

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARZULAR (GÜMÜŞHANE KD-TÜRKİYE) ALTIN YATAĞININ JEOLOJİK,  
MİNERALOJİK, JEOKİMYASAL VE KÖKENSEL İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Jeoloji Yük. Müh. Enver AKARYALI**

**EYLÜL 2010  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARZULAR (GÜMÜŞHANE KD-TÜRKİYE) ALTIN YATAĞININ JEOLOJİK,  
MİNERALOJİK, JEOKİMYASAL VE KÖKENSEL İNCELENMESİ**

**Jeoloji Yük. Müh. Enver AKARYALI**

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29.07.2010  
Tezin Savunma Tarih : 01.09.2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Miğraç AKÇAY  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ  
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ali VAN  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Şükrü KOÇ**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2010**

## ÖNSÖZ

Arzular (Gümüşhane KD-Türkiye) Au yatağının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökensele incelenmesi adlı bu çalışmayı bana öneren ve çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam saygıdeğer Prof.Dr. Necati TÜYSÜZ'e minnet ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmaya maddi destek sağlayan Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve Araştırma Fonu'na teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım sayın hocalarım, Prof.Dr. Miğraç AKÇAY, Prof.Dr. Mehmet TÜFEKÇİ, Yrd.Doç.Dr. Ali VAN, Yrd.Doç.Dr. Mithat VICİL, Yrd.Doç.Dr. Yener EYÜBOĞLU, Yrd.Doç.Dr. Serhat DAĞ, Yrd.Doç.Dr. Ferkan SİPAHİ, Yrd.Doç.Dr. Gülten YAYLALI ABANOZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle arazi çalışmalarım sırasında her türlü olanaklardan yararlanmamı sağlayan MTA Trabzon Bölge Müdürlüğü Arzular (Gümüşhane) altın sahasının proje yöneticisi Jeo.Yük.Müh. Sebahattin GÜNER ve proje yardımcısı Jeo.Yük.Müh. Erdem N. YAZICI'ya teşekkür ederim. Kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde benimle aynı zorlukları paylaşan, Öğr.Gör. İbrahim AKPINAR, Arş.Gör. Yılmaz DEMİR, Arş.Gör. Emre AYDINÇAKIR'a şükranlarımı sunarım. Tez yazımı sırasında değerli vakitlerini bana ayıran Öğr.Gör. Adem AKPINAR ve Arş.Gör. Mehmet Ali GÜCER'e içtenlikle teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım ve örneklerimin hazırlanmasında katkıları olan kıymetli meslektaşlarım Jeo.Müh. Murat ÖZTÜRK, Jeo.Müh. Mikat SARITAŞ, Jeo.Müh. Hasan KELLEÇİ, Jeo.Müh. Hasan Basri DEMİR, Jeo.Müh. Mustafa ŞİK ile stajyer öğrencilerim İshak AY, Hakkı CEBİR, Ali Hakim KURT ve Berat Anıl YERÖZ'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen değerli eşim Semra AKARYALI ve oğlum Arda AKARYALI'ya şükranlarımı sunarım.

Enver AKARYALI

Trabzon 2010

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET .....	VI
SUMMARY .....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XXI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	1
1.3. Konum, Yerleşim ve Ulaşım.....	2
1.4. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü.....	2
1.5. Doğu Pontidler'in Jeodinamik Gelişimi ve Metalojenezi .....	3
1.6. Gümüşhane Yöresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Özellikleri.....	5
1.7. Gümüşhane Yöresindeki Maden Yataklarını Konu Alan Önceki Çalışmalar .....	8
1.7.1. Gümüşhane Yöresinde Görülen Başlıca Cevherleşmeler.....	10
1.7.1.1. Hazine Mağara Madeni .....	11
1.7.1.2. Mastra Madeni.....	11
1.7.1.3. Midi Madeni .....	11
1.7.1.4. Köstere Madeni .....	12
1.7.1.5. Istala Madeni .....	13
1.7.1.6. Kaletaş Madeni.....	13
1.7.1.7. Olucak Madeni .....	14
2. YAPILAN ÇALIŞMLAR .....	15
2.1. Materyal ve Yöntemler .....	15
2.1.1. Arazi Çalışması .....	15
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları .....	16
2.1.2.1. İnce ve Parlak Kesitlerin Hazırlanması .....	16
2.1.2.1. Sıvı Kapanım İçin İnce Kesitlerin Hazırlanması.....	17
2.1.2.3. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması.....	17
2.1.2.4. Duraylı İzotop Analizi İçin Mineral Ayrımı .....	17

2.1.3.	Analitik Yöntemler.....	18
2.1.3.1.	ICP-AES ve ICP-MS Yöntemleri.....	18
2.1.3.2.	Elektron Mikroprob Analizleri.....	19
2.1.3.4.	Duraylı İzotop Analizleri.....	19
2.1.3.3.	Kil Analizleri.....	20
2.1.4.	Büro Çalışması.....	21
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
3.1.	İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Kayaç Gruplarının Petrografik Özellikleri.....	22
3.1.1.	Berdiga Formasyonu.....	22
3.1.2.	Kermutdere Formasyonu.....	27
3.1.3.	Kızıl Tepe Hornblendli Andeziti.....	29
3.1.4.	Alibaba Formasyonu.....	32
3.1.4.1.	Bazik Dayk.....	35
3.1.5.	Alüvyonlar.....	36
3.1.6.	Yapısal Jeoloji.....	36
3.1.6.1.	Uyumsuzluklar.....	37
3.1.6.2.	Tabakalı Yapılar.....	37
3.1.6.3.	Kırıklı Yapılar.....	38
3.1.6.3.1.	Çatlak Sistemleri.....	38
3.1.6.3.2.	Faylar.....	39
3.2.	Eosen Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası.....	40
3.2.1.	Giriş.....	40
3.2.2.	Tüm Kayaç Jeokimyası.....	41
3.2.3.	Ana Magmaların Doğası.....	51
3.2.4.	Tektonik Ortam.....	53
3.3.	Maden Jeolojisi, Mineralojisi ve Mineral Kimyası.....	55
3.3.1.1.	Arzular Cevherleşmesi.....	57
3.3.1.2.	Cevher Yapıları, Cevherin Yerleşimi ve Yaşı.....	61
3.3.2.	Mineral Parajenezi, Kimyası ve Oluşum Sırası.....	62
3.3.2.1.	Pirit.....	63
3.3.2.2.	Kalkopirit.....	66
3.3.2.3.	Sfalerit.....	70
3.3.2.4.	Galen.....	74
3.3.2.5.	Tetrahedrit.....	77

3.3.2.6.	Diğer Mineraller .....	79
3.3.3.	Yan Kayaçlarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar .....	81
3.3.3.1.	Silisleşme .....	81
3.3.3.2.	Serisitleşme .....	81
3.3.3.3.	Kloritleşme .....	84
3.3.3.4.	Epidotlaşma .....	86
3.3.3.5.	Karbonatlaşma .....	86
3.3.3.6.	Killeşme .....	86
3.3.3.7.	Limonitleşme ve Hematitleşme .....	87
3.4.	Yan Kayaçlarda Tespit Edilen Mineral, Element ve Kütle Değişimleri .....	87
3.4.1.	Mineral Değişim Hesapları .....	88
3.4.1.1.	MINSQ Yöntemi .....	88
3.4.1.2.	Damara Dik Bir Hat Boyunca Alterasyon Mineral Değişimi .....	90
3.5.	Kütle Değişim Hesaplamaları .....	96
3.5.1.	İzokon Yöntemi .....	97
3.5.2.	Yan Kayaçlarda Meydana Gelen Kütle ve Kimyasal Değişimler .....	98
3.6.	Sıvı Kapanım Çalışmaları .....	130
3.6.1.	Sıvı Kapanım Petrografisi .....	130
3.6.2.	Mikrotermometrik Ölçüm Sonuçları .....	134
3.7.	Duraylı İzotop Jeokimyası .....	139
3.7.1.	Kükürt İzotopları .....	140
3.7.1.1.	Kükürt İzotop Jeotermometresi .....	141
3.7.2.	Hidrojen ve Oksijen İzotopları .....	142
4.	İRDELEME .....	147
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	156
6.	KAYNAKLAR .....	159
7.	EKLER .....	175

ÖZGEÇMİŞ

## ÖZET

Arzular (Gümüşhane, KD Türkiye) cevherleşmesi, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu içinde KD-GB doğrultulu KB'ya eğimli ve yaklaşık DB doğrultulu K'ye eğimli damarlara fay kontrollü olarak yerleşmiştir. Sahadaki asıl cevherleşmeler Kuzdağı Sırtı mevkiinde K70D doğrultulu bir kırık zonu içinde gelişmiştir. Cevherli silis damarları 0.1-0.3 m kalınlığında olup devamlılık göstermezler. Cevherleşmede yaygın olarak boşluk dolgusu ve bantlı yapı gözlenmektedir. Ana cevher minerallerini galen, sfalerit, pirit, kalkopirit ve tetrahedritle birlikte eser miktarda altın oluşturmaktadır.

Mineral kimyası analizlerine göre, piritlerde düşük Co ve Ni değerleri olduğu, kalkopiritlerde Zn'nin Cu ve Fe ile negatif korelasyon gösterdiği, sfaleritlerde Fe'nin Cd ve Mn ile birlikte hareket ettiği ve Zn ile Fe arasında iyon değişimi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tüm fahlerz minerallerinin tetrahedrit bileşiminde olduğu ve gümüşün galenlerde bulunmadığı sadece tetrahedritlerin bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

Cevherden yan kayaca doğru kuvars, serizit, K'lu Feldspat kaolinit, Fe Klorit, albit, Mg klorit ve epidot en yaygın gözlenen alterasyonun mineralleridir. Damara dik bir hat boyunca örneklenen profillerde hareketsiz elementler Zr, Hf, Nb, Al ve Ti'dir. Bu hareketsiz elementlere göre yapılan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişim hesaplamalarına göre; 1, 3 ve 5 nolu profillerde net kütle artışı, 2 ve 4 nolu profillerde ise net kütle kaybı söz konusudur.

Sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, kuvarslarda 130°C ile 295°C arasında, sfaleritlerde ise 90°C ile 133°C arasındadır. Cevher oluşturan sıvıların  $\text{NaCl} \pm \text{KCl} \pm \text{MgCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$  sisteminde, 0.7-12.4 ağırlık % NaCl tuzluluğa ve 0.79-0.97 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahip olması cevherleşmenin epitermal sistemde oluştuğunu gösterir.

Pirit, galen ve sfalerit minerallerinden yapılan kükürt izotoplarının analiz değerleri -1.2 ‰ ile 3 ‰ aralığındadır. Bu değişim minerallerin oluşumunu sağlayan kükürtün magmatik kökenli olduğunu gösterir. Cevherin ortalama oluşum sıcaklığı, kükürt izotop termometresi ile 244-291°C arasında hesaplanmıştır. Oksijen izotop değerleri 15.0 ‰ ile 16.7 ‰ arasında ve hidrojen izotop değerleri ise -87‰ ile -91‰ arasındadır.

**Anahtar Kelimeler:** Gümüşhane, Arzular, Epitermal, Altın, Kütle Artışı ve Kaybı, Sıvı Kapanım, Duraylı İzotop

**SUMMARY**  
**Geologic, Mineralogic, Geochemical and Genetic Studies of Arzular (Gümüşhane,)  
Gold Deposit NE-Turkey**

Arzular mineralization (Gümüşhane, NE Turkey) has emplaced as fault-controlled into NE-SW trending and NW dipping, and also about EW trending and North dipping fractures within the Eocene aged Alibaba Formation. The main mineralizations have developed along a N70E trending fracture zone in Kuzdağı Sırtı area. Ore-bearing silica veins exhibit 0.1-0.3 m thicknesses and do not show continuity in the field. Cavity-filling and banded structures are widely observed in mineralizations. The main ore minerals consist of galena, sphalerite, pyrite, chalcopyrite and tetrahedrite, and also trace amounts of gold. Mineral chemistry analyses indicate that pyrite contains low Co and Ni values, Zn displays a negative correlation with Cu and Fe in chalcopyrites, Fe behaves similarly with Cd and Mn in sphalerites and there is an ion exchange between Zn and Fe. In addition, it was determined that all fahlerz minerals are tetrahedrite in composition and silver does not exist in galenas except tetrahedrites.

Quartz, sericite, K-Feldspar, kaoline, Fe chlorite, albite, Mg chlorite and epidote are most common alteration minerals from ore towards wall rock. Zr, Hf, Nb, Al and Ti are immobile elements in the profiles that laid out along a line perpendicular to the vein. Relative (%) and net (g/100g) mass change calculations done considering these immobile elements indicated mass gains in 1, 3 and 5 numbered profiles, mass losses in 2 and 4 numbered profiles.

Homogeneization temperatures measured from fluid inclusions are between 130°C -295 °C in quartz and 90°C -133°C in sphalerites. In NaCl±KCl±MgCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O system, ore-forming fluids have salinities between 0.7 and 12.4 wt. % NaCl eq and densities between 0.79 and 0.97 g/cm<sup>3</sup>. These values reveal that mineralizations were generated in an epithermal system. Sulphur isotope analysis results obtained from pyrite, galena and sphalerite minerals are between -1.2 ‰ and 3 ‰, marking magmatic origin for sulphur. The average heat of formation was calculated as between 244°C and 291°C by sulphur isotope thermometry. Oxygen and hydrogen isotope values are between 15.0 ‰-16.7 ‰ and -87 ‰ -91 ‰, respectively.

**Key Words:** Gümüşhane, Arzular, Epithermal, Gold, Mass Gains and Losses, Fluid Inclusions, Stable isotope



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Çalışma sahasına ait yer bulduru haritası. ....	3
Şekil 2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri. (1) Paleozoyik metamorfik taban, (2) Paleozoyik granitleri, (3) Manto peridotitleri, (4) Genellikle Mesozoyik ve Senozoyik kayalar, (5) Karbonatlar, (6) Başlıca Mesozoyik ve Senozoyik sedimanter kayalar, (7) Geç Kretase ve Eosen yaşlı yay volkanikleri, (8) Eosen granitleri, (9) Kaldera veya dom, (10) Kıvrım eksenini, (11) Doğru atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay (14) Çalışma alanı (Eyüboğlu vd. 2006'dan alınmıştır).....	7
Şekil 3. Doğu Pontidler'in Güney Zonu'na ait stratigrafik dikme kesit (Kırmızı çerçevesi alan çalışma sahasına ait dikme kesittir, Kandemir, 2004 ve Eyüboğlu vd., 2010'dan değiştirilerek). ....	9
Şekil 4. Arzular (Gümüşhane) yöresinin jeoloji haritası (Güner ve Yazıcı 2006'dan değiştirilerek). ....	23
Şekil 5. Arzular (Gümüşhane) yöresinin jeolojik enine kesitleri. ....	24
Şekil 6. Berdiga Formasyonu'nun arazideki görünümü. ....	25
Şekil 7. Berdiga Formasyonu'nda gözlenen kristalize dolomit (a) ve ikincil kalsit damarı içeren biyointrasparitin (b) mikroskopik görünümü (Ka: kalsit).....	26
Şekil 8. Kermutdere Formasyonu'ndaki (a) sarı renkli kumtaşı, kıltaşı ve marn aralanması (b) gri renkli türbiditik istif. ....	28
Şekil 9. Kermutdere Formasyonu'nda gözlenen (a) kırmızı biyomikritlere ait mikrit çimentolu Biyomikrit ve (b) kalsit çimentolu kumtaşının mikroskopik görünümü (Gl:Globotruncana sp., Rd:Radyolarya sp., K: kuvars, Ka:kalsit, Ep:Epidot).....	28
Şekil 10. Kızıl Tepe Hornblendli aşırı alterasyona uğramış ve yumuşak topografyasının (a), Andezitlerde makroskopik olarak gözlenen iri biyotit minerallerinin görünümü (b), birimde gözlenen çatlak sistemi (c). ....	30
Şekil 11. Kızıltepe Hornblendli Andeziti'nde gözlenen (a) zonlu plajiyoklas, (b) çatlaklı ve kenarları kemirilmiş kuvarsın mikroskopik görünümü (K:kuvars, Bi: biyotit, Plj: Plajiyoklas, Hrb: hornblend).....	31

Şekil 12. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun tabanında bulunan (a) Nummulitli Kireçtaşları içinde makroskobik olarak gözlenen <i>nummulit</i> fosilleri, (b) konglomera seviyesi (c) Alibaba Formasyonu'ndaki volkanik istifin görünümü. ....	33
Şekil 13. (a) Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun tabanını oluşturan numunitli kireçtaşlarına ait sparit çimentolu kumlu biyosparitin, (b) Nummulitli kireçtaşları ile ara katkılı olarak bulunan yarı feldspat kumtaşının mikroskobik görünümü (Ns: <i>Nummulites</i> sp., Ds: <i>Discocyclina</i> sp, Mv:muskovit, K:kuvars, Op: opak mineral).....	34
Şekil 14. Alibaba Formasyonu'nda gözlenen eksfoliasyon yapısının (a) ve çatlardaki kalsit dolgusunun görünümü (b).....	34
Şekil 15. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nda görülen andezitlerin (a) bazaltlarda gözlenen ojitlere ait zonlu yapının (b) mikroskobik görünümü (Plj:plajiyoklas, Oj:Ojit, Op:opak mineral). ....	36
Şekil 16. Arzular (Gümüşhane) yöresinde Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait andezitlerden alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanmış kontur diyagramları. (a) Cevherli andezitlerden hazırlanan kontur diyagramı (b) Cevher içermeyen andezitlerden hazırlanan kontur diyagramı. ....	39
Şekil 17. Arzular (Gümüşhane) yöresindeki Eosen volkanitlerinin Nb/Y-Zr/TiO <sub>2</sub> diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce (1996)'dan alınmıştır. ....	45
Şekil 18. Arzular (Gümüşhane) yöresindeki Eosen volkanitlerinin AFM diyagramı. Toleyitik kalkalkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'dan alınmıştır (Açıklamalar Şekil 17'deki gibidir). ....	46
Şekil 19. Eosen volkaniklerinin Na <sub>2</sub> O'ya karşı K <sub>2</sub> O (a) ve Co'ya karşı Th (b) diyagramlarındaki dağılımları (Açıklamalar Şekil 17'deki gibidir). ....	46
Şekil 20. (a) Kızıl Tepe hornblendli andezitlerin ve (b) Eosen volkanitlerinin ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1984) normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları. ....	50
Şekil 21. (a) Kızıl Tepe hornblendli andezitlerin ve (b) Eosen volkanitlerinin kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları (Boynton 1984). ....	50
Şekil 22. İnceleme alanında yüzeylenen Eosen yaşlı volkanik kayaların Y'ye karşı Sr/Y (a) ve kondrit normalize Yb'ye karşı kondrit normalize La/Yb dağılımları (b) adakitik ve normal yay volkanik kayalara ait sınırlar Defant ve Drummond 1990'dan alınmıştır. ....	52

