

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÜRE (KASTAMONU) YÖRESİNİN JEOLJİSİ, JEOKİMYASI
VE MASİF SÜLFİD CEVHERLEŞMELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Kamer SİNANER

MAYIS 2023
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÜRE (KASTAMONU) YÖRESİNİN JEOLojİSİ, JEOKİMYASI
VE MASİF SÜLFİT CEVHERLEŞMELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Kamer SİNANER

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“DOKTOR (JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02/05/2023
Tezin Savunma Tarihi : 25/05/2023**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda 'Doktora Tezi' olarak hazırlanmıştır. 9483 kod nolu 'Küre-Kastamonu Yöresinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Masif Sülfid Cevherleşmeleri Açısından İncelenmesi' isimli proje Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir. Bu tez kapsamında, Küre-Kastamonu yöresi Liyas yaşlı masif sülfid cevherleşmeleri incelenmiştir.

Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar tarafından desteklenen bu çalışmayı bana öneren ve beni yönlendiren, çalışmamın başlangıcından sonuna kadar bilgi, deneyim ve tecrübeleri ile yol gösteren maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ'e minnet ve şükranlarımı sunmak isterim.

Bu çalışmaya maddi destek sağlayan Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim. Bilgi, tecrübe, görüş ve önerilerinden yararlandığım değerli hocalarım Doç. Dr. Yılmaz DEMİR'e ve Prof. Dr. İbrahim UYSAL'a tezime bilimsel anlamda kattıkları herşey için minnettarım. Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora süresince benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Gülten YAYLALI ABANUZ'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez yazım süresince katkıda bulunan Prof. Dr. İrfan TEMİZEL'e içtenlikle teşekkür ederim. Parlak kesitlerin hazırlanması süresinde bana yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Bahrizan AR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İnceleme alanına ait jeolojik çalışmaların gözden geçirilmesine imkan veren Cengiz Holding'e, Saha Şefi Hüseyin YILMAZ'a ve arazi çalışmaları sırasında bana yardımcı olan Fatih YAZAR'a, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Mustafa Ensar KOÇ'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Ayrıca öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen ailemin tüm fertlerime şükranlarımı bir borç bilirim.

Kamer SİNANER
Trabzon, 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Küre (Kastamonu) Yöresinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Masif Sülfid Cevherleşmeleri Açısından İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ’ün sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı, 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. 25/05/2023

Kamer SİNANER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	2
1.3. Bölgesel Jeoloji.....	2
1.4. Önceki Çalışmalar	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Arazi Çalışmaları	12
2.1.1. Cevherleşmeye Yönelik Çalışmalar	12
2.1.2. Yan Kayaçlara Yönelik Çalışmalar	13
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	13
2.2.1. İnce ve Parlak Kesitler.....	13
2.2.2. Tüm Kayaç Ana Oksit ve İz Element Analizleri	13
2.2.4. Mineral Kimyası Analizi Örneklerinin Hazırlanması.....	14
2.3. Büro Çalışmaları.....	14
2.4. Analitik Yöntemler	15
2.4.1. ICP-AES VE ICP-MS Analizleri	15
2.4.2. Mineral Kimyası Analizleri	15
2.4.3. Duraylı İzotop Analizleri.....	16
3. BULGULAR.....	18
3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi.....	18
3.1.1. Küre Ofiyoliti.....	19
3.1.1.1. Ultramafik Kayaçlar	19
3.1.1.2. Bazalt	20

3.1.1.3.	Gabro-Diyorit	21
3.1.1.4.	Dasit.....	21
3.1.1.5.	Tortul Kayaçlar.....	25
3.1.1.6.	Karadana Formasyonu	27
3.2.	Yapısal Jeoloji	28
3.3.	Volkanik Kayaçların Jeokimyası	28
3.4.	Maden Jeolojisi.....	34
3.4.1.	Aşıköy ve Toykundu Bakır Yatakları.....	34
3.4.2.	Bakibaba-Mağaradoruk Maden Yatağının Cevher Mineralojisi ve Özellikleri	37
3.5.	Cevher Mineralojisi	47
3.6.	Cevher Jeokimyası.....	53
3.7.	Alterasyonlar.....	54
3.7.1.	Serpantinleşme.....	55
3.7.2.	Kloritleşme	55
3.7.3.	Epidotlaşma	55
3.7.4.	Kalsitleşme	55
3.7.5.	Silisleşme.....	56
3.7.6.	Hematitleşme	56
3.7.7.	Killeşme-İlmenitleşme-Lökoksenleşme	56
3.8.	Kütle Değişim Hesaplamaları.....	59
3.8.1.	Yöntemler	59
3.8.2.	Kütlesel ve Kimyasal Değişimler	61
3.9.	Mineral Kimyası	67
3.9.1.	Pirit	67
3.9.2.	Kalkopirit.....	74
3.9.4.	Galen.....	76
3.9.5.	Karolit.....	80
3.10.	Duraylı İzotop Jeokimyası.....	83
3.10.1.	Kükürt İzotop Çalışmaları	84
3.10.2.	Oksijen ve Hidrojen İzotop Çalışmaları	90
3.10.3.	İzotopik Denge ve Jeotermometre	95
3.10.4.	Klorit Jeotermometresi	96
4.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	100
4.1.	Jeolojik Özellikler ve Ortamsal Yorumlama	100

4.2.	Cevher Jeokimyası ve Mineralojik Özellikler	104
4.3.	Küre VMS Yatağının Kökensel Özellikleri.....	109
5.	KAYNAKLAR	112
6.	EKLER	120
ÖZGEÇMİŞ		



Doktora Tezi

ÖZET

KÜRE (KASTAMONU) YÖRESİNİN JEOLJİSİ, JEOKİMYASI
VE MASİF SÜLFİT CEVHERLEŞMELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Kamer SİNANER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ
2023, 119 Sayfa, 23 Sayfa Ek

Pontid Jeotektonik Birliğinin Batı Bölümünde yer alan çalışma alanında metamorfik, volkanik, tortul ve intruzif kayalar egemendir. Liyas yaşlı ultramafik kayalar çalışma alanının en yaşlı birimidir. Liyas yaşlı bazalt birimi masif cevherleşmeleri içermesi açısından büyük önem taşımaktadır. Cevher mineralleri; pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve daha az oranda tetraedrit. Cevhere eşlik eden gang minerali kuvarsdır. Özellikle masif yapı, breşik yapı ve breş dolgusu yapısı gibi yapılar görülmektedir. Alterasyon türleri; kloritleşme, karbonatlaşma, killeşme, hematitleşme, limonitleşme ve silisleşmedir. Pirit ve kalkopiritlerden yapılan sonuçları 5,8 ile 8,4% arasında ölçülen kükürt izotop değerleri Küre VMS yatağındaki kükürtün magmatik, meteorik ve/veya denizel kökenli olduğunu göstermektedir. Hesaplanan dengelenme sıcaklıkları Küre (Bakibaba-Mağaradoruk) VMS yatağının oluşum sıcaklığının 294 °C ile 434 °C arasında değiştiğini, bazalt örneklerinden elde edilen klorit elektron mikropob analiz sonuçlarına kullanılarak hesaplanan sıcaklıkları ise 210-396°C arasında değiştiği belirlenmiştir. 3.3‰ ile 13.7 ‰ arasında değişen Oksijen ve -58 ile -74 arasında değişen Hidrojen izotop sonuçları Küre VMS yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin magmatik-denizel kökenli olduğunu göstermektedir. Piritlerin mineral kimyası analizlerine göre yüksek Co ve düşük Ni içerikleri ve sfaleritlerin 500'ün üzerindeki Zn/Cd oranları da bazaltik bir magmatik kaynak ile ilişkilendirilmiştir. Küre (Bakibaba-Mağaradoruk) cevherleşmesi ortamsal çalışmalarında, bazaltik kayalar volkanik yay ve MORB ortamlarında dağılım sunması yay ardı ortamını ifade etmektedir. Bu cevherleşme yitimden etkilenmiş subalkali bazalt volkanizmasına ait ürünleri temsil ettiği, kısmen tüketilmiş bir manto kaynağından türeyen ergiyiklerden itibaren oluştuğunu, bazı örneklerdeki belirgin Th/Yb zenginleşmesi ise, kaynağın yitim bileşenlerince zenginleşmiş olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler yatağın Kıbrıs Tip VMS yatağı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Küre, Kıbrıs Tipi, İzotop, VMS, Köken

PhD. Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF GEOLOGY AND GEOCHEMISTRY OF KÜRE (KASTAMONU) IN TERMS OF MASSIVE SULPHIDE MINERALIZATIONS

Kamer SİNANER

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geology Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ
2023, 119 Pages, 23 Pages Appendix

Metamorphic, volcanic, sedimentary and intrusive rocks are dominant in the study area located in the Western Section of the Pontide Geotectonic Unit. Liassic aged ultramafic rocks are the oldest unit of the study area. The Liassic basalt unit is of great importance in that it contains massive ore minerals; pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena and to a lesser extent mineralizations tetraedrite. The gangue mineral accompanying the ore is quartz. In particular, structures such as massive structure, brecciated structure and breccia fill structure are observed. Alteration types; chloritization, carbonation, argillization, hematitization, limonitization and silicification. Sulfur isotope values measured between 5.8 and 8.4‰ from pyrite and chalcopyrite indicate that the sulfur in the Küre VMS deposit is of magmatic, meteoric and/or marine origin. Calculated equilibrium temperatures, It has been determined that the formation temperature of the Küre (Bakibaba-Mağaradoruk) VMS deposit varies between 294 °C and 434 °C, and the temperatures calculated using the chlorite electron microprobe analysis results obtained from basalt samples vary between 210-396°C. Oxygen isotope results ranging from 3.3‰ to 13.7‰ and Hydrogen ranging from -58 to -74 show that the hydrothermal solutions forming the Küre VMS deposit are of magmatic-marine origin. According to the mineral chemistry analyzes of the pyrites, the high Co and low Ni contents and the Zn/Cd ratios of sphalerites above 500 were also associated with a basaltic magmatic source. In the environmental studies of the Küre (Bakibaba-Mağaradoruk) mineralization, the distribution of basaltic rocks in volcanic arc and MORB environments indicates the back-arc environment. This mineralization represents the products of subalkaline basalt volcanism affected by subduction, formed from melts derived from a partially depleted mantle source, and significant Th/Yb enrichment in some samples indicates that the source is enriched by subduction components. Obtained data show that the deposit is Cyprus Type VMS deposit.

Key Words: Küre, Cyprus Type, Isotope, Massive Sulphite Deposits, Genesis

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	1
Şekil 2.	Orta Pontid ve Çangaldağ Metamorfik Karmaşığının basitleştirilmiş jeolojik haritası.....	4
Şekil 3.	Çalışma alanının stratigrafik dikme kesiti.....	19
Şekil 4.	a,b) Serpantinitlerin arazideki görünüşleri	22
Şekil 5.	Bakibaba-Mağaradoruk yatağından bir görünüm	23
Şekil 6.	Çalışma alanındaki a) masif bazaltların; b) yastık lavların; c) breşlerin; d) yastık lav ve breşlerin arazideki görünüşleri.	23
Şekil 7.	Çalışma alanındaki bazaltlar içerisindeki a) kalsit damarcıklarının; b) epidotlaşmanın; c,d) hematitleşmenin makroskobik görünüşleri; e,f) kalsitleşmenin, epidotlaşmanın ÇN ve TN görünüşleri; g,h) Opak minerallerin TN ve ÇN görünüşleri	24
Şekil 8.	Çalışma alanındaki diyoritler içerisindeki; a,b) Amfibolün (Aktinolit) ÇN görünüşleri	25
Şekil 9.	a,b) Küre-Mağaradoruk ofiyolit bazalt dizilimini örten şeyllerin arazideki görünüşü; c) Şeyl içerisindeki kalsit damarcıkları.....	26
Şekil 10.	Çalışma alanındaki şeyl-kumtaşı-silttaşı aralanmasının a) çalışma alanındaki; b) mikroskobik görünüşleri.....	27
Şekil 11.	Çalışma alanındaki kireçtaşlarının uzaktan görünüşü	28
Şekil 12.	Küre (Kastamonu) cevherleşme alanında yapılan örnekleme lokasyonlarının arazideki konumları.....	29
Şekil 13.	Küre volkanitlerinin Nb/Y'a karşı Zr/TiO ₂ diyagramı üzerindeki dağılımları	30
Şekil 14.	Küre (Bakibaba-Mağaradoruk) volkanitlerinin (Na ₂ O+K ₂ O)-FeO(t)-MgO diyagramı üzerindeki dağılımları, Toleyitik-Kalk-Alkali ayrımı, Irvine ve Baragar'a (1971) göre.....	31
Şekil 15.	Küre (Mağaradoruk) VMS cevherleşmesini içeren bazaltlara ait (a) Zr-Zr/Y (Pearce and Norry, 1979) and (b) Th-Ta-Hf/3 (Wood, 1980) diyagramları.	31
Şekil 16.	Küre (Mağaradoruk) VMS cevherleşmesi ile ilişkili bazaltik volkanik kayaçların Nb/Yb ye karşı Th/Yb değişim diyagramı	32
Şekil 17.	Cevherleşme içermeyen bazalt örneklerinin; a) kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element diyagramı; b) NMORB'a göre normalleştirilmiş çoklu element diyagramı.....	33
Şekil 18.	İnceleme alanının jeoloji haritası	35
Şekil 19.	Aşıköy, Bakibaba-Mağaradoruk yataklarından geçen jeoloji kesit	36

Şekil 20.	Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba-Mağaradoruk açık işletme ocağına ait bir görünüm.....	38
Şekil 21.	Küre (Mağaradoruk) bölgesinde yapılan 12-12' kesit hattındaki B-170 ve 13'-13 kesit hattındaki B-153 nolu sondajın ve plan konumları.	39
Şekil 22.	Küre (Mağaradoruk) bölgesi B-153 nolu sondaj kesiti).....	40
Şekil 23.	Bakibaba-Mağaradoruk cevher yatağında yapılan 153 nolu sondajın dikme kesiti.	42
Şekil 24.	Küre (Mağaradoruk) bölgesi B-170 nolu sondaj kesiti (Altun vd., 2015).....	44
Şekil 25.	Küre (Mağaradoruk) cevher yatağında yapılan 170 nolu sondajın dikme kesiti	45
Şekil 26.	Küre (Mağaradoruk) bölgesindeki cevher örneklerinde gözlenen ağsal (a-d) ve breşik yapı (e-f) sunan örneklerin makroskobik görünümü	46
Şekil 27.	Küre-Mağaradoruk ocağına ait masif yapı (a-b) ve breş dolgulu (c-d) cevher örneklerine ait makroskobik görüntüler.	47
Şekil 28.	a-d) Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba maden yatağındaki cevher minerallerinden Kalkopirit-1 ve Pirit-1'de gözlenen kataklastik doku; e,f) zonlu piritlere ait mikroskop görüntüleri, (Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit).....	49
Şekil 29.	a) Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba-Mağaradoruk maden yatağındaki cevher minerallerinden Pirit-1 içersindeki kataklastik doku, b,c) Pirit-2 mineralinin; d) Kalkopirit-1'in mikroskobik görünümü	50
Şekil 30.	Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba-Mağaradoruk maden yatağındaki cevher minerallerinden; a,b) sfalerit; c,d) Kalkopirit-2; e,f) galen mineralinin mikroskobik görünümü.....	52
Şekil 31.	Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba-Mağaradoruk maden yatağındaki minerallerden a) tetrahedrit, b) elektrum, c) karolit, d) Kuvars-1, e,f) Kuvars-2 minerallerinin mikroskobik görünümü	53
Şekil 32.	Küre (Mağaradoruk) cevherleşmesindeki element konsatrasyonlarının N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu metal dağılım diyagramı.....	54
Şekil 33.	Çalışma alanındaki ultaramafik kayalarda gözlenen; a) serpantin minerali; b) Olivin adacıkları; c-d) Kloritleşmenin çalışma alanındaki; e-f) Bazalt içerisinde boşluk dolgusu olarak gelişen kloritleşmiş plajiyoklasın ve zeolitin ÇN görünümleri	57
Şekil 34.	Bazaltik kayalar içerisinde gözlenen; a) epidotlaşmanın çalışma alanındaki; b) ince kesitlerdeki; c,d) kalsitleşmenin, e) silisleşmenin; f) cevherli zona yaklaştıkça hematitleşme ile gözlenen silisleşmenin, g-h) hematitleşmenin; görünümleri	58
Şekil 35.	Bazaltik kayalardaki; a) Killeşme; b) iskelet dokusu gösteren ilmenitleşme; e,f) Ultramafik kayalar içerisindeki manyetit oluşumları.....	59

Şekil 36.	Küre (Mağaradoruk) bölgesinden alınan örneklerin içerdiği Y-Ti elementlerinin birbirleriyle olan ilişkilerini gösteren grafik	62
Şekil 37.	Küre (Mağaradoruk) bölgesinden alınan örneklerdeki element dağılımı ve hareketsiz elementler kullanılarak çizilen izokon diyagramı.....	62
Şekil 38.	Küre (Mağaradoruk) bölgesinden alınan örneklerde alterasyondan etkilenen örneklerin hareketsiz elementlere göre hesaplanmış % değişimlerini gösteren grafik grafiği yeniden çiz demiştin.....	64
Şekil 39.	Alterasyon sonucunda elementlerin kütlelerinde meydana gelen % değişimlerin birbirleriyle olan ilişkileri.....	66
Şekil 40.	a) Pirit minerallerinde Fe ile Co arasındaki, b) piritlerde Fe ile Zn arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram.....	68
Şekil 41.	1 numaralı profil analizinin yapıldığı pirit minerali ve analiz hattı	70
Şekil 42.	1 numaralı profil analizinin yapıldığı hat boyunca Fe ve S değişimleri	70
Şekil 43.	2 numaralı profil analizinin yapıldığı pirit minerali ve analiz hattı	72
Şekil 44.	2 numaralı profil analizinin yapıldığı hat boyunca Fe ve S değişimleri	72
Şekil 45.	a) Kalkopiritlerde Fe ile Zn arasındaki, b) kalkopiritlerde Cu ile Zn arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram.....	74
Şekil 46.	a) Sfaleritlerde Zn ile Fe arasındaki, b) Zn ile Cu arasındaki, c) Fe ile Cu arasındaki, d) Cd ile S arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram	78
Şekil 47.	a) Karolitlerde Co ile Cu arasındaki, b) Karolitlerde Fe ile Co arasındaki, c) Fe ile Cu arasındaki, d) Cu ile Pb arasındaki; ilişkileri gösteren diyagramlar	81
Şekil 48.	a) Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve cevher tiplerinin kükürt izotop değişimleri, b)Küre cevherleşmesinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinin kükürt izotop değişimleri	88
Şekil 49.	Küre (Mağaradoruk) VMS cevherinin $\delta^{34}\text{S}$ izotop sonuçlarının bazı masif sülfid yatakların kükürt izotop verileriyle karşılaştırılması	89
Şekil 50.	Bazı önemli kayaç türlerinin ve su kaynaklarının oksijen izotop bileşimlerinin Küre VMS yatağına ait $\delta^{18}\text{O}$ izotop verileriyle karşılaştırılması	92
Şekil 51.	Değişik kayaç türlerinin ve su rezervuarlarının δD izotop bileşimleri ve bu verilerin Küre VMS cevheri ile karşılaştırılması.....	94
Şekil 52.	Farklı su çeşitlerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop değerlerinin değişim alanları ve Küre (Mağaradoruk) VMS yatağındaki oksijen ve hidrojen izotoplarının dağılımları	96
Şekil 53.	Küre (Mağaradoruk) VMS Cevherleşmesinin jeotektonik ortam modeli (Günay 2019'dan değiştirilerek kullanılmıştır).....	104
Şekil 54.	VMS yataklar için baz metal üçgen (Cu-Pb-Zn) sınıflaması	106
Şekil 55.	İlksel mantoya göre normalize edilmiş metal oranlarını gösteren spider diyagram.....	107

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Küre masif sülfid cevherleşmesi mineral parajenezi.....	48
Tablo 2. Altere ve altere olmamış kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve hesaplanmış değerler	63
Tablo 3. Küre (Kastamonu) VMS yatağı farklı evre piritlerine ait seçilmiş elektron mikroprob analiz verileri.....	69
Tablo 4. Küre (Mağaradoruk) VMS yatağı zonlu piritlerden ölçülen 1 nolu profile ait elektron mikroprob analiz verileri	71
Tablo 5. Küre (Kastamonu) VMS yatağı zonlu piritlerden ölçülen 2 nolu profile ait elektron mikroprob analiz verileri.....	73
Tablo 6. Küre (Kastamonu) VMS yatağı zonlu kalkopiritlere ait elektron mikroprob analiz verileri.....	75
Tablo 7. Küre (Kastamonu) VMS yatağı sfaleritlere ait elektron mikroprob analiz verileri.....	77
Tablo 8. Küre (Kastamonu) VMS yatağı galenlere ait elektron mikroprob analiz verileri	79
Tablo 9. Küre (Kastamonu) VMS yatağı karolitlere ait elektron mikroprob analiz verileri.....	82
Tablo 10. Küre cevherleşmesindeki pirit ve kalkopirit minerallerinden ölçülen kükürt izotop bileşimleri ve Pirit-Kalkopirit mineral çiftlerinden hesaplanan dengelenme sıcaklıkları	87
Tablo 11. Küre VMS yatağındaki klorit minerallerinden ölçülen $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop verileri	92
Tablo 12. Küre (Kastamonu) VMS cevherleşmelerini içeren bazaltlardaki klorit elektron mikroprob analiz sonuçları.....	98

SEMBOLLER DİZİNİ

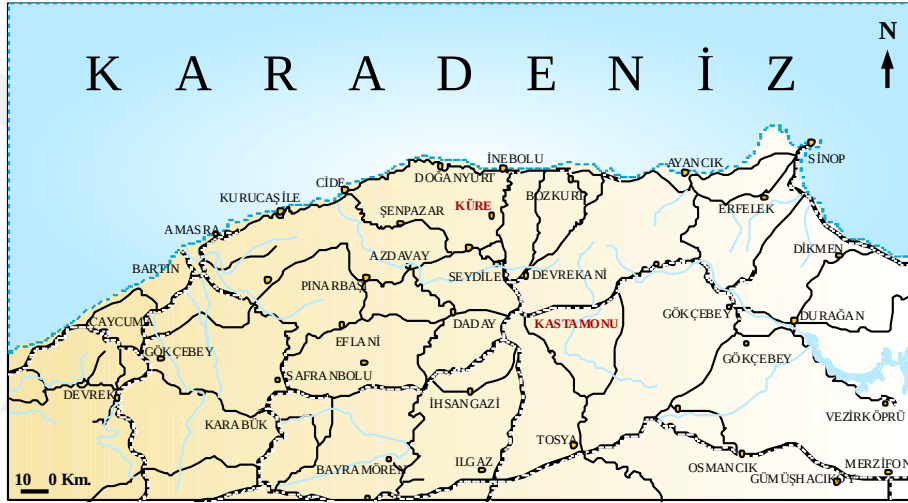
Amf	: Amfibol
Akt	: Aktinolit
Au	: Altın
Ag	: Gümüş
Ba	: Bastit
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
Ccpi-1	: Kalkopirit-1
Ccpi-2	: Kalkopirit-2
ÇN	: Çift Nikol
DMM	: Depleted MORB Basalt
El	: Elektrum
EMB	: Enriched MORB Basalt
Ep	: Epidotlaşma
Ga	: Galen
GLOSS	: Global Subducting Sediment
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma-atomik emisyon spektrometri
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometri
IOB	: Island Arc Basalt
Hem	: Hematitleşme
Jsp	: Jaspitleşme
Pj	: Plajiyoklas
İd	: İddingsitleşme
İl	: İlmenitleşme
Ka	: Kalsitleşme
Lö	: Lökoksen
Kr	: Krizotil
Kl	: Kloritleşme
Ki	: Killeşme
Li	: Limonitleşme

Mn	: Manyetit
Ol	: Olivin
Op	: Opak Mineral
Pb	: Kurşun
Pj	: Plajiyoklas
Py	: Pirit
Pr	: Piroksen
SC	: Subduction Component
Se	: Serpantinleşme
Sf	: Sfalerit
Si	: Silisleşme
Sp	: Spinel
Tet	: Tetraedrit
TN	: Tek Nikol
UC	: Upper Crust
Ze	: Zeolit
Zn	: Çinko
Qz	: Kuvars

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Çalışma alanı Kastamonu ilinin Küre ilçesi sınırları içinde bulunmakta, Kastamonu E31-a₃ 1/25.000 ölçekli paftası içinde yer almaktadır (Şekil 1). Küre ilçesi Kastamonu merkezine 58 km. uzaklıktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Kastamonu İli genellikle engebeli arazilerden oluşmaktadır. İlin kuzeyinde, batı Karadeniz sahiline paralel olarak uzanan sıradağlara Küre dağları adı verilir. En önemli yükseltilerden bazıları; Yaralığöz dağı (1985 m), Göynük dağı (1770 m), Dikmen dağı (1471 m), Kurtgirmez dağı (1450 m)'dir. İlin Güneyinde ise Ilgaz dağları bulunmaktadır. Bu dağların yükseklikleri fazladır. İlin kuzeyinde Gökırmak ve Araç çayı, Güneyde ise Devrez çayı vadileri ile sınırlanmıştır. Oldukça engebeli olan çalışma alanı, derin vadiler tarafından çevrelenmektedir. Başlıca akarsuları; Zemberekler dere ile Hıraçayırı deredir. Başlıca yükseltiler; Bakibaba tepe (1304 m) ve Tokyondü tepe (1280 m)'dir. Ilıman bir iklimin hakim olduğu bölgede, yazları serin ve yağışlı, kışları soğuk ve kar yağışlı olarak geçmektedir. Genellikle her mevsim kısa süreli yağışlar görülmektedir. Bölge çoğunlukla

çam, köknar, kayın ve meşe gibi orman ağaçları yaygın olup, orman içinde yer yer dar yeşil alanlar gözlenmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Karadeniz Bölgesi metal potansiyeli yönünden zengin bir bölgedir. Murgul (Artvin), Madenli-Çayeli (Rize), Cerattepe (Artvin), Kutlular-Sürmene (Trabzon), Lahanos ve Killik-Espiye (Giresun) gibi masif sülfid yatakları en önemlilerinden bazılarıdır. Küre (Kastamonu) ve yakın çevresinde, 1986 yılında proje kapsamında gerçekleştirilen harita ve numune alım çalışmaları sonucunda, sahanın jeoloji ve polimetal cevherleşmeler açısından ilginç özellikler taşıdığı tespit edilmiştir. Bu dönem içerisinde MTA tarafından sahada ve yakın civarında birtakım çalışmalar yapılmıştır. MTA ekibi bölgenin jeoloji haritasını çıkarmış, örneklemeler yaparak kayaç tanımlamaları yapmıştır. Ayrıca cevher rezervlerini tespit etmişlerdir. MTA Genel Müdürlüğü 1976-1978 yılları arasında bölgede yeni yatak olanaklarının belirlenmesi amacıyla kapsamlı çalışmalar yapmış olsa da yapılan bu çalışmalar genellikle cevher rezervini belirlemeye yönelik çalışmalardır.

Önceki çalışmalarda araştırmacılar Küre bölgesi volkanojenik masif sülfid yatağının metalojenisi ile ilgili çalışmalar yapmamışlardır. Bu sebeple yapılan çalışmaların yetersizliği Küre Masifi'nin Beşi Tip veya Kıbrıs tip Masif Sülfid olduğu konusundaki soruları cevapsız bırakmıştır. Bu nedenle bu çalışmada, çalışma alanının jeolojisi, ana ve yan kayaç ilişkisi ve alterasyon mineralojisi, jeokimyasal özellikleri, cevherleşmeye neden olan çözeltinin kökenini belirlemeye yönelik olguların araştırılması amaçlanmıştır. Küre yöresinde gözlenen belli kayaç türleri ve polimetal sülfürlü cevherleşme arasında yakın bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda, bu çalışma kapsamında elde edilen veriler bu ilişkiyi bu yöredeki ve benzer jeolojik tektonik özellikleri bulunan Türkiye'de ve dünyadaki, masif sülfid yatakları ile karşılaştırmak ve benzerliklerini belirlemek için referans bir model oluşturmak için kullanılacaktır.

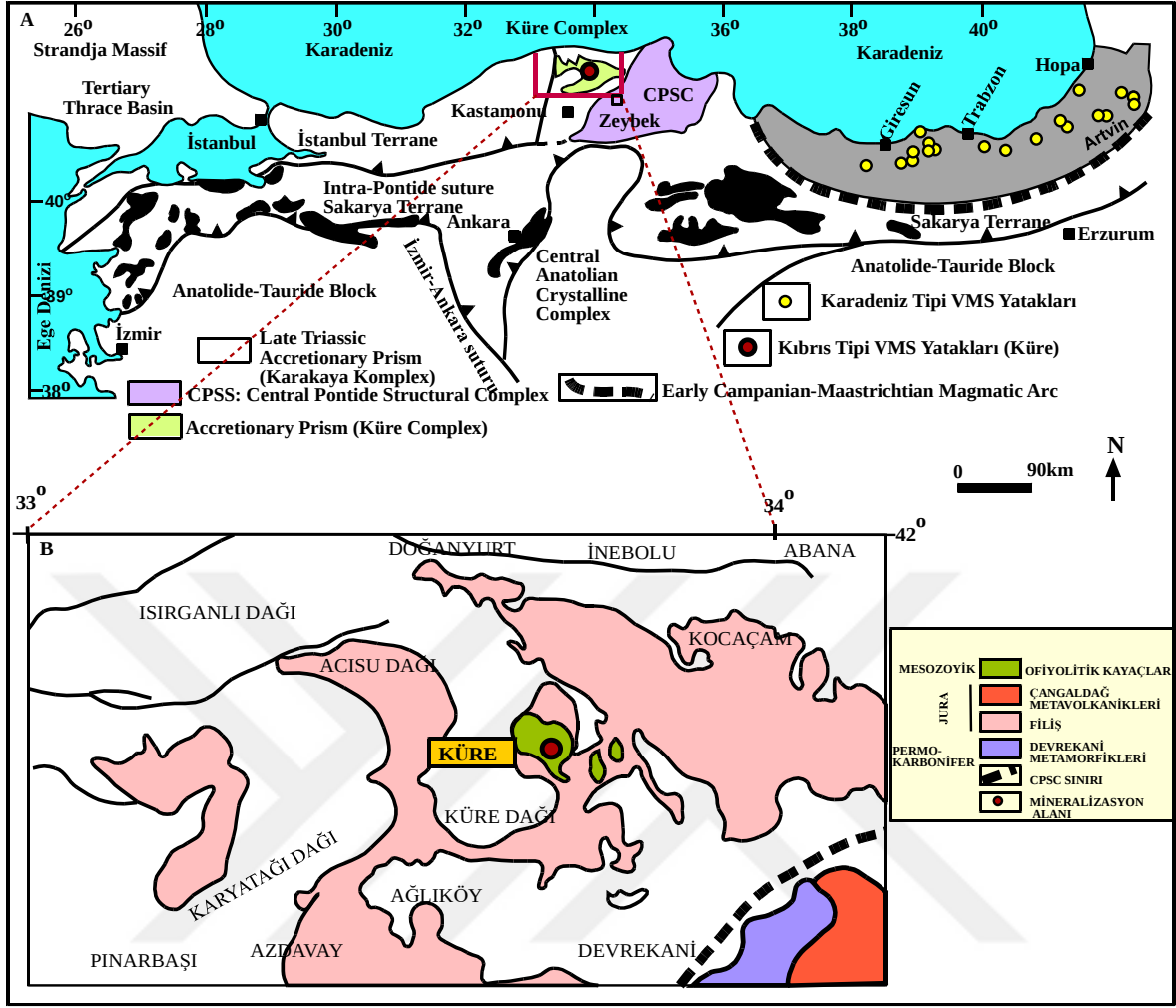
1.3. Bölgesel Jeoloji

Doğu-batı yönlü bir kuşak oluşturan Pontidler, Anadolu plakasının kuzeyinde ve Alp-Himalaya orojeninin bir parçası konumundadır. Bu orojenik kuşak Istranca, İstanbul ve

Sakarya olmak üzere üç farklı zondan oluşan ve Kretase döneminde bir araya gelen tektonik bir topluluktan meydana gelmektedir (Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2008; Göncüoğlu, 2010; Şekil 2a). Istranca masifi, Pontid Orojenik Kuşağı'nın batısında, Variskan temeli üzerinde Mesozoyik intrüzif ve örtü birimleri ile yer alan metamorfik bir kompleks konumundadır. İstanbul zonu Kadomiyen temele sahip olup, bu alan ortak Alpin örtü birimleri ile birlikte iki Variskan birimini içermektedir (Okay, 1984; Göncüoğlu, 2010). Sakarya zonu, Alpin öncesi tektonik birimlerin temelini içerir.

Orta Pontidler, batı ve doğu Pontidlerin Permo-Karbonifer metagranitoidleri ve Devrekani metamorfiklerinin temeli ile birleştiği noktada karmaşık bir yapıya sahiptir. Orta Pontidlerde, Orta Jura ve Albiyen-Turoniyen yitim-yığışım karmaşığı tarafından geniş bir alanda üzerlenen temel birimleri ile doğu-batı yönelimli tektonik dilimler Orta Pontid Süperkompleksi (Okay vd., 2013; Aygül vd., 2015) veya Orta Pontid Yapısal Karmaşığı (Tekin vd., 2012; Çimen vd., 2016; Çimen vd., 2017, 2018) olarak adlandırılmıştır. Bu geniş yapı kompleksi içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı temel kayalar (Gücer vd., 2016), metamorfik yay önü ofiyolitleri (Dönmez vd., 2014), ensimatik yay volkanik kayaları (Ustaömer ve Robertson, 1999; Çimen vd., 2016), kıtasal yay ile ilgili kayalar (Çimen vd., 2017, 2018) ve Senozoyik örtü birimleri bulunmaktadır. Orta Pontid Yapısal Karmaşığı içerisinde ensimatik yay volkanitleri, volkanoklastikler ve ilişkili kırıntılı kayaları bir arada içeren metamorfik kompleks, Çangaldağ Metamorfik Kompleksi olarak adlandırılır ve baz metal cevherleşmesi için önemli bir alan konumundadır (Şekil 2b).

Çalışma alanı, Pontid tektonik kuşağının batı bölümünde yer almaktadır ve Daday-Balıdağ ve Ilgaz-Kargı gibi metamorfik masifleri oluşturan yeşilşist fasiyesindeki gnays, şist, mermer, kuvarsit ve bunlarla ara katkılı olarak bulunan metaofiyolitler bölgenin en yaşlı birimleridirler (Ketin, 1962; Pehlivanoglu, 1985). Bu masifleri oluşturan kayaların büyük çoğunluğunun yaşı Paleozoyik'tir (Ketin, 1963). Metamorfiklerle karmaşık durumda bulunan ofiyolitlerin yaşı ise Kretase'dir (Ketin, 1963). Fosil içeren Üst Paleozoyik birimler, bölgenin pekçok kısmında görülmektedir. Genellikle Karbonifer, kömürlü fasiyeslerle temsil edilmektedir.



Şekil 2. Orta Pontid ve Çangaldağ Metamorfik Karmaşığının basitleştirilmiş jeolojik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999; Uğuz vd., 2002; Okay vd., 2006; Göncüoğlu, 2010; Eyüboğlu vd., 2014; Çimen vd., 2017; Günay vd., 2018'den derlenmiştir).

Karfonifer birimleri Kretase flişi üzerinde belirli bölgelerde küçük çaplı yüzeylemeler vermektedir. Permiyen birimleri ise, kömürlü birimleri örttüğü bölgelerde konglomera, kumtaşı ve kumlu şeyl gibi klastiklerle, temsil edilmektedir. Diğer yerlerde ise grovak ve kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Triyas ise sadece Küre'nin doğusunda Devrekani ve Abana arasındaki bölgede ve flişlerin altında masif kireçtaşı olarak simgelenmektedir. Küre'deki Liyas yaşlı çökeller Küre ile İnebolu arasında geniş alanlarda görülmekle birlikte, okyanusal çökeller ile serpantinitle, gabrolar, diyabaz daykları ve mafik volkanitlerden oluşan ofiyolitik kayaçlarla temsil edilir (Güner, 1980; Pehlivanoğlu, 1985). Çökeller daha çok siyah renklidirler ve şeyl, silttaşı, kumtaşı araldanmasından oluşan flişlerle temsil edilirler (Pehlivanoğlu, 1985). Bu birimin üst tarafında gri renkli grovaka geçiş gözlenmektedir.

Çökellerdeki nadiren görülen fosiller genellikle Liyas-Alt Dogger yaşını göstermektedir (Ketin, 1963).

Küre yöresindeki Liyas yaşlı çökeller ofiyolitik dizi içerisindeki mafik yastık lavlarını örtmektedir (Bailey vd., 1966). Malm, kırmızı rengiyle dikkat çeken bir taban konglomerasıyla başlamaktadır ve bu birimin üzerine Alt Kretase yaşlı resifal masif kireçtaşları gelmektedir. Liyas-Malm yaşlı olan granodiyorit-adamellit bileşime sahip intruzif kayaçlar, Kastamonu-İnebolu arasındaki bölgede ofiyolitleri ve Liyas flişini kesmektedir (Pehlivanoğlu, 1985). Pehlivanoğlu (1985), bölgenin kuzey kesimlerinde transgresif bir fliş bulunduğunu gözlemlemiştir. Bu fliş konglomera ile başlayıp kumtaşı-kumlu kireçtaşı-marn ardalanmasıyla devam etmektedir. Ayrıca Alt kretase yaşlı olan bu flişlerin, Malm-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarının üzerine transgresif olarak geldiği belirlenmiştir.

Üst Kretase flişi kuzeyde kumtaşı killi kireçtaşı-marn ardalanmasından meydana gelmektedir (Pehlivanoğlu, 1985). Bölgenin batısında ve doğusunda, kalkalkalen özellik gösteren andezit ve dasit bileşimli Pontid ada yayı volkanizmasının ara katkılarını içermektedir. Küre çevresinde Üst Kretase yaşlı flişler genellikle marn, kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadırlar. Bu birimin uyumlu bir geçişle Paleosen yaşlı kireçtaşlarına geçiş yaptığı belirlenmiştir. Eosen birimleri ise yer yer lav, tuf ve aglomera ara katkıları içeren marn-şeyl-kumtaşı ardalanmasından oluşan fliş özelliğindedir. Oligosen, yalnızca flişten oluşmaktadır. Neojen yaşlı havzalar, karasal ve lagüner çökeller içermektedirler.

Pontid tektonik kuşağının batı bölümünde yer alan çalışma alanında Şengör ve Yılmaz (1983) ve Yılmaz (1980) gibi bazı araştırmacılar detaylı çalışmalar yapmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda Batı Pontidler'deki metamorfik masiflerin Rodop- Pontid kıta parçasına ait olduğu görüşünü ileri sürmektedirler. Paleotetis, Permo-Triyas'ta kuzeydeki okyanus kabuğunun güneye dalması sonucunda Rodop-Pontid kıta parçasının aktif kıta kenarı durumuna gelmiştir. Paleotetis okyanus kabuğu üzerinde erken Jura süresince kalın bir fliş çökelimi oluşmuştur. Daha sonra ise Paleotetis'in Dogger'de kapanması neticesinde Paleotetis okyanus kabuğunu temsil eden Küre ofiyolitlerinin Rodop-Pontid kıta kenarı üzerine yerleştiğini savunmaktadırlar. Şengün (2006) ise yaptığı çalışmada Erken Mezosoyik dönemi Doğu ve Batı Pontidlerin kopmaya başladığı dönemle ilişkilendirmek gerektiğini savunmaktadır. Bunun, süreç içerisinde zamanla gerçekleştiğini, bunun savunması olarak da Küre ofiyolitini kesen granitleri göstermektedir.

1.4. Önceki Çalışmalar

Batı Karadeniz Bölgesi sahil şeridinde yakın Kastamonu ili sınırları içerisinde yer alan Küre bölgesi, Osmanlı döneminden bu yana araştırmacıların ilgisini çeken bir bölge olmuştur. Bu sebeple pek çok çalışmacı bu bölgede jeolojik amaçlı çalışmalar yapmıştır ve yapmaktadırlar (Asloğlu, 1919; Nikitin, 1926; Kovenko, 1944; Pieniazek, 1945; Romberg ve Eymir, 1963; Pollak, 1964; Bailey vd., 1966; Toktaş, 1969; Sarıcan 1968; Öner, 1971; Sağdıç 1976, Kılıç vd., 1977; Çağatay 1978, Güner, 1980; Çağatay vd., 1980; Pehlivanoglu, 1985; Unsal ve Dirim, 1990; Unsal, 1992; Mizumoto vd., 1992, M.M.A.J. 1992, Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2008; Göncüoğlu, 2010, Akbulut vd., 2016; Günay vd., 2018; Günay vd., 2019).

Asloğlu (1919) yaptığı çalışmada, Küre-Mağaradoruk yatağının jeolojisi, mineralojisi ve yatağın çevresindeki cürufur üzerinde ilk çalışmayı yapan kişidir.

Nikitin (1925), Cumhuriyetin ilânından sonra ilk rapor yazan kişidir. Bu raporunda Küre yataklarının jeolojik özelliklerini, mineralojisini, demir şapka ve sementasyon zonlarını incelemiş, cürufur üzerinde de çalışmalar yaparak cevherin ortalama tenorunu belirlemiştir.

Nikitin (1926), Küre ve çevresini araştırarak bölgenin jeolojisini, Bakibaba cevherlerinin mineralojisini ve çıkarılan madenin cürufurlarını incelemiştir.

Kovenko (1944), Maden Tetkik Arama Enstitüsü ile birlikte yaptıkları çalışmalarda, Küre yataklarının ve çevresinin jeolojik özelliklerini detaylı olarak incelemiştir. Bölgede önceden işletilmeye başlanan Bakibaba yatağı dışında, yakın çevresinde yer alan Aşıköy ve Kızılsu yörelerinde demir şapka zonlarını araştırarak, Aşıköy ve Kızılsu yataklarını ortaya çıkarmıştır. Daha sonra Aşıköy yatağında ilk rezerv hesabını yapmıştır. Kovenko, bu raporunda, Liyas yaşlı şistlerle diyabaz arasında bulunan Küre yataklarının hidrotermal metazomatik kökenli olabileceğini savunmuştur.

Pieniazek (1945) yaptığı çalışmada, Nikitin (1925) ve Kovenko'nun (1944) çalışmalarından faydalanarak Küre bölgesindeki yatakların hidrotermal metazomatik kökenli olduğu sonucunu savunmuştur.

Ajdukiewicz (1945) çalışmada, yatakların rezerv ve işletme yöntemlerine yönelik çalışmalar yapmıştır.

Pollak (1964), Kovenko'nun (1944) savunduğu görüşlere katılarak, cevherleşme ile tektonik ortam arasındaki ilişkiyi araştırmıştır.

CENTO Ekibi (1967), Aşıköy çevresinin detaylı jeolojik özelliklerini araştırmıştır.

Loftus vd. (1967), sülfür minerallerindeki kobalt, nikel ve selenyumun ve yüksek miktarlardaki iz elementlerin cevher oluşumunda, kökensel yorumlamasında ve oluşum sıcaklıklarının belirlenmesinde kullanılabileceğini belirlemiştir.

Sarıcan (1968), Maden Tetkik Arama ekibi olan CENTO ile Küre bölgesinin detaylı jeolojik incelemesini yapmıştır. Bölgenin jeolojik haritası ile kesitlerini çıkararak, yaptığı örneklemeler neticesinde kayaç tanımlamaları yapmıştır. Ayrıca elde ettiği bilgiler ile birlikte cevher rezervleri üzerinde de çalışmalar yapmıştır.

Sağdık (1976), Küre yatakları çevresindeki cüruflarda bulunan kobalt elementinin hangi yöntemlerle kazanılabileceği konusunda laboratuvar şartlarında çalışmalar yapmıştır. Daha sonra MTA Enstitüsü tarafından 1976-1978 yılları arasında Küre yatakları ve çevresinde ayrıntılı jeoloji çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Küre yataklarından daha fazla rezerv elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Çağatay (1978), Pehlivanoglu ve Altun (1980), Küre yataklarının ayrıntılı mineralojisini ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda Aşıköy ve Bakibaba yataklarının mineralojik özelliklerini belirleyerek, bu yatakları oluşturan mineraller ve bu minerallerin birbirleriyle olan ilişkilerini incelemiş, ana cevher minerallerinin yanında, altının ve kobaltın kaynağını olan kobalt minerallerinden linneit ve bravoit ile önemli oranda nabit altın gözlemlemişlerdir. Aşıköy ve Bakibaba yataklarındaki ana cevher mineralleri pirit ve kalkopirit olduğunu daha az oranda sfalerit, markasit, kovelin, neodijenit, çok az miktarda linneit, fahlerz, götit, eser olarak da hematit, rutil, kromit, kalkosin, manyetit, pirotin, tenorit, bornit ve nabit altın gözlemlemişlerdir.

Güner (1980), Küre volkanitlerinin, Tetis okyanusunun açılması sırasında okyanusal kabuk oluşumu süreçlerinde meydana geldiğini savunmaktadır.

Ercan ve Gedik (1983) ile Üşümezsoy (1990) volkanitlerin ve volkanitlerle ilişkili olan masif sülfid yataklarının rift ürünü olduklarını savunmaktadırlar. Yılmaz ve Tüysüz (1984) ile Şengün vd. (1990) yaptıkları çalışmalar ile farklı bir görüş sunmakla birlikte, volkanitlerle ilişkili olan masif sülfid yataklarının ada yayı ürünleri olduğunu ileri sürmekteler.

Pontid kuşağının içerisinde yer alan Küre bölgesinin Liyas süresince adayıyı durumunda olduğunu Dewey vd. (1973), Adamlı vd. (1977), Duval vd. (1977), Letouzey vd. (1977), Bijü Saner (1980), Bektaş (1983), Tokel (1983), Bektaş vd. (1984), Norman (1985), Dercourt vd. (1986), Bektaş ve Van (1986), Şengün vd. (1990), Tokel (1991) gibi

pek çok araştırmacı kabul etmektedir. Küre volkanitlerinin jeolojik ve mineralojik özellikleri ve ortamsal yorumlanmalarının farklı olmasından dolayı bölgede yer alan bakırlı pirit yataklarının oluşumlarının da farklı yorumlanmasına sebep olmaktadır.

Demirbaş (1984), Etibank adına Aşıköy yatağında kesit yöntemiyle yaptığı hesaplamasında % 1.69 bakır ve % 36.73 kükürt tenörlü toplam 15.24 milyon ton görünür+muhtemel rezerv hesaplamıştır.

MTA Genel Müdürlüğü 1976-1978 yılları arasında bölgede yeni yatak olanaklarının belirlenmesi amacıyla kapsamlı çalışmalar yapmıştır. Küre ve çevresindeki 850m²'lik alanın 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını belirlemiş, ayrıca 100km² lik alanında genel prospeksiyonunu yapmıştır. Aşıköy, Toykond, Bakibaba ve Kızılsu yataklarının bulunduğu bölgenin 1/5.000 ve 1/2.000 ölçekli haritalarını hazırlamıştır.

Japon Uluslararası Kooperasyon Ajansı (J.I.C.A.) ile Metal Madenciliği Ajansı'nın (M.M.A.J.) 1992 yılında Etibank ile birlikte yaptıkları çalışmalarda Küre ve çevresinde 22 km²'lik bir alanın yarı detay jeolojik etütleri yapılmıştır. Bunların yanında Bakibaba Aşıköy, Toykond, ve Kızıl-su bölgelerinin ise detaylı jeofiziksel etütler yapılmıştır.

Çakır (1995), Aşıköy ve Toykond masif sülfid yataklarının, Küre ofiyolit birliğinin üst birimini oluşturan bazaltik seri içerisinde yer aldığını savunmaktadır. Bu çalışmada Aşıköy ve Tokyond yataklarında cevher minerallerinin pirit ve kalkoprit olduğunu belirlemiştir. Bunun yanında kobalt elementinin kaynağı olan kobalt minerallerinden bravoit ve linneit ile nabit altına rastlandığını belirtmiştir. Çalışma sonucunda denizaltı volkanizması ve hidrotermal süreçler sonucunda yay ardı kenar havza yakınlarında oluştuğunu ileri sürmektedir. Ayrıca Doggerdeki plütonik sokulumlardan dolayı remobilizasyona uğradığını ileri sürmektedir.

Ünsal (1995), altta bazaltik volkanik kayalar ile başlayan istifin, yukarıya doğru kalın bir çökel istif halinde devam ettiğini belirtmiştir. Cevher yataklarının, bazaltik volkanik serinin en üst seviyelerinde yer alan bazaltların içinde veya üzerinde örtü halinde çökelen şeyl dokanağında bulunduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca yaptığı jeokimyasal incelemeler sonucunda, bazaltların toleyitik karakterde olduğunu, sialik ve manto kökenli malzemelerin karışımından oluşan melez bir kaynaktan geldiğini ve ada yayı ürünü olduğunu ileri sürmüştür. Bu araştırmasına göre Küre masif sülfid yataklarının Keislager tipi masif sülfid yatağı grubuna girdiğini savunmaktadır. Küre masif sülfid yatakları içerisinde bulunan siyah şeylin altında gözlenen yüksek tenörlü ve masif cevherin, alt seviyelere doğru saçınımlı-ağsal yapıya geçiş gösterdiğini gözlemlemiştir. Asıl cevher mineralleri pirit ve kalkopirit

olmakla birlikte daha az oranda sfalerit, galenit, markasit, kovellin ve fahlerz gözlenmiştir. Ayrıca çok az oranda da bornit, limonit karolit gözlemlendiğini belirtmiştir. Ayrıca, kükürtün kaynağının magmatik kükürt ve denizel SO₄ karışımı olduğu belirlemiştir.

Koç vd. (1995), Küre volkanitleri üzerinde yaptığı çalışmasında bu kayaların petrokimyasal özelliklerine göre toleyitik karakterli bazalt olduğunu belirlemiştir. Toleyitik bazaltların kıtasal kabuk ve manto kökenli magma karışımından türemiş olduğunu savunmaktadır. Küre volkanitlerinin petrokimyasal özellikleri ve cevherleşmenin jeotektonik konumu gibi özellikleri değerlendirerek, Küre cevherleşmesinin Kıbrıs tipi olmayıp, Keislager tip cevherleşme olduğunu ileri sürmüştür.

Kuşçu ve Erler (2002), Küre’de yaptığı cevher mikroskopisi çalışmalarında piritlerin deformasyon geçirdiklerini belirlemiştir. Bu sebeple piritler üzerinde deformasyon dokularının oluştuğunu belirtmiştir.

Çakır vd. (2006), Küre ofiyolitine ait bazaltların, alt kesimlerde intrüziv lerzolitler tarafından kesildiğini gözlemlemiştir. Yaptığı çalışmada birincil mineral parajenezinde kümeler halinde olivin ve kromit kristallerinin lerzolitleri temsil ettiğini belirtmiştir. Bunun yanında diyopsit, bronzit ve plajiyoklas ilerleyen safhalardaki sokulum mineralleridir. Serpantin minerallerinden tiremolit ve aktinolit yanı sıra klorit gözlemlemiş ve bu mineral parajenezinin yüksek sıcaklık ve düşük basınç şartlarını sunduğunu belirtmiştir. Olivin ve kromitlerin tahmin edilen kristallenme sıcaklıkları 1015-1070 °C ve son kristallenen birincil mineral olan piroksenlerin ise kristallenme sıcaklıklarının 900-950 °C arasında olduğunu savunmuştur.

Altun vd. (2009), 2005-2008 yılları arasında Küre bakır yataklarında arama çalışmaları yapmıştır. Mağaradoruk bölgesinde belirlenen yeni cevher kütlesinin kuzey ve güney yönündeki devamlılığını önemli olduğunu vurgulamıştır.

Goncuoğlu (2010), Alpin ve Alpin öncesi terrenlerin litolojileri ve tektonik ilişkileri inceleyerek ve tektonik evrimi tartışmıştır.

Donmez vd., (2014), Elekdağ Ofiyoliti bölgesinde çalışmalar yaparak, Sakarya zonu üzerine yerleşmiş yeşilşist-amfibolit fasiyesi ofiyoliti olduğunu, KB-GD uzanımlı olan bu birimin serpantinleşmiş harzburjit ve dünit içinde küçük ölçekli kromit cevherleşmesi içerdiğini belirlemişlerdir.

Keleş (2018), yaptığı çalışmada Devrekani (Kastamonu) bölgesinde bulunan ofiyolit dizilimi boyunca yerleşmiş boninitik kromit yataklarının varlığını savunmuştur.

Baran (2019), Kastamonu-Sarieski'deki Cu mineralizasyonuna ilişkin yaptığı yüksek lisans tezinde, çalışma alanında bulunan düşük yeşilist fasiyesi içerisinde yer alan fillit ve kloritistler içerisinde gözlenen oksidasyon zonlarında malakit ve azurit gibi mineral oluşumları gözlemiştir. Bakır mineralizasyonuna ait cevherleşme izleri olarak gözlenen bu mineraller fillitler içerisinde masif pirit laminasyonlarının ve kalkopirit tanelerinin varlığını ortaya koymaktadır.

Akbulut vd., (2016), Küre VMS cevherleşmesinde petroloji, mineral kimyası, sıvı kapanım çalışmaları ve Re-Os jeokronoloji çalışmaları yapmışlardır. Ana cevher mineralleri pirit, kalkopirit ve sfalerittir. Ağsal cevherleşmelerden aldıkları kuvars örneklerinden yapılan sıvı kapanım çalışmalarında yatağın oluşu sıcaklığının 161,5-317°C aralığında düzül tuzlulukta 0.9–5 wt.% NaCl equiv. olduğunu belirlemişlerdir.

Çelik (2016), Küre kompleksi kayaçları olan gabro, bazalt ve dolerit türü ofiyolitik kayaçlar ile bu kayaçları kesen dasit-porfirlerden tüm kayaç, mineral ve radyojenik izotop jeokimyası analizleri yapmıştır. Bu analizler sonucunda kayaçların farklı kökenlerden türediğini belirlemiştir. Ofiyolitik kayaçlarda yapılan izotop analiz değerleri $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ (0.51269-0.51274) ve $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ (0.7041-0.7059) bu kayaçların aynı kaynaktan türediğini göstermiştir. Bu kaynak, yitime uğrayan sedimanlar ve tüketilmiş mantodur. Bu izotop değerleri yitim zonu üstünde gelişen kayaçların özelliklerini göstermektedir. Küre kompleksi ofiyolitik kayaçları ve bu kayaçları kesen dasidik kayaçlar düşük $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ (0.51211-0.51225) oranları göstermektedirler. Bu oranlar Küre Kompleksi'nin ofiyolitik kayaçlarla göre farklılık gösterdiğini ve farklı köken sunduklarını ifade etmiştir. Bu değerler, bu kayaçların tabanında yer alan bir kıtasal kabuğu göstermektedir. Çelik (2016), bu kaynağın Küre'nin kuzeydoğusunda bulunan Permo-Karbonifer yaşlı Sakarya Zonu'nun temeli olabileceği ve bu temelin Küre bölgesinin tabanında devam ediyor olabileceğini belirtmiştir.

Çimen vd., (2016), Türkiye'nin orta Kuzeyindeki Çangaldağ Kompleksi bölgesinde çalışmalar yaparak, bu kompleksin felsikten mafiğe kadar çeşitli bişelimler sergilediğini, bazalt-andezit, riyodasit ve daha az miktarlarda gabro ve diyabaz içeren tüflerden oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca Çangaldağ Kompleksi içerisindeki kaya türlerinin hafif NTE'lere kıyasla Nb açısından tüketilmiş olduklarını belirtmektedir. Genel jeokimyasal özellikler, Çangaldağ Kompleksi'nin dalma-batma ile ilişkili bir manto kaynağından oluştuğunu ve hem yay hem de yay gerisi havzalarda oluştuğunu belirtmektedir.

