeninin piritlerinin yüksek As içeriğine sahip olması nedeniyle Eskiköy ve Sırganlık madenlerine göre sıcaklık kaynağından daha uzak mevkide yerleştiği düşünülebilir (Şekil 4.1a). Çalışma alanlarındaki piritlerin iz element (As, Pb, Bi, Co ve diğ.) içerikleri genellikle dedeksiyon limiti altında olup bazı noktalarda Ni değerleri ölçülebilir sınırlardadır. Co:Ni değerlerinin hesaplanabilmesi için Co dedeksiyon limitini kullanmak suretiyle hesaplanan Co:Ni oranları Istala için Co:Ni değerlerinin 3 ilâ 7 arasında değiştiği sadece bir örnekte (ISG-5, py-15) 24 çıktığı gözlenmiştir. Sırganlık için Co:Ni değerleri ise, 2 ilâ 37 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler Co:Ni değerlerinin maksimum değerleridir. Co:Ni değerlerinin 1'den büyük olması piritlerin hidrotermal kökenli olduğunun bir göstergesidir. Ayrıca değerlerin genellikle <20 olmaları sahaların birbirleri ile uyumlu olduklarının bir göstergesidir (Şekil 4.1b).

Tablo 4.1. Piritlerin mikrokimyasal analizler sonucunda elde edilen temel istatikselsel parametreler (DL: dedeksiyon limiti, dla: dedeksiyon limiti altında).

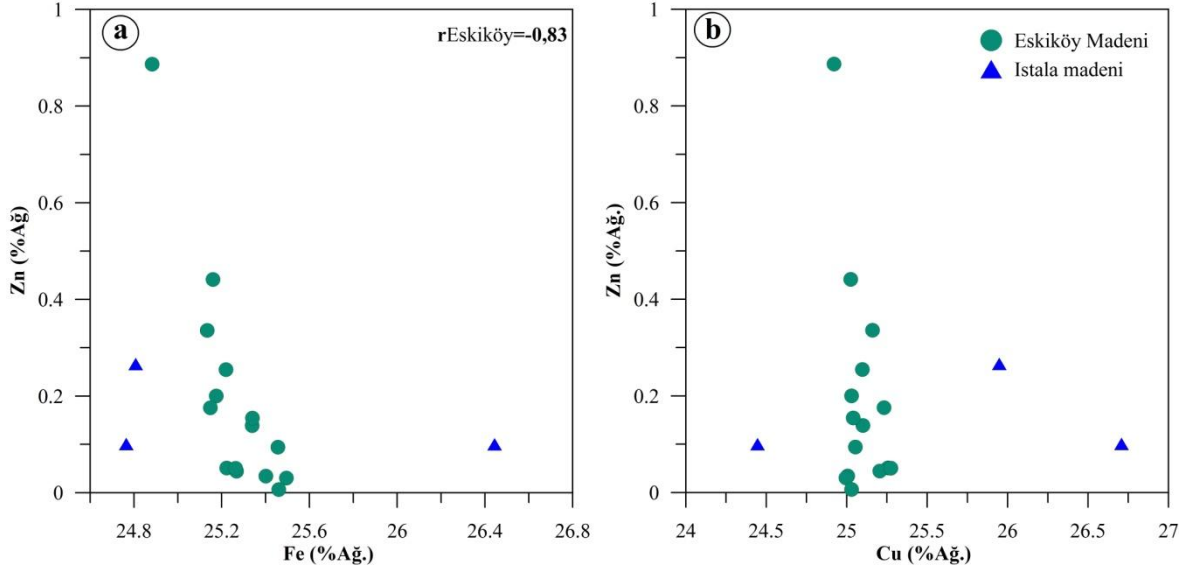
		%Ağ.																
		S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te
<i>DL(%)</i>		<i>0,056</i>	<i>0,035</i>	<i>0,063</i>	<i>0,04</i>	<i>0,011</i>	<i>0,024</i>	<i>0,058</i>	<i>0,05</i>	<i>0,05</i>	<i>0,013</i>	<i>0,13</i>	<i>0,06</i>	<i>0,04</i>	<i>0,007</i>	<i>0,037</i>	<i>0,04</i>	<i>0,06</i>
Eskiköy Madeni	<i>Mak.</i>	66,40	34,24	0,14	0,63	0,04	0,01	0,02	dla	0,11	0,04	0,03	0,02	dla	0,03	dla	0,01	0,01
	<i>Min.</i>	65,57	33,26	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
	<i>Ort.</i>	66,08	33,74	0,01	0,11	0,01	dla	0,01	dla	0,02	0,01	0,01	0,00	dla	0,01	dla	dla	dla
	<i>Std.Sap</i>	0,22	0,24	0,03	0,17	0,01	dla	0,01	dla	0,03	0,01	0,01	0,01	dla	0,01	dla	dla	dla
	<i>Nokta Sayısı</i>	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Istala Madeni	<i>Mak.</i>	66,64	34,09	0,02	0,02	1,58	dla	0,01	dla	0,08	0,02	0,02	0,02	0,01	dla	dla	dla	0,02
	<i>Min.</i>	64,48	32,50	dla	dla	0,01	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
	<i>Ort.</i>	65,95	33,57	0,01	0,01	0,42	dla	0,01	dla	0,02	0,01	dla	0,01	dla	dla	dla	dla	0,01
	<i>Std.Sap</i>	0,52	0,40	0,01	0,01	0,45	dla	0,01	dla	0,02	0,01	0,01	0,01	dla	dla	dla	dla	0,01
	<i>Nokta Sayısı</i>	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Sırganlık Madeni	<i>Mak.</i>	67,30	34,11	0,02	0,10	0,04	0,03	0,02	dla	0,04	0,02	0,03	0,02	dla	0,04	dla	0,01	0,01
	<i>Min.</i>	65,83	32,67	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
	<i>Ort.</i>	66,71	33,21	dla	0,01	0,01	0,01	0,01	dla	dla	dla	0,01	dla	dla	0,01	dla	dla	dla
	<i>Std.Sap</i>	0,49	0,49	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	dla	0,01	0,01	0,01	0,01	dla	0,01	dla	dla	dla
	<i>Nokta Sayısı</i>	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19



Şekil 4.1. Çalışma alanlarından analiz edilen piritlerin S-Fe (a) ve Co:Ni (b) arasındaki ilişkiler.

4.3.2. Kalkopirit

Yapılan mikrokimyasal analizler sonucunda Eskiköy ve Istala madenlerine ait kalkopiritlerde sadece Zn içerikleri belirlenebilmiştir (Tablo 4.2). Diğer iz element içerikleri dedeksiyon limiti altındadır. Kalkopirit minerali, Eskiköy ve Istala madeninden farklı olarak Sırganlık madeninde sadece sfalerit içerisinde küçük kapanımlar halinde bulunmaktadır. Bu nedenle, Sırganlık madenindeki kalkopiritlerden ölçüm alınamamıştır. Eskiköy ve Istala cevherleşmelerindeki kalkopirit minerallerinin Zn içerikleri karşılaştırılmıştır ve Eskiköy kalkopiritlerinin Zn içeriğinin Istala madenine göre daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Ayrıca Zn içerikleri ile Fe ve Cu içerikleri karşılaştırılmıştır. Buna göre, Eskiköy kalkopiritlerinin Zn-Cu ve Zn-Fe korelasyonları $r=-0,83$ ve $r=-0,42$ 'dir (Şekil 4.2a ve b). Bu nedenle; Eskiköy kalkopiritlerinde Zn'nun Fe'in yerini aldığı, ancak bu değişim %0,9 oranında gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Istala kalkopiritlerinde ise herhangi bir korelasyona rastlanmamıştır.



Şekil 4.2. Çalışma alanlarından analiz edilen kalkopiritlerin a) Cu-Zn ve b) Fe-Zn arasındaki ilişkiler.

Tablo 4.2. Kalkopiritlerin mikrokimyasal analizleri sonucunda elde edilen temel istatistiksel parametreler.

		%Ağ.																
		S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te
Eskiköy Madeni	<i>Mak.</i>	49,58	25,49	0,02	0,89	0,05	0,04	0,02	dla	25,27	0,04	0,04	0,02	dla	0,02	dla	0,02	0,01
	<i>Min.</i>	49,24	24,88	dla	0,01	dla	dla	dla	dla	24,92	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla	dla
	<i>Ort.</i>	49,39	25,27	dla	0,19	0,01	dla	dla	dla	25,11	0,01	0,01	dla	dla	dla	dla	0,01	dla
	<i>Std.Sap</i>	0,08	0,15	dla	0,22	0,02	0,01	0,01	dla	0,11	0,01	0,01	0,01	dla	0,01	dla	0,01	dla
	<i>Nokta Sayısı</i>	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Istala Madeni	<i>Mak.</i>	48,94	26,44	dla	0,27	dla	0,01	dla	dla	26,71	0,01	0,05	0,01	dla	0,01	dla	0,01	dla
	<i>Min.</i>	48,35	24,76	dla	0,10	dla	dla	dla	dla	24,45	0,01	0,02	dla	dla	dla	dla	dla	dla
	<i>Ort.</i>	48,74	25,34	dla	0,16	dla	dla	dla	dla	25,70	0,01	0,04	dla	dla	0,01	dla	0,01	dla
	<i>Std.Sap</i>	0,34	0,96	dla	0,10	dla	dla	dla	dla	1,15	dla	0,02	dla	dla	0,01	dla	dla	dla
	<i>Nokta Sayısı</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

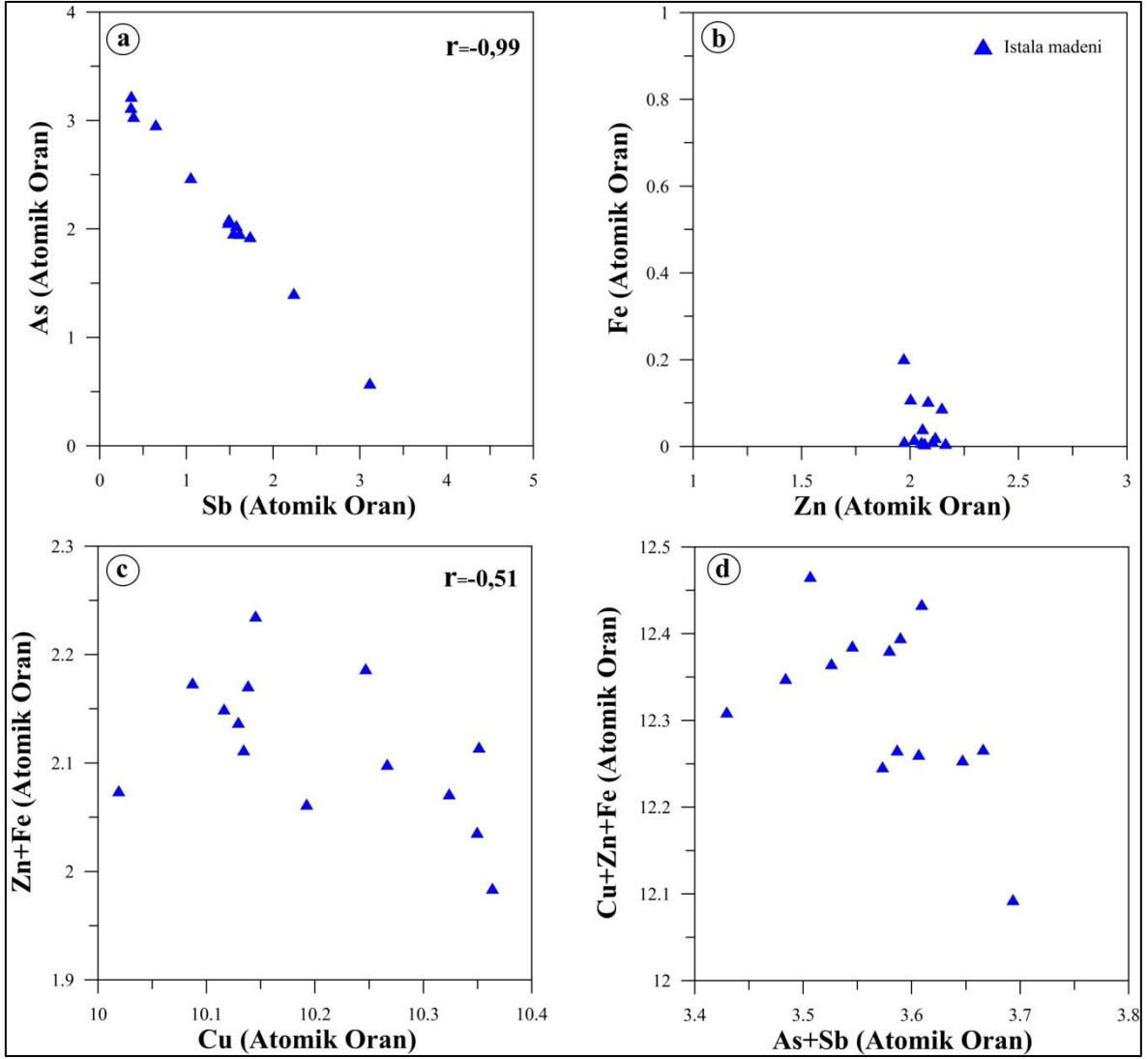
4.3.3. Sfalerit

Sfalerit mineralinin kimyasal bileşimindeki değişiklikler, cevher oluşum koşullarını ve cevher oluşum sürecinde, ortamda meydana gelen değişiklikleri yansıttıklarından dolayı önemlidirler (Cook, 1996; Scott ve Barnes, 1971). Bu nedenle; sfaleritlerin kökensel özelliklerini belirlemek amacıyla Eskiköy madeni sfaleritlerinden 38, Istala sfaleritlerinden

8 adet ve Sırganlık sfaleritlerinden 27 adet ölçüm alınmıştır. Bu ölçümler kullanılarak kimyasal ve kökensel özellikleri karşılaştırılmıştır.

Çalışma alanlarındaki sfaleritlerde ana bileşen Zn'ye eşlik eden katyonlar (Fe, Cu ve Cd) son derece sınırlıdır (Tablo 4.3). Sfaleritlerin Fe ve Zn, Cu ve Zn içerikleri arasında negatif korelasyonlar vardır (Şekil 4.3a ve b). Ayrıca Fe ve Cu arasında da pozitif korelasyon vardır (Şekil 4.3c). Scott ve Barnes (1971)'e göre; bu negatif korelasyonlar sfaleritlerin yapısında Cu ve Fe'in Zn'nun yerini aldığı, yani elementler arası değiş-tokuşun meydana geldiğinin göstergesidir. Pozitif korelasyonların varlığı ise, bu elementlerin birlikte artış gösterdiği anlamına gelmektedir. Bunun nedeni sfaleritin içerisinde kalkopirit kapanımları barındırıyor olmalarıdır.

Analiz edilen tüm sfaleritlerde Cd değeri ölçülmüş olup bu ölçümlerden elde edilen Zn:Cd değerleri; Eskiköy sfaleritleri için 100 ilâ 237, Istala sfaleritleri için 200 ilâ 335 ve Sırganlık sfaleriti için 111 ilâ 290 arasında değişen değerlerdedir (Şekil 4.3d). Sfaleritlerin Zn:Cd oranlarındaki bu değişim yatak tiplerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Birçok araştırmacı tarafından Zn/Cd oranına göre yatak tipleri sınıflandırılmıştır (Xuexin, 1984; Brill; 1989, Zaw ve Large, 1996; Xu, 1998; Gottesman ve Kampe, 2007). Xuexin (1984)'e göre 417-531 arasındaki değerler volkano-tortul tip yataklara 104-214 arasında değişen değerler ise magmatik hidrotermal yatakları işaret etmektedir. Zaw ve Large (1996) vokanojenik masif sülfid yataklarında yaptığı çalışmada sfaleritlerin Zn:Cd oranı 290-417, Brill (1989) ise, metamorfik hidrotermal yatakların yüksek Zn:Cd (ortalama 698) oranına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Gottesman ve Kampe (2007)'e göre bazaltik kayalara bağlı maden yataklarında sfaleritlerdeki Zn/Cd oranları 477, andezitik kayalara bağlı maden yataklarında 328-427 arasında, asidik kayalara bağlı maden yataklarında <300 ve granitik magmatizmaya ilişkili damar tip yataklarda <250'dir. Bu bilgiler ışığında, Zn/Cd değeri ortalama 173 olan Eskiköy, 242 olan Istala ve 159 değerine sahip olan Sırganlık cevherleşmelerinin asidik karakterli bir magmatizmaya bağlı damar tip yataklar grubuna düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.4. Istala madeni fahlerslerinin Sb-As (a), Cu-Ag (b), Cu-Zn+Fe (c) ve As+Sb-Cu+Zn+Fe (d) arasındaki ilişkiyi gösteren diyagramlar.

4.4. Hidrotermal Çözeltilerin Yan Kayaç Etkileşimi

Çalışma alanında bulunan dasidik kayalar hidrotermal alterasyondan değişik oranlarda etkilenmişlerdir. Bu kayalarda en yaygın görülen alterasyon türleri silisleşme, serizitleşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve killeşmedir. Bu alterasyon türleri Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenleride farklı yoğunluklarda gözlenmektedir. Cevher damarına dik yönde alınan profil örneklerden yapılan kimyasal analiz ve XRD analizleri sonucu ile de tespit edilmiştir.

Ana oksit elementlerin yanal değişimlerine göre, her üç cevherleşmede de cevher damarına yaklaştıkça SiO₂ artışı olurken Al₂O₃' azalma meydana gelmektedir. SiO₂ artışı silisleşmenin varlığını gösterirken, silisleşmenin yoğun olduğu bölgelerde Al₂O₃'ün azalması killeşmenin hiç olmadığını veya çok az olduğunu göstermektedir (Şekil 3.33, Şekil 3.34 ve 3.35). SiO₂ artmasına karşın Al₂O₃ azalmasının nedeni, K-feldispatların ayrışması sonucu SiO₂ oluşurken, ortamda Al ve K azalmasının meydana gelsidir. Ayrıca silisleşme kayaca doğrudan hidrotermal çözeltilerden de katılması mümkündür.

Çalışma alanındaki kayalarda en fazla görülen alterasyon türü serizitleşmedir. Serizitik alterasyon serizit ve kuvars mineralinin yoğunluğu ile karakteristiktir. Feldispatların ayrışması ile oluşan serizitler, feldispatların içerisinde görüldüğü gibi hamurdan itibaren yaygın olarak da görülmektedir (Şekil 3.23a, b ve d, Şekil 3.27a, b, c ve d. Şekil 3.31b, c, d ve e). Hidrotermal alterasyonun yanal değişim grafiklerinde, K₂O'un Na₂O ve CaO'a göre farklı davrandığı görülmektedir. Eskiköy ve Sırganlık sahalarında cevher damarına yaklaştıkça K₂O miktarında az da olsa bir azalma görülmektedir. Buna karşın Istala sahasında cevhere yakın ortamda K₂O oranında bir artış söz konusudur. Kimyasal bileşenler arasındaki bu farklılık özellikle K-feldispatların yapısındaki K'un Na ve Ca ile yerdeğiştirilmesi nedeniyledir.