Şekil 23. (a) Kızıltepe hornblendli andezitlerinin, adakitik kayaların köken ayrımı için kullanılan SiO <sub>2</sub> 'ye karşı TiO <sub>2</sub> diyagramındaki dağılımları, (b) Eosen volkanitlerinin Hf/3-Th-Ta diyagramındaki konumları (Wood vd., 1979). A) N tipi MORB, B) E tipi MORB, C) Plaka içi alkalin bazaltları, D) Volkanik yay bazaltları, (c) Eosen volkanitlerinin Ta/Tb'ye karşı Th/Yb tektonik ayırtman diyagramı (Pearce, 1992) (Açıklamalar Şekil 17'deki gibidir). .....	55
Şekil 24. Arzular cevherleşme sahasında gözlenen alterasyon türleri: (a) KB-GD doğrultulu kırık sisteminde gözlenen alterasyonlar, (b) killeşme ve limonitleşme, (c) hematitleşme (d) killeşme ve limonitleşme, (e) killeşme (f) silisleşme.....	58
Şekil 25. Cevherleşme sahasının detay jeoloji haritası, MTA tarafından yapılan sondajların ve açılan yarmaların yerleri (Güner ve Yazıcı 2006'dan değiştirilerek).....	59
Şekil 26. Cevherleşme sahasında yapılan SB1, SB14 ve SB14A nolu sondajlara ait enine kesit (Güner ve Yazıcı 2006'dan değiştirilerek).....	60
Şekil 27. Arzular cevherleşme sahasında ornatım sonucu gelişen bantlı cevher yapıları. ....	61
Şekil 28. Arzular cevherleşmesine ait genelleştirilmiş mineral oluşum sırası.....	62
Şekil 29. (a) Galen mineralinin kalkopiriti ve piriti ornatması ve kalkopirit içinde pirit kapanımları, (b) Kalkopiritin piriti ornatması ve kalkopirit içinde pirit kapanımları, (c ve d) Pirit-sfalerit dokanağında gelişen kalkopirit ayrılımları ve piritlerde gözlenen kataklastik doku (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Sph: Sfalerit, Py: Pirit, Q: Kuvars).....	64
Şekil 30. Piritlerde S ve As (atomik %) arasındaki iyon değişimini gösteren negatif korelasyon.....	65
Şekil 31. Hat analizi yapılan pirit minerallerinin BSE fotoğrafı (a yüzey, c derin), ve analizi yapılan piritlerin mikroskop fotoğrafı (b yüzey, d derin). ....	66
Şekil 32. Pirit minerallerinde As içerikleri bakımından yüzeyde (a) ve derinde (b) mineralin kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma. ....	66
Şekil 33. (a) Galen mineralinin kalkopiriti ve sfaleriti ornatması ayrıca galen içinde kalkopirit ve fahlerz kapanımları ile sfalerit içinde kalkopirit ayrılımları, (b) galenin kalkopiriti ornatması ve kalkopiritte gelişen kataklastik doku,(c) galenin kalkopiriti ve piriti ornatması (d) sfalerit mineralinin, mineral sınırı boyunca gelişen kalkopirit ayrılımları ve piritlerde gözlenen kataklastik doku (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Sph: Sfalerit, Py: Pirit, Fh: Fahlerz, Q: Kuvars). ....	67

Şekil 34. Kalkopiritlerde Cu ve Ag (atomik %) arasındaki (a) yüzey örneklerinde, (b) derinden alınan örneklerde değişim, (c) derinden alınan örneklerde Cu-Zn arasındaki (d) Fe-Zn arasındaki negatif korelasyon.....	69
Şekil 35. Yüzey örneklerinde hat analizi yapılan kalkopirit minerallerinin (a) BSE fotoğrafı, (b) analizi yapılan kalkopiritlerin mikroskop fotoğrafı. ....	69
Şekil 36. Kalkopirit minerallerinde derinden alınan örneklerde Cu (a) ve Zn (b) içerikleri bakımından mineralin kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma. ....	70
Şekil 37. (a) Sfalerit içinde gelişmiş güzel kalkopirit ayrılım kümeleri ve kalkopirit kapanımları (b) sfalerit mineralinin kristalografik doğrultusu boyunca yönelme zincir dokusu (c ve d) sfalerit kristali boyunca toplanma karpuz dokusu (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Sph: Sfalerit, Py: Pirit, Q: Kuvars). ....	72
Şekil 38. Sfaleritlerde; (a) Fe-Cd, (b) Fe-Mn arasındaki pozitif korelasyon, (c) Zn ile Fe arasındaki iyon değişimini gösteren negatif korelasyon .....	73
Şekil 39. Yüzey örneklerinde hat analizi yapılan sfalerit minerallerinin (a) BSE fotoğrafı ve analizi yapılan kalkopiritlerin mikroskop fotoğrafı (b). ....	73
Şekil 40. Sfalerit minerallerinde yüzey örneklerinde Cd, Fe ve Mn içerikleri bakımından mineralin kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma.....	74
Şekil 41. (a) Galen mineralinin sfaleriti ornatması ve galen içinde sfalerit ve fahlerz kapanımları, (b) Galenin-sfalerit-pirit arasında ornatım dokusu ve kataklastik doku, (c ve d) Galen-sfalerit dokanağında gelişen kalkopirit ayrılımları ve galende gözlenen üçgen yapıları (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Sph: Sfalerit, Fh: Fahlerz, Q: Kuvars).....	75
Şekil 42. (a) Hat analizi yapılan galen mineralinin BSE fotoğrafı, (b) ve analizi yapılan galenin mikroskop fotoğrafı (SB14-1 nolu örnek).....	76
Şekil 43. Galen minerallerinde Pb içerikleri bakımından yüzeyde (a) ve derinde (b) mineralin kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma. ....	77
Şekil 44. Tetrahedrit, galen, kalkopirit ve pirit minerallerinin cevher mikroskobundaki görünüşleri; (a) Galen içindeki tetrahedrit kapanımları, (b) Galen içerisinde tetrahedrit ve sfalerit kapanımları (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Sph: Sfalerit, Fh: Fahlerz, Q: Kuvars). ....	78
Şekil 45. Tetrahedrit minerallerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre (a) As-Sb ilişkisine göre tetrahedrit-tenantit ayrımı, (b) tetrahedrite ait mineral formül ilişkisi.....	79
Şekil 46. Tetrahedrit minerallerinin mikroprob analizlerine göre Zn-Fe (a), Ag-Cu (b) ve Ag-Sb (c) ilişkisi. ....	80

Şekil 47. (a) Kuvars Gangı içerisinde ve (b) kalkopirit içinde altın tanelerinin mikroskobik görünümü (Au: altın, Cpy: kalkopirit, Q: kuvars).....	80
Şekil 48. Eosen yaşlı andezitlerde, ayrışma sonucu oluşan ikincil kuvarsların mikroskop altında çapraz nikeldeki görünümü. (a) Kırık zonu boyunca kristalleşen kuvarslar, (b) ve (c) andezitik kayacın hamur kısmında gözlenen silisleşmeler, (d) silisleşme ve kalsit birlikteliği, (Si: Silisleşme, Ka: Kalsit).....	82
Şekil 49. Eosen yaşlı andezitlerde, plajiyoklasların ayrışması sonucu meydana gelen serizitleşmelerin mikroskop altında çapraz nikeldeki görünümü. (a) Serizitleşme ve klorit birlikteliği, (b) ve (c) plajiyoklasların kısmen serizitleşmesi, (d) tamamen serizitleşmiş plajiyoklas. (Ser: Serizitleşme, Kl: Klorit). ....	82
Şekil 50. Andezitlerin SI karşı $K_2O + Na_2O$ (a) ve CaO (b) diyagramındaki dağılımları (MacLean ve Hoy, 1991'den değiştirilerek). ....	83
Şekil 51. Andezitlerin, (a) $Al_2O_3 - MgO - (CaO + Na_2O + K_2O)$ üçgen diyagramındaki dağılımı (Van Gerven, 1995'ten değiştirilerek), (b) $K_2O$ 'ya karşı $CaO + Na_2O$ diyagramındaki konumları (Barrett 1993'ten değiştirilerek). ....	84
Şekil 52. Eosen yaşlı andezitlerde, koyu renkli minerallerin ayrışması sonucu oluşan kloritleşmenin mikroskopta tek ve çift nikollerdeki görünümü. (a) Hamurda boşluk dolgusu olarak meydana gelen kloritleşme (b) amfibollerin kloritleşmesi (c) Klinopiroksenin ayrışması sonucunda meydana gelen kloritleşme (d) serizitleşme ve kloritleşme birlikteliği (Kl: klorit, Ser: serizitleşme).....	85
Şekil 53. Eosen yaşlı volkanitlerin AI karşı (a) $Na_2O$ ve (b) $K_2O$ diyagramlarındaki dağılımları (Large vd., 2001'den değiştirilerek).....	85
Şekil 54. Arzular cevherleşmesinde kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş doğal x-ışınları difraktogramları (siyah pikler fırınlı, kırmızı pikler glikollü, mavi pikler normal). ....	87
Şekil 55. Cevherleşme sahasında damara dik bir hat boyunca örnek alınan profiller (Güner ve Yazıcı 2006'dan değiştirilerek). ....	89
Şekil 56. 1 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayalara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 10'a bakınız). ....	91
Şekil 57. 2 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayalara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 11'e bakınız). ....	92

Şekil 58. 3 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayaçlara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 12'ye bakınız). .....	93
Şekil 59. 4 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayaçlara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 13'e bakınız). .....	94
Şekil 60. 5 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayaçlara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 14'e bakınız). .....	95
Şekil 61. Arzular cevherleşme sahasında, 1 nolu örnekleme profilinde Zr-Hf arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (r: korelasyon katsayısı, referans örnek: 1 nolu örnek Ek Tablo 5). .....	99
Şekil 62. Arzular cevherleşme sahasında, 1 örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a: cevherli zon, b: propilitik zon; Grant 1986). .....	100
Şekil 63. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (1 nolu profili ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları. ....	102
Şekil 64. 1 nolu profilde, en az altere kayaca göre ayrılmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayaçta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar. ....	103
Şekil 65. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (1 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat. ....	105
Şekil 66. Arzular cevherleşme sahasında, B örnekleme profilinde Zr-Hf arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (r: korelasyon katsayısı, referans örnek: 1 nolu örnek Ek Tablo 6). .....	106
Şekil 67. Arzular cevherleşme sahasında, 2 nolu örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a:cevherli zon, b: propilitik zon; Grant 1986). .....	107
Şekil 68. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (2 nolu profili ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları. ....	109

Şekil 69. En az altere kayaca göre ayrıışmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayaçta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar (2 nolu profil).....	110
Şekil 70. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (2 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat. ....	111
Şekil 71. Arzular cevherleşme sahasında, 3 nolu örnekleme profilinde Zr-TiO <sub>2</sub> arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (r: korelasyon katsayısı, referans örnek: 1 nolu örnek Ek Tablo 7).....	112
Şekil 72. Arzular cevherleşme sahasında, 3 nolu örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a:cevherli zon, b: propilitik zon; Grant 1986). ....	113
Şekil 73. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (3 nolu profil ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları. ....	115
Şekil 74. En az altere kayaca göre ayrıışmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayaçta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar (3 nolu profil).....	116
Şekil 75. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (3 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat. ....	117
Şekil 76. Arzular cevherleşme sahasında, 4 nolu örnekleme profilinde Zr-Hf arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (r: korelasyon katsayısı, referans örnek: 1 nolu örnek Ek Tablo 9).....	118
Şekil 77. Arzular cevherleşme sahasında, 4 nolu örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a:cevherli zon, b: propilitik zon Grant 1986). ....	119
Şekil 78. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (4 nolu profil ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları. ....	121
Şekil 79. En az altere kayaca göre ayrıışmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayaçta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar (4 nolu profil).....	122

Şekil 80. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (4 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat. ....	123
Şekil 81. Arzular cevherleşme sahasında, 5 nolu örnekleme profilinde $TiO_2-Al_2O_3$ arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram (r: korelasyon katsayısı, referans örnek 1 nolu örnek: Ek Tablo 9).....	124
Şekil 82. Arzular cevherleşme sahasında, 5 nolu örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a:cevherli zon, b: propilitik zon; Grant 1986). ....	125
Şekil 83. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (5 nolu profil ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları. ....	127
Şekil 84. En az altere kayaca göre ayrılmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayaçta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar (5 nolu profil). ....	128
Şekil 85. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (5 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat. ....	129
Şekil 86. Kuvarslarda gözlenen sıvı kapanım şekilleri, mineral içerisindeki dağılımları ve boyutları.....	132
Şekil 87. Sfaleritlerde gözlenen sıvı kapanım şekilleri, mineral içerisindeki dağılımları ve boyutları.....	133
Şekil 88. Arzular cevherleşmesinde, kuvars minerallerinin bünyesinde bulunan birincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığına ait frekans dağılım diyagramı.....	137
Şekil 89. Arzular cevherleşmesinde, sfalerit minerallerinin bünyesinde bulunan birincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığına ait frekans dağılım diyagramı.....	137
Şekil 90. Arzular cevherleşmesinde kuvars ve sfaleritlerdeki sıvı kapanımların, homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Wilkinson, 2001). ....	138
Şekil 91. Değişik yatak tiplerinden elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları (MVS: Misisipi Vadisi masif sülfid yatakları) ve Arzular cevherleşme sahasından elde edilen sıvı kapanım verilerinin bu yataklarla ilişkisi (Roedder, 1984). ....	139



Şekil 92. (a) Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve cevher tiplerinin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değişimi (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987). (b) Arzular cevherleşmesinden alınan pirit, sfalerit ve galen minerallerinden elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ (‰) izotop değişimi.....	142
Şekil 93. Jeoloji olarak bazı ortamların hidrojen izotop bileşimleri (Hoefs 1987). .....	143
Şekil 94. Jeolojik bakımdan önemli çeşitli çözelti ve kayaçların SMOW'a oksijen izotop bileşimleri (Hoefs, 1987).....	144
Şekil 95. Arzular cevherleşmesinden elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ (‰) ve $\delta\text{D}$ (‰) izotop sonuçlarının, doğal çözeltilerin oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri (Taylor, 1974; Ohmoto, 1986) ile karşılaştırılması. ....	146

## TABLULAR DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.	Kızıl Tepe hornblendli andezitlerinin ana (%) ve iz element (ppm) analizleri. ....	42
Tablo 2.	Eosen volkanitlerinin ana (%) ve iz element (ppm) analizleri. ....	43
Tablo 3.	Kızıl Tepe hornblendli andezitlerinin nadir toprak element (ppm) analizleri. ....	48
Tablo 4.	Eosen volkanitlerinin nadir toprak element (ppm) analizleri. ....	49
Tablo 5.	Piritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler. ....	65
Tablo 6.	Kalkopiritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler. ....	68
Tablo 7.	Sfaleritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler. ....	72
Tablo 8.	Galenlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistiksel parametreler. ....	76
Tablo 9.	Tetrahedritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına göre temel istatistiksel parametreler. ....	78
Tablo 10.	Sıvı kapanımlarda yapılan mikrotermometrik çalışmalarla elde edilen $T_{m-ice}$ değerlerine göre hesaplanan tuzluluk değerleri ve Baker, (1999)' göre hesaplanan yoğunluk değerleri (Th: $T_{fm}$ , $T_{m-ice}$ , tuzluluk, yoğunluk değerlerinin hesaplanmasında kullanılan homojenleşme sıcaklık değerleri, $T_h$ : tuzluluk ve yoğunluk hesaplanmasında kullanılmayan homojenleşme sıcaklık değerleri). ....	136
Tablo 11.	Arzular cevherleşmesinde yaygın olan sülfütlü minerallerin, dengede oldukları sıvıların kükürt izotop bileşimleri ve galen-pirit çiftlerinden hesaplanan kükürt jeotermometresi sonuçları. ....	141
Tablo 12.	Yan kayaç ve cevhere eşlik eden gang minerali ve dengede oldukları sıvıların oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri ve kuvars ile dengede olan suyun $\delta^{18}O$ bileşimi ( $\delta^{18}O_{kuvars} - \delta^{18}O_{su}$ bağıntısı O'Neil ve Taylor, 1969). ....	145
Ek Tablo 1.	Arzular cevherleşmesinden alınan pirit mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a.: ölçüm sınırının altında). ....	175

Ek Tablo 2. Arzular cevherleşmesinden alınan kalkopirit mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a.: ölçüm sınırının altında).....	177
Ek Tablo 3. Arzular cevherleşmesinden alınan sfalerit mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a.: ölçüm sınırının altında). ....	179
Ek Tablo 4. Arzular cevherleşmesinden alınan galen ve fahlerz minerallerine ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a.: ölçüm sınırının altında). ....	181
Ek Tablo 5. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (1 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).....	183
Ek Tablo 6. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (2 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).....	185
Ek Tablo 7. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (3 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).....	187
Ek Tablo 8. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (4 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).....	189
Ek Tablo 9. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (5 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).....	192
Ek Tablo 10. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (1 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 3, 4, 5 ve 6 nolu örnekler cevherli zona aittir). ....	194
Ek Tablo 11. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (2 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 3, 4, 5 ve 6 nolu örnekler cevherli zona aittir). ....	196
Ek Tablo 12. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca ( 3 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 5, 6 ve 7 nolu örnekler cevherli zona aittir). ....	198

Ek Tablo 13. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca ( 4 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 5 ve 12 arası örnekler cevherli zona aittir ).....	200
Ek Tablo 14. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (5 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 3, 4 ve 5 nolu örnekler cevherli zona aittir). .....	202
Ek Tablo 15. Arzular cevherleşmesinde damara dik bit hat boyunca (1 nolu profil ) alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=13, p<0.01).....	204
Ek Tablo 16. Arzular cevherleşmesinde damara dik bit hat boyunca (2 nolu profil ) alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=8, p<0.01).....	205
Ek Tablo 17. Arzular cevherleşmesinde damara dik bit hat boyunca (3 nolu profil ) alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=12, p<0.01).....	206
Ek Tablo 18. Arzular cevherleşmesinde damara dik bit hat boyunca (4 nolu profil ) alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=19, p<0.01).....	207
Ek Tablo 19. Arzular cevherleşmesinde damara dik bit hat boyunca (1 nolu profil ) alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=8, p<0.01).....	208
Ek Tablo 20. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (1 nolu profil-propilitik zon) .....	209
Ek Tablo 21. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (1 nolu profil -cevherli zon) .....	210
Ek Tablo 22. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (1 nolu profil -tüm hat) .....	211
Ek Tablo 23. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (2 nolu profil - propilitik zon) .....	212

Ek Tablo 24. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (2 nolu profil -cevherli zon) .....	213
Ek Tablo 25. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (2 nolu profil -tüm hat) .....	214
Ek Tablo 26. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (3 nolu profil - propilitik zon) .....	215
Ek Tablo 27. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (3 nolu profil - cevherli zon) .....	216
Ek Tablo 28. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (3 nolu profil - tüm hat) .....	217
Ek Tablo 29. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (4 nolu profil -propilitik zon) .....	218
Ek Tablo 30. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (4 nolu profil -cevherli zon) .....	219
Ek Tablo 31. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (4 nolu profil - tüm hat) .....	220
Ek Tablo 32. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (5 nolu profil -propilitik zon) .....	221
Ek Tablo 33. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (5 nolu profil -cevherli zone).....	222
Ek Tablo 34. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (5 nolu profil - tüm hat) .....	223

## SEMBOLLER DİZİNİ

Ag	: Gümüş
AI	: Alterasyon indeksi
Amf	: Amfibol
An	: Anortit
ANTE	: Ağır nadir toprak elementler
As	: Arsenik
Au	: Altın
Bi	: Biyotit
BİLE	: Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
$C_i^O$	: Taze kayadaki bir bileşenin konsantrasyonu
$C_i^A$	: Ayrışmış kayadaki bir bileşenin konsantrasyonu
Cl	: Klor
CDT	: Canyon Diablo Triolite (Kükürt izotop standardı)
Cpy	: Kalkopirit
Cu	: Bakır
GI	: Galen
HNTE	: Hafif nadir toprak elementler
Hrb	: Hornblend
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma – atomik emisyon spektrometri
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma – kütle spektrometri
Ka	: Kalsit
KAB	: Kalk alkali bazaltlar
Kl	: Klorit
Mg#	: Magnezyum numarası
MTA	: Maden Tetkik Arama
NTE	: Nadir toprak elementler
ö.s.a.	: Ölçüm sınırının altında
Pb	: Kurşun
Ppb	: Part per bilion (milyarda bir)
Ppm	: Part per million (milyonda bir)

Plj	: Plajiyoklas
Py	: Pirit
r	: Korelasyon katsayısı
Q	: Kuvars
SI	: Serizitleşme İndeksi
SMOW	: Standart mean ocean (oksijen izotop standardı)
Sph	: Sfalerit
*T	: Yüzde tekrarlanabilirlik
T	: Sıcaklık (°C veya °K cinsinden)
T <sub>h</sub>	: Homojenleşme sıcaklığı (°C)
T <sub>fe</sub>	: First melting temperature (ilk ergime sıcaklığı)
T <sub>m-ice</sub>	: Son ergime sıcaklığı
YÇAE	: Yüksek çekim alanlı elementler
Zn	: Çinko
XRF	: X-ray floresans
XRD	: X-ışınları difraktometresi
μ	: Mikron
δ	: İzotop katsayısı
Δ	: Nispi ve net kütle değişim katsayıları

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

Doğu Avrupa'dan başlayıp, Orta Asya'dan Pasifik'e kadar uzanan Alp-Himalaya metalojenik kuşağının bir parçası olan Doğu Pontidler çok sayıda ve farklı tiplerde ekonomik cevherleşmeye ev sahipliği yapması nedeniyle dünyadaki sayılı bölgelerden biridir. Özellikle masif sülfid, porfiri bakır, skarn ve epitermal damar tipi Cu, Pb, Zn, Au ve Ag gibi ekonomik maden yataklarını içeren bu bölgenin jeolojisi, tektoniği ve maden yatakları bugüne kadar çok sayıda çalışmaya konu olmuştur (Gattinger, 1962; Dixon ve Pereire, 1974; Adamia, vd., 1977; Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Leitch, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1981; Tüysüz ve Er, 1985; Yalçınalp, 1992; Bektaş ve Güven, 1995; Lermi, 1996; Akçay, vd., 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi 2003; Demir, 2005; Eyüboğlu 2010).