Çimen vd., (2017), Çangaldağ Plutonu inceleyerek bu birimin gabroik diyorit, dasit porfir ve daha az miktarda granitten oluştuğunu savunmaktadırlar. Dasir porfir ve granitik kayalar içindeki zirkonlardan elden edilen U-Pb yaş çalışmalarında 161 ± 5 My ve 170 ± 2 My yaş verdiklerini belirlemişlerdir.

Günay vd., (2018), Kastamonu-Hanönü cevherleşmesi üzerinde çalışmalar yaparak, cevherleşmeye sahip kayalar ile cevherin metamorfizmaya maruz kaldığını belirlemişlerdir. Hanönü Masif Sülfid mineralizasyonun yay gerisi havzalarda yaklaşık %70 tüketilmiş manto ve %30 astenosferik eriyik karışımından oluştuğunu öngörmüşlerdir. HMS mineralizasyonun yay ardı ortamında oluşmuş olabileceğini açıklamışlardır.

Günay vd., (2019), Orta Pontidlerde yeni belirlenen Zeybek VMS yatağının kökeni hakkında çalışmalar yapmışlardır. Zeybek VMS yatağının ana cevher minerallerinin pirit, kalkopirit ve sfaleritten oluştuğunu daha düşük miktarlarda bornit, kovellin ve kalkosin ve manyetit içerdiğini belirlemişlerdir. Bakırca zengin masif cevher örneklerinden kalkopiritler üzerinde yaptıkları Re-Os jeokronolojik yaş çalışmalarında cevherleşmenin yaşını 178 ± 2.2 Ma olarak belirlemişlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Küre (Kastamonu) yöresi masif cevher kütlesinin jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökensel özelliklerini belirlemeyi amaçlayan bu çalışma, saha ve yakın çevresinde daha önceden yapılmış olan çalışmaların araştırılması ve bu çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilerin değerlendirilmesinden oluşmaktadır. Arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve jeokimyasal verilerin değerlendirilmesi sonucunda tezin yazım işlemi tamamlanmıştır.

2.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, masif cevherin oluşum özelliklerinin belirlenmesini, cevher ve yan kayaç ilişkilerinin belirlenmesi, cevher ve yan kayaç arasındaki alterasyon özelliklerinin belirlenmesini, yan kayaçların jeolojik, mineralojik, stratigrafik ve yapısal özelliklerinin araştırılmasını kapsamaktadır. Bu çalışmalara yönelik araştırmalar, cevherleşmeye eşlik eden yan kayaçlarda yapılan çalışmaları ve masif cevher kütlesi üzerinde yapılan çalışmaları kapsamaktadır.

2.1.1. Cevherleşmeye Yönelik Çalışmalar

Küre (Kastamonu) yöresinde belirli bir şekle sahip olmayan, pek çok sayıda ve devamsız kütleler halinde cevherleşmeler bulunmaktadır. Bu merceklerin bazıları işletilmiş olup, bazıları halen işletilmektedir. Çalışma sahası içerisinde bulunan Küre yöresi içerisinde bulunan Bakibaba-Mağaradoruk Maden Sahası incelenmiştir.

Bu cevherleşme içerisinde cevherleşmeye eşlik eden gang minerallerinin türleri, gözle görülebilen dokusal özellikleri ve yatay ve düşey olarak görülen değişimler incelenmiş, cevher-yan kayaç ilişkileri araştırılmıştır. Cevher kütlelerinden alınan örneklerden mineralojik ve dokusal özellikleri, mineral kimyası ve izotop jeokimyasını belirlemeye yönelik örnekler alınmıştır. Cevherde ve yan kayaçta meydana gelen alterasyonlar arazi çalışmaları sırasında gözlenmiş ve yan kayaçtan damara doğru gidildikçe meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla sistematik örnekler alınmıştır.

2.1.2. Yan Kayaçlara Yönelik Çalışmalar

Küre Cevherleşmesinin içinde bulunduğu yan kayaçların jeolojik, mineralojik, yapısal ve jeokimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Çalışma alanının haritasından faydalanılarak birimlerin litolojik özellikleri, dokanak ilişkileri, yapısal unsurlar (kırık, fay, tabaka vb.) konumları belirlenmiştir. Birimlerden örnekler alınarak mineralojik ve petrografik tayinler yapılmıştır. Bunların yanında, yan kayaçlardan jeokimyasal amaçlı örnekleme yapılmıştır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1. İnce ve Parlak Kesitler

Yan kayaçlardan ve cevher örneklerinden alınan numunelerden ince kesit ve parlak kesitler hazırlanmıştır. Yan kayaçlardan alınan örneklerin ince kesitleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Hazırlanan kesitlerden örneklerin mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca cevherleşme ile kontak ilişkisi olan bazaltlardan (limonitik, hematitik bazaltlardan) cevhere örtü konumunda olan şeyller ve şeyllerden genç bazaltlara doğru belirlenen bir profil boyunca alterasyon mineralojisi araştırılmıştır. Masif cevherden alınan örneklerden parlak kesitler hazırlanmıştır. 2x2 cm genişliğinde ve 1 cm kalınlığında kesilen cevher örnekleri, kaba ve ince aşındırıcılar ve sonrasında 0,1 µm çapında alüminyum oksit tozu kullanılarak parlatılmıştır.

2.2.2. Tüm Kayaç Ana Oksit ve İz Element Analizleri

Yan kayaçlardan 20 ve sondaj örneklerinden 47 adet olmak üzere 67 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri Acme Analitik Laboratuvarı'nda (Kanada) yapılmıştır (Ek Tablo 1). Bu örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlanmıştır. Örnekler önce çeneli kırıcılar, daha sonra halkalı öğütücü kullanılarak 200 mesh boyutuna kadar öğütülmüştür. Öğütülmüş örneklerden yaklaşık 10 gr toz örnek hazırlanarak ana, iz ve nadir toprak element analizleri için laboratuvara gönderilmiştir.

2.2.3. Duraylı İzotop Örneklerinin Hazırlanması

Duraylı izotop analizleri kapsamında oksijen, hidrojen ve kükürt izotop analizleri yaptırılmıştır. Oksijen ve hidrojen izotopu analizleri, cevherleşmeyi içeren bazalt örnekleri içerisindeki klorit mineralinden yapılmıştır. Bu örnekler Kanada'daki ACT Lab.'da yaptırılmıştır. Bu amaca yönelik, boyutları 1 avuç büyüklüğünde olan ve klorit minerali içerdiği mikroskobik analizlerle incelenerek belirlenen 9 örnek ilgili laboratuara gönderilmiş, kayaç içerisindeki bulunan kloritlerin ayrışması burada yapılmış, daha sonra oksijen ve hidrojen izotopu analizi gerçekleştirilmiştir.

Kükürt izotopu analizi için ise, cevherleşme içerisindeki pirit ve kalkopirit örnekleri kullanılmıştır. Cevherin serbestleşme boyu belirlendikten sonra örnekler çekiç yardımıyla serbest hale gelinceye kadar kırılmış, daha sonra minerallerin en iyi serbestleştiği 300-200 µm boyutları arasında kalan kısmı elek yardımıyla ayrılmıştır. Ayrılan bu örnekler saf su ile yıkanarak kurutulmuş ve binoküler mikroskop altında analiz için gerekli olan 1 gr kadar seçilmiştir. Kükürt izotop analizleri için 29 örnek hazırlanmıştır.

2.2.4. Mineral Kimyası Analizi Örneklerinin Hazırlanması

Mineral kimyası analizi yapılacak olan örnekler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlanan hem ince hem de parlak kesitlerden seçilmiştir. Analiz yapılamadan önce örnekler araştırma mikroskobu yardımıyla incelenerek mineralojik ve dokusal özellikleri araştırma mikroskobu yardımıyla farklı büyütme objektifleri kullanılarak detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Her örnek içerisindeki analiz edilmesi planlanan örnek resimleri bilgisayara kaydedilmiştir. Parlak kesitler içerisinde farklı fazlarda olduğu belirlenen piritler ve kalkopiritlerin birbirleri arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Farklı fazlara ait minerallerin kimyaları Elektron Mikroprob analizleri için ilgili laboratuara gönderilmiştir.

2.3. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında, arazi çalışmalarında hazırlanan haritalar bilgisayar ortamında çizilmiştir. Yapılan analizlerin sonuçları çeşitli bilgisayar programı kullanılarak

değerlendirilerek grafikleri ve tabloları çizilmiştir. Elde edilen tüm jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal veriler, literatür bilgisiyle denştirilerek, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nün tez yazım kurallarına uygun olarak Doktora tezi haline getirilmiştir.

2.4. Analitik Yöntemler

2.4.1. ICP-AES VE ICP-MS Analizleri

Örneklerin ana element analizleri Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) yöntemi kullanılarak ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Vancouver, Kanada) yaptırılmıştır. Bu analiz yönteminde numunede bulunan elementler atomlaştırılarak atom türlerinin ölçülmesi gerçekleştirilmiştir. Ana element analizleri için 0.2 gr örnek 1.5 gr LiBr₂ içinde eritilmiş ve % 5'lik 100 ml HNO₃ çözeltisi içinde çözündürülmüştür. Cihaz öncelikle standardı (SO-15/CSB) ölçerek kalibre edilmiş ve daha sonra örnekler analiz edilmiştir.

İz ve nadir toprak element analizleri için Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry cihazı kullanılmıştır. Bu analiz yönteminde örnekler, içerisindeki metalleri çözmek amacıyla seyreltilen HNO₃+HCl içinde bekletilir. Karbon içeriklerinin uçurulması için 200 °C'de 100 ml HClO₄-HNO₃-HCl-HF çözeltisinde köpürme olayı sonlanıncaya kadar bekletilir. Filtre edilerek hazırlanan 0.25 gr örnek ICP analiz yöntemiyle atomlaştırılarak, kütle/yük oranına göre ayrılan iyonlarına sayımına göre analiz edilmiştir. Rastgele seçilen örneklerde yapılan tekrarlanmış ölçümler ile analizlerin % tekrarlanabilirlikleri hesaplanmıştır ve analiz tablolarında bu değerler gösterilmiştir.

2.4.2. Mineral Kimyası Analizleri

Mineral kimyası analizleri kapsamında çeşitli klorit ve sülfid minerallerinin Elektron mikroprob analizleri yapılmıştır. Sülfid ölçümleri, Ludwig Maximilian Üniversitesi Mineraloji ve Petroloji Enstitüsü'nde CAMECA-SX100 marka elektron mikroprob aleti kullanılarak yapılmıştır. Sülfidlerde yapılan analizler 20 kV ve 20 nA şartlarında gerçekleştirilmiş ve ölçümlerde elektron ışınının çapı 1 µm olarak seçilmiştir. Sayma zamanı, analizi yapılan her element için farklılık göstermektedir. Buna göre sayma zamanı S ve Fe

için 10; Zn, Cu ve Pb için 20; Mn, Co, Ni, As, Sn, Te, Sb ve Bi için 30; Ag, Cd ve Au için 60 saniye olarak belirlenmiştir. Analizlerde S, Fe, Cu, Zn, Co, N ve Mn için $K\alpha$, Ag, Cd, As, Sn, Te, Au ve Sb için $L\alpha$, Bi, Pb ve Hg için $M\alpha$ X-ışınları çizgisi kullanılmıştır.

Klorit minerali üzerinde yapılan Elektron mikroprop analizleri (EPMA) ise, Viyana Üniversitesi (Viyana, Avusturya)'nde yapılmıştır. Analizler Cameca SXFive marka 5 tünelli dalga boyu dağıtıcı spektrometreler ile donatılmış elektron mikroprop cihazı ile yapılmıştır. Aletsel koşullar olarak 40° bitirme açısı ve 20 kV bombalama enerjisi, 10 nA bombalama akımı ve yaklaşık 1 μ ışın çapı kullanılmıştır. EPMA analizlerinde kullanılan tüm örnekler Cressigton marka karbon kaplama cihazı ile karbon kaplanmıştır. Tüm minerallerin ölçümlerinde kalibrasyon standardı olarak doğal ve sentetik mineraller ve elementler kullanılmıştır.

2.4.3. Duraylı İzotop Analizleri

Duraylı izotop analizleri kapsamında $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop analizleri yapılmıştır. Kükürt izotopları için seçilen pirit ve kalkopirit mineralleri Arizona Üniversitesi'nde, oksijen ve hidrojen izotop analizleri için seçilen klorit mineralleri ise Actlab'da (Kanada) analiz edilmiştir.

En küçük serbestleşme boyutlarına kadar küçültülüp analiz için uygun hale getirilen saf pirit ve saf kalkopirit örnekleri bir kükürt reaktörü ile donatılmış Carlo Erba reaktörü olan Costech™ Element Analiz Cihazında (EA) SO_2 , CO_2 , N_2 ve H_2O karışımına dönüştürülür. Bu gazlar He akımı üzerinde taşınır. H_2O , Mg perklorat kullanılarak ortamdaki uzaklaştırılır ve kalan gazlar, bir gaz kromatograf bölümünde ayrılır. Saflaştırılmış SiO_2+He , referans gaza göre 66/64 kütle oranı ölçülen, Thermo Finnigan Delta Plus™ Sürekli akışkan izotop oranlı Kütle Spektrometresi içerisinde geçirilmiştir.

Oksijen izotopları, cevher örneklerinden seçilen klorit minerallerinden ölçülmüştür. Clayton ve Mayeda (1963) tarafından önerilen yöntemle göre, örnek BrF_5 ile birlikte 650 °C'de nikel tüpler içerisinde reaksiyona sokulur. Bu reaksiyon sonucunda O_2 gazına dönüşen mineral içindeki oksijen, sıcak karbon çubuklar kullanılması ile birlikte CO_2 gazı olarak toplanır. İzotop analizi Çift girişli Finnigan MAT Delta izotop oran kütle spektrometrisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Standard Mean Ocean Water (SMOW) standardına göre hesaplanan izotop ölçümlerinin ölçüm hassasiyet sınırı, tekrarlanan

analizlere göre ‰ 0.19'dur. Ayrıca bu yöntemle ölçülen NBS-28'in oksijen izotop oranı ‰ 9.61 ± 0.10 'dur.

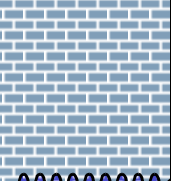
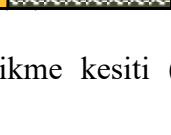


3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi

Çalışma alanı Kastamonu ilinin Küre ilçesi sınırları içinde bulunmaktadır. İnceleme alanında yer alan kayaçlar yaşlıdan gence doğru; ultramafik kayaçlar, Liyas öncesi-Liyas yaşlı Küre Formasyonu ve Üst Dogger-Alt Malm yaşlı Karadana Formasyonu ve Çağlayan Formasyonudur. Ayrıca bu birimlerin bazılarında sokulum yapmış, bazaltik dayklar gabro-diorit ve dasit gibi volkanik kayaçlar da bulunmaktadır (Şekil 3).

İnceleme sahasındaki en yaygın kayaç topluluğunu Küre Formasyonu oluşturmaktadır. Küre Formasyonu ultramafik kayaçlar üstüne ters bir fayla gelmektedir. Birimin alt seviyelerinde bazaltik volkanik kayaçlar görülmekle birlikte, üst seviyelere doğru kalın bir tortul istif görülmektedir. Bazaltik volkanik kayaçların yapıları kendi içerisinde değişim göstermektedir. Alt düzeylerde masif, yukarı doğru yastık lav ve en üst seviyelerde ise breşik karakterde oldukları gözlenmektedir. Siyah şeyl, kumtaşı ve silttaşı en yaygın olarak görülen tortul kayaçlardır. Nadiren üst seviyelerde kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı görülmektedir. Bu dizinin alt kesimleri çok ince taneli siyah şeyl, üst kesimleri ise kumtaşı ağırlıklı olup, üste doğru tane büyümesi görüldüğünden regresif karakterli olduğu anlaşılmaktadır (Koç vd., 1995).

Jeolojik yaş			Formasyon	Kalınlık	Litoloji	Açıklama
M E S O Z O Y İ K	KRETASE		Karadana F.	+100m.		Kireçtaşı
	J U R A		Küre Ofiyoliti	+2000m.		Da: Dasit
	LİYAS					Şeyl-kumtaşı
						Breşik bazalt (Hyaloklastik bazalt)
						Masif cevher Yastık bazalt
						Di: Gabro, diyorit, bazaltik dayk
						Masif bazalt
						Ultramafik kayaç

Şekil 3. Çalışma alanının stratigrafik dikme kesiti (J.I.C.A. ve M.M.A.J. 1995'den değiştirilmiştir).

3.1.1. Küre Ofiyoliti

Küre Ofiyoliti ultramafik kayaçlar, gabro, diyorit, bazalt ve tortul kayalardan oluşmaktadır. Bu birimin yaşı Ketin (1962) tarafından Liyas ve Liyas öncesi olarak verilmiştir.

3.1.1.1. Ultramafik Kayaçlar

Küre Ofiyolitinin taban kayalalarını oluşturmuş olup, serpantinleşmiş peridotit, piroksenit ve dünitten oluşmaktadır. Bu birim Küre'nin kuzeybatısında, Elmakütüğü tepe ve

Ömer Yılmaz Mahallesi çevresinde görülmektedir (Şekil 4a,b; Pehlivanoğlu, 1985). İçinde çok az oranda kromit izlenmektedir (Bailey vd., 1967). Birimler arasındaki geçişlerde faylanma görülmektedir.

Çalışma sahasının en yaşlı birimi olan bu birimlerden alınan örneklerde yoğun olarak serpantinleşme gözlenmiş, ultramafik kayalar içerisindeki olivin minerallerinde, kafes dokusu yaygın olarak gözlenmiştir. Ayrıca kesit içerisinde piroksenler de mevcuttur. Bu piroksenlerin dik sönmelerinden dolayı ortopiroksen oldukları belirlenmiştir (Şekil 4c). Ayrıca piroksen içerisinde olivin kapanımları da gözlenmektedir. Bu birimden alınan örneklerde kromit kristalleri özşekilsiz ve bol çatlaklı kırıklı bir yapıya sahiptir (Şekil 4d). Serpantinit örnekleri içerisindeki olivinlerin krizotil ve bastite dönüştüğü gözlenmektedir (Şekil 4e). Kayaç içerisindeki ortopiroksenlerde kloritleşme yaygın olarak görülen alterasyon türüdür (Şekil 4f).

3.1.1.2. Bazalt

Güner (1980) tarafından bazalt dizilimi olarak tanımlanmış olan birim farklı araştırmacılar tarafından (Çağatay ve Arda, 1984; Pehlivanoğlu, 1985; Kovenko, 1944; Ketin, 1963) mafik volkanik kayaç, bazik volkanik dizi, yastık lav, breş, tuf, spilit ve diyabaz olarak isimlendirilmiştir. Bazalt dizilimi başlıca bazalt ve piroklastitlerinden oluşmaktadır. İnceleme sahasının en yaygın kayaç topluluğunu oluşturan bu birim, Toykondu Tepe, Aşıköy, Bakibaba Tepe (Şekil 5), Kızılsu, Karacakaya Tepe, Akyol Tepe, Topmeydanı Tepe ile Küre İlçe merkezi, Yunusköy, İpsinler ve Ersizlerdere köyü çevrelerinde görülmektedir. Bölgedeki bazaltlar masif, ağsal ve saçınımlı yapı gösteren sülfid cevherlerini içermeleri açısından büyük öneme sahiptir.

Bazaltik kayalar, alt seviyelerde masif bazaltlar (Şekil 6a), üste doğru yastık lavlara (Şekil 6b) ve breşlere (Şekil 6c) geçiş gösterirler (Güner, 1980; Çağatay ve Arda, 1984; Pehlivanoğlu, 1985). Arazi çalışmaları sırasında belirlenen yastık lavların çapları 5-200 cm arasında değişim göstermektedir (Şekil 6b). Yastık lavların breşlerle olan sınırları arazide belirgindir (Şekil 6d). Yer yer dayklarla kesilmiştir. Masif bazalt akıntıları çok ince taneli olmakla birlikte, yeşilden koyu yeşil renge kadar değişen renk tonlarında ve subofitik dokulu olarak görülmektedirler. Birim içerisindeki plajiyoklaslar albitleşmiş ve kalsitleşmiş halde; ojitler ise kloritleşmiş ve karbonatlaşmış halde görülmektedirler. Silisleşme ve karbonatlaşma cevherleşmeye eşlik eden en yaygın alterasyon türleridir.

Bazaltlar yoğun bir şekilde hidrotermal alterasyona uğramışlardır. Makroskobik olarak incelendiğinde kalsit damarcıkları göze çarpmaktadır. Bununla birlikte en yaygın alterasyon türü kloritleşmedir (Şekil 7a). Diğer gözlenen alterasyonlar epidotlaşma (Şekil 7b) ve hematitleşmedir (Şekil 7c-d). Bunların yanında bazalt içerisinde killeşme, serizitleşme, silisleşme, karbonat ve kuvars damarcıkları, değişik oranlarda sülfid saçınımları, manyetit saçınımları ve damarcıkları izlenmektedir. Mikroskobik olarak incelendiklerinde ise kloritleşme, kalsitleşme ve epidotlaşma en yaygın görülen alterasyon türleridir (Şekil 7e,f). Bazalt içerisinde bol olarak opak mineraller de gözlenmektedir (Şekil 7 g,h).

3.1.1.3. Gabro-Diyorit

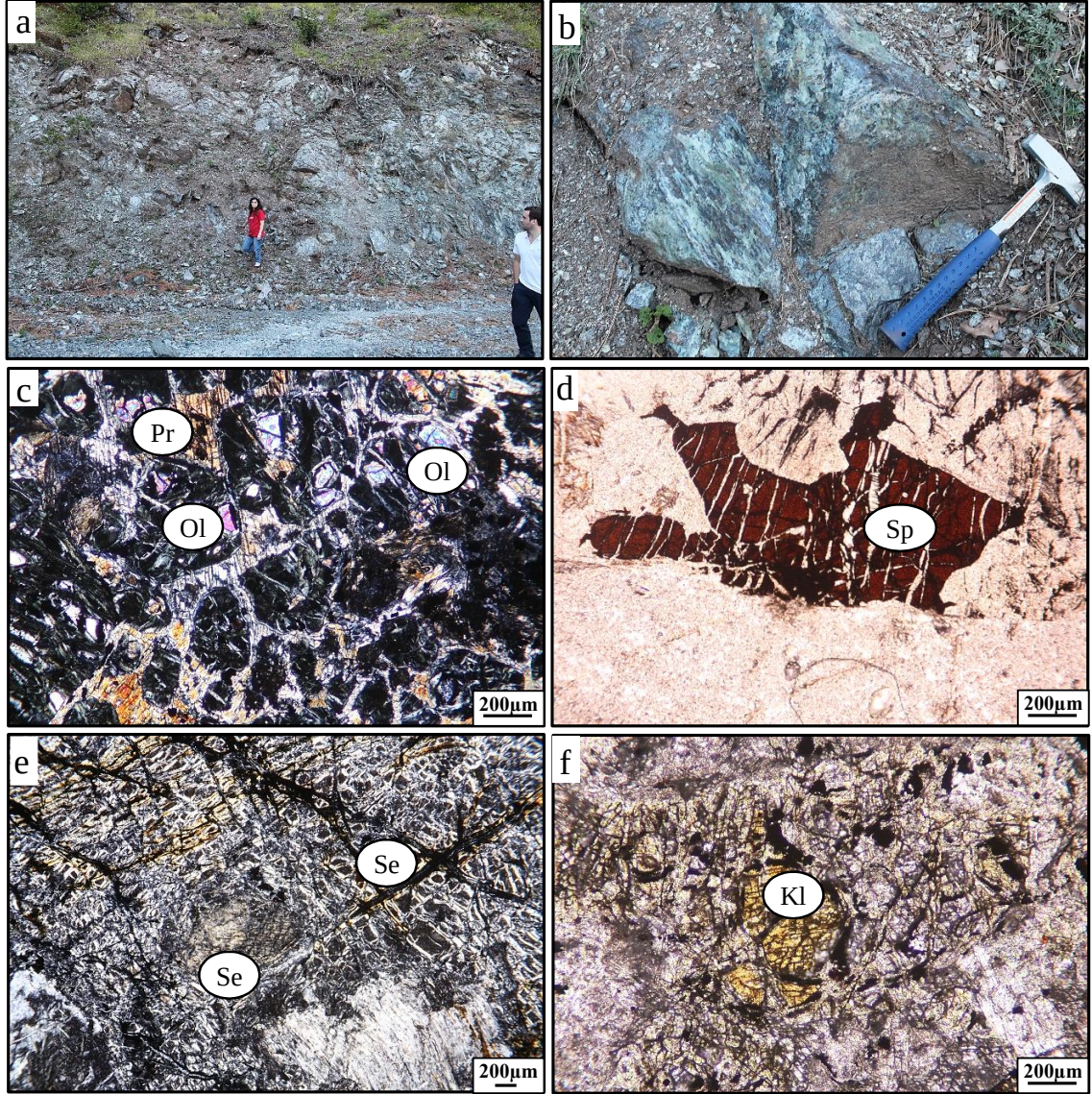
Küre Ofiyolitine sokulum yapan Dogger yaşlı (Yılmaz, 1979) gabro ve diyoritler Kastamonu-Küre yol kenarlarında görülmektedir. Küre'nin güneyinde çok büyük boyutlarda dayk ve batolit şeklinde bulunurlar. Yüzeyleme gösteren sokulumların çoğunluğunun diyorit olduğu belirlenmiştir. Diyoritler orta büyüklükte plajiyoklas, hornblend ve epidot minerallerinden oluşmuş olup, yer yer çok az miktarda kuvars içerirler (Koç vd., 1995). Genellikle alterasyona uğramamış ya da az altere olmuş gabrolar yeşilimsi renk tonlarında görülmektedirler. Çakır (1995), gabroların taneseli dokuları olduklarını ve esas olarak kısmen serisitleşmiş labrador ile uralitleşmiş ojitlerden oluştuklarını gözlemlemiştir. Manyetit ve sfen tali mineraller arasındadır. Yer yer önemli oranlarda olivin ve ortopiroksen içeren seviyelere rastlanmaktadır. Diyorit daha açık renkli olup, esas olarak oligoklas (% 60-90), hornblend, epidot ve az miktarda kuvars minerallerinden meydana gelir (Çakır, 1995).

Çalışma alanındaki Küre Ofiyolitine sokulum yapmış olan bu birim, Dogger yaşlı (Yılmaz, 1979) olup, bol plajiyoklas, amfibol, opak mineral ve aktinolit içermektedir. Kesit içerisinde bol miktarda plajiyoklas ve kenarlarından itibaren ilmenite ve lökoksene dönüşen amfibollere rastlanmaktadır (Şekil 8a). Şekil 8b'de ise aktinolit mineralinin mikroskobik görünümü gösterilmektedir.

3.1.1.4. Dasit

Çalışma alanında Aşıköy madeni açık işletme alanında ve batısında yüzeylemiştir. Siyah şeyl ve bazalt dizilimini kesen Liyas yaşlı dasit daykları maden işletmesi aşamasında

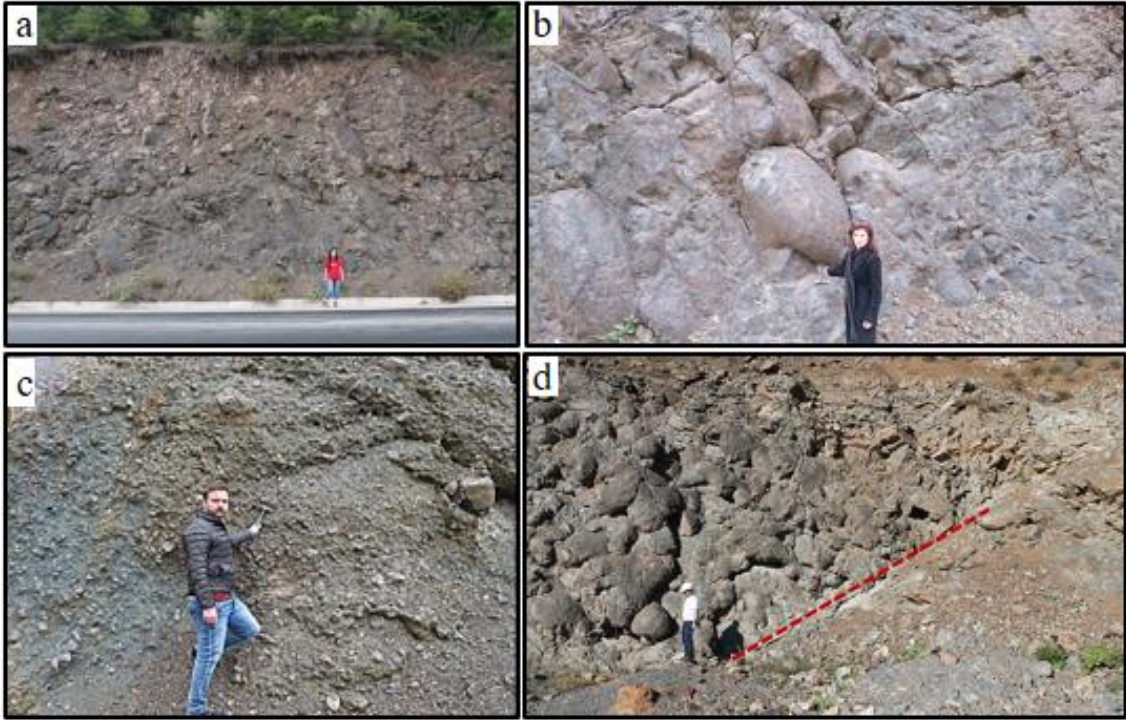
cevher ile birlikte alınmıştır. Korrede olmuş kuvars, kısmen serisitleşmiş plajiyoklas fenokristalleri içermektedir (Pehlivanoğlu, 1985).



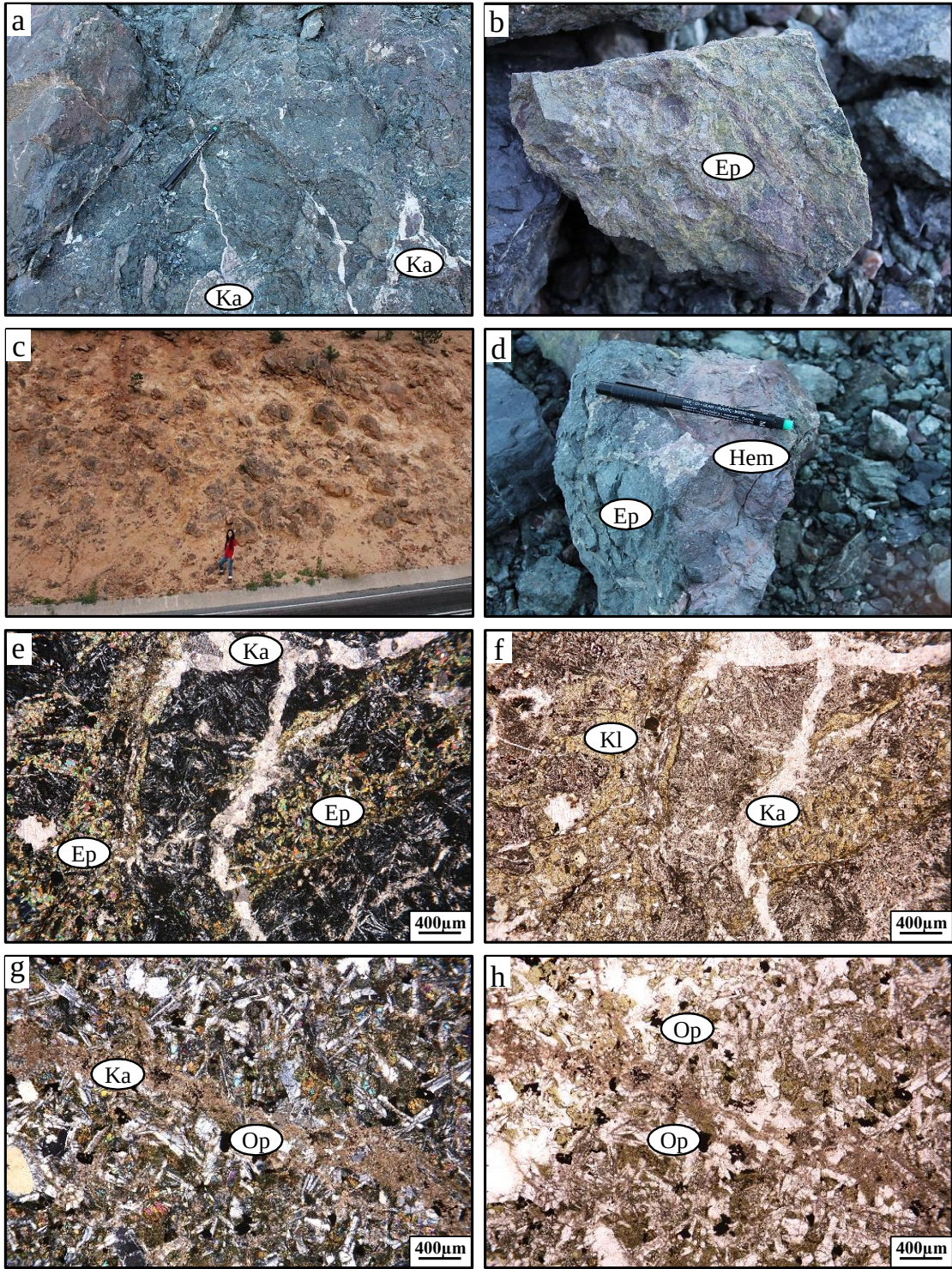
Şekil 4. a,b) Serpantinitlerin arazideki görünüşleri, c) Ultramafik kayaçlar içerisindeki olivin minerallerinin serpantin minerallerine dönüşmesiyle meydana gelen kafes dokusu, d) spinel minerali, e) Serpantinit minerali içindeki olivinlerin kizotil ve bastite dönüşmüş görünüşleri, f) Ortopyroksenlerde gözlenen kloritleşme, (Ol: Olivin, Sp: Spinel, Se: Serpantinleşme Pr: Piroksen, Kl: Kloritleşme).



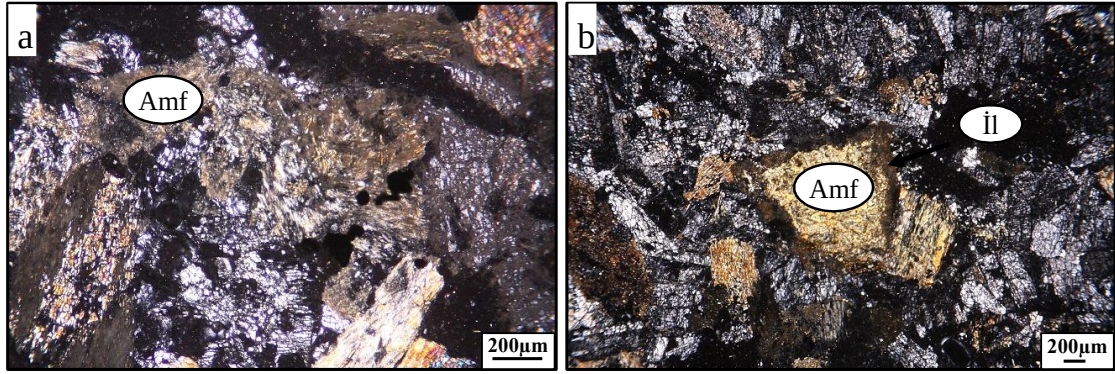
Şekil 5. Bakibaba-Mağaradoruk yatağından bir görünüm



Şekil 6. Çalışma alanındaki a) masif bazaltların; b) yastık lavların; c) breşlerin; d) yastık lav ve breşlerin arazideki görünüşleri.



Şekil 7. Çalışma alanındaki bazaltlar içerisindeki a) kalsit damarcıklarının; b) epidotlaşmanın; c,d) hematitleşmenin makroskobik görünüşleri; e,f) kalsitleşmenin, epidotlaşmanın ÇN ve TN görünüşleri; g,h) Opak minerallerin TN ve ÇN görünüşleri, (Ka: Kalsitleşme, Ep: Epidotlaşma, Kl: Kloritleşme, Op: Opak Mineral, Hem: Hematitleşme, TN: Tek Nikol, ÇN: Çift Nikol).



Şekil 8. Çalışma alanındaki diyoritler içerisindeki; a,b) Amfibolün (Aktinolit) ÇN görünüşleri (Amf: Amfibol, İl: İlmenit).

3.1.1.5. Tortul Kayaçlar

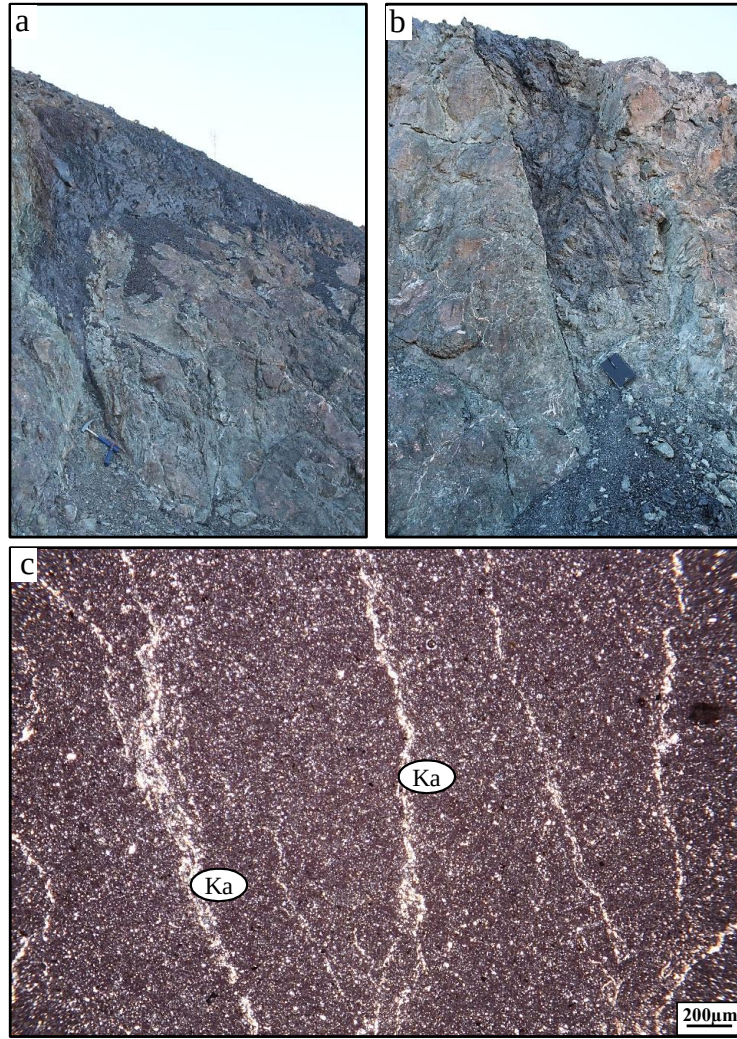
Bu birim farklı araştırmacılar tarafından farklı isimlendirilmiştir. Ketin ve Gümüş, (1962); Aydın vd., (1986); Şengün vd., (1987) bu birime Akgöl Formasyonu; Blumenthal (1948) Börümce şistleri; Geiss (1954) ve Göktunalı (1955) Alt filiş; Yılmaz (1979) ise Börümce Formasyonu isimlerini vermişlerdir. Bu formasyon üzerinde yapılan yaş çalışmaları sonucunda Ketin (1962), Liyas; Yılmaz (1979, 1980) Alt Jura; Güner (1980) Permian; Pehlivanoğlu (1985) Liyas-Liyas öncesi yaşlarını önermişlerdir.

Bu kayaçlar başlıca siyah şeyllerden ve kumtaşlarından oluşmaktadır. Siyah şeyller önceki çalışmalarda arjillit olarak adlandırılmıştır. Şeyl tanımı ilk defa Güner (1980) tarafından kullanılmıştır. İnceleme alanında geniş yayılım göstermektedirler. Çalışma alanı ve çevresinde en tipik örnekleri Aşıköy, Bakibaba ve Kızılsu yataklarında cevherin üst dokanağında görülmektedir. Siyah şeyller, Dogger yaşlı granitik sokulumlar ve dasit daykları tarafından kesilmiş halde gözlenmektedir.

Şeyllerin, Küre ofiyolitinin bazalt dizilimini örttüğü kabul edilmektedir (Pehlivanoğlu, 1985; Şekil 9a,b). Fakat Küre'deki bazalt ve siyah şeyl birimlerinin arasındaki ilişkilerin daha detaylı incelenmesi gerekmektedir. Aşıköy'de açık işletmede yapılan çalışmalarda, tabanda ağsal-saçınımlı cevher içeren bazalt, onun üzerinde masif pirit ve kalkopiritten oluşan masif cevher gözlenmiştir. Masif cevherin üzerinde siyah şeyl ve siyah şeylin üzerinde ise diğer bir bazalt birimi gelmektedir. Burada siyah şeyllerin iki bazalt arasında yer aldığı düşünülebilir. Yani şeyl, bazaltların sadece eski olanını örtmektedir. Siyah şeyller özellikle Bakibaba'da ve Aşıköy'de bazalt birimi arasında izlenmektedir.

Pehlivanoglu (1985), yaptığı çalışmalarda siyah şeyllerin masif cevherin tavan kayacını oluşturduğunu ileri sürmüştür. Bakibaba cevher yatağında yapılan çalışmalarda ise siyah şeyllerin masif cevherin hem tavan hemde taban kayacını oluşturduğu gözlenmiştir.

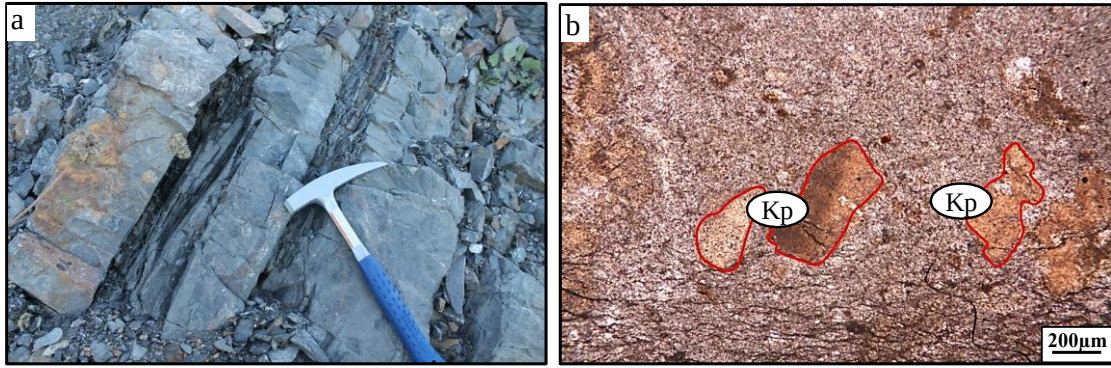
Şeyl birimi Aşıköy’de 150 m kalınlıktadır (Çağatay ve Arda, 1984). Makroskobik olarak incelendiğinde koyu gri, siyah renklidir. Şeyl biriminden alınan örneklerin ince kesit incelemeleri sonucunda tektonizma geçirmiş kırıklı bir yapıya sahip oldukları, kırıklar boyunca da kalsit minerali tarafından doldurulmuş oldukları belirlenmiştir (Şekil 9c).



Şekil 9. a,b) Küre-Mağaradoruk ofiyolit bazalt dizilimini örten şeyllerin arazideki görünümü; c) Şeyl içerisindeki kalsit damarcıkları (Ka: Kalsitleşme).

Kumtaşları, Küre ilçesi ve civarında geniş bir alanda yüzeylenir. Önceki çalışmalarda grovak (Bailey vd., 1966; Çağatay ve Arda, 1984) veya Subgrovak (Güner, 1980) olarak adlandırılmıştır. Bu birim siyah şeylerin üzerinde bulunmakta, şeyl-kumtaşı-silttaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 10a). Çok seyrek olarak kireçtaşı düzeyleri içermektedir. Pehlivanoğlu (1985) yaptığı çalışmada, siyahımsı, gri ve yeşilimsi renkte, sert, kırıklı, orta-ince tane boylu, kötü boylanmalı ve belirgin tabakalanmalı, yer yer de çapraz tabakalanma gösterdiğini belirlemiştir.

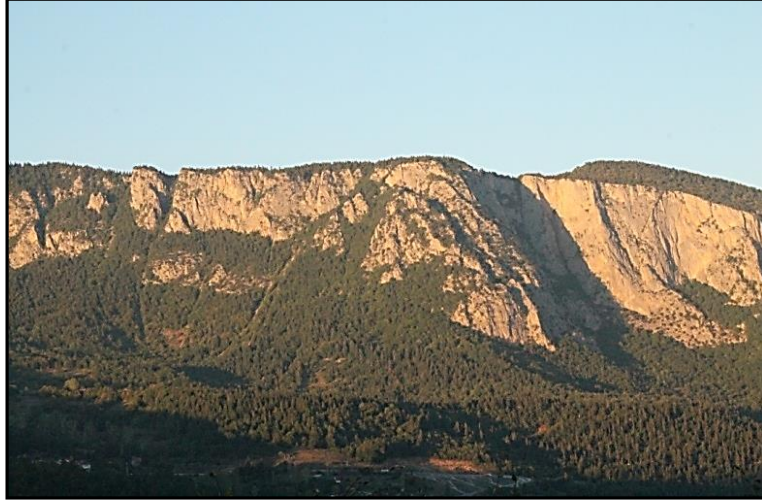
Bu birimin mikroskobik incelemelerinde, kesitlerde ince ve kalın parçalardan oluşan breşik malzemelerin bir arada çökeldikleri görülmektedir (Şekil 10b). İnce ve kalın parçaların bir arada olması da hareketli ortamı karakterize etmektedir.



Şekil 10. Çalışma alanındaki şeyl-kumtaşı-silttaşı ardalanmasının a) çalışma alanındaki; b) mikroskobik görünümü, (Kp: Kayaç parçası).

3.1.1.6. Karadana Formasyonu

Küre Ofiyoliti üzerine uyumsuz olarak gelen Karadana Formasyonu'nun kalınlığı 100 m'nin üzerindedir. Genellikle açık renk tonlarında, masif, orta-kalın katmanlı fosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bazı yerlerde kumtaşı katmanları da içermektedir. Bazı kesimlerde 50 m'ye varan dik uçurumlar oluşturur. Sığ denizel ortamda çökelmiştir. En iyi görüldüğü yer Küre-İnebolu arasında, Ersizlerdere ve çevresidir (Şekil 11).



Şekil 11. Çalışma alanındaki kireçtaşlarının uzaktan görünümü

3.2. Yapısal Jeoloji

Küre çevresindeki Liyas yaşlı volkanitler ve siyah şeyller kıvrımlı yapıları ile dikkat çekmektedirler. Aşıköy’de izlenen uzun ekseni K-G yönlü olan dom aynı zamanda oldukça yüksek açılıdır (Bailey vd., 1967; Pehlivanoglu, 1985). Bu antiklinalin doğu tarafında siyah şeyllerin üzerine gelen Aşıköy-Mağaradoruk arasındaki bazaltlar arazide daha çok yastık lav şeklinde görülmektedir. Aşıköy ile Bakibaba Mağaradoruk arasında yine K-G eksen yönlü devrik bir senklinal, Bakibaba-Mağaradoruk yataklarının doğusunda ise yine yaklaşık K-G eksen yönlü devrik bir antiklinal bulunmaktadır. Bu devrik antiklinalin Mağaradoruk yatağında güneye dalımlı olduğu da görülmektedir (Altun vd., 2015).

3.3. Volkanik Kayaçların Jeokimyası

Bu bölümde cevherleşme ile ilişkili bazaltik volkanik kayaçların jeokimyasal özellikleri ortaya konacaktır. Bu amaçla cevherin taban kayacı konumunda olan bazaltlardan yüzey örnekleri (Şekil 12) ve bazaltları kesen iki adet sondajdan karot örnekleri alınmıştır. Bu örnekler petrografik olarak incelendikten sonra kimyasal analizleri yapılarak analiz sonuçları ilgili sınıflama diyagramlarında değerlendirilmiştir.

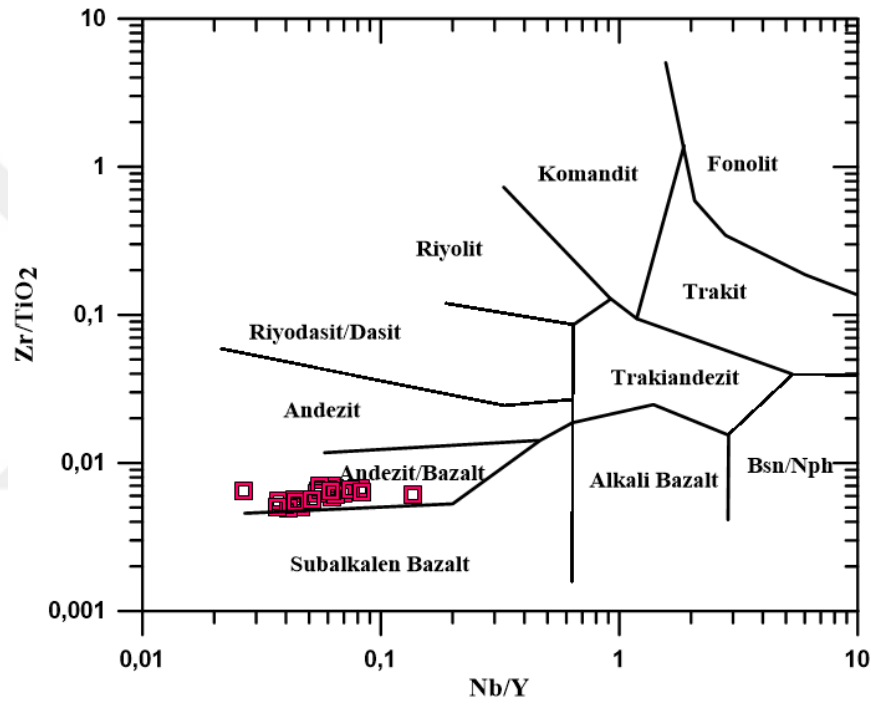


Şekil 12. Kure (Kastamonu) cevherleşme alanında yapılan örnekleme lokasyonlarının arazideki konumları.

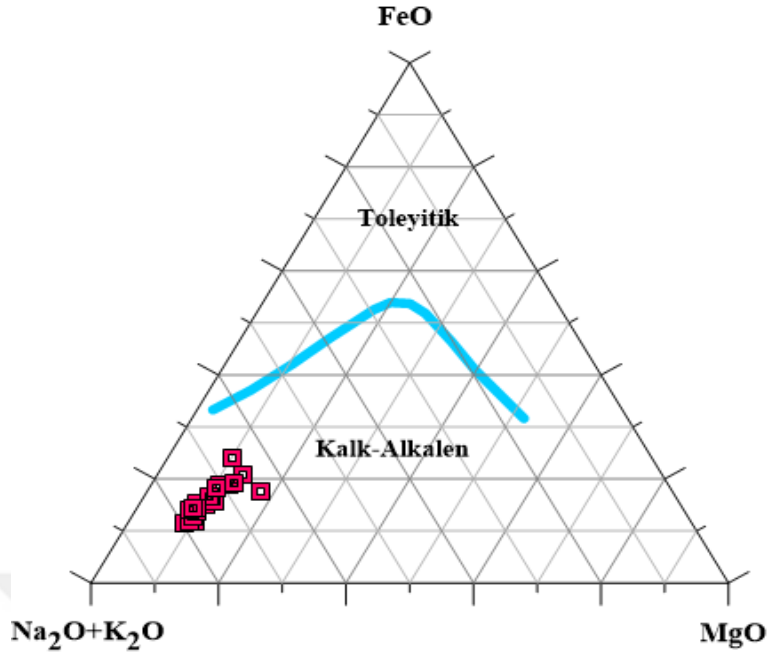
Bu çalışma için inceleme alanından 15 adet yüzey örneği 27 adet karot örnekleri alınmış jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri Ek Tablo 1’de verilmiştir. Alınan bu örnekler, cevher içeren bazaltlar ve cevher içermeyen bazaltlar olarak ayrılmıştır. Volkanik kayaçların kimyasal olarak adlandırılmasında cevher içermeyen bazalt örnekleri kullanılmıştır. Söz konusu bazaltların MgO içerikleri 3.12-13.2 ağırlık % arasında değişirken CaO ve Al_2O_3 içerikleri sırasıyla 5.02-17.5 ağırlık % ve 11.39-16.23 ağırlık % arasında değişir. K_2O içerikleri 0.53’ten az olan bazaltların Na_2O içerikleri 0.13-4.82 ağırlık % ve TiO_2 içerikleri 0.68-1.56 ağırlık % arasındadır. Ateşte kayıp (LOI) değerleri 2.9-10.9 ağırlık % arasında değişir.

Volkanik kayaçlar yoğun olarak alterasyona maruz kaldığında bu kayaçların kimyasal adlandırılması ve tanımlanmasında olumsuzluklar oluşmaktadır (Hart vd., 1974; Jeans vd., 2000). Jeolojik ortamlarda alterasyon sonucunda K, Rb, Cs, Ba, Sr gibi iz elementler genellikle hareketli davranış sergilerken; (Jenner, 1996), Ti, Al, Zr gibi elementler hareketsiz davranırlar (MacLean ve Kranidiotis, 1987; MacLean, 1990; Barrett vd., 1993a, b; Shriver ve MacLean, 1993; Barrett ve MacLean, 1994). Bu gibi sebeplerle analizi yapılan örneklerin değerlendirilmesinde anlamsız olacağından hareketli elementler bu adlandırmada kullanılmamıştır.

Winchester ve Floyd (1976) tarafından önerilen Nb/Y'e karşı Zr/TiO₂ diyagramı, volkanitlerin kimyasal adlandırmalarında kullanılmıştır (Şekil 13). İnceleme konusu olan kayaçların belirtilen diyagram üzerinde genellikle bazalt-andezit alanında yer aldığı görülmüştür. Volkanik kayaçların afinitelerini değerlendirmek amacıyla Irvine ve Baragar (1971)'ın AFM (Na₂O+K₂O-FeO(t)-MgO) üçgen diagramı kullanılmıştır (Şekil 14). Bu diagrama göre örnekler, çoğunlukla toleyitik alanda yer alırken az sayıda örneğin toleyitik-kalkalkalen geçişinde konumlandığı görülmüştür.

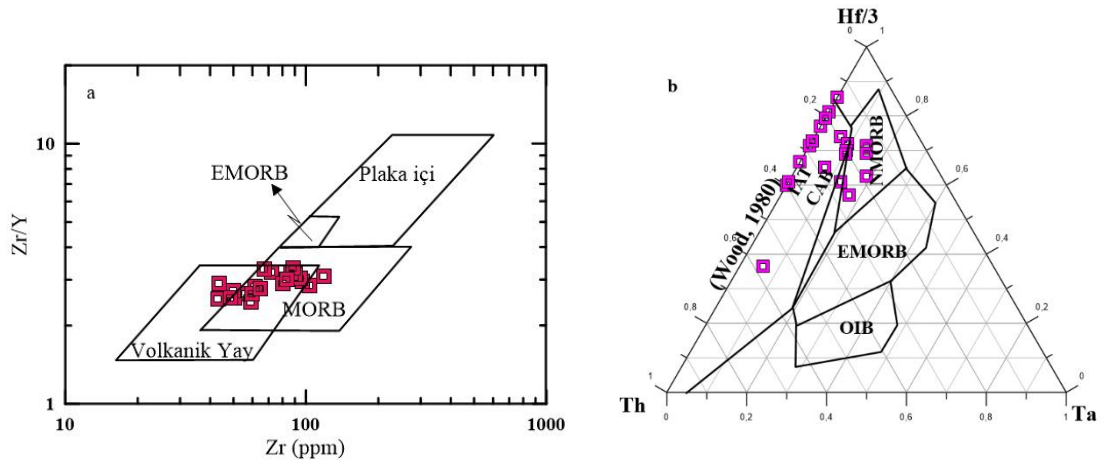


Şekil 13. Küre volkanitlerinin Nb/Y'a karşı Zr/TiO₂ diyagramı üzerindeki dağılımları (Winchester ve Floyd, 1976).