4.5. Hidrotermal Sistemin Sıcaklığı ve Kökeni

Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinde sıvı kapanım ve izotop analizleri yapılarak bu madenleri oluşturan hidrotermal çözeltilerin termodinamik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Sıvı kapanım mikrotermometrik analizler ile elde edilen homojenleşme sıcaklıkları Eskiköy madeninin mineral oluşum fazları ile uyumlu olarak sıcaklıkları 120-219°C (I. grup) ve 205-363°C (II. grup) arasında olan iki farklı kuvars fazı belirlenmiştir. Bu kuvarlarda ölçülen ikincil kuvarların homojenleşme sıcaklıkları da I. grup ile uyumlu olarak ortalama 158°C olarak belirlenmiştir (Tablo 3.17). Sfaleritlerin birincil ve ikincil kapanımlarının homojenleşme sıcaklıkları birbirinden farklı olup iki ayrı grup oluşturmaktadır. I. grubu ikincil kapanımlar oluşturmakta olup homojenleşme sıcaklıkları 139-168°C arasındadır. II. grubu oluşturan birincil kapanımların homojenleşme sıcaklıkları ise 240-330°C arasındadır. Ayrıca sfaleritlerde belirlenen üç fazlı kapanımların

homojenleşme sıcaklıkları 252-325°C arasında olup II grup ile uyumludur (Şekil 3.39). Eskiköy madeninde sfaleritlerin ikincil kapanımları kuvarsların I. grubu ile; birincil kapanımları ise kuvarsların II. grubu ile örtüşmektedir. Istala madeni baritlerinden yapılan sıvı kapanım mikrotermometrik ölçümleri ile belirlenen homojenleşme sıcaklıklarına göre, baritler iki gruba ayrılmaktadır. I. grup baritler 121-200°C arasında değişen sıcaklıklara sahip olup birincil ve ikincil kapanımlardan oluşmaktadır. II. grup baritlerin homojenleşme sıcaklıkları ise 210-420°C arasındadır (Şekil 3.45). Sırganlık madeni kuvarslarından elde edilen homojenleşme sıcaklıklarına göre, iki ayrı grup belirlenmiş olup, I. grup kuvarsların homojenleşme sıcaklıkları 120-220°C iken II. grup kuvarsların homojenleşme sıcaklıkları 221-374°C arasında değişmektedir (Şekil 3.3.49).

Sfalerit, kuvars ve barit üzerinde yapılan tüm bu ölçümler Sırganlık ve Eskiköy sahalarının Istala'ya göre daha düşük sıcaklıklarda oluştuğunu göstermektedir. Homojenleşme sıcaklıklarında gözlenen bu farklılık, Istala sahasındaki sıvı kapanımların genel bileşimsel özellikleriyle de örtüşmektedir. Zira, bu sahadaki sıvı kapanımlar arasında yüksek tuzluluğa sahip ve hatta tuz bakımından aşırı doymuş çözeltilerin varlığını ortaya koyan tuz kristali içeren çok fazlı kapanımlar bulunmaktadır. Buna göre Eskiköy ve Sırganlık sistemlerinde etkili olan çözeltilerin benzeri çözeltiler muhtemelen Istala sahasında da etkili olmuştur. Çünkü sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk ve bileşim bakımından aynı özelliklere sahip sıvı kapanımlar çalışılan üç sahada da gözlenmiştir. Buna karşın, tuza aşırı doymuş çözeltilerin etkili olduğu cevherleşme fazı Istala sahasını diğerlerinden ayıran en önemli özelliktir. Bu da, benzer özellikli çözeltileri oluşturan tipik hidrotermal (meteorik etkileşimi yüksek) çözeltilere ilave olarak Istala yöresinde ayrıca mağmatik kaynaklı bir çözeltinin etkili olduğu düşüncesini desteklemektedir (Şekil 3.42, Şekil 3.47 ve Şekil 3.51).

4.6. Kükürt ve Oksijen İzotop Jeotermometresi

Kükürt izotop değerlerinin jeotermometre olarak kullanılabilmesi için farklı mineral çiftlerinin izotop farklarının hesaplanması gerekir. Bu mineral çiftleri kullanılarak Ohmoto ve Rye (1979) tarafından önerilen denge denklemleri yardımı ile oluşum sıcaklıkları belirlenebilmektedir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için oluşturulan mineral çiftlerinin dengede olmaları, mineral oluştuktan sonra birbirleri arasında veya çözelti ile bu mineraller

arasında izotopik etkileşme ve değişimler gelişmemelidir. Bu amaçla, Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinden seçilen pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve barit mineralleri arasında denge denklemleri kurularak kükürt izotop termometreleri oluşturulmuştur.

Cevher minerallerinin ayrımı esnasında minerallerin birbirleri ile olan denge durumunu belirlemek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle denge denklemleri yardımı ile mineral çiftleri arasından hesaplanan sıcaklık değerleri her mineral çifti için kullanılabilir sonuçlar vermemiştir (Tablo 4.6). Buna göre; Eskiköy madeninde sfalerit ile galen dengede olup bu mineral çiftinden $398\pm 23^{\circ}\text{C}$ 'lik oluşum sıcaklığı hesaplanmıştır. Bu oluşum sıcaklığı sfalerit ve kuvarslarda ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ile uyumlu olup II. gruba karşılık gelmektedir. Sırganlık madeninde ise pirit ile galen ve galen ile sfaleritin dengede olduğu yani eş yaşlı olduklarını söylemek mümkündür. Sırganlık madeninden dengede olan iki farklı izotopik denge sıcaklığı hesaplanmıştır. Bunlar pirit-galen mineral çifti için 365 ve 220°C , sfalerit-galen mineral çifti için 360°C olarak hesaplanmıştır. Sırganlık madeninden elde edilen bu sıcaklık değerleri, Sırganlık kuvarslarında ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ile uyumludur. 220°C olarak hesaplanan değer kuvarsların I. grubuyla, ortalama $362,5^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenen değer ise kuvarsların II. grubuyla örtüşmektedir.

Tablo 4.6. Sülfürlü minerallerin kükürt izotop değerlerine bağlı olarak belirlenen kükürt izotop jeotermometresi (Ohmoto ve Rye, 1979), (EC-2; Eskiköy, SC-1, 2, 3; Sırganlık örnekleri).

Örnek No	Mineral Çifti	$\Delta\delta^{34}\Sigma\text{S}(\text{‰})$	$T^{\circ}\text{C}$	Denge Durumu
EC-2	Sfalerit-Galen	1,6	398 ± 23	Dengede
SC-1	Pirit-Galen	2,5	365 ± 25	Dengede
SC-1	Pirit-Sfalerit	2,7	61 ± 24	Dengede değil
SC-1	Sfalerit-Galen	-0,2	Negatif	Dengede değil
SC-2	Pirit-Galen	4,2	220 ± 20	Dengede
SC-2	Pirit-Sfalerit	5,6	Negatif	Dengede değil
SC-2	Sfalerit-Galen	-1,6	Negatif	Dengede değil
SC-3	Sfalerit-Galen	1,8	360 ± 22	Dengede

^{18}O izotopları, maden yataklarını oluşturan çözeltilerin sıcaklığının belirlenmesinde jeotermometre olarak kullanılabilir (Ohmoto, 1986). Bunun için birçok araştırmacı tarafından önerilen denge denklemlerinden yararlanılır. Eskiköy ve sırganlık madenlerinde kuvars ve sfalerit mineralinden, Istala madeninde ise kuvars, barit ve sfalerit

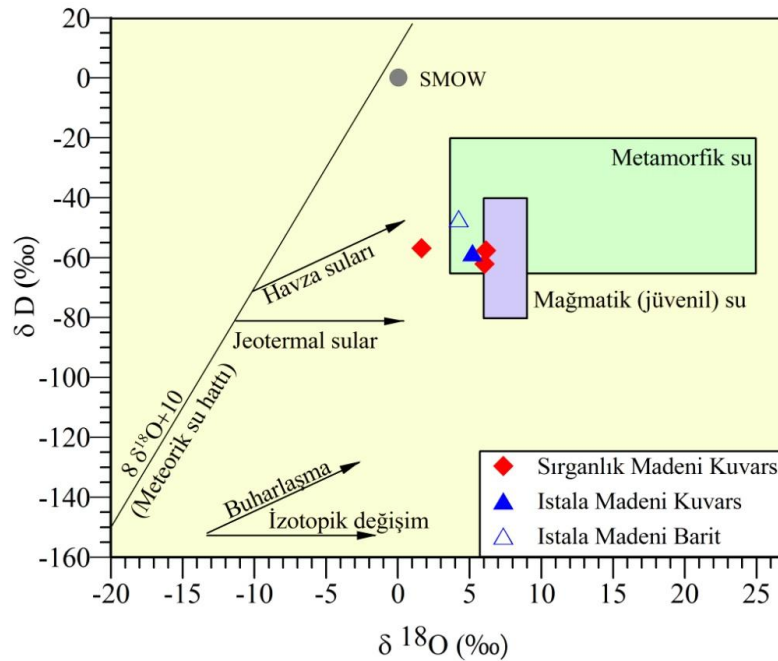
minerallerinden oksijen ve hidrojen izotop analizi yapılmıştır (Tablo 3.15). Ancak kuvars-sfalerit ve sfalerit-barit mineral çiftleri arasında denge denklemleri olmadığından izotop jeotermometresi yapılamamıştır. İstala madeninde ise kuvars ve baritin dengede olduğu kabul edilerek Matsuhisa ve diğ. (1979) tarafından önerilen kuvars-su denge denklemi ve Friedman ve O'Neil (1977) tarafından önerilen barit-su denge denklemleri taraf tarafa çıkarılarak kuvars-barit denge denklemi elde edilmiştir. Bu denge denklemi yardımı ile minerallerin oluşum sıcaklığı hesaplanmıştır. Buna göre mineral oluşum sıcaklığı 357°C olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık değeri İstala madeninde barit minerallerinden ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ile karşılaştırıldıklarında baritlerin II. grubuna karşılık gelmektedir. Böylece gerek kükürt ve gerekse oksijen izotoplarından elde edilen jeotermometre değerleri örtüşmektedir.

4.7. Hidrotermal Çözeltinin Kökeni

Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerinde sülfid minerallerinde elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰-0,9 ile ‰4,7 arasında değişmektedir (Tablo 3.14). Bu değerlerin ‰0 değerine yakın olması bu minerallerin oluşumunu sağlayan sülfürün magmatik kökenli olduğunu göstermektedir (Ohmoto ve Rye, 1979; Campbell, 1987). Hidrotermal çözeltinin kökenini belirlemek amacıyla yapılan O ve H izotop analizleri doğrudan mineralleri oluşturan çözeltinin izotop bileşimini yansıtmamaktadır. Dolayısıyla mineralleri oluşturan çözeltinin izotop bileşimini belirlemek gerekir. Bu amaçla mineral-su çiftlerine ait izotopik denge denklemleri kullanılmaktadır. Mineral su çiftlerinin kullanılabilmesi için, mineral su çiftinin oluşum sıcaklığının biliniyor olması gerekmektedir. Eskiköy madeninde sadece sfalerit mineralinden oksijen ve hidrojen izotop analizi yapılmıştır. Bu nedenle sfalerit-su denge denklemi olmadığından sfaleriti oluşturan çözeltinin oksijen izotop bileşimi hesaplanamamıştır. Sırganlık madenini oluşturan çözeltilerin izotop bileşimini hesaplamak için kükürt izotop jeotermometresinden elde edilen sıcaklık değeri (362,5°C), İstala madeni için de Kuvars-Barit mineral çiftinden yapılan oksijen izotop jeotermometresi ile elde edilen sıcaklık değeri (357°C) kullanılmıştır. Bu sıcaklık değerleri ile hesaplanan çözeltinin oksijen izotop bileşimi sırganlık madeni için ‰1,64 ile ‰6,14 arasındadır. İstala madeninde kuvars ve barit kullanılarak hesaplanan çözeltinin oksijen izotop bileşimi ise ‰4,23 ve ‰5,20 dir. Bu değerler genel olarak magmatik kökenli bir çözeltinin varlığını

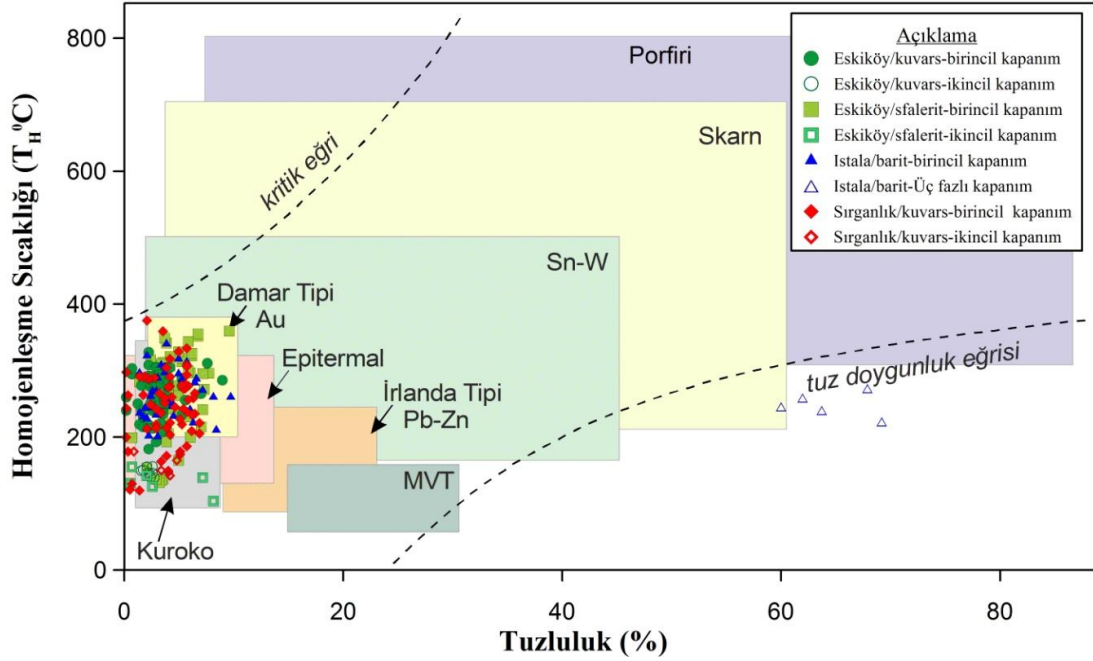
göstermektedir (Ohmoto, 1986). Ancak %1,64 ile %4 arasındaki değerler magmatik çözeltilere yüzeysel bir katkının olduğuna işaret etmektedir.

Kuars ve Bariti oluşturan sıvıların oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri, cevherleşmeye ve buna bağlı olarak da alterasyona neden olan sıvı veya sıvıların kökenini belirlemek için, ^{18}O 'e karşı D değişim diyagramına aktarılmış ve değişik kökenli sıvılarla karşılaştırılması sağlanmıştır (Taylor, 1974; Ohmoto, 1986), (Şekil 4.5). Bu grafiğe göre, Sırganlık madenine ait kuvarslardan ikisi magmatik alanda yer alırken, bir tanesi havza sularının trendine yakındır. Istala madeninin kuvars ve bariti ise magmatik alanın dışında yer almaktadır. Bütün bu değerler hidrotermal etkileşimi sağlayan çözeltilerin baskın olarak magmatik kökenli olduğunu ve muhtemelen daha sonra yüzeysel kökenli sularla etkileşime uğradığını göstermektedir. Sıvı kapanım çalışmaları ile de hidrotermal çözeltilerin bileşimi belirlenebilmektedir. Eskiköy madeninde kuvarslardan ölçülen ilk eğrime sıcaklıkları % $-19,1$ ilâ % $-23,5$, sfaleritlerde % $-19,8$ ilâ % $-31,2$ arasında değişmektedir. Buna göre kuvars ve sfalerit minerallerini oluşturan çözeltilerin $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ sisteminde olduğu ve çözelti içinde çoğunlukla NaCl tuzu ve belki bir miktar da KCl tuzu bulunduğu söylenebilir (Shepherd ve diğ., 1985; Borisenko, 1977).



Şekil 4.5. Doğal çözeltilerin oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri, Sırganlık ve Istala madenlerini oluşturan çözeltilerin ^{18}O ve D izotop farklılaşma grafiği (Taylor, 1974; Ohmoto, 1986).

Kuvars ve sfalerit minerallerinde sıvı kapanımların son buz ergime sıcaklıklarına göre belirlenen tuzluluk değerleri sırasıyla %0,07-9,5 ve %0,1-8,9 NaCl'dir. Tuzluluğun geniş bir aralıkta değişim göstermesi bu mineralleri oluşturan çözeltilerin nispeten orta tuzlulukta olup daha sonra tuzluluğu düşük bir çözelti ile karışması sonucu seyreltiğini göstermektedir. Bu durum tuzluluk-homojenleşme grafiğinde de açıkça görülmektedir. Bu grafikte sıvı kapanımlar yüzeysel kökenli sularla seyrelme trendine paralellik göstermektedir. Istala madeninde barit mineralinden yapılan sıvı kapanım mikrotermometrik ölçümleriyle belirlenen ilk ergime sıcaklıkları -18,2 ilâ -25,1 arasında değişmektedir (Şekil 3.46a). Dolayısıyla, barit minerallerini oluşturan çözeltilerin H₂O-NaCl-KCl (-23,5) sisteminde olduğu ve yapılan petrografik incelemeler sonucunda çözelti içinde çoğunlukla NaCl tuzu varlığı tespit edilmiştir. Bu kapanımların tuzlulukları %1,3 ilâ %69,17 arasında çok geniş bir aralıkta değişmektedir (Şekil 3.46b). Yüksek tuzluluk değerleri sıvı kapanımlar içerisinde gözlenen tuz kristallerinden kaynaklanmaktadır. Tuzluluğun bu derece yüksek olması cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin tuza doymuş ve magmatik kökenli olduğunu göstermektedir. Yapılan Raman spektrometresi analizlerinde sıvı kapanımların gaz fazı ölçülmüş ve CO₂ içerdiği belirlenmiştir. CO₂'in ortamdaki bolluğu da magmatik kökene işaret etmektedir (Şekil 3.44). Ancak %1,3'e kadar düşen tuzluluk değerleri ise ortama tuzluluk değeri düşük başka bir çözeltinin karıştığını göstermektedir. Tuzluluk homojenleşme grafiğinde de nispeten yüzeysel kökenli sularla seyrelme trendine paralellik söz konusudur. Sırganlık madeninde kuvars minerali üzerinde ölçülen ilk eğrime sıcaklıkları -18,6 ilâ -24,2 arasında değişmektedir (Şekil 3.50a). Buna göre kuvarsı oluşturan çözeltinin H₂O-NaCl (-21,2) sisteminde olduğu söylenebilir. Bu kapanımların tuzluluk değerleri dar bir aralıkta değişmekte olup %0,1 ilâ %6,8 arasında değişmektedir (Şekil 3.50b). Buna göre Sırganlık cevherleşmesinin oluşumunda nispeten düşük tuzluluk değerine sahip çözeltiler etkindir. Bu kapanımların tuzluluk-homojenleşme grafiği de ortamda yüzeysel kökenli suların baskın olduğunu göstermektedir. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinin oluşumunda magmatik katkı en fazla Istala madeninde görülürken, meteorik katkı en fazla Sırganlık madeninde etkilidir. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenleri farklı maden yataklarının tuzluluk-homojenleşme değerleri ile karşılaştırıldığında Istala madeni tuzluluk değerlerinin tuz doymuşluk eğrisinin altında olması magmatik katkıyı desteklemektedir. Eskiköy, Istala ve Sırganlık homojenleşme-tuzluluk değerleri damar tip sistemler ile benzerlik göstermektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Farklı maden yataklarından elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları ile Eskiköy, Istala ve Sırganlık cevherleşmelerinden elde edilen sıvı homojenleşme-tuzluluk verilerinin karşılaştırılması (Roedder, 1984).