Çalışma konusunu oluşturan Arzular cevherleşmesi Doğu Pontid metalojenik kuşağı içerisinde bulunan, damar tipi Pb-Zn, Au ± Ag yataklarının tipik örneklerinden biridir. Bugüne kadar bu cevherleşme ile ilgili olarak, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Trabzon Bölge Müdürlüğü tarafından sadece prospeksiyon amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, Arzular yöresinde 1998 yılındaki 1/10 000 ölçekli yarı detay çalışmalarda bir örnekte 9.8 g/t Au ve 2001 yılındaki 1/5000 ölçekli detay çalışmalarda ise bir örnekte 13 g/t altının varlığı belirlenerek saha MTA'ya kazandırılmıştır (Güner ve Yazıcı, 2006). Ön prospeksiyon sırasında elde edilen yüksek Au değerleri dikkate alınarak, daha sonraki yıllarda Arzular yöresindeki çalışmalar yoğunlaştırılmış ve 2002-2006 yılları arasında toplam 19 adet sondaj yapılmıştır. Sondaj karotlarının yarılanması ile elde edilen sınırlı sayıda örneğin jeokimyasal analizleri, Arzular cevherleşmesi için 1–64.8 g/t arasında değişen Au değerlerinin varlığını göstermiştir (Güner, vd., 2006).

### **1.2. Çalışmanın Amacı**

Arzular cevherleşmesi üzerinde MTA tarafından yapılan çalışmalar prospeksiyon ve az sayıda örneğin jeokimyasal analizi ile sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada Arzular cevherleşmesinin jeolojisi, yerleşiminin kırık sistemleri ile olan ilişkisi, mineral kimyası ve mineralojisinin belirlenmesi, yan kayaçlarda meydana gelen mineralojik ve kütleli değişimler, cevher oluşturan çözelti ve metallerin kökeni ile cevher oluşturan metallerin



çökmesinde etkili olan faktörlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu detay çalışmalar sonucunda elde edilen jeolojik ve jeokimyasal veriler yardımıyla Arzular cevherleşmesinin fizikokimyasal koşullarının saptanması ve buna bağlı olarak bölgede benzer tipte yatakların belirlenmesinde faydalı olabilecek bir modelin ortaya konulması amaçlanmıştır.

### **1.3. Konum, Yerleşim ve Ulaşım**

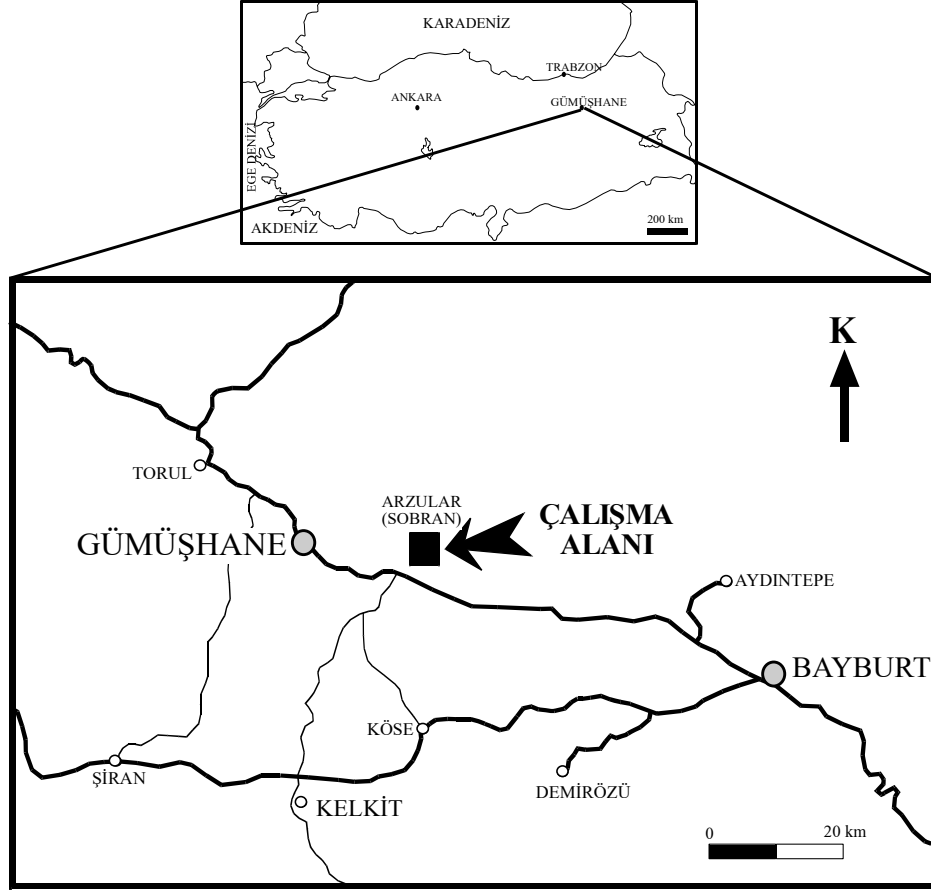
İnceleme sahası, Gümüşhane şehir merkezinin 20 km doğusunda, Arzular Beldesi ve Hama Mahallesi'ni içine alan 1/25 000 ölçekli Trabzon H43-a2 paftasında yaklaşık 16 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1). İnceleme alanına Gümüşhane Bayburt devlet karayolunun Yağmurdere Köyü ve Gümüşhane Cezaevi yol ayrımından itibaren 5 km asfalt yol ile ulaşılır.

### **1.4. Jeomorfoloji, İklim ve Bitki Örtüsü**

İnceleme alanı oldukça sarp bir topografyaya sahip olup, deniz seviyesinden yüksekliği en düşük olan kesimi 1350 m ile Arzular Beldesi'dir. En önemli yükseltileri ise, Kılıçkaya Tepe (1689 m), Gobel Tepe (1656 m), Pillikıran Tepe ( 1471), Çavuş Dağı (1580 m) ve incelenen cevherleşmenin bulunduğu Kuzdağı Sırtı (1401 m)'dir.

Yaklaşık doğu-batı doğrultusunda akan Harşit Çayı ve bu çaya birleşen Arzular Deresi inceleme alanının en önemli akarsularıdır. Bunun yanı sıra sahada Arzular Deresi'ni besleyen Yoncalık Dere gibi küçük akarsular bulunmaktadır.

Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı karasal iklimin egemen olduğu inceleme alanında, bitki örtüsü genellikle Harşit Çayı ve Arzular Deresi boyunca görülen kavak, söğüt ve meyve ağaçlarından oluşur. Bölge halkı genellikle tarım ve hayvancılık ile geçimini sağlamaktadır. Ayrıca Arzular Beldesi'nde bulunan Çimento Fabrikası da yöre halkı için iş istihdamı oluşturmaktadır.



Şekil 1. Çalışma sahasına ait yer bulduru haritası.

### 1.5. Doğu Pontidler'in Jeodinamik Gelişimi ve Metalojenezi

Alp-Himalaya orojenik kuşağının bir parçasını oluşturan Pontidler, Tetis okyanus kabuğunun, Pontid kıtasal kabuğu altına yitimi sonucunda şekillenmiştir. Gerek Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden biri oluşu ve gerekse jeolojik evrimine ilişkin tartışmalı sorunların bulunuşu Pontid kuşağını, sedimentasyon, magmatizma, metamorfizma, tektonizma ve maden yatakları yönünden ayrıntılı olarak araştırılması gereken bir bölge konumuna getirmiştir. Bu kuşağın jeodinamik evrimi ile ilgili tartışmalar günümüzde hala devam etmektedir. Pontidler'in jeodinamik evrimi ile ilgili üç farklı görüş vardır. Bazı araştırmacılar Pontidler'in, Paleotetis okyanus kabuğunun Paleozoyik'ten Eosen sonuna kadar devam eden kuzey yönlü yitimi sonucunda oluştuğunu ve Pontidler'in Avrasya kıtasına ait bir parça olduğunu düşünür (Adamia vd. 1977; Tokel, 1977). Buna karşın Şengör ve Yılmaz (1981) Pontidler için iki safhalı bir yitim modeli önerirler. Bu

modelde, Paleotetis okyanusu Pontidler'in kuzeyinde yer alır ve bu okyanus kabuğu Paleozoyik'ten Dogger'e kadar güney yönlü bir yitim uğrar, ikinci safhada ise yay-gerisi alanda açılan ve olgunlaşan Neotetis okyanus kabuğu Dogger'den itibaren kuzeye doğru Pontid kıtasının altına dalar. Her iki görüşün de temel çıkış noktası arkın güneyinde yer alan ultramafik kayaçların Paleotetis veya Neotetis okyanus kabuğuna ait parçalar olduğudur. Bu iki görüşten farklı olarak, Dewey vd. (1973), Chorowicz (1998) ve Bektaş vd. (1984 ve 1999) bugünkü Karadeniz'i Paleotetis'in kalıntısı kabul ederek, Pontid kuşağının Paleozoyik'ten Eosen sonuna kadar devam eden güney yönlü bir yitim zonu üzerinde şekillendiğini savunmuşlardır. Son olarak Eyüboğlu (2010), Doğu Pontidlerde yüzeyleyen bütün kayaç birimlerinden elde ettiği, jeokimyasal, izotopik ve jeokronolojik verileri dikkate alarak, Pontidler için güneye doğru iki safhalı bir yitim modeli önermiştir. Bu modele göre, Paleotetis okyanus kabuğunun güneye doğru yitiminin ilk safhası, Doğu Pontidler'de tektonik ve magmatik açıdan duraylılık dönemine karşılık gelen Malm-Erken Kretase döneminde mantonun bölgesel çökmesine bağlı olarak, güneye doğru yiten okyanus kabuğunun geriye doğru bükülmesi (roll-back) ve kopması (break-off) ile son bulmuştur. Ancak kalan okyanus kabuğu Üst Kretase'den itibaren güneye doğru yitimine devam ederek, kuzeyde Turoniyen'de başlayan toleyitik volkanizmaya, güneyde ise Erken Kampaniyen'de başlayan yüksek potasyumlu (şoşonitik ve ultrapotassik) volkanizmaya vücut vermiştir. Bu modele göre bu günkü Karadeniz ve Hazar Denizi, Paleotetis okyanusunun kalıntılarıdır ve Pontidler Gondwana kıtasının parçasıdır.

Doğu Karadeniz metal provenisi, Tetis okyanus kabuğunun Paleozoyik-Miyosen zaman dilimindeki yitimine bağlı olarak bir magmatik yay üzerinde yer alır (Dixon ve Pereira, 1974; Şengör ve Yılmaz, 1981; Çağatay ve Eastoe, 1995). Tetis-Avrasya metalojenik kuşağının bir parçası olan bu zon, Doğu Avrupa, Kuzeydoğu Türkiye, Kafkaslar, İran ve Orta Asya'dan Pasifik Metalojenik Kuşağına kadar uzanır (Jankoviç, 1980). Doğu Karadeniz, bu metalojenik kuşak içinde çok sayıda ve farklı tiplerde maden yatağını bünyesinde bulundurur ve bu nedenle de cevherleşmeye yönelik çok sayıda çalışmaya konu olmuştur (Güven, 1993; Tüysüz vd., 1994; Lermi, 1996; Akçay vd., 1998; Tüysüz vd., 2000; Lermi, 2003, Demir, 2005). Bu yataklardan en önemlileri; porfiri Cu (Au, Mo) yatakları, skarn yatakları, volkanizma ile ilişkili masif sülfid yatakları ve epitermal Au-Ag yataklarıdır (Tüysüz, 1995; Akçay ve Tüysüz 1997; Akçay ve Arar, 1999; Tüysüz ve Akçay, 2000). Doğu Pontid orojenik kuşağı, masif sülfid yatakları bakımından zengin olmasına rağmen bu tür kuşaklarda beklenen miktarda ekonomik

porfiri yatakları içermemektedir. Moore vd. (1980), bu durumu, Pontidlerin altına yiten okyanus kabuğunun yitim açısının, dik ve derin kökenli (~200km) olmasına bağlı olarak nispeten susuz magmaların oluşmasına ve bu süreçle ilişkili olarak, derin kökenli bu ergimenin ekonomik porfiri yataklar için gerekli olan hidrotermal sistemi oluşturamamasına bağlı olarak açıklamışlardır. Aslaner (1977), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan masif sülfid yataklarının yitim zonundaki ada yaylarında meydana geldiğini, porfiri bakır yataklarının ise Karadeniz Okyanus Kabuğu'nun Anadolu Plakacığı altına dalmasıyla, güney yönlü yitime bağlı olarak oluşan kalkalkalen magmadan oluştuğunu düşünür. Bektaş vd., (1984) ile Koç vd., (1995) güney yönlü Mariana Tipi yitime bağlı olarak Küre (Kastamonu) ve Doğu Karadeniz masif sülfid yataklarının yay içi-yay gerisi gerilme ortamlarında toleyitik-kalkalkali magmatizmaya bağlı olarak geliştiğini ileri sürmüşlerdir.

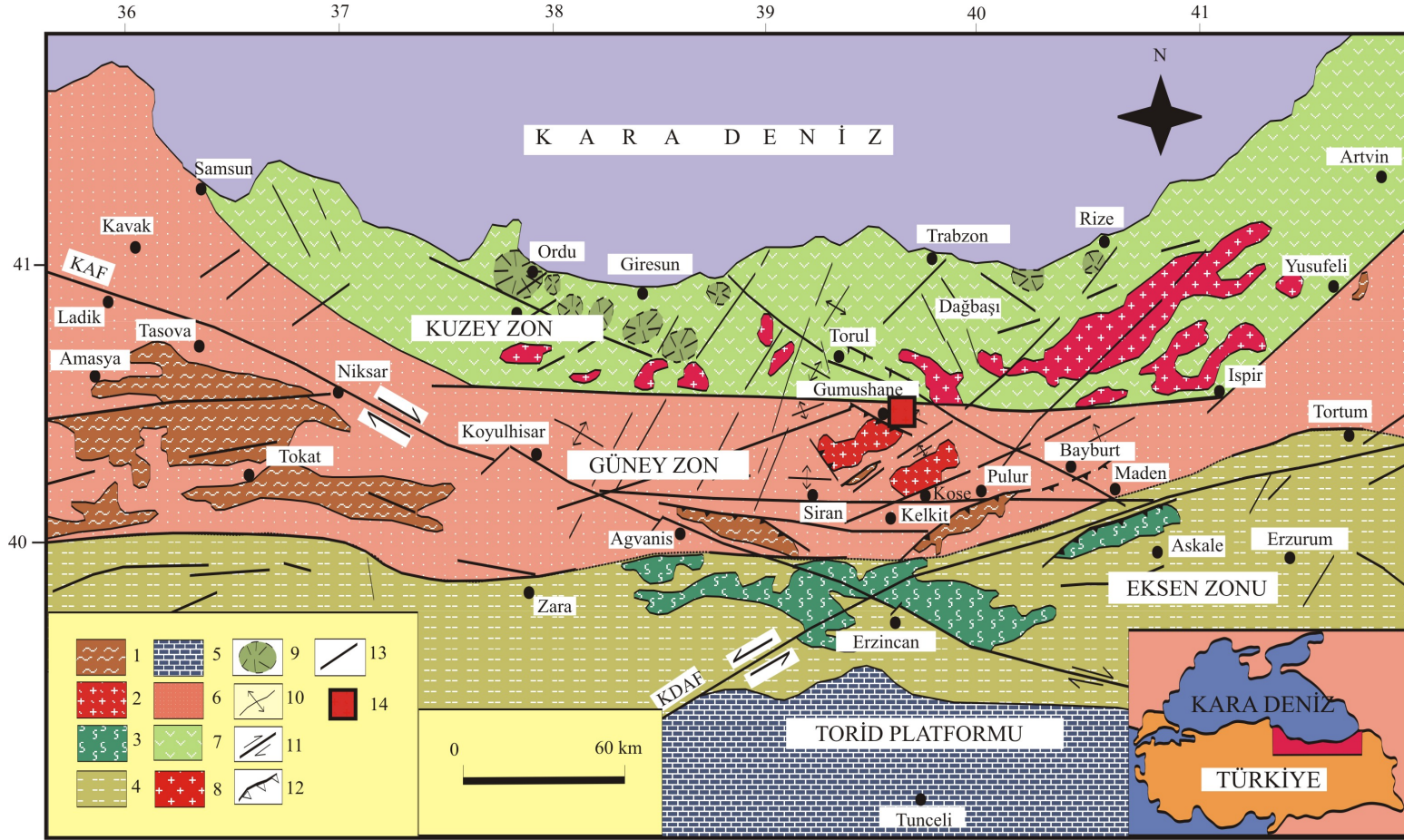
Sonuç olarak bütün araştırmacılar bir yitimin varlığını kabul etmekle birlikte, yitim yönü ile ilgili olarak farklı görüşler ileri sürmüşlerdir. Fakat bütün araştırmacılar tarafından, Pontidlerin bir magmatik yay olduğu, volkanizma, tektonizma ve plutonizma ile ilişkili maden yataklarının bu magmatik yay üzerinde geliştiği kabul görmektedir (Pejatoviç, 1979; Çoğulu, 1971; Bektaş, 1986; Korkmaz ve Gedik, 1998; Tüysüz, 2000; Lermi, 2003).