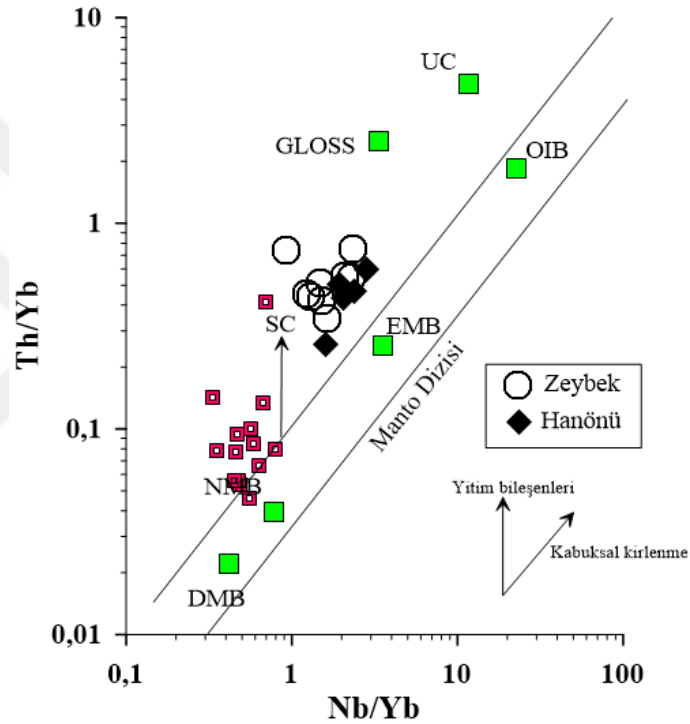
Şekil 14. Küre (Bakıbabı-Mağaradoruk) volkanitlerinin $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ - $\text{FeO}(\text{t})$ - MgO diyagramı üzerindeki dağılımları, Toleyitik-Kalk-Alkali ayrımı, Irvine ve Baragar'a (1971) göre dir.

Küre (Mağaradoruk) cevherleşmesini içeren bazaltik örneklerin analiz sonuçları kullanılarak ortamsal yorumlamada Pearce and Norry (1979) ve Wood (1980) tarafından önerilen $\text{Zr}-\text{Zr}/\text{Y}$ ve $\text{Ta}-\text{Hf}/3-\text{Th}$ grafikleri de değerlendirmede kullanılmıştır (Şekil 15a,b). Bu grafiklere göre veriler, bazaltik kayalar volkanik yay ve MORB ortamlarında dağılım sunmaktadırlar.



Şekil 15. Küre (Mağaradoruk) VMS cevherleşmesini içeren bazaltlara ait (a) $\text{Zr}-\text{Zr}/\text{Y}$ (Pearce and Norry, 1979) and (b) $\text{Th}-\text{Ta}-\text{Hf}/3$ (Wood, 1980) diyagramları.

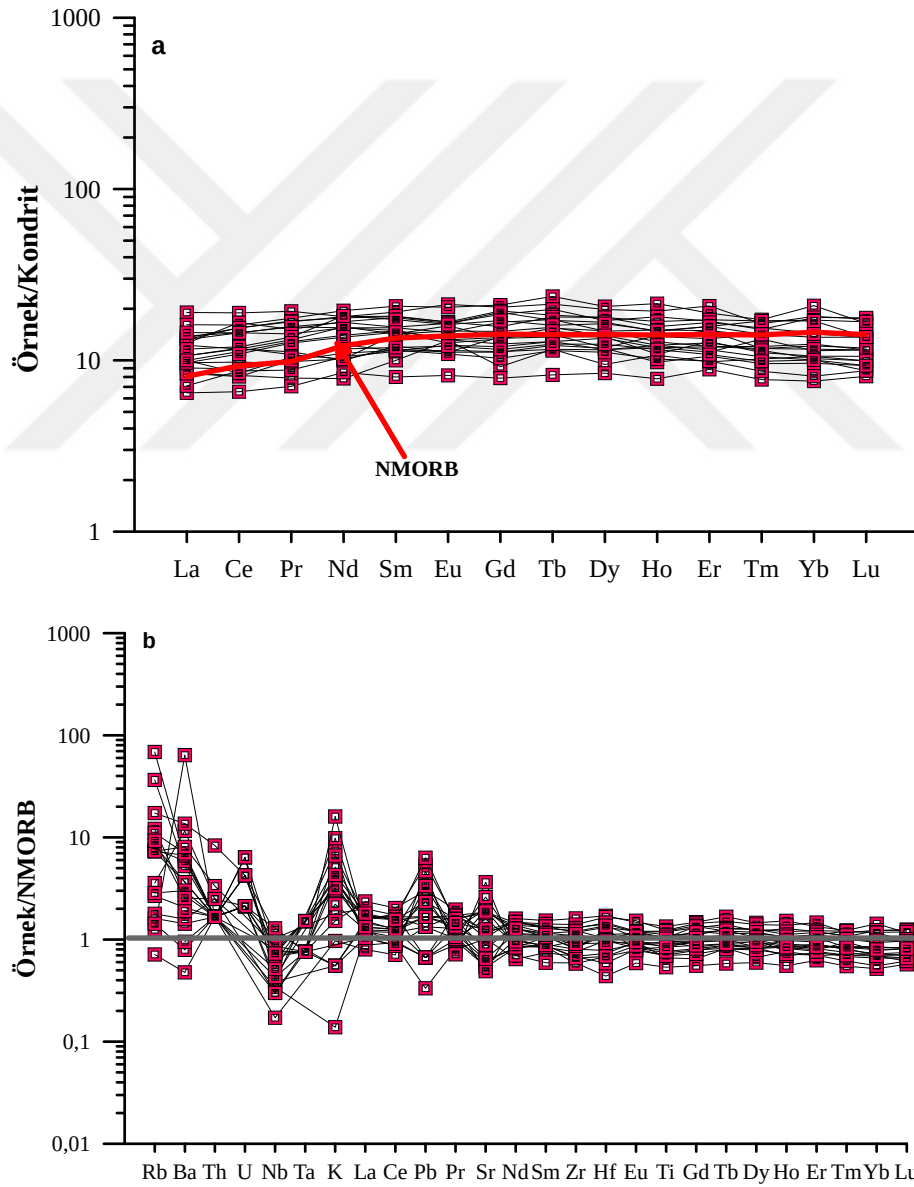
Küre (Mağaradoruk) VMS cevherleşmesi ile ilişkili bazaltik kayaçların kaynak özelliklerini belirleyebilmek için Th/Yb 'ye karşı Nb/Yb değişim diyagramı çizilmiştir (Şekil 16). Nb ve Th benzer uyumsuz özelliklere sahip elementler olduğundan manto içindeki değişimi yansıtabilmektedir. Normalleştirme faktörü olarak alınan Yb elementi, fraksiyonel kristalemede, kristal birikiminde ve kıtasal kirlenmeyi minimize etmek için kullanılmıştır. Söz konusu Bazalt örneklerindeki Th değerleri manto yönsemesine göre belirgin bir zenginleşme sunmaktadır.



Şekil 16. Küre (Mağaradoruk) VMS cevherleşmesi ile ilişkili bazaltik volkanik kayaçların Nb/Yb ye karşı Th/Yb değişim diyagramı (Akbulut vd., 2016'dan değiştirilerek), (DMM: Tüketilmiş MORB Bazalt; EMB: Zenginleşmiş MORB Bazalt; IOB: Ada Yayı Bazaltı; UC: Üst Kabuk; GLOSS: Yiten Küresel Sedimanlar; SC: Yitim Bileşenleri).

Kondrit değerlerine oranlanmış NTE diyagramında cevher içermeyen bazalt örnekleri ağır NTE'lerden orta ve hafif NTE'lere doğru genellikle düze yakın bir yönseme sunmaktadırlar. Örnekler kondrite göre 6 ilâ 20 kat arasında bir zenginleşme sunmaktadırlar. Söz konusu örneklerin bazıları özellikle hafif NTE içerikleri bakımından NMORB'a göre bir tüketilme sunsa da bazı örneklerin zenginleşme sunduğu gözlenmiştir (Şekil 17a).

NMORB'a normalize edilmiş çoklu element diyagramında bazalt örneklerinin ağır NTE'lerden ortaç NTE ve yüksek çekim alanlı elementlere doğru düze yakın bir yönseme ile birlikte NMORB'a göre bazı örneklerin hafif zenginleşme bazılarının ise hafif tüketilme sunduğu gözlenmiştir. Buna karşılık söz konusu örneklerin önemli bir kısmının özellikle hafif NTE ve büyük iyon yarıçaplı elementler bakımından NMORB'a göre önemli derecede zenginleşme sundukları görülür. Özellikle Pb ve K elementlerinin belirgin pozitif anomali sunduğu, bununla birlikte Nb elementinin negatif anomali sunduğu açıkça görülür (Şekil 17b).



Şekil 17. Cevherleşme içermeyen bazalt örneklerinin; a) kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element diyagramı; b) NMORB'a göre normalleştirilmiş çoklu element diyagramı.

3.4. Maden Jeolojisi

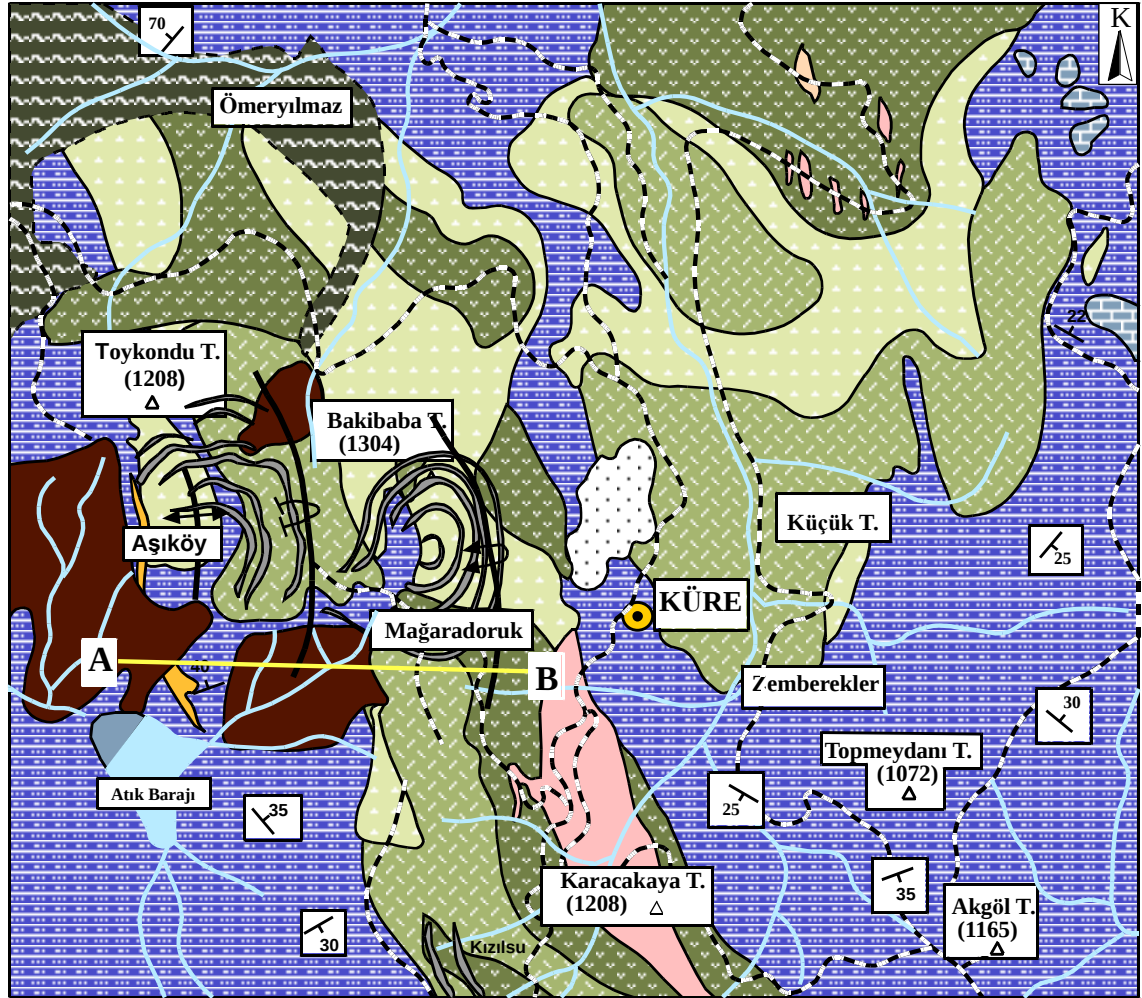
Küre bakır yatakları olarak bilinen bu cevher yatakları kuzeyden güneye doğru; Toykondü, Aşıköy, Bakıbbaba-Mağaradoruk ve Kızılsu olarak sıralanmaktadır (Şekil 18). Başlıca pirit kalkopiritten oluşan volkanojenik masif sülfid yatakları, Küre ilçe merkezinin batısında yer almaktadır. Bu yataklar; Tetis okyanus kabuğunun Rodop-Pontid kıtası üzerindeki parçaları olarak yorumlanan (Şengör vd., 1980) Küre Masifi'nin, üst birimlerini oluşturan bazalt-siyah şeyl birimleri içinde yer almaktadırlar.

Küre'deki madencilik çalışmaları Yunan ve Romalılar dönemine kadar eskiye gitmektedir. Daha sonraları Selçuklu, Ceneviz ve Osmanlı dönemlerinde de devam etmiştir. Eski literatürlerde "Kürei nuhas" olarak görülmekte olup, Osmanlıca'da bakır ocağı anlamına gelmektedir. Bu süre içine bilinen ve işletilen yatağın Bakıbbaba bakır yatağı olduğu bilinmektedir. Bu bilgiler eldeki eski belgelerden ve Bakıbbaba çevresindeki curuf yığınlarından anlaşılmaktadır. Bu çalışmada yörede bulunan benzer özellikteki Aşıköy ve Toykondü yatakları hakkında kısa bilgi verilerek çalışmanın konusunu oluşturan Bakıbbaba-Mağaradoruk Maden Yatağı üzerinde ayrıntılı durulacaktır.

3.4.1. Aşıköy ve Toykondü Bakır Yatakları

MTA Genel Direktörlüğü'nün kurulmasından (1935) sonra Küre çevresinde, bilimsel anlamda maden arama çalışmaları başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda Aşıköy ve Kızılsu yatakları ortaya çıkarılmıştır (Kovenko, 1944). O tarihlerden başlayarak yoğunlaşan arama çalışmalarıyla jeolojik ve jeofizik etüdlerin yanısıra Aşıköy'de 1986 yılına kadar toplam derinliği 28431,90 m olan 155 adet sondaj yapılmıştır. Burada tabanda bazaltlar, onun üzerinde masif cevher kütleleri ile masif cevher kütlelerini örten siyah şeyller ve daha üstte ise daha genç bazaltlar bulunmaktadır. Başlıca pirit ve kalkopiritten oluşan masif cevher kütleleri buradaki bazalt-siyah şeyl arasındaki ana cevher zonunda yanal olarak çok önemli değişiklikler göstererek kalınlaşıp, incelişip bitebilir veya tekrar ortaya çıkabilirler. Masif cevher kütleleri ana cevher zonu altında bazaltların içinde de birden çok seviye halinde ortaya çıkabilirler. Burada masif cevherin altında yer yer ağsal saçınımlı cevherleşmeler de izlenmektedir. Pirit ve kalkopiritten oluşan ağsal saçınımlı cevherler, bazalt içinde damar, damarcık ve saçınımlardan oluşmaktadır. Aşıköy bakır yatağında cevherleşme sonrası oluşan aşırı bir kıvrımlanma izlenmektedir. Doğu-batı yönünde alınan A-B kesitinde kıvrım

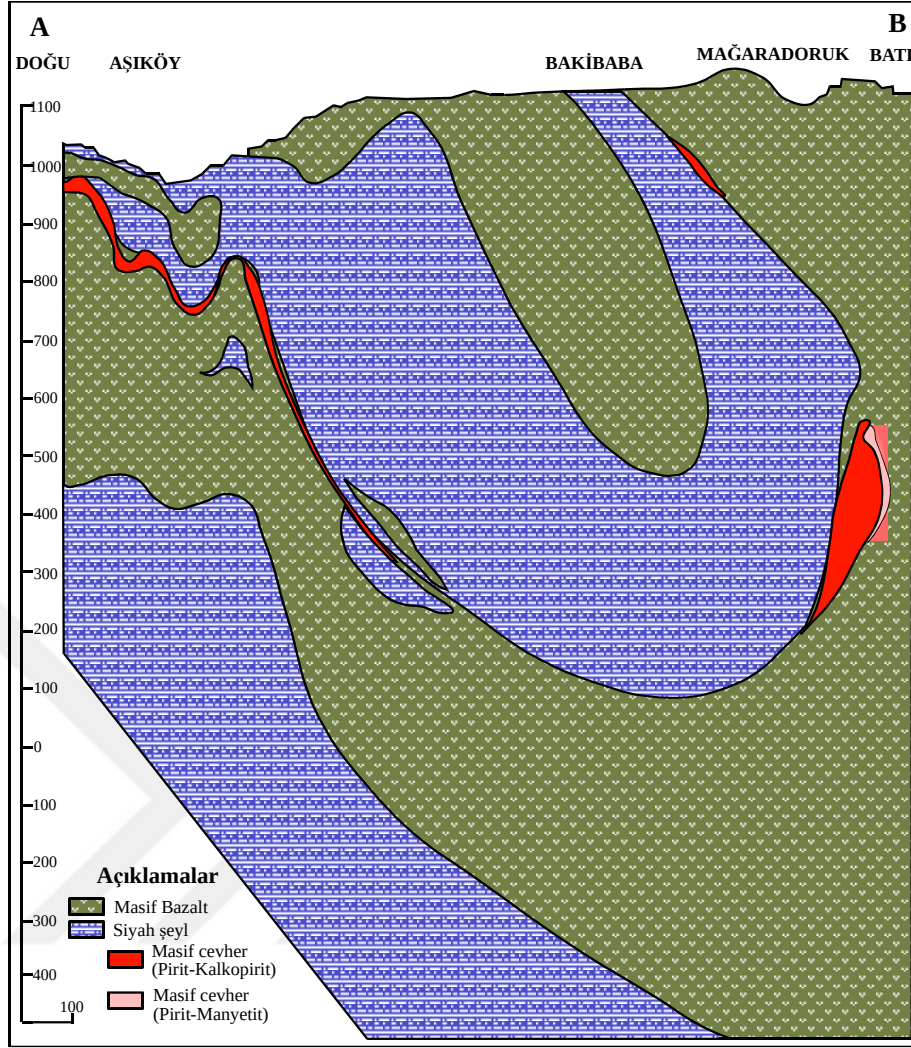
eksenleri K-G olarak görülmektedir (Şekil 19). Aşıköy’de K-G yönlü bir dom-antiklinal şeklinde izlenen bu kıvrımlanma nedeniyle masif sülfid kütleleri domun kanatları boyunca aşırı (60° - 80°) eğimle derinlere doğru dalmaktadır.



Açıklamalar

JURA	KRETASE	Kireçtaşı	Doğrultu ve Eğim	Pasa Yığını
		Siyah şeyl	Faylı dokanak	Curuf
		Hiyaloklastik bazalt	Dere	Açık işletme
		Yastık Bazalt	Yol	
		Masif Bazalt	Antiklinal	
		Ultrabazik Kayaçlar	Devrik antiklinal	
		Dasit	Devrik senklinal	
		Diyorit		

Şekil 18. İnceleme alanının jeoloji haritası (Altun, vd., 2015’den değiştirilerek).



Şekil 19. Aşıköy, Bakıbbaba-Mağaradoruk yataklarından geçen jeoloji kesit (Altun vd., 2015).

Aşıköy yatağında 1975 yılına kadar yapılan arama çalışmaları sonucu rezerv; %1,55 Cu, % 40,59 S tenörlü 6.431.862 tonu görünür, 4,988,635 tonu olası olmak üzere toplam 11.420.497 ton olarak saptanmıştır. Sürdürülen arama çalışmalarıyla 1984 yılında yatağın rezervi %1,69 Cu, % 36,73 S tenörlü, 13.673.235 tonu görünür, 1.565.102 ton olası olmak üzere toplam 15.238.235 ton'a ulaşmıştır (Demirbaş, 1984).

Küre Aşıköy Bakır yatağında Etibank tarafından başlatılan üretim çalışmalarıyla 1987-2003 yılları arasında 973.880 tonu yeraltından olmak üzere ortalama %1,55 Cu tenörlü toplam 9,224,000 ton cevher üretilmiştir.

Toykondü Yatağı, Aşıköy bakır yatağının hemen kuzeyinde bulunmaktadır. Başlıca pirit ve kalkopiritten oluşan masif cevher kütlesi bazaltların üzerinde bulunmakta, üstten

siyah şeyller tarafından örtülmektedir. Küçük bir mercek şeklindedir. Bu yatakta 1992 yılına kadar toplam derinliği 1908,40 m olan 20 adet sondaj yapılmış, %3,20 Cu %41,34 S tenörlü 265,630 ton cevher rezervi saptanmıştır (Dirim, 1998). Küre yataklarının Cengiz Holding tarafından 2004 yılında alınmasından sonra, Aşıköy yeraltı ve açık işletmesi ile Kızılsu açık işletmesinden üretilen cevherin konsantratör için yeterli olmaması ve kısa bir süre sonra Kızılsu açık işletmesindeki cevherin tükenmesi nedeniyle, yeni kaynak arayışlarına hız verilmiştir. Bakibaba ve Toykondur yataklarına ait veriler incelenmiş ve değerlendirilmiş, Bakibaba yatağı ile birlikte Toykondur cevherinin de açık işletme ile üretilmesi için proje hazırlanmış ve bu projeler 2005 yılı başında uygulamaya konulmuştur. Bu proje kapsamında Toykondur yatağından 2005-2006 yılları arasında % 2,60 Cu tenörlü 325,066 ton cevher üretilerek yataktaki cevher tamamen tüketilmiştir.

3.4.2. Bakibaba-Mağaradoruk Maden Yatağının Cevher Mineralojisi ve Özellikleri

Küre bakır yataklarının eskiden beri işletilen ilk yatağıdır (Şekil 20). Yunan, Roma, Selçuklu, Ceneviz ve Osmanlı dönemlerinde işletilmiştir. Aşıköy yatağının bulunmasından (1944) sonra gündemden düşen Bakibaba yatağı ve yakın çevresinde yaklaşık 2.000.000 ton curuf vardır. Osmanlıların buradaki madencilik çalışmaları 1845 yılında ölümlü iş kazasına kadar devam etmiş, muhtemelen bu olay nedeniyle, maden ocağı uzunca bir süre kapalı kalmıştır. 1935 yılında MTA'nın kurulmasıyla birlikte, Küre çevresinde hız kazanan madencilik çalışmaları sonucu 1945 yılında 1014 m, 1080 m ve 1130 m kotlarındaki eski üretim bacaları temizlenmiş ve cevherin yeraltındaki durumu tanımlanmaya çalışılmıştır. Bakibaba'da 1963 yılında başlatılan sondajlı arama çalışmalarıyla % 3,59 Cu, %43,51 S tenörlü 1,805,752 ton cevher rezervi saptanmıştır (Sarıcan, 1968). Yönleri kuzey ve güney olan iki cevher kütlesi belirlenmiştir. Bu cevher kütleleri K15°-25°D yönlü ve 60°-80° ile GD'ya eğimlidirler. Bu cevher kütlelerinden kuzeyde bulunanı, batı yönünde bulunan siyah şeyle yaslanmaktadır. Siyah şeyl cevher kütlelerini güney tarafından çevrelemekte, doğu tarafında ise bazalta dayanmaktadır. Kuzeydeki cevher kütlelerine büyük benzerlik gösteren güneydeki cevher kütlesi yine aynı şekilde batıda siyah şeyle yaslanmakta, güneydoğuda cevher dokanağında siyah şeyl, yer yer de bazalt izlenmekte, doğudan ise bazaltla dokanak oluşturmaktadır. Kuzey cevherinden farklı olarak cevher kütlesiyle batıdaki siyah şeyl

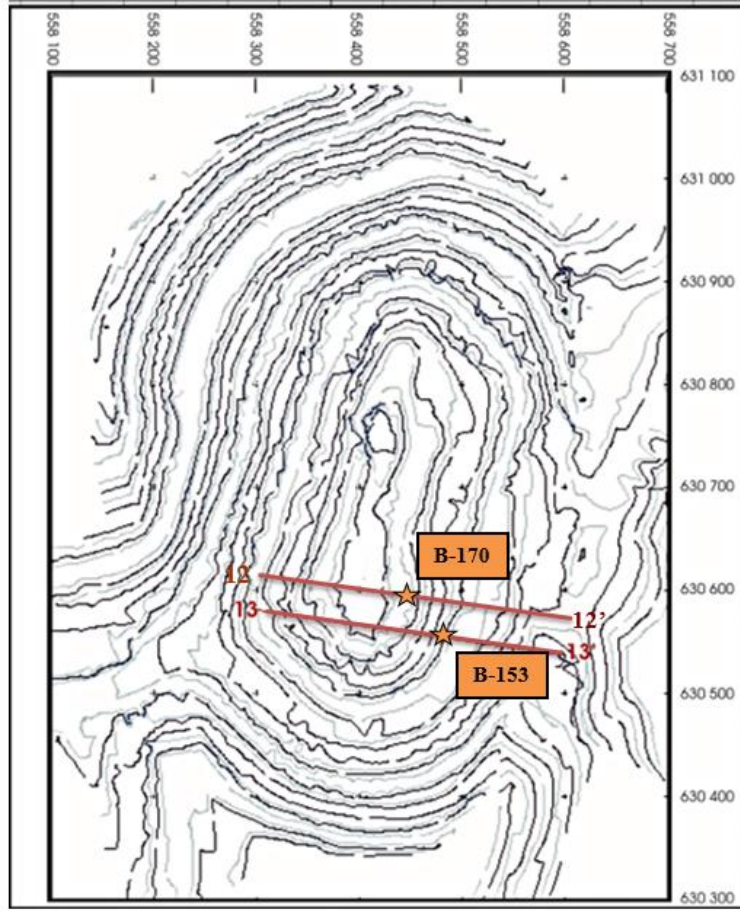
arasında, yer yer de cevher içinde ince bazalt akıntıları bulunmaktadır. Genel olarak bu yatak aynı cevher zonunda oluşmuş, iki ayrı cevher kütlesinden oluşmaktadır (Altun vd., 2015).



Şekil 20. Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba-Mağaradoruk açık işletme ocağına ait bir görünüm

Küre yataklarının 2004 yılında Cengiz Holding tarafından alınmasından sonra, yeni rezerv arama çalışmalarına başlanmıştır. Açık işletme yöntemine müsait olduğu belirlenen Toykundu yatağı ile Bakibaba yatağına ait bilgiler değerlendirildikten sonra bu yataklardaki cevherin işletilebilmesi için proje hazırlanmıştır. Bu projeler 2005 yılı başında uygulamaya konulmuştur. Bu proje kapsamında Bakibaba yatağındaki kuzey ve güney cevherlerinden Mayıs 2009 tarihine kadar % 1.79 Cu tenörlü yaklaşık 3.200.000 ton cevher üretilmiş böylece hedefe ulaşılmıştır.

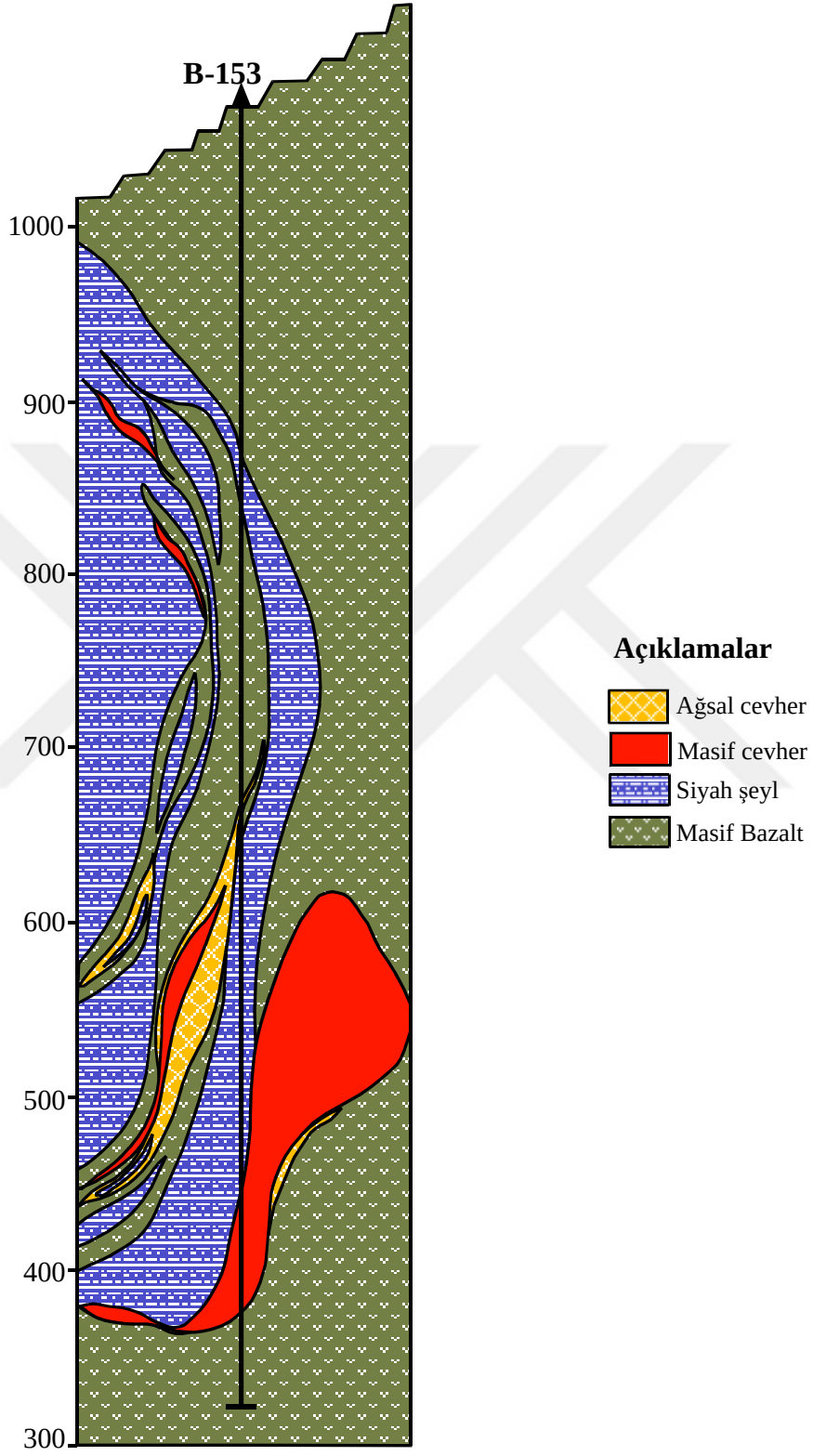
Bakibaba-Mağaradoruk cevher yatağında yapılan arama çalışmaları neticesinde yeni cevher kütleleri bulunmuştur. Bu cevherlere yönelik açık işletme ve kapalı işletme yöntemleri kullanılarak cevher işletilmeye başlanmıştır. Cevher yatağında Cengiz Holding tarafından işletmeye yönelik olarak sondaj çalışmaları yapılmıştır. 12-12' ve 13-13' kesit hatları üzerinde yer alan sondajlardan her birimi kesen B-153 ve B-170 nolu sondajlar örneklendirilmiştir (Şekil 21). Bu sondajlara ait kolon kesitler Şekil 22 ve 25'de verilmiştir.



Şekil 21. Küre (Mağaradoruk) bölgesinde yapılan 12-12' kesit hattındaki B-170 ve 13'-13 kesit hattındaki B-153 nolu sondajın ve plan konumları.

BATI

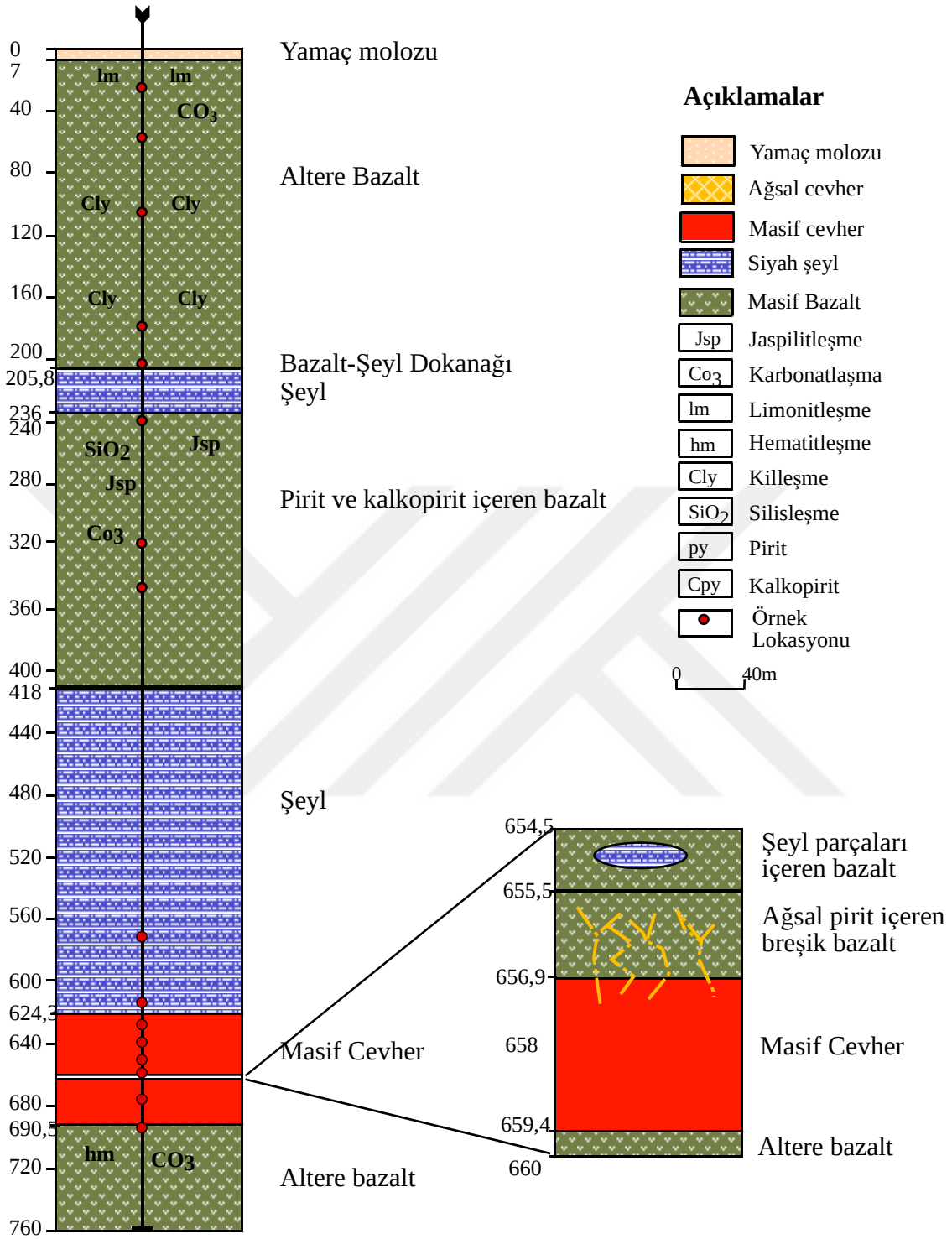
DOĞU



Şekil 22. Küre (Mağaradoruk) bölgesi B-153 nolu sondaj kesiti (Altun vd., 2015)

B-153 nolu sondaj logu incelendiğinde 205,80 m derinliğe kadar koyu yeşilimsi renkli bol bol kırıklı çatlaklı, yer yer karbonat damarcıklı, yer yer killeşmiş, kloritleşmiş bazalt biriminin kesildiği görülür. Detaylı olarak bakıldığında 36,00 m ye kadar yer yer limonitleşmiş bazalt bu derinlikten den sonra yer yer serpantinize görünüm kazandığı görülmüştür. Bu kalın birim içerisinde 100,00 m -105,00 m arası, 160,00 m -164,60 m arasında yer yer killeşme görülmektedir. 205,80 m derinliği bazalt-şeyl dokanak noktasıdır. 236,00 m derinliğe kadar siyah renkli bol kırıklı çatlaklı, yer yer karbonat damarcıkları içeren yer yer killeşmiş siyah şeyl birimi görülmektedir. 236,00 m noktası şeyl bazalt geçiş noktasıdır. 243,00 m'den sonra bazalt birimi bol kırık ve çatlaklarda silis ile birlikte jaspitler ve pirit kalkopirit gelimleri içeren bazalt görülmektedir. 260,00 m -280,30 m'ler arasında pirit ve kalkopirit miktarlarında artışlar görülmektedir. 343,00 m -347,00 m derinliklerinde yaklaşık 4 m ağsal özellik gösteren cevher zonu kesilmiştir. 405,00 m derinliğe kadar devam eden bazalt birimi içerisinde ağsal saçınımlar halinde pirit ve kalkopirit içeren bazalt görülmektedir. 418,00 m derinliklerinde bazalt birimi ile şeyl birimine geçiş yapılmıştır. Bu birimin kalınlığı 624,30 m'ye kadar devam eden siyah renkli bol kırıklı çatlaklı karbonat damarcıklı şeyl birimi yer yer parlak kırılma yüzeylerine sahiptir. Şeyl birimindeki kırık çatlakları ve gözlenen akıntı izleri yaklaşık 70-80° eğime sahiptir. 624,30 m ile 690,50 m arasında 133,80 m kalınlığında masif cevher kesilmiştir. 654,50 m-659,80 m arasında ağsal pirit içeren breşik yapılı bazalt birimi görülmüştür. 690,50 m ile 756,00 m arasında koyu yeşil-bordonsu renkli, kırıklı çatlaklı breşik yapıda, karbonat damarcıkları içeren yer yer hematite geçilmiştir. Daha sonra sondaj 756,00 m'ye kadar devam etmiş ve tekrar bazalt birimi kesilmiştir (Şekil 23). Masif cevher birimi 624,30 m-690,50 m derinliklerde görülmektedir.

B-153 nolu sondaj 66m cevher kesmiş olup bu sondajdan alınan örnekler Küre İşletmesi Laboratuvarında analiz edilmiştir. Kimyasal analizler sonucunda ortalama %3,41 Cu, %0,61 Co, 2,52 ppm Ag, 1,29 ppm Au ve % 41,47 S değerleri elde edilmiştir. B-170 nolu sondajda ise toplam 71,1m cevher kesilmiş olup, ortalama % 3,95 Cu, % 0,33 Co, % 29,77 S, <4g/ton Ag ve 6,61 g/ton Au değerleri elde edilmiştir.



Şekil 23. Bakibaba-Mağaradoruk cevher yatağında yapılan 153 nolu sondajın dikme kesiti.

Örnekleme yapılan diğer sondaj ise 170 nolu sondajdır (Şekil 24). 170 nolu sondajın jeolojik kesiti ise Şekil 25’ de gösterilmektedir. 170 nolu sondajda 0-94,00 m arasında açık yeşil-gri renk tonunda bol kırık ve çatlaklı, çatlaklar boyunca yoğun limonitleşmeli ve

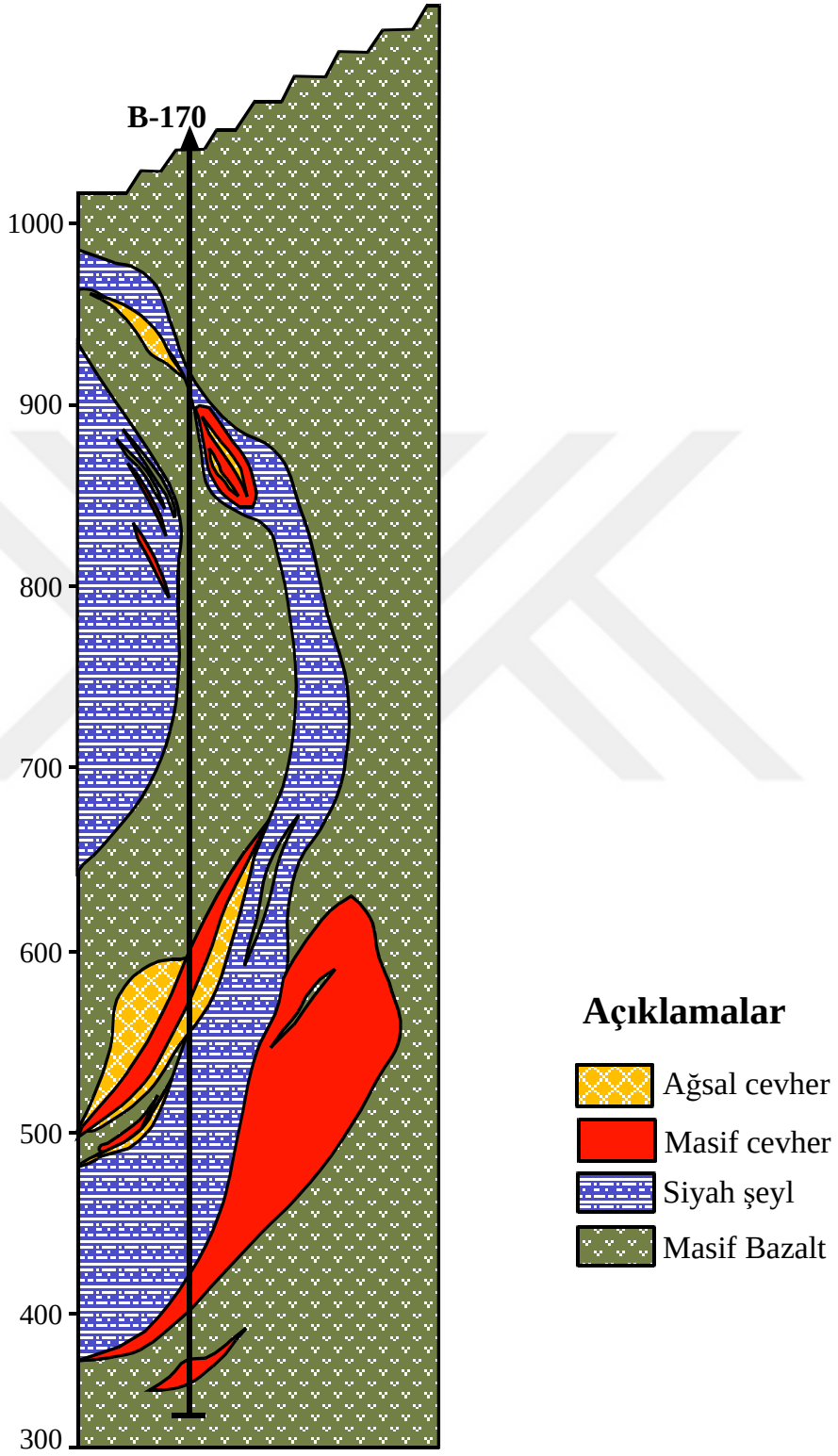
killeşme gösteren bazalt birimi kesilmektedir. Ayrıca bu birim içerisindeki çatlakların karbonat ile dolgulu olduğu görülmektedir. 94,00 m-97,50 m aralığında siyah şeyl birimi kesilmiştir. 126,20 m derinliğe kadar gri-bej renkli yoğun hematitleşmeden dolayı bordo renk tonunda, yer yer breşik özellikte yapı gösteren, karbonat dolgulu bazalt birimi görülmektedir. 126,20 m -132,90 m arası bazalt şeyl ardalanması görülmektedir. 132,90 m'den sonra görülen bazalt birimi gri-bej renk tonlarındadır. Yer yer kırıklı ve çatlaklı, yer yer killeşmiş ve karbonatlaşmış, yer yer hematitleşmiştir. Ayrıca içerisinde 142,90 m'den sonra pirit saçınımları görülmektedir. 292 m derinliğe kadar görülen bazalt birimi breşik yapıda olup ağsal saçınımlıdır. Yer yer silis dolgulu, yer yer hematitleşmiş ve zayıf ağsal saçınımlar içermektedir.

292,00 m -293,50 m arasında ağsal saçınımlı pirit ve az miktarda kalkopirit içeren bazalt damarı görülmektedir. 318,60 m'ye kadar bazalt birimi, 318,60 m - 320,70 m arası siyah şeyl; 320,70 m-443 m arasında gri-koyu gri renk tonunda bol kırıklı ve çatlaklı, yer yer karbonat dolgulu yer yer zayıf hematitleşmiş ve yer yer breşik özellik gösteren bazalt birimi görülmektedir. Bu birim içerisinde yer yer pirit saçınımları görülmektedir. 443,00 m derinlikte 23 m kalınlığında pirit ve kalkopirit içeren masif cevher kütlesi kesilmiştir.

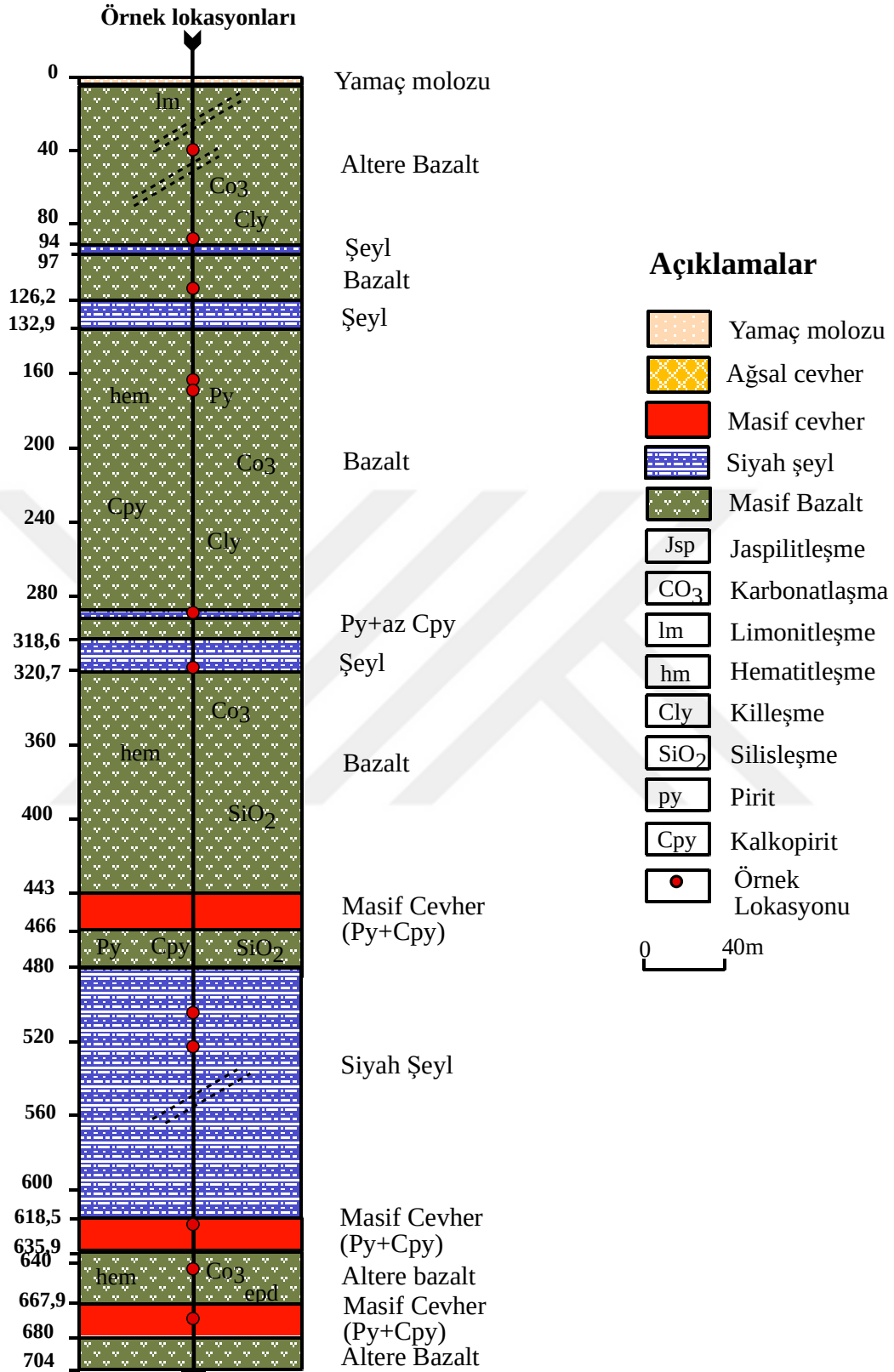
Cevher kütlesinden sonra 466,00 m-483,00 m arasında gri renk tonunda, yer yer breşik özellikte, silis dolgulu ağsal saçınımlı pirit ve az miktarda kalkopirit içeren bazalt birimi kesilmiştir. Daha sonra yaklaşık 3 m kalınlığında bazalt-şeyl (arjillit) geçişi görülmektedir. 618,50 m Derinliklere kadar koyu gri-siyah renk tonunda, bol kırıklı ve çatlaklı, yer yer karbonat dolgulu, yer yer killeşmiş özellik gösteren şeyl birimi kesilmektedir. 618,50 m-635,90 m arasında pirit ve kalkoprit içeren masif cevher kütlesi kesilmektedir. 635,90 m-667,90 m arasında koyu gri-bordo renk tonunda, bol kırıklı ve çatlaklı, yer yer karbonat dolgulu, yer yer çok zayıf epidot damarcıklı yoğun hematitleşme gösteren bazalt birimi kesilmektedir. 667,90 m-680,00 m arasında ince ardalanmalı bazalt içeren masif cevher kütlesi görülmektedir. 680,00 m-704,00 m arasında ise koyu gri-yeşilimsi-bordo renk tonunda bol kırıklı ve çatlaklı, karbonat dolgulu, yer yer hematitleşmiş bazalt birimi kesilmektedir.

BATI

DOĞU

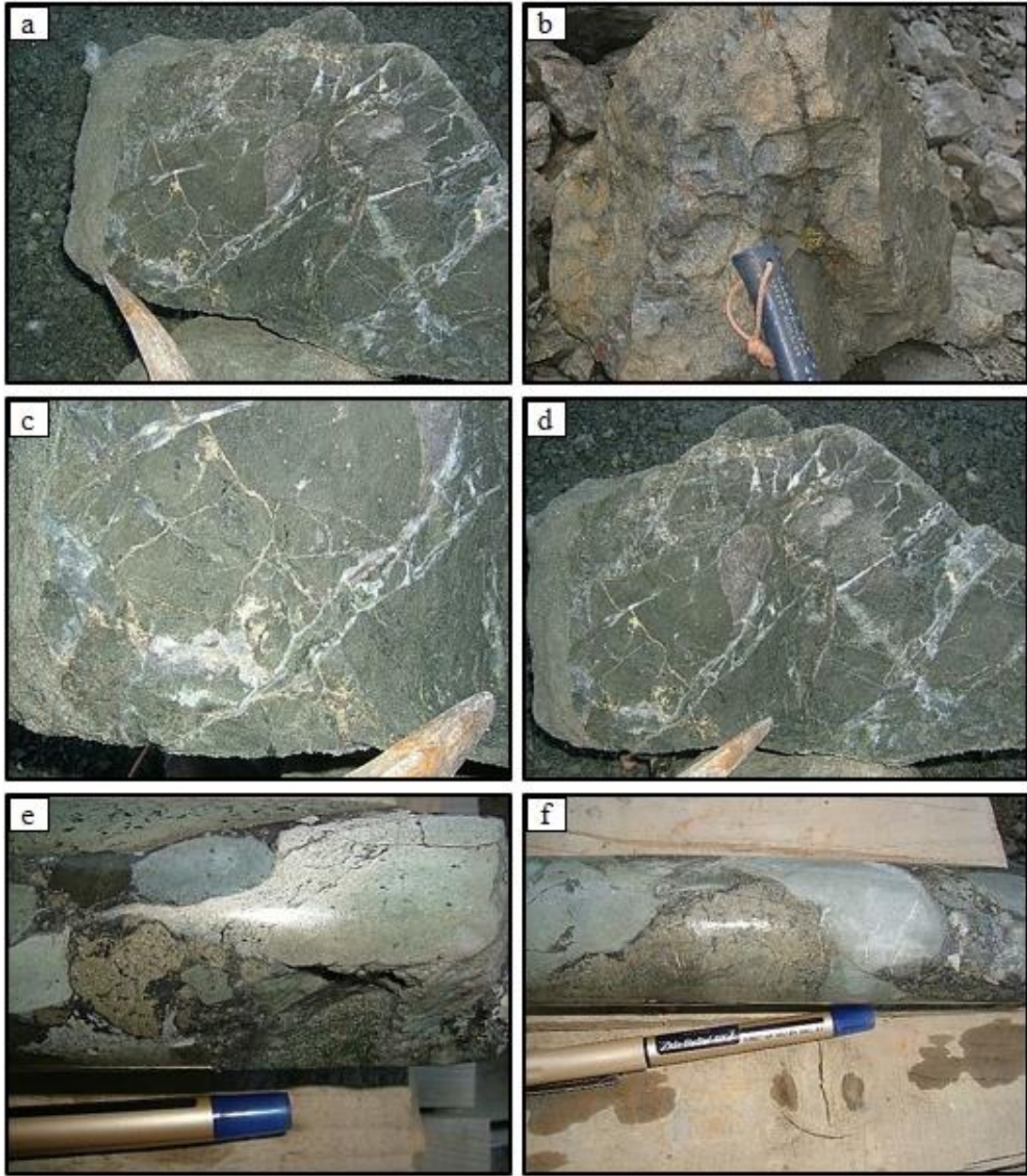


Şekil 24. Küre (Mağaradoruk) bölgesi B-170 nolu sondaj kesiti (Altun vd., 2015)

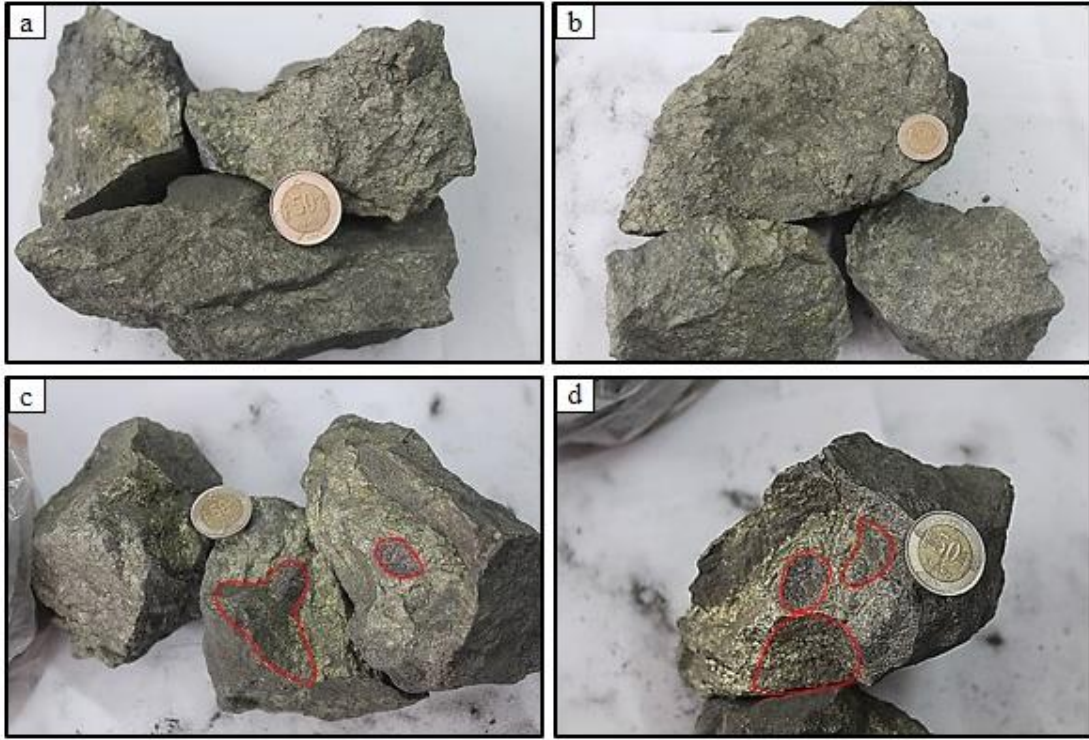


Şekil 25. Küre (Mağaradoruk) cevher yatağında yapılan 170 nolu sondajın dikme kesiti

Bu sondajlar boyunca alınan karot örnekleri ile galerilerden alınan cevher örnekleri incelenmesi sonucunda cevherin ağsal (Şekil 26 a-d), breşik (Şekil 26 e,f), masif (Şekil 27a,b)' ve breş dolgusu yapıları (Şekil 27c,d) gösterdiği tesbit edilmiştir. Ağsal yapı birbirini kesen silisli cevher damarcıklarından; breşik yapı, cevher oluşumundan sonra cevherin tektonizma geçirerek parçalanmasından, masif cevher, cevherin kütle halinde oluşmasından, breş dolgusu ise; kırılan kayaç parçalarının arasını cevherli bileşenlerin doldurmasıyla oluşmuştur.