4.8. Cevherin Oluşum Basıncı ve Derinliği

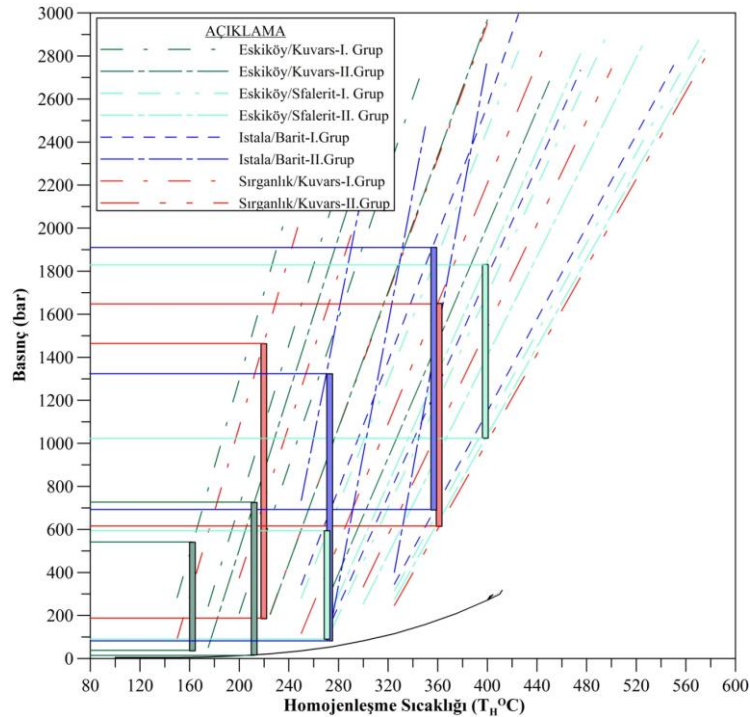
Sıvı kapanım çalışmaları yardımıyla mevcut bir maden yatağının basıncını ve oluşum derinliğini hesaplamaya çalışan araştırmacılar bu konuda birçok yöntemler geliştirmişlerdir (Roedder ve Bodnar, 1980; Roedder, 1984; Shepherd ve diğ., 1985; Brown ve Lamb, 1989; Knight ve Bodnar, 1989). Sıvı kapanımlardan elde edilen PVTX (basınç, hacim, sıcaklık, bileşim) özellikleri kullanılarak hazırlanan izokor diyagramları ve cevher ve gang mineralleri üzerinde değişik yöntemlerle basınçtan bağımsız olarak elde edilebilen sıcaklık değerleri (jeotermometre çalışmaları) kullanılarak cevherin oluştuğu basınç ve derinlik koşulları hesaplanabilmektedir (Shepherd ve diğ., 1985).

Cevherleşmenin basınç ve derinlik koşullarının belirlenmesi için Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinden ölçülen homojenleşme sıcaklıkları yeniden gruplandırılarak oluşturulacak olan basınç grafiği sadeleştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Eskiköy madeninde sfalerit I. grup homojenleşme sıcaklığı, kuvarsın I. grubu ile olan homojenleşme sıcaklığı uyumu nedeniyle kullanılmamıştır. Bu grubun yerine sfaleritin birincil kapanımları olan iki fazlı kapanımlar (I. grup) ile çok fazlı kapanımlar (II. grup)

kullanılmıştır. İstala madenindeki iki fazlı kapanımlar I. grubu oluştururken, çok fazlı kapanımlar II. grubu oluşturmaktadır. Sırganlık madeni homojenleşme sıcaklığı histoğrafında belirlenen gruplar kullanılmıştır.

Sıvı kapanımlardan cevherin oluştuğu basınç değerini belirleyebilmek için homojenleşme sıcaklıklarına göre belirlenen her grup için ortalama kritik sıcaklık ve basınç değerleri Knight ve Bodnar (1989)'a göre hesaplanmıştır. Brown (1989) tarafından geliştirilen FLINKOR paket programından Zang ve Frantz (1987) eşitliği kullanılarak da her bir grup için ortalama sıcaklık ve basınca bağlı olarak izokor eğrisi çizilmiştir. Elde edilen her bir izokor ve kritik eğrileri kullanılarak homojenleşme-basınç grafiği elde edilmiştir (Şekil 4.7). Ayrıca bu grafiğe sıvı kapanımların ortalama homojenleşme sıcaklıklarına bu sıcaklıkların ± 1 std. (± 1 standart sapma) de eklenmiştir.

İzokor eğrileri ile basıncı belirleyebilmek için oksijen ve kükürt izotop jeotermometresinden elde edilen denge sıcaklıkları kullanılmıştır. Eskiköy madeninde kuvars mineralleri için bağımsız jeotermometre elde edilememiş olup, bu minerallerin homojenleşme sıcaklıklarının ortalama değerleri izokor eğrileri ile karşılaştırılarak basıncın belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Buna göre kuvarsların I. grubu için ortalama 162°C , II. grup için ortalama 213°C izokor eğrileri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Bağımsız jeotermometre kullanarak sıvı kapanımların kapanılma basıncının hesaplanması.

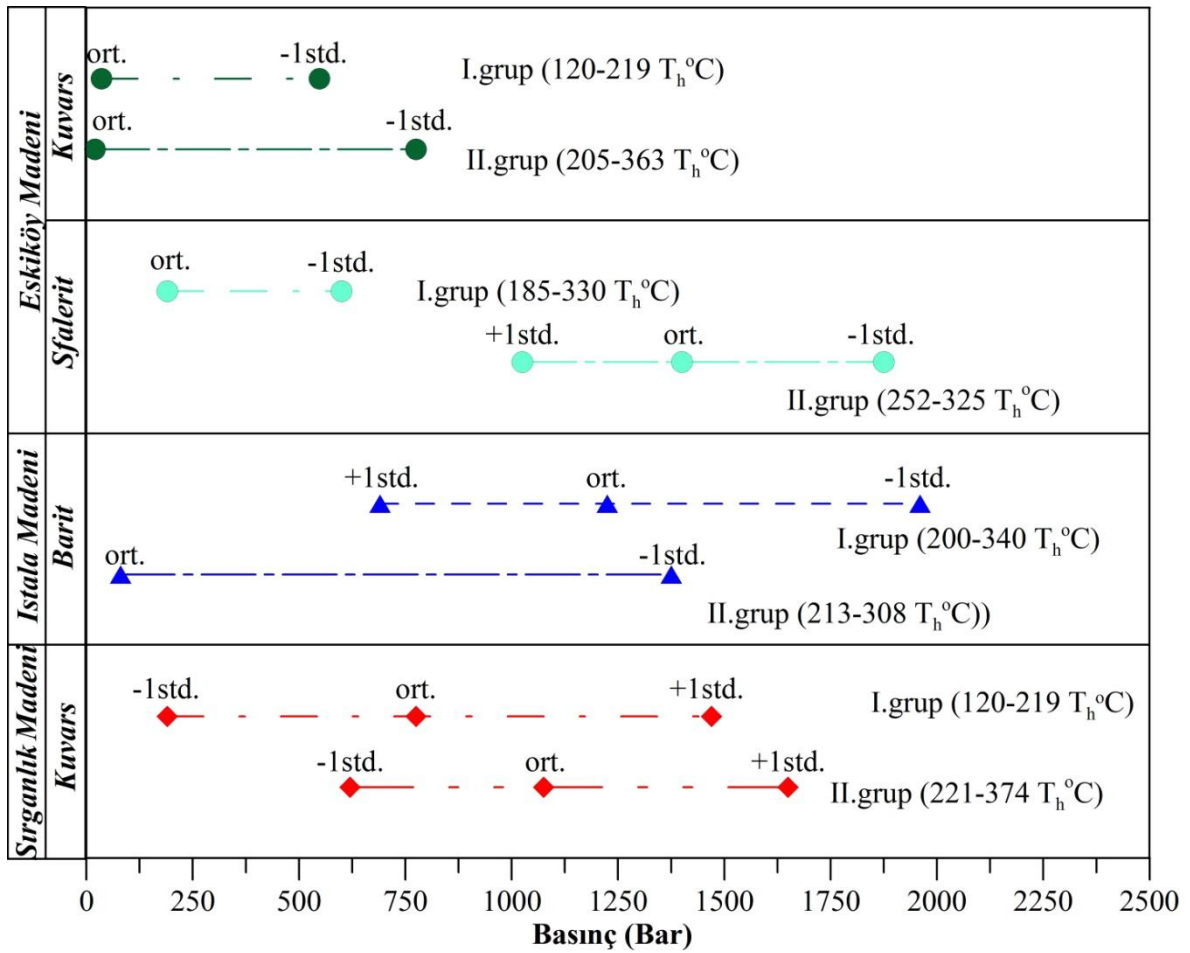
I. grup kuvarslar için belirlenen basınç değeri 35-548 bar arasında olup ortalama 291 bardır. II. grup kuvarslar için 20-775 bar arasında olup ortalama 397 bar'dır. Benzer şekilde I. grup sfalerit için ortalama homojenleşme sıcaklığı basınç hesabında kullanılmıştır. II. grup sfalerit için kükürt izotop jeotermometresinden elde edilen 398 °C'lik sıcaklık izokor eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, I. grup sfaleritlerde basınç 190-600 bar arasında ortalama 395 bar olarak belirlenirken II. Grup sfaleritlerde 1025-1875 bar arasında ortalama 1400 bar olarak belirlenmiştir. İstala madeninde iki grup olarak belirlenen baritlerin basıncının belirlenmesinde I.grup baritler için oksijen izotop jeotermometresinden elde edilen 357 °C denge sıcaklığı, II. Grup baritler için ise 270 °C ortalama homojenleşme sıcaklığı kullanılmıştır. Buna göre I. grup baritlerin basıncı 690-1960 bar arasında ortalama 1225 bar, II. Grup baritlerin basıncı 80-1375 bar ortalama 727 bar olarak belirlenmiştir. Sırganlık madeninde iki gruba ayrılan kuvarslar için kükürt izotop jeotermometrelerinden elde edilen denge sıcaklıkları kullanılmıştır. I. grup için 220 °C, II. Grup için 362,5 °C'lik sıcaklık değerleri izokor eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre I. grup kuvarslarda 190-1470 bar arasında ortalama 775 bar, II. Grupta 620-1650 bar arasında ortalama 1075 bar'lık basınç belirlenmiştir. İzokor grafiğindeki karışıklığı önlemek amacıyla Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenleri için basınç değişimi yanal grafik olarak verilmiştir (Şekil 4.8).

Genel olarak bakıldığında Eskiköy madeni 20-1875 bar arasında (ortalama 947 bar), İstala madeni 80-1960 bar (ortalama 1020 bar) ve Sırganlık ise 190-1650 bar arasında (ortalama 920 bar) basınçlar altında oluşmuşlardır.

Cevher oluşumunda rol oynayan çözeltilerin buldukları ortamın basıncı, sıvı kapanım verilerinden elde edilen basınç değerine göre daha yüksektir. Buradan hareketle, sıvı kapanımlardan elde edilen sıcaklık değerlerine basınç düzeltilmesi uygulanması gerekir (Potter, 1977; Roedder, 1984; Shepherd vd.,1985). Bu durum, özellikle kapalı sistemler için geçerlidir. Açık sistemlerde ise basınç düzeltilmesi genellikle küçüktür ve birçok durumda ihmal edilebilir (Roedder, 1984). Özellikle hidrotermal çözeltilerin kaynadığının tespit edildiği durumlarda, sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklığı, sıvının kapanma sıcaklığına eşittir ve dolayısıyla belirlenecek basınç da gerçek basınçtır (Akçay ve diğ., 2006). Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerinde sıvı kapanımların petrografik incelemelerinde belirtildiği gibi kaynama izleri görülmektedir. Gazca yoğun kapanımlar ile sıvıca yoğun kapanımların bir arada bulunması kaynamanın bir göstergesidir. Böylece sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklıkları ve basınç

değerleri hidrotermal çözeltinin gerçek kapanlanma özelliklerini göstermektedir. Bu madenlerde basınç aralığının geniş olması, basınç hesabın ortalama homojenleşme sıcaklığı ile ± 1 std. (standart sapma) olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Tüm sıvı kapanım fazları için hesaplanan basınç aralıkları ise birbirlerinden çok farklı değildir. Özellikle ortalama basınç değerleri dikkate alındığında, bu madenlerin 920-1020bar'lık basınç altında oluştuğu söylenebilir.

Elde edilen ortalama basınç değerlerine göre Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinde hesaplanan oluşum derinliği litostatik basınç dikkate alınarak sırasıyla 3575m, 3850m ve 3473m olarak belirlenmiştir. Bu derinlikler dikkate alındığında Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinin yaklaşık aynı derinliklerde oluştuğu söylenebilir.



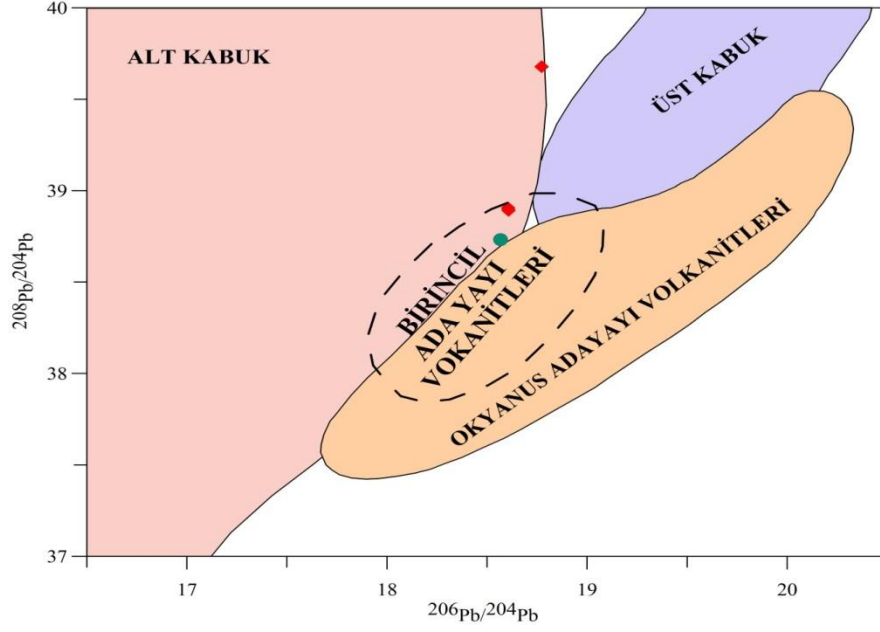
Şekil 4.8. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinin sıvı kapanım ve bağımsız jeotermometre yardımı ile belirlenen basınç değerlerinin yanıl gösterimi

4.9. Jeotektonik Oluşum ve Modelleme

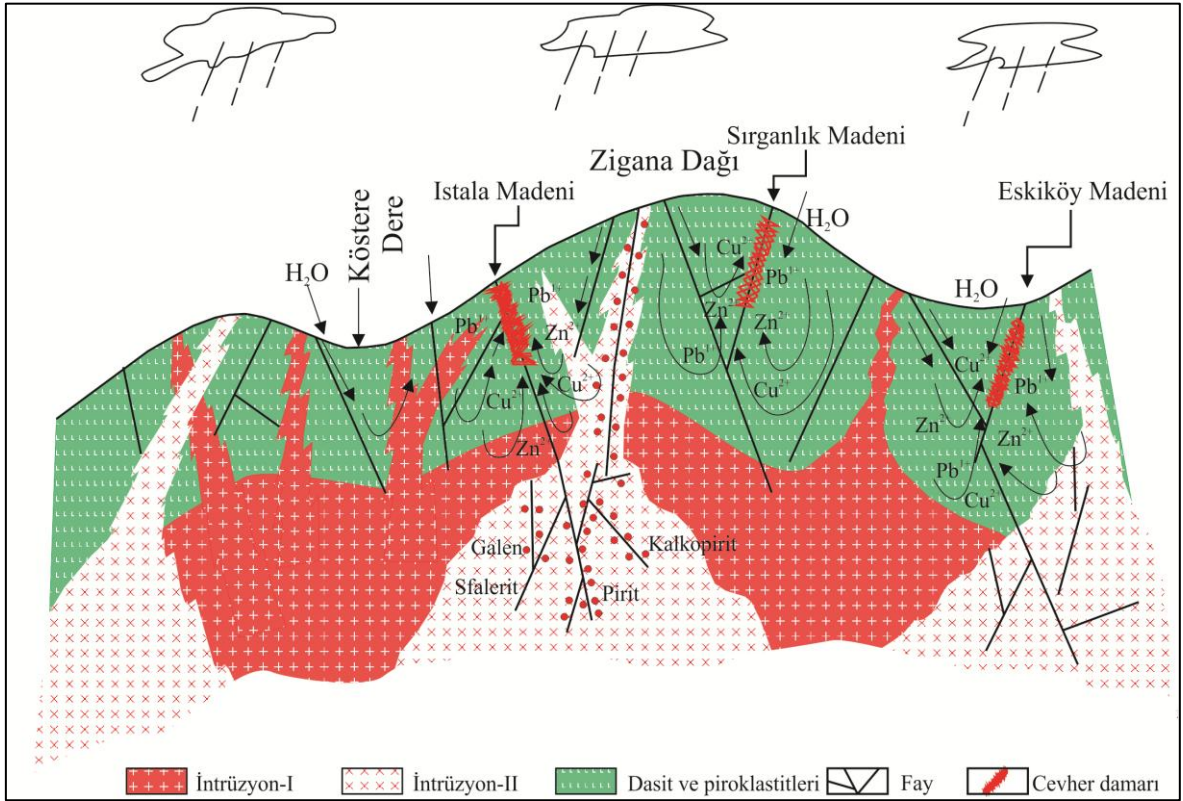
Yapılan $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ radyojenik izotop analizleri Doe ve Zartman (1979) tarafında önerilen kurşun izotop oranlarının farklı alanlar ile karşılaştırıldığında 1 örnek hariç tüm örneklerin birincil ada yayı ortamlarına düşmektedir. Doğu Karadaniz bölgesinin bir ada yayı ortamı olduğu daha önceki araştırmacılar tarafından ortaya konulduğu için (Şengör, 1982; Ercan ve Gedik, 1983; Gedik ve diğ., 1996, Oktay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz ve diğ., 1997 ve Boztuğ ve diğ., 2006). Pb izotop sonuçları da onlarla uyumluluk göstermektedir. Bu durum; cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal çözeltilerin cevherleşmeden önce ada yayı ortamında oluşan kayaçlardan metalik elementleri sökerek çalışma sahasındaki cevherleşmeyi oluşturduklarını göstermektedir. Yalçınalp (1992) tarafından yapılan çalışmada bölgedeki bilinen tek porfiri sistemi Tersiyer yaşlı olarak tanımlanmıştır. Ancak Sipahi (2005) tarafından yapılan çalışmada hidrotermal kil minerallerinden elde edilen 77 my yaş Yalçınalp (1992)'in bulgularına ters düşmektedir. K-Ar yaşlandırma sisteminin alterasyon zonlarında ^{40}K kaçışında dolayı sağlıklı sonuç vermediği günümüzde bilinmektedir (Göncüoğlu, 2001).

Karslı ve diğ. (2011), bölgede varlığı daha önceden bilinen granitik kopleksle ilişkili olarak oluştuklarını düşündükleri adakitik magmatizmanın yaşını Orta-Üst Eosen olarak belirlemişlerdir. Bu önceki araştırmalara ek olarak bu tez kapsamında yapılan çalışmaların cevherleşmelerin klasik bir epitermal sistemden daha derinde ve mezotermal evrede başlayıp epitermal evrede sonlandığını ortaya kondunduğundan; çalışılan cevherleşmelerin oluşumunun ada yayıyla ilişkili olarak oluşmuş olan Üst Kretase yaşlı birimleri Alt-Orta Eosen döneminde kesen granitik mağmatizma ile ilişkili hidrotermal çözeltiler tarafından oluşturulmuş olduğu; muhtemelen Güzelyayla porfiri cevherleşmesini oluşturan sistemin devamı olarak, ancak yüzeye daha yakın koşullarda bir birleriyle yaklaşık olarak eş derinliklerde olduğu söylenebilir.

Zigana yöresinde çalışılan bu üç saha ile birlikte hidrotermal damar tip ve porfiri sistemde gelişen birçok maden yatağı bulunmaktadır. Birbirlerine çok yakın olan bu maden sahaları çevresinde gelişmiş olan alterasyon Zigana yöresi boyunca geniş bir zonda gözlenmektedir. Oluşum modeli dikkate alındığında, Zigana yöresinde oluşan küçük ölçekli birçok madenin yöredeki intrüzyonlarla ilişkili porfiri bir sistemin ürünü olarak geliştikleri düşünülmektedir.