### **1.6. Gümüşhane Yöresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Özellikleri**

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı, bölgede yüzeyleyen kayaç topluluklarının sedimantolojik, tektonik ve magmatik özelliklerine bağlı olarak; “Kuzey Zon”, “Güney Zon” ve “Eksen Zonu” olmak üzere (Şekil 2) üç alt birliğe ayrılır (Bektaş vd. 1995). Kuzey Zon, genellikle Geç Kretase ve Tersiyer yaşlı volkanik kayaçlar ve granitik kütleler ile temsil edilir. Güneye doğru gidildikçe magmatik faaliyetin şiddeti azalır ve magmatik kayaçlara sedimanter kayaçlar eşlik etmeye başlar. Güney Zon, başlıca Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı sedimanter kayaçları, Pulur, Ağvanis ve Tokat metamorfik masiflerini, ultramafik intruzyonları, Geç Kretase yaşlı şoşonitik ve ultrapotasik volkanikleri, Erken Eosen yaşlı adakitik intruzyonları ve Arzular cevherleşmesine ev sahipliği yapan Orta-Geç Eosen yaşlı bazaltik-andezitik volkanik kayaçları içine alır (Eyüboğlu vd. 2010). Eksen zonu ise, Kop Dağı ve Erzincan civarında yüzeyleyen, ultramafik kütleler ve Orta-Üst

Kretase yaşlı ofiyolitik-olistostromal melanj ile temsil edilir. Her zon yaklaşık KB, KD ve D-B gidişli bölgesel ölçekli faylar ile ayrılmakta olup, bu faylar bölgedeki havzaların açılmasını ve kapanmasını ve ayrıca magmatik kayaçların ve cevherleşmelerin yerleşimlerini kontrol eden ana tektonik yapılarıdır (Eyüboğlu vd. 2006).

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu içinde yer alan inceleme alanının en yaşlı birimini Kurtoğlu Metamorfitleri oluşturur. Başlıca mikaşist, gnays, fillat ve bunları kesen metagranitik dayklardan oluşan bu birimin metamorfizma yaşı  $320.3 \pm 1.7$  milyon yıl ile Karbonifer'dir (Topuz vd. 2007). Bu metamorfik taban kayaçları, Geç Karbonifer yaşlı asidik kayaçlar tarafından kesilir. Gümüşhane Graniti (Yılmaz, 1973) veya Gümüşhane Plütunu (Çoğulu, 1975) gibi değişik isimlerle adlandırılan bu birim başlıca granodiyorit, granit, kuvarslı mikrodiorit ve dasitlerden oluşmaktadır. Özellikle iri taneli birimler plütunun merkez kesimlerinde, dasitik kayaçlar ise plütunun kenar kesimlerinde yüzeyleme verir. Doğu Pontidler'in Hersinyen tabanını temsil eden bu iki birim, Erken-Orta Jura yaşlı volkano-sedimenter istif ile uyumsuz olarak örtülür. Güney Zon'da yaygın olarak yüzeyleme veren ve değişik araştırmacılar tarafından farklı adlarla isimlendirilen bu birim, birbirleriyle yanal geçiş gösteren ve kısa mesafelerde kalınlık farkları sunan rift ilişkili birimleri içerir (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Telmeyaylası Formasyonu, Yüksel, 1976; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Hamurkesen Formasyonu, Açar, 1977; Balkaynak Formasyonu, Kesgin, 1983; Zimonköy Formasyonu, Eren, 1983; Şenköy Formasyonu, Kandemir 2004). Andezit, diyabaz, bazalt, aglomera, tüf ve tüfitlerden oluşan volkanik ara seviyeler, yersel çakıltaşı, dereceli kumtaşı, marn, kiltası ve kumlu kireçtaşı ile "Calcareo Ammonitico Rosso" fasiyesinde gelişmiş bol ammonit, belemnit, çift çenetli, sünger, krinoid ve gastropod içeren bu birimin başlıca litolojilerini kırmızı renkli ve yumrulu kireçtaşları oluşturur (Yılmaz, 2002; Kandemir, 2004). Birim yukarıda belirtilen kaya türlerinin yanında taban ve tavana yakın seviyelerde kömürlü oluşuklar da içermektedir (Şekil 3). Bu çökeller Erken Liyas'da etkin olan genişlemeli tektonik rejimin, Hersinyen temeli parçalaması sonucu Birinci Riftleşme Fazı olarak bilinen olaylar neticesinde oluşmuşlardır (Bektaş vd., 1995 ve Yılmaz, 2002). Aktif tektonik hareketlerin ve ekstansiyon rejiminin kontrolünde gelişen Erken-Orta Jura çökellerinin birikiminden sonra, inceleme alanında Malm'dan itibaren, Alt Kretase sonuna kadar süren dönem, magmatik ve tektonik açıdan oldukça duraylı olup, bu dönemde tüm Doğu Pontidler'de olduğu gibi inceleme alanında da karbonatlı kayaçların çökelişi egemendir (Berdiga Formasyonu; Pelin, 1977).



Şekil 2. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri. (1) Paleozoyik metamorfik taban, (2) Paleozoyik granitleri, (3) Manto peridotitleri, (4) Genellikle Mesozoyik ve Senozoyik kayalar, (5) Karbonatlar, (6) Başlıca Mesozoyik ve Senozoyik sedimanter kayalar, (7) Geç Kretase ve Eosen yaşlı yay volkanikleri, (8) Eosen granitleri, (9) Kaldere veya dom, (10) Kıvrım eksenini, (11) Doğru atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay (14) Çalışma alanı (Eyüboğlu vd. 2006'dan alınmıştır).

Berdiga Formasyonu genel olarak gri-bej renkli, kalın, yer yer masif katmanlı, çok zengin bentik foraminifer fosilleri içeren, taban seviyeleri yer yer dolomitlerden üst seviyeleri ise çört yumru ve bantlı kireçtaşlarından oluşan, sığ denizel bir istif özelliği sunar. Üst Kretase'den itibaren Doğu Pontid Kuzey Zonu ve Güney Zonu'nda farklı litolojiler görülmeye başlanır. Bu dönemde Kuzey Zon yoğun magmatik aktivitenin etkisi altındayken, Güney Zon magmatik aktiviteden uzak türbiditik karakterli çökeller ile temsil edilir. Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak adlandırılan bu istif, Gümüşhane yöresinde tabanda, ince orta tabakalanmalı, sarı renkli kumlu kireçtaşları ve yer yer konglomeralar ile başlayıp, üste doğru ince tabakalanmalı kırmızı-mor renkli mikritik kireçtaşlarına geçer ve gri-yeşil renkli tuf ara seviyeleri içeren ince-orta tabakalanmalı kumtaşı, kiltası ve marn aralanması ile son bulur (Şekil 3). Bütün bu birimler, Gümüşhane ve yakın yöresinde, tabanda yersel olarak konglomeralar ve Nummulitli kireçtaşları ile başlayıp üste doğru andezit-bazalt lav ve bunların piroklastiklerine geçen Alibaba Formasyonu (Tokel, 1972) tarafından uyumsuz olarak örtülür. Alibaba Formasyonu'nun taban kesimlerinin adakitik intrüzyonlar tarafından kesilmesi ve konglomeralar içinde adakitik kayaçların parçalarının görülmesi yoğun bazaltik-andezitik volkanizma başlamadan önce asidik bir volkanizmanın varlığına işaret etmektedir. Bölgede en genç birimleri, Kuvaterner yaşlı traverten, taraça ve alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 3).

### **1.7. Gümüşhane Yöresindeki Maden Yataklarını Konu Alan Önceki Çalışmalar**

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda yer alan Gümüşhane yöresi içerdiği ekonomik cevherleşmeler nedeniyle bir çok araştırmaya konu olmuştur (Baykal, 1952; Gettinger vd., 1962; Ketin, 1966; Dixon ve Pereire, 1974; Adamia, vd., 1977; Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Leitch, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1981; Tüysüz ve Er, 1985; Yalçınalp, 1992; Bektaş ve Güven, 1995; Lermi, 1996; Akçay, vd., 1998; Çubukçu, 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi 2003; Demir, 2005; Eyüboğlu 2010). Gümüşhane yöresinde kurşun-çinko yatakları ilk defa Ölsner (1935) tarafından incelenmiş ve bölgede bulunan yataklar kireçtaşlarının içerisinde metazomatik, granitler içerisinde de damar tipi olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Kovenko (1937)' ye göre yörede üç ayrı tipte cevherleşme izlenmektedir.

ÜST SİSTEM		SENZOİK		MESOZOİK		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM	SERİ	TERSİYER	KUV.	KRETASE	KALINLIK (m)		
		EOSEN	NEOJEN	ÜST KRETASE	250		Alüvyon Traverten Kumtaşı-kiltaşı ardalanması Andezit-bazalt ve piroklastları Bazik dayk Nummulitli kireçtaşları Konglomera ve kumtaşları Kızıltepe Hornblendli Andezit
		Erken Eosen		KERMUTDERE	320-620		Gri-yeşil renkli, ince-orta katmanlı kumtaşı, kiltaşı, marn ve silttaşı ardalanması Kırmızı-şarabi renkli, ince katmanlı mikritik kireçtaşlar Sarı renkli, ince-orta tabakalı kumlu kireçtaşı ve kumtaşları İnce katmanlı, çört yumrulu mikritik kireçtaşı
				ALT KRETASE	200-1500		Dolomit ve dolomitik kireçtaşı Oolitik kireçtaşı
				BERDİGA			
				MALM			Kömür ara seviyeli kumtaşları ve volkaniklastikler Volkaniklastikler ve volkanik kayalar
				DOGGER			
				LİYAS			Kırmızı renkli bol makro fosilli kireçtaşı ve marnlar Kömür ara seviyeli konglomera, kumtaşları
				ŞENKÖY	2-2243		
							Gümüşhane Graniti Pulur Masifi
							Ölçeksiz

Şekil 3. Doğu Pontidler'in Güney Zonu'na ait stratigrafik dikme kesit (Kırmızı çerçeveli alan çalışma sahasına ait dikme kesittir, Kandemir, 2004 ve Eyüboğlu vd., 2010'dan değiştirilerek).



Bunlardan Hazine Mağara ve Kırkpavli Yatakları mercek, Dere Maden zuhurları damar şekillidir. Ayrıca kireçtaşı çatlaklarında yer yer oksidasyon zonu minerali içeren önemsiz damarlar bulunmaktadır. Dandria (1940)'a göre, Hazine Mağara Madeni Malm-Alt Kretase kireçtaşlarını ornatan mezotermal cevher eriyikleri tarafından oluşturulmuştur. Pejatoviç vd. (1970), bölgede bulunan maden yataklarını, Ölsner (1935)'e benzer şekilde magmatik kayalar içerisinde gelişen damar ve kireçtaşları içerisinde gelişen metazomatik olmak üzere iki ayrı gruba ayırmıştır. Kamitani vd. (1977), yörenin Paleozoyik granitoidlerini, Üst Kretase kireçtaşlarını ve Eosen volkanitlerini incelemiş ve cevherleşmenin çoğunlukla kireçtaşı, marn ve şeyllerden oluşan Üst Kretase yaşlı birimler içerisinde gerçekleştiğini vurgulamışlardır. Öztunalı (1983)'ya göre, yöre cevherleşmeleri BKB-DGD doğrultulu fay hatları boyunca Malm-Alt Kretase yaşlı dolomitik kireçtaşlarının üst seviyeleri içerisinde damar şeklinde oluşmuşlardır. Türk-Japon Ekibi (MTA, 1985) bölgede yapmış oldukları ortak proje kapsamında, Midi, Karadağ, Kırkpavli, Hazine Mağara ve Mastra sahalarını kapsayan 2800 km<sup>2</sup>'lik alanın 1/25 000 ölçekli jeoloji haritasını ve genel jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Özdoğan (1992), Karadağ ve civarının jeolojisi ve maden zuhurlarının jenetik incelemesi sonucu Karadağ ve civarındaki cevherlerin skarn, porfiri tip ve damar tip yataklar olduğunu, skarn yataklarının Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga kireçtaşlarını ve bunları kesen Üst Kretase yaşlı kuvars porfir ve mikrogranitlerin dokanağında oluştuğunu ortaya koymuştur. Porfiri yatakların çevresinde sadece fillik ve propilitik alterasyon zonlarının geliştiğini, damar tip cevherleşmelerinin ise piritli bakır, antimonit ve baritlerden oluştuğunu vurgulamıştır. Güven (1993), çalışma sahasının da içinde bulunduğu Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/250000 ölçekli jeoloji ve metalojeni haritasını hazırlamış, bölgede yapılan eski çalışmaları yeniden derleyerek Pontidler'de Kuzey Zon ve Güney Zon için iki ayrı kolon kesit önermiştir.

### **1.7.1. Gümüşhane Yöresinde Görülen Başlıca Cevherleşmeler**

Gümüşhane ve yakın çevresinde yüzeyleyen kayalar farklı tiplerde maden yataklarına ev sahipliği yapmakta olup, bu yataklardan önemli olanlarından bazıları aşağıda özetlenmiştir.

### **1.7.1.1. Hazine Mağara Madeni**

Hazine Mağara Madeni, K40°B doğrultulu ve 38°GB eğimli bir faya bağlı olarak, Malm-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu'nun taban seviyelerini oluşturan dolomitik kireçtaşları içerisinde, kireçtaşı-marn dokanağının yakın kesimlerinde oluşmuş bir Pb-Zn cevherleşmesidir. Aynı fayın, cevher oluştuktan sonrada faaliyetine devam etmesi cevherde parçalanmalara neden olmuştur. Cevher genellikle masif pirit içinde izlenen zengin galen ceplerinden oluşmakta olup galen ve pirit esas cevher minerallerini oluşturur. Bununla birlikte kalkopirit, tetrahedrit, enarjit ve nabit gümüş esas cevher minerallerine eşlik eder. Kuvars, kalsit-dolomit, barit ve siderit-ankerit cevherleşmenin önemli gang mineralleridir (Kovenko, 1937; Dandria 1940; Aydoğan, 1946; Erbayar ve Ödevci, 1979; Çağatay ve Çopuroğlu, 1990; Güner vd., 1998).

### **1.7.1.2. Mastra Madeni**

Eosen yaşlı Alibaba (Kabaköy) Formasyonu'nun hornblendli andezitleri ve ilişkili piroklastları içinde, damar ve ağsal olmak üzere iki tipte gelişen cevherleşmede en fazla görülen alterasyon tipi, silisleşme ve adularya damarcıkları olup, yüksek altın değerine sahip gri renkli kuvars ve kalsedon içeren silisleşme, Mastra Madeni'nde altın cevherleşmesiyle yakından ilgilidir. Silisleşmiş zonlar arjilik ve serizitik alterasyonlarla çevrelenmiş konumda olup, bu zonları ise cevherleşmeden uzak bölgelerde klorit ve epidotun yaygın olduğu propilitik alterasyon zonu kaplamaktadır (Tüysüz vd., 1995; Tüysüz ve Akçay, 2000).

### **1.7.1.3. Midi Madeni**

Hamurkesen (Zimonköy) Formasyonu'nun kumlu kireçtaşı, silttaşı ara katkılı bazalt ve piroklastları içerisinde gözlenen bu madenin esas cevher minerali sfalerittir. Midi yöresinde iki farklı alanda gelişmiş, fakat aynı mineral parajenezine sahip Köstürelük Cevherleşmesi ve Maden Dere Cevherleşmesi bu maden sahasındaki en önemli cevherleşmelerdir. Her iki cevherleşmenin mineral parajenezinde pirit, pirotin, kalkopirit, manyetit, tetrahedrit, bornit, arsenopirit, nabit altın, elektrik, enarjit-luzonit, simitsonit,

serizit, sfalerit, galen gang olarak ise limonit, hematit, kalsit, dolomit, ankerit, siderit, kuvars, epidot, klorit, illit ve kaolinit bulunur. Cevher, Maden Dere'de genelde fay ve kırıklar boyunca, devamı olmayan merccekler şeklinde yerleşmiş olup, Köstürelilik cevherleşmesinde ise breş içerisinde kenarları düzensiz elipsoidal koni şekilli olarak 70-80° lik bir açı ile K-KB'ya dalımlıdır (Kahraman vd., 1986; Türk-Japon Ekibi,1985; Lermi, 2003).

#### **1.7.1.4. Köstere Madeni**

Köstere madeni Geç Kretase yaşlı dasit ve piroklastları içinde K40B, 70KD konumlu damar boyunca epijenetik olarak oluşmuş, bakır, kurşun ve çinko yatağıdır. Maden çevresinde silisleşme, serizitleşme, kloritleşme ve hematitleşme yoğun olarak görülen alterasyon türleridir. Cevher mineralleri olarak galen, sfalerit ve kalkopiritin hakim olduğu damarda yüzeyden derine doğru mineral birlikteliği açısından bir zonlanma mevcut olup, üst seviyelerde galen ve sfalerit, alt seviyelerde ise kalkopirit açısından zenginleşme görülür. Makro olarak breşik, bantlı, ağsal, saçınımlı ve masif-som cevher yapılarının görüldüğü damarda, mikroskobik olarak da sfalerit-kalkopirit mineralleri arasında ayrılım dokusunun yanında, tüm fazlar arasında görülen ornatım dokuları da yaygındır. Sıvı kapanım çalışmalarından elde edilen homojenleşme sıcaklığı 200-370 °C aralığında olup buna göre epitermal-mezotermal yatak tipine karşılık gelmektedir (Demir 2005). Mineral kimyası çalışmalarına göre fahlerzlerin gümüş içeriği yüzeyden derine doğru artış göstermekte olup % 12.05'e kadar çıkmaktadır. Ayrıca hem sfaleritlerin hem de fahlerzlerin Zn bakımından zengin oluşu cevher oluşumunun Zn'ce zengin hidrotermal çözeltilere bağlı olarak geliştiğine işaret etmektedir. Bunun yanında sfaleritlerin Zn/Cd ve piritlerin de Co/Ni oranları cevher oluşumunun asidik kökenli bir magmatik faaliyetle ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Buna göre Köstere madenin oluşumunun, yöredeki en genç birim olan Torul Plutonunun yerleşimiyle ilişkili olduğu, buna ilaveten sıvı kapanım çalışmalarından elde edilen ortalama % 5.4 tuzluluk değerlerine göre de, cevher oluşumunda meteorik suların da etkili olduğunu göstermektedir (Demir vd., 2008).

### 1.7.1.5. Istala Madeni

Istala madeni dasit, dasitik tuf, aglomera ve kırmızı renkli kireçtaşı mercekleri içeren Alt Asidik seri içerisinde, kireçtaşı merceklerinin yaygın olarak bulunduğu üst seviyelerde bulunmaktadır. Cevher mineralleri olarak pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, fahlerz, bornit, kovellin, kalkosin, idahit, dijenit, frayberjit ve gang olarak ise barit ve kuvars bulunmaktadır. Masif, saçınımlı ve breşik cevher yapılarının görüldüğü yatakta mineral boyutları çok küçük olup gözle ayırt etmek oldukça zordur. Cevher mineralleri arasında gözlenen yaygın ornatım dokularının yanında, sfalerit-kalkopirit ve bornit-kalkopirit arasında gelişen ayrılım dokuları, Istala Madeni için tipik bir doku özelliği taşımaktadır. Sıvı kapanım çalışmalarına göre cevher oluşumunun 100-290 °C aralığında oluştuğu, buna göre de epitermal-mezotermal tipte olduğu söylenebilir. Cevherin yataklanma şekli, ornatım artığı kapanımların küçüklüğü, sıvı kapanımların azlığı, yan kayaçların masif sülfür yataklarının bulunduğu diğer bölgelerle benzerliği dikkate alındığında Istala madeninin masif sülfür tipte oluşmuş bir yatak olduğu kanısına varılmıştır. Yüzeide yan kayaçlar içerisinde görülen fayın galeri içerisinde masif barit seviyesini de kesmiş olması, cevherin bölgede aktif olan tektonizma sonucu kırıldığını göstermektedir (Demir 2005). Istala madeni gümüş bakımından oldukça zengin olup (800 ppm) mineral kimyası çalışmalarına göre gümüşün, nabit gümüş minerallerinin haricinde tetrahedrit, bornit, mckinstryite, anilite, yarrowite, kovellin, kalkosin, dijenit minerallerinin bünyesinde bulunduğu cevherde bakır bakımından zengin yerlerde zenginleştiği anlaşılmıştır (Demir vd., 2006).