Şekil 26. Küre (Mağaradoruk) bölgesindeki cevher örneklerinde gözlenen ağsal (a-d) ve breşik yapı (e-f) sunan örneklerin makroskobik görünümü



Şekil 27. Küre-Mağaradoruk ocağına ait masif yapı (a-b) ve breş dolgulu (c-d) cevher örneklerine ait makroskobik görüntüler.

3.5. Cevher Mineralojisi

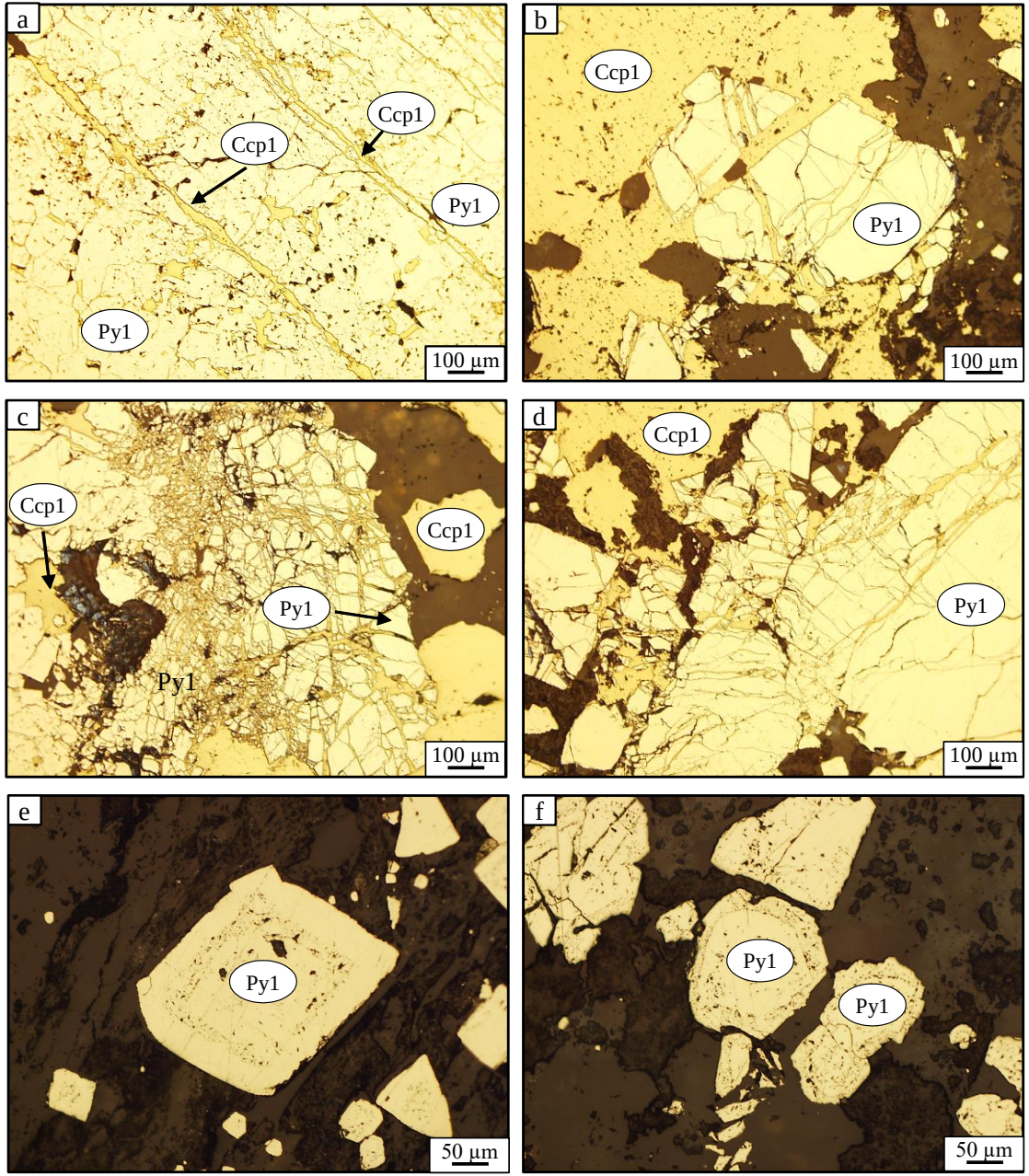
Küre-Mağaradoruk masif sülfid cevherleşmesine ait mineral parajenezi cevherli örneklerin cevher mikroskobisi tayinlerine dayanarak saptanmıştır (Tablo 1). Bu çalışma için 27 adet parlak kesit hazırlanmış olup, incelemeler sonucunda aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir.

Tablo 1. Küre masif sülfid cevherleşmesi mineral parajenezi.

Mineraller	1. Faz	2. Faz	3. Faz
Pirit-1			
Karolit			
Pirit-2			
Kalkopirit-1			
Sfalerit			
Kalkopirit-2			
Tetrahedrit			
Galen			
Elektrum			
Kovellin			

Pirit-1, kayaç içerisinde en bol bulunan minerallerden birisidir. Cevher kesitlerinde yaklaşık 300 μm boyutlarına ulaşabilen iri taneler halinde görülmektedir. İri taneli piritler oluştuktan sonra tektonizma meydana gelmiştir. Tektonizma geçiren piritlerin, kırılarak kataklastik doku kazandıkları görülmüştür. Kırılma ile oluşan boşluklar ise, gelen cevherli çözeltilerin taşıdıkları cevher (kalkopirit) ve gang mineralleri (kuvars) ile doldurulmuştur. Kalkopirit ve kuvars piriti ornatarak boşluklara yerleşmişlerdir (Şekil 28a-d). Ayrıca iri kristalli pirit içerisinde zonlu yapı gösteren pek çok piritte rastlanmaktadır (Şekil 28e-f).

Pirit minerali içerisinde 50 μm 'den küçük taneler halinde iskelet dokusu görülmektedir (Şekil 29a). Pirit-1 minerallerinin kırılma sonucu, ortama gelen kalkopirit tarafından yer yer ornatılmış olduğu görülmektedir. Bu ornatım, iri taneli Pirit-1'de çok az gözükürken, ince taneli piritlerde yoğun bir şekilde görülmektedir. İskelet dokusu gösteren piritlerin bazı boşluklarında kovellin minerali doldurduğu gözlenmiştir. Ayrıca pirit minerali cevher örneklerinde, nadiren özşekilli halde ve genellikle özşekilsiz olarak diğer cevher minerallerine eşlik etmeksizin gang içerisinde dağılmış halde bulunduğu gözlenmiştir.



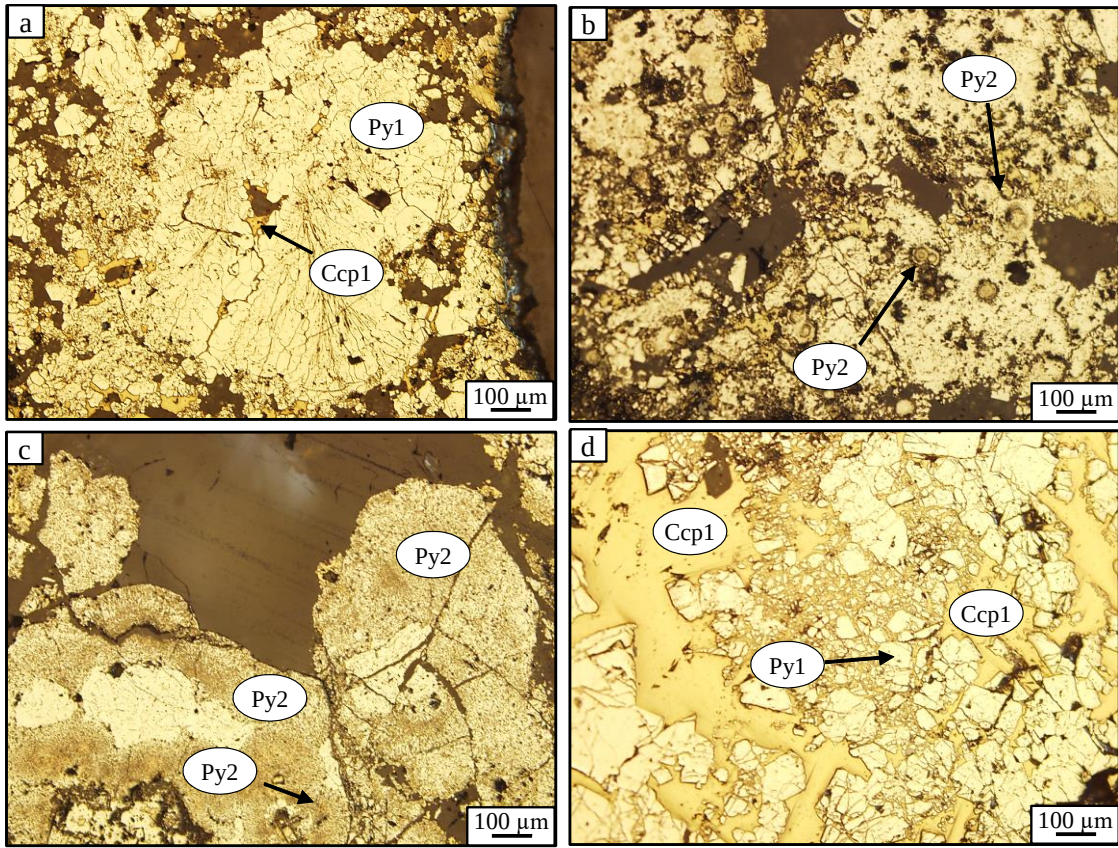
Şekil 28. a-d) Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba maden yatağındaki cevher minerallerinden Kalkopirit-1 ve Pirit-1’de gözlenen kataklastik doku; e,f) zonlu piritlere ait mikroskop görüntüleri, (Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit).

Pirit 2, Cevher kesitlerinde iri kristalli Pirit-1’in üzerine bakteri piritleri gelişmiş olduğu görülmektedir. Bu ornatıma başka bir deyişle karnabahar dokusu da denilmektedir. Cevher kesitlerinde yoğun olarak rastlanmaktadır (Şekil 29b,c).

Kalkopirit-1, cevher kesitlerinde Pirit-‘i büyük ölçüde ornatması şeklinde görülmektedir (Şekil 29d). Pirit-1 oluştuktan sonra kayaç tektonizma geçirerek kataklastik

doku kazanmıştır. Kayacın bu boşluklarına kalkopirit-1 minerali ornatarak yerleşmiştir. Bu ornatım Pirit-1 için az olmakla birlikte kataklastik dokunun gelişmiş olduğu bölgelerde yoğun olarak gözlenmektedir. Ornatımlar Pirit-1'in sınırları boyunca olmakla birlikte ve kısmen minarelinin geneline hakim bir şekilde ornatımı sözkonusudur.

Sfalerit, cevher kesitlerinde diğer minerallere göre daha az bulunan minerallerden biridir. Kesitler içerisinde yaklaşık 100 μm boyutlarında ve koyu gri rengiyle dikkat çekmektedir. Sfaleritin, piriti ornatarak yerleşimi görüldüğü gibi, Kalkopirit-1'i ve Pirit-1'i ornatarak yerleşimi kesit fotoğraflarında açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 30a,b).



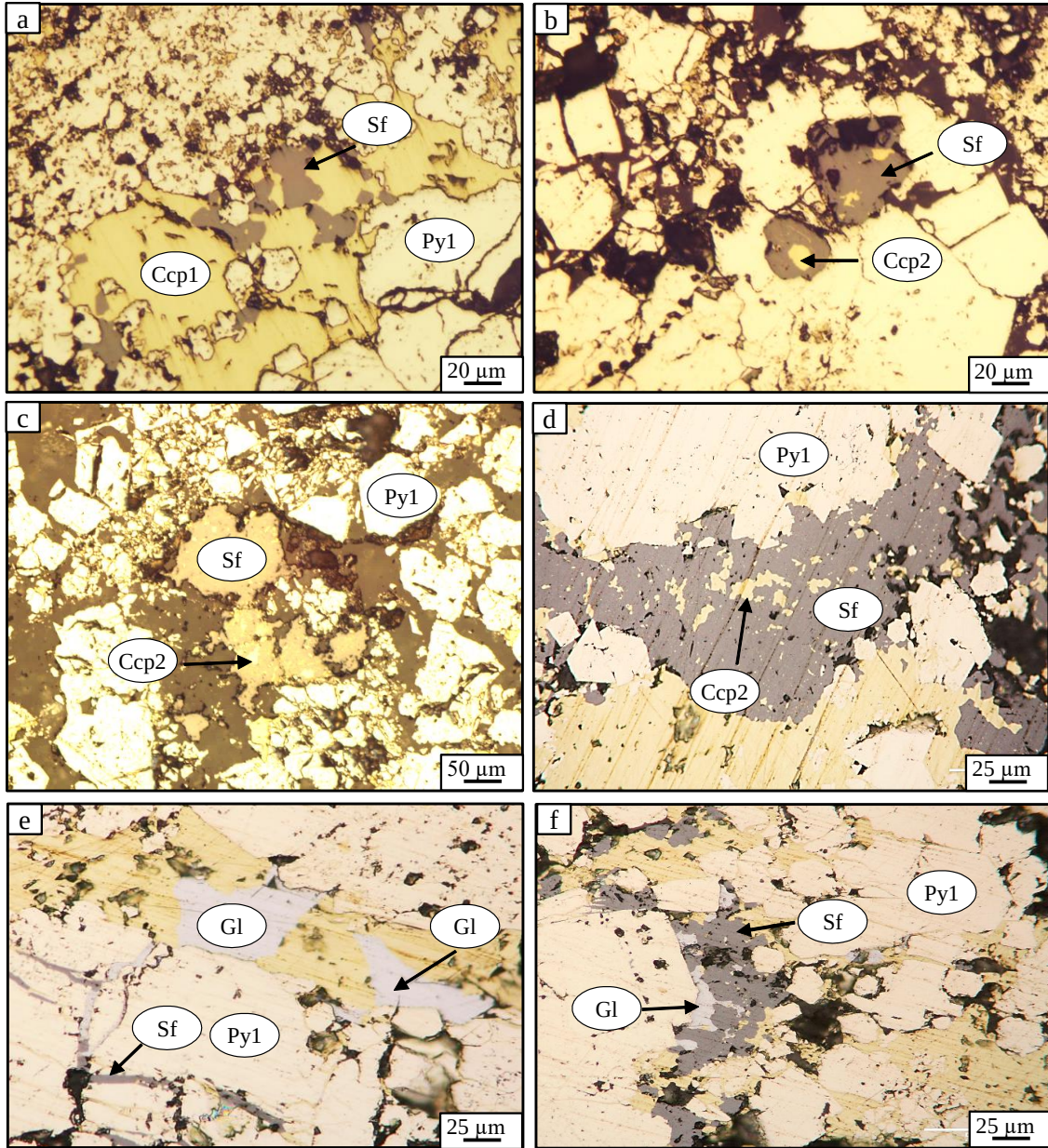
Şekil 29. a) Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba-Mağaradoruk maden yatağındaki cevher minerallerinden Pirit-1 içerisindeki kataklastik doku, b,c) Pirit-2 mineralinin; d) Kalkopirit-1'in mikroskobik görünümü, (Py: Pirit, Ccp: Kalkopirit).

Kalkopirit-2 minerali, boyutları 20 μm 'ye yakın, eş zamanlı olduğu gözlenen kapanımlar şeklinde sfalerit minerali içerisinde gözlenmektedir (Şekil 30c-d).

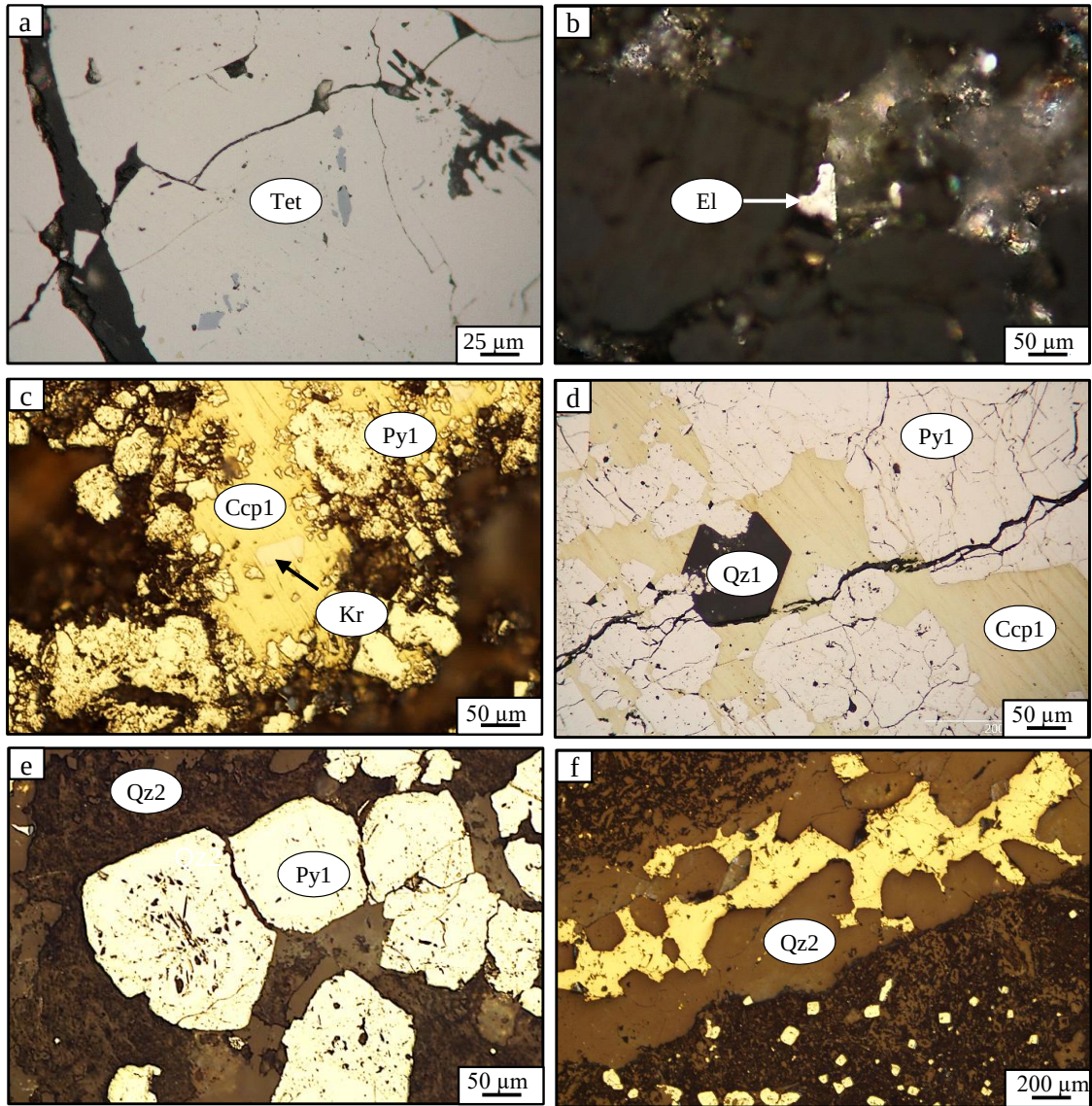
Galen, 20 µm boyutlarında, açık gri-mavimsi renkte nadir olarak görülmektedir. Galenin Pirit-1'i ve Kalkopirit-1'i ornatarak yerleştiği, Şekil 30e,f'de açıkca görülmektedir.

Tetrahedrit cevher kesitlerinde çok küçük taneler halinde nadir olarak gözlenmektedir (Şekil 31a). Cevher kesitinde yaklaşık 50 mikron boyutunda elektruma rastlanmıştır (Şekil 31b). Ayrıca cevher kesitlerinde kalkopiritler içerisinde boyutu 50 mikronu geçmeyen kapanımlar şeklinde karolit minerali gözlenmiştir (Şekil 31c). Tek nikolde genellikle krem-si-beyaz renkte gözlenir. Çift nikolde izotrop özellik göstermesiyle ve iç yansıması olmaması nedeniyle galene çok benzemektedir. Kesitlerde özşekilli olarak gözlenen kuvars kristallerine rastlanmaktadır (Şekil 31d). Ayrıca damar dolgusu olarak da kuvars gelişimleri söz konusudur (Şekil 31e,f).





Şekil 30. Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba-Mağaradoruk maden yatağındaki cevher minerallerinden; a,b) sfalerit; c,d) Kalkopirit-2; e,f) galen mineralinin mikroskopik görünümü, (Sf: Sfalerit, Ccp: Kalkopirit, Py: Pirit).

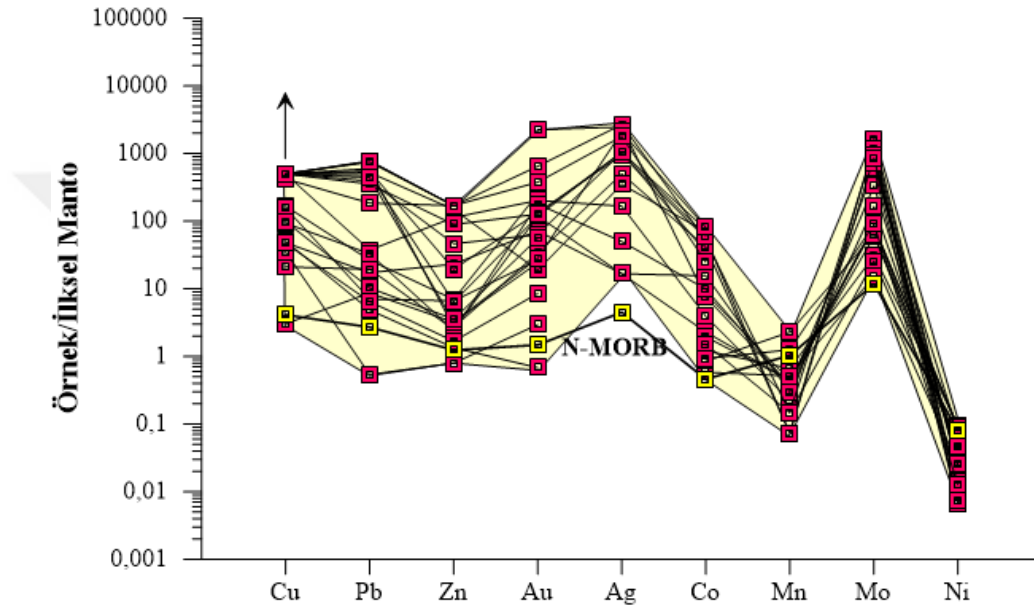


Şekil 31. Küre (Kastamonu) bölgesindeki Bakibaba-Mağaradoruk maden yatağındaki minerallerden a) tetrahedrit, b) elektrüm, c) karolit, d) Kuvars-1, e,f) Kuvars-2 minerallerinin mikroskopik görünümü, (Tet: Tetrahedrit, Qz: Kuvars, Py: Pirit, Ccpy: Kalkopirit, Kr: Karolit, El: Elektrüm).

3.6. Cevher Jeokimyası

Çalışma sahasından alınan cevherli bazalt ve masif cevheri temsil eden örnekler ait metal konsantrasyonlarının dağılımı Şekil 32’de gösterilmiştir. Bu diyagramda özellikle masif cevheri temsil eden örnekler bölgedeki Küre masif sülfid cevherleşmeleri Zeybek, Hanönü ve ve diğer Besshi, Windy Craggy, Ceretti madeni ve Vuonos mafik-silisiklastik tip cevherleşmeler ile benzer dağılımlar sunduğu belirlenmiştir (Günay vd., 2019). Buna

karşılık, cevherli bazalt örneklerinin, değişik miktarlarda saçınımlı cevher mineralleri içermeleri sebebiyle kısmen daha düşük metal konsantrasyonlarına sahip olduğu görülmüştür. Mafik silisiklastik cevherleşmeler ile felsik silisiklastikler arasındaki önemli fark, felsik-silisiklastik tip mineralizasyonun yüksek Pb-Zn içeriğidir (Günay vd., 2019). Çizilen diyagrama göre Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Co, Mo değerlerinde ilksel mantoya göre zenginleşmeler gözlenmiştir.



Şekil 32. Küre (Mağaradoruk) cevherleşmesindeki element konsantrasyonlarının N-MORB'a göre normalize edilmiş çoklu metal dağılım diyagramı.

3.7. Alterasyonlar

Kayaçlarda meydana gelen alterasyon mineralojisi ve mineral parajenezini belirlemek amacıyla hazırlanan parlak ve ince kesitlerde yapılan mikroskobik çalışmalarda kayaçların alterasyondan değişik oranlarda etkilendikleri görülmüştür. Çalışma alanındaki bazik volkanitlerdeki plajiyoklaslarda serizitleşme, kalsitleşme, killeşme ve silisleşme görülürken mafik minerallerde ise serpantinleşme, iddingsitleşme, kloritleşme, manyetitleşme, limonitleşme, hematitleşme, epidotlaşma ve lökoksenleşme görülen alterasyon türleridir.

3.7.1. Serpantinleşme

Bölgedeki ultramafik kayalarda yoğun olarak gözlenen alterasyon türlerinden biridir. Serpantinleşme gözlenen kayalarda kafes dokusu yaygın olarak gözlenir. Bir serpantin minerali olan krizotil bantlı yapısıyla ince kesitlerde görülmektedir. Ultramafik kayaların içerisindeki olivin minerallerinin neredeyse tamamı serpantin minerallerine dönüşmüştür(Şekil 33a). Olivinler adacıklar şeklinde piroksen içerisinde de gözlenmektedir (Şekil 33b).

3.7.2. Kloritleşme

Ultramafik kayalarda ve bazaltik kayalarda yoğun olarak gözlenen alterasyon türlerinden biridir. Kloritleşme arazi fotoğrafından da görüldüğü gibi açık yeşil renklidir (Şekil 33c,d). Bazalt içerisindeki kloritleşmiş plajiyoklasın mikroskobik görünümü Şekil 33 e,f' de açık yeşil rengiyle dikkat çekmektedir.

3.7.3. Epidotlaşma

Alterasyona maruz kalan bazaltik kayalar içerisinde yaygın olarak gözlenen alterasyon türlerinden biridir. İnce kesitlerde kalsitleşme ve killeşme epidotlaşmaya eşlik etmektedir. Şekil 34a'da makroskobik, Şekil 34b'de ise mikroskobik görünümü gösterilmektedir.

3.7.4. Kalsitleşme

Çalışma alanında en fazla görülen alterasyon türlerinden biridir. Makroskobik olarak açık renklidir. Yapılan ince kesit çalışmalarında kalsitleşmeye silisleşmenin ve hematitleşmenin de eşlik ettiği görülmüştür (Şekil 34c,d).

3.7.5. Silisleşme

Çalışma alanındaki en önemli alterasyon türlerinden biri silisleşmedir (Şekil 34e,f). Silisleşme çalışma alanında kayaçların kırık ve çatlaklarında görülmektedir. Özellikle yastık yapı gösteren bazaltlarda yoğun olarak görülmektedir. Bununla birlikte cevherli zonlara yakın bölgelerde kayaç içerisinde mikron boyutlarında damarcıklar şeklinde yoğunlaşmaktadır.

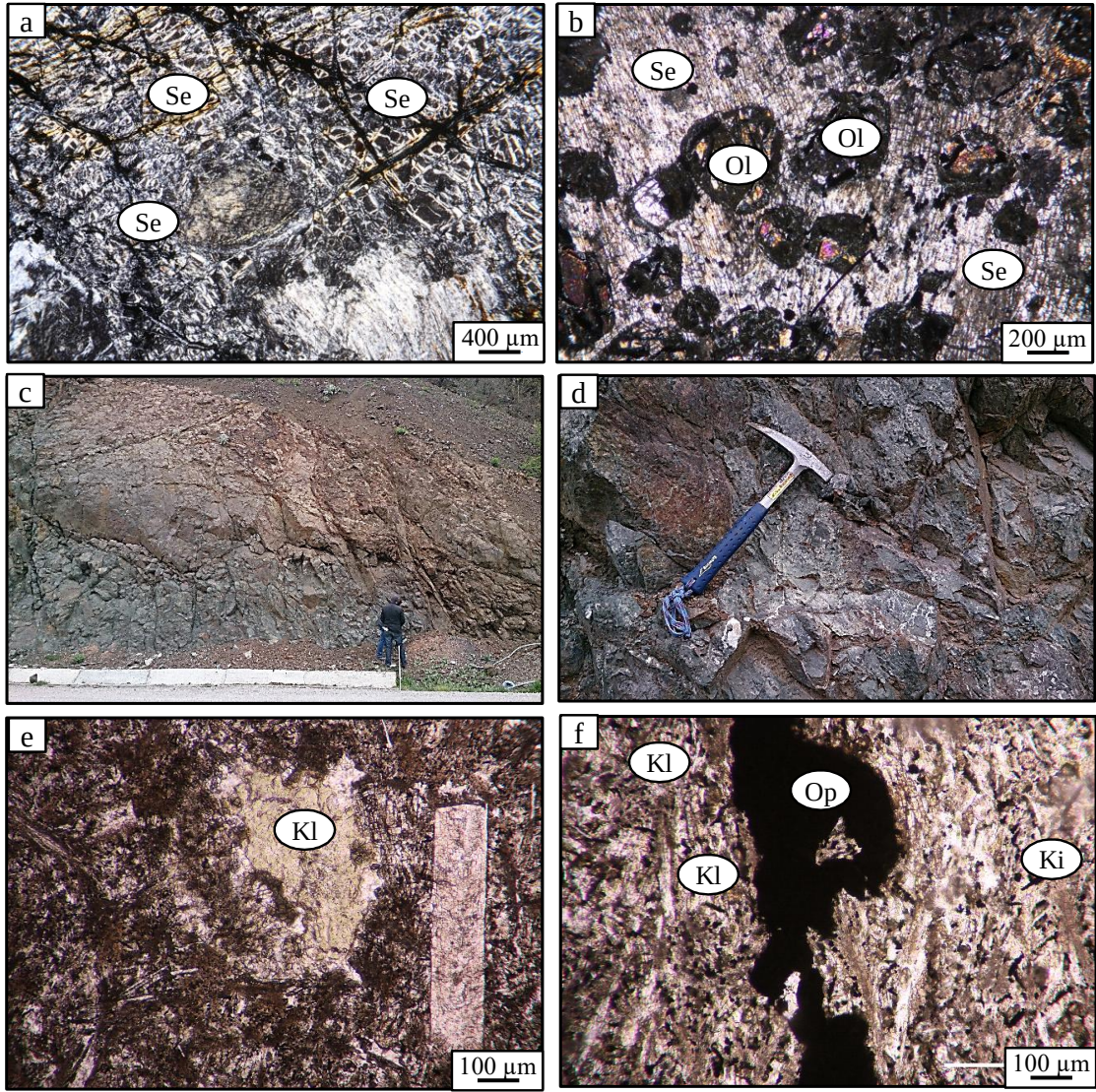
3.7.6. Hematitleşme

Çalışma alanında cevherleşmeye yakın bölgelerde artış gösteren bir alterasyon türüdür. Cevherli zonlarda kırık ve fay zonları boyunca cevhere ulaşan çözeltiler özellikle bazaltik kayaçlarda yoğun hematitleşmeye sebep olmuştur (Şekil 34g-h). Makroskobik olarak kırmızımsı renge sahiptirler. Mikroskobik olarak ise cevhere yakın bölgelerde kırmızımsı, turuncumsu renkte görülmektedirler.

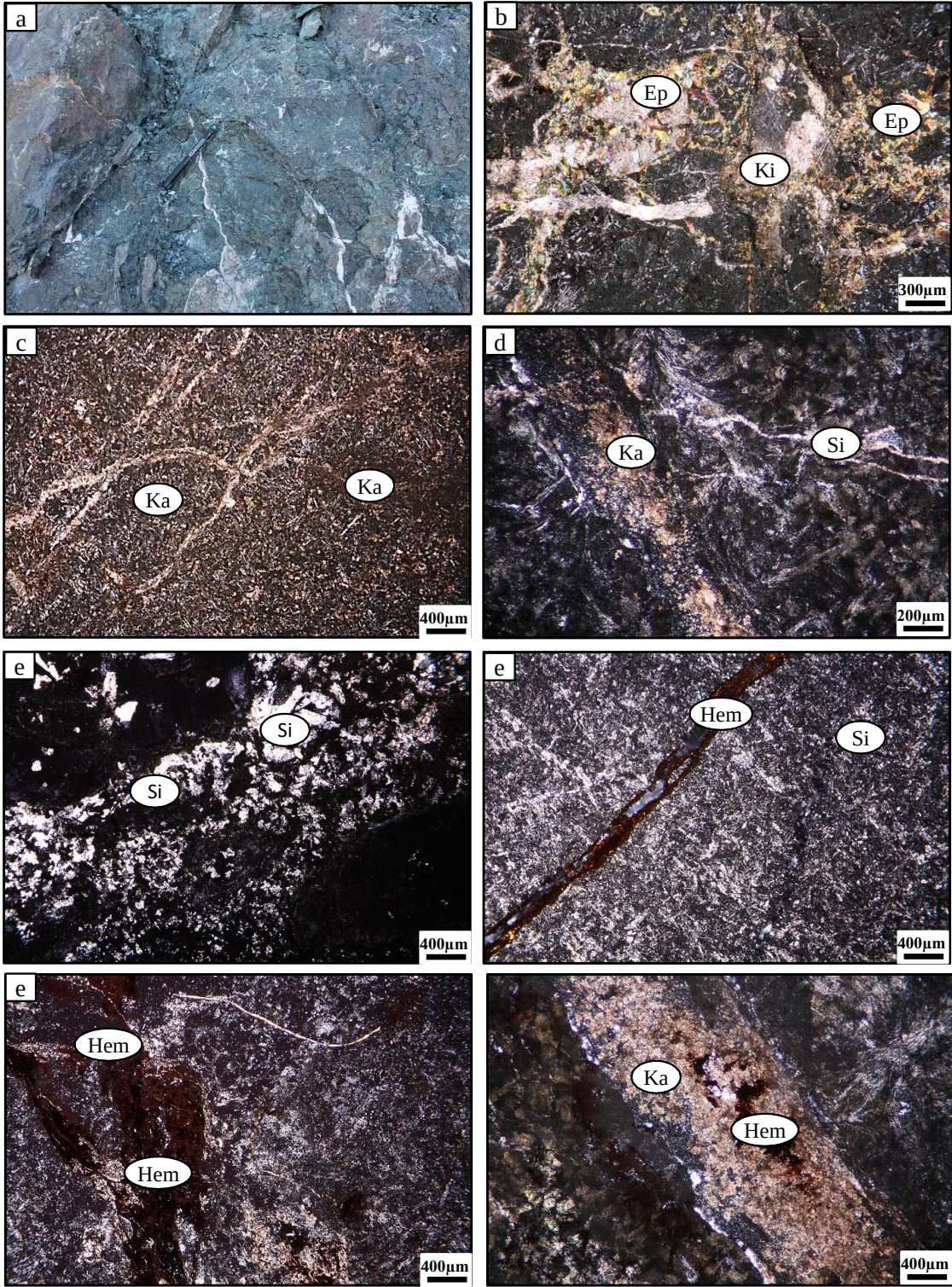
3.7.7. Killeşme-İlmenitleşme-Lökoksenleşme

Kayaçlar içerisinde az oranda bulunan alterasyon türlerinden biri de killeşmedir. Genellikle kahverenginde kloritleşme ile birlikte görülmektedir (Şekil 35a).

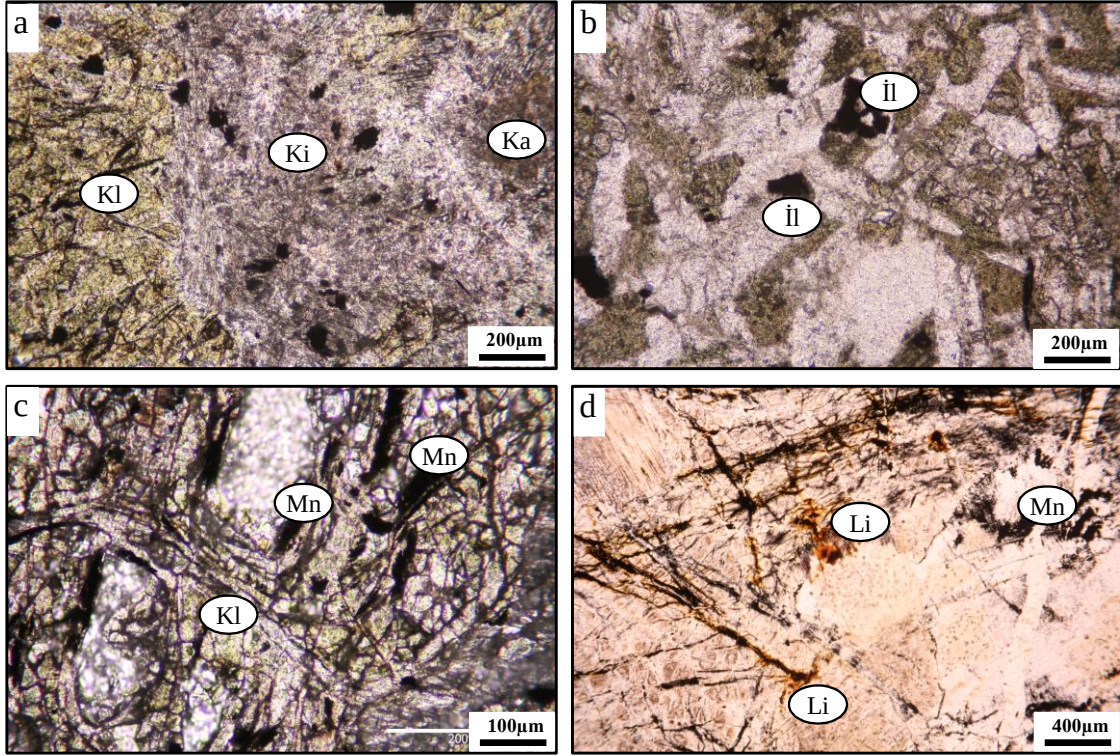
Tipik olarak iskelet dokusu gösteren ilmenitler siyah renkte olup, kloritleşmeye ve kalsitleşmeye eşlik etmektedirler (Şekil 35b). Özellikle bazaltik kayaçlar içerisindeki ilmenitlerin alterasyona uğramaları sonucunda demiroksit minerali olan lökoksenler oluşmuştur. Çalışma alanındaki çoklukla serpantinitleşme içerisinde gözlenen manyetitler olivinlerin bozuşmaları sonucu oluşmuştur. Oluşan manyetitlerin bozuşmaları limonitleşmeye sebep olmuştur (Şekil 35c,d).



Şekil 33. Çalışma alanındaki ultaramafik kayalarda gözlenen; a) serpantin minerali; b) Olivin adacıkları; c-d) Kloritleşmenin çalışma alanındaki; e-f) Bazalt içerisinde boşluk dolgusu olarak gelişen kloritleşmiş plajiyoklasın ve zeolitin ÇN görünümleri. Se: Serpantinleşme, Ol: Olivin, Ki: Killeşme, Kl: Kloritleşme, Op: Opak Mineral.



Şekil 34. Bazaltik kayalar içerisinde gözlenen; a) epidotlaşmanın çalışma alanındaki; b) ince kesitlerdeki; c,d) kalsitleşmenin, e) silisleşmenin; f) cevherli zona yaklaştıkça hematitleşme ile gözlenen silisleşmenin, g-h) hematitleşmenin; görünümleri, (Ep: Epidotlaşma, Ki: Killeşme, Ka: Kalsitleşme, Si: Silisleşme, Hem: Hematitleşme).



Şekil 35. Bazaltik kayalardaki; a) Killeşme; b) iskelet dokusu gösteren ilmenitleşme; e,f) Ultramafik kayalar içerisindeki manyetit oluşumları (Ep: Epidotlaşma, Ki: Killeşme, Ka: Kalsitleşme, İl: İlmenitleşme, Mn: Manyetit, Li: Limonitleşme).

3.8. Kütle Değişim Hesaplamaları

3.8.1. Yöntemler

Hidrotermal alterasyon sonucunda kayaların bünyelerinde bulunan bazı elementler ortamdan uzaklaşırken bazıları da zenginleşme göstermektedirler. Alterasyondan en az etkilenmiş veya etkilenmemiş kayacın kimyasal bileşimi ile altere olmuş kayacın kimyasal bileşimi arasındaki değişimleri ve bu değişimin miktarını kütle değişim hesaplamaları ile belirlemek mümkündür. Bu konu ile ilgili ilk çalışmayı Greisens 1967’de yapmıştır. Bu çalışmada Grant (1986) izokon yönteminin, Huston (1993) tarafından geliştirilmiş versiyonu kullanılmıştır.

Grant (1986), altere olmamış kayacın içerdiği elementlerin konsantrasyonlarını x eksenine, altere kayacın içerdiği element konsantrasyonlarını da y eksenine yerleştirerek bir grafik çizmiştir. Daha sonra bu grafikte bulunan noktalar arasından orijinden geçecek şekilde izokon doğrusunu çizmiştir. Grant’ın bu çalışmasında hangi noktanın hangi elemente

karşılık geldiğinde zorluklar yaşanmaktadır. Bu sebeple Huston (1993) ve Greisens (1967) tarafından önerilen bu çalışmayı geliştirerek daha anlaşılır hale gelmesini sağlamıştır (Barret ve Macellan, 1991; Shriver ve Mclean, 1993; Barret ve Huston, 1993).

Huston (1993) tarafından hazırlanan izokon yönteminde, altere olmuş ve altere olmayan kayaç içerisindeki hareketsiz elementler tespit edilmesi gerekmektedir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda Al, Zr, Hf, Nb, Ti ve Y gibi elementler hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu elementler arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanır ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan elementler belirlenir. Az altere kayaçtaki her bir elementi (Ci^0), altere kayaçtaki konsantrasyonunu (Ci^A), ölçeklendirme faktörü ise (Fi) (1) nolu formül ile tüm ana ve iz elementler için hesaplanır.

$$Fi = ni / Ci^0 \quad (1)$$

Tüm elementlerin ölçeklendirme faktörü hesaplandıktan sonra ölçeklendirme değeri (Ci^S) (2) nolu formül ile hesaplanır. Ölçeklendirme işlemi yapılırken alterasyondan çok etkilenen elementlerin orjine yakın, alterasyondan az etkilenen elementlerin orjinden uzağa ve alterasyondan etkilenmeyen hareketsiz elementlerin ise diğerlerinin arasına dağıtılmasına dikkat edilir. Hesaplama işlemleri yapıldıktan sonra altere olmamış örneğin ölçeklendirilmiş değerleri x eksenine, altere olmuş örneğin ölçeklendirilmiş değerleri y eksenine yerleştirilerek bir grafik çizilir. Daha sonra merkezden geçecek şekilde izokon doğrusu çizilerek bu doğrunun hem orijinden hem de hareketsiz elementler üzerinden geçmesine dikkat edilir. Bu doğrunun üst kısmında kalan elementlerin konsantrasyonlarında artış, doğrunun altında kalan elementlerin konsantrasyonlarında ise azalma olduğu kabul edilir. Bu doğrunun üzerine düşen elementler ise hareketsiz elementler olup, konsantrasyonlarında artış veya azalma olmadığı kabul edilir.

$$Ci^S = Fi * Ci \quad (2)$$

Çizilen izokon doğrusunun eğimi (m) hesaplanarak, kütle değişimi veya artışı olup olmadığı belirlenir. Eğimin; $m > 1$ olduğu durumlarda kütle kaybının meydana geldiğini, $m < 1$ ise kütle artışının meydana geldiğini ve $m = 1$ ise de kütle değişimin olmadığını gösterir. Bu işlemlerden sonra, altere olmamış kayaca göre her altere kayacın % kütle değişimi (3) nolu formül ile, 100 grama göre net kütle değişimi ise (4) nolu formül ile hesaplanır. Altere

olmamış kayaca göre meydana gelen net kütle değişimi ise (5) nolu formül kullanılarak sahada alterasyon sonucunda bir artışın, kaybın veya değişimin olup olmadığını belirlenebilir.

$$\Delta C_i^A(\%) = 100(C_i^A / (mC_i^0) - 1) \quad (3)$$

$$\Delta C_i^A = (g/100g) = (\Delta C_i^A(\%)/100) (C_i^A (g/100g)) \quad (4)$$

$$\Delta M^A(\%) = 100(1/m - 1) \quad (5)$$

F_i = Ölçeklendirme faktörü

C_i^S = Ölçeklendirme değeri

C_i^A = i elementinin altere kayaçtaki konsantrasyonu

C_i^0 = Altere olmamış kayaçtaki i elementinin konsantrasyonu

M^A = Kütle değişimi miktarı

m = İzokonun eğimi

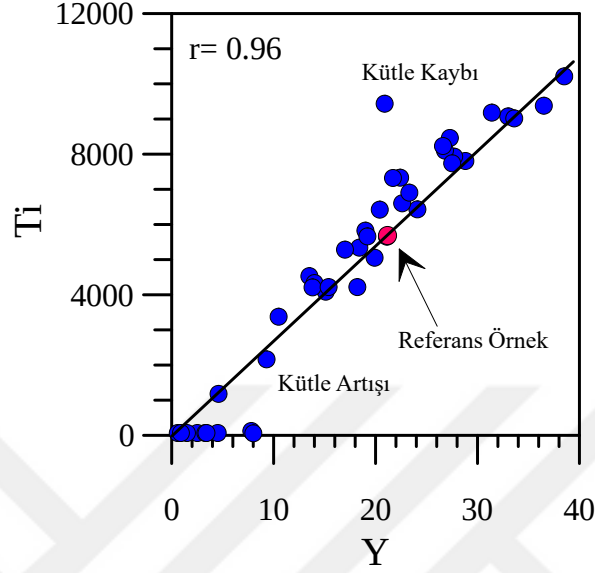
3.8.2. Kütlesel ve Kimyasal Değişimler

Çalışma alanında, cevherin taban kayacı konumunda olan bazaltlardan cevhere örtü durumunda olan şeyllerle uzanan bir yol boyunca örnekleme yapılmıştır. Bu hat boyunca alınan örneklerin analiz sonuçları kullanılarak (Ek Tablo 1) hareketsiz olarak kabul edilen elementler arasında en yüksek korelasyona sahip elementler tesbit edilmiştir. Bu çalışma da Y-Ti korelasyonu en yüksek değeri vermektedir ($r=0.96$) (Şekil 36).

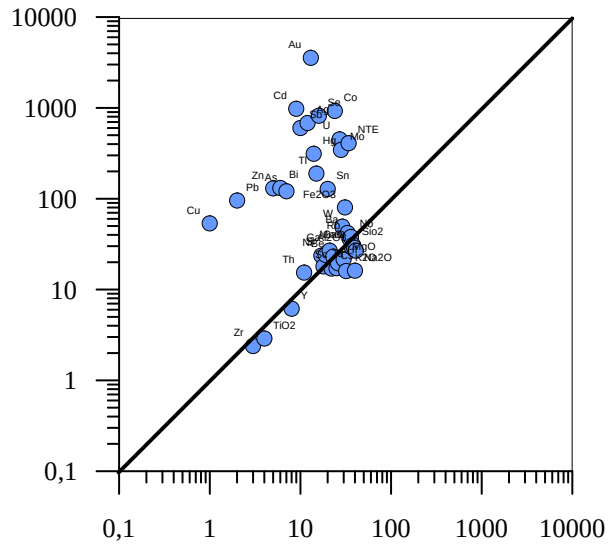
Ölçeklendirme işlemi yapılarak hesaplanan değerler Tablo 2’de verilmiştir. Elementlere verilen değerler “ n_i ”, x eksenine, hesaplanarak elde edilen değerler “ C_i^S ” y eksenine yerleştirilerek çizilen grafikte merkezden geçecek şekilde izokon doğrusu çizilmiştir. Çizilen izokon doğrusunun eğimi $m=0,96$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre $m<1$ olduğu için hidrotermal alterasyona bağlı kütle artışı meydana gelmiştir (Şekil 37). Buna göre Küre bölgesinde hidrotermal alterasyona bağlı olarak % 4,16’lık bir kütle artışı meydana gelmiştir.

İzokon doğrusu çizildikten sonra bazı ana elementlerin (Nb, Rb, Ta, Be) fazla hareket etmediği, ayrıca kütlelerinde önemli değişiklikler meydana gelmediği görülür. Bunların

yanında MgO, K₂O ve Na₂O değerlerinde azalmalar görülürken, Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Cd değerlerinde önemli artışlar meydana gelmiştir (Şekil 38).



Şekil 36. Küre (Mağaradoruk) bölgesinden alınan örneklerin içerdiği Y-Ti elementlerinin birbirleriyle olan ilişkilerini gösteren grafik (r: Y-Ti elementleri arasındaki korelasyon katsayısı).



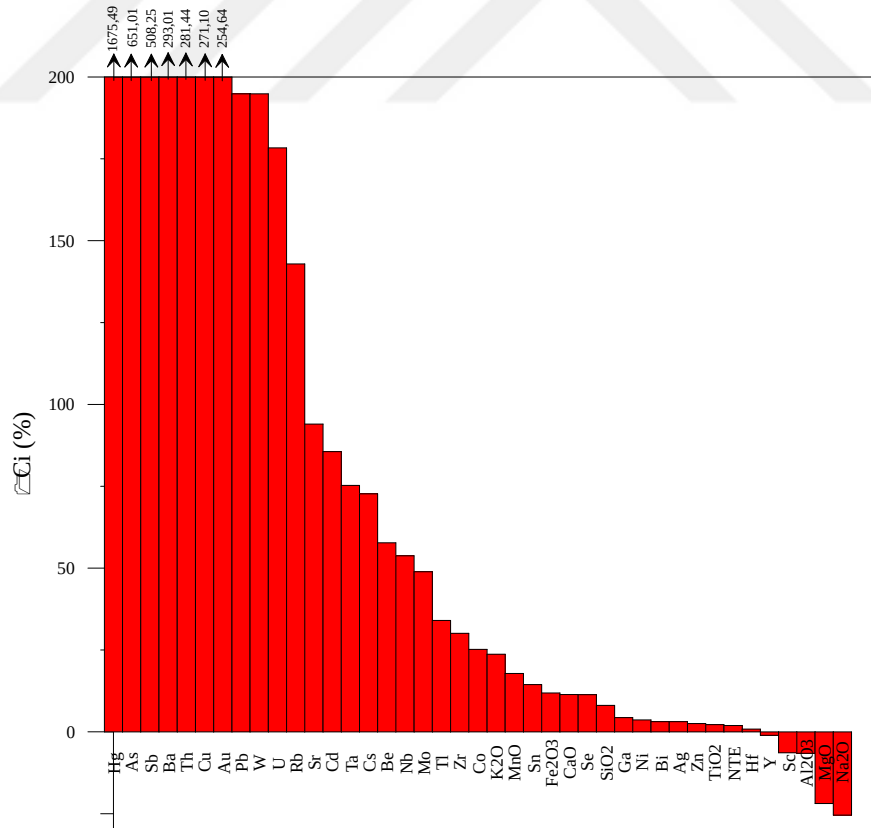
Şekil 37. Küre (Mağaradoruk) bölgesinden alınan örneklerdeki element dağılımı ve hareketsiz elementler kullanılarak çizilen izokon diyagramı

Tablo 2. Altere ve altere olmamış kayalarındaki elementlere ait analiz sonuçları ve hesaplanmış değerler

<i>Elementler</i>	<i>Ci⁰</i>	<i>Ci^A</i>	<i>ΔCi(%)</i>	<i>ΔCi (g/100g)</i>
<i>Cu</i>	56,7	3038,95	5483,02	166626,27
<i>Pb</i>	0,5	23,93	4885,42	1169,08
<i>Zr</i>	64,4	51,25	-17,10	-8,77
<i>TiO²</i>	1,15	0,83	-24,82	-0,21
<i>Zn</i>	56	1456,32	2608,93	37994,35
<i>Bi</i>	0,1	2,19	2181,25	47,77
<i>As</i>	4,6	79,47	1699,59	1350,67
<i>Y</i>	23,3	17,89	-20,02	-3,58
<i>Cd</i>	0,1	10,87	11222,92	1219,93
<i>Sb</i>	0,1	6,00	6150,00	369,00
<i>Th</i>	0,2	0,28	45,83	0,13
<i>Ag</i>	0,1	5,69	5827,08	331,56
<i>Au</i>	0,5	136,95	28431,25	38936,60
<i>Hg</i>	0,27	6,02	2222,53	133,80
<i>Tl</i>	0,1	1,26	1212,50	15,28
<i>Se</i>	0,5	25,64	5241,67	1343,96
<i>Ni</i>	52,4	72,82	44,76	32,59
<i>Ta</i>	0,1	0,10	4,17	0,00
<i>Sr</i>	58,3	73,99	32,20	23,83
<i>Sn</i>	1	6,40	566,67	36,27
<i>Ga</i>	14,7	18,72	32,65	6,11
<i>Cs</i>	1,2	0,93	-19,27	-0,18
<i>Be</i>	1	1,00	4,17	0,04
<i>Co</i>	36	1388,20	3916,78	54372,77
<i>Sc</i>	36	24,77	-28,33	-7,02
<i>Hf</i>	2,3	1,73	-21,65	-0,37
<i>U</i>	0,1	1,67	1639,58	27,38
<i>Mo</i>	0,9	11,09	1183,56	131,26
<i>W</i>	0,5	0,85	77,08	0,66
<i>MgO</i>	6,39	4,58	-25,34	-1,16
<i>Fe₂O₃</i>	9,62	24,86	169,19	42,06
<i>K₂O</i>	0,3	0,15	-47,92	-0,07
<i>Ba</i>	23	29,26	32,52	9,51
<i>NTE</i>	6,32	76,10	1154,29	878,41
<i>Rb</i>	4,1	4,22	7,22	0,30
<i>Nb</i>	1,2	1,26	9,38	0,12
<i>MnO</i>	0,14	0,11	-18,15	-0,02
<i>SiO₂</i>	48,42	39,27	-15,52	-6,09
<i>CaO</i>	6,33	4,70	-22,66	-1,06
<i>Na₂O</i>	4,66	1,88	-57,98	-1,09
<i>Al₂O₃</i>	15,69	10,24	-32,02	-3,28

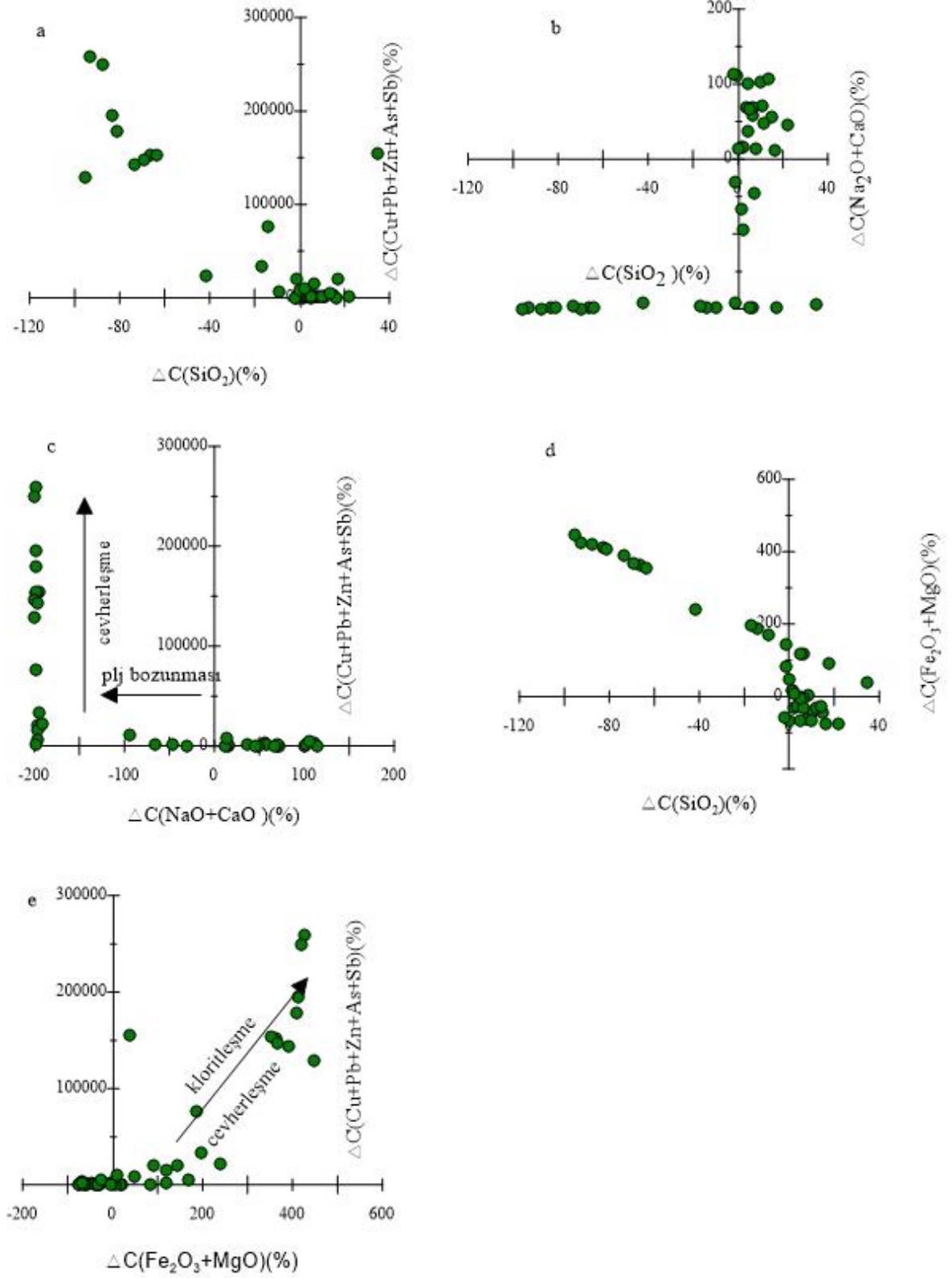
- C_i^0 : Orijinal kayadaki element miktarı.
 C_i^A : Altere kayaç içerisindeki i elementinin konsantrasyonu.
 n_i : Elementlere verilen değerler.
 C_iS : Ölçeklendirilmiş değerler.
 $\Delta C_i(\%)$: Elementlerin nisbi kütle değişimleri.
 $\Delta C_i (g/100g)$: Elementlerin nisbi kütle değişimleri.