Şekil 4.9. Galenlerin $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 'e karşılık $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop oranlarındaki değişim farklı alanlarla karşılaştırılması (Doe ve Zartman, 1979).



Şekil 4.10. Eskiköy, Istala ve Sırganlık madenlerinin jeotektonik yapısı oluşum modeli.

5. SONUÇLAR

1. İnceleme alanındaki cevherleşmelerin tamamı dasit ve proklastitleri içerisinde gelişen kırık ve fay zonları boyunca epijenetik olarak oluşmuş hidrotermal damar tip cevherleşmelerdir.
2. Cevher damarları KD-GB doğrultulu kırıklar boyunca fay kontrollü olarak yerleşmişlerdir.
3. Çalışılan üç saha içerisinde Eskiköy ve sırganlık madenleri benzer mineral parajenezine sahiptir. İstala madeni ise Eskiköy ve sırganlık madenleri ile benzer mineraller sahip olmakla birlikte barit ve fahlers yoğunluğu bakımından bu iki madenen göre farklılık göstermektedir.
4. Mikroprop analizlerine göre, Eskiköy, İstala ve Sırganlık madenlerine ait cevher minerallerinin benzer stokiyometrik bileşime sahiptir.
5. Piritlerin Ni:Co içerikleri ve sfaleritlerinin Zn:Cd oranlarını bu cevherleşmelerin asidik karakterli bir magmatizmanın ürünü olduklarını göstermektedir.
6. Çalışma sahaları hidrotermal alterasyon bakımından benzerdir. Alterasyon zonlanması her üç madende de merkezden dışa doğru silisleşme, arjilik ve propilitik alterasyon şeklinde oluşmuştur.
7. çalışılan üç sahada da kükürt izotop verileri kükürtün kaynağının magmatik olduğunu göstermiştir.
8. $\delta^{18}\text{O}$ ve D verileri cevherleşmenin baskın olarak magmatik çözültiden oluştuğunu ve bir miktarda meteorik çözülti ile karışarak seyredildiğini göstermiştir.
9. Çalışılan üç saha için sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklıkları benzerdir.
10. Tuzluluk değerleri Eskiköy ve Sırganlık madenlerinin benzer olup, İstala madeninin tuzlu kapanımlar içermesi nedeniyle bu iki madenden farklı olduğunu göstermiştir. Bu durumun varlığı diğer madenlerden farklı olarak onu oluşturan hidrotermal çözülti tuza doymuş magmatik katkının fazla olduğu çözültilerdir.

11. sıvı kapanımlardaki kaynama verileri bu madenleri oluşturan çözeltilerin homojenleşme sıcaklıklarının gerçek oluşum sıcaklıkları olduğunu göstermiştir. Dolayısı ise bu sıcaklıklardan hesaplanan basınç değerleride gerçek basınçlardır.

12. Galenlerden elde edilen kurşun izotop özelliklerine göre cevherlerin bileşiminde bulunan kurşun ada yayı ortamında alt kabuğun kısmi ergimesi sonucu oluşan asidik sokulumlarla ilişkilidir.

13. Oluşum modeline göre Zigana yöresindeki bu üç madenin yakın çevresindeki intrüzyonlara yapılacak sondajlar derinlerde var olan muhtemel bir porfiri maden yatağının varlığını ortaya koyacaktır.

6. KAYNAKÇA

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İÜ, Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Akçay, M., Özkan, H. M., Moon, C. J. ve Spiro, B., 2006. Geology and Geochemistry of the Gold-Bearing Stibnite and Cinnabar Deposits in the Emirli and Halıköy Areas (Ödemiş, İzmir, West Turkey), Ore Geology Reviews, 29, 19-51.
- Akın, H., 1978. Geologie, Magmatismus Und Lager-Staettenbidung Im Ostpontischen Gebirge-Turkei Aus Der Sicht Der Plattentektonik, Geologische Rundschau, 68, 253-283.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 96.
- Anderson, C. A., 1969. Massive Sulphide Deposits and Volcanizm, Economic Geology, 60, 2, 129-246.
- Aslan, Z., Arslan, M. ve Şen, C., 1999. Doğu Pontid'lerin Kuzey ve Güney Zonlarında Yüzeyleyen Eosen Yaşlı Granitik Sokulumların Karşılaştırılmalı Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 223-230.
- Arslan, M. ve Aslan, Z., 2006. Mineralogy, Petrography and Whole-Rock Geochemistry of Tertiary Granitic Intrusion in the Eastern Pontides, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 177-193.
- Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır-Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plâka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, KTÜ Yerbilimleri Fakültesi, 12, Trabzon.
- Aslaner, M. ve Gedikoğlu, A., 1982. Harşit Vadisi Polimetalik Mineralizasyonlarının Ayrıntılı Araştırılması, Tübitak, Tbag- 390, Ankara
- Aydın, F., 1996. Karamustafa ve Hasköy (Gümüşhane) Yöresindeki Barit Yataklarının Mineralojik ve Jenetik Açından İncelenmesi, Yük. Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bil. Ens., Trabzon.
- Bajwah, Z. U., Secombe, P.K. and 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.
- Bektaş, O., 1984. Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, KTÜ, Yerbilimleri Dergisi, Jeoloji, 3, 1, 2, 53-62.

- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc-Back of Eastern Pontides, MTA Bulletin, 103,104, 1-15.
- Biscaye, P.E., 1965. Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep Sea Day in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans, Geoloical Society of America Bulletin, 76, 803-832.
- Bodnar, R. J., 1993. Revised Equation ve Table for Determining the Freezing Point Depression of H₂O-NaCl Solutions, Ceochimica et Cosmochimica Acta. 57, 3, 683-684.
- Borisenko, A.S.,1977. Study of the salt composition of solutions in gas-liquid inclusions in minerals by the cryometric method, Soviet Geol.& Geophys. 18, 11-19.
- Boztuğ, D., Wagner, G.A., Erçin, A.İ., Göç, D., Yegingil, Z., İskenderoglu, A., Kuruçelik, M.K., Kömür, İ. ve Güngör, Y., 2002. Sphene and Zircon Fission-Track Geochronology Unravelling Subduction- and Collision-Related Magma Surges in the Composite Kaçkar Batholith, Eastern Black Sea Region, Turkey, 1st International Symposium of The Faculty of Mines (İTÜ) On Earth Sciences and Engineering, Istanbul, Turkey, Abstracts, 121.
- Bodnar, R. J., Sterner, S. M. ve Hall, D. L.,1989. Sality: a Fortran Program to Calculate Compositions of Fluid Inclusions in the System NaCl-KCl-H₂O, Computers & Geoscience, 15, 1, 19-41.
- Bodnar, R. J., 1993. Revised Equation ve Table for Determining the Freezing Point Depression of H₂O-NaCl Solutions, Ceochimica et Cosmochimica Acta. 57, 3, 683-684.
- Boztuğ, D., Erçin, A. İ., Kuruçelik, M. K., Göç, D., Kömür, İ. ve İskenderoğlu, A., 2006. Geochemical Characteristics of the Composite Kaçkar Batholith Generated in a Neo-Tethyan Convergence System, Eastern Pontides, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences 27, 286-302.
- Breskovska, V., and Tarkian M., 1994. Compositional variation in Bi-bearing fahlores, N Jb Miner Mh. 5,230–240.
- Brown, P. E., 1989. FLINCOR: A Microcomputer Program Fort He Reduction ve Investigation of Fluid-Inclusion Data, Amer. Mineralogist, 74, 1390-1393.
- Brown, P. E. and Lamb, W. M., 1989. P.V.T. Properties of Fluids in the System H₂O±CO₂±NaCl: New Graphical Presentations ve Implications for Fluid Inclusion Studies, Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 1209-1221.
- Burke, E. A. J., 2001. Raman microspectrometry of fluid inclusions, Litos, 55, 139-158
- Campbell, A. R., 1987. A Sulfur Isotopic Study of the San Cristobal Tungsten-Base Metal Mine, Peru. Mineralium Deposita, 22, 42-46.

- Charlat, M. and Levy, C., 1974. Substitution multiples dans la s erie tennantite-t etra drite.- Bull.Soc.Fr.Min ral.Cristallogr.,97,241-250.
- Clark (2004) Genetic implications of pyrite chemistry from the Palaeoproterozoic Olary Domain and overlying Neoproterozoic Adelaidean sequences, Northeastern South Australia,Ore Geology Reviews, 25, 237-257.
- Cook, N. J., 1996. Mineralogy of the Sulphide Deposits at Sulutjelma, Northern Norway, *Mineral Mag.*, 57, 67-81.
- Craig, J. R. and Vaughan, D.J., 1994. *Ore Microscopy and Ore Petrography*, 2nd. Edition. Wiley-Interscience, New York, 434 s.
- Çalgın, R., 1968. Trabzon G42-C1 Paftasının Jeolojik Etüdü Raporu, MTA, Rapor No: 42, Trabzon (yayınlanmamış).
- Çınar, S., Türk, O., Er, M., Güç, A. R., Gümüşel, A., Özdemir, M. ve Kurtođlu, T., 1983. Gümüşhane İli ve Güneybatı Yöresinin 1/25000 Ölçekli Jeoloji ile Maden Zuhurlarına İlişkin Rapor, MTA (yayınlanmamış).
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrojeolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İTÜ, Maden Fakültesi, İstanbul (Yayınlanmamış).
- Demir, Y., 2005. İstala ve Köstere (Torul-Gümüşhane) Madenlerinin Mineralojik ve Dokusal Özellikleri, Yük. Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bil. Ens., Trabzon.
- Di Benedetto, F., Bernardini, G.P., Costagliola, P., Plant, D. and Vaughan, D. J., 2005. Compositional Zoning in Sphalerite Crystals, *American Mineralogists*, 90, 1384-1392.
- Doe, B. R. and Zartman, R.E., 1979. *Plumbotectonics 1: The Phanerozoic* in: Barnes, H. L., (ed), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, Wiley, New York, 22-70
- Emin, C., 1974. Gümüşhane-Torul-Köstüre Köyü Yöresinin Jeolojik Etüdü, MTA, Rapor No: 201, Trabzon (yayınlanmamış).
- Ercan, T. ve Gedik, A., 1983, Pontidlerdeki volkanizma, TJK Bülteni, 18, 3-22.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, MMLS Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Faure, G., 1986. *The K-Ar Method of Dating*, *Principles of Isotope Geology* , Second Edition, John Wiley, New York, 66-92.
- Friedman, I. ve O'Neil, J. R., 1977. Compilation of Stable Isotope Fractionation Factors of Geochemical Interest. Fleisher, M. (ed.), *Data of Geochemistry*, 6th ed., ch, kk, US. Geol. Surv., 440.

- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S. ve Karataş, S., 1992. Rize-Fındıklı Çamlıhemşin Arasında (Doğu Karadeniz) Yer Alan Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Doğu Pontid'lerdeki Bölgesel Yayılımları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 15-38.
- Gedik, L., Kırmacı, M. Z., Çapkınoğlu, Ş., Özer, E. ve Eren, M., 1996, Doğu Pontidlerin Jeolojik Gelişimi, KTÜ, 30. Yıl Sempozyumu, , Bildiriler Kitabı, Cilt II, 654-677.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doçentlik Tezi, KTÜ, Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. The Main Lines of Geotectonic Development in The East Pontids in The Mesozoic Era, Geocome-I, 555-580.
- Gottesman, W. and Kampe, A., 2007. Zn/Cd Ratios in Calcsilicate-hosted Sphalerite Ores at Tumurtijoovoo, Mongolia, Chemi Der Erde, 67, 323-328.
- Göncüoğlu, M. C., 2001. Magmatik Kayaçalarda Radyometrik Yaş Tayini Yöntemleri. Boztuğ, D., ve Otlu, N., (Eds.), Magmatik Petroenez, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 366-375.
- Gülibrahimoğlu, İ., ve diğ., 1985.Trabzon-Maçka Güneyi Yöresi'nin Jeoloji Raporu, MTA, Rapor No: 383, Trabzon, 54 s. (yayınlanmamış).
- Güleç, N. and Erler, A., 1983. Masif Sülfid Yataklarındaki Piritlerin Karakteristik İz Element İçerikleri, TJK Bülteni, 26, 145-152.
- Güngör, Y., Boztuğ, D. ve Yılmaz, O., 1997. Kaçkar Batoliti Altıparmak Dağı- Soğanlı Dağı Arası (GD Çamlıhemşin-Rize) Kesiminin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrojenetik İncelenmesi. Çukurova Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu, Nisan-Mayıs, Adana, Bildiri Özleri, 223-224.
- Güven, İ. H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA, Ankara (Yayınlanmamış).
- Hamilton, W.J., 1942. Researches in Asia Minör, Pontus and Armenia, 1rth Eds. Geol. Soc. London, 1842.
- Hoefs, J., 1987. Stable Isotope Geochemistry, 3rd edn. Springer, Berlin- Heidelberg- New York, 241 p.
- Jica., 1985. The Republic of Turkey Report On The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, Japan International Cooperation Agency Metal Mining Agency of Japan.
- Johson, N. E., Craig, J. R. and Rimstidt, J. D., 1986. Compositional Trends in Tetrahedrite, Canadian Mineralogist, 24, 385-397.

- Karslı, O., 2002. Granitoyid Kayaçlarda Magma Etkileşimleri İçin Petrografik, Mineralojik Ve Kimyasal Bulgular: Dölek Ve Sarıççek Plütonları (Gümüşhane, KD-Türkiye), Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karslı, O., Ketenci, M., Uysal, I., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B., Kandemir, R. and Wijbrans, J., 2011. Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: Potential parental melts and geodynamic implications, 127, 1, 354-372.
- Kaygusuz, A., 2000. Torul ve Çevresinde Yüzeyleyen Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen. Bil. Enst., , Trabzon, 235.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi, Ankara, No: 66, 20-34.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul, 520.
- Kilias, S.P., Kalogeropoulos, S.I. ve Madsen, J.K., 1996. Fluid inclusion evidence for the physical conditions of süflide din the Olympias carbonate- hosted Pb- Zn (Au, Ag) sulfide ore deposit, E. Chalkidiki Peninsula, N. Grece, Min. Deposita, 31, 394-406.
- 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.
- Köprübaşı, N., 1993. Tirebolu-Harşit (Giresun) Arası Jura-Kretase Yaşlı Magmatik Kayaçların Petrolojisi ve Jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 139-150.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Kaygusuz, A., 2000. Doğu Pontid Adayayı Granitoyidlerin Karşılaştırılmalı Petrografik ve Kimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, 111- 120.
- Lepetit, P., 2003. Crystal Chemistry of Fe-Containing Sphalerites, Physics and Chemistry of Minerals, 30, 4, 185-191.
- Lermi, A., Aydın , F., Karslı, O. and Sadıklar, M. B. 2000. Geochemistry and Petrology of the Dacite from the Zigana Mountain (NE-Turkey): Disequilibrium Phenocryst Assemblages as Indicators of Magma Mixing. Beihefte zum EJM, 10,1, 112.
- Lotfus-Hill, G. and Solomon, M., 1967. Cobalt, Nickel and Selenium in Sulphides as Indicators of Ore Genesis, Min. Deposita, 2, 228-242.
- Matsuisha, Y., Goldsmith, J. R. ve Clayton, R. N., 1979. Oxygen Isotopic Fractionation in the System Quartz-Albite-Anorthite-Water, Geochim. Cosmochim., Acta, 43, 1131-1140.
- Ohmoto, H. ve Rye, R.O., 1979. Isotopes of Sulfur and Carbon: in Barnes, H. L. (ed.) Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, 2nd, ed., 509-567. John Wiley & Sons, New York.

- Ohmoto, H., 1986. Stable Isotope Geochemistry of Ore Deposits: İn Valley J. H., Taylor H. P., O'Neil J. R., (eds.). Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes. *Rev. Mineral* 116, 491-559.
- Okay, A. I. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides, in A.G. Robinson (Ed), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region: AAPG Memoir, 68, 291-311.
- O'Neil, J. R., 1986. Theoretical and Experimental Aspects of Isotopic Fractionation, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 16, 1-40.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi-Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniv., Fen Bil. Enstitüsü, Konya.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoglu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ, Yerbilimleri Dergisi, 1, 65-114, Trabzon.
- Potter, R. W., 1977. Pressure Corrections for Fluid Inclusion Homogenisation Temperatures Based on the Volumetric Properties of the System NaCl-H₂O. *J. Res. U.S. Geol. Surv.*, 5, 603-607.
- Raiswell, R., 1980. The Incorporation of the Trace Element into Pyrite During Diagenesis of Black Shales, Yorkshire, England, Econ.Geology, 75,684-699.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions: Reviews in Mineralogy, v. 12, Mineralogical Society of America, Washington.
- Roedder, E. ve Bodnar, R. J., 1980. Geologic Pressure Determinations from Fluid Inclusion Studies, Ann. Rev. Earth Planet., 8, 263-301.
- Rye, R. O., ve Ohmoto, H., 1974. Sulfur and Carbon Isotopes and Ore Genesis: A Review, Econ.Geology 69, 6, 826-842.
- Sack, R. O., 1992. Thermochemistry of Tetrahedrite-Tenantite Fahlores, Chapman and Hall, London, In the Stability of Minerals (N.S. Ross and G.D. Price, eds), 246-66.
- Samson, I.M., ve Russel, M.J., 1987. Genesis of the Silvermines Zinc-Lead- Barite Deposit Ireland: Fluid Inclusion and Stable Isotope Evidence, Econ.Geology, 82,371-394.
- Sawa, T. ve Teşrekli, M., 1968. Gümüşhane-Torul, Alacadağ, Öksürük, İstala Bakır, Kurşun, Çinko Yatakları Hakkında Rapor, MTA., Rapor No: 75, Trabzon (yayınlanmamış).
- Schultz-Westrum, H.H., 1961. Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontus Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları İle İlgili Mütaalalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.

- Scott, S. D. and Barnes, H. L., 1971. Sphalerite Geothermometry and Geobarometry, Econ.Geology, 66,653-669.
- Seal, R. R., Essene, E. J. and Kelly, W. C., 1990. Tetrahedrite and Tennantite; Evaluation of Thermodynamic Data and Phase Equilibria, Canadian Mineralogist, 28, 725-738.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. N. and Alderton, D. H. M., 1985. A Practical guide to Fluid Inclusion Studies, Blacic& Son Press., London, p. 238.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüş hane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, B., 2010. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 53, 2-3.
- 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.
- Şahin, S. Y., Güngör, Y. ve Boztug, D., 2004. Comparative Petrogenetic Investigation of Composite Kaçkar Batholith Granitoids in Eastern Pontide Magmatic Arc, Northern Turkey. Earth Planets Space, 56, 429-446.
- 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.
- Taylor, H. P. Jr. 1974. The Application of Oxygen ve Hydrogen Isotope Studies to Problems of Hydrothermal Alteration ve Ore Deposition. Economic Geology, 69, 843-883.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of The Gümüşhane Region, Doktora Tezi, University College, London.
- Topuz, G., Eyüboğlu, Y. ve Dokuz, A., 2002. Petrology and Age of The Saraycık Granodiorite, Pulur Massif, Eastern Pontides, NE Turkey: Preliminary Results,1st International Symposium of Istanbul Technical University The Faculty of Mines on Earth Sciences and Engineering, İstanbul- Turkey, 120.
- Türk-Japon Ekibi, 1985. The Republic of Turkey Report on The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, 72.
- Wilkinson, J. J., 2001. Fluid Inclusion in Hydrothermal Ore Deposits, Litos, 55, 1-4, 229-272.
- Xuexin, S., 1984. Minor Elements and Ore Genesis of the Frankou Lead-Zinc Deposit, China, Mineral. Deposita, 9, 95-104.

- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bil. Ens., Trabzon.
- Yılmaz, C., 1997. Sedimentological Records Cretaceous Platform-basin Transition Gümüşhane Region (NE Turkey), Geologie Mediterran, 24, 1-2, 125-135.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1996. Space and Time Relations of Three Plutonic Phases in The Eastern Pontides, Turkey, International Geology Review, 38, 935– 956.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and Structure of The Gümüşhane Granite and Surrounding Rocks, North-Eastern Anatolia, Doktora Tezi, London University, 260.
- Yılmaz, Y., 1976. Geochemical Study of The Gümüşhane Granite, İst. Üniv., Fen. Fak., Mec. Seri B, 39, 3–4, 173–203.
- Zang, Y. G. ve Frantz, J. D., 1987. Determination of the Homogenization Temperatures ve Densities of Supercritical Fluids in the System NaCl-KCl-CaCl₂-H₂O Using Synthetic Fluid Inclusion, Chem. Geology, 64, 335-350.
- Zankl, H., 1961. Magmatismus Und Bauplan Des Ostpontischen Gebirges Im Querprofil Des Harşit-Tales, NE Anatolien, Geol. Rdsch., 51, 218-239.
- Zankl, H., 1962. Magmatismus Und Bauplan Des Ostpontischen Gebirges Im Querprofil Des Harsit-Tales, Bayerische, Akademie Der Wissenschaften, Abhandlungen, Neue Folge, München, Heft 109, 61-91.
- 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.

7. EKLER

Ek Tablo 1. Eskiköy madeni piritlerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
EC-1	b2-1	53,516	48,357	0	0,252	0,016	0,017	0,003	0	0,025	0,117	0,011	0	0	0	0,014	0	102,328	
	b3-1	53,76	48,088	0	1,035	0,014	0	0,019	0	0,012	0	0	0	0	0	0	0,022	102,95	
	b3-2	53,726	48,023	0	0,556	0,079	0	0,005	0	0,114	0,059	0,001	0,011	0	0	0,017	0,013	102,604	
	b4-1	52,703	48,158	0	0,194	0,001	0,016	0	0	0,018	0	0,08	0,049	0	0,035	0	0	0	101,254
EC-2	b1-1	53,77	48,145	0	0	0,029	0,007	0	0	0,038	0	0	0,003	0	0	0	0	0,023	102,015
	b1-2	54,12	48,365	0,005	0,025	0	0	0	0	0,072	0,029	0	0,053	0	0	0	0,013	0,009	102,691
EC-3	b3-1	54,445	47,888	0	0,302	0,018	0	0,086	0	0,087	0	0	0,024	0	0,024	0	0	0,021	102,895
	b5-1	54,52	48,207	0,007	0	0,076	0,014	0,024	0	0	0	0,042	0	0	0,052	0	0	0,011	102,953
	b5-2	52,676	47,407	0,006	0	0	0	0,062	0	0,008	0	0,058	0,022	0	0,007	0	0,025	0	100,271
	b5-3	54,18	48,569	0,017	0,035	0,013	0	0	0	0	0,004	0	0	0	0,143	0	0,023	0	102,984
EC-4	b1-1	54,2	48,256	0	0,026	0	0	0,048	0	0,01	0,043	0,041	0	0	0	0,033	0	102,657	
	b1-2	54,045	48,405	0	0,03	0	0,014	0,028	0	0,018	0	0	0	0	0	0,012	0,004	102,556	
	b1-3	54,004	48,349	0	0,058	0,036	0	0,02	0	0	0	0	0	0,027	0	0	0,006	102,5	
	b2-1	53,847	48,387	0	0,068	0	0	0,069	0	0,003	0	0,009	0	0	0,057	0	0	0,004	102,444
	b2-2	53,772	48,049	0	0,044	0,07	0	0,025	0	0,022	0,016	0,003	0	0	0	0	0	0,018	102,019
	b2-3	53,689	48,395	0,014	0,047	0,017	0	0	0	0,017	0	0	0	0	0	0	0,006	0,006	102,191
	b3-1	54,166	47,558	0	0,529	0	0	0,074	0	0,176	0	0	0	0	0	0	0,016	0,022	102,541
	b4-1	54,384	47,814	0,213	0,008	0	0	0,036	0	0,088	0	0,052	0	0	0,007	0	0,006	0	102,608
	b4-2	54,061	48,208	0	0,052	0	0	0	0	0,022	0	0	0,035	0	0,038	0	0	0,001	102,417

Ek Tablo 2. Eskiköy madeni kalkopiritlerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
<i>EC-1</i>	<i>b1-1</i>	35,285	31,675	0	0,049	0	0	0	35,079	0	0,024	0	0	0,097	0	0,047	0	102,256
	<i>b2-1</i>	35,246	31,635	0	0,198	0	0,023	0	35,254	0	0,037	0	0	0,023	0	0	0	102,416
	<i>b3-1</i>	35,226	31,789	0	0,043	0,045	0	0	35,061	0	0	0,02	0	0	0	0,032	0,003	102,219
	<i>b3-2</i>	35,133	31,703	0	0,134	0	0	0	35,101	0	0	0,023	0	0,073	0	0,029	0	102,196
	<i>b4-1</i>	35,25	31,483	0	0,073	0,026	0	0	35,465	0,095	0	0	0	0	0	0	0	102,392
	<i>b4-2</i>	35,169	31,684	0	0,009	0	0,065	0	35,041	0	0	0,046	0	0	0	0	0	102,014
	<i>b5-1</i>	35,21	31,45	0	0,363	0	0	0,003	0	35,209	0,045	0	0,017	0	0	0	0	102,297
<i>EC-2</i>	<i>b3-2</i>	35,029	31,341	0,02	0,063	0,033	0	0	35,171	0	0,061	0	0	0	0	0,025	0,001	101,744
	<i>b4-1</i>	35,218	31,585	0,018	0,22	0	0	0	35,111	0,007	0,027	0	0	0	0	0	0	102,186
<i>EC-3</i>	<i>b1-1</i>	35,074	31,29	0,001	0,627	0,016	0,027	0	35,011	0	0	0	0	0	0	0	0	102,046
	<i>b2-1</i>	34,787	30,908	0	0,281	0	0,008	0	34,57	0	0,005	0,009	0	0,015	0	0	0,009	100,592
	<i>b3-1</i>	34,953	31,176	0	0,476	0	0	0,041	35,108	0,047	0	0,039	0	0	0	0,029	0,028	101,897
	<i>b4-1</i>	35,098	31,452	0	0,072	0,09	0	0	35,398	0	0,018	0	0	0	0	0,039	0,022	102,189
	<i>b5-1</i>	34,974	30,89	0,001	1,258	0	0	0	34,803	0	0,022	0	0	0	0	0,013	0,001	101,962
	<i>b6-1</i>	35,222	31,419	0	0,251	0,061	0	0,083	35,462	0	0,112	0,002	0	0	0	0,011	0,028	102,651
	<i>b6-2</i>	34,988	31,448	0	0,204	0	0,028	0,069	35,336	0,055	0	0	0	0	0	0	0,016	102,144

Ek Tablo 3. Eskiköy madeni sfaleritlerden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek no	As	Pb	Ag	Fe	S	Se	Sb	Cd	Zn	Au	Hg	Cu	Sn	Ni	Te	Co	Toplam	
EC-1	b1-1	0,016	0	0	1,397	33,608	0	0,032	0,66	65,28	0,108	0,027	0	0	0	0	101,128	
	b1-2	0	0	0	1,145	33,314	0	0	0,751	64,997	0	0	0,942	0	0	0	101,149	
	b2-1	0	0	0	0,676	33,385	0	0	0,616	65,697	0,055	0	0,495	0	0	0	100,924	
	b3-1	0	0	0	0,403	33,415	0	0	0,57	66,367	0	0	0,169	0,009	0	0	100,933	
	b4-1	0	0	0	0,864	33,234	0	0	0,812	66,669	0,004	0	0,001	0,002	0	0	101,586	
	b5-1	0	0,029	0	1,16	33,472	0,026	0	0,619	65,827	0	0,011	0	0	0,003	0	0	101,147
	b5-2	0	0,154	0	2,208	33,717	0	0	0,853	63,784	0	0,09	1,476	0,002	0,003	0	0	102,287
EC-2	b1-1	0	0	0	1,188	33,348	0,037	0,001	0,669	65,024	0	0	1,163	0,013	0	0	101,443	
	b1-2	0	0	0	1,103	33,492	0	0	0,795	65,652	0	0	0	0,001	0,014	0	101,057	
	b1-3	0	0,105	0	0,472	34,066	0	0	0,621	66,105	0,041	0	0,406	0	0	0	101,816	
	b4-1	0	0,126	0	1,151	33,877	0	0,071	0,821	66,217	0	0	0	0	0,016	0	102,279	
EC-3	b1-1	0	0,025	0	0,059	33,372	0,005	0,036	0,687	67,146	0	0	0,007	0	0,057	0	0,006	101,4
	b2-1	0	0	0	0,163	33,477	0	0,085	1,18	66,866	0	0	0,061	0	0,021	0	0,009	101,862
	b5-1	0	0	0	0,165	33,552	0,005	0,032	0,954	66,806	0	0	0,056	0,019	0,011	0	0,008	101,608
	b5-2	0	0,092	0	0,265	33,484	0	0	1,028	67,074	0	0	0,016	0,018	0,005	0	0,002	101,984
	b4-1	0	0	0	1,285	33,205	0	0,032	0,611	64,458	0,01	0	1,134	0,023	0,005	0	0,007	100,77
	b3-1	0,046	0,096	0	0,781	33,623	0	0,051	0,496	66,153	0	0	0,581	0	0	0	0	101,827
	b7-1	0,021	0	0	1,215	33,57	0	0	0,6	66,29	0,025	0	0	0	0,023	0	0,001	101,745

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek no	As	Pb	Ag	Fe	S	Se	Sb	Cd	Zn	Au	Hg	Cu	Sn	Ni	Te	Co	Toplam	
EC-3	b7-2	0	0	0	1,488	33,684	0	0	0,673	65,839	0	0	0,008	0	0	0	0	101,692
	b6-1	0	0,099	0	1,207	33,956	0	0	0,636	64,898	0,011	0	1,342	0,007	0	0	0	102,156
	b6-2	0	0,124	0	0,778	33,711	0	0	0,725	65,706	0,074	0	0,787	0,018	0,021	0	0	101,944
	b6-3	0	0,017	0	0,473	33,697	0	0	0,681	66,556	0	0	0,456	0	0,004	0	0	101,884
	b6-4	0	0,012	0	0,295	33,904	0	0,001	0,614	67,022	0	0	0,221	0,004	0,003	0	0	102,076
	b6-5	0	0	0	0,246	33,759	0,014	0	0,767	67,305	0	0	0,086	0	0	0	0	102,179
	b6-6	0	0	0	0,296	33,762	0	0	0,946	67,282	0,025	0	0,169	0,026	0,01	0	0	102,516
	b6-7	0	40,543	0	0,221	16,04	0	0	0,368	24,107	0	0	0,122	0	0	0,032	0,011	81,444
EC-4	b1-1	0	0	0	1,01	32,997	0	0	0,671	66,553	0,011	0	0,042	0	0,026	0	0,014	101,324
	b1-2	0	0	0	1,17	33,661	0,001	0,013	0,7	66,884	0	0	0,032	0,002	0,016	0	0	102,479
	b1-3	0	0,009	0	0,608	33,649	0	0	0,75	67,294	0	0	0,176	0	0	0	0	102,486
	b2-1	0	0,2	0	1,116	33,517	0	0,011	0,678	65,51	0,01	0	0,569	0	0	0	0,009	101,62
	b2-2	0	0	0	0,971	33,587	0	0	0,579	66,309	0,044	0	0,43	0	0,034	0	0	101,954
	b2-3	0	0,091	0	0,935	33,53	0	0	0,473	66,729	0	0	0,477	0	0	0	0	102,235
	L-1	0,001	0,105	0	1,033	33,648	0	0	0,681	66,279	0,087	0,04	0,493	0,006	0,006	0	0	102,379
	L-2	0	0	0	30,445	34,223	0,035	0,093	0,046	3,003	0	0	22,77	0,014	0	0,006	0	90,635

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek no	As	Pb	Ag	Fe	S	Se	Sb	Cd	Zn	Au	Hg	Cu	Sn	Ni	Te	Co	Toplam	
EC-4	<i>L-3</i>	0	0,037	0	31,445	34,406	0	0	0,037	0,149	0,074	0	23,967	0,023	0	0,003	0	90,141
	<i>L-4</i>	0	0	0	0,481	9,171	0	0,003	0,078	0,253	0	0	0,218	0	0	0	0	10,204
	<i>L-5</i>	0	0	0	0,247	9,038	0	0,048	0,059	0,462	0,04	0,008	0,076	0,011	0	0	0	9,989
	<i>L-6</i>	0	0	0	0,127	9,238	0	0	0	0,842	0	0	0,055	0,016	0,012	0	0	10,29
	<i>L-7</i>	0,011	0,086	0	0,221	32,358	0	0	0,926	64,45	0,021	0	0,413	0	0,018	0	0,008	98,512
	<i>L-8</i>	0	0	0	0,609	33,494	0,033	0	0,67	66,036	0,008	0	0,256	0	0,012	0	0	101,118
	<i>L-9</i>	0	0	0	0,575	33,39	0,008	0	0,526	66,235	0,09	0	0,268	0,032	0	0	0,002	101,126
	<i>L-10</i>	0	0,004	0	0,669	33,618	0	0	0,731	66,048	0,029	0	0,332	0	0	0	0	101,431
	<i>L-11</i>	0	0,082	0	0,622	33,462	0,018	0,062	0,8	66,701	0,086	0	0,302	0	0,001	0	0	102,136

Ek Tablo 4. Eskiköy madeni galenlerin yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
EC-1	<i>b2-1</i>	33,73	0,21	0,005	66,009	0	0	0,067	0	0,018	0	0,95	0	0,096	0	0	0	101,085	
	<i>b3-1</i>	13,643	0,024	0,022	0,008	0	0	0	0,021	0,014	0	0,096	0	0,011	87,659	0	0	0,078	101,576
	<i>b3-2</i>	13,494	0,021	0	0,7	0	0	0	0,02	0,015	0	0,264	0	0	87,03	0	0	0,082	101,626
	<i>b4-1</i>	13,399	0,02	0,007	0,35	0	0	0	0	0,018	0	0,187	0	0	86,253	0	0	0,061	100,295
	<i>b5-1</i>	13,474	0,083	0	0,179	0	0	0	0,018	0,082	0	0,241	0	0,045	87,082	0	0,01	0,02	101,234
	<i>b5-2</i>	13,675	0,053	0	1,175	0	0	0	0	0	0	0,173	0	0	85,281	0	0	0,04	100,397
EC-2	<i>b1-1</i>	13,398	0,378	0,041	0	0	0	0,006	0,54	0	0,207	0	0	85,816	0	0	0,075	100,461	
	<i>b4-1</i>	13,484	0,021	0,051	0	0	0,093	0	0,025	0	0	0,179	0,008	0,011	88,02	0	0	0,032	101,924
EC-3	<i>b2-1</i>	13,569	0,031	0,017	0	0	0	0,034	0,003	0	0,09	0	0,123	87,307	0	0,015	0,062	101,251	
	<i>b5-1</i>	13,422	0,065	0	0,066	0	0	0	0,034	0	0,184	0	0	86,369	0	0	0,031	100,171	
	<i>b6-1</i>	13,379	0,026	0	0	0	0	0,012	0,019	0	0,278	0	0	86,754	0	0,011	0,047	100,526	
	<i>b6-2</i>	13,531	0,016	0	0	0	0	0,01	0,02	0	0,244	0	0	87,885	0	0,044	0,069	101,819	
	<i>b6-3</i>	13,472	0,028	0,026	0	0	0	0	0	0	0,29	0	0,18	86,677	0	0,003	0,041	100,717	
	<i>b6-4</i>	13,445	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0,028	0,204	0,065	0,056	86,683	0	0,003	0,032	100,518	
	<i>b6-5</i>	13,473	0,055	0,011	0,032	0	0	0	0,001	0	0	0,242	0	0	87,149	0	0	0,054	101,017
	<i>b6-6</i>	13,602	0,03	0	0,063	0	0	0	0,012	0,007	0,005	0,168	0	0,048	86,385	0	0,019	0,099	100,438
	<i>b7-1</i>	13,528	0,035	0	0,144	0	0	0	0	0,011	0	0,142	0	0	87,131	0	0,018	0,037	101,046
	<i>b7-2</i>	13,618	0,023	0,001	1,083	0	0	0	0	0,035	0	0,261	0	0,142	86,475	0	0	0,042	101,68
	<i>b7-3</i>	13,613	0,06	0,005	0,063	0	0	0	0,02	0	0,008	0,136	0,003	0	87,856	0	0,027	0,066	101,857
EC-4	<i>b1-2</i>	13,464	0,025	0,017	0	0	0	0,018	0	0,03	0,144	0	0,02	86,157	0	0,022	0,016	99,913	
	<i>b2-2</i>	13,311	0,026	0	0,457	0	0	0	0	0	0,187	0	0,082	85,755	0	0,013	0,098	99,929	
	<i>b3-1</i>	13,592	0,012	0,01	0	0	0	0,015	0	0,007	0,126	0,023	0,059	86,188	0	0,001	0,049	100,082	
	<i>b3-2</i>	13,585	0,011	0	0,031	0	0	0	0	0	0,153	0,034	0	85,527	0	0	0,094	99,435	
	<i>b4-3</i>	13,673	0,019	0	0,409	0	0	0	0,003	0	0	0,165	0,018	0,055	88,428	0	0,006	0,062	102,838

Ek Tablo 5. İstala madeni piritlerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
ISC-5	<i>Py-1</i>	52,23	44,9	0,0219	0	2,37	0	0,0716	0	0,0388	0,0169	0	0	0	0	0	0,0138	99,663	
	<i>Py-2</i>	51,975	45,973	0	0	0,469	0	0	0	0,064	0	0	0	0	0	0	0,019	98,5	
	<i>Py-3</i>	51,907	46,765	0	0	0,261	0	0	0	0,003	0,027	0	0,012	0	0	0	0	0	98,975
	<i>Py-4</i>	51,988	45,958	0	0,008	0,773	0	0,07	0	0,01	0,007	0,002	0	0	0	0	0	0,02	98,836
	<i>Py-5</i>	52,68	46,246	0,01	0,036	0,024	0	0,051	0	0,052	0,044	0,002	0,018	0,038	0	0	0	0,019	99,22
	<i>Py-6</i>	51,92	46,042	0,011	0,018	0,495	0	0,064	0	0,027	0,019	0	0,013	0	0	0	0	0	98,609
	<i>Py-7</i>	51,671	46,195	0	0,034	0,601	0	0,06	0	0	0	0,058	0,059	0	0	0	0	0,016	98,694
	<i>Py-8</i>	51,261	46,745	0,009	0,021	0,887	0	0,01	0	0,033	0,011	0,028	0,064	0	0	0	0	0	99,069
	<i>Py-9</i>	52,366	46,78	0	0,009	0,624	0	0,057	0	0,005	0	0,004	0	0	0	0	0	0,022	99,867
	<i>Py-10</i>	52,766	46,737	0,01	0,035	0,402	0	0,002	0	0,033	0	0	0,039	0,014	0	0	0	0,047	100,085
	<i>Py-11</i>	51,546	46,853	0,021	0,03	0,243	0,005	0,01	0	0,129	0	0	0,039	0	0	0	0	0,027	98,903
	<i>Py-12</i>	53,237	46,354	0	0,035	0,208	0	0,026	0	0,037	0	0,009	0	0,048	0	0	0	0,061	100,015
	<i>Py-13</i>	52,431	45,984	0,016	0,001	0,229	0	0,029	0	0,056	0,016	0,008	0	0	0	0	0	0	98,77
	<i>Py-14</i>	49,865	45,789	0,009	0	2,86	0	0,038	0	0,112	0,035	0	0,003	0,02	0	0	0	0	98,731
	<i>Py-15</i>	51,805	46,795	0,003	0	0,228	0	0,072	0	0,018	0,024	0,007	0,03	0	0	0	0	0,022	99,004
	<i>Py-16</i>	51,359	45,997	0,009	0	1,619	0	0	0	0	0,018	0,005	0	0	0	0	0	0,002	99,009