### 1.7.1.6. Kaletaş Madeni

Kaletaş'ta altın cevherleşmesi KB-GD doğrultulu silisleşmiş, illitleşmiş ve organik maddece zengin bir zonda, bol kırıklı ve çatlaklı olan tufit ve kumlu kireçtaşları içinde fay ve tabaka düzlemleri boyunca yer alan silis kafacıklarında bulunur. Cevherli silis kafaları yaklaşık 250-275 m uzunluğunda ve 3-10 m genişliğindedir. Cevherleşme yer yer breş dolgusu ve bazen de ince ağsal damarcıklar şeklindedir. Sahada cevher mineralleri olarak altın ile birlikte pirit, stibnit, arsenik, nabit kükürt, cıva (realgar, orpiment), hematit, limonit ve gang olarak kuvars, kalsit, dolomit ve değişik kil mineralleri (illit, alünit, halloysit, kaolen,) belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda yatağın sedimanter tip (Karlin tipi) bir epitermal altın yatağı olduğu düşünülmektedir (Tüysüz vd., 1994, Çubukçu, 1998).

### 1.7.1.7. Olucak Madeni

Bu cevherleşme, Olucak (İmera) Köyü'nün 3.2 km KB'sinde Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu içinde, KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylar boyunca kalınlığı 0.5-15 cm arasında değişen kuvars damar ve damarcıklarına bağlı olarak gelişmiştir. Bu kuvars damarları, bölgede farklı lokasyonlarda izlenen uzunlukları 100-250 m genişlikleri 20-80 m. arasında değişen ve  $65^{\circ}$ - $85^{\circ}$  KD'ya eğimli aşırı silisleşmiş zonlar oluştururlar. Epitermal cevherleşme tipi olarak belirlenen sahada aşırı silisli zon, altınlı kuvars damarlarıyla sınırlıdır ve damarların tüm uzanımı boyunca gözlenir. Cevher mineralleri olarak altınla birlikte pirit, kalkopirit, çinkoblend, fahlerz ve galen sayılabilir. Altının çoğunlukla kuvarsın içinde, nadiren de cevher minerallerinden kalkopiritin içinde olduğu tespit edilmiştir. Gang mineralleri olarak kuvars, serizit, kalsit, barit, illit, kaolen ve adularya bulunur (Akçay ve Çavga, 1997; Tüysüz ve Akçay, 2000).

## **2. YAPILAN ÇALIŞMLAR**

### **2.1. Materyal ve Yöntemler**

Bu çalışma kapsamında, inceleme sahasında yüzeyleme veren birimler stratigrafik adlama kuralları dikkate alınarak ayırtlanmış, seçilen volkanik kayaç ve cevher örneklerinden çeşitli jeokimyasal analizler yapılmış ve elde edilen bulgular Doğu Pontid orojenik kuşağında yapılan diğer çalışmalarla da denştirilerek, Arzular cevherleşmesi ve ona ev sahipliği yapan Eosen yaşlı volkanik kayaçların, oluşum, köken ve yaş ilişkileri yorumlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca, cevherleşme sahasında hidrotermal ve yüzeysel ayrışma gösteren kayaçların, mineralojik bileşimleri, kimyasal özellikleri, ayrışma durumu ve ayrışma sonucu meydana gelen mineralojik, dokusal ve kimyasal değişimler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, başlıca arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olarak üç ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir.

#### **2.1.1. Arazi Çalışması**

Arazi çalışmalarının ilk etabı, Arzular cevherleşmesinin de içinde bulunduğu yaklaşık 20 km<sup>2</sup>'lik bir alan içinde yaygın olan birimlerin tanınması, stratigrafik dizilim sırasının ortaya konması ve yapısal özelliklerinin belirlenmesine yönelik olmuştur. Bu amaç doğrultusunda, Arzular ve çevresinde yaygın olan birimlerde yapılan gözlemler neticesinde mevcut yapısal unsurlardan ölçümler alınmış, formasyon sınırları haritaya işlenmiş ve 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Birimler arası ilişkiler belirendikten sonra, Güner vd. (2006) tarafından yapılan yaklaşık 1 km<sup>2</sup>'lik alanın 1/1 000 ölçekli detay jeoloji haritası üzerinde çeşitli değişiklikler yapılarak, Arzular cevherleşmesinin etrafındaki birimler ve yapısal unsurlar kapsamlı olarak incelenmiştir.

Arazi çalışmaları neticesinde yapılan örneklemeler şu şekilde özetlenebilir. 1/ 25 000 ölçekli haritalama işlemleri sırasında, birimleri temsil eden kayaçlardan petrografik ve kimyasal analiz amaçlı örnekler alınmıştır. Örnekleme işlemleri gerçekleştirilirken kayaçların yüzeysel ayrışmaya ve hidrotermal etkilere karşı olan dirençleri, makroskobik olarak gözlenen dokusal özellikleri not edilmiştir. Detay olarak yapılan örnekleme çalışmaları ise, yan kayaçta meydana gelen mineralojik, kimyasal ve kütleli değişimleri açıklayabilmek amacıyla, yüzeyde damara dik doğrultu boyunca kayaç ve kil

örneklemeleri birbirinden farklı uzaklıkta, cevherleşmeyi ve kırık hattını temsil edecek şekilde 5 ayrı hat üzerinde yapılmıştır. Örnekleme sırasında makroskopik gözlemler dikkate alınarak, farklı zonlar belirlendiğinde örnek sayısı arttırılmıştır. Herhangi bir farklılık arz etmeyen, aynı birim içinde yapılan örnekleme işlemlerinde ise örnek sayısı azaltılarak temsili örnek alma yoluna gidilmiştir.

Arzular cevherleşmesine ait, cevher mineral dizilimini, gang minerallerini ve minerallerin kimyasını ortaya koymak, cevherleşmede mineral zonlanmasını belirlemek, sıvı kapanım ve duraylı izotop çalışmaları yapmak için faz farklılıklarını da dikkate alarak cevherleşme yatay ve düşey yönde örneklenmiştir.

## **2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları**

### **2.1.2.1. İnce ve Parlak Kesitlerin Hazırlanması**

Çalışma sahasından toplanan kayaçların, petrografik ve mineralojik tayinlerine yönelik ince kesitler, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında yapılmıştır. İnce kesit hazırlama esnasında kayaçlardan alınan 0.5x2x4 cm boyutundaki plakacıklar, bir yüzeylerinin pürüzlülükleri giderildikten sonra 1 mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine Kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan kayaç, dereceli aşındırıcılar yardımıyla 0.025 mm kalınlığa kadar inceltilerek petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir.

Arzular cevherleşme sahasından derlenen cevher ve yan kayaç örneklerinden, cevher mineral parajenezini ve dizilimini ortaya çıkarmak için parlak kesitler hazırlanmıştır. Araziden toplanan örnekler, amaca yönelik olarak 2x2x2 cm boyutunda kesilmiştir. Kesilen bu parçalar öncelikle çeşitli boyutlarda aşındırıcılar kullanarak kaba parlatma işlemine tabi tutulmuş ve son olarak 0.1 µm boyutunda alüminyum oksit tozuyla uygun yüzeyleri amaca uygun olarak parlatılmıştır.

Hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskopta incelenerek kayaçların petrografileri ve alterasyon mineralojileri tayin edilmiştir. Cevher ve yan kayaç örneklerinden hazırlanan parlak kesitler ise üstten aydınlatmalı cevher mikroskobu ile incelenerek cevherleşmenin mineral parajenezi belirlenmiştir.

### **2.1.2.1. Sıvı Kapanım İçin İnce Kesitlerin Hazırlanması**

Cevher ve gang minerallerinin bünyelerinde bulundurdıkları sıvı kapanımları tespit etmek amacıyla cevherli örneklerden çift tarafi parlatılmış ince kesitler, MTA (Ankara) sıvı kapanım laboratuvarında (6 örnek) ve KTÜ Jeoloji Bölümü'nde (7 örnek) hazırlanmıştır. Plakalar şeklinde kesilen ve değişik boyutlarda aşındırıcılar vasıtası ile parlatılan örnekler soğuk yapıştırıcı kullanılarak parlak yüzeyleri cama yapıştırılmıştır. Bu işlemin amacı düşük ısılarda oluşmuş sıvı kapanımların zarar görme ihtimalini ortadan kaldırmaktır. Bu şekilde hazırlanan örnekler aynı anda 6 kesit parlatabilen zaman ve dönme hızı ayarlı parlatma cihazı yardımıyla 0.01 µm boyutlu alüminyum oksit tozu ile parlatılmışlardır. Kapanımların belirlenmesi amacıyla hazırlanan ince kesitler, polarizan mikroskopta X40 ve X100 büyütmeye sahip mercekler ile incelenerek, sıvı kapanımların tipleri, petrografileri ve mikrotermometrik özellikleri belirlenmiştir.

MTA kurumunda ve KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde sıvı kapanım ölçümleri polarizan mikroskop üzerine monte edilmiş ve -196 °C ile 600 °C aralığında ısıtma-soğutma yapabilen Linkam THMG-600 cihazı kullanılarak yapılmıştır.

### **2.1.2.3. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması**

İnceleme alanından sistematik olarak alınan örneklerin, petrografik incelemeleri tamamlandıktan sonra, seçilen örneklerden ana, iz ve nadir toprak element analizi, değerli metal analizi yapılmıştır. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde, 250-300 g kayaç örnekleri çeneli kırıcıda parçalandıktan sonra, Tungsten-karbitten yapılmış halkalı öğütücülerde 200 mesh boyutuna kadar öğütülmüş ve çeyrekleme yöntemi ile yaklaşık 40-50 g toz örnek kimyasal analiz için ayrılmıştır.

### **2.1.2.4. Duraylı İzotop Analizi İçin Mineral Ayrımı**

Arzular cevherleşmesinin kökenini ve oluşum sıcaklığını belirlemek amacıyla duraylı izotoplardan S, O ve H izotopları kullanılmıştır. İzotop analizleri ACTLABS (Kanada) yapılmıştır. Söz konusu duraylı izotop analizlerini gerçekleştirebilmek için ihtiyaç duyulan saf mineral örnekleri, cevher mikroskopisi çalışmaları ile belirlenen



mineral parajenezi ve süksesyonu da dikkate alınarak, aynı fazda oluşmuş mineral çiftlerinden seçilmiştir. Buna bağlı olarak bu çalışmada cevher minerallerinden pirit, kalkopirit, galen ve sfaleritten S izotop analizi, gang minerallerinden kuvars ve serizitten sırasıyla O ve H izotop analizleri yapılmıştır.

Duraylı izotop analizlerinde kullanılacak saf örnek miktarının 0.5 g olması yeterlidir. Yürütülen bu çalışmada, Arzular cevherleşmesinden alınan örneklerin içerdiği minerallerin boyutları birkaç mm'den birkaç cm'ye kadar değiştiğinden cevher ve gang mineralleri oldukça saf halde binokuler mikroskop yardımıyla ayrılabilmişlerdir. Bunun için örnekler çeneli ve silindirik kırıcılarda kırıldıktan sonra, serbest hale gelen minerallerin çok ince tozlardan ayrılmasını sağlamak amacıyla elenmiştir. Bu işlemlerin yanı sıra mineral yüzeylerindeki kirlenmeyi ortadan kaldırmak için her bir örnek saf suyla birkaç kez yıkanmış ve doğal kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örneklerden istenilen mineraller istenilen miktarda saflaştırılmıştır.

### **2.1.3. Analitik Yöntemler**

#### **2.1.3.1. ICP-AES ve ICP-MS Yöntemleri**

Çalışma kapsamında yapılan kimyasal analizler ACME Analytical Laboratories Ltd. (KANADA) analitik kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. İnceleme sahasında yüzeyleyen volkanik kayaçların sınıflandırılması, kökeni ve jeodinamik ortamının saptanması amacıyla yönelik olarak 20 adet kayaç örneği, alterasyon mineralojisi ve kütle değişimini belirlemek için damara dik doğrultuda belirlenen 5 adet hat boyunca alınan 60 adet örneğin ana element analizleri; İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Coupled Plasma)-Atomik Emisyon Spektrometri (ICP-AES) yöntemiyle analiz edilmiştir. Aynı örneklerin iz ve nadir toprak element analizleri ise ICP-MS (Kütle Spektrometresi) yöntemiyle analiz edilmiştir.

ICP-AES analiz yönteminde, bir örnekte bulunan elementler atomlaştırma denilen bir işlemle (ICP hamlacı ile) buhar haline getirilerek atomlarına dönüştürülür. Akabinde ise buhar içindeki atomik türlerin emisyonunun ölçümleri yapılır (Thompson ve Walh, 1983). Ana element analizleri için 0.2 g örnek 1.5 g LiBO<sub>2</sub>'de eritilmiş ve %5'lik 100 mL HNO<sub>3</sub> içinde çözündürülmüştür. Analiz yapılan alete standartlar (STD SO 18) girildikten sonra örnekler analiz edilmiştir.

ICP-MS yöntemi ise 0.25 g toz örnek üzerinde gerçekleştirilir. Yöntemin esası şu şekildedir. Analiz edilecek örnekler ICP hamlacı ile atomlaştırılır, iyonlaştırılır ve kütle/yük oranına göre ayrılan iyonların sayımı ile sayısal sonuçlar elde edilir (Jenner vd., 1990). Numuneler, karbon içeriklerinin uçurulması için 200 °C de 100 mL HClO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub>-HCl-HF çözeltisinde köpürmeleri gidinceye kadar bekletilmiştir. Metalleri çözmek amacıyla 10 mL kral suyu (3H<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>-HDHCl) ile sulandırılarak bekletilen numuneler, seyreltikten, filtrelendikten ve cihaza standart (STD SO 18) okutulduktan sonra analiz edilmişlerdir.

Yapılan bu analizlerin dışında yüzeyden ve damardan alınan 36 adet örnek değerli metal içeriği bakımından ICP/MS-AES yöntemiyle analiz edilmişlerdir. Bu örneklerin analizi edilmesi sırasında STD SF-3A standardı kullanılmıştır. Analiz için 1 g örnek 6 mL 2:2:2 oranında HCl-HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O çözeltisinde 95 °C de bir saat bekletilmiş ve çözelti saf su ile 20 mL'ye tamamlanarak örnek analiz edilmiştir.

### **2.1.3.2. Elektron Mikroprob Analizleri**

Arzular cevherleşme sahasından alınan cevherli örneklerde gözlenen cevher minerallerinin mikroprob analizleri için parlak kesitler Hamburg Üniversitesi Jeoloji ve Petroloji Enstitüsü'nde hazırlanmıştır. Mikroprob analizleri ise McGill Üniversitesi (KANADA) Mikroprob Laboratuvarında JXA JEOL 8900-L model cihaz ile 20 kV ve 30 nA şartları altında yapılmıştır.

### **2.1.3.4. Duraylı İzotop Analizleri**

Kükürt izotop analizinin yapılması aşamasında ilk olarak, analizi yapılacak olan örnek birlikte katalizör olarak işlem gören vanadyum pentaoksit içeren kalay kapsül analiz haznesine yerleştirilir. Daha sonra 1080 °C sıcaklıkta saf oksijen akımı sağlanarak ısıtılan örnek, kalay kapsülle birlikte sıcaklık 1700 °C'ye kadar çıkarılarak yakılır. Yakma işlemi sırasında çıkan gazlar saf bakır teller üzerinden geçirilerek SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ve su elde edilir. Elde edilen SO<sub>2</sub> gazı 45 °C'de çözündürülerek ayrılır, iyonlaştırılır, üzerinden akım geçirilir ve sonuçta SO<sub>2</sub> pikleri ölçülür. Analizler sırasında standart olarak CDT (Canyon Diablo Trilobit Meteoriti) kullanılmaktadır.

Hidrojen izotop analiz yöntemi şu şekildedir. 0.02-1 g arası molibden folyo ile sarılarak platinden yapılmış düzeneğe yerleştirilir. Vakum içerisine yerleştirilen örneğin ilk olarak nemi alınır. Bu işlem için örnek 120 °C'de 4 saat bekletilir. Nemi alınan ve yaklaşık 400 °C'de 20 dakika bekletilen örnekten çıkan gazlar toplanır ve toplanan gazlar -196°C'de saklanır. Uygulanan bu işlemlerin neticesinde üretilen çok az miktarda moleküler hidrokarbon veya hidrojen 550 °C'de bakır oksit kullanılarak H<sub>2</sub>O ve CO<sub>2</sub>'ya dönüştürülür. Bu şekilde elde edilen su var olan dondurma tekniklerinin kullanılması ile içerisinde bulunan diğer gazlardan arındırılır. Arındırılan bu su 900 °C'de uranyumla reaksiyona sokularak H<sub>2</sub> gazı elde edilir ve izotop oran kütle spektrometresi kullanılarak ±0.2 ağ. % hassasiyetle yapılan ölçümler V-SMOW standardına göre hesaplanır. Bu yöntemle tekrarlanan analizlerin doğruluğu ± 3 ‰'tür.

Oksijen izotop analizinde örnekler ilk olarak BrF<sub>5</sub> ile birlikte 650 °C'de nikel tüpler içerisinde reaksiyona sokulur. Tepkime sonunda mineral içindeki oksijen O<sub>2</sub> gazına dönüşür. Daha sonra bu O<sub>2</sub> sıcak karbon çubuklar yardımıyla CO<sub>2</sub> gazı olarak toplanır. Çift girişli Finnigan MAT Delta izotop oran kütle spektrometresi kullanılarak izotop analizi gerçekleştirilir. Standart Mean Ocean Water (SMOW) standardına göre hesaplanan izotop ölçümlerinin ölçüm hassasiyet sınırı tekrarlanan analizlere göre 0.19 ‰'dir.

### 2.1.3.3. Kil Analizleri

Kayaç örneklerinin kil boyutundaki mineralojik bileşimleri Gündoğdu ve Yılmaz (1984) tarafından önerilen yöntemler uygulanarak belirlenmiştir. Bu yöntem başlıca kırma, öğütme, kimyasal çözme ve kil fonksiyonunun kazanılması işlemlerinden oluşur. Kil analizleri KTÜ Fizik Bölümü ve Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır.

İlk olarak örnekler 2-3 cm boyutlarında kırılır, daha sonra kırılan bu örneklerin boyutlarının çeneli kırıcı yardımı ile yaklaşık 0.5–1 cm büyüklüğüne kadar gelmesi sağlanır. İkinci işlem olarak, kırma işlemi tamamlanmış ve istenilen boyuta indirilmiş olan örnekler, halkalı öğütücüde boyutları 5–10 µm'nin altına düşmeyecek şekilde öğütülür. Kimyasal çözme işleminin amacı, kil ayırma işlemi sırasında kil olmayan minerallerin atılması işlemidir. Kimyasal çözme işlemi şu şekilde yapılır. Toz haline getirilmiş örneklerden yaklaşık 20–30 g alınarak 1 L'lik behere konulur ve üzerine 100 mL su ilave

edilir. Örnek içerisindeki karbonatları uzaklaştırmak ve minerallerin zarar görmesini önlemek için % 27 oranında asetik asit dökülerek mekanik karıştırıcı ile karıştırma işlemi CO<sub>2</sub> çıkışı bitinceye kadar devam edilir. Köpürme bittikten sonra, karışımın üzerine 5 ml hidrojen peroksit ilave edilerek (örnek içerisinde bulunan organik maddeleri uzaklaştırmak için) karıştırma işlemine devam edilir. Örnekte amorf silis bulunması durumunda karışıma HF ilave edilir. Bu kimyasal işlemlerin her birinin sonunda örnek 2-3 defa saf su ile yıkanır. Yıkama işlemi bittikten sonra “Stokes Kanunu” na göre kil boyutundaki (2µm’den küçük) malzeme elde edilir. Kil boyutunda malzemenin elde edilmesinden sonra, süspansiyondan pipet yardımıyla bir miktar örnek cam plaka üzerine damlatılarak havada kurumaya bırakılır. Böylece yönlü örnek hazırlanmış olur. Bu şekilde her bir örnekten XRD aletinde, doğal, etilen glikollü ve fırınlı çekim yapılabilmesi için üç ayrı cam film hazırlanır.