Az altere kayaca göre nisbi kütle değişimi yüzey örneklerine (3) nolu formül kullanılarak hesaplanmış ve Şekil 38'deki grafik çizilmiştir. Bu grafiğe göre elementlerin % kütle değişimlerine bakıldığında ise; Au (% 28431), Cd (%11222,92), Sb (%6150,00) Ag (5827,08) Cu (%5483,02), Se (5241,67), Pb (%4885,42), Co (3916,78) ve Zn (2608,93) değerlerinde önemli artışlar meydana gelmiştir. Öte yandan Na_2O (%57,98), Al_2O_3 (%32,02), K_2O (47,92), Sc (%28,33) ve MgO (%25,34) elementlerinde azalmalar meydana geldiği görülmüştür (Şekil 38).



Şekil 38. Küre (Mağaradoruk) bölgesinden alınan örneklerde alterasyondan etkilenen örneklerin hareketsiz elementlere göre hesaplanmış % değişimlerini gösteren grafik grafiği yeniden çiz demiştım

SiO_2 'nin cevher elementlerine karşı değişim diyagramları incelendiğinde; cevherleşmenin genel olarak silisleşme ile görüldüğü üzere silisleşme artarken sadece birkaç örnekte artış olduğu görülmektedir (Şekil 39a). Şekil 39b'de yüzeysel şartlarda çözeltilerin etkisi ile plajiyoklaslar bozunmuşlardır. Kayaçların bünyesindeki Na ortamdan uzaklaşmıştır. Fakat silisleşme ile plajiyoklas bozunması arasında net bir ilişki görülememiştir. $\text{Na}+\text{Ca}$ değerlerindeki azalma plajiyoklasların hidroliz sebebiyle bozunması şeklinde açıklanabilir. $\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO}$ ile cevherleşme arasında da birkaç örnek dışında bir ilişki görülememiştir (Şekil 39c). Silisleşme ile kloritleşme arasında negatif bir ilişki görülmektedir (Şekil 39d). Klorit arttıkça silisleşme azalmaktadır. Kloritleşme ile cevherleşmenin ilişkili olduğunu birkaç örnek dışında kloritleşme artıkça cevherleşme arttığını görülmektedir (Şekil 39e).



Şekil 39. Alterasyon sonucunda elementlerin kütlelerinde meydana gelen % değişimlerin birbirleriyle olan ilişkileri

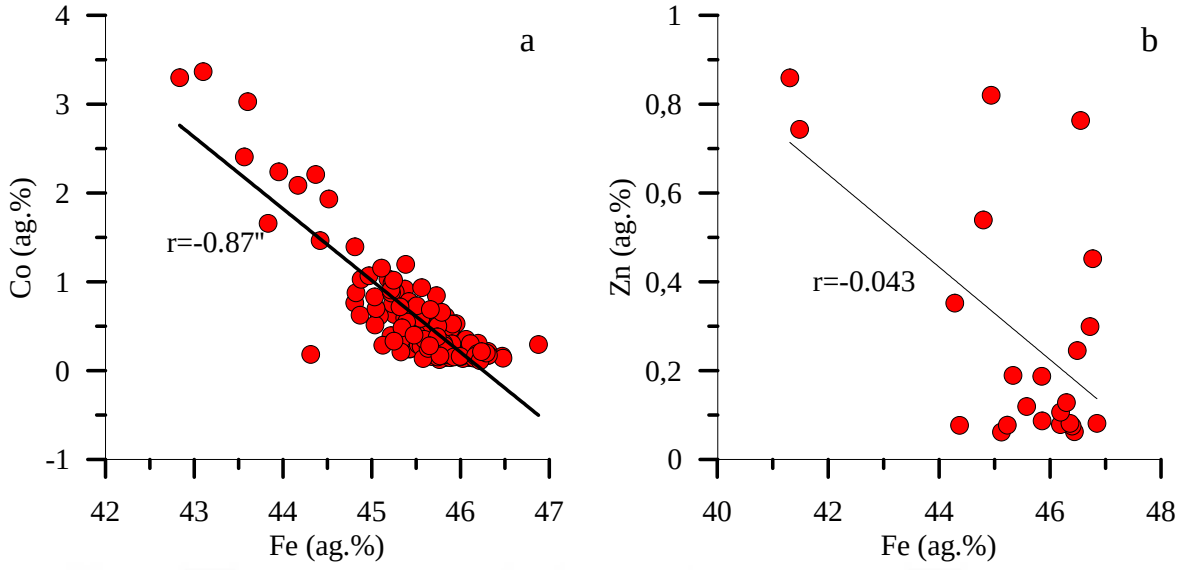
3.9. Mineral Kimyası

Küre (Kastamonu) masif sülfid yatağını oluşturan cevher minerallerinin mineral bileşimlerini belirlemek, farklı evrelerde oluşan minerallerin bileşimlerindeki farklılıkları ortaya koymak ve bu yatağı oluşturan çözeltilerin kökensel özelliklerini değerlendirmek amacıyla çeşitli sülfid minerallerinden mikroprop analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.9.1. Pirit

Cevher mikroskobisi çalışmaları Küre masif sülfid yatağındaki piritlerin 2 farklı evrede oluştuğunu göstermiştir. Bunlar masif, iri kristalli piritler olup yer yer kendisinden sonra oluşan kalkopirit ve sfaleritler tarafından ornatılmıştır. Ayrıca pirit-1 minerali iskelet dokusu ile karakteristiktir. Bundan dolayı pirit minerallerinde gerçekleştirilen mineral kimyası analizleri her 2 evreyi de temsil edecek şekilde yapılmış olup, temsili analiz sonuçları Tablo 3’de diğer analiz sonuçları ise Ek Tablo 2’de verilmiştir.

Her 2 evreye ait piritlerin bileşimlerinde belirgin bir farklılık gözlenmediğinden analiz sonuçları birlikte verilmiştir. Buna göre piritler, ana bileşenini oluşturan Fe ve S’in dışında iz element olarak Co, Cu, Pb, Zn, As, Ni ve Au içermektedir. Bu elementlerin pirit içindeki bollukları en yüksek değerler olarak Co: 3,37 ağı.%, Cu: 1,49 ağı.%, Pb: 6,99 ağı.%, Zn: 0,86 ağı.%, As: 0,86 ağı.%, Ni: 0,21 ağı.% ve Au: 0,18 ağı.% şeklindedir. Bunlardan Pb yalnızca 3 ölçümde 5,23 ağı.%; 6,57 ağı.% ve 6,99 ağı.% şeklinde ölçülmüştür. Bu 3 ölçümün dışındaki Pb değerlerinin tamamı 0,91 ağı.% değerinin altındadır. Piritlerin Ni içerikleri 1 ölçümün dışında dedeksiyon sınırının altındadır. Buna karşın piritlerin tamamına yakınının Co içeriği ölçüm sınırının üzerinde olup en yüksek değer olarak 3,37 ağı.%’ye ulaşmaktadır. Bu elementlerden Fe ile Co arasında anlamlı, yüksek negatif korelasyon ($r = -0.87$; $p < 0.01$) (Şekil 40a), Fe ile Zn arasında herhangi bir ilişki gözükmemektedir ($r = -0.043$) (Şekil 40b) belirlenmiştir.

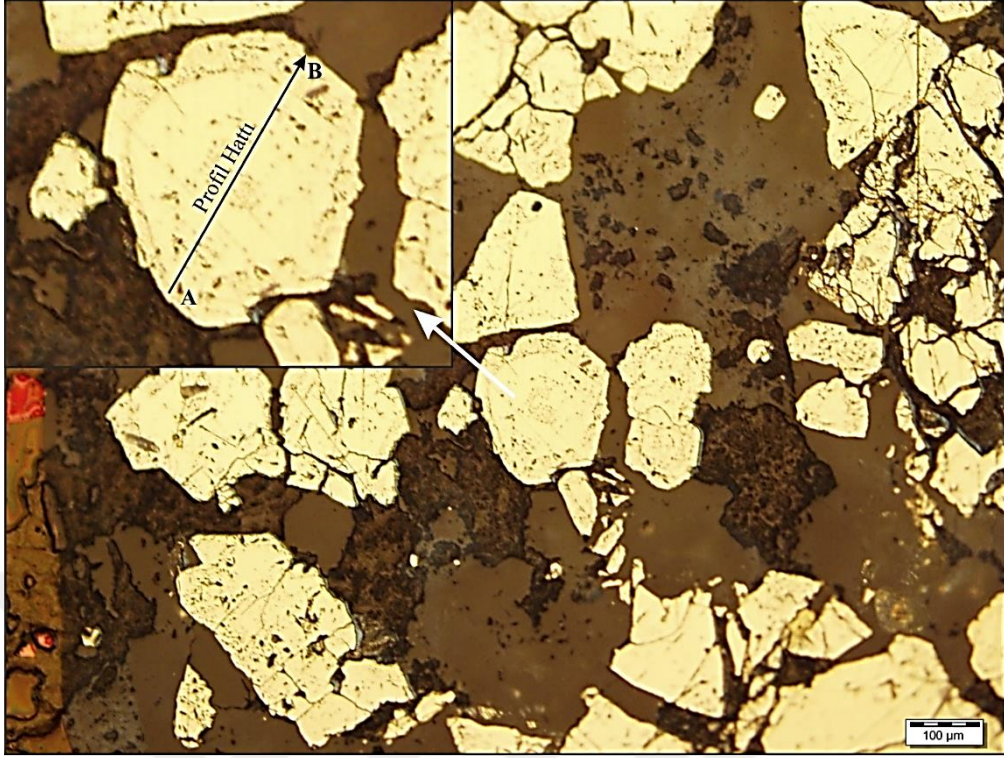


Şekil 40. a) Pirit minerallerinde Fe ile Co arasındaki, b) piritlerde Fe ile Zn arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram.

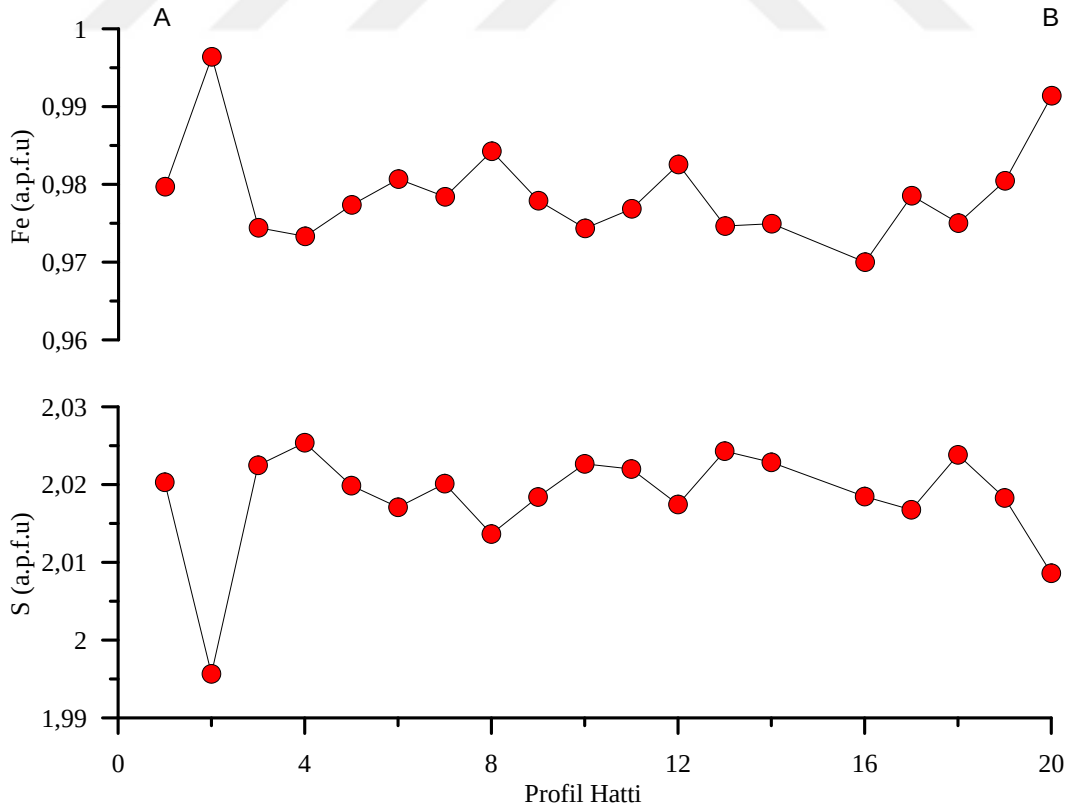
Cevher parajenezinde bulunan ilk evre piritlerde yaygın olarak zonlu yapılar gözlemlendiğinden mineral kimyası analizlerinin bir kısmı, bu zonlu yapılar boyunca gelişebilecek olası bileşimsel değişimleri belirlemek amacıyla belirli profil hatları boyunca yapılmıştır. Zonlu piritlerden belirli profil hatları boyunca yapılan 6 adet profil analizinde profil hattı boyunca Fe ile S arasında önemli zonlanmalar belirlenmiştir. Buna göre profil hattı boyunca Fe'nin yüksek olduğu yerlerde S değerinde düşüş, Fe'nin düştüğü yerlerde ise S değerinde bir artış dikkati çeker (Şekil 41,42,43,44). Analizi yapılan diğer elementlerde profil hatları boyunca dikkate değer bir değişim belirlenmemiştir. Bu profil hattı boyunca elde edilen element değişimleri Tablo 4 ve 5'te verilmiştir.

Tablo 3. Küre (Kastamonu) VMS yatağı farklı evre piritlerine ait seçilmiş elektron mikroprob analiz verileri

	Örnek	S	Fe	Cu	As	Pb	Ni	Co	Total	fS	fFe	fCu	fAs	fPb	fNi	fCo	fTotal
Pirit I	4_c1	54,37	45,38	0,22				1,20	101,17	2,009	0,963	0,004				0,024	3
	4_c4	54,05	46,03					0,19	100,26	2,012	0,984					0,004	3
	4_c5	54,08	42,84					3,30	100,21	2,016	0,917					0,067	3
	4_c6	54,50	45,64						100,14	2,026	0,974						3
	622_1	54,45	45,76			0,28			100,49	2,023	0,976			0,002			3
	622_c5	54,78	46,05					0,32	101,15	2,019	0,975					0,006	3
	622_c3	54,82	46,09			0,21		0,15	101,27	2,021	0,975			0,001		0,003	3
	696_c4	54,68	45,79						100,47	2,026	0,974						3
	696_c1	54,35	45,70			0,37		0,59	101,01	2,014	0,972			0,002		0,012	3
	696_c2	53,91	45,43	0,59	0,09			0,27	100,29	2,010	0,972	0,011	0,001			0,005	3
	2_c2	54,82	45,61			0,22		0,45	101,11	2,023	0,966			0,001		0,009	3
Pirit II	4_c1	53,99	44,81	0,07		0,27		0,76	99,90	2,019	0,962	0,001		0,002		0,015	3
	4_c3	54,14	46,11		0,13				100,38	2,013	0,985		0,002				3
	622_1_3	54,06	46,03			0,20		0,14	100,42	2,012	0,984			0,001		0,003	3
	622_1_4	53,91	45,77	0,09	0,18	0,19			100,14	2,013	0,981	0,002	0,003	0,001			3
	622_1_5	54,06	45,88					0,15	100,09	2,015	0,982					0,003	3
	696_c3	54,65	46,31					0,17	101,13	2,016	0,981					0,003	3
	696_c3	54,40	45,92						100,32	2,021	0,979						3
	696_c4	54,27	45,80	0,07		0,31			100,45	2,019	0,978	0,001		0,002			3
	2_c4	54,66	45,97					0,33	100,96	2,019	0,975					0,007	3
	2_c4	54,31	45,56				0,07	0,27	100,20	2,020	0,973				0,001	0,006	3
	2_c4	54,46	45,74				0,07	0,15	100,43	2,021	0,974				0,001	0,003	3



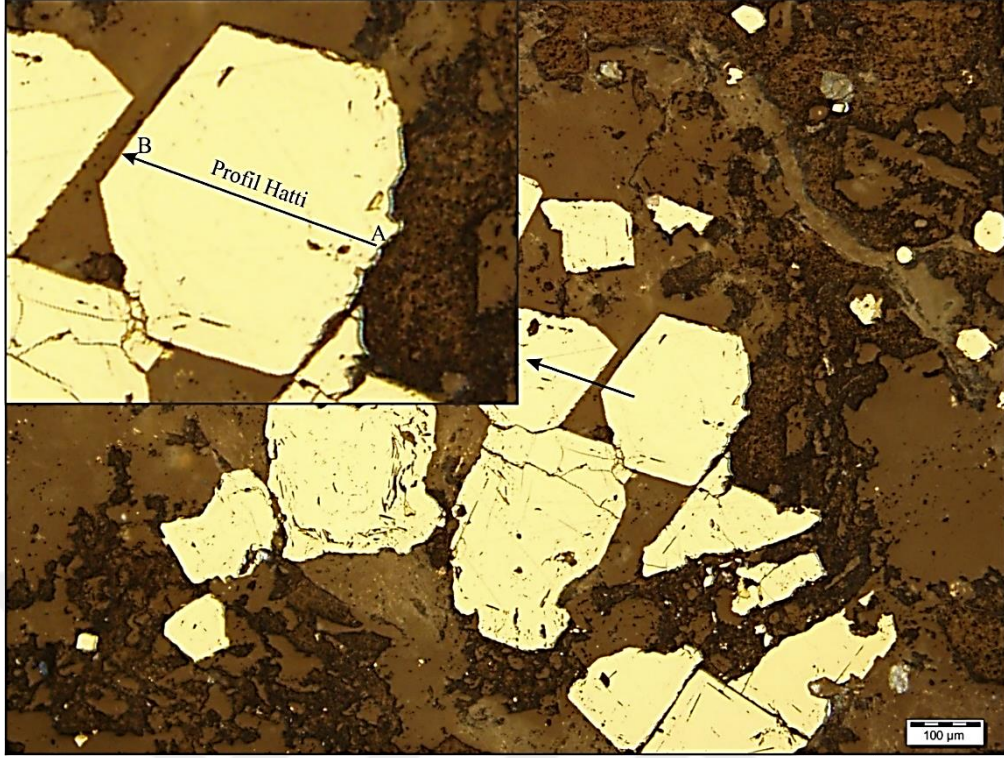
Şekil 41. 1 numaralı profil analizinin yapıldığı pirit minerali ve analiz hattı



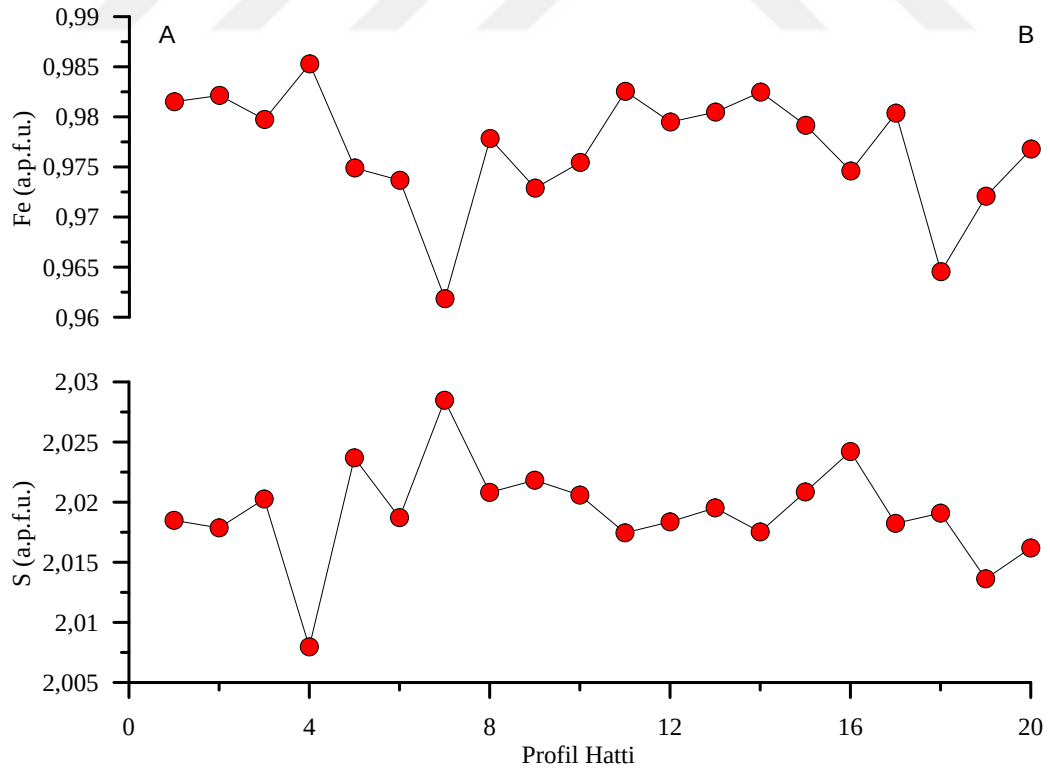
Şekil 42. 1 numaralı profil analizinin yapıldığı hat boyunca Fe ve S değişimleri

Tablo 4. Küre (Mağaradoruk) VMS yatağı zonlu piritlerden ölçülen 1 nolu profile ait elektron mikroprob analiz verileri

ZONLU PİRİT PROFİL-1	Örnek	S	Ag	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Co	Total	fS	fAg	fFe	fCu	fZn	fAs	fPb	fCo	fTotal
	2e_c1	54,13		45,72						99,85	2,020		0,980						3
	2e_c1	52,97	0,06	46,06					0,35	99,45	1,996	0,001	0,996					0,007	3
	2e_c1	54,80		45,98					0,15	100,93	2,022		0,974					0,003	3
	2e_c1	54,83		45,90				0,23		100,96	2,025		0,973				0,001		3
	2e_c1	55,15		46,48					0,14	101,76	2,020		0,977					0,003	3
	2e_c1	54,84		46,44		0,06		0,19		101,53	2,017		0,981		0,001		0,001		3
	2e_c1	54,80		46,23				0,26		101,29	2,020		0,978				0,001		3
	2e_c1	54,50	0,07	46,40		0,08				101,03	2,014	0,001	0,984		0,001				3
	2e_c1	54,83		46,27	0,08		0,07	0,21		101,45	2,018		0,978	0,001		0,001	0,001		3
	2e_c1	54,74		45,93			0,09	0,28		101,03	2,023		0,974			0,001	0,002		3
	2e_c1	54,63		45,97				0,20		100,80	2,022		0,977				0,001		3
	2e_c1	54,54		46,27						100,81	2,017		0,983						3
	2e_c1	55,01		46,14				0,19		101,34	2,024		0,975				0,001		3
	2e_c1	54,79		45,99	0,12					100,89	2,023		0,975	0,002					3
	2e_c1	54,85		45,91				0,19	0,52	101,47	2,018		0,970				0,001	0,010	3
	2e_c1	54,80		46,31				0,22	0,17	101,51	2,017		0,979				0,001	0,003	3
	2e_c1	55,04		46,18				0,20		101,43	2,024		0,975				0,001		3
	2e_c1	54,43		46,05				0,22		100,70	2,018		0,980				0,001		3
	2e_c1	53,81		46,26						100,08	2,009		0,991						3



Şekil 43. 2 numaralı profil analizinin yapıldığı pirit minerali ve analiz hattı



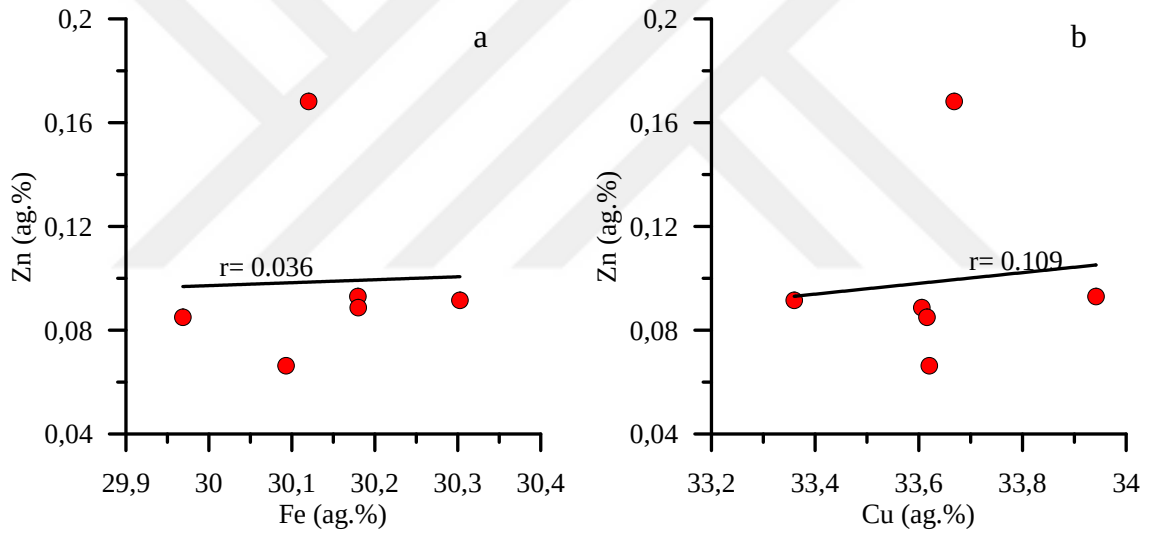
Şekil 44. 2 numaralı profil analizinin yapıldığı hat boyunca Fe ve S değişimleri

Tablo 5. Küre (Kastamonu) VMS yatağı zonlu piritlerden ölçülen 2 nolu profile ait elektron mikroprob analiz verileri

ZONLU PİRİT PROFİL-2	Örnek	S	Ag	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Co	Total	fS	fAg	fFe	fCu	fZn	fAs	fPb	fCo	fTotal
	2_c3	54,79		46,40						101,19	2,018		0,982						3
	2_c3	54,54		46,24						100,78	2,018		0,982						3
	2_c3	54,48		46,02						100,49	2,020		0,980						3
	2_c3	53,81	0,06	45,99			0,30	0,22		100,39	2,008	0,001	0,985			0,005	0,001		3
	2_c3	55,04		46,19		0,08				101,31	2,024		0,975		0,001				3
	2_c3	54,89		46,11				0,27	0,30	101,57	2,019		0,974				0,002	0,006	3
	2_c3	54,90		45,34					0,48	100,72	2,028		0,962					0,010	3
	2_c3	54,70		46,11				0,24		101,05	2,021		0,978				0,001		3
	2_c3	54,61	0,07	45,77				0,21	0,17	100,82	2,022	0,001	0,973				0,001	0,003	3
	2_c3	54,89		46,15				0,20	0,14	101,39	2,021		0,975				0,001	0,003	3
	2_c3	54,34		46,09						100,43	2,017		0,983						3
	2_c3	54,84	0,06	46,36		0,08				101,35	2,018	0,001	0,979		0,001				3
	2_c3	54,70		46,26						100,96	2,020		0,980						3
	2_c3	54,77		46,45						101,22	2,018		0,982						3
	2_c3	54,21		45,75						99,97	2,021		0,979						3
	2_c3	54,78		45,94				0,21		100,93	2,024		0,975				0,001		3
	2_c3	54,63		46,22				0,24		101,09	2,018		0,980				0,001		3
	2_c3	54,46		45,32				0,33	0,72	100,83	2,019		0,965				0,002	0,014	3
	2_c3	54,46		45,79				0,19	0,66	101,09	2,014		0,972				0,001	0,013	3
	2_c3	54,74		46,19		0,11		0,22	0,19	101,45	2,016		0,977		0,002		0,001	0,004	3

3.9.2. Kalkopirit

Küre masif sülfid cevherinde belirlenen iki farklı kalkopirit minerallerinden yapılan mineral kimyası temsili örneklerin analiz sonuçları Tablo 6'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre kalkopiritler oldukça saf bileşimde olup, mineralin ana bileşenini oluşturan Fe, Cu ve S'in dışında iz element olarak Zn, Pb, Co ve Ag içermektedir. Az sayıda mineralde ölçülen bu elementlerin en yüksek değerleri Zn: 0,75 ağ.%, Pb: 0,41 ağ.%, Co: 0,41 ağ.% ve Ag: 0,09 ağ.% şeklindedir. Bunların dışında ölçümü yapılan As, Se, Sb, Ni, Mn, Au, Cd, Sn ve Te elementlerinin değerleri ölçüm sınırlarının altındadır. Kalkopiritlerde Fe ile Zn (Şekil 45a) arasında gözlenen negatif korelasyon Fe ile Zn arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Cu ile Zn arasında (Şekil 45b) anlamsız bir ilişki görülmektedir.



Şekil 45. a) Kalkopiritlerde Fe ile Zn arasındaki, b) kalkopiritlerde Cu ile Zn arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram

Tablo 6. Küre (Kastamonu) VMS yatağı zonlu kalkopiritlere ait elektron mikroprob analiz verileri

KALKOPİRİT	Örnek	S	Ag	Fe	Cu	Zn	Se	Pb	Co	Total	fS	fAg	fFe	fCu	fZn	fSe	fPb	fCo	fTotal
	4_c1	34,82		30,18	33,94	0,09	0,06			99,09	2,008		1,000	0,988	0,003	0,001			4
	4_c5	35,12		30,09	33,62	0,07		0,27		99,16	2,023		0,995	0,977	0,002		0,002		4
	622_1	34,76		30,09	34,12					98,96	2,008		0,998	0,994					4
	622_1	35,10	0,08	30,11	33,79			0,19		99,26	2,020	0,001	0,995	0,981			0,002		4
	2_c2	35,11		30,09	34,11			0,31		99,62	2,016		0,992	0,989			0,003		4
	2_c2	35,42		30,20	34,05					99,67	2,026		0,991	0,983					4
	696_c1	35,76	0,06	30,28	33,22				0,07	99,39	2,044	0,001	0,994	0,958				0,002	4
	696_c2	35,12		30,18	33,61	0,09				99,00	2,023		0,998	0,977	0,003				4
	622_c1	35,31		30,06	34,16			0,26		99,79	2,022		0,988	0,987			0,002		4
	622_c1	35,35		30,22	34,07				0,06	99,71	2,022		0,992	0,983				0,002	4
	622_c2	35,59		30,29	33,95			0,20		100,03	2,030		0,992	0,977			0,002		4
	622_c2	35,52		30,13	33,87			0,20		99,72	2,031		0,989	0,978			0,002		4
	622_c3	34,81		29,58	33,35			0,24		97,98	2,028		0,990	0,980			0,002		4
	622_c4	35,47		30,10	33,61			0,23		99,42	2,034		0,991	0,972			0,002		4
	622_c4	35,33		30,17	33,62					99,13	2,030		0,995	0,975					4
	622_c5	35,32		30,04	33,52			0,20		99,08	2,032		0,993	0,973			0,002		4
	622_c5	35,35		30,05	33,68					99,08	2,032		0,992	0,977					4
	622_1	35,68		29,86	33,42				0,09	99,05	2,047		0,983	0,967				0,003	4
	622_2	35,27		29,91	33,91			0,24		99,32	2,027		0,987	0,984			0,002		4
	622_3	35,10		30,09	33,95					99,13	2,020		0,994	0,986					4

3.9.3. Sfalerit

Sfalerit minerallerinde yapılan mineral kimyası analiz sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. Buna göre sfaleritler, mineralin ana elementleri olan Zn ve S dışında önemli oranda Fe ve Cu içermektedir. Buna göre bütün sfaleritler 0.09 ağırlık % ile 14.81 ağırlık % arasında değişen demir içeriğine sahiptir. Benzer şekilde sfalerit analizlerinin çoğunda Cu tespit edilmiş olup, Cu değerlerinin 15.80 ağırlık %’a ulaştığı gözlenmiştir. Bu değerler Küre sfaleritlerinin önemli oranda Cu içerdiğini göstermektedir.

Sfaleritlerin tamamına yakını ölçüm sınırının (0.06 ağırlık %) üzerinde Cd içermekte olup bu değer en yüksek 0.61 ağırlık % olarak ölçülmüştür. Ölçümlerin bir kısmında değeri 27 ağırlık %’ye, Sn değeri ise 0.21 ağırlık %’ye ulaşmaktadır. İki adet ölçüme göre sfaleritlerin 0.13 ve 0.14 ağırlık % Au, bir ölçümde ise 0.10 ağırlık % Sb içerdiği gözlenmiştir.

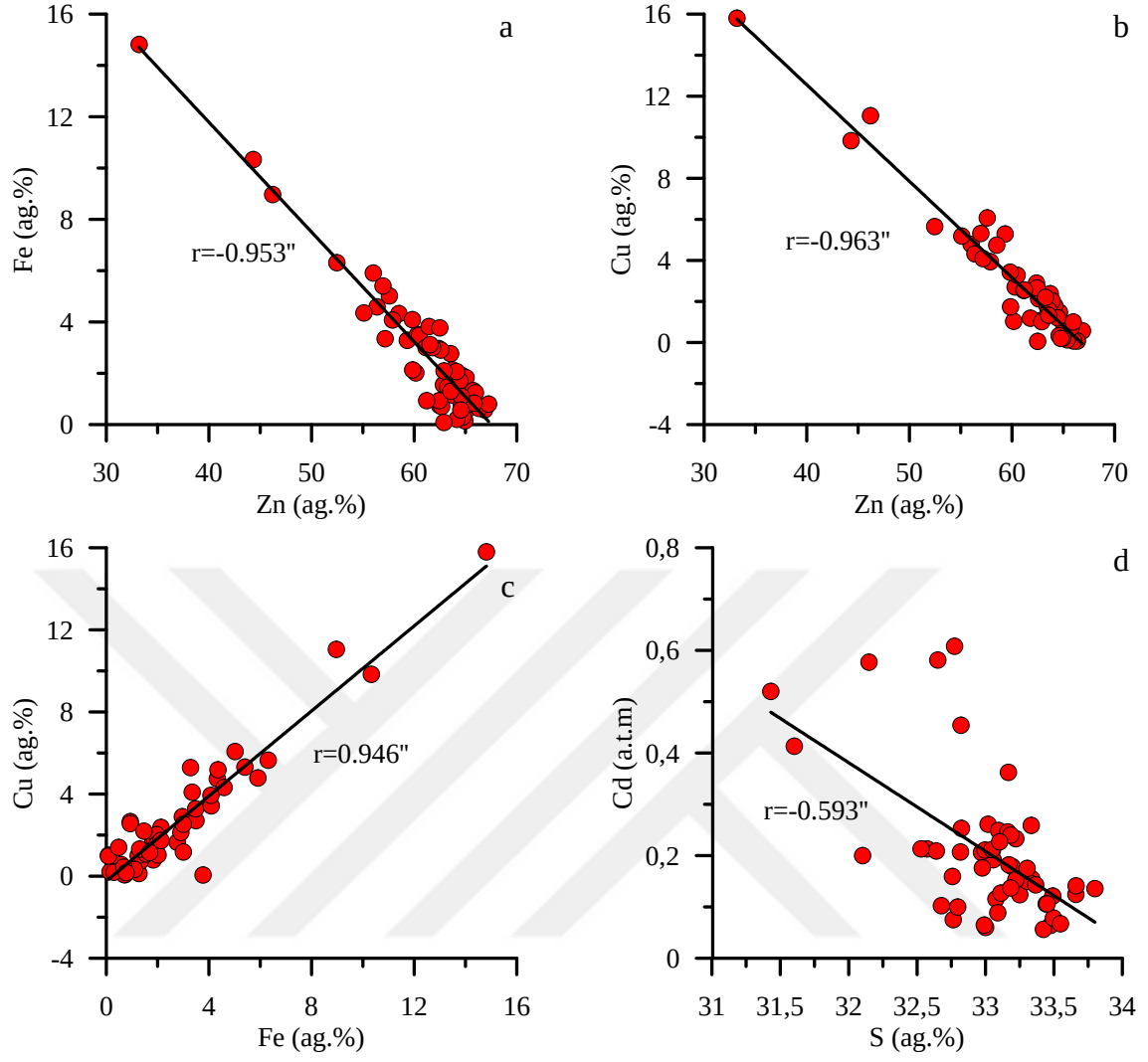
Analiz sonuçlarına göre Fe ile Zn arasındaki yüksek negatif korelasyon ($r = -0,953$; $p < 0,01$; Şekil 46a), Fe’nin Zn ile değiş-tokuş yaptığını göstermektedir. Benzer şekilde Zn ile Cu arasındaki yüksek negatif korelasyon da ($r = -0.963$; $p < 0,01$; Şekil 46b) Cu’nun sfaleritlerde önemli oranda Zn’nin yerini aldığını göstermektedir. Ancak Fe ile Cu arasındaki yüksek pozitif korelasyon ($r = 0,946$; $p < 0,01$; Şekil 46c) bu iki elementin birlikte hareket ettiğini ve her ikisinin Zn’nin yerini birlikte aldığı anlamına gelmektedir. Sfaleritlerde Cd katyonu ile Zn, Fe, Cu gibi diğer katyonlar arasında herhangi bir korelatif ilişki gözlenmezken, Cd ile S anyonu arasında anlamlı bir negatif korelasyon belirlenmiştir ($r = -0,593$; $p < 0,01$; Şekil 46d). Sfaleritlerin Zn/Cd oranları pek çok çalışmada kökensel özelliklerin belirlenmesinde kullanıldığından bu çalışmada da Zn/Cd oranları bütün sfaleritler için hesaplanmıştır. Buna göre bu oran 107 ile 1113,8 arasında değişmektedir (Tablo 7).

3.9.4. Galen

Galen minerallerinde yapılan mineral kimyası analiz sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Buna göre galenlerin iz element içerikleri oldukça düşük olup sınırlı miktarda Fe, Cu, Zn, Sb, Au ve Cd içermektedir. Bu elementlerin ölçüm sınırı üzerinde olan en yüksek değerleri Fe: 0.54 ağırlık %, Cu: 0.28 ağırlık %, Zn: 0.16 ağırlık %, Sb: 0.24 ağırlık %, Au: 0.17 ağırlık %, Cd: 0.11 ağırlık % şeklindedir.

Tablo 7. Küre (Kastamonu) VMS yatağı sfaleritlere ait elektron mikroprob analiz verileri

SFALERİT	Örnek	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Au	Co	Cd	Sn	Total	fS	fFe	fCu	fZn	fPb	fAu	fCo	fCd	fSn	fTotal	Zn/Cd
	4_c1	33,00	3,28	5,29	59,33				0,06	0,16	101,12	0,989	0,056	0,080	0,872				0,001	0,001	2	984,0
	4_c1	33,47	8,97	11,05	46,21				0,06		99,76	1,001	0,154	0,167	0,678				0,001		2	722,0
	4_c1	32,76	0,58	0,57	66,86				0,16	0,21	101,12	0,989	0,010	0,009	0,990				0,001	0,002	2	419,4
	4_c2	33,00	2,96	2,89	62,38	0,25					101,49	0,988	0,051	0,044	0,916	0,001					2	
	4_c2	33,42	2,76	1,65	63,56						101,39	0,997	0,047	0,025	0,930						2	
	4_c2	33,17	0,73	0,08	66,37				0,36		100,71	1,001	0,013	0,001	0,982				0,003		2	183,2
	4_c2	33,08	0,70	0,07	66,01	0,19		0,12	0,12		100,28	1,002	0,012	0,001	0,981	0,001		0,002	0,001		2	571,5
	4_c2	33,34	1,27	0,13	65,37	0,21			0,15		100,48	1,006	0,022	0,002	0,968	0,001			0,001		2	422,3
	4_c3	32,62	3,49	2,71	60,31	0,23		0,14			99,50	0,993	0,061	0,042	0,901	0,001		0,002			2	
	4_c3	33,49	2,04	1,75	64,18	0,18			0,12		101,76	0,998	0,035	0,026	0,938	0,001			0,001		2	529,1
	4_c3	33,38	2,13	2,38	63,73					0,09	101,71	0,995	0,037	0,036	0,932					0,001	2	
	4_c3	33,42	2,90	2,13	62,60	0,19			0,06		101,30	0,999	0,050	0,032	0,918	0,001			0,000		2	1113,8
	4_c4	33,44	14,81	15,80	33,20				0,11		97,36	1,010	0,257	0,241	0,492				0,001		2	313,2
	4_c4	33,25	1,92	1,47	64,63	0,24			0,12		101,63	0,995	0,033	0,022	0,948	0,001			0,001		2	521,6
	4_c4	33,09	3,48	3,28	60,50				0,09		100,44	0,996	0,060	0,050	0,893				0,001		2	682,9
	4_c4	33,50	5,02	6,07	57,58				0,08		102,25	0,989	0,085	0,090	0,834				0,001		2	734,5
	4_c4	33,55	10,33	9,83	44,32	0,19			0,07		98,29	1,013	0,179	0,150	0,657	0,001			0,001		2	660,6
	4_c5	33,20	1,83	0,79	65,06		0,13		0,18		101,18	0,996	0,032	0,012	0,958		0,001		0,002		2	364,1
	4_c5	33,05	1,32	0,72	65,74	0,27			0,21		101,31	0,994	0,023	0,011	0,969	0,001			0,002		2	311,7
	4_c5	33,03	1,81	1,79	64,16	0,20					100,99	0,994	0,031	0,027	0,947	0,001					2	
	4_c5	33,39	1,24	1,00	65,96						101,59	0,997	0,021	0,015	0,966						2	
	4_c6	33,14	6,31	5,65	52,47	0,19					97,76	1,014	0,111	0,087	0,787	0,001					2	
	4_c6	33,43	4,33	4,74	58,51						101,01	0,998	0,074	0,071	0,857						2	
	4_c6	32,76	1,88	1,79	63,41				0,08		99,92	0,995	0,033	0,027	0,944				0,001		2	844,4
	4_c6	32,99	1,96	2,03	63,92				0,06		100,97	0,992	0,034	0,031	0,943				0,001		2	986,5
	4_c6	32,68	2,00	1,58	63,56				0,10		99,92	0,993	0,035	0,024	0,947				0,001		2	621,3
	4_c6	32,82	1,71	1,20	64,45						100,18	0,994	0,030	0,018	0,958						2	
	622_c2	33,80	4,09	3,42	59,82	0,20		0,45	0,14	0,09	102,00	1,001	0,070	0,051	0,869	0,001		0,007	0,001	0,001	2	440,5
	622_c2	33,66	5,91	4,78	56,01			0,44	0,12		100,93	1,002	0,101	0,072	0,817			0,007	0,001		2	449,9



Şekil 46. a) Sfaleritlerde Zn ile Fe arasındaki, b) Zn ile Cu arasındaki, c) Fe ile Cu arasındaki, d) Cd ile S arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram

Tablo 8. Küre (Kastamonu) VMS yatağı galenlere ait elektron mikroprob analiz verileri

GALEN	Örnek	S	Fe	Cu	Zn	Sb	Pb	Au	Cd	Te	Total	fS	fFe	fCu	fZn	fSb	fPb	fAu	fCd	fTe	fTotal
	13-1-1	13,41					85,89		0,05		99,35	1,004					0,995		0,001		2
	13-1-7	13,51					86,58		0,06		100,14	1,003					0,995		0,001		2
	13-1-8	13,51					86,37		0,10	0,06	100,04	1,004					0,993		0,002	0,001	2
	f1-5	13,59					86,71	0,17	0,11	0,07	100,65	1,004					0,991	0,002	0,002	0,001	2
	f1-6	13,56					86,77		0,07	0,06	100,46	1,004					0,994		0,001	0,001	2
	k26-2	13,44					87,26				100,70	0,998					1,002				2
	k26-1-3	13,48		0,28		0,24	86,81		0,11		100,93	0,993		0,010		0,005	0,990		0,002		2
	k26-1	13,39				0,08	86,97				100,44	0,997				0,002	1,002				2
	AKS3-2	13,26	0,34	0,13	0,16		85,75		0,06		99,70	0,987	0,014	0,005	0,006		0,987		0,001		2
	AKS3-3	13,41	0,54	0,17			85,39		0,05		99,56	0,992	0,023	0,006			0,977		0,001		2

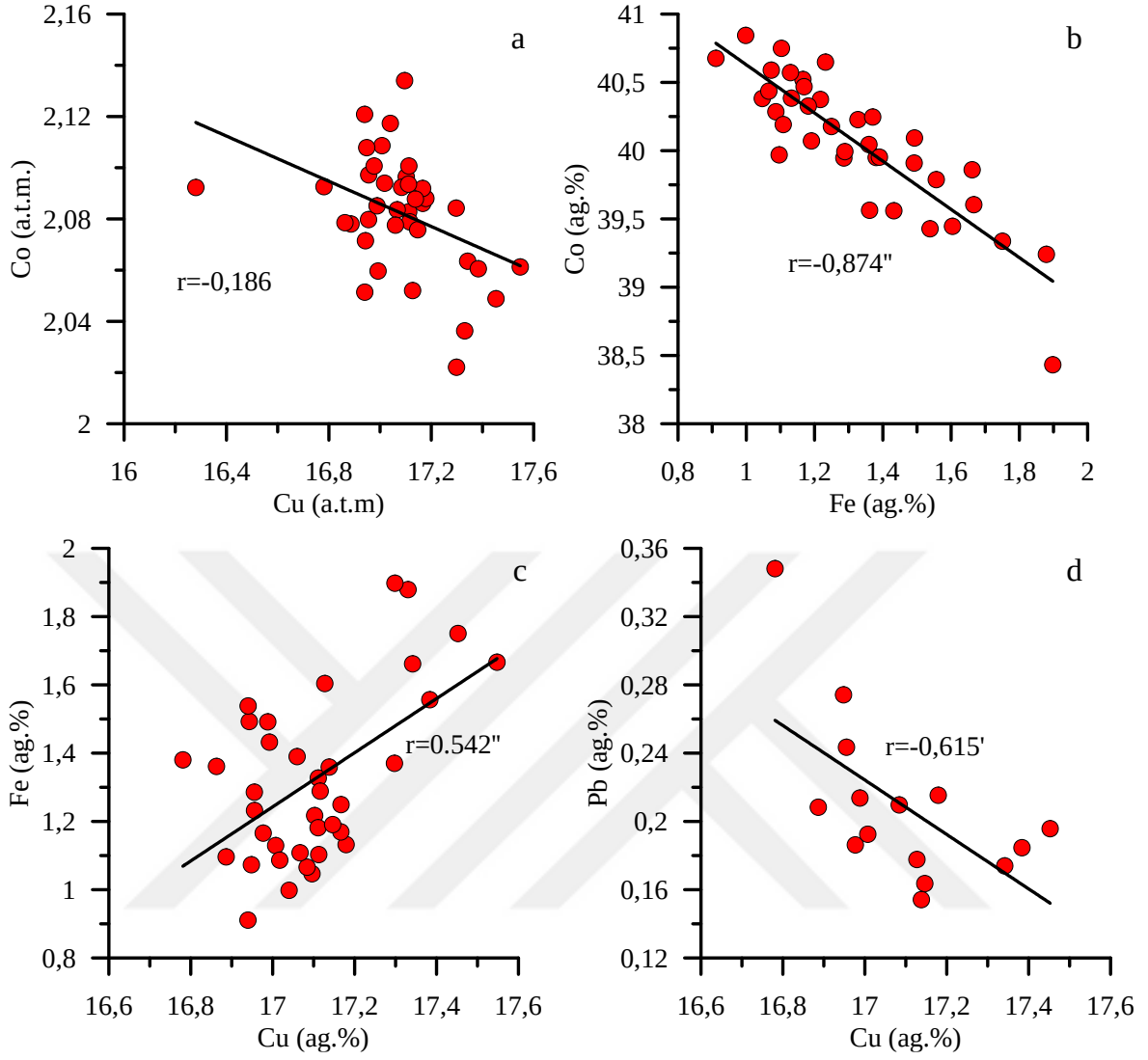
3.9.5. Karolit

Karolit minerali (CuCo_2S_4) Küre masif sülfid cevherinde kalkopiritler içerisinde boyutu 50 mikronu geçmeyen kapanımlar şeklinde gözlenmiştir. Tek nikolde kremi beyaz rengi ile karakteristiktir. Çift nikolde izotrop olan ve iç yansıması olmayan bu mineral bu özellikleriyle galene benzerlik göstermektedir. Ancak galen kendisinden önce oluşan tüm mineralleri ornatırken, karolitlerin ornatım ilişkisi gözlenmemiş, bunun yerine kalkopiritler içinde kapanım şeklinde gözlenmiştir. Bu haliyle kalkopiritten önce oluştuğu anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada farklı karolit minerallerinden toplam 38 adet mineral kimyası analizi yapılmış olup sonuçlar Tablo 9'de verilmiştir. Bu analizlere göre karolitler, minerali oluşturan ana elementlerin (Cu, Co ve S) dışında Fe ve Pb içermektedir. Karolitlerin tamamında ölçülen Fe'nin bütün ölçümlerdeki değişim aralığı 0.91 ile 7.48 ağırlık % arasındadır. Bunun dışında analizlerin bir kısmında ölçülen Pb'nin en yüksek değeri 0.35 ağırlık %'dir.

Mineral kimyası analizlerine göre karolitlerde Co ile Cu arasında anlamsız negatif korelasyon ($r = -0,186$; $p > 0,5$; Şekil 47a) gözlenmektedir. Bu durum iki farklı ana katyon bileşimlerine sahip olmalarına rağmen Cu ile Co arasında düşük derecede de olsa element değiş-tokuşunun olabileceğini göstermektedir. Karolitlerde Cu ile Co arasındaki bu element değiş-tokuşu benzer çalışmalarda da rapor edilmektedir (Uytenbogaardth ve Burke, 1973).

Co ile Fe arasında gözlenen yüksek negatif korelasyon, Fe'nin de Co ile önemli oranda değiş-tokuş yaptığını göstermektedir ($r = -0,874$, $p < 0,01$; Şekil 47b). Diğer taraftan Cu ile Fe arasında ise anlamlı pozitif ilişki belirlenmiştir ($r = 0,542$; $p < 0,01$; Şekil 47c). Bu durum Fe ve Cu'nun birlikte artış gösterdiği anlamına gelmektedir. Bunların yanında Pb ile Cu arasında gözlenen anlamlı negatif korelasyon ilişkisi ($r = -0,615$; $p < 0,05$; Şekil 47d) Pb'nin sınırlı miktarda Cu'nun yerini aldığını göstermektedir.



Şekil 47. a) Karolitlerde Co ile Cu arasındaki, b) Karolitlerde Fe ile Co arasındaki, c) Fe ile Cu arasındaki, d) Cu ile Pb arasındaki; ilişkileri gösteren diyagramlar

Tablo 9. Küre (Kastamonu) VMS yatağı karolitlere ait elektron mikroprob analiz verileri

KAROLİT	ÖRNEK	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Co	Total		fS	fFe	fCu	fZn	fPb	fCo	fTotal
	622_1_2	42,50	1,49	16,94			40,09	101,03		4,035	0,081	0,812			2,071	7
	622_1_4	42,44	1,23	16,96			40,65	101,28		4,025	0,067	0,811			2,097	7
	622_1_4	42,16	1,17	16,98		0,19	40,52	101,01		4,017	0,064	0,816		0,003	2,101	7
	622_1_4	42,28	1,33	17,11			40,23	100,95		4,023	0,073	0,822			2,083	7
	622_c1	42,08	1,00	17,04			40,84	100,96		4,009	0,055	0,819			2,117	7
	622_c1	41,95	1,13	17,01		0,19	40,57	100,85		4,007	0,062	0,820		0,003	2,109	7
	622_c1	41,85	0,91	16,94			40,68	100,38		4,010	0,050	0,819			2,121	7
	622_c1	42,15	1,09	17,02			40,28	100,54		4,026	0,060	0,820			2,094	7
	622_c1	42,06	1,22	17,10			40,38	100,75		4,013	0,067	0,823			2,096	7
	622_c1	42,12	1,25	17,17			40,18	100,71		4,019	0,068	0,827			2,086	7
	622_c1	42,45	1,10	17,11			40,75	101,41		4,021	0,060	0,818			2,101	7
	622_c1	42,34	1,13	17,18		0,22	40,39	101,26		4,023	0,062	0,824		0,003	2,088	7
	622_c1	42,05	1,07	16,95		0,27	40,59	100,93		4,013	0,059	0,816		0,004	2,108	7
	622_c1	40,87	1,05	17,10			40,38	99,40		3,970	0,058	0,838			2,134	7
	622_c1	42,33	1,17	17,17			40,47	101,14		4,022	0,064	0,823			2,092	7
	622_c1	41,82	1,67	17,55			39,60	100,64		4,000	0,092	0,847			2,061	7
	622_c1	42,34	1,07	17,08		0,21	40,44	101,14		4,027	0,058	0,820		0,003	2,092	7
	622_c1	42,11	1,18	17,11			40,33	"		4,018	0,065	0,824			2,094	7
	622_c1	42,33	1,10	16,89		0,21	39,97	100,49		4,045	0,060	0,814		0,003	2,078	7
	622_1_c6	41,66	1,38	16,78		0,35	39,95	100,12		4,011	0,076	0,815		0,005	2,093	7
	622_1_c6	42,05	1,29	16,96	0,08	0,24	39,95	100,57		4,023	0,071	0,819	0,004	0,004	2,080	7
	622_1_c6	42,23	1,43	16,99			39,56	100,22		4,041	0,079	0,820			2,060	7
	622_1_c6	42,35	1,11	17,07			40,19	100,72		4,035	0,061	0,820			2,084	7
	622_1_c6	42,14	1,29	17,12			39,99	100,54		4,025	0,071	0,825			2,079	7
	622_1_c6	42,36	1,19	17,15		0,16	40,07	100,94		4,033	0,065	0,824		0,002	2,076	7
	622_1_c6	42,32	1,54	16,94			39,43	100,23		4,047	0,084	0,817			2,051	7
	622_1_c6	41,68	1,36	16,86			39,56	99,47		4,025	0,075	0,822			2,079	7
	622_1_c6	41,69	1,49	16,99	0,06	0,21	39,91	100,36		4,003	0,082	0,823	0,003	0,003	2,085	7
	622_1_c6	41,82	1,36	17,14		0,15	40,05	100,51		4,007	0,075	0,829		0,002	2,088	7
	622_1_c6	41,66	1,90	17,30			38,43	99,29		4,029	0,105	0,844			2,022	7
	622_1_c6	42,16	1,60	17,13		0,18	39,45	100,52		4,031	0,088	0,826		0,003	2,052	7
	622_1_c6	42,10	1,39	17,06			39,95	100,50		4,024	0,076	0,823			2,078	7
	622_1_c6	41,88	1,75	17,45		0,20	39,34	100,62		4,009	0,096	0,843		0,003	2,049	7

3.10. Duraylı İzotop Jeokimyası

Bir elementin proton sayıları aynı, nötron sayıları farklı atomlarına o elementin izotopları denilmektedir. Nötron sayılarındaki farklılıktan dolayı bir elementin farklı izotoplarının kütlelerinde farklılıklar olabilir. Ancak bu farklılığa rağmen farklı izotopların bileşimleri kimyasal açıdan aynıdır. Periyodik cetveldeki 112 elementin 21 tanesinin tek bir izotopu bulunurken geri kalan elementlerin toplam 1700 civarında farklı izotopunun olduğu bilinmektedir. Bu izotoplardan bir kısmının atomları yarılanma ömrü denilen belirli zaman içinde radyoaktif olarak parçalanmak suretiyle başka bir elementin izotopu haline dönüşebilmektedir. Bu tür izotoplara radyojenik izotoplar denilmektedir. Buna karşın izotopların bir kısmının atomları zamanla parçalanarak başka bir izotopa dönüşmezler. Bu tip izotoplara da duraylı izotoplar adı verilir.