Ek Tablo 6. Istala madeni kalkopiritlerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
ISG-5	<i>B1-1</i>	34,203	32,334	0	0,14	0	0,014	0	0	33,626	0,013	0,103	0	0	0,033	0	0,01	0	100,476
	<i>B2-1</i>	33,906	30,081	0	0,369	0	0	0	0	35,395	0,019	0,053	0,021	0	0	0	0,03	0,006	99,88
	<i>B2-2</i>	33,803	30,296	0	0,141	0	0	0	0	36,757	0,018	0,127	0	0	0,065	0	0,014	0,003	101,224

Ek Tablo 7. İstala madeni sfaleritlerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	As	Pb	Ag	Fe	S	Se	Sb	Cd	Zn	Au	Bi	Hg	Cu	Sn	Ni	Te	Co	Toplam	
ISG-5	b2-1	0	0	0	0,341	32,962	0	0,014	0,471	65,658	0,008	0	0	0,129	0	0	0,012	99,595	
	b2-2	0,04	0,122	0	1	33,176	0	0,091	0,511	63,56	0	0	0	0,288	0,007	0	0	98,795	
	b2-3	0	0,054	0	0,672	33,224	0,044	0,018	0,516	63,93	0,047	0	0,006	0,327	0	0,004	0,018	0	98,86
	b4-1	0,022	0	0	0,131	33,001	0,01	0,033	0,572	64,262	0,051	0	0	0,339	0,029	0,014	0	0	98,464
	b4-2	0	0	0	0,291	33,533	0	0,033	0,458	65,324	0,044	0	0	0,238	0,022	0	0	0	99,943
	b4-3	0,072	0	0	0,105	33,04	0	0	0,499	65,351	0,028	0	0,155	0,059	0	0	0	0	99,309
	b1-1	0	0,073	0	1,141	33,337	0	0,02	0,522	66,796	0	0	0,098	0,409	0	0	0	0,024	102,42
	b1-2	0,027	0	0	0,169	33,257	0	0,041	0,361	67,831	0,011	0	0,081	0,11	0,087	0,016	0	0	101,991
	b2-1	0	0	0	0,346	32,386	0	0,014	0,478	52,717	0,008	0	0	0,13	0	0	0	0,012	86,091
	b2-2	0,038	0,12	0	1,015	32,591	0	0,092	0,517	51,029	0	0	0	0,29	0,007	0	0	0	85,699
	b2-3	0	0,053	0	0,682	32,64	0,042	0,018	0,523	51,327	0,046	0	0,006	0,329	0	0,004	0,018	0	85,688
	b4-1	0,021	0	0	0,133	32,422	0,01	0,034	0,58	51,593	0,05	0	0	0,341	0,029	0,014	0	0	85,227
	b4-2	0	0	0	0,295	32,944	0	0,034	0,464	52,448	0,043	0	0	0,24	0,022	0	0	0	86,49
	b4-3	0,068	0	0	0,106	32,461	0	0	0,505	52,466	0,027	0	0,152	0,059	0	0	0	0	85,844
ISP2-4	b1-1	16,805	0	0,052	0,046	27,839	0	2,505	0,282	8,833	0	0	0,075	30,103	0	0,003	0	0,006	86,549
	b1-2	15,895	0	0,296	0,054	27,961	0	3,79	0,163	9,267	0,046	0	0,202	29,458	0,039	0	0,003	0	87,174
	b1-3	16,17	0,023	0,233	0,039	27,773	0	3,463	0,308	9,427	0	0	0,214	29,775	0,038	0,001	0,006	0	87,47

Ek Tablo 8. İstala madeni galenlerden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	As	Pb	Ag	Fe	S	Se	Sb	Cd	Zn	Au	Bi	Hg	Cu	Sn	Ni	Te	Co	Toplam	
ISP2-4	<i>b1-1</i>	0	84,149	0	0,016	13,535	0	0	0,115	0,006	0	0	0,073	0	0,078	0,006	0,061	0,006	98,045
	<i>b1-2</i>	0	84,611	0	0,029	13,613	0	0,091	0,299	0	0	0	0,053	0	0,05	0,029	0,073	0,016	98,864
ISG-5	<i>b2-1</i>	0	83,739	0	0,138	13,315	0,078	0,008	0,07	0,631	0	0	0,053	0	0,005	0,034	0		98,071
	<i>b2-2</i>	0	83,33	0	0,464	13,468	0	0	0,16	0,209	0	0	0,279	0,011	0	0,047	0		97,968
	<i>b4-1</i>	0	83,934	0,03	0,051	13,461	0,075	0,117	0,261	0,592	0	0	0,029	0,515	0,048	0,014	0,025	0	

Ek Tablo 9. İstala madeni fahlerslerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
ISP2-4	<i>b1-1</i>	28,345	0,043	0	8,541	15,839	0	0	0	44,155	0,026	0,394	2,955	0,038	0,112	0	0,053	0	100,501
	<i>b1-2</i>	28,487	0,028	0	9,352	15,396	0	0,017	0	43,129	0,314	0,235	3,183	0	0	0	0,027	0,007	100,175
	<i>b1-3</i>	28,319	0,023	0	9,017	16,498	0	0,008	0,025	44,36	0,072	0,116	3,009	0,143	0	0	0	0	101,59
ISG-5	<i>b1-1</i>	26,678	0,042	0	8,686	9,502	0	0	0,004	42,083	0,323	0,299	12,053	0,123	0	0	0,096	0	99,889
	<i>b2-1</i>	27,038	0,324	0	8,963	10,216	0	0,054	0	41,691	0,291	0,2	11,773	0,112	0	0	0,054	0	100,716
	<i>b4-1</i>	26,878	0,06	0,004	8,386	10,03	0	0	0,013	42,3	0,528	0,124	11,652	0,235	0	0	0,067	0	100,277
	<i>b4-2</i>	27,411	0,152	0	8,66	12,209	0	0	0,003	42,534	0,341	0,175	8,362	0,049	0	0	0,06	0,006	99,962
	<i>b4-3</i>	27,326	0,388	0	8,857	14,763	0	0	0	42,892	0,378	0,269	5,201	0,148	0	0	0	0,062	100,284
	<i>b6-1</i>	25,625	0,022	0	8,154	2,675	0	0,048	0	38,883	0,96	0,258	23,22	0,092	0	0	0,163	0	100,1
	<i>b6-2</i>	26,566	0,075	0	8,672	9,269	0	0	0,009	40,849	0,39	0,18	13,444	0,058	0	0	0,088	0	99,6
	<i>b6-3</i>	26,194	0,033	0	8,299	6,668	0	0	0	40,561	0,669	0,178	17,122	0	0	0	0,139	0	99,863
	<i>b7-1</i>	27,14	0,398	0	8,317	9,533	0	0	0,019	41,428	0,399	0,257	12,678	0	0	0	0,113	0	100,282
	<i>b7-2</i>	26,958	0,733	0	8,151	9,844	0	0,011	0,002	41,054	0,296	0,272	12,314	0,09	0	0	0,047	0	99,772
	<i>b7-3</i>	26,925	0,703	0	8,058	9,858	0	0,023	0,009	41,044	0,328	0,094	12,049	0,101	0	0	0,092	0	99,284

Ek Tablo 10. Sırganlık madeni piritlerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
SC-1	<i>bol2-1</i>	54,555	46,337	0	0,003	0,027	0,004	0	0	0,001	0,012	0	0	0	0	0	0,034	100,973	
	<i>bol2-2</i>	53,742	46,246	0	0	0,034	0	0,041	0	0	0	0,013	0	0	0	0	0	100,076	
	<i>bol2-3</i>	53,827	46,258	0,002	0,011	0,039	0,029	0	0	0	0,037	0	0	0	0	0,001	0,01	100,214	
	<i>bol5-2</i>	53,892	46,333	0	0,062	0,024	0	0,055	0	0,004	0	0	0	0	0,037	0	0,016	0,017	100,44
	<i>bol5-3</i>	53,929	46,609	0,035	0,023	0,055	0	0	0	0	0,06	0,044	0	0	0,092	0	0	0,013	100,86
	<i>bol6-1</i>	54,278	46,594	0	0,002	0,021	0	0,045	0	0	0	0,04	0,004	0	0	0	0	0,032	101,016
	<i>bol7-1</i>	53,779	46,333	0	0,014	0,044	0	0,023	0	0	0	0,088	0,014	0	0	0	0	0,002	100,297
	<i>bol7-2</i>	54,012	46,361	0,023	0	0	0,032	0	0	0	0	0,038	0	0	0	0	0,02	0,023	100,509
	<i>bol7-3</i>	53,682	46,023	0,002	0	0,02	0	0,074	0	0	0	0	0,061	0	0,037	0	0	0	99,899
	<i>bol8-1</i>	53,888	46,074	0,003	0,061	0	0,068	0,017	0	0	0	0,077	0	0	0	0	0	0	100,188
	<i>bol8-2</i>	53,641	46,222	0	0,015	0	0	0,01	0	0	0	0,011	0	0	0	0	0,001	0	99,9
<i>bol8-3</i>	53,93	46,15	0,007	0,157	0,077	0,02	0	0	0,005	0	0,057	0	0	0,096	0	0	0,007	100,506	
SC-2	<i>bol1-2</i>	53,723	48,484	0	0,022	0	0,01	0,002	0	0	0,082	0,003	0	0	0,134	0	0	0,008	102,468
	<i>bol1-3</i>	53,284	48,208	0,011	0	0	0	0,012	0	0	0	0	0	0,037	0	0,004	0	101,556	
	<i>bol2-1</i>	53,792	48,357	0,002	0	0	0	0,024	0	0	0	0,009	0,042	0	0,037	0	0,017	0,005	102,285
	<i>bol2-2</i>	53,919	48,331	0,013	0,116	0,04	0	0,057	0	0,013	0	0,044	0,003	0	0,126	0	0	0	102,662
	<i>bol2-3</i>	53,91	48,411	0	0,011	0	0	0	0	0,015	0	0,024	0	0	0	0	0,009	0	102,38
	<i>bol2-4</i>	53,749	48,23	0	0	0,016	0	0,04	0	0	0,005	0	0,006	0	0	0	0,032	0,006	102,084
	<i>bol3-1</i>	53,83	48,037	0	0	0,011	0,017	0,004	0	0	0,004	0	0	0	0,107	0	0	0,003	102,013
	<i>bol3-2</i>	54,024	47,871	0	0,011	0	0,017	0	0	0,009	0,038	0,019	0,023	0	0	0	0	0,005	102,017
	<i>bol3-3</i>	53,895	48,215	0	0,002	0,025	0	0,073	0	0,003	0	0	0	0	0	0	0,02	0,005	102,238
<i>bol4-1</i>	54,135	48,095	0	0,014	0,027	0,006	0,023	0	0	0,019	0,061	0	0	0	0	0	0,009	102,389	

Ek Tablo 10'un devamı

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
SC-2	<i>bol4-2</i>	53,752	48,566	0	0,004	0	0	0	0,007	0,049	0	0	0	0,022	0	0	0	102,4	
	<i>bol4-3</i>	53,686	48,32	0	0,008	0	0,049	0,009	0	0,027	0,024	0	0	0,009	0	0	0,014	102,146	
	<i>bol5-1</i>	53,073	48,117	0	0	0,001	0,007	0,052	0	0,017	0	0	0,061	0	0	0,008	0,018	101,354	
	<i>bol5-2</i>	53,229	47,638	0	0	0,061	0,033	0	0	0,01	0	0	0,068	0	0	0,024	0	101,063	
	<i>bol5-3</i>	53,369	48,141	0	0,018	0,068	0	0,067	0	0	0,02	0	0	0,056	0	0	0,019	101,758	
	<i>bol6-2</i>	53,854	48,163	0	0,022	0,01	0,037	0,06	0	0,011	0	0	0	0	0	0	0	0,039	102,196
	<i>bol6-3</i>	53,794	48,294	0	0	0	0	0,04	0	0	0,034	0	0	0	0	0	0	0	102,162
	<i>bol6-4</i>	53,95	48,397	0	0	0,086	0	0,015	0	0,026	0,082	0	0	0	0,085	0	0,013	0,009	102,663
	<i>bol7-1</i>	54,099	48,249	0	0	0,073	0	0	0	0,01	0,002	0,058	0,03	0	0	0	0	0,012	102,533
	<i>bol7-3</i>	54,431	48,322	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,032	0	0	0	0,004	0,053	102,842
	<i>bol8-2</i>	53,839	48,421	0	0	0,039	0	0,008	0	0,012	0	0,003	0	0	0	0	0,035	0,013	102,37
	<i>bol8-3</i>	53,825	48,378	0,016	0,012	0,041	0,028	0	0	0	0	0	0,01	0	0,007	0	0,008	0	102,325
SF-1	<i>bol6-1</i>	52,792	46,168	0,009	0,082	0,024	0	0,033	0	0,012	0,01	0	0,035	0	0	0	0	99,165	
	<i>bol6-2</i>	52,786	46,001	0	0	0,007	0	0,05	0	0,056	0	0,013	0	0	0,199	0	0,015	0	99,127

Ek Tablo 11. Sırganlık madeni sfaleritlerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
SC-1	<i>b2-1</i>	32,879	1,075	0	65,936	0	0	0	0	0	0,838	0,027	0,028	0,049	0	0	0	100,832	
	<i>b5-1</i>	33,527	3,963	0	63,212	0	0,024	0,043	0	0	0,577	0	0	0	0	0	0	101,346	
	<i>b5-2</i>	33,12	4,456	0	61,993	0	0	0,057	0	0,083	0	0,784	0	0	0	0,028	0	100,521	
	<i>b6-1</i>	33,456	0,767	0,016	66,848	0	0	0	0,006	0	0	0,481	0	0	0	0,007	0	101,581	
	<i>b6-2</i>	33,584	0,578	0	66,341	0,017	0	0,028	0,014	0,4	0	0,508	0	0	0,057	0	0,031	0	101,558
	<i>b6-3</i>	33,297	1,095	0,01	64,681	0	0	0,04	0	0,884	0	0,788	0,046	0,089	0,097	0	0,023	0	101,05
	<i>b7-1</i>	33,534	0,204	0	68,009	0,053	0,017	0,005	0	0,052	0	1,029	0,011	0	0	0	0	0	102,914
	<i>b7-2</i>	33,079	0,151	0,014	66,985	0,002	0	0,103	0,018	0	0	1,029	0	0	0	0	0	0	101,381
	<i>b8-1</i>	33,46	0,61	0,004	67,152	0	0	0,117	0,004	0,013	0	0,575	0	0	0	0	0	0	101,935
	<i>b8-2</i>	33,669	0,267	0	67,299	0,059	0	0	0	0,039	0	0,773	0,008	0	0,053	0	0,015	0	102,182
SC-2	<i>b1-1</i>	33,731	0,562	0	67,669	0	0	0,007	0,023	0	0,611	0	0	0	0	0,01	0	102,613	
	<i>b2-1</i>	33,557	0,43	0,006	67,864	0	0	0	0,006	0,027	0	0,845	0,027	0	0,018	0	0,006	0	102,786
	<i>b2-2</i>	33,469	0,459	0,005	67,843	0,035	0	0	0,013	0,03	0	0,978	0,016	0	0	0	0	0	102,848
	<i>b2-3</i>	33,526	0,456	0,011	67,532	0	0	0,068	0	0,037	0	0,919	0,088	0	0	0	0	0	102,637
	<i>b3-1</i>	33,487	0,417	0,003	67,773	0	0	0,028	0	0,026	0	1,059	0	0,039	0	0	0	0	102,832
	<i>b3-2</i>	33,684	1,202	0	65,48	0,001	0	0,035	0,017	0,502	0	0,902	0,045	0,067	0	0	0	0	101,936
	<i>b3-3</i>	33,303	0,282	0,004	67,51	0	0	0	0,018	0,024	0	0,834	0	0	0	0	0,011	0	101,985
	<i>b3-4</i>	33,327	0,55	0	66,783	0	0	0,023	0	0,06	0	0,748	0	0	0	0	0	0	101,491
	<i>b4-1</i>	33,516	0,995	0	66,829	0	0	0	0	0	0	0,679	0,04	0	0,12	0	0	0	102,179
	<i>b4-2</i>	33,487	0,622	0,002	67,209	0	0,008	0,047	0,004	0,163	0	0,682	0	0	0	0	0	0	102,224
	<i>b4-3</i>	34,788	2,933	0	63,16	0	0,023	0	0	0,032	0	0,918	0	0	0	0	0	0	101,854
	<i>b4-4</i>	33,326	5,104	0,008	62,219	0	0,007	0,033	0	0,175	0	0,533	0	0	0,163	0	0,011	0	101,579

Ek Tablo 11'in devamı

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam
SC-2	<i>b5-1</i>	33,431	0,46	0,002	67,547	0	0,017	0,014	0	0,045	0	0,816	0	0,073	0	0,015	0	102,42
	<i>b6-2</i>	33,658	0,408	0	67,705	0,009	0	0	0	0	1,084	0,055	0	0,022	0	0	0	102,941
	<i>b6-3</i>	33,749	0,341	0	67,371	0,012	0	0,005	0,015	0,018	0	1,025	0	0,067	0,071	0	0	102,674
SF-1	<i>b6-1</i>	34,328	2,218	0	66,114	0	0,051	0	0,004	0	0,904	0	0,039	0,004	0	0	0	103,662
	<i>b6-2</i>	32,846	1,663	0	66,714	0	0	0,017	0	0	0,409	0	0	0	0	0	0	101,649

Ek Tablo 12. Sırganlık madeni galenlerinden yapılan mikrokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	S	Fe	Ni	Zn	As	Se	Au	Co	Cu	Ag	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Sn	Te	Toplam	
SC-1	<i>b6-1</i>	13,56	0,025	0,011	0,083	0	0	0	0	0	0,061	0,013	0,039	85,274	0	0	0,069	99,135	
	<i>b7-1</i>	13,492	0,165	0	0	0	0,129	0	0,033	0,03	0	0,145	0	0,209	86,06	0	0	0,053	100,316
	<i>b7-2</i>	13,622	0,145	0,031	0,008	0	0	0	0	0	0	0,291	0	0	86,901	0	0	0,058	101,056
	<i>b8-1</i>	13,545	0,019	0	0,885	0	0	0	0	0,022	0	0,076	0,046	0,032	86,036	0	0	0,079	100,74
	<i>b8-2</i>	13,335	0,034	0	0,091	0	0	0	0,014	0	0	0,107	0	0,024	84,631	0	0	0,041	98,277
SC-2	<i>b1-1</i>	13,502	0,043	0	0,021	0	0,01	0	0	0	0,364	0	0	87,279	0	0	0,064	101,283	
	<i>b1-2</i>	13,467	0,053	0	0	0	0	0,002	0,005	0	0,295	0	0	85,977	0	0,022	0,071	99,892	
	<i>b2-2</i>	13,616	0,06	0,013	0	0	0	0	0	0	0,211	0,04	0	86,444	0	0,006	0,104	100,494	
	<i>b3-1</i>	13,523	0,076	0	0	0	0	0	0	0	0,211	0	0	84,517	0	0	0,042	98,369	
	<i>b3-2</i>	13,662	0,114	0,012	0	0	0,005	0	0	0	0,164	0	0,004	86,347	0	0	0,019	100,327	
	<i>b4-1</i>	13,4	0,008	0	0,057	0	0,058	0	0	0	0,339	0	0	87,66	0	0	0,016	101,538	
	<i>b4-2</i>	13,149	0,592	0,03	0,015	0	0	0	0	0	0,245	0,14	0,044	87,031	0	0,042	0,071	101,359	
	<i>b6-1</i>	13,596	0,024	0,007	0,621	0	0	0	0,022	0,007	0	0,271	0	0	86,514	0	0,016	0,025	101,103
	<i>b6-2</i>	13,435	0,603	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,132	0,036	0,075	85,557	0	0	0,034	99,877
	<i>b6-3</i>	13,606	1,241	0	0	0	0	0	0	0	0	0,164	0	0,016	84,975	0	0,027	0,051	100,08
	<i>b7-1</i>	13,367	0,063	0,024	0	0	0,043	0	0,007	0	0,012	0,245	0	0	86,743	0	0,003	0,03	100,537
	<i>b8-1</i>	13,537	0,065	0	0	0	0	0	0	0	0	0,188	0	0,032	86,436	0	0	0,033	100,291
	<i>b8-2</i>	13,603	0,045	0,005	0,015	0	0	0	0,022	0	0	0,19	0,056	0,174	87,206	0	0	0,082	101,398
SF-1	<i>b6-1</i>	13,13	0,087	0,019	0	0	0,037	0	0	0,036	0,013	0,164	0	0	86,457	0	0	0,065	100,008
	<i>b6-2</i>	13,084	0,043	0	0	0	0	0	0	0,032	0	0,275	0	0,012	85,532	0	0,029	0,037	99,044

Ek Tablo 13. Eskişehir, İstala ve Sırganlık maden yataklarında oluşturulan profiller boyunca alınan altere kayaç örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (ana oksit değerleri % olarak verilmiştir, A.K.: Ateşte Kayıp).