#### **2.1.4. Büro Çalışması**

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler büro çalışmaları sırasında değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları neticesinde hazırlanan haritalar, kesitler bilgisayarda çizim programlarıyla çizilmiştir. Petrografik, mineralojik ve kimyasal analiz sonuçları çeşitli paket programlar ile çizilerek grafikleri ve tabloları oluşturulmuştur. Sonuçta tüm veriler değerlendirilmiş ve “KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları’na göre tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

### **3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

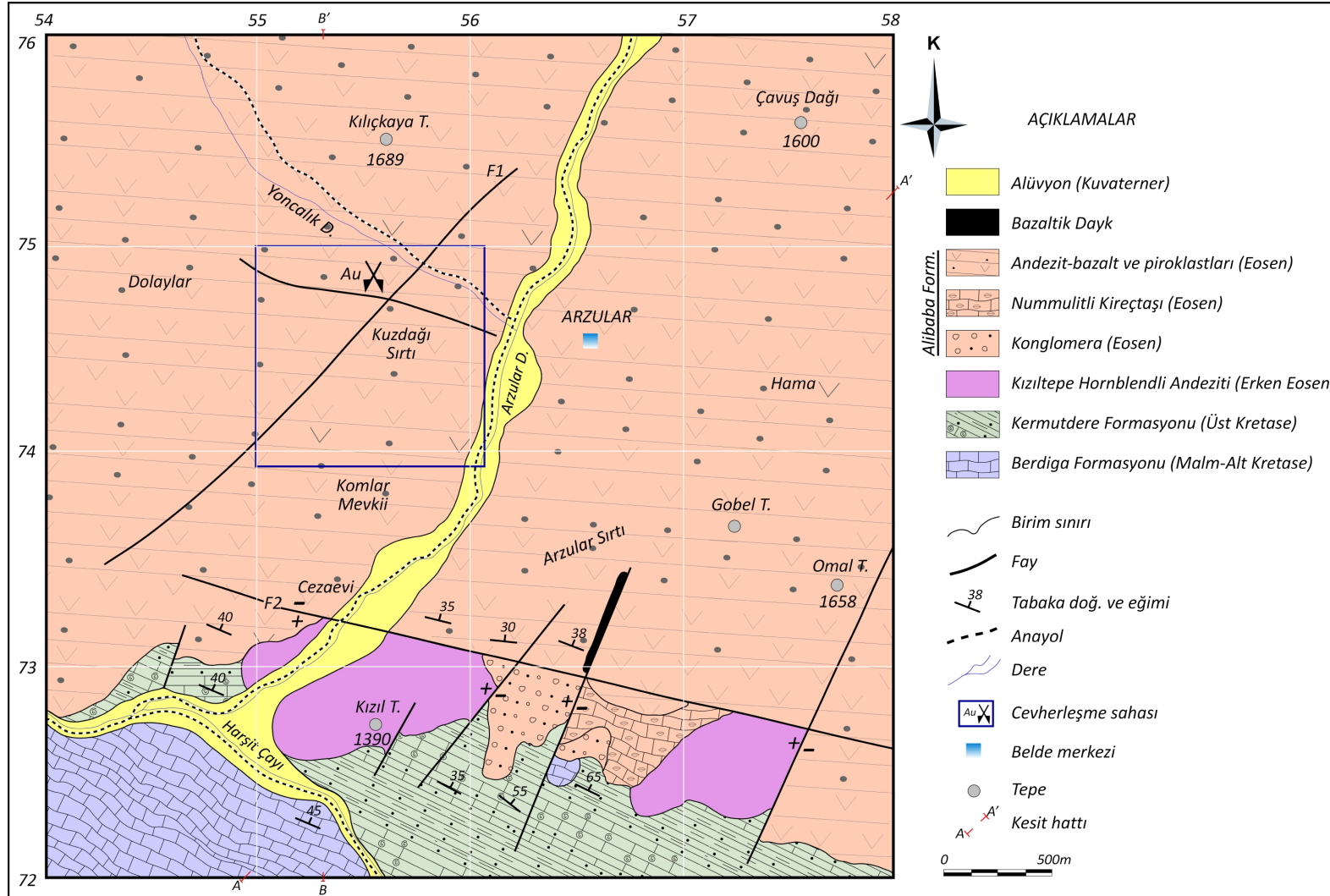
#### **3.1. İnceleme Alanının Stratigrafisi ve Kayaç Gruplarının Petrografik Özellikleri**

İnceleme alanı Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda yer alır ve yaklaşık olarak 20 km<sup>2</sup>'lik bölgeyi kapsar. Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaçların yüzeyleme verdiği alanda, baskın litolojiyi, çalışma konusu olan altın cevherleşmelerine de ev sahipliği yapan Eosen yaşlı volkanik kayaçlar oluşturmaktadır. Litostratigrafi esasları dikkate alınarak yapılan ayrıntılı saha çalışmalarında yaşıdan gence doğru aşağıdaki birimler ayırtlanmıştır (Şekil 5, 6).

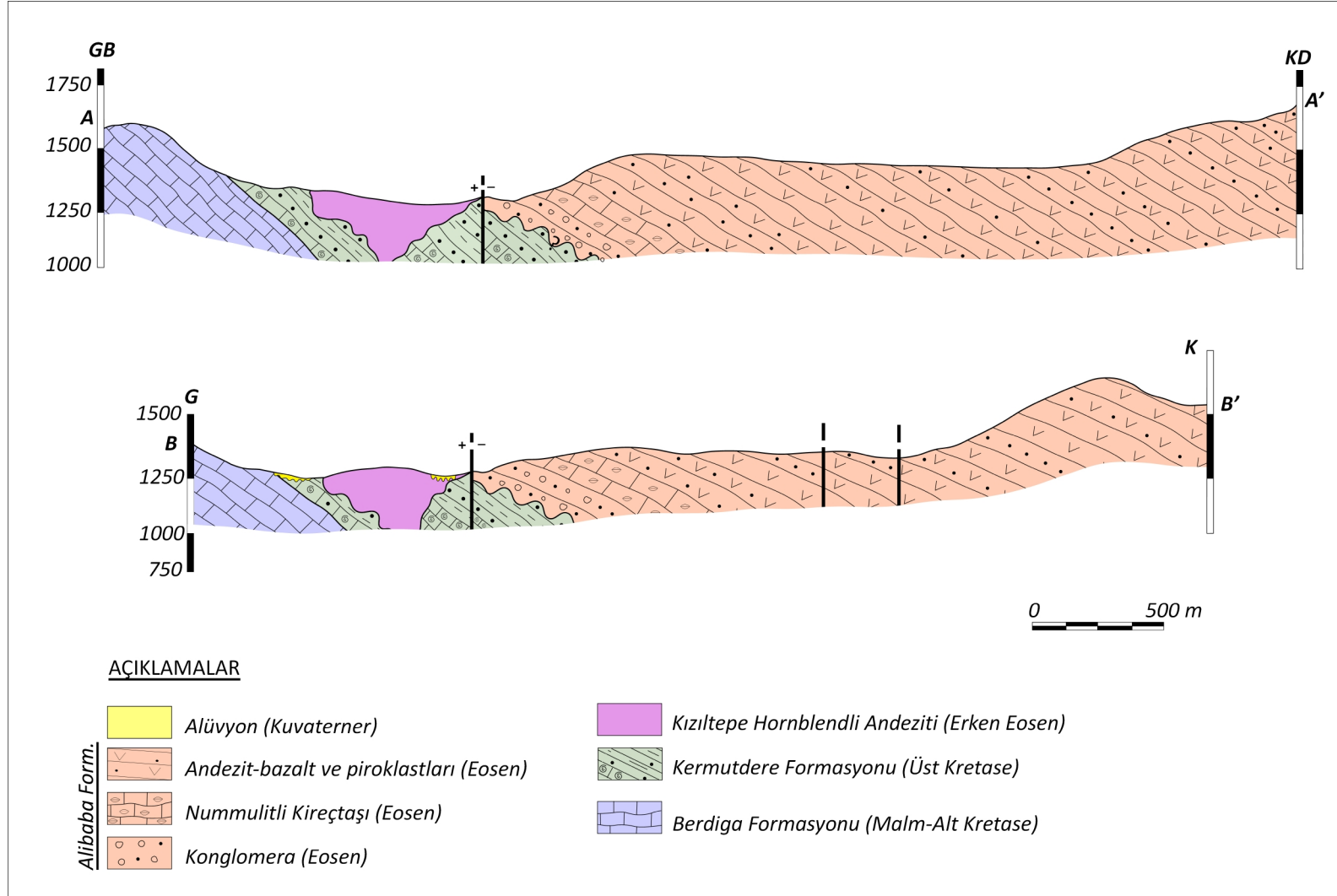
5. Alüvyonlar (Kuvaterner)
4. Alibaba Formasyonu (Eosen)
3. Kızıltepe Hornblendli Andeziti (Erken Eosen)
2. Kermutdere Formasyonu (Geç Kretase)
1. Berdiga Formasyonu (Malm-Erken Kretase)

##### **3.1.1. Berdiga Formasyonu**

Üst Jura-Erken Kretase dönemi tüm Doğu Pontidler'de magmatizma ve tektonizma açısından duraylılık dönemine karşılık gelmekte olup, bu dönemde genellikle karbonatlı kayaçların çökelişi söz konusudur. Birim, Kuzey Zon'da çoğunlukla masif tabakalanmalı ve bloklu bir yapı arz eder. Güney Zon'da ise bu dönem kalın-orta tabakalanmalı düzgün bir karbonat istifini temsil eder. Bu düzgün istif ilk defa Pelin (1977) tarafından Berdiga Dağları (Giresun-Alucra) yöresinde yapılan çalışmada 'Berdiga Formasyonu' olarak isimlendirilmiştir. Taslı (1984) tarafından Berdiga Kireçtaşı olarak isimlendirilen bu birimin süreksizliği ve bloklu bir yapı sunması, Kuzey zonda etkin olan şiddetli Geç Kretase volkanizması sonucunda karbonat platformunun parçalanması ile ilişkilidir (Eyüboğlu,2010).

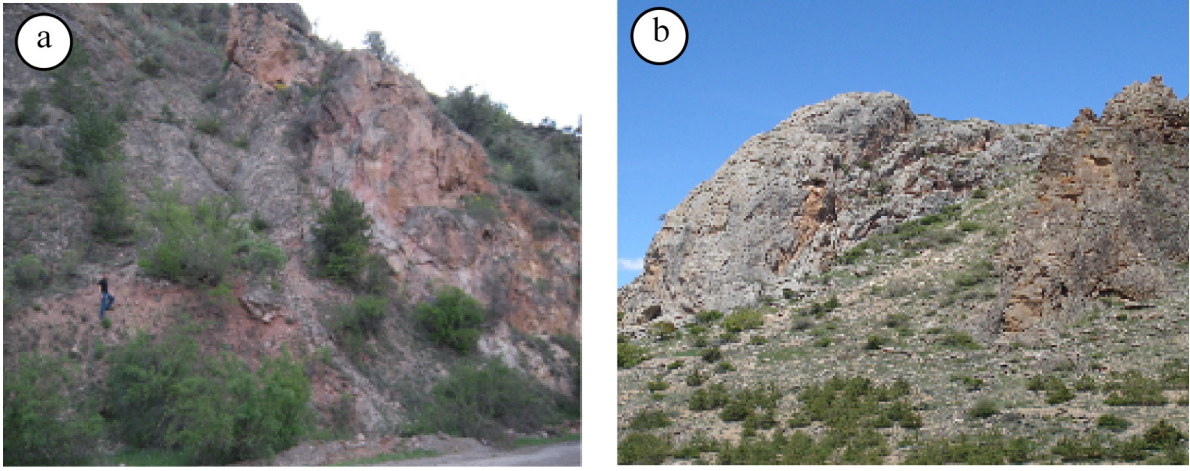


Şekil 4. Arzular (Gümüşhane) yöresinin jeoloji haritası (Güner ve Yazıcı 2006'dan değiştirilerek).



Şekil 5. Arzular (Gümüşhane) yöresinin jeolojik enine kesitleri.

Bu çalışmada da inceleme alanının GB'sında yüzeyleyen ve başlıca karbonatlı kayalardan oluşan istif, Pelin (1977) tarafından isimlendirilen birimle benzer litolojik özelliklere sahip olması ve aynı stratigrafik konumda bulunması nedeniyle 'Berdiga Formasyonu' başlığı altında ele alınmıştır. Birim, inceleme alanında orta-kalın tabakalı bir yapı sunması, taze yüzeylerinin gri ve ayrışma yüzeylerinin ise çoğunlukla kırmızımsı renkte olması, karstik boşluklar içermesi ve inceleme alanında yüzeyleyen diğer birimlerle karşılaştırıldığında daha dik bir topografyaya sahip olması sebebiyle arazide kolayca tanınabilmektedir (Şekil 6a ve b).



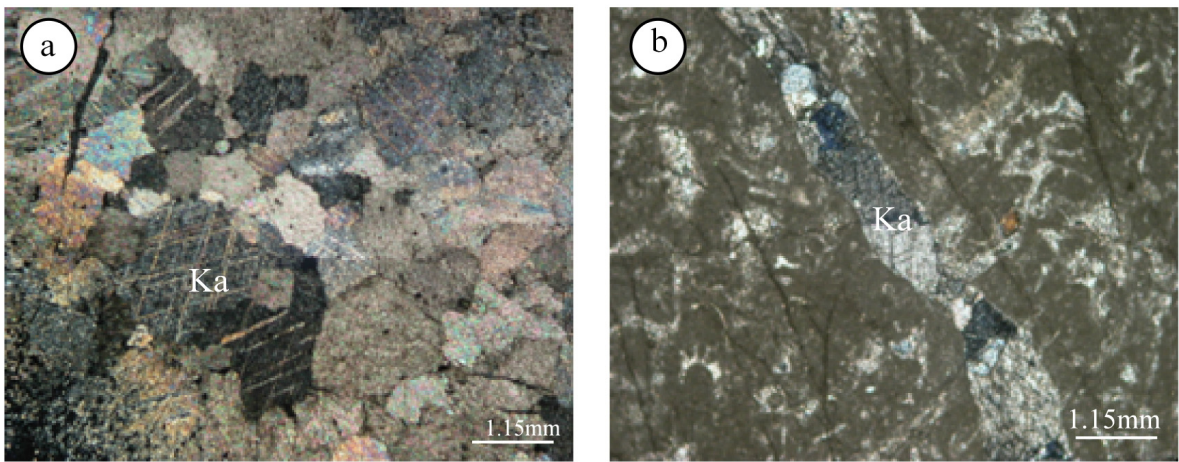
Şekil 6. Berdiga Formasyonu'nun arazideki görünümü.

Birimin alt kesimleri genellikle bej renkli, masif-kalın tabakalanmalı dolomitik kireçtaşları ile temsil edilir. Bu kesim yaygın olarak erime boşlukları ve 2-5 cm genişliğinde kırıklar boyunca yerleşmiş kalsit damarları içerir. Üst seviyelere doğru tabaka kalınlığı azalır ve Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu dokanağına doğru orta tabakalanmalı kireçtaşlarına geçiş gösterir. Tabaka kalınlığındaki bu düzenli azalma, Geç Jura'dan Geç Kretase'ye doğru ortamın derinleştiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte inceleme alanının yaklaşık 5 km doğusunda Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu arasında tamamen Berdiga Formasyonu'nun çakıllarından oluşan bir konglomeranın varlığı Üst Kretase öncesinde alanda bazı bölgelerin yükselti alanları (muhtemel olarak blok faylanma tektoniği ile ilişkili horstlar, (Eyüboğlu vd., 2006) konumunda olduğu ve havzaya malzeme verdiğine işaret etmektedir.



Birimin tabanından alınan örneklerin mikroskopik incelemesi sonucunda bu kayaçların kristalize bir dokuya sahip dolomikrosparit çimentolu dolomitler oldukları belirlenmiştir (Şekil 7a). Hem bu mikroskopik ve hem de masif-kalın tabakalanma gibi saha özellikleri dikkate alındığında birimin taban seviyelerini oluşturan ve dolomitik özellik gösteren bu kayaçların yüksek enerjili, sıg bir ortamda gelişmiş oldukları söylenebilir. Birimin üst seviyelerine doğru tabaka kalınlığının arttığı yerden alınan kireçtaşı örneklerinin mikroskopik incelemeleri, bu kayaçların başlıca bentik foraminer ve intraklastlardan oluşan, sparit çimentolu biyostrasparit (Folk, 1962) olduklarını göstermiştir (Şekil 7b). Formasyonun taban kesimlerine benzer olarak çökeltme ortamı yüksek enerjilidir, fakat tabaka kalınlıklarının azalması dikkate alındığında taban seviyelerinin çökeldiği ortama göre biraz daha derinde çökelmişlerdir.

Berdiga Formasyonu'nun alt sınırı inceleme alanında gözlenmeyen, ancak yakın çevrede yaygın olarak yüzeyleme verdiği bilinen Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu'nu uyumlu olarak örter. Birimin üst sınırının genellikle Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu ile uyumlu olduğu kabul edilir. Ancak bazı araştırmacılara göre birim Kermutdere Formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmektedir (Turan, 1978; Taslı, 1984; Bektaş, 1987 ). İnceleme alanının doğusunda, Kale ilçesi civarında iki birim arasında görülen konglomeratik bir seviyenin varlığı, uyumsuzluk görüşünü destekleyen saha verilerinden biridir.



Şekil 7. Berdiga Formasyonu'nda gözlenen kristalize dolomitin (a) ve ikincil kalsit damarı içeren biyostrasparitin (b) mikroskopik görünümü (Ka: kalsit).

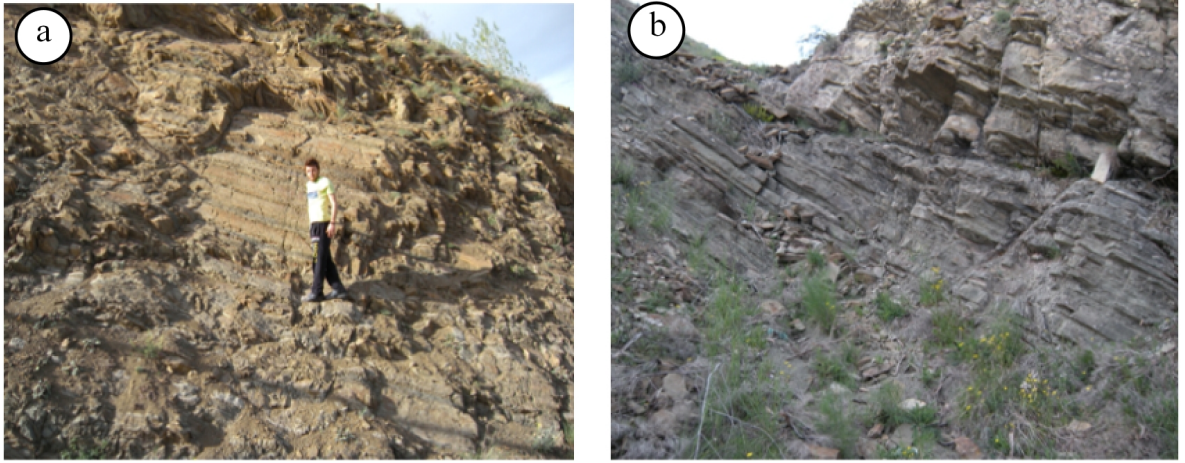
Yörede bugüne kadar yürütülen çalışmalarda birime farklı yaşlar verilmiştir. Erguvanlı ve Baykal (1952), ile Kahraman (1985), kireçtaşlarına Jura-Erken Kretase, Pelin (1972) ve Eren (1983) Dogger-Malm ve Güven (1993) tarafından ise birime Malm-Erken Kretase yaşı verilmiştir.