Duraylı izotoplar zaman içinde değişime uğramadıklarından, duraylı izotoplar vasıtasıyla geçmiş jeolojik dönemlerde oluşmuş maden yataklarının oluşum şartları ve kökensel özellikleri hakkında bilgi edinmek mümkündür. Ancak doğada bilinen 271 adet duraylı izotoptan çok azı jeolojik amaçlı çalışmalarda kullanılabilmektedir. Bu durumun temel sebebi izotopların birçoğunun doğada kayaçlar içinde yaygın olarak bulunmamasıdır (Akçay, 2002). Doğada yaygın olarak bulunmayan bir izotopun farklı jeolojik ortamlardaki jeokimyasal problemlerin çözümüne katkı sağlaması beklenemez. Bundan dolayı periyodik cetveldeki elementlerin birçoğunun farklı izotopları bulunmasına karşın oksijen, hidrojen, karbon ve kükürt izotopları en yaygın olarak kullanılan duraylı izotoplardır. Bu elementlere ait farklı izotopların doğada yaygın olarak bulunması bu izotopların maden yatakları çalışmalarında yaygın olarak kullanılmasının temel faktörlerinden birisidir.

Duraylı izotop çalışmaları maden yataklarında hidrotermal çözeltilerin bileşimi, bu çözeltilerin kökenleri, çözelti sisteminin geometrisi, metal ve kükürtün hidrotermal çözelti içinde taşınması ve çökelimine ilişkin durumlar, bu çözeltilerin sıcaklık, basınç ve derinliklerinin hesaplanmasının yanında çalışılan minerallere ait oksijen potansiyeli, sülfat/sülfid oranları, pH, CO₂/CH₄ oranları gibi parametrelerin hesaplanmasına katkı sağlar (Hoefs, 1973; Ohmoto ve Rye, 1979; Ohmoto, 1986; Faure, 1986; O'Neil, 1986; Hoefs, 1987 ve Akçay, 2002). Bunun için çalışılan maden yatağının mineral parajenez ve süksesyonunun belirlenmesi, cevher ve gang mineralleri arasında dengede oluşmuş mineral çiftlerinin belirlenmesi, cevher ve gang minerallerinin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi, cevher ve yan kayaçlar içerisinde çeşitli ana ve iz element çalışmalarının yapılmış olması

gerekir. Dolayısıyla duraylı izotop çalışmaları maden yataklarında jeolojik verilerle birlikte kullanılırsa anlamlı sonuçlar verir.

Duraylı izotopların maden yataklarıyla ilgili konularda jeolojik, jeokimyasal ve kökensele problemlerin çözümünde kullanılabilmesi için farklı jeolojik ortamlarda, çeşitli fiziksel ve kimyasal süreçler sonucunda bolluk oranları değişmiş olan izotop oranlarının ölçülmesi gerekir. Maden yataklarında kullanılacak izotop oranı istenilen izotopun, o elemente ait en bol bulunan izotopa oranıdır. Bu oran kütle spektrometreleri ile direkt olarak ölçülememekte, bunun yerine çalışılan örneğin, izotop oranları bilinen standart örnek ile karşılaştırılması suretiyle belirlenmektedir. Bunun için ölçülen örneğin izotop oranlarının standart örneğin izotop bileşiminden ne kadar sapma gösterdiği aşağıdaki 1 numaralı bağıntı kullanılarak hesaplanmakta ve sonuçlar ‰ olarak rapor edilmektedir.

$$\delta = 10^3(R_{\text{örnek}} - R_{\text{standart}}) / (R_{\text{standart}}) \quad (6)$$

Standart örneğin bileşimine kıyaslanarak belirlenen oksijen, hidrojen ve kükürt izotopları sırasıyla $\delta^{18}\text{O}$, δD ve $\delta^{34}\text{S}$ simgeleri ile gösterilmektedir. Oksijen ve hidrojen izotopları için okyanus suyunun izotop bileşimi SMOW (Standard Mean Ocean Water), kükürt izotopları için ise Canyon Diablo meteoritinin (CD) bileşimi standart olarak kullanılmaktadır. Standart örneğin bileşimine kıyasla fazla çıkan değerler izotop oranlarındaki artışa, düşük çıkan değerler ise azalmaya karşılık gelmektedir.

3.10.1. Kükürt İzotop Çalışmaları

Kükürt izotop çalışmaları maden yataklarının kökensele özelliklerinin belirlenmesinin yanında bir arada oluşan farklı izotopların dengelenme sıcaklıklarını hesaplamak suretiyle de maden yataklarının oluşum sıcaklıklarının hesaplanmasında önemli katkılar sağlayan analiz yöntemlerinden birisidir. Doğada kükürtün ^{32}S , ^{33}S , ^{34}S ve ^{36}S şeklinde dört farklı izotopu bulunmaktadır. Bu izotoplardan ^{32}S ve ^{34}S diğerlerinden daha yaygın olarak bulunduğundan, kükürt izotop jeokimyası çalışmalarında bu iki izotop yaygın olarak kullanılmaktadır (Hoefs, 2004). Kükürt izotop jeokimyası çalışmalarında sülfürlü mineralin bileşiminde bulunan $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ izotop oranları ölçülmekte ve bu sonuç standart örnek olarak kabul edilen ve bileşiminin 0 ‰ kabul edildiği Canyon Diablo Meteorit'nin bileşimindeki $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ izotop oranları ile karşılaştırılmaktadır. Kükürt izotoplarındaki pozitif değerler

standart örneğe göre artışı, negatif değerler ise standart örneğe kıyasla azalmayı ifade etmektedir. Kükürt izotop oranları $\delta^{34}\text{S}$ sembolü ile gösterilmekte ve aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$\delta^{34}\text{S} = \left\{ \left[\left(\frac{{}^{34}\text{S}}{{}^{32}\text{S}} \right)_{\text{örnek}} - \left(\frac{{}^{34}\text{S}}{{}^{32}\text{S}} \right)_{\text{standart}} \right] / \left(\frac{{}^{34}\text{S}}{{}^{32}\text{S}} \right)_{\text{standart}} \right\} \times 1000 \quad (7)$$

Bu tez çalışmasında Küre (Kastamonu) masif sülfid cevherini oluşturan çözeltilerin kökensel özelliklerini belirlemenin yanında bu yatak içinde denge halinde oluşan mineral çiftlerinin dengelenme sıcaklıklarını hesaplamak amacıyla kükürt izotop çalışması yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak Küre cevherinden seçilen pirit ve kalkopirit minerallerinden sırasıyla 11 ve 18 adet olmak üzere toplam 29 adet kükürt izotop analizi yaptırılmış ve sonuçlar Tablo 10'te verilmiştir.

Tablo 10'de verilen $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizleri piritler için 7.3‰ ile 8.4‰ ($n = 11$, ortalama = 7.8), kalkopiritler için 5.8 ile 7.8‰ ($n = 18$, ortalama = 6.9) arasında değişmektedir. Tamamı pozitif değerlere sahip kükürt izotop analizleri hem piritlerde hem de kalkopiritlerde birbirleriyle uyum içinde oldukça dar bir aralıkta değişim göstermektedir. Bununla birlikte kalkopiritlerde ölçülen izotop değerlerinin ortalaması (6.9) piritlerde ölçülen izotop değerlerinin ortalamasından (7.8) bir miktar daha düşüktür. Bu durumun nedeni Ohmoto ve Rye (1979)'a göre izotopsal farklılaşma eğilimidir. Buna göre bir cevher parajenezinde ilk oluşan minerallerden, sonraki fazlarda oluşan minerallere doğru bir tüketilme söz konusudur. Buna göre sülfidlerin izotopsal bileşimi aynı cevher parajenezinde pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen sırasını izleyerek azalmaktadır. Mikroskop çalışmalarına göre Küre cevherinde piritin kalkopiritlerden önce oluştuğu belirlendiğinden, kalkopiritlerin daha düşük izotop bileşimlerinin izotopsal farklılaşma eğilimi olduğu anlaşılmaktadır.

Küre masif sülfid yatağına ait pirit ve kalkopirit minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerleri, Ohmoto ve Rye (1979) ve Hoefs (1987) tarafından belirlenen farklı maden yatak tiplerinin ve farklı kayaç türlerinin izotop değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 48a). Meteoritlerin $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerlerinin 0‰ olarak gösterildiği Şekil 49a'de bazaltik kayaçların $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimleri -5 ile 5‰ arasında, granitik kayaçların izotop bileşimleri -10 ile +10‰ arasında ve sedimanter kayaçların $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimleri ise -50 ile +40‰ arasında değişmektedir.

Kayaç türlerinin yanında Şekil 49a'de masif sülfid yataklarıyla birlikte ornatım tip, porfiri tip, damar tip ve epitermal yatakların da izotop bileşimleri verilmiştir. Buna göre masif sülfid yatakların $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimlerinin dağılımları -5 ile +10‰ arasında, ornatım

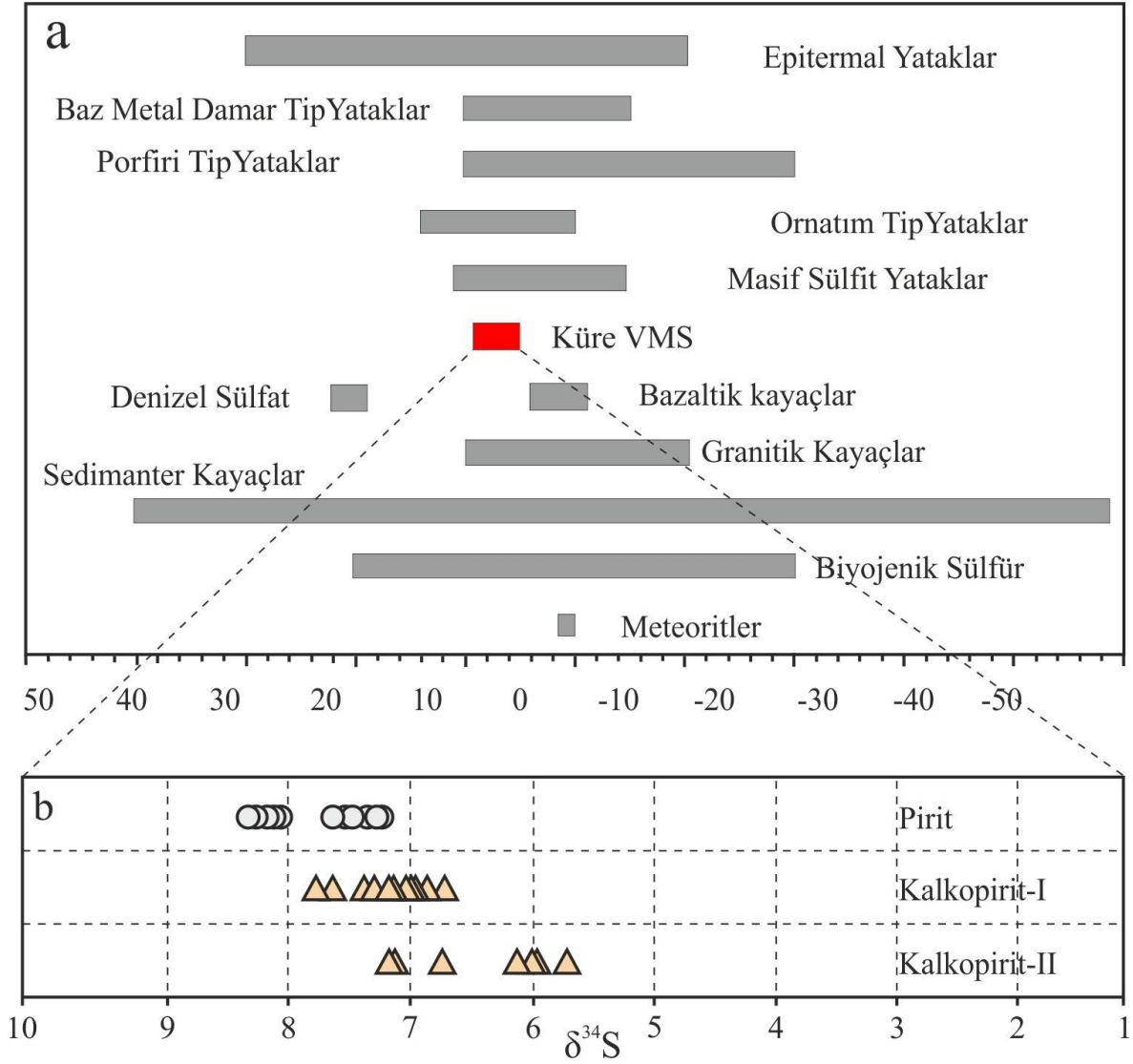
tip yatakların dağılımları 0 ile +15‰ arasında, porfiri tip yatakların -20 ile +10‰ arasında, damar tip yatakların -5 ile +10 arasında ve epitermal yatakların izotop bileşimleri ise -10 ile +30‰ arasında değişmektedir.

Küre sahasına ait pirit ve kalkopiritlerin $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimleri 5,8 ile 8,4‰ arasında olacak şekilde oldukça dar bir aralıkta değişmektedir. Bu izotop verileri Şekil 48b’de farklı tip maden yatakları ile karşılaştırılmıştır. Buna göre Küre VMS yatağının $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimlerinin diğer yatak tiplerinin izotop bileşimlerine benzerlik sunmakla birlikte masif sülfid tip yatakların izotop bileşimleri ile oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.



Tablo 10. Küre cevherleşmesindeki pirit ve kalkopirit minerallerinden ölçülen kükürt izotop bileşimleri ve Pirit-Kalkopirit mineral çiftlerinden hesaplanan dengelenme sıcaklıkları

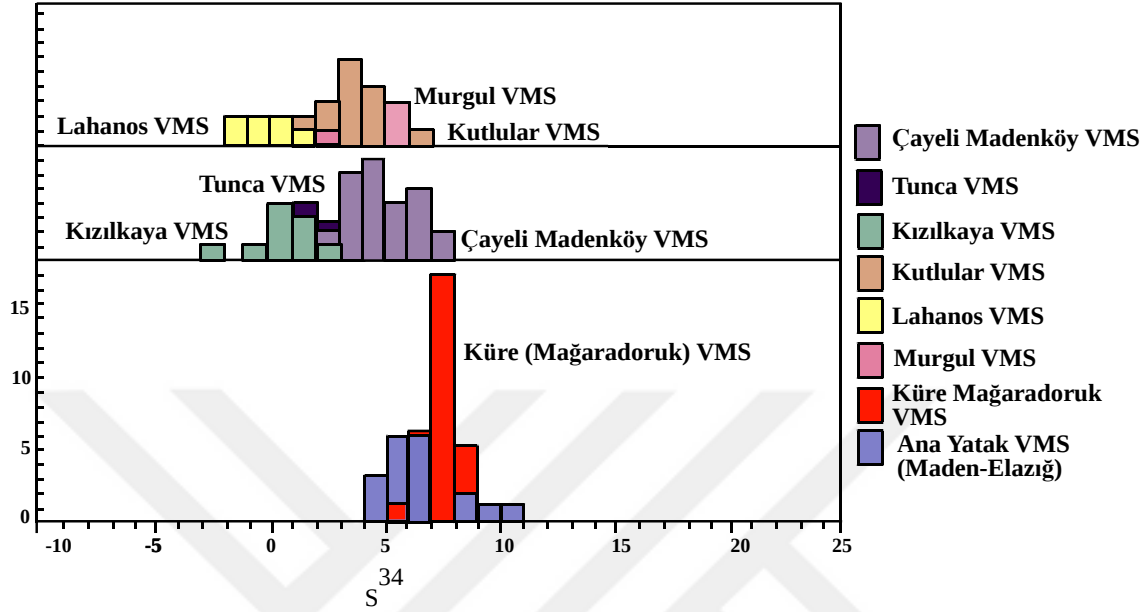
Mineral Parajenezi	Ölçülen $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerleri								Hesaplanan Dengelenme Sıcaklıkları	
	Örnek Numarası	$\delta^{34}\text{S}$ (Pirit)	Örnek Numarası	$\delta^{34}\text{S}$ (Kpy-I)	Örnek Numarası	$\delta^{34}\text{S}$ (Kpy-II)	$\Delta\delta_1=\text{Py-Kpy-I}$	$\Delta\delta_2=\text{Py-Kpy-II}$	Py-Kpy-I (°C)	Py-Kpy-II (°C)
Py, Cpy	S15234	7.4	S15245	7.0	S15256	6.0	0,4	1,4	> 500	294,21
Py, Cpy	S15235	7.4	S15246	7.3	S15257	6.0	0,1	1,4	> 500	294,21
Py, Cpy	S15236	8.4	S15247	7.4	S15258	5.8	1	1,6	397,85	143,48
Py, Cpy	S15237	7.3	S15248	7.7	S15259	6.1	-	1,2	-	339,72
Py, Cpy	S15238	8.2	S15249	7.0	S15260	6.8	1,2	1,4	339,72	294,21
Py, Cpy	S15239	8.1	S15250	6.9	S15261	7.1	1,2	1	339,72	397,85
Py, Cpy	S15240	8.3	S15251	7.0	S15262	7.1	1,3	1,2	315,57	339,72
Py, Cpy	S15241	7.6	S15252	7.8	-	-	-	-	-	-
Py, Cpy	S15242	7.4	S15253	7.1	-	-	0,3	-	> 500	-
Py, Cpy	S15243	7.7	S15254	6.8	-	-	0,9	-	434,60	-
Py, Cpy	S15244	8.1	S15255	7.1	-	-	1	-	397,85	-
Maksimum		8,4		7,8		7,1	1,3	1,4	434,6	397,9
Minimum		7,3		6,8		5,8	0,1	1	315,6	143,5
Ortalama		7,8		7,19		6,41	0,82	1,31	370,9	300,5
S.Sapma		0,42		0,33		0,56	0,44	0,19	45,9	78,9



Şekil 48. a) Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve cevher tiplerinin kükürt izotop değişimleri, b)Küre cevherleşmesinden alınan pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen minerallerinin kükürt izotop değişimleri

Küre masif sülfid yatağından ölçülen $\delta^{34}\text{S}$ izotop sonuçları ülkemizdeki diğer masif sülfid tip yataklarda yapılan $\delta^{34}\text{S}$ izotop çalışmalarının sonuçlarıyla birlikte Şekil 49'da verilmiştir (Çağatay ve Eastoe, 1995; Abdioğlu, 2008; Revan, 2010; Kabaoğlu, 2010). Buna göre Murgul, Çayeli, Kutlular, Killik, Kızılkaya, Lahanos ve Tunca masif sülfid yataklarının $\delta^{34}\text{S}$ izotop bileşimleri sırasıyla +2‰ - +6‰, 0‰ - +8‰, +1‰ - +7‰, -2‰ - +3‰, -3‰ - +3‰, -2‰ - +2‰ ve +1‰ - +5‰ arasındadır. Küre VMS yatağına ait $\delta^{34}\text{S}$ izotop sonuçları diğer VMS tip yataklar ile kıyaslandığında, Küre cevherleşmesinin $\delta^{34}\text{S}$ izotop değerlerinin diğer VMS tipi yataklara kıyasla bir miktar daha yüksek çıktığı, diğer bir ifade ile $\delta^{34}\text{S}$

izotopları bakımından zenginleştği anlaşılmaktadır. Küre VMS cevherleşmesinin izotop değerleri $\delta^{34}\text{S}$ 5,8 ile 8,4 arasında değişmektedir.



Şekil 49. Küre (Mağaradoruk) VMS cevherinin $\delta^{34}\text{S}$ izotop sonuçlarının bazı masif sülfid yatakların kükürt izotop verileriyle karşılaştırılması

İzotop jeokimyası çalışmalarına göre birbiriyle denge halinde olduğu bilinen mineral çiftlerinin oluşum sıcaklığını hesaplamak mümkün olduğu gibi, minerallerden birisinin izotop bileşiminin ve oluşum sıcaklığının bilinmesi durumunda da denge halinde oluşan diğer mineralin izotop bileşimini hesaplamak mümkündür. Bu konuda farklı araştırmacılar tarafından farklı mineral çiftleri için geliştirilmiş bağıntılar bulunmaktadır (Ohmoto ve Rye, 1979). Bu araştırmacılara göre izotop sonuçları bilinen mineral çiftlerinin dengelenme sıcaklıklarının sağlıklı bir şekilde hesaplanabilmesi için her iki mineralin de denge halinde oluşması ve oluşumları sonrasında bu mineraller ile çözelti arasında izotopik etkileşimin olmaması gerekir.

Bu çalışmada Küre masif sülfid cevherinden seçilen pirit ve kalkopirit minerallerinin izotop sonuçları kullanılarak bu minerallerin denge halinde oluştuğu sıcaklıklar hesaplanmış, sonuçlar Tablo 10'de verilmiştir. Tablo 10'de pirit minerallerinin izotop sonuçlarıyla birlikte Kalkopirit-1 ve Kalkopirit-2 şeklinde iki farklı kalkopirit mineraline ait izotop sonuçları görülmektedir. Bunlardan Kalkopirit1-1 izotop sonuçları pirit mineralleriyle aynı örnekten seçilen kalkopiritlere ait iken, Kalkopirit-2 izotop sonuçları

aynı lokasyondan alınan benzer tip örneklerden seçilen kalkopirit minerallerine aittir. Bundan dolayı aynı pirit örneğinden seçilen kalkopiritler Kalkopirit-1, aynı lokasyona ait farklı örnekten seçilen kalkopiritler Kalkopirit-2 olarak numaralandırılmıştır. Buna göre pirit minerallerine ait izotop verilerinin yanında her bir lokasyondan iki farklı kalkopirit analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 10’de pirit mineralleriyle birlikte hem Kalkopirit-1, hem de Kalkopirit-2 minerallerine ait izotop sonuçları verilmiş, bu kalkopiritlerin her biriyle bir arada bulunan piritler arasındaki dengelenme sıcaklığı Ohmoto ve Rye (1979) tarafından aşağıda verilen (8) pirit-kalkopirit dengelenme denkleminde göre hesaplanmıştır.

$$\text{Pirit-Kalkopirit} \quad T = \frac{(0,67 \pm 0,04) \cdot 10^3}{\sqrt{\delta^{34}S_{\text{pirit}} - \delta^{34}S_{\text{k.pirit}}}} \quad (8)$$

Tablo 10 incelendiğinde pirit ile kalkopirit arasında hesaplanan dengelenme sıcaklıklarının 3 tanesinin 500 °C’nin üzerinde çıkması nedeniyle makul sınırların üzerinde kabul edilerek kullanılmamıştır. Bu durumun temel sebebi aynı evrede tam olarak denge halinde oluşan mineral çiftlerinin seçilmesinin güç oluşudur. İki adet ölçümde ise kalkopiritten ölçülen izotop değerinin piritten daha yüksek olması nedeniyle sıcaklık hesaplaması yapılamamıştır. Bu 5 analizin dışında kalan analizlerden 143,5 °C ile 434,6 °C arasında değişen sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan sıcaklıkların çoğunluğunun en düşük değer olan 143,4 °C ile en yüksek değer olan 434,6 °C dışındaki ölçülerin de 294,2 °C ile 397,8 °C arasında olacak şekilde daha dar bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir. Bütün ölçümlerin ortalaması **327,6** °C’dir. Buna göre pirit-kalkopirit mineral çiftlerinden izotop dengelenme reaksiyonlarına göre hesaplanan dengelenme sıcaklıkları Küre VMS cevherinin oluşum sıcaklığının 143,4 °C ile 434,6 °C arasında değiştiğini göstermektedir.

3.10.2. Oksijen ve Hidrojen İzotop Çalışmaları

Oksijen katı, sıvı ve gaz ortamların tamamında bulunabilen doğadaki en yaygın elementtir. Oksijen izotop analizleri bileşiminde oksijen elementi bulunduran silikatlar, oksitler ve karbonatlar ile birlikte sıvı kapanımların içerisinde bulunan sıvılar kullanılarak yapılabilmektedir. Bundan dolayı izotop jeokimyası çalışmalarında en kullanışlı elementlerden birisidir. Bu kadar yaygın olan oksijen elementinin doğada ¹⁶O, ¹⁷O ve ¹⁸O şeklinde 3 farklı izotopu bulunmaktadır. Bu izotopların doğadaki bollukları sırasıyla %

99.76, % 0.038 ve % 0.2 şeklindedir (Akçay, 2002). Oksijen izotop analizlerinde bu 3 izotoptan en bol bulunan ^{16}O ve ^{18}O izotopları kullanılmaktadır. Oksijen izotop analizlerinde, kütle spektrometreleri analizi yapılan örnek içindeki $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ oranının standart olarak kullanılan okyanus suyunun bileşimine (SMOW) kıyasla ne derece artış veya azalma gösterdiği belirlenmektedir. Oksijen izotop bileşimi $\delta^{18}\text{O}$ şeklinde gösterilmekte olup aşağıdaki (9) nolu formülle hesaplanmaktadır.

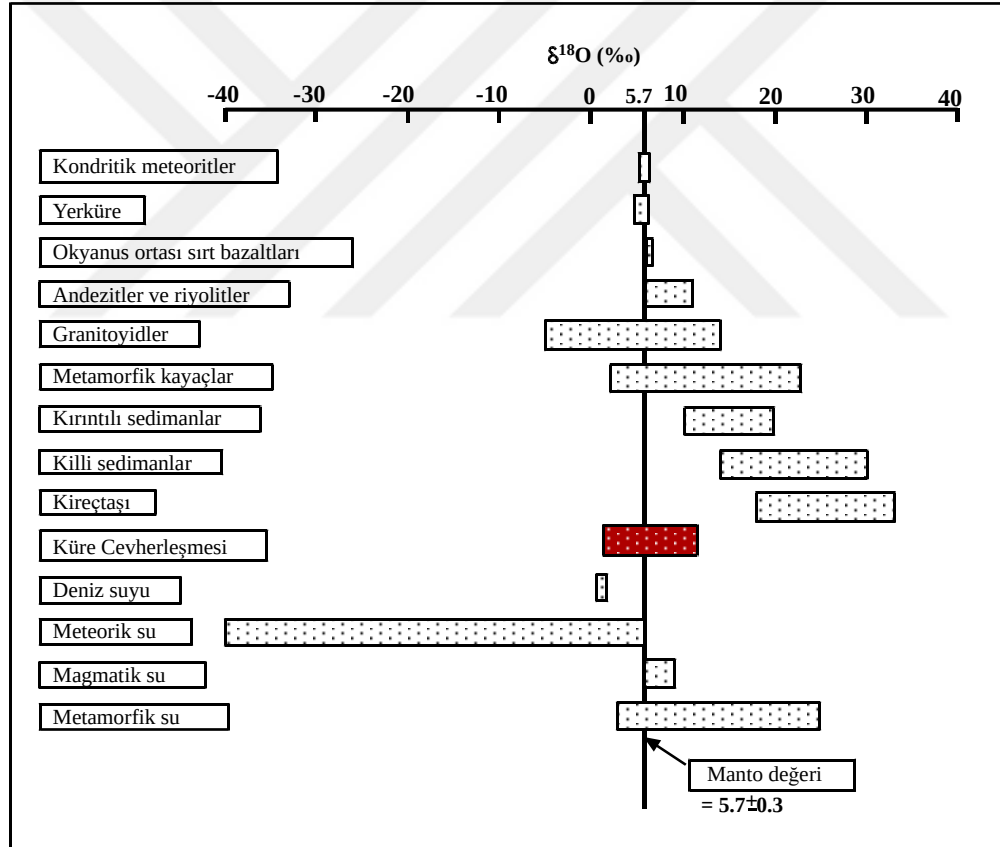
$$\delta^{18}\text{O} = \left\{ \left[\left(^{18}\text{O} / ^{16}\text{O} \right)_{\text{mineral}} - \left(^{18}\text{O} / ^{16}\text{O} \right)_{\text{SMOW}} \right] / \left(^{18}\text{O} / ^{16}\text{O} \right)_{\text{SMOW}} \right\} * 1000 \quad (9)$$

Günümüze kadar yapılan oksijen izotop jeokimyası çalışmaları ile çeşitli kayaç ve su kaynaklarının izotop bileşimleri belirlenmiştir (Taylor, 1974; Sheppard, 1981; Hoefs, 1987 ve Hoefs, 2004) (Şekil 50). Buna göre granitik kayaçların oksijen izotop bileşimleri ($\delta^{18}\text{O}$) -5 ile + 15‰ arasında, metamorfik kayaçların $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri 0 ile +25‰ arasında, andezit ve riolitlerin $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri +6‰ civarında, kırıntılı kayaçların $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri +10 ile +20‰ arasında, killi sedimanter kayaçların $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri +15 ile +30‰ arasında ve kireçtaşlarının $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri +15 ile +35‰ arasında değişmektedir. Benzer şekilde doğal su kaynaklarının izotop bileşimleri de önceki çalışmalarla belirlenmiştir (Şekil 50). Buna göre deniz suyunun bileşimi ‰ 0'a çok yakın iken meteorik suların $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri -40 ile +5‰ arasında, magmatik kökenli suların $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri +5 ile +10‰ arasında ve metamorfik suların $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri 0 ile +30‰ arasında değişim göstermektedir.

Küre VMS yatağının $\delta^{18}\text{O}$ özelliklerini ortaya koymak amacıyla klorit minerallerinden $\delta^{18}\text{O}$ analizleri yaptırılmış ve sonuçlar Tablo 11'de verilmiştir. Buna göre Küre masif sülfid cevherindeki klorit minerallerinde ölçülen $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimleri +3.3 ile 13.7‰ arasında değişmektedir. Bu değerler önceki çalışmalarda belirlenen farklı rezervuarlara ait su kaynaklarının izotop bileşimleri ile kıyaslandığında Küre cevherini oluşturan suyun magmatik ve meteorik ve/veya deniz suyu kökenli çözelti kaynaklarının izotop bileşimleri arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Şekil 50).

Tablo 11. Küre VMS yatağındaki klorit minerallerinden ölçülen $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop verileri

Örnek Numarası	Mineral	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) Çözelti
SU-1	Klorit	10.6	-70	4,17
SU-3	Klorit	8.40	-59	1,97
SU-5	Klorit	10.3	-66	3,87
SU-6	Klorit	13.7	-60	7,27
SU-13	Klorit	-	-63	
SU-15	Klorit	9.20	-61	2,77
SU-17	Klorit	3.30	-58	-3,13
697.8	Klorit	6.80	-74	0,37
121	Klorit	10.3	-	3,87



Şekil 50. Bazı önemli kayaç türlerinin ve su kaynaklarının oksijen izotop bileşimlerinin Küre VMS yatağına ait $\delta^{18}\text{O}$ izotop verileriyle karşılaştırılması (Veriler Taylor, 1974; Sheppard, 1977; Hoefs, 1987 ve Hoefs, 2004'ten alınmıştır).

Hidrojen izotop analizleri bileşiminde hidrojen elementi bulunduran minerallerden yaptırılabilir. Hem litolojik birimler içerisinde hem de maden yataklarının alterasyon zonu içerisinde hidrojen ihtiva eden mineraller yaygın olup; kaolen, klorit, serizit, muskovit, serpantin ve talk mineralleri hidrojen izotopları için en yaygın olarak kullanılan mineraller arasındadır. Doğada hidrojen elementinin ^1H , ^2H ve ^3H şeklinde üç izotopu bulunmaktadır. Bunlardan ^1H izotopu en yaygın olarak bulunan izotop olup doğadaki tüm H izotoplarının %99.98'ini oluşturmaktadır. Döteryum (D) olarak da adlandırılan ^2H izotopunun bolluğu ise % 0.0026 şeklindedir (Hoefs, 1987). Tritiyum olarak adlandırılan ^3H izotopu ise radyoaktif olduğundan duraylı izotop çalışmalarında kullanıma uygun değildir. Hidrojen izotop çalışmalarında bu sıralanan izotoplardan D/H oranı kullanılmaktadır.

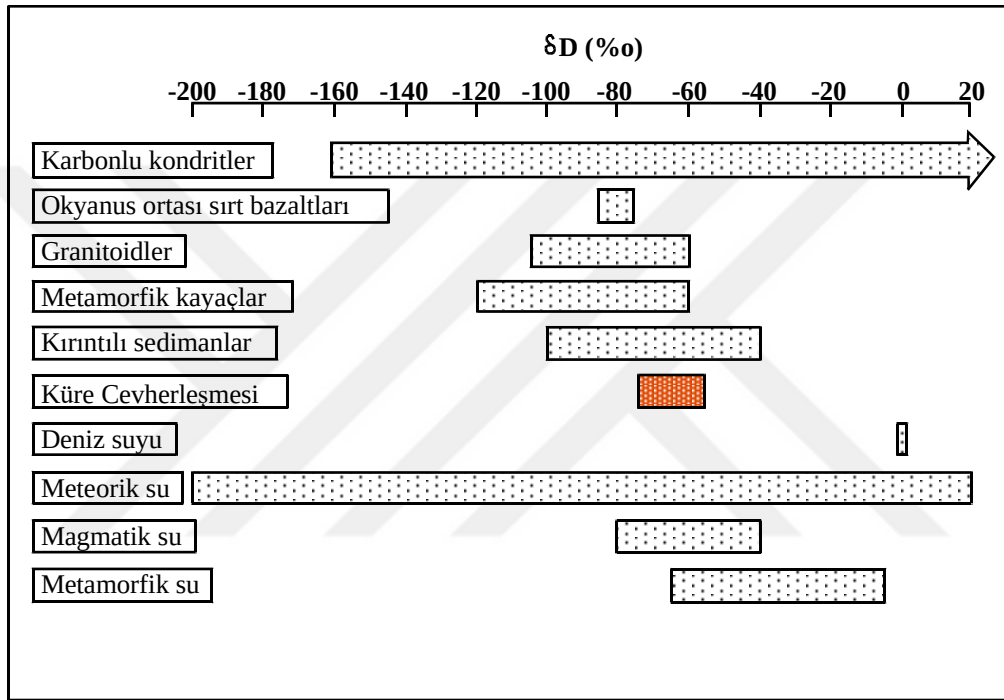
Hidrojen izotop çalışmalarında da oksijen izotoplarında olduğu gibi standart olarak SMOW kullanılmaktadır. Örneğin D/H izotop oranı analiz edilmekte ve aşağıdaki (10) numaralı formül kullanılarak analiz sonuçlarının standart örneğe kıyasla ne derece artış veya azalma gösterdiği hesaplanmaktadır. Hidrojen izotop sonuçları δD (‰) şeklinde gösterilmektedir.

$$\delta\text{D} = \left\{ \left[\left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{mineral}} - \left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{SMOW}} \right] / \left(\frac{\text{D}}{\text{H}} \right)_{\text{SMOW}} \right\} * 1000 \quad (10)$$

Oksijen izotoplarında olduğu gibi hidrojen izotoplarında da değişik jeolojik ortamların ve su kaynaklarının H izotop bileşimleri önceki araştırmacılar tarafından incelenmiş ve değişik kaynaklarda sunulmuştur (Taylor, 1974; Sheppard, 1981, Hoefs, 1987 ve Hoefs, 2004) (Şekil 51). Buna göre granitik kayaçların hidrojen izotop bileşimleri (δD) -100 ile -60‰ arasında, metamorfik kayaçların δD bileşimleri -120 ile -60‰ arasında, karbonlu kondritlerin δD izotop bileşimleri -160 ile +20‰ arasında, kırıntılı sedimanların δD bileşimleri -100 ile -40‰ arasında, okyanus ortası sırtı balatlarının δD izotop bileşimleri -85 ile -75‰ arasında değişmektedir. Farklı doğal su rezervuarlarının δD izotop bileşimleri de benzer çalışmalarda incelenmiş ve farklı kaynaklarda rapor edilmiştir (Şekil 51). Buna göre deniz suyunun δD izotop bileşimi ‰ 0'a çok yakın iken metaorik suların δD bileşimleri -200 ile +20‰ arasında, magmatik kökenli suların δD bileşimleri -80 ile 40‰ arasında ve metamorfik suların δD bileşimleri de -70 ile 0‰ arasında değişmektedir.

Küre VMS yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin kökenlerini belirlemek amacıyla bu yataktaki alterasyon zonu içerisinde seçilen klorit minerallerinden δD izotop analizleri

yaptırılmış ve sonuçlar Tablo 11’de verilmiştir. Buna göre Küre masif sülfid yatağındaki klorit minerallerinden ölçülen δD izotop bileşimleri -58 ile -74‰ arasında değişim göstermektedir. Küre VMS cevherindeki δD izotoplarının önceki çalışmalarda belirlenen farklı rezervuarlara ait su kaynaklarının izotop bileşimleri ile kıyaslandığında Küre cevherini oluşturan suyun magmatik kökenli alanları ile birebir örtüştüğü görülmektedir. Veriler magmatik ve meteorik kökenli su alanları ile de birebir örtüşmektedir (Şekil 51).



Şekil 51. Değişik kayaç türlerinin ve su rezervuarlarının δD izotop bileşimleri ve bu verilerin Küre VMS cevheri ile karşılaştırılması (veriler Taylor, 1974; Sheppard, 1977; Hoefs, 1987 ve Hoefs, 2004’ten alınmıştır).

Oksijen ve hidrojen izotoplarının birlikte değerlendirilmesi suretiyle maden yataklarının bileşiminde bulunan suyun kökeninin belirlenmesine yönelik çalışmalar mevcuttur (Taylor, 1974; Sheppard, 1977; Hoefs, 1987) (Şekil 52). Bu çalışmalarda farklı rezervuarlara ait suların $\delta^{18}O$ ve δD izotop bileşimlerinin dağılım aralıkları belirlenmiştir. Küre VMS cevherine ait $\delta^{18}O$ ve δD izotop bileşimleri δD ’e karşılık $\delta^{18}O$ grafiğine aktarıldığında, hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan suyun magmatik ve meteorik ve/veya deniz suyu kökenli olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 52).

3.10.3. İzotopik Denge ve Jeotermometre

Duraylı izotop jeokimyası çalışmalarına göre denge halinde oluşmuş iki mineral arasındaki izotop farklılaşma sıcaklık tarafından kontrol edilmektedir. Bunun için mineralin ve çözeltinin izotop bileşimlerinin ayrı ayrı ölçülmesi gerekmektedir. Buna göre, eğer denge halinde oluşan mineral çiftinin izotop bileşimleri ayrı ayrı ölçülmüş ise, bu minerallerin dengelenme sıcaklıklarını farklı mineral çiftleri için geliştirilen izotop farklılaşma denklemlerini kullanarak hesaplamak mümkündür (Taylor, 1974; Friedman ve O'Neil, 1977; Hoefs, 1987). Benzer şekilde farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen çeşitli mineral-su denge denklemlerini kullanarak bir mineralin çözelti ile dengede olduğu sıcaklıkları da hesaplamak mümkündür (Matsuhisa vd., 1979; Aharon, 1988; Kotzer vd., 1993).

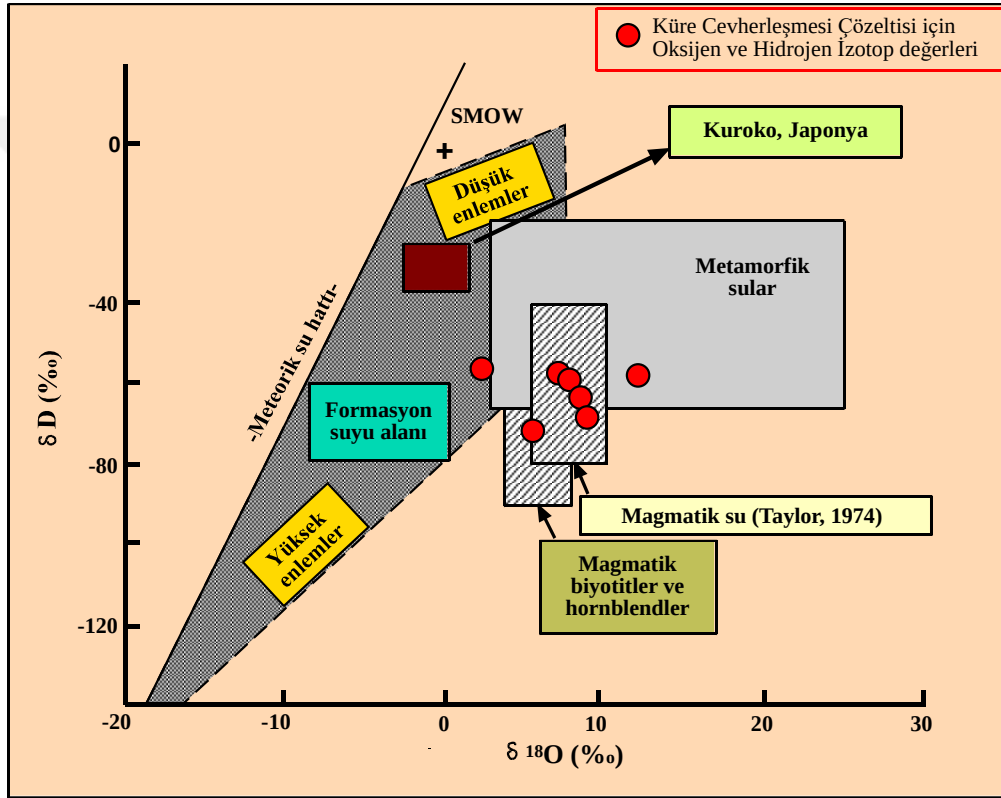
Eğer bir mineralin izotop bileşimi biliniyor ve bu mineralin denge sıcaklığı da bağımsız bir parametre ile belirlenmiş ise bu durumda mineral-su denge denklemlerini kullanarak bu mineral ile dengede olan çözeltinin izotop bileşimini de hesaplamak mümkündür. Bunun için denge sıcaklığının başka bir yöntem ile (farklı bir izotop çalışması veya sıvı kapanım çalışması) belirlenmiş olması gereklidir. Buna göre klorit minerallerinden ölçülen oksijen izotop bileşimi ile bağımsız termometre olarak kükürt izotoplarından hesaplanan dengelenme sıcaklıkları kullanılarak klorit ile dengede olan çözeltinin izotop bileşimi Friedman ve O'Neil (1977) tarafından önerilen aşağıdaki formüle göre yapılmıştır. Formülde kullanılan A ve B katsayıları Friedman ve O'Neil (1977) tarafından sıcaklığın 200 ile 500 °C arasında olması durumunda önerilen katsayılar olup, bu değerler A için 3,38 ve B için -2,90 dır.

$$1000 \ln \alpha_{1-2} = \delta_1 - \delta_2 = A \cdot (10^6/T^2) + B \quad (11)$$

Bu çalışmada Küre VMS yatağındaki klorit mineralleri ile dengede olan çözeltilerin izotop bileşimleri yukarıda verilen klorit-su denge denklemi kullanılmak suretiyle hesaplanmıştır. Hesaplamalarda bağımsız termometre olarak kükürt izotop analizleri kullanılmıştır. Kükürt izotop termometresine göre pirit ile kalkopirit arasında hesaplanan dengelenme sıcaklıklarının ortalaması **327,6** °C'dir. Bundan dolayı kükürt izotop termometresinden hesaplanan sıcaklık değerlerinin ortalaması kullanılmak suretiyle klorit ile dengede oluşan suyun izotop bileşimi (12) formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Klorit-Su} = 2,693(10^9 / T^3) - 6,342(10^6 / T^2) + 2,969(10^3 / T) \quad (12)$$

Mineral-su denge denklemlerini kullanmak suretiyle klorit mineralleri ile dengede olan çözeltinin $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri -3,13‰ ile 7,27‰ arasında hesaplanmıştır. Klorit minerallerinden ölçülen $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri Şekil 52 üzerinde magmatik kökenli izotop alanına düşerken, klorit ile dengede olan çözeltilerin hesaplanan $\delta^{18}\text{O}$ bileşimleri magmatik kökenli izotop alanı ile meteorik kökenli izotop arasında dağılım göstermektedir.



Şekil 52. Farklı su çeşitlerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop değerlerinin değişim alanları ve Küre (Mağaradoruk) VMS yatağındaki oksijen ve hidrojen izotoplarının dağılımları (Magmatik su, formasyon suyu ve biyotit ve hornblend alanı Taylor, 1974'den; meteorik su hattı Hoefs 1987'den; metamorfik su alanı Taylor, 1974 ve Sheppard, 1981'den alınmıştır).

3.10.4. Klorit Jeotermometresi

Küre Cevherleşmesini içeren bazalt örneklerinin içerdiği klorit minerali elektron mikroprob analiz (EPMA) sonuçlarına kullanılarak klorit jeotermometresi hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Tablo 12'deki veriler elde edilmiştir. Elde

edilen sonuçlar, TC88, Cathelineau (1988); KM87, Kranidiotis and MacLean (1987); J91, Jowett (1991), Walshe (1986); and H90, Hutcheon (1990)'a göre hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, klorit elektron mikroprob analiz sonuçları kullanılarak belirlenen sıcaklık değerlerinin 210-396 °C arasında değiştiği gözlenmiştir. Hesaplanan bu sıcaklık değerlerinden Cathelineau (1988)' e göre C88 değeri 326,2 °C hesaplanan değere de en yakın değer olarak belirlenmiştir.



Tablo 12. Küre (Kastamonu) VMS cevherleşmelerini içeren bazaltlardaki klorit elektron mikroprob analiz sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO₂	24,87	24,50	25,34	25,39	22,83	23,79	23,96	23,21	23,20	23,37	22,82	23,28	23,85	21,73	23,42
TiO₂	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Al₂O₃	19,91	22,06	20,16	23,94	22,76	21,99	22,54	22,26	21,36	21,46	20,65	21,94	23,30	21,79	22,35
MgO	8,24	9,54	7,72	10,31	8,10	7,98	7,68	7,68	7,54	7,54	7,05	4,99	6,21	4,95	5,48
Na₂O	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01
K₂O	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
FeO	32,33	28,79	32,38	26,20	31,07	30,10	31,67	31,66	31,19	32,29	32,26	34,91	32,57	33,41	32,67
MnO	0,04	0,07	0,03	0,03	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09
CaO	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,06	0,02	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05
BaO	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,02	0,00	0,05	0,01	0,03	0,04	0,05
Cl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02
Total	85,44	85,03	85,70	85,99	84,87	84,11	86,00	84,92	83,47	84,81	82,99	85,29	86,12	82,07	84,17

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO₂	23,45	23,46	23,54	22,93	23,15	23,36	23,81	30,93	30,10	32,06	31,32	29,85	30,00	31,16	29,43
TiO₂	0,00	0,01	0,00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
Al₂O₃	22,51	21,83	21,54	21,30	22,11	22,35	22,62	18,03	17,24	16,86	18,51	17,17	18,77	18,14	16,96
MgO	5,78	3,91	4,90	4,47	4,40	4,98	5,41	20,86	20,35	22,90	21,87	21,15	21,74	21,91	19,85
Na₂O	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
K₂O	0,01	0,07	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	0,07	0,05	0,04	0,06	0,00	0,01	0,02	0,02
FeO	32,50	35,78	35,00	35,17	36,17	35,03	32,54	16,11	16,60	14,47	15,99	15,51	15,80	15,70	15,87
MnO	0,04	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,44	0,47	0,43	0,45	0,43	0,43	0,43	0,44
CaO	0,04	0,06	0,03	0,02	0,04	0,04	0,05	0,29	0,23	0,24	0,24	0,26	0,18	0,26	0,17
BaO	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
F	0,00	0,05	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,01	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	84,34	85,31	85,14	84,05	86,02	85,89	84,59	86,80	85,08	87,10	88,54	84,43	86,95	87,63	82,77

Tablo 12'nin devamı

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Si (apfu)	2,80	2,71	2,84	2,72	2,58	2,69	2,67	2,62	2,67	2,66	2,67	2,67	2,66	2,59	2,69
	2,68	2,70	2,70	2,68	2,65	2,66	2,71	3,11	3,11	3,19	3,09	3,09	3,01	3,10	3,11
Al(IV)	1,20	1,29	1,16	1,28	1,42	1,31	1,33	1,38	1,33	1,34	1,33	1,33	1,34	1,41	1,31
	1,32	1,30	1,30	1,32	1,35	1,34	1,29	0,89	0,89	0,81	0,91	0,91	0,99	0,90	0,89
Al(VI) 28	2,40	2,57	2,32	2,55	2,85	2,61	2,67	2,75	2,66	2,68	2,67	2,66	2,68	2,82	2,63
	2,64	2,59	2,59	2,64	2,70	2,69	2,58	1,77	1,78	1,63	1,83	1,82	1,97	1,81	1,77
Fe/(Fe+Mg)	0,69	0,63	0,70	0,59	0,68	0,68	0,70	0,70	0,70	0,71	0,72	0,80	0,75	0,79	0,77
	0,76	0,84	0,80	0,82	0,82	0,80	0,77	0,30	0,31	0,26	0,29	0,29	0,29	0,29	0,31

TKML87-AlIV(°C)	323	337	316	332	370	345	353	361	352	355	354	359	357	376	353
	354	355	352	358	365	362	349	228	230	210	233	233	249	231	229

TC88-AlIV(°C)	324	352	312	349	396	359	367	381	366	370	367	367	369	392	361
	363	355	355	363	373	371	354	224	225	200	232	231	256	229	223

TJ91-AlIV(°C)	336	362	324	357	407	370	379	392	377	381	379	381	382	406	374
	377	371	370	378	388	385	368	223	226	199	232	231	255	228	224

	MIN	MAX	ORT
TKML87-AlIV(°C)	210	376	319
TC88-AlIV(°C)	210	365	326
TJ91-AlIV(°C)	312	396	335

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

4.1. Jeolojik Özellikler ve Ortamsal Yorumlama

Kastamonu ilinin yaklaşık 50 km kuzeydoğusunda bulunan Küre VMS yatağının içinde bulunduğu kayaçlar tabanda Küre ofiyoliti olarak adlandırılan ve Liyas yaşlı birimlerin tabanını oluşturan ultramafik kayaçlardır. Serpantinleşmiş peridotit, dünit, ve piroksenitlerden oluşan bu birim Küre'nin kuzeybatısında Elmakütüğü tepe çevresinde mostra verirler. Bu birimin diğer birimlerle olan dokanakları faylıdır.

Ultramafik temelin üzerine Küre VMS yatağının da içinde bulunduğu Küre ofiyolitine ait kayaçlar gelmektedir. Ketin (1962) tarafından diyabaz olarak, Sarıcan (1968) tarafından mafik kayaçlar olarak adlandırılan bu birim Toykondü tepe, Aşıköy, Bakıbabatepe, Karacakaya tepe, Akyol tepe, Topmeydanı tepe ile Küre ilçe merkezi çevresini kapsayacak şekilde geniş alanlarda mostra vermektedir. Küre Ofiyolitinin alt seviyelerinde ultramafik kayaçlar bulunmaktadır. Bu birimin üzerine gelen bazalt birimi, alt kesimlerde masif lav akıntılarında oluşmakta, üst seviyelere doğru ise yastık lav, yastık breş ve en üstte tüflere geçiş yapmaktadır. Bu birim Küre VMS cevherleşmesini içermesi açısından büyük öneme sahiptir. Küre Ofiyolitine ait mafik kayaçların üst seviyeleri ise siyah şeyl ve kumtaşları tarafından örtülmektedir (Pehlivanoğlu, 1985). Cevherleşmenin yastık lavlar (bazaltlar) içerisinde ağsal ve masif yapıda bulunması, bu bazaltların hem yastık lav hemde hyaloklastik özellik göstermesi denizaltında oluştuğunun bir göstergesidir. Ayrıca bazalt biriminin tabanında ultramafik kayaçların üst kesimlerde de örtü kayaçları olarak kimyasal tortul kayaçların bulunması ise istifin ofiyolitik istif olduğunu bize göstermektedir. Dolayısı ile bu bir okyanusal kabuk ve kabuk altındaki litosferik mantonun beraber bulunduğu kayaç tiplerini bize sunmaktadır. Cevherleşme de bu ofiyolitik istif içerisinde bulunmaktadır.

Kıbrıs tipi VMS yatakları ismini Kıbrıs çevresinde Torodos bölgesindeki okyanus ortası riftlerde gelişen ofiyolitler ile olan ilişkilerinden almaktadır. Kıbrıs tipi VMS yatakları temel karakteristiklerinden birisi okyanus ortası riftlerle ilişkili ofiyolitler içinde oluşmasıdır. Bundan dolayı Kıbrıs tipi VMS yatakları pek çok çalışmada ofiyolitler ile ilişkili VHMS yatakları olarak da tanımlanmaktadır. Bununla birlikte literatürde sadece okyanus ortası riftler ile ilişkili yatakları için değil, mafik volkanitler ile ilişkili yatakları için Kıbrıs tipi VMS yatakları tanımının kullanıldığı görülmektedir (Galley ve Koski, 1999). Bu

durumun nedeni ofiyolitlerin okyanus ortası riftler dışında tetis okyanusunun kapanması sırasında gelişen yitim zonları boyunca da gözlenmesidir. Bundan dolayı Anadolu'da Tetis okyanusunun kapanması sırasında gelişen ofiyolitler ile ilişkili yataklar da Kıbrıs tipi VMS olarak kabul edilmiştir (Çiftçi, 2017).

Ofiyolitler ile ilişkili bu yataklar esasında okyanus ortası sırt ortamlarında, bu sırtların altında bulunan mafik/ultramafik magma odasının yarattığı sıcaklık etkisi ile, üzerindeki ofiyolitik kayaçlar içinde hareket eden hidrotermal çözeltilere bağlı olarak gelişmektedir. Bu tip yataklar metal iyonlarını ihtiva eden hidrotermal çözeltilerin siyah bacalardan (black smokers) açığa çıkması ve deniz tabanına yayılması suretiyle gelişmektedir. Merccekler şeklinde deniz tabanına yayılan bu çözeltiler daha sonradan deniz tabanına gelen tortular tarafından örtülmekte ve böylece günümüze kadar saklı kalabilmektedir. Bu özelliği ile Kıbrıs tipi VMS yataklarının yan kayaçlar ile eş zamanlı olarak oluştuğunu (syngenetic) söylemek mümkündür. Harper (1999) Kıbrıs tipi VMS yataklarının magma odasının üzerinde bulunan ofiyolitik istifin herhangi bir seviyesinde bulunabileceğini, ancak yaygın olarak ofiyolitik istifi oluşturan mafik / ultramafik kayaçlar ile bunları örten sedimanter istifin dokanağı boyunca geliştiklerini belirtmektedir. Küre çevresindeki kayaçların yukarıda özetlenen jeolojik özellikleri dikkate alındığında, bu yatağın Kıbrıs tipi VMS yatakları benzer litolojiler içinde geliştiği anlaşılmaktadır.