Saha	Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	ΣC	ΣS	A.K.	Toplam
Eskişehir Madeni	EP4-2	52,11	17,99	7,30	5,71	2,21	0,17	3,83	0,69	0,12	0,23	0,014	0,89	0,04	8,8	100,10
	EP4-3	74,09	12,84	3,16	2,43	0,08	0,06	3,16	0,20	0,08	0,07	0,012	0,03	0,03	3,6	99,84
	EP4-7	78,32	12,32	1,02	0,34	0,12	2,76	2,37	0,12	0,02	0,07	0,015	0,07	<0.02	2,5	100,05
	EP4-8	76,44	11,86	2,30	0,59	0,57	2,99	2,10	0,11	0,02	0,03	0,018	0,22	<0.02	2,9	100,15
	EP5-1	74,96	13,36	1,02	0,31	0,07	1,36	6,68	0,29	0,03	0,01	0,013	0,03	0,02	1,6	99,75
	EP5-4	52,77	17,01	5,66	4,94	3,77	1,51	3,44	0,63	0,11	0,14	0,015	1,46	<0.02	9,8	101,26
	EP5-5	51,13	14,42	6,57	6,83	4,76	1,99	1,85	0,61	0,12	0,35	0,030	1,86	0,34	10,7	101,56
	EP5-6	49,18	14,59	8,86	3,39	8,41	1,68	1,84	0,69	0,11	0,15	0,007	1,77	<0.02	10,9	101,58
	EP5-7	77,09	11,86	1,88	0,51	0,63	0,07	3,21	0,12	0,02	0,02	0,007	0,19	0,03	4,4	100,04
	EP5-9	74,74	11,71	2,30	0,39	1,93	1,25	2,89	0,11	0,02	0,03	0,006	0,43	<0.02	4,6	100,41
İstala Madeni	ISP1-3	74,65	12,21	2,53	0,78	1,15	2,71	2,39	0,18	0,04	0,05	0,010	0,25	<0.02	3,2	100,15
	ISP1-4	72,54	14,45	1,91	0,79	0,82	3,67	2,58	0,20	0,05	0,03	0,017	0,18	0,05	2,9	100,19
	ISP1-6	79,14	11,63	1,60	0,42	0,07	0,78	3,19	0,11	0,02	0,01	0,015	0,05	<0.02	2,9	99,94
	ISP1-8	79,03	8,76	2,26	0,23	2,32	1,75	1,77	0,09	0,02	0,05	0,014	0,52	0,05	3,6	100,46
	ISP1-9	84,69	9,08	1,31	0,16	0,03	0,07	2,61	0,07	0,01	0,01	0,015	0,05	<0.02	1,9	100,01
	ISP2-3	72,57	11,44	1,95	0,50	3,65	0,51	3,41	0,09	0,01	0,08	0,007	0,85	<0.02	5,7	100,77
	ISP2-5	74,96	11,24	1,98	0,47	2,62	0,75	3,30	0,08	0,01	0,07	0,010	0,58	<0.02	4,4	100,47
	ISP2-6	69,45	13,00	3,61	0,49	2,65	3,10	2,56	0,21	0,05	0,08	0,006	0,59	<0.02	4,7	100,50
	ISP2-7	81,68	10,83	0,58	0,45	0,08	0,05	3,04	0,16	0,01	0,01	0,008	0,04	0,10	2,8	99,84
	ISP2-8	82,42	9,41	1,89	0,26	0,05	2,35	1,74	0,09	0,02	0,04	0,010	0,06	<0.02	1,7	100,04
ISP2-9	74,68	12,79	1,71	0,45	1,31	3,57	2,16	0,18	0,04	0,03	0,011	0,28	<0.02	3,0	100,21	
Sırganlık Madeni	SP2-6	70,49	13,43	3,74	0,50	1,98	3,06	2,70	0,24	0,06	0,07	0,006	0,45	<0.02	3,7	100,43
	SP3-1	71,70	14,95	2,01	0,59	0,08	2,03	5,69	0,14	0,03	0,01	0,007	0,04	<0.02	2,5	99,78
	SP3-2	74,17	13,03	1,95	0,27	0,31	2,22	5,63	0,11	0,03	0,04	0,010	0,11	0,07	2,0	99,95
	SP3-3	77,86	11,96	0,96	0,24	0,07	2,08	4,58	0,11	0,02	0,01	0,009	0,06	<0.02	1,9	99,86
	SP3-4	75,61	13,13	1,52	0,41	0,07	1,46	4,76	0,14	0,01	<0.01	0,007	0,07	0,03	2,5	99,72
	SKG-II	73,25	13,02	2,09	1,09	0,53	1,23	4,91	0,11	0,03	0,04	0,006	0,28	0,83	3,4	100,82

Ek Tablo 13'ün devamı (iz element değerleri ppm olarak verilmiştir)

Saha	Ör. No	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
Eskiköy Madeni	EP4-2	348	1	17,1	1,7	18,6	2,2	4,5	135,2	2	22,5	0,4	5,1	1,7	197	3,7	77,9	24,6	16,1	31,5	4,33	17,4	3,81	1,19
	EP4-3	1641	2	0,8	3,5	11,5	3,0	4,8	132,5	2	35,8	0,5	17,0	4,6	29	3,1	93,8	11,5	23,4	42,3	4,04	13,4	2,30	0,54
	EP4-7	72	1	5,7	1,2	13,4	4,2	6,4	46,3	3	50,7	0,5	7,8	5,4	<8	0,9	140,0	30,5	21,8	49,7	5,87	25,3	5,91	0,91
	EP4-8	242	1	0,6	1,1	14,0	4,0	5,6	59,4	2	44,2	0,5	8,4	1,9	26	1,4	124,7	35,9	20,8	46,3	5,22	21,2	4,80	0,81
	EP5-1	2664	<1	1,0	1,0	9,9	3,4	6,2	152,5	2	72,5	0,6	18,4	4,4	46	3,3	116,7	9,2	23,6	42,8	4,02	12,5	1,97	0,46
	EP5-4	689	2	12,2	1,1	16,9	2,8	4,3	115,2	2	105,2	0,4	6,6	2,3	271	2,1	85,0	19,9	19,2	39,5	4,72	18,2	3,65	0,95
	EP5-5	373	<1	19,1	0,8	15,7	2,5	4,5	60,0	2	102,4	0,4	6,5	2,3	221	6,6	82,1	14,9	14,5	30,6	3,56	14,5	2,66	0,78
	EP5-6	311	<1	23,5	0,6	16,3	2,8	4,5	65,6	2	107,0	0,4	5,8	1,6	232	1,4	86,9	14,9	13,8	29,1	3,54	13,9	2,79	0,69
	EP5-7	1545	<1	0,7	1,6	16,5	5,7	6,4	77,1	2	48,1	0,5	8,8	3,4	13	2,7	162,2	45,7	19,4	43,5	5,22	19,8	4,89	0,56
	EP5-9	329	2	0,5	2,3	15,6	4,6	6,2	86,5	2	35,1	0,5	8,1	1,9	12	1,1	143,3	38,4	21,6	47,9	5,84	23,9	5,60	0,88
Istala Madeni	ISP1-3	314	<1	0,9	1,1	14,7	5,2	8,0	74,7	2	62,9	0,5	7,9	1,5	10	2,0	170,9	36,4	29,3	60,1	6,97	26,7	5,34	1,19
	ISP1-4	283	1	1,2	1,1	16,3	5,5	7,7	78,5	3	57,5	0,6	8,7	1,7	17	1,3	178,6	24,2	21,3	43,0	4,87	18,2	3,50	0,53
	ISP1-6	390	2	1,1	1,1	14,3	4,7	5,4	89,7	3	12,6	0,4	8,2	2,5	9	5,2	156,3	30,1	27,2	58,8	6,69	25,5	5,53	1,00
	ISP1-8	679	1	1,3	1,2	10,5	3,7	4,5	59,7	3	46,7	0,3	5,6	1,8	10	1,5	119,3	39,9	15,9	33,8	4,00	16,2	4,01	0,82
	ISP1-9	659	1	0,9	0,7	9,4	2,9	4,1	67,2	2	8,0	0,3	4,7	1,8	<8	1,4	91,1	19,5	12,6	27,0	3,25	12,7	2,66	0,34
	ISP2-3	215	2	0,5	1,0	14,7	4,7	7,1	119,8	3	28,6	0,6	9,1	3,7	<8	0,6	134,4	47,1	25,8	55,2	6,32	25,4	5,61	0,80
	ISP2-5	240	2	0,6	1,0	14,2	4,7	6,8	121,6	3	23,6	0,6	9,8	3,2	<8	0,7	130,8	38,2	25,1	52,1	6,30	25,0	5,51	0,78
	ISP2-6	320	<1	1,4	1,3	15,0	4,5	8,0	79,3	2	68,8	0,6	7,5	1,5	<8	0,8	165,3	36,1	28,3	56,3	6,83	27,0	5,57	1,32
	ISP2-7	1582	<1	0,4	0,6	11,5	4,8	6,1	70,9	1	29,5	0,4	7,0	1,6	9	3,8	149,9	17,6	22,2	47,3	5,29	18,9	3,91	0,82
	ISP2-8	160	<1	1,9	0,8	11,8	3,8	4,8	63,4	5	22,3	0,4	6,7	2,7	<8	1,6	124,5	21,3	16,0	37,0	4,04	16,5	3,38	0,48
ISP2-9	303	<1	0,6	1,3	14,6	4,5	7,4	73,1	2	48,2	0,5	7,8	1,6	15	2,3	161,0	24,9	12,6	25,1	2,96	11,7	2,47	0,57	
Sırganlık Madeni	SP2-6	340	2	1,4	1,3	15,9	4,7	8,6	82,5	2	71,9	0,5	6,6	1,5	<8	1,0	160,3	34,9	25,8	53,6	6,44	25,0	5,41	1,26
	SP3-1	1834	<1	0,5	1,1	12,3	4,1	10,2	128,6	3	98,3	1,1	29,0	6,4	<8	1,4	129,2	17,5	47,6	88,4	8,47	24,8	3,65	0,57
	SP3-2	1322	1	1,2	1,9	13,5	4,1	9,6	171,1	4	125,9	0,8	27,8	6,2	<8	3,0	116,0	14,4	37,3	73,1	7,00	19,4	3,00	0,36
	SP3-3	1255	2	0,5	0,8	10,5	3,6	7,8	121,0	3	93,5	0,9	24,6	5,2	<8	2,7	118,3	9,5	32,8	62,9	5,95	18,7	2,88	0,42
	SP3-4	3003	<1	0,5	1,1	13,7	3,4	12,1	149,1	3	63,0	1,3	26,1	5,5	<8	2,4	120,4	13,6	41,3	78,0	7,19	21,8	3,11	0,38
	SK-II	2392	2	1,5	0,9	12,0	3,7	8,6	129,3	3	85,0	0,9	24,4	6,5	<8	1,7	120,9	12,9	35,2	69,3	6,43	18,9	2,98	0,40

Ek Tablo 13'ün devamı

Saha	Ör. No	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se	Ni	Sc
Eskiköy Madeni	EP4-2	4,25	0,68	3,88	0,79	2,48	0,33	1,92	0,30	1,7	1167	333,4	2994	19,6	4,6	89,2	<0.1	<0.1	0,1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5	<20	26
	EP4-3	1,96	0,34	1,99	0,39	1,25	0,20	1,20	0,18	2,9	11,0	6,8	78	4,7	7,8	<0.1	<0.1	0,3	<0.1	<0.5	0,02	0,1	<0.5	<20	4
	EP4-7	5,99	0,96	5,51	1,08	3,50	0,49	3,23	0,50	2,8	13,0	102,3	150	5,6	7,5	2,7	0,2	<0.1	<0.1	<0.5	0,02	0,2	<0.5	<20	5
	EP4-8	5,40	0,92	5,69	1,16	3,57	0,52	3,51	0,58	4,1	8,2	7,6	31	5,2	1,2	0,3	0,1	0,1	<0.1	1,5	<0.01	<0.1	<0.5	<20	9
	EP5-1	1,57	0,28	1,54	0,31	1,04	0,17	1,16	0,19	8,6	16,7	4,5	8	6,3	6,7	<0.1	0,2	0,2	<0.1	9,7	<0.01	0,1	<0.5	<20	6
	EP5-4	3,60	0,60	3,46	0,66	2,07	0,28	1,82	0,29	2,0	11,4	3,4	93	17,7	4,2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,9	<0.01	0,1	<0.5	<20	30
	EP5-5	2,76	0,43	2,64	0,52	1,58	0,22	1,40	0,22	1,3	203,5	54,0	2756	30,5	2,0	9,3	<0.1	<0.1	<0.1	0,7	<0.01	<0.1	<0.5	29	26
	EP5-6	2,64	0,45	2,59	0,53	1,65	0,25	1,61	0,26	1,2	2,0	4,5	145	9,9	1,3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1,2	<0.01	<0.1	<0.5	<20	29
	EP5-7	5,47	1,08	7,23	1,63	5,24	0,79	5,56	0,85	3,6	6,8	3,0	17	4,2	1,1	<0.1	<0.1	0,8	<0.1	3,8	<0.01	<0.1	<0.5	<20	12
	EP5-9	6,25	1,11	6,84	1,44	4,49	0,69	4,59	0,73	3,5	7,8	9,6	22	4,0	1,0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3,3	<0.01	<0.1	<0.5	<20	11
Istala Madeni	ISP1-3	5,66	1,00	6,08	1,25	3,93	0,58	3,73	0,59	4,0	16,1	15,3	40	4,7	1,1	0,1	0,1	<0.1	<0.1	9,9	<0.01	<0.1	<0.5	<20	12
	ISP1-4	3,53	0,65	4,13	0,94	2,84	0,45	3,02	0,48	3,2	6,6	1,7	27	5,0	1,0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5	<20	10
	ISP1-6	5,32	0,89	5,20	1,04	3,38	0,50	3,56	0,53	5,1	8,9	6,0	9	5,7	2,6	<0.1	0,1	1,0	<0.1	1,1	<0.01	<0.1	<0.5	<20	7
	ISP1-8	4,95	0,94	5,89	1,32	4,15	0,59	4,13	0,61	8,8	14,5	9,9	19	9,5	2,5	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	5,2	0,01	<0.1	<0.5	<20	7
	ISP1-9	2,72	0,50	3,03	0,69	2,27	0,34	2,34	0,35	7,0	14,8	4,6	3	8,5	6,5	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	9,4	<0.01	<0.1	<0.5	<20	4
	ISP2-3	6,15	1,18	7,42	1,57	4,99	0,75	5,10	0,77	4,8	9,8	11,5	14	5,1	1,3	0,2	0,1	0,1	<0.1	1,4	<0.01	0,1	<0.5	<20	10
	ISP2-5	5,70	1,01	6,38	1,35	4,22	0,65	4,43	0,69	4,2	9,6	11,1	20	5,0	1,3	0,1	0,1	0,1	<0.1	15,4	<0.01	<0.1	<0.5	<20	10
	ISP2-6	5,80	0,98	6,04	1,26	3,71	0,56	3,62	0,57	3,9	6,9	3,8	28	4,5	1,5	<0.1	0,3	<0.1	<0.1	2,3	<0.01	0,1	<0.5	<20	13
	ISP2-7	3,41	0,60	3,57	0,71	2,14	0,37	2,25	0,36	4,6	21,0	437,2	477	4,5	61,7	1,5	6,7	<0.1	3,8	46,6	1,75	0,2	<0.5	<20	6
	ISP2-8	3,20	0,56	3,47	0,79	2,55	0,41	2,74	0,47	6,8	11,4	11,6	5	6,4	5,5	<0.1	0,3	0,4	<0.1	5,7	0,01	<0.1	<0.5	<20	7
ISP2-9	3,18	0,61	3,77	0,84	2,84	0,42	2,87	0,48	4,3	11,8	2,3	15	5,3	1,4	<0.1	0,2	<0.1	<0.1	28,2	<0.01	0,1	<0.5	<20	7	
Sırganlık Madeni	SP2-6	5,81	1,00	5,74	1,21	3,88	0,54	3,50	0,55	3,7	7,0	4,0	29	4,7	1,6	0,1	0,3	<0.1	<0.1	0,7	<0.01	0,1	<0.5	<20	13
	SP3-1	2,94	0,50	2,61	0,60	1,81	0,29	1,87	0,32	4,7	12,5	5,3	14	6,1	28,4	<0.1	0,2	0,3	<0.1	3,3	<0.01	<0.1	<0.5	<20	2
	SP3-2	2,31	0,40	2,09	0,47	1,65	0,24	1,73	0,28	6,4	37,6	37,8	124	8,8	10,4	1,1	0,3	<0.1	<0.1	3,8	<0.01	<0.1	<0.5	<20	2
	SP3-3	1,93	0,30	1,61	0,33	1,15	0,19	1,32	0,24	6,9	13,6	2,6	31	7,5	2,9	0,2	0,2	0,2	<0.1	3,0	0,01	0,1	<0.5	<20	2
	SP3-4	2,27	0,37	2,08	0,43	1,54	0,24	1,70	0,30	4,6	18,3	238,0	21	4,6	37,3	<0.1	0,2	<0.1	0,1	3,3	0,02	<0.1	<0.5	<20	3
	SK-II	2,23	0,37	2,06	0,45	1,46	0,24	1,64	0,27	6,4	8,9	166,8	39	5,4	25,2	0,3	0,2	0,3	0,2	4,1	<0.01	<0.1	<0.5	<20	2

Ek Tablo 14. Eskiköy madeni sfalerit (EC-2, EC-4) ve kuvars (EP4-1) minerallerinden yapılan sıvı kapanım analiz sonuçları.