### 3.1.2. Kermutdere Formasyonu

Gümüşhane yöresinde yaygın olarak yüzeyleme veren ve kalın bir sedimanter istif özelliği taşıyan Geç Kretase yaşlı birim en iyi gözlendiği Kermut Köyü'ne atfen Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanında, Arzular Beldesi'nin güneyinde yaklaşık olarak 2 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yüzeyleme veren ve Tokel (1972) tarafından isimlendirilen birim ile benzer litolojik özellikler gösteren ve aynı stratigrafik seviyede yer alan sedimanter istif, bu çalışmada da Kermutdere Formasyonu başlığı altında ele alınmıştır. Birim litolojisi, renk tonu ve yumuşak topografyası ile arazide kolayca tanınabilmektedir.

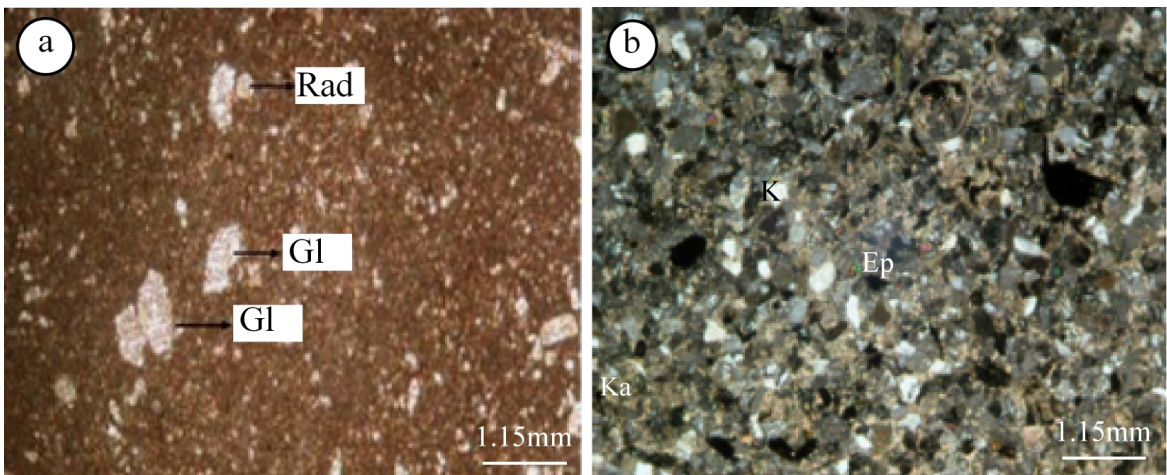
Kermutdere Formasyonu tabanda, ince orta tabakalanmalı, sarı renkli kumlu kireçtaşları (Şekil 8a) ve yer yer konglomeralar ile başlayıp üste doğru Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda kılavuz seviye olarak bilinen ince tabakalanmalı kırmızı-mor renkli mikritik kireçtaşları ile devam eder ve gri-yeşil renkli tuf ara seviyeleri içeren ince-orta tabakalanmalı kumtaşı, kiltası ve marn ardalanması ile son bulur (Tokel, 1972, Pelin vd.,1982, Eren, 1983). Formasyonun tabanını oluşturan sarı renkli kumlu kireçtaşları çalışma alanı içinde gözlenmez. Kırmızı-mor renkli kireçtaşlarının üzerine gelen ve genellikle kumtaşı-kiltası-marn ardışımından oluşan türbidit istifi, inceleme alanında Kermutdere Formasyonu'nun ana litolojisini oluşturur ve kurşuni rengi ile diğer birimlerden kolaylıkla ayırt edilir (Şekil 8b). Birimdeki tabakaların doğrultuları genelde KD-GB uzanımlı olup KD'ya doğru eğimlidirler. Ancak bazı kesimlerde yersel faylanmalardan dolayı tabakalar farklı yönlere eğimler kazanmıştır. Bazı kesimlerde de aşınmaya karşı dayanıklı olan ve çıkıntılar oluşturan kumtaşları arasında kalan, kil taşı seviyeleri çoğu yerde parçalanmış, kırılmış ve tabakalanmalarını kaybetmiş olarak görülürler.

Kermutdere Formasyonu'nu oluşturan litolojiler dikkate alındığında, birimin gittikçe derinleşen deniz ortamında oluştuğunu söylenebilir. Formasyonun en üst seviyesini oluşturan ince taneli türbidit fasiyeslerinin bulunması ve tabaka kalınlıklarının birim içinde alttan üste doğru düzgün bir şekilde azalması bu düşüncüyü desteklemektedir.



Şekil 8. Kermutdere Formasyonu'ndaki (a) sarı renkli kumtaşı, kilitaşı ve marn ardalanması (b) gri renkli türbiditik istif.

Kırmızı-mor renkli seviyeden alınan örneğin mikroskobik incelemesinde, kayacın mikrit çimentolu, *Globotruncana* sp. ve *Radyolarya* biyojenlerinden oluşan biyomikrit (Folk 1962) olduğu belirlenmiştir (Şekil 9a). Birim içinden alınan bir kumtaşı örneğinin mikroskobik incelenmesinde ise, kayacın yarı yuvarlaklaşmış ve köşeli taneler olarak %35-40 oranında dalgalı sönme gösteren kuvars, kireçtaşı ve volkanik kayaç parçaları, epidot, feldspat, muskovit ve opak minerallerden oluştuğu gözlenmiştir. Kumtaşının bağlayıcı malzemesi kalsit çimento olarak belirlenmiş olup Dunham (1962) kumtaşı sınıflamasına göre kayaca arkoz adı verilmiştir (Şekil 9b).



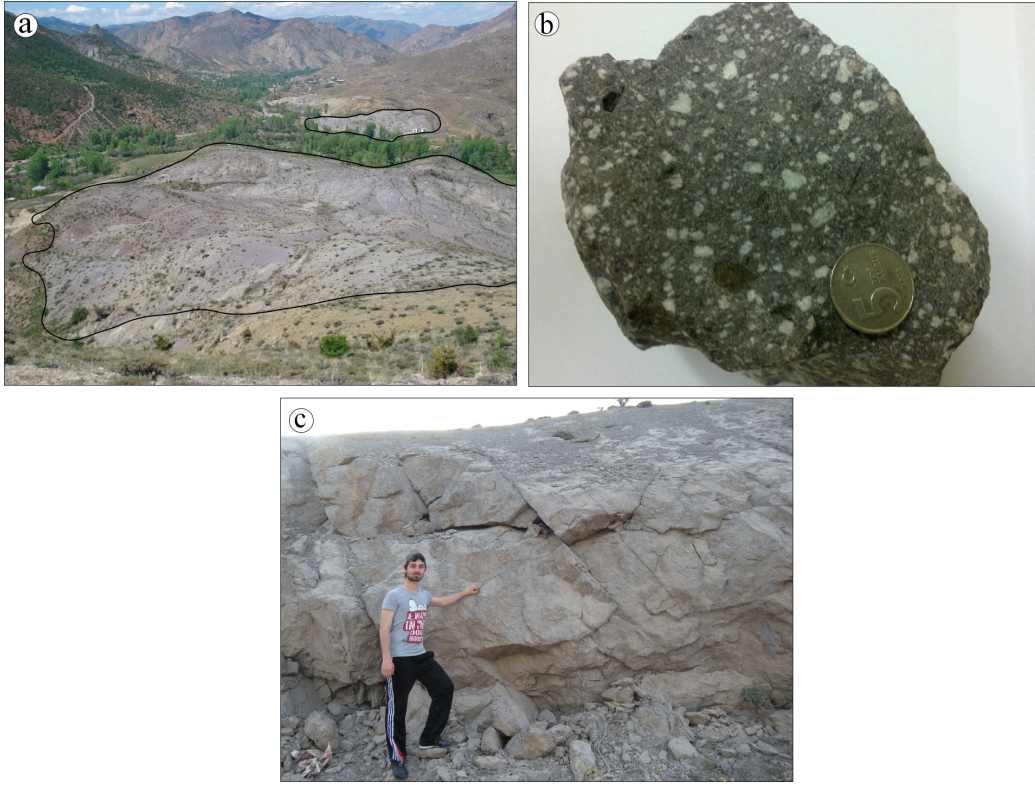
Şekil 9. Kermutdere Formasyonu'nda gözlenen (a) kırmızı biyomikritlere ait mikrit çimentolu Biyomikrit ve (b) kalsit çimentolu kumtaşının mikroskobik görünümü (Gl:*Globotruncana* sp., Rd:*Radyolarya* sp., K: kuvars, Ka:kalsit, Ep:Epidot).

Kermutdere Formasyonu Berdiga Formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir (Turan, 1978; Taşlı, 1984; Bektaş, 1987). Ayrıca inceleme alanının dışında, yaklaşık 5 km güney doğusunda yer alan Kale yöresinde Kermutdere Formasyonu'nun tabanında tamamen Üst Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu'nun çakıllarından oluşan bir konglomera seviyesi yer almakta olup, bu konglomera seviyesi iki birim arasındaki dokanağın uyumsuz olduğunu desteklemektedir. Formasyon, Nummulitli kireçtaşları ve kalın bir volkanik-piroklastik istiften oluşan Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu uyumsuz olarak örtülmektedir.

Kermutdere Formasyonu inceleme alanında Üst Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu üzerine gelmekte, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu tarafından örtülmektedir. Bu stratigrafik ilişkiler formasyonun Geç Kretase veya Paleosen yaşlı olabileceğini düşündürmektedir. Birimden alınan örneklerde, Geç Kretase için ayırman fosillerden olan *Globotruncana sp.*'nin saptanması Paleosen ihtimalini kaldırmaktadır. Gerek bu ayırman mikrofosilin varlığı gerekse daha önceki çalışmalara (Seymen, 1975; Eren, 1983), dayanılarak bu çalışmada birim için Geç Kretase yaşı benimsenmiştir.

### 3.1.3. Kızıl Tepe Hornblendli Andeziti

İnceleme alanının güney doğusunda yaklaşık 1 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yüzeyleme veren ve genellikle yüksek derecede alterasyona maruz kalmış olan bu birim, gri renkli yumuşak topografyası ile tipiktir (Şekil 10a). En iyi mostra verdiği yer ve alınan örneklerin mikroskobik tayinleri göz önüne alınarak, bu birimin 'Kızıl Tepe Hornblendli Andeziti' olarak isimlendirilmesi tarafımızdan uygun görülmüştür. Alibaba Formasyonu içinde yer alan andezitlerden, makroskobik olarak iri biyotit ve hornblend minerallerinin gözlenmesi ile kolaylıkla ayırt edilebilir (Şekil 10b). El örneğinde, kayaç ayrışma derecesine bağlı olarak açık griden beyaza değişen renklerde, taze yüzeylerde ise koyu gri renge sahiptir. Genellikle çatlaklı ve boşluklu bir yapı sunan birimde (Şekil 10c) boşluklarda zeolitlenme, ayrışma ürünü olarak da killeşme ve hematitleşme yaygındır.



Şekil 10. Kızıl Tepe Hornblendli aşırı alterasyona uğramış ve yumuşak topografyasının (a), Andezitlerde makroskobik olarak gözlenen iri biyotit minerallerinin görünümü (b), birimde gözlenen çatlak sistemi (c).

Birimden alınan örneklerin mikroskobik olarak incelenmesi sonucu, andezitlerin mikrolitik porfirik dokuda oldukları ve başlıca andezin, hornblend, biyotit ve kuvars içerdikleri belirlenmiştir (Şekil 11 a ve b).

İri kristaller halinde öz ve yarı öz şekilli olarak gözlenen plajiyoklasların, yapılan sönme açısı tayininde, sönme açılarının 20-25° arasında değiştiği ve bileşimlerinin andezin ( $An_{36}-An_{46}$ ) olduğu belirlenmiştir. Tek nikelde renksiz, çapraz ışıkta gri renkli ve albit ikizi gösteren andezinlerde, elek dokusu ve zonlu yapılar yaygın olarak gözlenir.

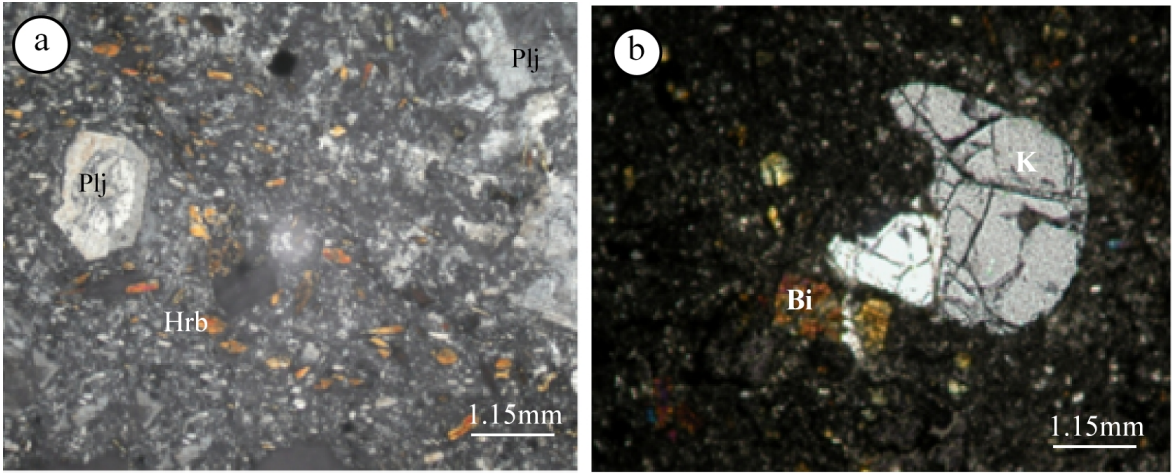
Uzun latalar ve öz şekilli kristaller halinde gözlenen hornblendler tek nikelde birbirini kesen iki yönde dilinime sahip olup kesitin yaklaşık % 20'lik bir kısmını oluşturur. Belirgin bir pleokroizma (X=açık sarımsı yeşil, Z=kahverengimsi yeşil) gösteren hornblend kristallerinde yer yer opaklaşma ve parçalanma söz konusudur. Çapraz nikelde ise canlı renklere görülen hornblendlerin sönme açısı 6° olarak belirlenmiştir. Ayrışma ürünü olarak kloritleşme gözlenmektedir.

Biyotit, uç kısımları girintili-çıkıntılı uzun kristaller halinde gözlenmektedir. Tek yönlü dilinime sahip olan biyotitler, tek nikelde kahverengi, çapraz nikelde koyu

kahverengi olarak gözlenmekte olup çok belirgin (X=koyu kahverengi, Z=açık kahverengi) pleokroizma gösterirler ve kesitte yaklaşık % 5 oranında bulunurlar.

Tek nikelde renksiz, çapraz ışıpta gri renklerde gözlenen kuvars, bol çatlaklı olup, kenarlarında ve iç kesimlerinde yenme yapıları mevcuttur. Kayaç içerisinde yaklaşık % 5 oranında bulunmaktadır.

Klorit, hornblendlerin ayrışma ürünü olarak, tek ve çapraz nikelde canlı yeşil renklerde gözlenmektedir. Opak mineral ise küçük düzensiz taneler halinde kesit içinde bol miktarda bulunmaktadır.



Şekil 11. Kızıltepe Hornblendli Andeziti'nde gözlenen (a) zonlu plajiyoklas, (b) çatlaklı ve kenarları kemirilmiş kuvarsin mikroskobik görünümü (K:kuvars, Bi: biyotit, Plj: Plajiyoklas, Hrb: hornblend).

Kızıltepe Hornblendli Andeziti inceleme alanında Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu'nu ve Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait olduğu düşünülen ve formasyonun tabanını oluşturan Nummulitli kireçtaşlarını kesmekte ve Alibaba Formasyonu'na ait volkanik-piroklastik kayaçlar tarafından kesilmekte veya örtülmektedir. Bu stratigrafik ilişkiler birimi Geç Paleosen veya Erken Eosen yaş aralığında sınırlandırır. Çalışma alanında Cezaevi civarında yüzeyleme veren bu birim, Karslı vd. (2010) tarafından Ar/Ar metodu ile yaşlandırılmış ve  $50.27 \pm 1.6$  My ile Erken Eosen yaşı elde edilmiştir. Bu çalışmada da, gerek stratigrafik ilişkiler gerekse de Karslı vd. (2010) tarafından yapılan radyometrik yaş tayini dikkate alınarak Kızıltepe Hornblendli Andeziti'nin Erken Eosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir.

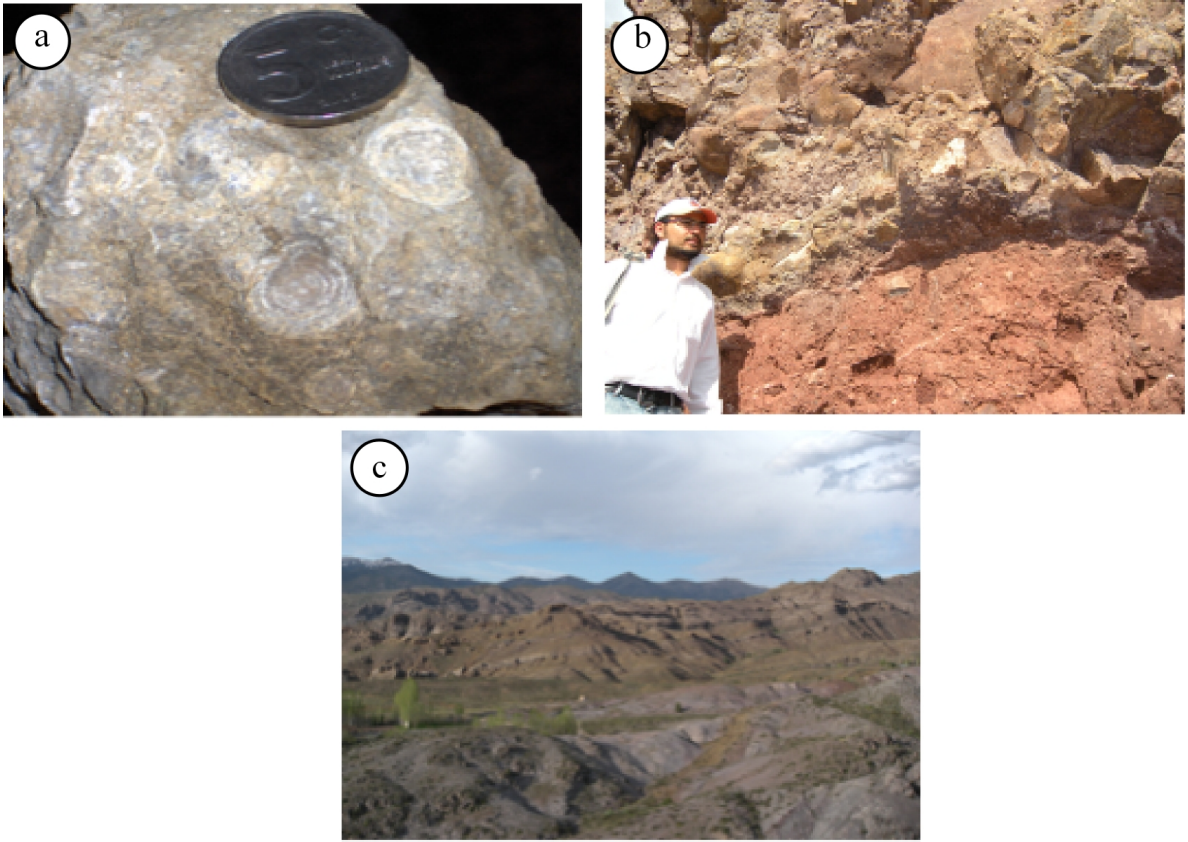
### 3.1.4. Alibaba Formasyonu

Alibaba Formasyonu ilk kez Gümüşhane yöresinde Tokel (1972) tarafından tanımlanmıştır. Çalışma alanında benzer litolojik özellik gösteren ve aynı stratigrafik konumda bulunan birim için de aynı ad kullanılmıştır. İnceleme alanında Arzular Beldesi, Hama Mahallesi, Kuzdağı Sırtı, Kılıçkaya Tepe, Çavuş Dağı, Omal Tepe, Gobel Tepe ve Komlar Mevkii civarında yaklaşık 12 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yüzeyleme veren bu birim çalışma konusunu oluşturan cevherleşmeleri de içermesi nedeniyle oldukça önemlidir. Tokel (1972) tarafından tek bir başlık altında incelenen Alibaba Formasyonu, Aliyazıcıoğlu (1999) tarafından Kızıl Tepe üyesi, Arzular Üyesi, Ballica Üyesi ve Sule Üyesi olmak üzere dört üyeye ayrılarak incelenmiştir. Tabanda, kumtaşı ve tüfit ara katkılı nummulitli kireçtaşları ile başlayarak, üst seviyelere doğru andezit ve ilişkili piroklastikleri ile devam eden birim, inceleme alanı dışında Sule Köyü ve çevresinde gözlenen ve yer yer aşınmış olarak bulunan kireçtaşı, kumtaşı, marn tuf ardalması ile son bulmaktadır (Aliyazıcıoğlu,1999).