Ülkemizde Kıbrıs tipi yatakların batı Karadeniz (Batı Pontidler) ile birlikte Bitlis-Zagros kuşağı boyunca geliştiği bilinmektedir. Bunlardan batı Pontidlerde Küre VMS yatağı ile birlikte Toykundu, Aşıköy, Kızılsu, Magaradoruk ve Bakibaba VMS sahalarının varlığı bilinmektedir (Çiftçi, 2017). Bitlis-Zagros kuşağı boyunca ise Madenköy, Maden, Ormanbaşı, İncekoz, Derdere, Koçali ve Ortaklar VMS sahalarının varlığı bilinmektedir (Çiftçi, 2017).

Bitlis-Zagros kuşağı boyunca yapılan çalışmalar bu bölgedeki kayaçların Arap plakasının kuzeye dalımı sırasında kapanan Tetis okyanusunun kalıntısı niteliğindeki ofiyolitik kayaçlardan ilişkili olduğunu göstermektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Ketin, 1983; Yılmaz vd., 1993). Bu yönü ile gerek Batı Pontidler, gerekse Bitlis-Zagros kuşağı boyunca görülen VMS yataklarının ofiyolitler ile ilişkili benzer ortamlarda oluştuğu görülmektedir. Bu durum bu çalışmanın konusu olan Küre maden yatağının, yukarıda verilen örnekler ile birlikte ülkemizdeki Kıbrıs Tipi VMS yataklarının karakteristik örneklerinden olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin kuzeyindeki geç Paleozoyik-Erken Mesozoyik yaşlı Tetis bölgesinin paleocoğrafik tarihi önemli bir tartışma konusudur. Bu kapsamında Küre ve Karakaya komplekslerini içeren Sakarya Terranı'nın jeodinamik yapısı ve jeolojik tarihi literatürde kapsamlı bir şekilde tartışılmıştır (Göncüoğlu, 2010). Özetle Sakarya Terranı'nın Geç Paleozoyik dönemde Gondwana'dan riftleşerek Avrasya'ya eklendiği varsayılmaktadır (Robertson ve Ustaömer, 2009). Bu bağlamda, Karakaya Karmaşığı'nın, Paleotetis aktif kenarının diğer Geç Paleozoik-Triyas yaşlı yığışım kompleksleri ile dilimlenmiş bir Permo-Triyas yaşlı yığışım kompleksini temsil ettiği düşünülmektedir (Göncüoğlu, 2010). Diğer taraftan Orta-Triyas-Orta Jura Küre Kompleksi ise Karakaya Karmaşığı ile de ilişkilidir ve genellikle volkanik yayın arkasında açılmış bir yay gerisi havzası olarak kabul edilir (örn., Robertson ve Ustaömer, 2009, Şekil 53) .

Önceki araştırmacılar bölgenin çeşitli paleocoğrafik modelleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Küre ofiyolitik kompleksini bir yitim zonunun kalıntısı olarak kabul edildiği esas alınan ilk model yitim yönünün yorumlanması ve eş zamanlı Küre ve Karakaya havzalarının oluşumları ile çelişmektedir. Bu modelde Küre karmaşığı güneye dalan Geç-Paleozoyik-Triyas yaşlı Paleo-Tetis'in kalıntısı olarak tanımlanmakta ve Karakaya karmaşığı birimlerinin rift bağlantılı dar bir okyanus kenarı havzasından kaynaklandığı öne sürülmektedir (Bingöl et al. , 1975, Şengör, 1979, Şengör ve Yılmaz, 1981, Şengör, 1984, Şengör, 1985, Şengör ve diğerleri, 1980a, Şengör ve diğerleri, 1980b, Şengör ve diğerleri, 1984, Yılmaz ve diğerleri, 1994a, Yılmaz ve diğerleri, 1994b; Okay ve Mostler, 1994, Genç ve Yılmaz, 1995, Yılmaz ve diğerleri, 1997, Yiğitbaş ve diğerleri, 1999, Kozur ve diğerleri, 2000).

İkinci bir modelde ise, Karakaya Havzası Paleo-Tetis'in kalıntısı olarak yorumlanır ve Küre Havzasının, Karakaya okyanus litosferinin kuzeye doğru yitmesiyle açılan küçük yay gerisi havzası olduğu önerilmektedir (Pickett et al., 1995; Pickett and Robertson, 1996; Ustaömer and Robertson, 1994, 1995, 1997, 1999; Okay et al., 1996; Kozur et al., 2000). Şengör ve Yılmaz'a (1981) göre Karakaya Okyanusu'nun açılıp kapanması Trias'ta sınırlıdır. İkinci modelin savunucuları, Küre yay gerisi havzasının, uzun ömürlü (Devoniyen'den Triyas'a) Paleo-Tetis okyanusu olarak kabul edilen Karakaya Okyanusu'nun okyanusal litosferinin kuzeye doğru yitimi ile ilişkili olarak Permian'den erken Jura'ya kadar açıldığını önermektedirler.

3. modelde ise (Okay ve Tüysüz, 1999, Okay, 2000) her iki okyanus havzasının da tek bir Paleo-Tetis kalıntısı olduğu ve bunların daha sonraki olaylarla ayrıldığı öne sürülmüştür

(Kozur ve diğerleri, 2000). Okay (2000)'e göre ise Karakaya kompleksi Karakaya okyanusal litosferinin kuzeye doğru Lavrasya altına dalmasıyla oluşan bir yitim-yığışım kompleksi olarak yorumlanmıştır. Kozur ve diğ. (2000), fosil ve stratigrafik verilere dayanarak, bu üç modeldeki varsayım ve önerilerin hiçbirinin tam olarak doğru olmadığını öne sürmüştür

Bu yazarlar şunları belirtmişlerdir; (1) Karakaya Havzası geç Permiyen-Üst Triyas okyanusal rift havzasıdır, (2) Küre Havzası, güneye dalan bir Alt Triyas-Orta Jura havzasıdır (3) Karakaya-Küre Okyanusu'nun kuzeye dalması ile ilgili hiçbir saha verisi yoktur.

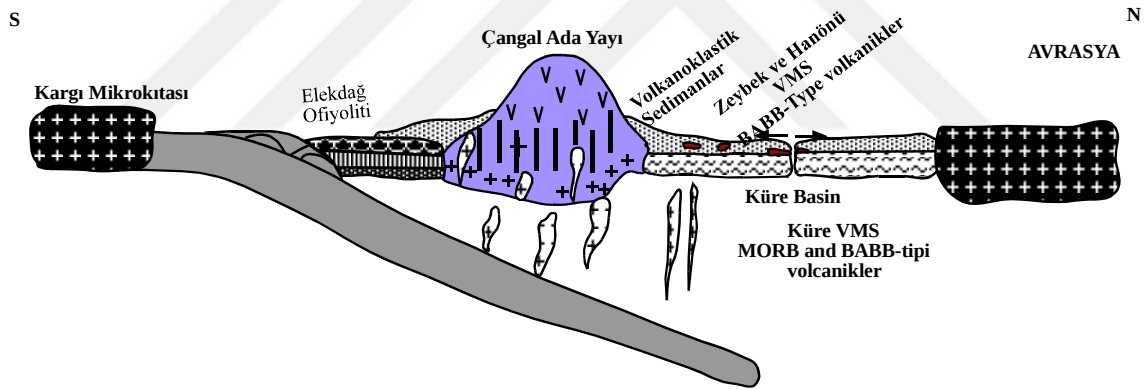
Bölge için net bir fikir birliği olmaksızın, çok kollu (Paleotetis, Küre, Meliata, Maliac, Pindos, vb.) Geç Paleozoik-Triyas Tetis okyanusu ile birlikte Toroslar ve Anatolidler arasında ek bir okyanus kolunun var olduğu şeklindedir (Göncüoğlu, 2010 vd.).

Bu ortamsal yorumların akabinde elde edilen veriler değerlendirilerek bir sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Küre (Kastamonu) cevherleşmesini içeren bazaltik örneklerin analiz sonuçları kullanılarak yapılan ortamsal yorumlamada, Pearce and Norry (1979) ve Wood (1980) tarafından önerilen Zr-Zr/Y ve Ta-Hf/3-Th grafiklerine göre, bazaltik kayalar volkanik yay ve MORB ortamlarında dağılım sunduğu belirlenmiştir. Ayrıca Şekil 14'de görüldüğü üzere (Irvine and Baragar, 1971) AFM (Toplam alkali-MgO-FeO) üçgen diagramında da, veriler ada yayı toleyitik ve kalk-alkalen alanlarına düşmektedir. Bu tektonik ortam yay ardı ortamı ifade etmektedir. Back arc ortamlarındaki manto, yiten okyanusal kabuktan türeyen akışkanlarca ve uçucu unsurlarca zenginleşmiş bileşenlerden oluşabildiği gibi bazı ortamlarda da bu akışkanlardan etkilenmemiş ergiyiklerden oluşması muhtemeldir. Dolayısıyla mantonun bir kısmı akışkanlarca zengin iken, diğer kısmı daha fakir olacağından manto bileşimi homojen bir yapı sunmayacaktır. Bu sebeple bu bileşimdeki mantonun ergimesiyle oluşacak olan bazaltlar bize farklı karakterler sunmaktadır. Küre VMS cevherleşmesini içeren bazaltlardan elde edilen veriler bu iki ortamı karakterize eden bileşimler sunmaktadırlar ve yay gerisi ortamını temsil etmektedirler.

Küre VMS cevherleşmesi ile ilişki bazaltik kayaların kaynak özelliklerini belirleyebilmek için Nb/Yb'ye karşı Th/Yb değişim diyagramında ise yüksek Th değerleri, yitimden etkilenmiş subalkali bazalt volkanizmasına ait ürünleri temsil etmektedir. Söz konusu diyagramda Küre bazaltları Zeybek ve Hanönü bazaltları, göre kısmen daha düşük Nb/Yb oranları ile temsil edilirler (Şekil 17). Bu durumda, daha düşük Nb/Yb oranlarına sahip Küre bazaltlarının kısmen tüketilmiş bir manto kaynağından türeyen ergiyiklerden itibaren oluştuğu, bazı örneklerdeki belirgin Th/Yb zenginleşmesi ise, kaynağın yitim bileşenlerince zenginleşmiş olduğunu göstermektedir.

Küre VMS Yatağına ait sülfidleri üzerinde gerçekleştirilen Re-Os izotopik çalışmaları (Akbulut vd., 2016), sülfid mineralizasyonu için üst Toarsiyen (en üst erken Jura) yaşını vermiştir. Dolayısıyla, cevherleşme için elde edilmiş üst Toarsiyen yaşı, VMS çökmesinin oluşumu sırasında Küre Havzası'ndaki genişleme rejiminin devam ettiği şeklinde yorumlanmıştır (Akbulut vd., 2016). Bununla birlikte, söz konusu yaş, yukarıda tartışılan ve Küre Havzası'nı kuzeye dalan Karakaya Okyanusu'nun yay gerisi marjinal havzası olarak yorumlayan ikinci paleocoğrafik modeli de desteklemektedir (örn., Pickett vd., 1995; Ustaömer ve Robertson, 1999, Okay ve diğerleri, 1996). Bu model, Küre VMS oluşumu için daha uygun bir model olarak görülmektedir.

Bazaltlardan elde edilen Orta Jura yaşları (Bajosiyen; 170 ± 6 My ve 168 ± 5 My; Terzioğlu vd., 2000), Akbulut vd. (2016) tarafından elde edilmiş Re-Os izotop yaşları ile de oldukça uyumludur. Mevcut verilerle Küre Havzası'nın kapanmasının başlangıcının üst-erken Jura'dan önce başlamadığını göstermektedir.



Şekil 53. Küre (Mağaradoruk) VMS Cevherleşmesinin jeotektonik ortam modeli (Günay 2019'dan değiştirilerek kullanılmıştır).

4.2. Cevher Jeokimyası ve Mineralojik Özellikler

Kıbrıs tipi VMS yatakları stratiform bir masif sülfid merceği ile birlikte, bu merceğin tabanında bulunan ağsal (stokvork) zon ile karakteristiktir. Bu ağsal zonun, hidrotermal çözeltilerin sirkülasyonuna olarak sağladığı ve üzerinde biriken masif merceğin oluşumunda rol oynadığı bilinmektedir. Bazı çalışmalarda masif merceğin altında gelişen ağsal zonun 3 km kadar derine ulaşabildiği ve 500 m'ye varan bir genişlikte olabileceği belirtilmektedir (Galley ve Koski, 1999).

Bu çalışmada Küre çevresinde incelenen Bakibaba, Toykondü ve Aşıköy sahalarının her üçünde de en üst seviyede işletilen masif cevher merceğinin varlığı gözlenmiştir. Bu sahalarda yapılan sondaj çalışmaları ise bu masif cevherlerin her üçünün de taban seviyelerinin ağsal bir zon şeklinde tabana doğru devam ettiğini göstermiştir. Buna göre Küre sahasındaki cevherlerin cevher geometrisi özelliklerinin VMS tip yataklar ile uyum içinde olduğu söylenebilir.

Kıbrıs tipi VMS yataklarının pirit ve kalkopiritin baskın olduğu mineralojik özellikler sunduğu buna göre de ana metal içeriğinin Cu olduğu pek çok çalışmada değerlendirilmiştir (Richards vd., 1989; Yıldırım vd., 2016; Alltun vd., 2015). Bu çalışmalara göre Kıbrıs tipi VMS yatakları kurşun ve çinko içerikleri bakımından fakirdir.

Önceki çalışmalara göre Aşıköy yatağının Cu içeriği 1,55-1,69 ağ.% arasında (Demirtaş, 1984); Toykondü yatağının Cu içeriği 2,6-3,20 ağ.% (Dirim, 1994); Bakibaba yatağının Cu içeriği ise 3,59 ağ. % (Sarıcan, 1968) olarak rapor edilmiştir. Küre işletmesi laboratuvarında sondajlardan yapılan analiz çalışmalarına göre ise Küre VMS cevherinin Cu tenörü masif cevherde ortalama 3,49 ağ. %, ağsal cevherde ise ortalama 1,65 ağ.% şeklindedir. Gerek Küre işletmesi sondaj analizlerinde, gerekse önceki çalışmalarda yapılan analiz sonuçlarında kurşun ve çinko değerleri rapor edilmemiştir.

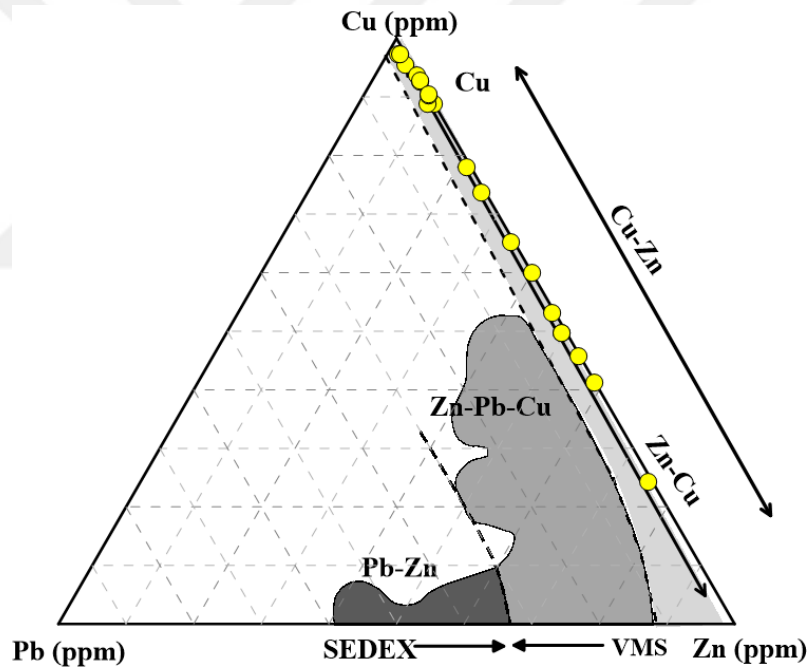
Bu durum hem masif cevherde, hem de ağsal cevherde yapılan analizlere göre Küre sahasının baskın bir şekilde Cu içerdiğini, kurşun ve çinko bakımından ekonomik olmadığını ortaya koymakta olup, Kıbrıs tipi VMS yataklarının karakteristik özelliklerini taşıdığını göstermektedir.

Masif sülfid yatakları içerdikleri metal bolluklarına göre Cu-Pb-Zn üçgen diyagramında sınıflandırılmıştır (Franklin vd., 1981; Large, 1992; Franklin vd., 2005; Galley vd., 2007). Bu diyagramdaki en ayırt edici özellik, volkanojenik masif sülfid cevherleşmelerinde Cu veya Zn elementlerinin baskın oluşudur. Küre cevherleşmesi içerisindeki cevher içeren bazalt ve masif cevher örneklerinden yapılan tüm kayaç analizleri dikkate alındığında, söz konusu örneklerin Cu-Pb-Zn üçgen diyagramında Cu-Zn aralığında bir dağılım sunmakla birlikte Cu içerikleri bakımından daha zengin oldukları görülmektedir. (Şekil 54).

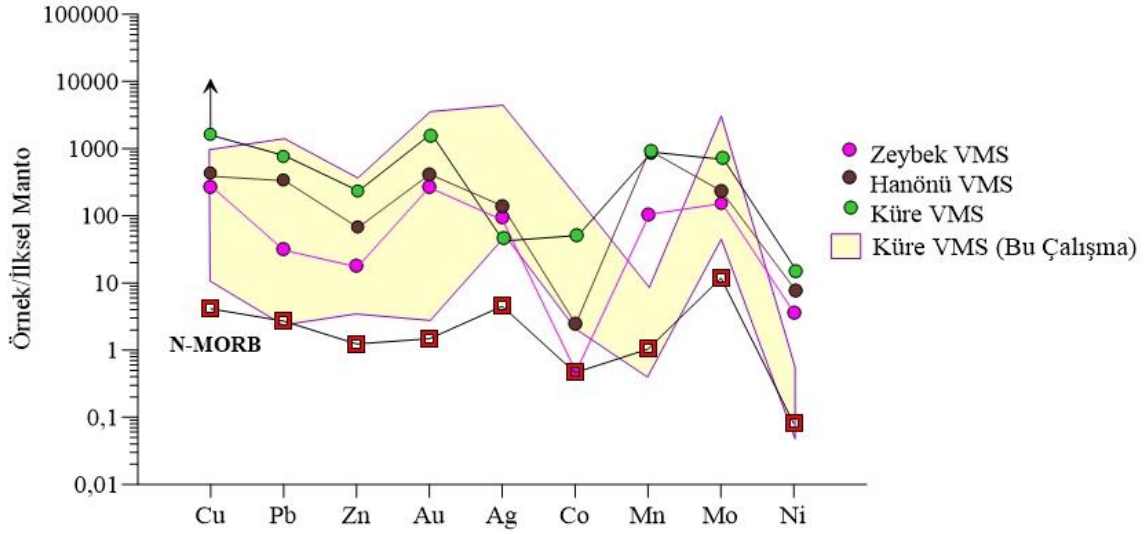
Küre yataklarının, özellikle Bakibaba tepedeki cevherleşmenin bulunduğu ortam nedeniyle, Galley ve Koski (1999) tarafından “Kıbrıs tipi Masif Sülfid Yatakları” olarak tanımlanan, yan kayaçları ofiyolit olan masif sülfid yataklarına benzerliği, Küre yatağındaki cevher minerallerinden alınan örneklerin analizleri kullanılarak hazırlanan Cu, Pb, Zn

ayırman diyagramı (Şekil 54) ile desteklenmektedir. Çalışma sahasına yakın bölgede gözlenen Zeybek masif sülfid yatağı, Zn-Pb içeriklerine kıyasla yüksek Cu içeriğine sahiptir ve volkanojenik masif sülfid yataklarının Cu-Zn grubuna dahildir (Günay vd., 2019).

Bu çalışma yay ardı okyanus havzasında meydana geldiğinden, Cu-Pb-Zn gibi pek çok element N-MORB'a göre zenginleşmesi söz konusu olmuştur. Bununla birlikte Ni değerinde çok az zenginleşme meydana gelmiştir (Şekil 55). Elde edilen veriler birkaç örnek dışında Günay vd., (2019) çalışmasındaki veriler ile örtüşmektedir. Zeybek VMS cevherleşmesinin Co değeri NMORB değerine yakın iken, diğer VMS yataklarında Co değerinde zenginleşmeler görülmektedir. Bununla birlikte Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Mo ve Ni değerleri Küre VMS (bu çalışma), Zeybek VMS, Hanönü VMS ve Küre VMS cevherleşmelerinin hepsinde NMORB'a göre zenginleşme göstermektedir.



Şekil 54. VMS yataklar için baz metal üçgen (Cu-Pb-Zn) sınıflaması (Franklin vd., 1981; Large, 1992; Galley and Koski, 1999)



Şekil 55. İlksel mantoya göre normalize edilmiş metal oranlarını gösteren spider diyagram (Günay vd., 2019)

Cevher mineralojisine yönelik yapılan çalışmalar da bu durumu destekler niteliktedir. Buna göre Küre sahasının baskın cevher minerallerinin pirit ve kalkopirit olduğu görülmüştür. Cevher mineral parajenezinde gözlenen sfalerit ve galen minerallerinin oldukça seyrek gözlenmiş olması Küre sahasının kurşun ve çinko içeriğinin neden düşük olduğunu açıkça ifade etmektedir. Küre sahasından derlenen örneklerin cevher mikroskobisi incelemeleri bu sahada pirit ve kalkopirit bakımından zengin bir cevherin varlığını doğrulamaktadır. Mikroskop çalışmalarında 2 farklı pirit oluşumu ile birlikte iki farklı kalkopirit oluşumu ve bunlara eşlik eden az miktarda sfalerit ve galen belirlenmiştir.

Masif cevher zonundan alınan örnekler makro olarak pirit ve kalkopiritin baskın olduğu masif cevher yapısı sunmaktadır. Ağsal zondan alınan örnekler ise pirit ve kalkopirit damarlarının ağsal olarak birbirini kestiği ağsal cevher yapısı sunmaktadır. Örneklerin bir kısmında ise köşeli yapıda cevher parçalarının arasını dolduran masif cevher yapıları gözlenmiştir. Bu yapıdaki cevher parçaları daha önceden oluşan cevherin bir kısmının daha sonradan gelen çözeltilere bağlı olarak kırılması sonucu gelişmiştir. Kırılma sonrasında devam eden hidrotermal çözelti bu cevher breşlerinin arasının tekrar masif cevher tarafından doldurulduğunu göstermektedir. Breşik cevher yapısı adı verilen bu yapı masif cevher ve ağsal cevher yapıları ile birlikte VMS tipi yataklar için karakteristik olan makro cevher yapılarını oluşturmaktadır. Bu karakteristik cevher yapılarına cevherli zonları çevreleyen yan kayalar içinde ve masif cevherin tabanında bulunan ağsal cevher zonu içerisinde gözlenen saçınımlı cevher yapısı da dahildir.

Makro olarak gözlenen bu yapılara ilaveten cevher örneklerinde gözlenen mikro dokular da şu şekilde özetlenebilir. Masif zona ait örneklerde cevher mineralleri yaygın olarak ince tanelidir. Boyutları genellikle 100 mikronun altındadır. İnce taneli bu minerallerin birbirleriyle girift bir ilişkisi söz konusudur. İnce taneli bu doku Ramdohr (1989) tarafından kum dokusu (Sandy texture) olarak tanımlanmakta olup VMS tip yataklar için karakteristiktir. Oldukça ince taneli bu cevher mineralleri arasında ileri düzeyde gelişmiş ornatım ilişkisi de örneklerde karakteristik olup bu özellik de VMS tip yatakların karakteristik özellikleri arasındadır. Bunun yanında makro örneklerde çıplak gözle gözlenebilen breşik dokunun mikroskop altında da yaygın olarak izlendiği görülmüştür.

Ağsal zondan alınan örnekler de kalınlıkları yer yer bir kaç mikrona kadar düşen çok ince damarların ağsal yapı gösterdiği doku türünü sergilemektedir. Bu yapıda yaygın olarak pirit ve kalkopirit birlikteliği söz konusudur. Ancak pirit her daim kalkopirite kıyasla daha baskındır. Yine bu örneklerde gerek yan kayaçlar içinde, gerekse gang içinde saçınımlı pirit minerallerinin oluşturduğu saçınımlı cevher dokusu izlenmiştir. Küre cevherinin makro özellikleri yanı sıra mikro dokusal özellikleri bu yatağın VMS türü yatakların karakteristik izlerini taşıdığını göstermektedir.

Mağaradoruk Cevherleşmesinin ana cevher mineralleri pirit ve kalkopirittir. Bunlarla birlikte markasit, manyetit, hematit, sfalerit, kovellin, mineralleri daha az oranda görülmektedir. Nadir olarak da kuprit, kromit, kalkosin, pirotin, bornit, valleriyit, galenit, nabit bakır ve altın olmakla birlikte, gang mineralleri olarak, kuvars, siderit- kalsit, ankerit dolomit ve klorit gözlenmektedir (Altun vd., 2015).

Ergani Mihrapdağı VMS cevherleşmesi Eosen yaşlı çamurtaşları ile kloritleşmiş bazalt içerisinde, Siirt Madenköy VMS cevherleşmesi ise porfiritik sipilitler içinde (Çalgın, 1978; Yıldırım ve Alyamaç, 1976; Ulutürk, 1999) yer almaktadır. Elazığ Ana yatak cevherleşmesi ise tabakalı diyabazlar içinde (Bamba, 1976; Wijkerlooth, 1944) yer almaktadır. Mağaradoruk yatağındaki masif sülfid cevherleşmeleri bazaltlar, siyah şeyller içinde bulunmaktadır. Mağaradoruk Cevherleşmenin üstte siyah şeyller tarafından örtülmesi yukarıda verilen yatakların oluşum ortamları ile büyük benzerlik göstermektedir (Şekil 13). Küre Mağaradoruk VMS cevherleşmesi mineral parajenezi açısından Siirt Madenköy ve Ergani masif sülfid yataklarına, örtü kayaçları sebebiyle de Ergani Mihrapdağına benzerlik göstermektedir.

4.3. Küre VMS Yatağının Kökensel Özellikleri

Ofiyolitlerle ilişkili VMS tip yataklarda yapılan kükürt izotop çalışmaları bu yatakların izotop bileşimlerinin -1 ile 8 ‰ arasında değişim gösterdiğini ortaya koymuştur (Clark, 1971; Hutchinson ve Searle, 1970; Jamisson ve Lyod, 1987; Hoefs, 2006). Bu çalışmalarda kükürt izotoplarının bu değişim aralıkları magmatik-meteorik-denizel kökenli çözeltiler ile ilişkilendirilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında Küre Mağaradoruk VMS yatağının kökensel özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yapılan kükürt izotop çalışmaları piritlerin izotop bileşimlerinin 7,3 ile 8,4 ‰ arasında, kalkopiritlerin bileşimlerinin ise 5,8 ile 7,8 ‰ arasında değiştiğini göstermiştir. İzotop verilerinin bu değişim aralıklarının bu konudaki öncül çalışmalarda belirtilen değer aralıkları ile kıyaslanması Küre Mağaradoruk VMS yatağının magmatik-meteorik ve/veya denizel bir kökenden jenere olan çözeltilerle direkt ilişkili olduğunu net bir şekilde sergilemektedir.

Pirit-kalkopirit mineral çiftlerinden izotop dengelenme reaksiyonlarına göre hesaplanan dengelenme sıcaklıkları Küre Mağaradoruk VMS cevherinin oluşum sıcaklığının 143,4 °C ile 434,6 °C arasında değiştiğini göstermektedir. Hesaplanan sıcaklıkların çoğunluğunun en düşük değer olan 143,4 °C ile en yüksek değer olan 434,6 °C dışındaki ölçülerin de 294,2 °C ile 397,8 °C arasında olacak şekilde daha dar bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir. Bütün ölçümlerin ortalaması 327,6 °C'dir. Ayrıca Küre Mağaradoruk Cevherleşmesini içeren bazalt örneklerinden elde edilen klorit elektron mikroprob analiz sonuçlarına kullanılarak hesaplanan sıcaklıkların 210-396 °C arasında değiştiği de belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, C88, Cathelineau (1988); KM87, Kranidiotis and MacLean (1987); J91, Jowett (1991)' e göre hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, Cathelineau (1988)' e göre sıcaklık değeri 210-365 °C arasında, Kranidiotis and MacLean (1987)'e göre sıcaklık değeri 210-376 °C arasında, Jowett (1991)'e göre sıcaklık değerleri 312-396 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Hesaplanan bu sıcaklık değerlerinden Cathelineau (1988)'e göre C88 değeri belirlenen diğer sıcaklıklar değerine en yakın değer (326,2 °C) olarak belirlenmiştir. Tüm bu sıcaklık değerlerinin ortalaması alındığında sıcaklık değeri 326,98 °C olarak belirlenir ve bu değer diğer sıcaklık değerlerini doğrular niteliktedir. Kükürt izotopu analizlerinden hesaplanan dengelenme sıcaklığı ile klorit mikroprob analizlerinden elde edilen sıcaklık değerinin birbirine çok yakın olması kloritleşme ile cevherleşmenin birlikte olduğu anlamına gelmektedir. Yani cevherleşmeye neden olan

sıvılar ayrıca kloritleşmeye neden olmuşlardır. Bu durum minerallerin dengede olduklarını ve aynı anda oluştuklarını göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında Küre Mağaradoruk VMS yatağını oluşturan çözeltilerin kaynağını belirlemeye yönelik olarak klorit minerallerinden oksijen ve hidrojen izotop çalışmaları da yapılmıştır. Buna göre kloritlerin oksijen izotop bileşimleri 3,3 ile 13,7 ‰ arasında ölçülmüştür. Bu ölçümlerin çoğunluğunun (iki tanesi haricinde; 3,3 ve 3,7‰) suyun magmatik ve meteorik ve/veya deniz suyu kökenli çözeltilerle uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 51). Oksijen izotopları ile birlikte aynı klorit minerallerinden hidrojen izotop analizleri de yaptırılmış olup ölçüm sonuçları -58 ile -74 ‰ arasında bulunmuştur. Hidrojen izotop sonuçları ise magmatik kökenli çözeltiler ile birebir uyumaktadır (Şekil 74). Oksijen ve hidrojen izotop sonuçlarının oksijene karşılık hidrojen izotop diyagramı üzerindeki dağılımları kloritlerin bileşiminden ölçülen su kaynağının bir kaç istisna dışında büyük ölçüde suyun magmatik ve meteorik ve/veya deniz suyu kökenli olduğu doğrulamaktadır (Şekil 52).

Piritlerden yapılan mineral kimyası analizlerine göre piritlerin bileşiminde önemli oranda Co (3,37 ağırlık %) belirlenirken, aynı piritlerin Ni içerikleri ölçüm sınırının altında çıkmıştır. Bu durum piritlerin Co bakımından zengin ve Ni bakımından fakir bir kaynaktan türediğini göstermektedir. Piritlerin iz element içeriklerinin, özellikle Co ve Ni içeriklerinin bir çok çalışmada bu minerallerin kökenlerinin belirlenmesinde kullanıldığı görülmektedir (Clark et al., 2004; Cook et al., 2009; Large et al., 2009; Koglin et al., 2010; Reich et al., 2013; Meng et al., 2020). Bu çalışmalarda yüksek kobalt ve düşük nikel içeriklerinin magmatik kökenli çözeltilere işaret ettiği belirtilmektedir. Özellikle Co/Ni oranının 1'in üzerinde olması durumu bu çalışmalarda magmatik kökenin göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Bu çalışmada Küre VMS yatağındaki piritlerin Co içerikleri oldukça yüksek iken, Ni içeriklerinin ölçüm sınırının altında olması nedeniyle piritler için Co/Ni oranının verilmesi olanak dışıdır. Ancak bu analiz sonuçları her durumda piritlerin Co içeriklerinin Ni'den yüksek olduğunu göstermektedir. Her ne kadar Co/Ni oranlarına göre değerlendirme yapılamasa da yüksek Co içerikli piritlerin bazik/ultrabazik magmatik kayalar ile ilişkili olabileceğini belirten araştırmalar mevcuttur (Raymond, 1996; Demir et al., 2015; Zhao et al., 2011; Wang et al., 2018). Bu araştırmalar dikkate alınarak Küre VMS yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerin bazik bir magmatik kaynaktan türemiş olabileceği düşünülebilir.

Yapılan bazı çalışmalarda (Jonasson and Sangster, 1978; Viets et al., 1992; Xuexin, 1984; Zaw and Large, 1996; Gottesman and Kampe, 2007; Gottesmann et al., 2009; Ye et al., 2011; Lockington et al., 2014; Hanjie et al., 2016; Wen et al., 2016) piritin dışında sfalerit minerallerinin de cevherin çözelti kaynağını belirlemede kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda sfaleritlerin Zn/Cd oranları çözelti kaynağını belirlemede kullanılmış, buna göre de Zn/Cd oranının 250'nin altında olması asidik karakterli magmatik çözeltiler ile; bu oranın 328 ile 427 arasında olması andezitik bir magmatizma ile ve bu oranın 500'ün üzerinde olması ise bazaltik bir magmatik kaynak ile ilişkilendirilmiştir.

Küre Mağaradoruk VMS yatağındaki sfaleritlerden yapılan Zn ve Cd analizlerine göre Zn/Cd oranları az sayıdaki analizde 250'nin altına düşmekle birlikte bu oran genel olarak 500'ün üzerindedir. Hatta bazı analizlerde Zn/Cd oranının 1100'e kadar çıktığı belirlenmiştir. Bu durum da piritlerin yüksek Co içerikleri, Küre VMS yatağını oluşturan çözeltilerin bazik bir magmatik kaynakla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmada kükürt izotop verileriyle birlikte oksijen ve hidrojen izotop verileri Küre Mağaradoruk VMS yatağının magmatik ve meteorik ve/veya deniz suyu kökenli çözeltiler ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Ancak izotop verileri ile bu magmatik kaynağın karakteri hakkında pek bir şey söyleme olanağı olmamıştır. Diğer taraftan mineral kimyası analizlerine göre piritlerin yüksek Co içerikleriyle birlikte, sfaleritlerin 500'ün üzerindeki Zn/Cd oranları, bu olası kaynağın bazaltik bileşimli bir magmadan türemiş olabileceğini göstermiştir.

5. KAYNAKLAR

- Abdioğlu E., Arslan M. & Kadir S. (2008). Kutlular (Sürmene-Trabzon) Masif Sülfid Yatağı Hidrotermal Alterasyonunun Kil Mineralojisi, İzotopik Özellikleri ve Kökeni, *III. Ulusal Jeokimya Sempozyumu, Bildiriler ve Özetler*, Ss.22-26, Bursa.
- Adamia S.A., Zakariadze, G.S. & Lordkipanidze M. (1977). Evaluation of the Active Continental Margin as illustrated by Alpine History of the Caucasus: *Geotectonics*, 40, 183-99.
- Ajdukiewicz, Z. (1945). Küre Yatakları Hakkında İlk Proje Etüdü: *Etibank Küre Bakirli Pirit İşletmesi Müessesesi* (Yayımlanmamış Rapor).
- Akbulut, M., Oyman, T., Çiçek, M., Selby, D., Özgenç, İ. & Tokçer, M. (2016). Petrography, Mineral Chemistry, Fluid Inclusion Microthermometry and Re-Os Geochronology of the Küre Volcanogenic Massive Sulfide Deposit (Central Pontides, Northern Turkey), *Ore Geology Reviews*, 76, 1–18.
- Akçay, M. (2002). Jeokimya: Temel Kavramlar Ve Uygulamaya Aktarımları, Ktü Matbaası, Trabzon.
- Altun, Y., Yılmaz H., Şiner İ., & Yazar F. (2015). Okyanus Ortası Sırtlarda Oluşan Masif Sülfid Yataklarının Sırları ve Küre- Mağaradoruk Bakır Yatağı, *Mta Dergisi*, 150: 51-65.
- Altun, Y., Yılmaz H., Hatko C. & Yılmaz B. (2009). Kastamonu- Küre Bakır Yatakları ve Bu Yataklarda 2005–2008 Yılları Arasında Yapılan Arama Çalışmaları ile Elde Edilen Sonuçlar, *Eti Bakır A.Ş. General Directorate*, Kastamonu
- Asloğlu. K., (1919). Küre Yatakları Rapor Özeti Hakkında: Küre Bakirli Pirit İşletmesi Müessesesi, Küre (Yayımlanmamış).
- Aydın, M., Şahintürk, Ö., Serdar, H. S., Özçelik, Y., Akarsu, İ., Üngör, A., Çokuğraş, R. & Kasar, S. (1986). Ballıdağ-Çangaldağı (Kastamonu) Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, *Tjk Bülteni*, 29, 1-16.
- Baran, C. (2019). *Sarıseki (Kastamonu-Taşköprü) Bakır Mineralizasyonu ve İlişkili Metasedimanter Kayaçların Jeolojik Özellikleri*, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Van, 108 Sayı.
- Bailey, H. E., Barnes, J.W. & Kupfer, D.H. (1966). Geology And Ore Deposits of the Küre District Kastamonu Province, Turkey: *Cento Summer Traming Program in Geological Mapping Tecniques*, 11-94.

- Bailey, H., Barnes, J. W. & Kupfer, D. H. (1967). Türkiye Kastamonu ile Küre Bölgesi Cevher Yatakları Ve Jeolojisi, *Etibank Genel Müdürlüğü Raporu* (Yayımlanmamış), Ankara.
- Barrett, T.J., Maclean W.H., Cattalani, S. & Hoy, L. (1993)a. Massive Sulfide Deposits of The Noranda Area, Quebec, V., The Corbet Mine, *Canadian Journal of Earth Sciences* 30, 1934–1954.
- Barrett, T.J., Cattalani, S. & Maclean, W.H. (1993)b. Volcanic Lithogeochemistry and Alteration at the Delbridge Massive Sulfide Deposit, Noranda, Quebec, *Journal Of Exploration Geochemistry*, 48, 135–173.
- Barrett, T.J. & Maclean, W. H. (1991). Chemical, Mass And Oxygen İsoptpe Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Quabec, *Economic Geology*, 96, 406-414.
- Barrett, T.J. & Maclean, W.H. (1994). Mass Changesi in Hydrothermal Alteration Zones Associated with VMS Deposits in The Noranda Area, *Exploration And Mining Geology* 3, 131–160.
- Bektaş, O. (1983). Kuzeydoğu Pontid Magmatik Yayındaki (L) Tipi Granitik Kayaçlar ve Jeotektonik Konumları, 37. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri*, 49-50.
- Bektaş, O., Pelin, S. & Korkmaz, S., (1984). Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Manto Yükselimi ve Polijenetik Ofiyolitik Olgusu, *TJK Ketin Sempozyumu*, 175-188.
- Bektaş, O., & Van, A. (1986). Doğu Pontidlerde (Kuzeydoğu Türkiye) Jura Volkanizması ve Jeotektoniği: 40. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri*, Ankara, 29.
- Biju-Duval, B., Dercourt, J. & Le Pichon, X. (1977). From The Tethys Ocean to the Mediterranean Seas: A Plate Tectonic Model of the Evolution of the Western Alpine System; B. Biju-Duval and D. Montadert, Ed., *Structural History of the Mediterranean Basins De. Editions Technip*, Paris, 143-160.
- Blumenthal, M. (1948). Un Apercu De La Geologie Des Chaines Nordanatoliennes Entre L'Ova De Bolu Et Le Kızılırmak İnférieur. *MTA Yayın*, No. B. 13.
- C. V. Jeans, D. S. Wray, R. J. Merriman & Fisher, M. J. (2000). Volcanogenic Clays İn Jurassic and Cretaceous Strata of England and the North Sea Basin, *Clay Minerals*, Volume 35, Issue 1, Pp. 25 - 55
- Cento, (1967). Türkiye Kastamonu ile Küre Bölgesi Cevher Yatakları Ve Jeolojisi: *Etibank Genel Müdürlüğü Raporu* (Yayımlanmamış).
- Çağatay N., Pehlivanoglu, H. & Altun. Y. (1980). Küre Piritli Bakır Yataklarının Kobatt-Altın Mineralleri ve Yataklarının Bu Metaller Açısından Ekonomik Değeri: *Mta Derg.*, 93/94,110-117.

- Çağatay, A. & Arda, O. (1984). Küre Bölgesindeki Kayaçların Mineralojik İncelenmesi. Kastamonu (Unpublished).
- Çağatay, M.N. & Eastoe, C.J. (1995). A Sulfur İsoptoe Study of Volcanogenic Massive Sulfide Deposits of the Eastern Black Sea Province, Turkey. *Mineralium Deposita* 30, 55–66. Callaghan, T. 2001. Geology And Host-Rock Alteration Of The Henty And Mount Julia Gold Deposits, Western Tasmania, *Economic Geology*, 96, 1073–1088.
- Çakır Ü. (1995). Işıköy-Toykondü (Küre-Kastamonu) Masif Sülfid Yataklarının Jeolojik Özellikleri, *Mta Dergisi*, 117, 29-40.
- Çakır Ü., Genç, Y. & Panktunç D. (2006). Intrusive Lherzolites Within The Basalts of Küre Ophiolite (Turkey): An Occurrence in The Tethyan Suprasubduction Marginal Basin, *Geological Journal*, 41(2):123 - 143
- Çelik, Ö. F. (2016). Küre (Kastamonu) Karmaşığı Ofiyolitik Kayaçları ve Bu Kayaçları Kesen Dasitlerin Kökeni, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 37 (3), 217-235
- Çimen O., Göncüoğlu, M. C., Simonetti, A. & Sayit, K. (2018). New Zircon U-Pb LA-ICP-MS ages and Hf isotope data from the Central Pontides (Turkey): Geological and Geodynamic Constraints, *Journal of GGeodynamics*.
- Çimen, O., Göncüoğlu, M.C. & Sayit, K., (2016). Geochemistry of the metavolcanic rocks from the Çangaldağ Complex in the Central Pontides: Implications for the Middle Jurassic arc-back-arc system in the Neotethyan Intra-Pontide Ocean. *Turk. J. Earth Sci.* 25, 491–512.
- Dönmez, C., Keskin, S., Gunay, K., Colakoglu, A.O., Ciftci, Y., Uysal, I., Turkel, A. & Yildirim, N. (2014). Chromite and PGE geochemistry of the Elekdag ophiolite (Kastamonu, Northern Turkey): implications for deep magmatic processes in a supra-subduction zone setting. *Ore Geol. Rev.* 57, 216–228.
- Demirbaş, T. (1984). Aşıköy Rezerv Hesabı Raporu: Etibank Rep., *Maden Arama Dairesi Başkanlığı* (Unpublished), Ankara.
- Dercourt. J., Zonenshain, L.P., Ricou. L.E.; Kaarrin, V.G., Le Pichon. X., Knipper, A.L., Grandjacquet, C., Sbonshikon. L.M., Geyssant, U., Lapurier, C., Perhersky. D.H., Boulin, J., Sibuet, J.C., Savostin, L.A., Sozokhtrn, O., Westphal, M., Bazhenov M L., Lover, J.F. & Biju-Duval, B. (1986). Geological Evolution of the Tethys Belt From the Atlantic to the Pamirs Since the Liassic: *Tectonophysics*, 123, 241 315.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, T., W.B.F. & Bonnin, J., (1973). Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System: *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84, 3137- 3180

- Dirim, M. S. (1998). Küre-Toykondu (Kastamonu) Bakırlı Pirit Cevherleşmesinin Ekonomik Ve Jeolojik Değerlendirilmesi, *T.C.'Nin 75.Yılında Fırat Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20.Yılı Sempozyumu*, 12-16 Ekim 1998.
- Erler, A. & Kuşçu, İ. (2002). Pyrite Deformation Textures In The Deposits of the Küre Mining District (Kastamonu-Turkey), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 11, 205-215.
- Ercan, T. & Gedik, A. (1983). Pontidlerdeki Volkanizma: *Jeoloji Mühendisliği*, 18, 3-30.
- Faure, G. (1986). Principles of Isotope Geology: John Wiley and Sons Inc., 589 P., Canada.
- Geiss, H.P. (1954). Karadeniz Taşkömürü Prospeksiyonu Bölgesi Dahilinde Inebolu-Küre-Abana Sahasında Yapılan Jeolojik Löve Neticeleri. *MTA Rapor No. 2973* (Yayınlanmamış).
- Göktunalı, K. (1955). Devrekani-Daday-Küre İlçeleri Arasında Kalan Ağlıpazarı-Seydiler Bölgesi Hk. *MTA Rapor*, No. 2533 (Yayınlanmamış)
- Grant, J.A. (1986). The Isocon Diagram a Simple Solution to Gresens Equations for Metasomatic Alteration, *Econ. Geol.*, 81, 1976 - 1982.
- Greesens, R.L. (1967). Composition-Volume Relationships of Metasomatism, *Chemical Geology*, 2, 47-65.
- Gücer, M.A., Arslan M., Sherlock S. C. & Heaman L. M. (2016). Permo-Carboniferous granitoids with Jurassic High Temperature Metamorphism in Central Pontides, Northern Turkey, *Mineralogy and Petrology*, 110(6): 943-964. Doi: 10.1007/s00710-016-0443-5.
- Günay, K., Dönmez, C., Oyan, V., Yıldırım, N., Çiftçi, E., Yıldız, H. & Özküçük, S. (2018). Geology and Geochemistry of Sediment-Hosted Hanönü Massive Sulfide Deposit (Kastamonu – Turkey), *Ore Geol. Rev.* 101, 652–674.
- Günay, K., Dönmez, C., Oyan, V., Baran, C., Çiftçi E., Parlak, O., Yıldırım., N., Denge, X.H., Lif, C., Yıldırım, E. & Özküçük, S. (2019). Geology, Geochemistry and Re-Os Geochronology of the Jurassic Zeybek Volcanogenic Massive Sulfide Deposit (Central Pontides, Turkey), *Ore Geology Reviews*, 111- 102994
- Güner, Y., Kidd, W.S.F. & Şengör, A.M.C. (1980). Neotectonics of Eastern Turkey: New Exidence for Crustal Shortening and Thickening in a Collision Zone: *Eos*, 51, 17, 360.
- Güner, M. (1980). Küre Civarının Masif Sülfid Yatakları ve Jeolojisi Pontidler (Kuzey Türkiye), *Maden Tetkik Ve Arama Dergisi*, 93/94, 65-109.

- Hoefs, J. (1973). *Stable Isotope Geochemistry*, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1973, 140 Pp.
- Hoefs, J. (1987). *Stable Isotope Geochemistry*, 3rd Edn. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 241 S.
- Hoefs, J. (2004). *Stable Isotope in Geochemistry*, 5th Edition, Springer Verlag, Berlin, 244 P.
- Huston, D. L. (1993). The Effect of Alteration and Metamorphism on Wall Rocks to the Balcooma and Dry River South Volcanic-hosted Massive Sulphide Deposits, Queensland, Australia, *Jour. Of Geoch. Expl.*, 48, 277-307.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.A. (1971). A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal Of Earth Science*, 8, 523-548.
- Jenner, G. A. (1996). Trace Element Geochemistry of Igneous Rocks: Geochemical Nomenclature and Analytical Geochemistry in Wyman, D.A., Ed. Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration: Geological Association of Canada, Short Course Notes, V. 12, P. 51-77.
- J.I.C.A. Japon Uluslararası Kooperasyon Ajansı & M.M.A.J. Metal Madenciliği Ajansı (1992). The Republic of Turkey Report on The Mineral Exploration Of Küre Area: Etibank Rep., Etibank Genel Müdürlüğü (Unpublished), Ankara.
- Keleş, M. (2018). *Devrekani (Kastamonu) Bölgesindeki Krom Oluşumlarının İncelemeleri*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ketin, İ. & Gümüş, A. (1963). Sinop-Ayancık Arasında 3. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi. *TPAO, Rapor No: 288*.
- Ketin, İ. (1962). 1/500 000 Ölçekli Jeolojik Haritası Sinop Paftası Ve İzahnamesi. *Maden Tetkik Ve Arama Enstitüsü Yayınları*, Ankara.
- Ketin, İ. & Gümüş, A. (1963). Sinop-Ayancık Arasında 3. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi. *Tpao Rapor*, No: 288.
- Kılıç, M., Tüfekçi, Ş., Çamaşırcıoğlu, A., Tezel, N., Çetinkaya, N. & Biçer, Z. (1977). Kastamonu-Küre Bakırlı Pirit Aramaları Jeoloji ön Raporu: Mta Ger. Md. *Maden Etüd Dairesi*, Arşiv No. 1940 (Yayımlanmamış).
- Kovenko, V. (1944). Küre'deki Eski Bakır Yatağı ile Yeni Keşfedilen Aşıköy Yatağının ve Karadeniz Orta ve Doğu Kesimleri Sahil Bölgesinin Metallojenisi, *Maden Tetkik Ve Arama Dergisi*, 2/3, Pp.180-211.

- Koç Ş., Ünsal A. & Kadioğlu Y. K. (1995). Küre-Kastamonu Cevherleşmelerini İçeren Volkanitlerin Jeolojisi Jeokimyası ve Jeotektonik Konumu, *Mta Dergisi*, 117,41-54.
- Letouzey, J. Biju-Duval, B. Dorkel, A. Connard, R., Kristcheu, K., Montadert, L. & Sungurlu, O. (1977). The Black Sea; A Marginal Basin. Geophysical and Geological Data: Biju-Duval, B. Montadert, L., Ed., Structural History of The Mediterranean Basins De: Editions. Teenni, Paris., 363-376.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R., & Zanettin, B. (1989). A Classification of Igneous Rocks and Glossary of terms, Blackwell, Oxford.
- Loftus-Hills, G. & Solomon, M. (1967). Cobalt, Nickel And Selenium In Sulphides as Indicators of Ore Genesis, *Mineralium Deposita*, 2, 228-242.
- Maclean, W.H. & Kranidiotis, P. (1987). Immobile Elements as Monitors of Mass Transport In Hydrothermal Alteration: Phelps Dodge Massive Sulfide Deposit, Matagami. *Economic Geology*, 82, 951-962.
- Maclean, W.H. (1990). Mass Change Calculations In Altered Rock Series, *Mineralium Deposita*, 25, 44-49.
- Mizumoto, H., Unsal, A., Matano, Y., Yiğit, L., Şato, K., Çelik, N., Sugawane, K., Öztürk, M., Yoshizawa, M., Akkuş, T., Takahashi, İ., Ersöz, O. & Sugiyama, S. (1992). The Republic of Turkey Report on the Mineral Exploration of Küre Area: Phase L, 335 S.
- Nikitin, V. (1926). Küre Bakır Madeni: *Mta Derleme, Rap.*, 850. (Yayımlanmamış), Ankara.
- Norman, T. (1985). The Role of the Ankara Melange in the Development of Anatolia (Turkey): Dixon J.E. and Robertson A.H.F., Ed., The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean De, *Special Publication of the Geological Society*, 17, Blackwell Scientific Publications, 441 -447.
- Ohmoto, H., Rey & R.O. (1979). Isotopes of Sulfur and Carbon In: Barnes, H.L. (Ed.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Wiley, New York, Pp. 509-567.
- Ohmoto, H. (1986). Stable Isotope Geochemistry of Ore Deposits: Valley Et Al., Ed., Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes Da-, 491-559, *Mineralogical Society of America*.
- Okay, A.I. (1984). Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (Eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean 17. *Geol. Soc.*, London Spec. Publ., pp. 455-466.

- O'Neil, J. R. (1986). Theoretical and Experimental Aspects of Isotopic Fractionation, In: Valley, W. And J. R. O'Neil (Eds.), *Stable Isotopes in High Temperatures Geological Processes, Reviews in Mineralogy*, 16, 1-40.
- Öner, Ö. (1971). Küre Civarındaki Ar: 2733-3313-3314- 3325-3331-5463-5712-5754 Nolu Ruhsat Sahalarının Prospeksiyon Raporu: *Mta Derleme Rap.*, 4735, (Yayımlanmamış), Ankara.
- Pehlivanoglu, H. (1985). Kastamonu-Küre Piritli Bakır Yatakları (Bakibaba, Aşıkköy) ve Çevresinin Jeoloji Raporu. *Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü*, Rapor No: 1744, Ankara (Yayımlanmamış).
- Pieniazek, J. (1945). Küre Araştırmaları Katı Raporu: Etibank Küre Bakırlı Pirit İşletmesi Müessesesi (Yayımlanmamış).
- Pollak, A. (1964). Küre Pirit-Bakır Yatağı Hakkında Rapor: *Mta Derleme Rap.*, 3693, (Yayımlanmamış). Ankara.
- Revan, M. K. (2010). Doğu Karadeniz Bölgesi Masif Sülfid Yataklarındaki (Lahanos, Killik ve Çayeli) Fosil İzlerine Ait İlk Bulgular, *MTA Dergisi*, Cilt.140, s.75-81.
- Romberg, H. & Eymir, D. (1963). Kastamonu Küre Civarı Jeolojik Haritası İzahatları; *Etibank Maden Arama Dairesi*, Rap. No. 569, (Yayımlanmamış), Ankara.
- Saner, S. (1980). Batı Pontidlerin ve Komşu Havzaların Oluşumlarının Levha Tektoniği Kuramıyla Açıklanması, *Kuzeybatı Türkiye: MTA Derg.*, 93/94, 1 -19.
- Sarıcan, K. (1968). Bakibaba Cevher Yatağı Arama ve Değerlendirme Çalışmaları Raporu, Küre: *Etibank K. B.İ. Rep.* (Unpublished).
- Sağdık, U. (1976). Küre Cürufırlarındaki Bakır ve Kobaltın Kimyasal Bileşimlerinin Saptanması ve Ekstraksiyonları Hakkında Araştırma: *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Teknoloji Dairesi Radyoaktif ve Nadir Metaller Teknolojisi Servisi Raporu* (Yayımlanmamış).
- Shriver, N.A. & Maclean, W.H. (1993). Mass, Volume And Chemical Changes In The Alteration Zone at the Norbec Mine, Noranda, Quebec. *Mineralium Deposita*, 28, 157-166.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz Y, & Ketin, I. (1980). Remnants of a Pre-Late Jurassic Ocean In Northern Turkey: Fragments of Permian-Triassic Pale. *Geological Society of America Bulletin*, Cilt.91, Sa.10, Ss.599-609.
- Şengün, M., Acar, Ş., Akat, U., Akçören, F., Ahun, I., Armağan, F., Deveciler, E., Erdoğan, K., Keskin, H. & Sevin, M. (1987). Paleotetis'in Konumu ve Tükenişi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı'87, Bildiri Özleri*, 2.