Sfalerit (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-5,8	285,5	8,95	1,96
-21,7	-4,8	311,1	7,59	1,67
-22,5	-4,4	265,4	7,02	1,58
-	-3,4	255,6	5,56	1,37
-	-3,2	233,8	5,26	1,33
-	-3,2	277,2	5,26	1,33
-	-3,2	288,6	5,26	1,33
-	-2,5	304,5	4,18	1,22
-21,8	-2,4	283,5	4,03	1,21
-21,4	-2,4	305,2	4,03	1,21
-18,7	-2,3	261,7	3,87	1,19
-23,3	-2,3	275,5	3,87	1,19
-	-2,2	250,9	3,71	1,18
-21,5	-2,2	256,8	3,71	1,18
-22	-2,1	208,4	3,55	1,17
-	-2,1	235,4	3,55	1,17
-23,9	-2,1	237,7	3,55	1,17
-22,2	-2	220,6	3,39	1,15
-23,1	-2	280,3	3,39	1,15
-23,5	-2	289	3,39	1,15
-22,6	-2	289	3,39	1,15
-	-1,9	214,4	3,23	1,14
-22,1	-1,9	247,4	3,23	1,14
-	-1,9	294,1	3,23	1,14
-23,7	-1,9	300,1	3,23	1,14
-	-1,8	240,1	3,06	1,13
-	-1,8	260,3	3,06	1,13
-19,8	-1,7	192,8	2,90	1,12
-22,6	-1,7	241,1	2,90	1,12
-19,8	-1,7	246,6	2,90	1,12
-20,3	-1,7	257,6	2,90	1,12
-22,8	-1,7	268,4	2,90	1,12
-	-1,7	275,9	2,90	1,12
-23,4	-1,7	303,4	2,90	1,12
-20,1	-1,7	303,4	2,90	1,12
-24,9	-1,7	305,3	2,90	1,12
-20,5	-1,6	275,4	2,74	1,11
-20,5	-1,5	212,9	2,57	1,10
-	-1,5	239,8	2,57	1,10

Ek Tablo 14'ün devamı

Sfalerit (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T _{fm})	Son ergime (°C), (T _{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T _h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
-	-1,5	291	2,57	1,10
-	-1,4	251,1	2,41	1,09
-21,6	-1,4	276	2,41	1,09
-21,4	-1,4	280,5	2,41	1,09
-	-1,4	287,4	2,41	1,09
-21,2	-1,3	182,2	2,24	1,08
-21,4	-1,3	218,2	2,24	1,08
-	-1,3	292,3	2,24	1,08
-26,5	-1,3	308,6	2,24	1,08
-	-1,3	327,7	2,24	1,08
-23,6	-1	215,5	1,74	1,06
-	-1	230,6	1,74	1,06
-23,5	-0,9	240,6	1,57	1,05
-	-0,9	277,8	1,57	1,05
-20,3	-0,8	219,3	1,40	1,04
-	-0,7	250,3	1,22	1,04
-20,9	-0,4	294,7	0,70	1,02
-	-0,4	303,2	0,70	1,02
-22,7	-0,1	240	0,18	1,01
-	-0,1	260,2	0,18	1,01
-	-	181	-	-
-	-	182,2	-	-
-	-	221,1	-	-
-	-	227,6	-	-
-	-	227,6	-	-
-	-	237	-	-
-	-	238,9	-	-
-	-	238,9	-	-
-22,2	-	243,2	-	-
-	-	257	-	-
-	-	261,6	-	-
-	-	261,6	-	-
-	-	263,8	-	-
-	-	263,8	-	-
-20,1	-	265,8	-	-
-	-	268	-	-
-23,4	-	268,8	-	-
-	-	284,8	-	-
-	-	285,7	-	-
-	-	285,7	-	-

Ek Tablo 14'ün devamı

Sfalerit (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T _{fm})	Son ergime (°C), (T _{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T _h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
-	-	291	-	-
-	-	293,3	-	-
-	-	296,7	-	-
-	-	298,7	-	-
-	-	301	-	-
-	-	305	-	-
-	-	305,3	-	-
-	-	309,8	-	-
-	-	309,8	-	-
-	-	310,2	-	-
-	-	310,5	-	-
-	-	310,5	-	-
-	-	314,6	-	-
-	-	321	-	-
-	-	329,6	-	-
-	-	330	-	-
Sfalerit (İkincil Kapanımlar)				
-	-1,6	139,1	2,73	1,11
-	-1,5	145,6	2,57	1,10
-	-1,5	156	2,57	1,10
-	-1,4	140	2,40	1,09
-	-1,3	146,5	2,24	1,08
-	-1,2	155,3	2,07	1,07
-	-1	150,7	1,73	1,05
-	-0,9	149,3	1,56	1,05
-21,2	-1,3	160,4	2,24	1,08
-	-	113,2	-	-
-	-	119	-	-
-	-	122,6	-	-
-	-	122,6	-	-
-	-	125	-	-
-	-	125,7	-	-
-	-	131,1	-	-
-	-	133,1	-	-
-	-	134,4	-	-
-	-	135,9	-	-
-	-	135,9	-	-
-	-	140	-	-
-	-	148	-	-
-	-	150,6	-	-
-	-	162,3	-	-
-	-	168	-	-

Ek Tablo 14'ün devamı

Sfalerit (Üç Fazlı Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-1,6	139,1	2,73	1,11
-	-1,5	145,6	2,57	1,10
-	-1,5	156	2,57	1,10
-	-1,4	140	2,40	1,09
-	-1,3	146,5	2,24	1,08
-	-1,2	155,3	2,07	1,07
-	-1	150,7	1,73	1,05
-	-0,9	149,3	1,56	1,05
-21,2	-1,3	160,4	2,24	1,08
-	-	113,2	-	-
-	-	119	-	-
-	-	122,6	-	-
-	-	122,6	-	-
-	-	125	-	-
-	-	125,7	-	-
-	-	131,1	-	-
-	-	133,1	-	-
-	-	134,4	-	-
-	-	135,9	-	-
-	-	135,9	-	-
-	-	140	-	-
-	-	148	-	-
-	-	150,6	-	-
-	-	162,3	-	-
-	-	168	-	-

Ek Tablo 15. Eskiköy madeni kuvars (EP4-1) mineralinden yapılan sıvı kapanım analiz sonuçları.

Kuvars (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-1,9	131,6	3,23	1,14
-	-2	134,8	3,39	1,15
-21,9	-1,7	136,5	2,90	1,12
-20,6	-2,1	136,8	3,55	1,17
-	-	140	-	-
-	-	143,8	-	-
-21,4	-1,2	153,7	2,07	1,07
-	-3	165,1	4,96	1,30
-	-	165,3	-	-
-	-	182	-	-
-	-	191,1	-	-
-21,7	-2,3	192,9	3,87	1,19
-	-0,04	199	0,07	1,00
-	-3,7	199,6	6,01	1,42
-	-2,4	205,4	4,03	1,21
-	-	213,1	-	-
-	-	214,8	-	-
-	-2,3	215,1	3,87	1,19
-	-4,4	215,5	7,02	1,58
-	-	225,4	-	-
-21,5	-2,1	228,3	3,55	1,17
-	-3,5	230,2	5,71	1,38
-	-	233,3	-	-
-23,2	-2,9	236,7	4,80	1,28
-	-4,5	241,4	7,17	1,60
-23,3	-2,5	242,1	4,18	1,22
-	-	243,6	-	-
-	-	244	-	-
-22,3	-2,1	244,3	3,55	1,17
-	-	253,1	-	-
-22,7	-2,3	255	3,87	1,19
-	-	256,5	-	-
-20,2	-2,3	262	3,87	1,19
-	-	262	-	-
-	-3	262,5	4,96	1,30
-	-2,4	263,5	4,03	1,21
-	-	268,2	-	-
-	-	268,8	-	-
-21,5	-	271,4	-	-

Ek Tablo 15'in devamı

Kuvars (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-	275,4	-	-
-	-2,8	277,5	4,65	1,26
-	-3,2	277,7	5,26	1,33
-	-1,2	278	2,07	1,07
-	-1,1	282,4	1,91	1,07
-22	-0,8	283	1,40	1,04
-	-2,1	286	3,55	1,17
-19,9	-2,4	286,8	4,03	1,21
-	-1,8	292,3	3,06	1,13
-	-	292,3	-	-
-	-	295,3	-	-
-	-	295,4	-	-
-	-4,5	295,5	7,17	1,60
-	-	295,5	-	-
-	-4,9	296	7,73	1,70
-21,7	-2,2	296,3	3,71	1,18
-	-3,7	297	6,01	1,42
-21,3	-3,6	297,9	5,86	1,40
-20,8	-3,6	300,1	5,86	1,40
-	-	301	-	-
-19,9	-	304	-	-
-21,5	-2,5	307,5	4,18	1,22
-	-	308	-	-
-	-	308,6	-	-
-	-2	310,2	3,39	1,15
-20,8	-2,1	312,5	3,55	1,17
-20,7	-3,2	313,4	5,26	1,33
-	-	314,6	-	-
-	-1,4	316	2,41	1,09
-23,5	-3,2	317,3	5,26	1,33
-	-3,2	318,6	5,26	1,33
-	-2,5	321,4	4,18	1,22
-	-3,8	322,1	6,16	1,44
-	-3,8	326,4	6,16	1,44
-	-	326,5	-	-
-	-	327,2	-	-
-22,3	-	328	-	-
-22,4	-3	328,5	4,96	1,30
-	-	331,4	-	-

Ek Tablo 15'in devamı

Kuars (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-	338,2	-	-
-	-	339,9	-	-
-	-2,3	341,5	3,87	1,19
-	-	343,3	-	-
-	-3,6	344	5,86	1,40
-	-	347,5	-	-
-	-2,2	349	3,71	1,18
-19,1	-4,2	352	6,74	1,53
-	-	353,7	-	-
-22,5	-	354	-	-
-	-4,2	355	6,74	1,53
-21,7	-6,3	359,4	9,60	2,12
-	-	363,3	-	-
Kuars (İkincil Kapanımlar)				
-	-4,5	139,2	7,17	1,60
-	-1,5	126,1	2,57	1,10
-	-0,4	155,4	0,70	1,02
-	-0,3	130,6	0,53	1,02
-	-1,2	141,7	2,07	1,07
-	-5,2	103,9	8,14	1,78
-	-	116	-	-
-	-	129,7	-	-
-	-	133	-	-
-	-	137,2	-	-
-	-	137,8	-	-
-	-	140,2	-	-
-	-	147	-	-
-	-	151	-	-
-	-	210	-	-
-	-	213,9	-	-
-	-	244,2	-	-
-	-	169	-	-
-	-	143,2	-	-
-	-	216,2	-	-
-	-	245,1	-	-

Ek Tablo 16. İstala madeni barit (ISG-5) mineralinden yapılan sıvı kapanım analiz sonuçları.

Barit (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-	119,6	-	-
-	-	172,2	-	-
-	-3,5	173,2	5,71	0,94
-	-	198,3	-	-
-	-1,8	200,6	3,06	1,13
-	-1,3	201,6	2,24	1,08
-	-	206,1	-	-
-23,3	-5,4	210,7	8,41	0,92
-	-	213,5	-	-
-19,4	-1,2	213,6	2,07	1,07
-	-	220,9	-	-
-	-3,9	221,7	6,30	0,89
-18,4	-1,2	227,7	2,07	1,07
-	-	227,9	-	-
-	-	228,3	-	-
-	-	230,4	-	-
-	-1	230,7	1,74	0,84
-22,3	-2,7	231,4	4,49	0,87
-21,1	-1,7	233,2	2,90	1,12
-	-	233,3	-	-
-	-	234	-	-
-	-0,8	236,2	1,40	0,83
-18,2	-3,7	240,5	6,01	0,87
-21,5	-3,7	241,2	6,01	0,87
-25,1	-1,1	243,6	1,91	0,82
-	-1,6	244,5	2,74	1,11
-20,1	-1,5	244,9	2,57	1,10
-19,2	-2,6	246,2	4,34	0,84
-23,4	-1,5	247,2	2,57	1,10
-	-	248,2	-	-
-	-	250,7	-	-
-	-	251,8	-	-
-22,4	-2,6	252,6	4,339	0,834
-	-	253,5	-	-
-	-2,5	256,9	4,18	0,83
-23,1	-5,2	260,3	8,14	0,86
-19,3	-6,4	260,3	9,73	0,88
-20,2	-1,4	261,7	2,41	1,09
-	-	265,7	-	-

Ek Tablo 16'nın devamı

Barit (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-1,7	268,9	2,90	1,12
-22,2	-1,5	269,4	2,57	1,10
-	-4,5	270,5	7,17	0,84
-	-	272,5	-	-
-	-	272,8	-	-
-	-	273	-	-
-	-2,4	275,1	4,03	1,21
-	-	275,1	-	-
-	-	278,2	-	-
-	-	279,7	-	-
-	-4	282	6,45	0,81
-	-	283,2	-	-
-20,8	-3,2	286,9	5,26	0,79
-23,8	-4,1	287,7	6,59	0,81
-22,2	-1,8	288,8	3,06	1,13
-	-	291,1	-	-
-	-3	295,3	4,96	0,77
-	-0,8	296,4	1,40	0,72
-	-2,2	297,1	3,71	1,18
-	-2,2	305,7	3,71	1,18
-	-	307,6	-	-
-	-2	308,7	3,39	1,15
-	-3,5	313	5,71	0,75
-	-	315	-	-
-22,8	-3	317,7	4,96	0,73
-	-	318,2	-	-
-18,2	-1,2	322,4	2,07	1,07
-21,2	-	326,2	-	-
-	-	332,2	-	-
-	-	337,8	-	-
-	-2,3	340,4	3,87	1,19

Ek Tablo 16'nın devamı

Barit (İkincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-	121,4	-	-
-	-	128,3	-	-
-	-	134,2	-	-
-	-	137,5	-	-
-	-4,2	139,3	6,74	0,97
-	-	141,2	-	-
-	-	145,1	-	-
-	-2,1	147,8	3,55	0,95
-	-	156,5	-	-
-	-	162,8	-	-
-	-1,5	168,2	2,57	0,92
-	-	173,2	-	-
-	-	182,2	-	-
Barit (Üç Fazlı Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m_ice})	Homojenleşme (Gaz), (°C), (T_h)	Homojenleşme (Tuz), (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)
		146,6	213	
		223	412,6	61,96
		259	341	59,99
		245,6	318	63,7
		240	376	67,87
		290	148	
		310	381	
		217	268	
		335,7	362,7	69,17
		343	274	
		273	395	
		250	216	
		178		49,63
		254		
		310,1		
		305,1		
		226,3		
		273		
		240		
		301		
		337		

Ek Tablo 17. Sırganlık madeni kuvars (SF-1) mineralinden yapılan sıvı kapanım analiz sonuçları.

Kuvars (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T _{fm})	Son ergime (°C), (T _{m_ice})	Homojenleşme (°C), (T _h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
-	-0,8	120	1,40	0,95
-24	-0,3	121,1	0,53	0,95
-	-0,4	130	0,70	0,94
-	-	134,6	-	-
-	-	140	-	-
-	-2,4	147,4	4,03	0,95
-	-	152,8	-	-
-	-2	163,4	3,39	0,93
-	-	166,5	-	-
-21,4	-2,3	171,8	3,87	0,93
-	-3,1	178,2	5,11	0,93
-23,2	-0,2	178,4	0,35	0,89
-	-3,5	186,2	5,71	0,93
-	-	198,2	-	-
-	-0,1	200	0,18	0,87
-	-2,5	203,6	4,18	0,90
-20,2	-4,3	205,4	6,88	0,92
-	-3,8	209,3	6,16	0,91
-	-1,2	212,8	2,07	0,87
-	-1,7	213,4	2,90	0,87
-21,4	-2,3	214,4	3,87	0,88
-	-	215,6	-	-
-19,8	-1,7	218,8	2,90	0,87
-	-3,2	219,2	5,26	0,89
-24	-4,3	221,3	6,88	0,90
-	-2,5	221,8	4,18	0,87
-20,2	-3,1	227,1	5,11	0,88
-	-3,8	233,8	6,16	0,88
-	-	234,2	-	-
-22,5	-4	235	6,45	0,88
-20,6	-2	236,7	3,39	0,85
-	-3,5	238,1	5,71	0,87
-	-3,3	242,4	5,41	0,86
-	-1,7	242,8	2,90	0,83
-21,8	-0,1	243,4	0,18	0,80
-22,3	-2,8	245,2	4,65	0,85
-	-	245,4	-	-
-	-	246,3	-	-
-	-	246,3	-	-

Ek Tablo 17'nin devamı

Kuvars (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T _{fm})	Son ergime (°C), (T _{m ice})	Homojenleşme (°C), (T _h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
-22	-1,4	249,3	2,41	0,82
-	-	249,3	-	-
-	-2,2	251,6	3,71	0,83
-	-	253,1	-	-
-	-	253,4	-	-
-	-	255	-	-
-21,7	-3,6	256,7	5,86	0,84
-	-	257	-	-
-	-2,2	258,4	3,71	0,82
-	-3,9	258,5	6,30	0,85
-22,2	-2,6	260,1	4,34	0,82
-	-	261,2	-	-
-	-0,2	263	0,35	0,77
-	-1	263,2	1,74	0,79
-	-	264,3	-	-
-	-4	265,8	6,45	0,84
-21,4	-1,9	266	3,23	0,80
-24,2	-3,4	273	5,56	0,82
-	-3,3	273,1	5,41	0,82
-	-	273,6	-	-
-22,4	-2,4	275	4,03	0,80
-21,9	-2,5	276,8	4,18	0,79
-	-	276,8	-	-
-23,2	-3,6	277,3	5,86	0,81
-	-3,2	277,6	5,26	0,81
-	-3,4	279,2	5,56	0,81
-	-	282,1	-	-
-	-	284,3	-	-
-23,4	-1,3	287,3	2,24	0,75
-	-	287,9	-	-
-23,2	-1,3	288,3	2,24	0,75
-	-1,6	289,2	2,74	0,75
-	-	289,4	-	-
-22,3	-1	290,2	1,74	0,74
-22,3	-2,5	290,5	4,18	0,77
-22,5	-0,8	291,1	1,40	0,73
-	-	291,1	-	-
-20,8	-1,1	291,5	1,91	0,74
-	-3,5	293,6	5,71	0,79

Ek Tablo 17'nin devamı

Kuars (Birincil Kapanımlar)				
İlk ergime (°C), (T_{fm})	Son ergime (°C), (T_{m ice})	Homojenleşme (°C), (T_h)	Tuzluluk (%)	Yoğunluk (g/cm³)
-	-	297,2	-	-
-22,7	-0,1	297,7	0,18	0,70
-	-2,3	304,5	3,87	0,74
-18,6	-3,5	306	5,71	0,76
-	-	306,8	-	-
-19,3	-3,5	308,4	5,71	0,76
-	-	309,3	-	-
-	-	310,6	-	-
-	-	316,9	-	-
-20,9	-2,5	317,7	4,18	0,72
-	-3	328,4	4,96	0,71
-	-	330,8	-	-
-18,7	-3,5	333,7	5,71	0,71
-	-	336,2	-	-
-	-	347,6	-	-
-23,1	-2,1	359,3	3,55	0,61
-	-1,2	375,2	2,07	0,53
Kuars (İkincil Kapanımlar)				
-	-	112,3	-	-
-	-	114,7	-	-
-	-	120,1	-	-
-	-	122,9	-	-
-	-	123,2	-	-
-	-	126,5	-	-
-	-0,4	130	0,70	0,94
-	-	131,4	-	-
-	-	133,7	-	-
-	-	138	-	-
-	-	139,2	-	-
-	-2,5	142,3	4,18	0,95
-	-	148,5	-	-
-	-2,4	149,3	4,03	0,95
-	-2	150,2	3,39	0,94
-	-	158,2	-	-
-	-2,9	165,2	4,80	0,94
-	-3,1	174,1	5,11	0,93
-	-0,5	178,4	0,88	0,90
-	-	183,7	-	-

ÖZGEÇMİŞ

31.03.1986 tarihinde TRABZON'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Rize'de tamamladı. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesinden mezun oldu. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, jeoloji Mühendisliği Bölümü'n de yüksek lisans eğitimini başlamış olup orta dercede İngilizce bilmektedir.