- Şengün, M., Keskin, H., Akçören, F., Altun, L., Sevin, M., Akat, U., Armağan, F. & Acar, Ş. (1990). Kastamonu Yöresinin Jeolojisi ve Paleotetisin Evrimine İlişkin Jeolojik Sınırlamalar, *Türkiye Jeol. Bült.* 33, 1-16.
- Şengün, M. (2006). Anadolu'nun Kenet Kuşakları ve Jeolojik Evrimine İrdelemeli ve Eleştirel Bir Bakış. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 133, 1-26.
- Taylor, H.P. (1974). The Application of Oxygen and Hydrogen Isotope Studies to Problems of Hydrothermal Alteration and Ore Deposition: *Econ Geol.* 69, 343-881.
- Toktaş, F. (1969). *Die Kupfererzlagertypen Von Küre Kastamonu-Türkei*: Doktora Tezi, Mainz-Batı Almanya, 55 S.
- Tokel, S. (1983). Liyas Volkanitlerinin Kuzey Anadolu'daki Dağılımı, Jeokimyası Ve Kuzey Tetis Ada Yayı Sistemi Evriminin Açıklanmasındaki Önemi: 37, *Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özleri*, 42-44
- Tokel, S. (1991). Pontidlerin Jeokimyasal Evrimleri ve Masif Sülfid Yalıklarının Jenezi; 44. *Türkiye Jeoloji Kurul Tayı, Bildiri Özleri*, 63.
- Unsal, A. & Dirim, M.S. (1990). Küre ve Civarındaki Bakır Zuhurlarında Yapılan Çalışmalar Hakkında Rapor: *Etibank Maden Arama Dai. Bşk.*, Rap. No 1445. (Yayımlanmamış), Ankara.
- Uytendogaardt, W. & Burke, E. A. J. (1973). Tables for Mikroskopik Identification of Ore Minerals: *Elsevier*, Amsterdam.
- Üşümezsoy, Ş. (1990). Istranca Orojeni; Karadeniz Çevresi Kimmerid Orojen Kuşakları ve Masif Sülfid Yatakları: *Türkiye Jeol. Bült.*, 33/1, 17-28.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A. (1976). Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobile Elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A. (1977). Geochemical Discrimination of Different Magma Series and their Differentiation Products Using Immobile Elements, *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Yılmaz, O. (1979). Daday-Devrekani Masifi Kuzeydoğu Kesimi Metamorfik Petrolojisi, Thesis, Hacettepe Univ., Ankara, 176 S.
- Yılmaz, Y. & Saner, S. (1980). Orta Sakarya Bölgesinin Tektonik Evrimi: 34, *Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri Kitabı*, 27.
- Yılmaz O. & Tüysüz, O. (1984). Kastamonu-Boyabat-ve Zirköprü-Tosya Arasındaki Bölgenin Jeolojisi (Ilgaz-Kargı Masifinin Etüdü): *Mta Derleme Rap.*, 7838 (Yayımlanmamış), Ankara.

6. EKLER

Ek Tablo 1. Kastamonu-Küre VMS Cevherleşmesini İçeren Bazalt Örneklerinin Jeokimyasal Analiz Sonuçları

[illegible]

Ek Tablo 1'in devamı

	K1	K2	K5	K6	K7	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K23
Rb	0,4	1	20,5	38,5	<0,1	<0,1	3,5	127	139,3	123	0,2	1,1	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,5
Sn	<1	<1	<1	<1	5	1	1	4	4	3	10	2	5	5	6	7	1	<1
Sr	91,5	103,7	49	47,9	2,3	3	26,6	65,1	63,2	62,2	<0,5	1,3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	327
Ta	<0,1	0,1	0,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	1,1	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Th	<0,2	0,3	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	13,1	14,9	13	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
U	0,2	0,1	0,2	0,1	1,2	0,5	0,2	3	2,8	3	1,7	4,4	8,7	3,4	3,4	6,3	4,5	<0,1
V	229	288	311	285	157	206	203	191	196	246	27	46	68	39	24	51	35	224
W	<0,5	<0,5	2	<0,5	0,5	0,5	<0,5	3,4	3	2	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5
Zr	50,8	103,9	72,1	61,3	32	42,3	60,3	147	151,9	156	1,2	2,6	2,7	1,1	0,8	1,4	0,9	43,7
Y	19,9	36,5	22,4	21,7	10,5	13,5	19,2	25,7	23,7	31,1	0,6	4,5	7,8	3,4	0,9	2,5	1,5	15,1
La	2,6	5,9	3	3,3	4	1,4	3,6	34,4	33,7	34,1	0,5	1,2	1,8	0,5	0,5	1,3	0,6	2
Ce	6,6	15,3	7,9	9,5	9	4,1	8,4	71,5	78,3	74,6	0,2	3,2	4,4	1	0,5	0,8	0,7	5,3
Pr	0,96	2,36	1,17	1,32	1,46	0,64	1,42	7,32	7,73	8,58	0,04	0,38	0,69	0,2	0,04	0,18	0,07	0,86
Nd	4,7	10,8	7,4	6,1	8	4,3	8,8	24,8	27,5	34,1	<0,3	1,8	3	0,5	<0,3	0,6	0,5	5,1
Sm	1,95	3,73	2,21	2,78	1,67	0,98	2,77	5,24	4,83	6,92	<0,05	0,85	1,28	0,42	0,14	0,42	0,15	1,56
Eu	0,96	1,56	0,9	1,17	0,63	0,61	1,1	1,21	0,96	1,51	0,02	0,29	0,46	0,2	0,09	0,23	0,06	0,6
Gd	2,38	5,29	3,11	3,48	1,54	1,87	2,89	5,01	4,21	5,88	0,19	1,08	1,89	0,79	0,14	0,4	0,29	2,04
Tb	0,55	1,01	0,61	0,65	0,29	0,38	0,56	0,82	0,71	1,01	0,03	0,24	0,4	0,16	0,05	0,09	0,07	0,39
Dy	3,05	6,38	3,72	4,42	1,8	2,74	3,19	4,46	3,76	5,83	0,1	1,29	2,82	0,67	0,33	0,52	0,31	2,71
Ho	0,77	1,39	0,85	0,78	0,46	0,58	0,79	1,17	0,94	1,28	<0,02	0,36	0,49	0,18	0,05	0,17	0,11	0,56

Ek Tablo 1'in devamı

	K1	K2	K5	K6	K7	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K23
Er	2,06	4,36	2,35	2,7	1,29	1,96	2,36	3,1	3,02	3,53	0,13	0,54	1,3	0,43	0,09	0,05	0,05	1,86
Tm	0,33	0,53	0,43	0,36	0,2	0,25	0,29	0,4	0,46	0,52	<0,01	0,07	0,15	0,05	<0,01	0,04	0,01	0,25
Yb	2,2	3,77	2,38	2,21	1,34	1,87	2,41	3,04	2,71	3,23	0,07	0,21	0,62	0,29	0,14	0,19	0,16	1,58
Lu	0,32	0,56	0,37	0,34	0,18	0,26	0,37	0,42	0,38	0,52	<0,01	0,06	0,1	0,02	<0,01	0,02	<0,01	0,26
Top/C	0,09	0,56	1,61	1,71	0,21	0,32	2,73	0,36	0,4	2,41	0,02	0,03	0,08	0,05	0,04	0,12	0,04	1,3
Top/S	0,05	0,38	0,03	<0,02	12,5	1,82	0,68	<0,02	0,03	0,52	41,7	39,1	40,1	44,4	44,6	40	41	0,22
Mo	0,2	2,4	0,5	0,5	3,3	1,2	2,5	0,5	0,6	1,1	46,8	52,5	64,7	27,3	33,3	45,8	34,8	3,4
Cu	2,1	315,2	76,2	58,3	1869	3333	1975	113	53,7	198	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000	318
Pb	0,1	0,9	0,8	0,7	6,1	4,9	1,9	35,8	37,2	58,5	97	102	88,7	82	139	143,6	111	1,4
Zn	95	26	70	71	144	412	210	125	117	143	8754	1148	376	191	>10000	>10000	159	138
Ni	226,4	74,4	57,1	44,3	168	177	88,7	98,2	98,6	84,7	12,4	40,1	44,4	45,1	13,9	22	19,9	119
As	0,9	1,9	1,9	2,5	107	19,6	14,5	17,5	19,5	62,2	276	270	321	241	315	324,2	238	5,3
Cd	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	<0,1	<0,1	0,1	78,2	9,3	0,8	1	19,7	15,2	0,7	0,2
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,1	<0,1	0,2	8,6	9,4	11,6	9,5	20	20,4	9,8	0,1
Bi	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	0,1	0,1	0,7	0,6	0,6	5,2	3,3	4,2	8,7	2,9	3,3	2,4	<0,1
Ag	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	2,1	5,7	6,3	12,5	10,7	16,1	3	<0,1
Au	2,2	10,4	2,9	2,6	157	223	49,1	11,5	3,3	3,8	16,6	119	104	25	333	569,7	30	19,4
Hg	0,02	0,13	0,08	0,06	0,5	0,58	0,55	0,12	0,13	0,31	27,1	17,7	10,6	11,7	50	>50,00	7,16	0,59
Tl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	1,4	1,6	1,2	2,1	2,7	0,6	<0,1
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	10,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	64	47,9	82,9	49,9	3,2	23,9	43,3	<0,5

Ek Tablo 1'in devamı

	E9	E13	E14	E20	E23	E24	Su1	Su2	Su3	Su4	Su5	Su6	Su7	Su8	Su13	Su14	Su15	Su16	Su17	Su18	Su19
SiO₂	53,5	46,3	59,6	8,19	26,5	13,6	47,9	48,6	47,9	51,1	52	55,9	47,9	50,27	45	47,28	53,3	50,63	48,1	48,7	45,8
Al₂O₃	10,9	13,7	3,5	0,18	5,35	0,13	14,9	15,8	15,1	14,7	14,1	14,8	14,5	16,23	14	12,94	11,4	15,04	13,1	16,3	14,1
Fe₂O₃	24,6	12	20,7	56,1	39,9	53,4	11,3	9,65	10,6	9,7	11,5	8,63	8,98	9,45	8,2	9,76	8,42	9,51	22,2	10,9	16,4
MgO	3,32	8,75	1,62	0,02	2,27	0,01	7,59	6,41	7,91	6,33	5,04	3,21	3,95	3,12	5,3	6,58	3,57	5,92	8,26	7,82	7,39
CaO	0,15	6,27	0,43	0,06	0,16	0,01	6,54	6,35	7,95	10	5,91	5,69	8,52	6,34	14	11,44	16,5	7,89	0,08	5,01	4,18
Na₂O	0,02	1,35	0,01	0,02	0,17	<0,01	3,8	4,68	4,12	3,02	5,71	4,28	4,78	5,5	3,4	3,12	0,13	4,25	0,03	4,82	3,97
K₂O	<0,01	0,28	0,02	0,03	0,05	<0,01	0,37	0,3	0,22	0,48	0,07	0,26	0,23	0,31	0	0,04	<0,01	0,26	0,01	0,16	0,09
TiO₂	0,72	1,51	0,19	<0,01	0,36	<0,01	1,53	1,15	1,41	1,32	1,5	1,35	1,29	1,07	0,9	1,3	0,88	1,1	1,37	0,97	1,57
P₂O₅	0,01	0,14	0,09	<0,01	0,02	<0,01	0,15	0,1	0,13	0,14	0,16	0,15	0,14	0,13	0,1	0,12	0,08	0,1	0,04	0,06	0,12
MnO	0,06	0,2	0,05	<0,01	0,04	<0,01	0,18	0,14	0,18	0,16	0,17	0,14	0,19	0,17	0,1	0,17	0,14	0,18	0,02	0,35	0,07
Cr₂O₃	0,04	0,04	0,02	0,01	0,03	0,01	0,04	0,03	0,04	0,04	0,01	0,04	0,03	0,029	0	0,039	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03
Ni	76	102	41	27	64	<20	80	61	63	69	28	64	60	55	50	91	71	79	94	93	66
Sc	29	35	8	<1	13	<1	37	36	36	35	29	31	34	36	33	35	24	32	34	42	38
LOI	6,3	9,2	10,5	31,1	24,8	30,5	5,6	6,7	4,3	2,9	3,5	5,4	9,3	7,2	8,9	7,1	5,4	4,9	6,6	4,7	6
Sum	99,6	99,8	96,7	95,6	99,7	97,6	99,9	99,9	99,9	99,8	99,7	99,9	99,9	99,86	100	99,88	99,9	99,87	99,8	99,9	99,7
Ba	1	17	2	4	4	2	37	23	19	44	5	51	16	86	12	5	6	42	3	73	9
Be	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1
Co	234	40,3	769	6182	1595	3539	43,3	36	42,6	42,7	94,9	25,7	31,8	36,4	27	39,3	29,5	29,7	154	61,9	59,9
Cs	0,1	1,8	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	1,2	0,8	2,4	<0,1	2,7	1,5	1,9	<0,1	0,1	<0,1	0,4	<0,1	0,1	0,1
Ga	22,3	14,4	173	10,9	7,5	12	15,3	14,7	16,4	15,6	17,1	13,2	12,6	13,6	14	18	15,5	13,3	15,1	11,4	13
Hf	0,8	2,9	0,4	<0,1	0,5	<0,1	3	2,3	2,7	2	3,1	2,8	2	1,9	1,2	2,1	1,4	1,6	1,8	1,4	2,4
Nb	0,5	1,8	0,9	0,6	0,4	<0,1	1,7	1,2	1,9	1,8	2,1	2	1,7	1,7	0,8	1,6	0,7	1	1,5	0,7	2,1

Ek Tablo 1'in devamı

	E9	E13	E14	E20	E23	E24	Su1	Su2	Su3	Su4	Su5	Su6	Su7	Su8	Su13	Su14	Su15	Su16	Su17	Su18	Su19
Rb	<0,1	6,8	0,4	1	1	<0,1	4,3	4,1	1,6	6,2	0,5	4,1	5,2	9,7	<0,1	0,8	<0,1	4,1	<0,1	2	0,9
Sn	<1	<1	17	4	4	2	2	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1
Sr	2	73,1	3,9	3,2	4,5	<0,5	167	58,3	112	163	42,3	169	80,1	112,9	55	44,1	143	177,9	4,7	234	132
Ta	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,2
Th	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	0,2	0,2	<0,2	0,5	0,4	0,3	1	<0,2	0,2	<0,2	0,2	<0,2	0,3	0,4
U	1,8	0,3	5	2,6	0,4	3,7	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	0,4
V	213	294	118	25	97	28	313	304	343	299	329	232	258	247	263	303	288	261	296	246	302
W	<0,5	<0,5	1	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7
Zr	39,8	97,1	11,1	3,4	20,4	0,7	95,1	64,4	87,1	80,2	108	88,8	83,1	67,2	50	90,4	43	59,6	80,4	48,7	107
Y	14	33	4,6	3,3	9,3	8	31,4	23,3	27,3	27,7	33,6	26,8	27,5	20,4	18	28,8	17	22,6	26,6	19	20,9
La	2,5	3,9	1,2	1,8	2,2	2,9	4,1	3,1	4,2	4,3	5,3	4,1	3,3	4,5	2,8	3,6	2,6	3	4	3,1	4,4
Ce	6,4	13,4	3,4	1,2	5,5	6,7	12,5	9,1	12,5	11,7	14,1	11,7	9,4	11,7	7,2	9,7	6,5	8,8	10,6	6,8	11,2
Pr	1,09	1,85	0,57	0,16	0,82	1,12	2,07	1,57	2,05	1,92	2,32	1,91	1,61	1,74	1,2	1,67	1,22	1,54	1,79	1,27	1,76
Nd	6,3	10,1	3,8	0,4	3,7	5,8	10,6	8,4	10,8	10	11,5	9,3	9,4	9,3	6,1	10,9	6,6	8,2	10,1	7	8,4
Sm	1,98	3,46	0,98	0,36	1,25	1,83	3,51	2,9	3,53	3,05	3,72	3,02	2,78	2,92	2,3	3,37	2,23	2,84	3,25	2,32	2,8
Eu	0,95	1,21	0,94	0,09	0,87	0,6	1,23	0,97	1,23	1,21	1,24	1,07	1,09	0,97	0,8	1,19	0,8	0,93	1,24	0,89	1,11
Gd	2,18	4,81	1,06	0,55	1,56	2,13	5,03	3,52	4,08	4,94	4,88	4,33	3,82	3,23	2,9	4,42	2,66	3,46	4,39	3	3,35
Tb	0,45	0,94	0,19	0,12	0,32	0,43	0,87	0,73	0,85	0,81	1	0,82	0,74	0,61	0,6	0,76	0,54	0,7	0,91	0,59	0,61
Dy	2,78	5,5	1,15	0,5	1,9	2,27	5,73	4,79	5,73	5,37	6,41	4,77	4,46	4,34	3,8	5,27	3,59	4,49	5,23	4	4,17
Ho	0,61	1,29	0,23	0,13	0,39	0,35	1,21	0,92	1,13	1,06	1,3	1,08	0,99	0,85	0,7	1,07	0,73	0,88	1	0,83	0,81

Ek Tablo 1'in devamı

	E9	E13	E14	E20	E23	E24	Su1	Su2	Su3	Su4	Su5	Su6	Su7	Su8	Su13	Su14	Su15	Su16	Su17	Su18	Su19
Er	1,97	3,56	0,59	0,39	1,01	1,06	3,62	2,53	3,49	3,31	3,79	3,13	2,81	2,52	2,2	3,31	2,08	2,66	2,96	2,27	2,51
Tm	0,2	0,49	0,09	0,05	0,14	0,12	0,55	0,39	0,5	0,46	0,54	0,45	0,46	0,38	0,3	0,55	0,28	0,37	0,44	0,32	0,38
Yb	1,57	3,72	0,46	0,22	0,88	0,75	3,59	2,6	3,02	2,85	3,54	2,99	2,98	2,43	2	3,55	1,69	2,14	2,74	2,1	2,47
Lu	0,22	0,57	0,08	0,02	0,13	0,07	0,54	0,37	0,44	0,44	0,54	0,46	0,44	0,37	0,3	0,44	0,28	0,32	0,42	0,3	0,42
Top/C	0,12	1,21	1,02	<0,02	1,7	0,02	0,2	0,42	0,15	0,14	0,11	0,62	1,83	1,48	1,3	1,03	0,54	0,51	0,03	<0,02	0,04
Top/S	2,82	<0,02	9,59	43,5	25,3	40,4	0,14	0,09	0,07	0,14	0,47	0,08	0,03	0,04	<0,02	0,09	<0,02	<0,02	<0,02	0,12	0,06
Mo	3,4	0,4	13	36,4	6,4	23,5	0,7	0,9	0,8	2,9	3,5	1,2	0,3	0,6	0,9	1,3	2,6	1,1	1	0,7	0,6
Cu	959	55,4	8442	>10000	422	>10000	64,6	56,7	51,6	94,5	940	49,6	61,2	102	34	64,1	27,9	48,7	707	77,1	1017
Pb	3,2	1,6	34,2	65,6	3,6	72,7	0,4	0,5	0,5	0,7	1,2	0,5	0,2	1,9	0,2	0,5	0,4	0,4	0,1	1	0,9
Zn	1364	93	>10000	5273	147	2749	69	56	63	35	99	56	62	72	40	61	38	55	47	75	79
Ni	76,4	98,8	56,5	18,9	84,1	12,2	68	52,4	45,9	45,4	23,8	61,1	56,3	49,3	35	79,5	57,1	80,1	91	74,7	46,9
As	36	<0,5	94,5	354	85,7	253	7,1	4,6	1,8	2,2	8,4	1,5	1,2	2,4	<0,5	1,1	1	2,5	3	6,5	27,8
Cd	0,2	<0,1	111	6,8	0,2	3,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	1,4
Sb	0,4	<0,1	2,5	12,2	<0,1	13,8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bi	0,9	<0,1	0,4	2,9	1,3	1,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ag	0,1	<0,1	14,8	6,3	0,1	6,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Au	63,2	1,5	2003	111	104	55,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,9	7,5	1,1	2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,6	<0,5	0,6
Hg	2,81	0,04	13,1	19,9	0,6	15,8	0,12	0,27	0,03	0,11	0,3	0,18	2,85	1,37	0	0,11	0,06	0,02	0,03	0,03	0,08
Tl	0,2	<0,1	0,3	1,5	<0,1	1,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Se	2,4	0,7	5	50,3	46,8	13,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Ek Tablo 2. Pirit Minerallerine Ait Mineral Kimyası Analiz Sonuçları

Örnek	Analiz	S	Ag	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Ni	Au	Co	Total
4_c1	1 / 1 .	53,40		46,47				0,30		0,12	0,16	100,45
4_c1	1 / 4 .	54,55	0,07	45,73		0,16		0,22			0,84	101,57
4_c1	1 / 5 .	54,37		45,38	0,22						1,20	101,17
4_c1	1 / 6 .	54,24		46,90	0,33							101,47
4_c4	4 / 1 .	54,52		46,31				0,29			0,22	101,33
4_c4	4 / 7 .	54,34		45,80				0,24			0,46	100,83
4_c4	4 / 8 .	54,05		46,03							0,19	100,26
4_c5	5 / 1 .	54,62		43,60							3,03	101,25
4_c5	5 / 2 .	54,50		43,95							2,24	100,69
4_c5	5 / 3 .	54,08		42,84							3,30	100,21
4_c5	5 / 9 .	54,52		45,49							0,63	100,63
4_c6	6 / 1 .	54,42		46,03			0,06				0,27	100,78
4_c6	6 / 2 .	54,37		46,08				0,28				100,72
4_c6	6 / 3 .	54,50		45,64								100,14
622_1_1	10 / 1 .	55,03		45,83							0,61	101,47
622_1_1	10 / 5 .	54,48		44,42							1,46	100,36
622_1_1	10 / 6 .	54,74		46,08								100,82
622_1_2	11 / 1 .	54,74		45,86							0,50	101,10
622_1_2	11 / 3 .	54,75		45,84	0,10							100,68
622_1_2	11 / 7 .	54,80	0,06	46,10				0,24			0,17	101,38
622_1_3	12 / 1 .	54,45		45,76				0,28				100,49
622_1_3	12 / 2 .	54,59		46,15	0,07			0,34				101,15
622_1_3	12 / 3 .	54,84		46,17	0,08							101,08
622_1_3	12 / 4 .	54,87		46,18				0,21				101,26
622_1_3	12 / 5 .	54,25		45,53			0,07					99,85
622_1_5	14 / 1 .	54,61	0,06	45,61				0,22				100,50
622_1_5	14 / 3 .	54,20		45,52				0,21			0,47	100,41
622_1_5	14 / 4 .	54,74		45,84							0,15	100,73
696_c4	23 / 6 .	54,68		45,79								100,47
696_c4	23 / 7 .	54,71		46,03		0,08						100,82
696_c4	23 / 8 .	54,66		46,03			0,05	0,22				100,97
622_c4	27 / 6 .	54,48		46,01			0,06					100,55

Ek Tablo 2'nin devamı

	Örnek	Analiz	S	Ag	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Ni	Au	Co	Total
PIRIT-I	622_c4	27 / 7 .	53,78		45,43	0,08		0,13	0,91			0,24	100,56
	622_c4	27 / 8 .	54,79		45,97								100,76
	622_c4	27 / 9 .	55,85		46,01			0,08	0,23			0,16	102,32
	622_c4	27 / 10 .	54,46		46,04			0,14	0,25				100,89
	622_c5	28 / 8 .	54,72		45,65							0,61	100,98
	622_c5	28 / 9 .	55,15		45,77							0,55	101,46
	622_c5	28 / 10 .	54,38		45,69							0,23	100,30
	622_c5	28 / 11 .	54,71		45,66				0,25			0,45	101,08
	622_c5	28 / 12 .	54,78		46,05							0,32	101,15
	622_c5	28 / 13 .	53,96		46,20			0,12	0,33				100,61
	622_c5	28 / 14 .	54,83		45,26	0,06			0,22			0,63	101,00
	622_c5	28 / 15 .	54,82		45,51							0,56	100,90
	622_c3	26 / 1 .	54,58		46,39			0,05					101,03
	622_c3	26 / 2 .	54,56		45,66			0,05				0,60	100,88
	622_c3	26 / 5 .	54,52	0,07	46,15								100,74
	622_c3	26 / 6 .	54,27		46,16	0,06		0,07	0,21				100,77
	622_c3	26 / 7 .	54,54		45,87	0,06		0,25					100,73
	622_c3	26 / 8 .	54,82		46,09				0,21			0,15	101,27
	2_c2	16 / 1 .	55,09	0,07	45,37				0,25			0,92	101,69
	2_c2	16 / 2 .	54,80		45,09				0,32			0,62	100,82
	2_c2	16 / 3 .	55,25		45,77	0,06						0,43	101,52
	2_c2	16 / 4 .	54,82		45,61				0,22			0,45	101,11
	2_c2	16 / 6 .	55,06		45,95				0,24			0,53	101,78
	696_c1	19 / 1 .	55,02	0,06	45,18							1,03	101,30
	696_c1	19 / 2 .	54,71		45,98				0,19				100,87
	696_c1	19 / 3 .	54,35		45,70				0,37			0,59	101,01
	696_c1	19 / 4 .	54,38		46,11		0,07					0,25	100,81
	696_c2	20 / 1 .	55,15		46,52								101,67
	696_c2	20 / 3 .	54,69		45,76				0,24			0,12	100,82
	696_c2	20 / 5 .	54,89		46,13				0,19			0,15	101,35
	696_c2	20 / 6 .	53,13		45,27	0,09		0,13					98,62
	696_c2	20 / 7 .	53,91		45,43	0,59		0,09				0,27	100,29

Ek Tablo 2'nin devamı

Örnek	Analiz	S	Ag	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Ni	Au	Co	Total
4_c1	1 / 9 .	52,71		43,56							2,41	98,68
4_c1	1 / 10 .	53,99		44,81	0,07			0,27			0,76	99,90
4_c1	1 / 11 .	53,11		45,92								99,04
4_c1	1 / 12 .	54,42	0,06	46,42								100,90
4_c3	3 / 1 .	54,01		46,07	0,19			0,21				100,48
4_c3	3 / 2 .	54,14		46,11			0,13					100,38
4_c3	3 / 5 .	52,38		44,82	0,23		0,19	0,32			0,88	98,82
622_1_1	10 / 7 .	54,55		46,08	0,08			0,19				100,90
622_1_1	10 / 8 .	53,14		44,87	1,14						0,62	99,77
622_1_1	10 / 9 .	54,19		45,40	0,34		0,16	0,45			0,29	100,84
622_1_1	10 / 10 .	53,38		45,22	0,38						0,39	99,38
622_1_3	12 / 9 .	54,40		45,68	0,16			0,27			0,16	100,66
622_1_3	12 / 10 .	52,59		45,04	0,20			0,33			0,51	98,67
622_1_3	12 / 11 .	54,06		46,03				0,20			0,14	100,42
622_1_3	12 / 12 .	53,64		45,43	0,23		0,07	0,20			0,25	99,83
622_1_3	12 / 13 .	54,37		44,88	0,31		0,08	0,21			1,03	100,87
622_1_3	12 / 14 .	54,59		45,57	0,15		0,07				0,61	100,99
622_1_4	13 / 9 .	54,47		45,23			0,07				0,75	100,53
622_1_4	13 / 10 .	54,08		45,80	0,09			0,23			0,50	100,69
622_1_4	13 / 11 .	54,56		45,91	0,08							100,55
622_1_4	13 / 12 .	53,38		45,75							0,25	99,39
622_1_4	13 / 13 .	53,91		45,77	0,09		0,18	0,19				100,14
622_1_4	13 / 14 .	53,17		45,12	0,13	0,06		0,24		0,12	0,29	99,14
622_1_4	13 / 15 .	53,68		45,37							0,59	99,65
622_1_4	13 / 16 .	53,92		46,08	0,09							100,08
622_1_4	13 / 17 .	53,64		45,05	0,09			0,27			0,70	99,74
622_1_4	13 / 21 .	54,88	0,06	45,92	0,06			0,21			0,26	101,39
622_1_4	13 / 22 .	54,80		45,90				0,22				100,93
622_1_4	13 / 23 .	54,81		45,74	0,08							100,63
622_1_5	14 / 2 .	54,64		45,42							0,37	100,44
622_1_5	14 / 5 .	54,50		45,52				0,24			0,29	100,56

Ek Tablo 2'nin devamı

	Örnek	Analiz	S	Ag	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Ni	Au	Co	Total
PIRİT II	622_1_5	14 / 6 .	54,53		46,04				0,25				100,82
	622_1_5	14 / 7 .	54,09		45,34			0,14	0,41			0,35	100,33
	622_1_5	14 / 8 .	54,48		45,91				0,21			0,17	100,77
	622_1_5	14 / 9 .	52,08		45,58				0,26			0,24	98,16
	622_1_5	14 / 10 .	54,06		45,88							0,15	100,09
	622_1_5	14 / 11 .	54,21		45,50	0,07			0,20			0,41	100,39
	622_1_5	14 / 12 .	54,03		45,26	0,08			0,29			0,88	100,55
	696_c3	22 / 1 .	54,65		46,31							0,17	101,13
	696_c3	22 / 2 .	54,25		46,22				0,22				100,69
	696_c3	22 / 3 .	54,52		45,81	0,06			0,21			0,57	101,18
	696_c3	22 / 4 .	54,69		46,12	0,13							100,94
	696_c3	22 / 5 .	54,28		46,10								100,38
	696_c3	22 / 6 .	54,40		45,92								100,32
	696_c4	23 / 1 .	54,27		45,80	0,07			0,31				100,45
	696_c4	23 / 2 .	54,47		46,16								100,63
	696_c4	23 / 3 .	54,75		45,87				0,20				100,82
	696_c4	23 / 4 .	53,55		45,47	0,11			0,23				99,36
	696_c4	23 / 5 .	54,60		45,90								100,50
	2_c4	18 / 1 .	54,63	0,08	45,86		0,09			0,21		0,18	101,05
	2_c4	18 / 2 .	54,77		44,37		0,08		0,30			2,21	101,73
	2_c4	18 / 3 .	54,88		46,07								100,95
	2_c4	18 / 4 .	54,67		43,10				0,26			3,37	101,39
	2_c4	18 / 5 .	54,66		45,97							0,33	100,96
	2_c4	18 / 6 .	54,83		45,42							0,78	101,02
	2_c4	18 / 7 .	55,00		46,14				0,28			0,24	101,66
	2_c4	18 / 8 .	54,46		45,89				0,28			0,47	101,09
	2_c4	18 / 9 .	54,86		46,19				0,27				101,33
	2_c4	18 / 10 .	54,76		46,02				0,21				100,99
	2_c4	18 / 11 .	54,31		45,56					0,07		0,27	100,20
	2_c4	18 / 12 .	54,46		45,74					0,07		0,15	100,43

Ek Tablo 3. Kalkopirit Minerallerine Ait Mineral Kimyası Analiz Sonuçları

Örnek	Analiz	S	Ag	Fe	Cu	Zn	Se	Pb	Co	Total
1 / 7 .	4_c1	34,8176		30,1797	33,9416	0,093	0,0621			99,094
5 / 4 .	4_c5	35,0136		30,2502	33,6807					98,9445
5 / 6 .	4_c5	35,1152		30,0931	33,6203	0,0663		0,2669		99,1618
5 / 8 .	4_c5	35,0313		30,1203	33,6682	0,1682				98,988
10 / 2 .	622_1_1	35,0847		30,3066	33,4607					98,852
10 / 3 .	622_1_1	35,0388		30,2387	33,6783			0,2318	0,0856	99,2732
10 / 4 .	622_1_1	35,0793		30,1525	34,023					99,2548
11 / 2 .	622_1_2	34,7607		30,0856	34,1172					98,9635
11 / 4 .	622_1_2	35,4134		29,8148	33,1465				0,4097	98,7844
11 / 6 .	622_1_2	35,3434		29,8527	33,4688			0,261	0,3629	99,2888
13 / 4 .	622_1_4	35,0793		30,3043	33,6727			0,2139		99,2702
13 / 5 .	622_1_4	35,0954	0,0785	30,1068	33,7877			0,1881		99,2565
13 / 6 .	622_1_4	35,108		29,6421	33,5737				0,3076	98,6314
13 / 7 .	622_1_4	35,2313		29,8356	33,757					98,8239
13 / 8 .	622_1_4	35,061		29,8078	33,7254			0,2123		98,8065
13 / 18 .	622_1_4	35,1694		29,792	33,479					98,4404
13 / 19 .	622_1_4	35,2333		30,08	33,2148				0,0722	98,6003
13 / 20 .	622_1_4	35,6008		30,2387	33,2289					99,0684
16 / 5 .	2_c2	35,2166		30,0834	34,0369			0,1851		99,522
16 / 7 .	2_c2	35,6425		29,5793	33,8322			0,189		99,243
16 / 8 .	2_c2	35,1075		30,0887	34,1138			0,3125		99,6225
16 / 9 .	2_c2	35,1508		30,1347	33,8937		0,0586	0,1667		99,4045
16 / 10 .	2_c2	35,4244		30,1952	34,0544					99,674
19 / 5 .	696_c1	34,9543		30,4024	33,5748			0,2392		99,1707
19 / 6 .	696_c1	35,4378		30,1581	33,4558			0,2508		99,3025
19 / 7 .	696_c1	35,5022		30,3994	33,3291					99,2307
19 / 8 .	696_c1	35,7609	0,0553	30,2824	33,2224				0,0731	99,3941
19 / 9 .	696_c1	34,1119		29,5578	33,1151			0,2186		97,0034
20 / 2 .	696_c2	35,2051		30,0245	33,7116					98,9412

KALKOPİRİT I

Ek Tablo 3 ün devamı

Örnek	Comment	S	Ag	Fe	Cu	Zn	Se	Pb	Co	Total
20 / 4 .	696_c2	35,3917		30,1309	33,5583					99,0809
20 / 8 .	696_c2	35,2229		30,1596	33,5227			0,1909	0,0863	99,1824
20 / 9 .	696_c2	35,1219		30,18	33,6058	0,0887				98,9964
20 / 10 .	696_c2	35,3608	0,0751	29,9208	33,5218		0,0553			98,9338
23 / 9 .	696_c4	35,3413		30,1322	32,9195			0,3327		98,7257
23 / 10 .	696_c4	35,1439		30,2515	33,4587			0,1986		99,0527
23 / 11 .	696_c4	35,5629		30,219	33,4886			0,2792		99,5497
23 / 12 .	696_c4	35,2884		30,4342	33,4296			0,285		99,4372
24 / 1 .	622_c1	35,3149		30,0555	34,1578			0,259		99,7872
24 / 2 .	622_c1	35,3914		30,13	34,1818					99,7032
24 / 18 .	622_c1	34,7043		30,2311	34,7296					99,665
24 / 19 .	622_c1	35,3487		30,22	34,0742				0,063	99,7059
24 / 20 .	622_c1	35,0884		29,9685	34,2723					99,3292
25 / 8 .	622_c2	35,4639		30,1941	33,8815					99,5395
25 / 9 .	622_c2	35,2011		30,2975	33,5921			0,2305		99,3212
25 / 10 .	622_c2	35,4239		30,2609	33,8542			0,1937		99,7327
25 / 11 .	622_c2	35,5909		30,2935	33,9502			0,195		100,0296
25 / 12 .	622_c2	35,5151		30,1275	33,8724			0,2024		99,7174
25 / 13 .	622_c2	35,0153		30,2996	33,4506			0,335		99,1005
26 / 3 .	622_c3	35,6382		30,3026	33,3597	0,0915				99,392
26 / 4 .	622_c3	35,4034		30,4375	33,5459			0,2297		99,6165
26 / 9 .	622_c3	35,1487		30,3519	33,8047					99,3053
26 / 10 .	622_c3	35,3168	0,0852	30,191	33,9564					99,5494
26 / 11 .	622_c3	34,8079		29,5833	33,3463			0,238		97,9755
26 / 12 .	622_c3	35,2417		30,095	34,0593			0,253		99,649
27 / 1 .	622_c4	35,7127		30,0519	32,982			0,2021		98,9487
27 / 2 .	622_c4	35,4718		30,1048	33,6071			0,2336		99,4173
27 / 3 .	622_c4	35,5633		30,1657	33,3098			0,3002	0,106	99,445
27 / 4 .	622_c4	35,3338		30,1702	33,6211					99,1251
27 / 5 .	622_c4	35,2653		29,9967	33,2193					98,4813
28 / 1 .	622_c5	35,6692		30,0144	33,214					98,8976

Ek Tablo 3'ün devamı

Örnek	Comment	S	Ag	Fe	Cu	Zn	Se	Pb	Co	Total
28 / 2 .	622_c5	35,3173		30,0429	33,5192			0,2012		99,0806
28 / 3 .	622_c5	35,7152		30,0029	33,5039				0,0859	99,3079
28 / 4 .	622_c5	35,5145		29,9687	33,6158	0,085				99,184
28 / 5 .	622_c5	35,3535		30,052	33,6754					99,0809
28 / 6 .	622_c5	35,243		30,2217	33,6677					99,1324
28 / 7 .	622_c5	35,2426		29,9149	33,6125					98,77
29 / 10 .	622_1_c6	35,6834		29,8569	33,4212				0,0921	99,0536
29 / 11 .	622_1_c6	35,0617		29,9038	33,5246			0,2019		98,692
29 / 12 .	622_1_c6	35,1807		29,8192	33,771				0,0943	98,8652
29 / 13 .	622_1_c6	35,4489		29,9042	33,4887				0,1993	99,0411
29 / 14 .	622_1_c6	35,2655		29,9848	33,5943					98,8446
29 / 17 .	622_1_c6	35,208		29,846	34,0337					99,0877
29 / 18 .	622_1_c6	35,1999		30,2638	33,7213					99,185
29 / 23 .	622_1_c6	35,2899		29,7136	33,6259				0,1216	98,751
29 / 24 .	622_1_c6	35,2652		29,912	33,9114			0,2351		99,3237
29 / 25 .	622_1_c6	35,2314		29,7538	33,651				0,3291	98,9653
29 / 26 .	622_1_c6	35,2604		30,2158	33,7191					99,1953
29 / 27 .	622_1_c6	34,9296		30,1685	33,2489				0,0741	98,4211
29 / 28 .	622_1_c6	35,1698		30,0473	33,4377			0,2387		98,8935
29 / 29 .	622_1_c6	34,9431		30,0122	33,665					98,6203
29 / 30 .	622_1_c6	35,0115		29,9865	33,4911					98,4891
29 / 31 .	622_1_c6	35,0421		30,1154	33,6069			0,2847		99,0491
29 / 32 .	622_1_c6	34,8993		29,9038	33,6782					98,4813
29 / 33 .	622_1_c6	35,0983		30,0866	33,9455					99,1304

KALKOPİRİT

Ek Tablo 3'ün devamı

KALKOPİRİT	Örnek	Comment	S	Ag	Fe	Cu	Zn	Pb	Co	Total
	1	633.0-1-1	35,001		29,857	33,694				98,552
	5	633.0-1-5	35,205		30,14	33,967				99,312
	8	633.0-1-8	35,321		30,412	33,212				98,935
	10	633.0-1-10	35,338		29,778	34,171	0,745			100,032
	13	679.60-1-2	35,125		30,061	33,303				98,489
	14	679,60-1-3	34,976		29,89	33,294				98,16

Ek Tablo 3'ün devamı

KALKOPİRİT	Örnek	Comment	S	Ag	Fe	Cu	Zn	Pb	Co	Total
	18	679.60-1-7	35,116		29,778	34,041				98,935
	26	642.5-1-1	34,578		30,002	32,633				97,213
	28	642.5-1-3	34,438		29,771	33,957				98,166
	31	642.5-1-6	34,442		29,984	34,157				98,583
	34	aks-75-1-1	34,416		29,93	32,886				97,232
	35	aks-75-1-2	35,085		29,93	33,775				98,79
	37	aks-75-1-4	35,727		30,413	32,162				98,302
	42	aks-75-1-9	34,739		30,124	33,792				98,655
	44	aks-75-1-11	35,427		30,09	32,873				98,39
	46	aks-75-1-13	35,407		30,105	33,705				99,217
	55	AK2-1-2	34,7		30,21	33,371				98,281
	56	AK2-1-3	34,661		29,966	33,244				97,871
	58	AK2-1-5	34,676		29,822	33,77				98,268
	65	AKS2-2-4	35,258		30,123	32,929				98,31
	67	AKS2-2-6	35,194		29,905	33,342				98,441
	71	AKS2-2-10	35,157		29,98	34,225				99,362
	99	AKS3-2-4	35,292		29,888	32,433				97,613
	111	AKS7-1-6	34,801		29,862	33,675		0,411		98,749
	112	AKS7-1-7	35,091		29,942	33,749				98,782
	116	AKS7-1-11	34,966		29,964	34,157				99,087
	117	AKS7-1-12	35,068		29,832	34,492				99,392
	131	AKS7-1-26	35,092		29,642	33,857				98,591
	132	AKS7-1-27	35,047		29,706	33,22				97,973
	36	aks-75-1-3	41,088	0,078	34,607	22,962				98,735
	41	aks-75-1-8	43,655		38,544	17,521				99,72

Ek Tablo 4. Sfalerit Minerallerine Ait Mineral Kimyası Analiz Sonuçları

	Örnek	Comment	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Au	Co	Cd	Sn	Total
SFALERİT	1 / 2 .	4_c1	33,00	3,28	5,29	59,33				0,06	0,16	101,12
	1 / 3 .	4_c1	33,47	8,97	11,05	46,21				0,06		99,76
	1 / 8 .	4_c1	32,76	0,58	0,57	66,86				0,16	0,21	101,12
	2 / 1 .	4_c2	33,00	2,96	2,89	62,38	0,25					101,49
	2 / 2 .	4_c2	33,42	2,76	1,65	63,56						101,39
	2 / 3 .	4_c2	33,17	0,73	0,08	66,37				0,36		100,71
	2 / 4 .	4_c2	33,08	0,70	0,07	66,01	0,19		0,12	0,12		100,28
	2 / 5 .	4_c2	33,34	1,27	0,13	65,37	0,21			0,15		100,48
	3 / 3 .	4_c3	32,62	3,49	2,71	60,31	0,23		0,14			99,50
	3 / 4 .	4_c3	33,49	2,04	1,75	64,18	0,18			0,12		101,76
	3 / 6 .	4_c3	33,38	2,13	2,38	63,73					0,09	101,71
	3 / 7 .	4_c3	33,42	2,90	2,13	62,60	0,19			0,06		101,30
	4 / 2 .	4_c4	33,44	14,81	15,80	33,20				0,11		97,36
	4 / 3 .	4_c4	33,25	1,92	1,47	64,63	0,24			0,12		101,63
	4 / 4 .	4_c4	33,09	3,48	3,28	60,50				0,09		100,44
	4 / 5 .	4_c4	33,50	5,02	6,07	57,58				0,08		102,25
	4 / 6 .	4_c4	33,55	10,33	9,83	44,32	0,19			0,07		98,29
	5 / 5 .	4_c5	33,20	1,83	0,79	65,06		0,13		0,18		101,18
	5 / 7 .	4_c5	33,05	1,32	0,72	65,74	0,27			0,21		101,31
	5 / 10 .	4_c5	33,03	1,81	1,79	64,16	0,20					100,99
	5 / 11 .	4_c5	33,39	1,24	1,00	65,96						101,59
	6 / 4 .	4_c6	33,14	6,31	5,65	52,47	0,19					97,76
	6 / 5 .	4_c6	33,43	4,33	4,74	58,51						101,01
	6 / 6 .	4_c6	32,76	1,88	1,79	63,41				0,08		99,92

Ek Tablo 4'ün devamı

	Örnek	Comment	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Au	Co	Cd	Sn	Total
SFALERİT	4	633.0-1-4	32,15	2,01	1,03	60,16				0,58		95,92
	9	633.0-1-9	32,82	1,56	1,08	62,85				0,45		98,76
	15	679.60-1-4	32,68	4,59	4,32	56,38						97,97
	16	679.60-1-5	31,95	4,08	3,94	57,88		0,14				97,98
	17	679.60-1-6	32,10	4,35	5,19	55,10						96,74
	29	642.5-1-4	31,60	3,00	2,53	61,15				0,41		98,70
	30	642.5-1-5	31,43	3,00	1,18	61,80				0,52		97,93
	2	SF12-1-2	33,06	1,15		63,78				0,19		98,18
	4	SF12-1-4	33,17	0,63		65,32				0,18		99,31
	5	SF12-1-5	32,97	0,68		64,71				0,21		98,57
	7	SF12-1-7	32,82	0,64		66,33				0,25		100,04
	9	SF12-2-2	33,00	3,12		61,56				0,21		97,88
	10	SF12-2-3	32,98	0,76		64,61				0,18		98,53
	11	SF12-2-4	32,10	2,07		64,13				0,20		98,50
	17	13-1-2	33,33	0,75		62,46	0,22			0,26		97,02
	18	13-1-3	33,02	0,70		62,67	0,22			0,26		96,87
	19	13-1-4	33,10	0,80		65,27				0,25		99,41
	27	f1-3	33,22	0,80		67,24				0,15		101,42
	28	f1-4	33,66	0,84		65,84				0,14		100,48
	32	k8-1-2	33,37	3,82		61,43				0,14		98,76
	34	k8-1-4	33,11	3,77	0,06	62,50				0,13		99,57
	54	AK2-1-1	32,65			66,87				0,58		100,10
	59	AK2-1-6	32,77	0,15	0,22	64,95				0,61		98,69
	64	AKS2-2-3	32,80	1,10	0,33	64,60				0,10		98,92
	66	AKS2-2-5	33,18	0,30	0,20	64,75				0,14		98,57
	70	AKS2-2-9	33,45	0,21		64,16				0,11		97,92
	85	AK3-1-2	32,57	0,93	2,66	62,45				0,21		98,83
	86	AK3-1-3	32,64	0,09	1,01	62,89				0,21		96,84

Ek Tablo 4'ün devamı

	Örnek	Comment	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Au	Co	Cd	Sn	Total
SFALERİT	85	AK3-1-2	32,53	0,94	2,56	61,22				0,21		97,46
	100	AKS3-2-5	33,05	2,09		62,91				0,21		98,26
	101	AKS3-2-6	33,22	0,57		64,55				0,23		98,57
	104	AKS3-2-9	33,30	2,13	1,73	59,85				0,18		97,20
	113	AKS7-1-8	33,16	1,47	2,20	63,27				0,25		100,34
	114	AKS7-1-9	33,19	1,30	1,32	63,57				0,24		99,62
	115	AKS7-1-10	33,10	3,35	4,09	57,17				0,23		97,94
	125	AKS7-1-20	32,82	0,12		63,04				0,21		96,19
	86	AK3-1-3	32,60	0,09	0,98	61,65				0,21		95,52
	91	AK3-1-8	32,42	0,48	1,40	60,10				0,23		94,63
	94	AK3-1-11	32,63		0,19	61,90				0,17		94,89
	105	AKS3-2-10	29,83	1,69	1,15	56,70				0,24		89,61
	129	AKS7-1-24	31,14	0,68	0,44	59,98				0,23		92,46
	130	AKS7-1-25	27,28	0,78	0,17	66,62				0,22		95,06

Ek Tablo 5. Galen Minerallerine Ait Mineral Kimyası Analiz Sonuçları

	Örnek	Comment	S	Fe	Cu	Zn	Sb	Pb	Au	Cd	Te	Total
GALEN	16	13-1-1	13,414					85,885		0,054		99,353
	22	13-1-7	13,506					86,577		0,057		100,14
	23	13-1-8	13,508					86,367		0,098	0,064	100,037
	29	f1-5	13,593					86,706	0,167	0,105	0,074	100,645
	30	f1-6	13,56					86,767		0,068	0,06	100,455
	40	k26-2-1	13,443					87,26				100,703
	49	k26-1-3	13,482		0,282		0,238	86,812		0,113		100,927
	51	k26-1-5	13,391				0,083	86,969				100,443
	96	AKS3-2-1	13,263	0,338	0,128	0,156		85,747		0,064		99,696
	98	AKS3-2-3	13,414	0,536	0,169			85,385		0,053		99,557

Ek Tablo 6. Karolit Minerallerine Ait Mineral Kimyası Analiz Sonuçları

	Örnek	Comment	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Co	Total
KAROLİT	11 / 5 .	622_1_2	42,4973	1,4925	16,9428			40,0926	101,0252
	13 / 1 .	622_1_4	42,4435	1,2321	16,9556			40,6489	101,2801
	13 / 2 .	622_1_4	42,1584	1,166	16,9767		0,1862	40,5214	101,0087
	13 / 3 .	622_1_4	42,2802	1,3271	17,1114			40,2269	100,9456
	24 / 3 .	622_c1	42,0795	0,9982	17,0401			40,844	100,9618
	24 / 4 .	622_c1	41,9504	1,1292	17,0073		0,1925	40,5719	100,8513
	24 / 5 .	622_c1	41,8489	0,911	16,9397			40,676	100,3756
	24 / 6 .	622_c1	42,1465	1,0867	17,0174			40,2848	100,5354
	24 / 7 .	622_c1	42,0578	1,2172	17,1023			40,3754	100,7527
	24 / 8 .	622_c1	42,1156	1,2493	17,1668			40,177	100,7087
	24 / 9 .	622_c1	42,4454	1,103	17,1126			40,7491	101,4101
	24 / 10 .	622_c1	42,3436	1,1321	17,1791		0,2153	40,385	101,2551
	24 / 11 .	622_c1	42,05	1,073	16,948		0,2742	40,5895	100,9347
	24 / 12 .	622_c1	40,8743	1,0466	17,096			40,3817	99,3986
	24 / 13 .	622_c1	42,3314	1,1691	17,1663			40,4683	101,1351
	24 / 14 .	622_c1	41,8214	1,6663	17,5478			39,6038	100,6393
	24 / 15 .	622_c1	42,341	1,0658	17,084		0,2097	40,4354	101,1359
	24 / 16 .	622_c1	42,1119	1,1818	17,111			40,3262	100,7309
	24 / 17 .	622_c1	42,3303	1,0963	16,8865		0,2083	39,9687	100,4901
	25 / 4 .	622_c2	42,1553	1,6616	17,3418		0,174	39,8605	101,1932
	25 / 5 .	622_c2	42,1349	1,3701	17,2974			40,2463	101,0487
	25 / 6 .	622_c2	42,2235	1,8791	17,3305			39,2402	100,6733
	25 / 7 .	622_c2	42,2037	1,5563	17,3835		0,1846	39,7881	101,1162
	29 / 1 .	622_1_c6	41,6629	1,3804	16,7808		0,3481	39,9499	100,1221
	29 / 2 .	622_1_c6	42,0498	1,2859	16,9551	0,0848	0,2435	39,9463	100,5654
	29 / 3 .	622_1_c6	42,2349	1,4321	16,9921			39,5595	100,2186
	29 / 4 .	622_1_c6	40,7931	7,4838	20,4302			30,9606	99,6677
	29 / 5 .	622_1_c6	42,3543	1,1081	17,067			40,191	100,7204

Ek Tablo 6'in devamı

KAROLİT	Örnek	Comment	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Co	Total
	29 / 6 .	622_1_c6	42,1389	1,2887	17,1159			39,9933	100,5368
	29 / 7 .	622_1_c6	42,3624	1,1908	17,1466		0,1636	40,0717	100,9351
	29 / 8 .	622_1_c6	42,3229	1,5382	16,94			39,4276	100,2287
	29 / 9 .	622_1_c6	41,6813	1,361	16,863			39,5631	99,4684
	29 / 15 .	622_1_c6	41,6949	1,4916	16,9881	0,0647	0,2137	39,9098	100,3628
	29 / 16 .	622_1_c6	41,8167	1,359	17,138		0,1542	40,0451	100,513
	29 / 19 .	622_1_c6	41,6608	1,8978	17,2986			38,4317	99,2889
	29 / 20 .	622_1_c6	42,1626	1,6041	17,1272		0,1777	39,4456	100,5172
	29 / 21 .	622_1_c6	42,1006	1,3901	17,0598			39,9529	100,5034
	29 / 22 .	622_1_c6	41,8816	1,7505	17,4526		0,1957	39,3363	100,6167

Ek Tablo 6 devamı

Comment	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	CaO	TiO2	BaO	Cr2O3	MnO	FeO	F	Total
631.50-1-chl-1	0	8,24	19,9	24,9	0,01	0	0,02	0,01	0	0	0,04	32,3	0	85,4
631.50-1-chl-2	0	9,54	22,1	24,5	0,01	0,01	0,03	0,02	0	0,02	0,07	28,8	0	85
631.50-1-chl-3	0	7,72	20,2	25,3	0,01	0,01	0,03	0,01	0	0,01	0,03	32,4	0	85,7
631.50-1-chl-4	0,02	10,3	23,9	25,4	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	0	0,03	26,2	0	86
631.50-1-chl-5	0,01	8,1	22,8	22,8	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0,07	31,1	0	84,9
631.50-1-chl-6	0,01	7,98	22	23,8	0,01	0	0,06	0,02	0	0,03	0,07	30,1	0,01	84,1
631.50-1-chl-7	0,02	7,68	22,5	24	0,01	0,01	0,02	0,02	0	0,02	0,05	31,7	0,02	86
631.50-1-chl-8	0,02	7,68	22,3	23,2	0	0	0,02	0,02	0	0,01	0,06	31,7	0	84,9
631.50-1-chl-9	0,03	7,54	21,4	23,2	0,01	0	0,04	0,03	0	0,03	0,05	31,2	0,02	83,5
631.50-1-chl-10	0	7,54	21,5	23,4	0,02	0	0,05	0,02	0	0,04	0,05	32,3	0	84,8
631.50-1-chl-11	0,01	7,05	20,7	22,8	0,01	0,01	0,04	0,02	0	0,01	0,06	32,3	0,05	83
292.8-1-chl-1	0	4,99	21,9	23,3	0	0,02	0,04	0,02	0	0,01	0,08	34,9	0,01	85,3
292.8-1-chl-2	0,03	6,21	23,3	23,9	0	0,01	0,03	0,01	0	0,01	0,08	32,6	0,03	86,1
292.8-1-chl-3	0,01	4,95	21,8	21,7	0,01	0,01	0,03	0,01	0	0,02	0,09	33,4	0,04	82,1
292.8-1-chl-4	0,01	5,48	22,3	23,4	0,02	0,02	0,05	0,01	0	0	0,09	32,7	0,05	84,1
292.8-1-chl-5	0,01	5,78	22,5	23,5	0,01	0,01	0,04	0	0,01	0,01	0,04	32,5	0	84,4
292.8-1-chl-6	0,02	3,91	21,8	23,5	0,04	0,07	0,06	0,01	0	0	0,09	35,8	0,05	85,3
292.8-1-chl-7	0,01	4,9	21,5	23,5	0,02	0,02	0,03	0	0,01	0,03	0,09	35	0	85,2
292.8-1-chl-8	0,01	4,47	21,3	22,9	0,01	0,01	0,02	0,03	0	0,04	0,08	35,2	0,02	84,1
292.8-1-chl-9	0,01	4,4	22,1	23,2	0,02	0	0,04	0,03	0	0	0,08	36,2	0,03	86
292.8-1-chl-10	0,01	4,98	22,3	23,4	0,01	0,01	0,04	0,03	0	0,02	0,08	35	0,01	85,9
292.8-1-chl-11	0,03	5,41	22,6	23,8	0,01	0,03	0,05	0,02	0	0	0,06	32,5	0	84,6

Ek Tablo 6'nin devamı

Comment	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	Cl	K2O	CaO	TiO2	Bao	Cr2O3	MnO	FeO	F	Total
743.60-1	0,02	20,9	18	30,9	0,01	0,07	0,29	0,02	0,04	0,13	0,44	16,1	0	86,9
743.60-2	0,03	20,4	17,2	30,1	0,01	0,05	0,23	0	0	0,06	0,47	16,6	0	85,1
743.60-3	0,04	22,9	16,9	32,1	0,04	0,04	0,24	0,02	0	0,07	0,43	14,5	0	87,2
743.60-4	0,03	21,9	18,5	31,3	0,01	0,06	0,24	0	0,04	0,09	0,45	16	0	88,6
743.60-5	0,03	21,1	17,2	29,9	0	0	0,26	0,02	0,02	0,12	0,43	15,5	0	84,6
743.60-6	0,02	21,7	18,8	30	0	0,01	0,18	0,02	0	0,16	0,43	15,8	0	87,1
743.60-7	0,02	21,9	18,1	31,2	0	0,02	0,26	0	0	0,12	0,43	15,7	0	87,7
743.60-8	0,02	19,9	17	29,4	0,01	0,02	0,17	0	0	0,11	0,44	15,9	0	82,9

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandı. İki dönem sonra fakülte ve bölüm birincisi olarak Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yapma hakkı kazandı. 2004 yılında bölümü birincilikle tamamladı. Onur öğrencisi olarak mezun olduğu, lisans öğrenimi sırasında birçok kez başarı ödülü almıştır.

Kamer SİNANER lisans öğrenimini tamamladıktan sonra aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Öğrenimine başladı. 2004-2005 yılları arasında Yüksek Lisans Öğrenimi kapsamında verilen yabancı dil hazırlık programını başarı ile tamamladı. 2007-2014 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2014 yılında KOSGEB'in verdiği Girişimcilik Kursu'nu başarı ile tamamlayan Kamer SİNANER kazandığı projesi ile bir inşaat firması kurarak özel sektörde çalışmaya başlamıştır. Evli ve iki çocuk annesidir.