Konglomera üzerine sarımsı bir dış yüzey rengine sahip olan nummulitli kireçtaşlarının kırık yüzeyleri gri tonlarındadır. Bol çatlaklı olan bu kayalarda, çatlaklar genellikle kalsit tarafından ikincil olarak doldurulmuştur. *Nummulit sp.* fosilleri hem makroskobik olarak hem de mikroskobik olarak oldukça yaygındır (Şekil 12a ve b). Bu kireçtaşlarında tabaka kalınlığı 5-15 cm arasında değişmektedir. Nummulitli kireçtaşları üst seviyelere doğru silttaşı, kumtaşı ve tüfit ara katkılıdır. Kumtaşı ve silttaşı çok ince seviyeler halinde gözlenirler. Kumtaşları orta ince tabakalı, yeşil renkli, silttaşları gri sarı renkli, tabaka kalınlıkları 1-10 cm arasında değişmektedir. Bütün bu birimlerin üzerine tüfitler gelmektedir. Tüfitlerin ayrışma rengi yeşilimsi gri, açık sarı olup taze yüzeyi ise gri renklidir. Nummulitli kireçtaşları üzerine gelen andezit-bazalt ve ilişkili piroklastikler, inceleme sahasında geniş bir alanda yüzeyleme vermektedirler (Şekil 12c).

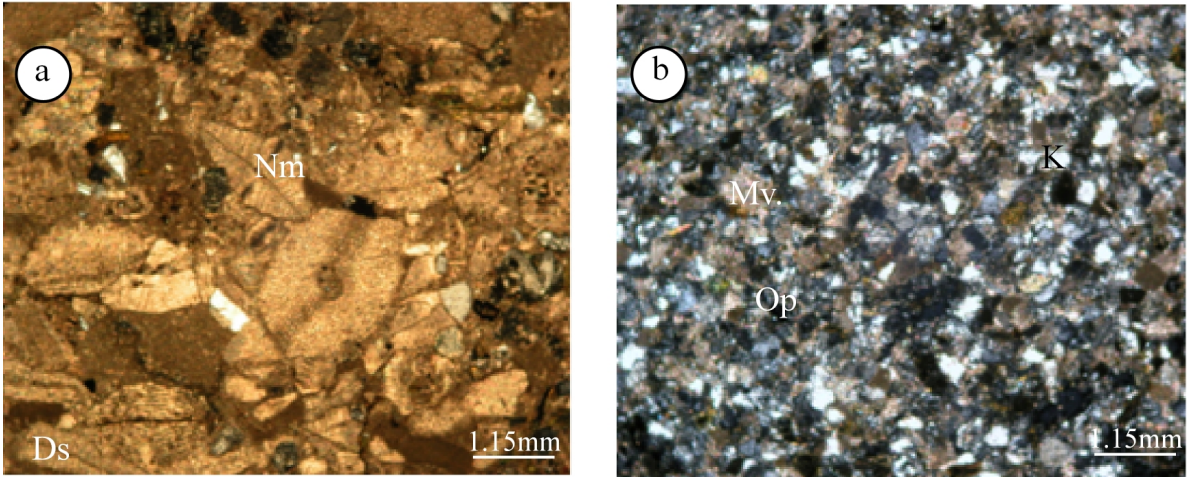
Nummulitli kireçtaşlarının mikroskobik incelenmesi sonucunda, biyoklast olarak % 65 oranında *Nummulit* ve *Discocyclina* fosilleri, %20 oranında kuvars, feldspat, biyotit ve volkanik kayaç parçalarından oluştuğu belirlenmiştir. Silisleşme gözlenen çimento sparit özelliindedir. Yüksek enerji seviyesine sahip sığ denizel ortamda oluşan kayaca Folk (1962)' a kumlu biyosparit, Dunham (1962)' a göre ise tanetaşı adı verilmiştir (Şekil 13a). Numunitli kireçtaşları arasında yer alan kumtaşlarından alınan örneklerde ise bileşen olarak kuvars, feldspat, kayaç parçası, muskovit ve opak mineral gözlenmiştir. Kuvars, kayaç içinde % 40 oranında en yoğun gözlenen bileşen olup, sivri köşeli tane şekilli, tek nikelde düşük rölyefli ve şeffaf, çapraz nikelde ise açık sarı, gri rengi ve dalgalı sönme

göstermesi ile tipiktir. Feldspat ise kayaç içinde %10 oranında gözlenir ve büyük çoğunluğunu plajiyoklaslar oluşturur. Ayrışmış olmaları nedeni ile cins tayini yapılamamıştır. Kesitte yaklaşık %10 oranında bulunan ve köşeli taneler halinde olan kayaç kırıntıları volkanik kayaç parçalarından oluşmaktadır. Muskovit ise kesitte %1 oranında ince iğnemsî kristaller halinde gözlenir. Opak mineral düzensiz taneler halinde %25 oranında gözlenmektedir. Kumtaşlarının bağlayıcı malzemesi ise % 15-20 oranında opak mineral içeren martiks bağlayıcıdan oluşmaktadır. Bu incelemeler neticesinde Pettijhon (1973)'e göre kayaca yarı feldspat kumtaşı adı verilmiştir (Şekil 13b).



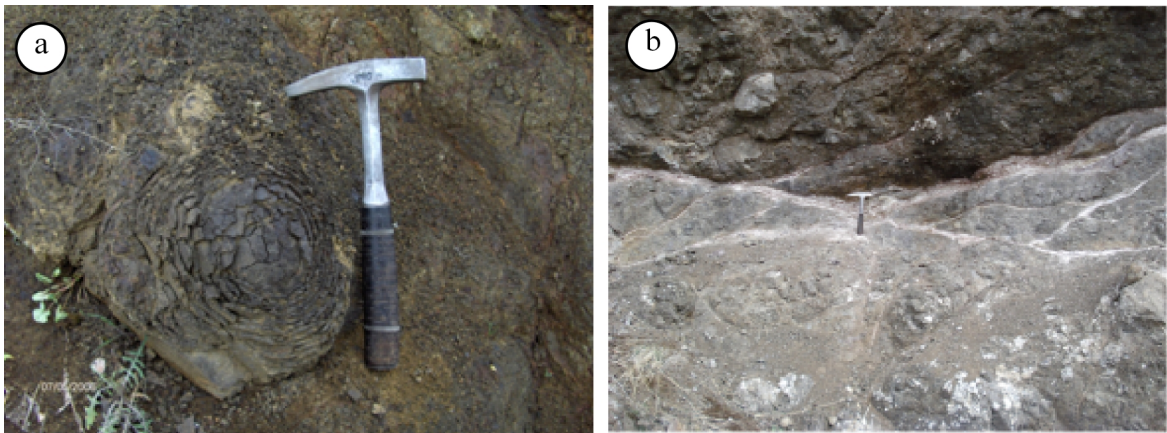
Şekil 12. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun tabanında bulunan (a) Nummulitli Kireçtaşları içinde makroskobik olarak gözlenen *nummulit* fosilleri, (b) konglomera seviyesi (c) Alibaba Formasyonu'ndaki volkanik istifin görünümü.





Şekil 13. (a) Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun tabanını oluşturan numunitli kireçtaşlarına ait sparit çimentolu kumlu biyosparitin, (b) Nummulitli kireçtaşları ile ara katkı olarak bulunan yarı feldspat kumtaşının mikroskobik görünümü (Ns: *Nummulites* sp., Ds: *Discoyclina* sp, Mv: muskovit, K: kuvars, Op: opak mineral).

Gri, yeşilimsi-gri renklere gözlenen andezit ve bazaltlar bol çatlaklı ve ayrıışmışlardır. Koyu yeşil rengin baskın olduğu kloritleşme ve ayrıca çatlaklar boyunca yerleşen kalsit damarları olağandır. Birim içindeki baskın litolojilerden birini oluşturan aglomeraların bileşenleri iri bloklar halinde olup, genellikle yuvarlak ve oval şekillidir. Çapları 5-40 cm arasında değişen aglomera bloklarının ayrıışma ve taze yüzeyleri gri olup, yaygın olarak eksfoliasyon yapısına sahiptirler (Şekil 14a). Çatlakları boyunca ikincil kalsit dolguları mevcuttur (Şekil 14b).



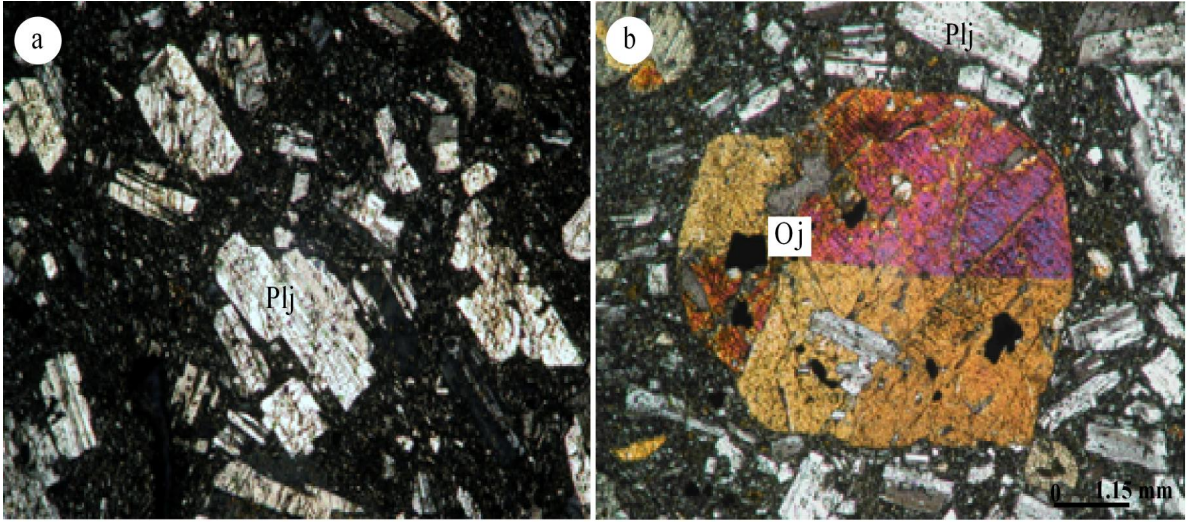
Şekil 14. Alibaba Formasyonu'nda gözlenen eksfoliasyon yapısının (a) ve çatlardaki kalsit dolgusunun görünümü (b).

Birimden alınan kayaç örneklerinin mikroskopik incelemesi neticesinde; andezitlerin, mikrolitik porfirik dokuda olduğu ve başlıca andezin, ojit ve opak mineralden oluştukları belirlenmiştir. Andezin, en yaygın gözlenen mineral olup, iri ve küçük kristaller halinde yarı öz şekilli ve öz şekilli olarak bulunur. Plajiyoklaslarda yapılan sönme açısı tayinine göre, plajiyoklasların sönme açısının  $24^{\circ}$  ve bileşimlerinin ise andezin ( $An_{44}$ ) olduğu belirlenmiştir. Albit ikizi tipik olup bazen zonlu yapıda gösterirler. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri, beyaz renklerde gözlenen andezinler, çatlaklı yapıya sahiptir. Ayrışma ürünü olarak serizit ve klorit gözlenmektedir (Şekil 15a).

#### 3.1.4.1. Bazik Dayk

Birimden alınan bazalt örneklerinin petrografik incelenmesi sonucu bazaltların mikrolitik porfirik dokuda olduğu ve başlıca plajiyoklas, ojit ve opak mineral içerdikleri belirlenmiştir. Plajiyoklas, iri ve küçük kristaller halinde öz şekilli ve yarı öz şekilli olarak izlenmektedir. Plajiyoklaslarda yapılan sönme açısı tayinine göre, plajiyoklasların sönme açısının  $34^{\circ}$  ve bileşimlerinin ise labrador ( $An_{56}$ ) olduğu belirlenmiştir. Bazı kristallerde karmaşık ikizlenme ve zonlanma gözlenmektedir. Tek nikelde renksiz, çapraz nikelde gri, beyaz renklerde gözlenen labradorlar, çatlaklı yapıya sahip olup opak mineral inklüzyonları içermektedir. Ojit mineralleri, yarı öz şekilli kristaller halinde, yüksek rölyefli, tek nikelde renksiz, bazen kahverengimsi yeşil renklerde, birbirine dik iki yönlü dilime sahiptirler. Çapraz nikelde turuncu, kırmızımsı kahverengi renkleri sunan ojitlerin sönme açısı  $42^{\circ}$  olarak tespit edilmiştir. Bazı ojit kristalleri, zonlu yapı göstermelerinin yanı sıra plajiyoklas ve opak mineral inklüzyonları içermektedir. Ayrışma ürünü olarak kalsit, epidot ve serizit gözlenmektedir (Şekil 15b).

Alibaba Formasyonu inceleme alanında Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Birimin üst sınırı ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Birimin yaşı, formasyonun tabanında bulunan nummulitli kireçtaşları ve volkanikler içinde ara seviyeler olarak bulunan tüfitler içinde tespit edilen *Nummulites urarensis*, *Discocyclina umbilicate*, *Asterocyclina sp.*, *Lepidocyclina pustulosa* fosillerine göre Eosen olarak kabul edilmiştir (Aliyazıcıoğlu, 1999).



Şekil 15. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nda görülen andezitlerin (a) bazaltlarda gözlenen ojitelere ait zonlu yapının (b) mikroskobik görünümü (Plj:plajiyoklas, Oj:Ojit, Op:opak mineral).

### 3.1.5. Alüvyonlar

Arzular Deresi ve bu derenin Harşit Çayı ile birleşim noktası boyunca gözlenen alüvyonlar içinde çevre kayaların bloktan mil boyutuna kadar değişen parçalarına rastlamak mümkündür. Kuvaterner yaşlı bu birim güncel olarak oluşmaya devam etmektedir.

### 3.1.6. Yapısal Jeoloji

Alp-Himalaya sisteminin bir parçası olan Doğu Pontid Orojenik Kuşağı, Kambriyen öncesinden günümüze kadar bölgede etkin olan jeodinamik olaylar sonucunda şekillenerek bugünkü yapısını kazanmıştır (Dewey, 1973; Adamia, 1997; Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Bektaş, 1981; Bektaş, 1984; Bektaş vd. 1995; Eyüboğlu vd. 2006 ve 2010). Bu orojenik kuşağın Güney Zonu'nda yer alan ve Mesozoyik-Senozoyik yaşlı birimleri içeren çalışma alanında Alpin orojenik hareketlerine bağlı olarak uyumsuzluklar, tabakalı ve kırıklı yapılar gelişmiştir.

### 3.1.6.1. Uyumsuzluklar

İnceleme alanında iki uyumsuzluğun varlığından söz edilebilir. Bunlardan ilki, birimlerin tabakalanmalarında belirgin bir açılma farkının gözlenmediği ve var olup olmadığı konusunda tartışmaların günümüzde de devam ettiği, Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu ve Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu arasında gelişen uyumsuzluktur. Özellikle inceleme alanının yaklaşık 5 km doğusunda yer alan Kale yöresinde, Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu dokanağında tamamen Berdiga Formasyonu'nun çakıllarından oluşan konglomeratik seviyenin varlığı, Üst Jura'dan Kretase sonuna kadar devam eden süreçte çökelmenin sürekli olmadığı veya en azından bölgede bazı alanların yükselti durumunda olduğunu göstermektedir. Bölgedeki ikinci uyumsuzluk ise, Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu ile Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu arasında gelişen uyumsuzluktur. Araştırmacılar tarafından üzerinde fikir birliği olan bu uyumsuzluk inceleme alanında, Paleosen yaşlı birimlerin olmayışı ve ayrıca sözü edilen iki formasyonun dokanağı boyunca gözlenen ve çoğunlukla Kermutdere Formasyonu'nun köşeli ve kötü boylanmış parçalarını içeren taban konglomerasının varlığı ile belirgindir. Bu konglomeratik seviye, bölgede Nummulitli kireçtaşları ile örtülür ve üste doğru volkanik ve piroklastik kayalardan oluşan kalın bir istifeye geçer.

### 3.1.6.2. Tabakalı Yapılar

İnceleme alanının güney kesiminde yüzeyleme veren Berdiga ve Kermutdere Formasyonları ve ayrıca çalışmanın ana konusunu oluşturan cevherleşmeleri içeren Alibaba Formasyonu'nun piroklastik üyelerinde tabakalı yapılar gözlenir. İnceleme alanında Berdiga Formasyonu'nun tabanı görülmez. Ancak bölgede bu formasyonun Liyas yaşlı volkano-tortul istifin üzerine uyumlu olarak masif-kalın tabakalanmalı dolomitik kireçtaşları ile başladığı bilinmektedir (Eren, 1983; Kandemir, 2004). Çalışılan sahada birimin alt kesimi kalın-orta tabakalanmalı yer yer dolomitleşmiş kireçtaşları ile temsil edilir. Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu'na yakın kesimlerde ise tabaka kalınlığı azalır (10-25 cm) ve birim orta tabakalanmalı kireçtaşları ile son bulur. Formasyondan alınan ölçüler tabakalı birimlerin, yersel faylanmalardan etkilenen alanların dışında, KB-GD doğrultulu olup 35°-65° arasında değişen eğim değerleri ile KD ya doğru eğimli

olduğunu göstermiştir. Berdiga Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelen Kermutdere Formasyonu ise tabanda orta tabakalanmalı kumlu kireçtaşları ile başlar. Bu seri tabaka kalınlıkları 5-20 cm arasında değişen kırmızı biyomikritler tarafından örtülür ve üste doğru kalın bir seviye oluşturan ve başlıca ince-yer yer orta tabakalanmalı kumtaşı-silttaşı-marn ve kireçtaşlarını içeren istif ile son bulur. Bu formasyonun tabakalı birimleri de Berdiga Formasyonu'nda olduğu gibi KB-GD doğrultulu olup, 25°-55° arasında değişen eğim değerleri ile KD ya doğru eğimlidir. Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu'nu uyumsuz olarak örten Alibaba Formasyonu'nun tabanındaki konglomeralar, orta-yer yer kalın tabakalanmalı Nummulitli kireçtaşı, kumtaşı ve marn tarafından örtülür. Formasyonunun tabanını oluşturan bu litolojilere ait tabakalı yapılar genellikle KB-GD ve bazen de D-B doğrultulu, 5°-35° arasında değişen eğim değerleri ile KD'ya veya kuzeye doğru eğimlidirler. Formasyonun üst kesimine doğru aglomeralar ve tüfler yaygın olup, bu litolojilerde kalın-orta tabakalanmalar olağandır.

### **3.1.6.3. Kırıklı Yapılar**

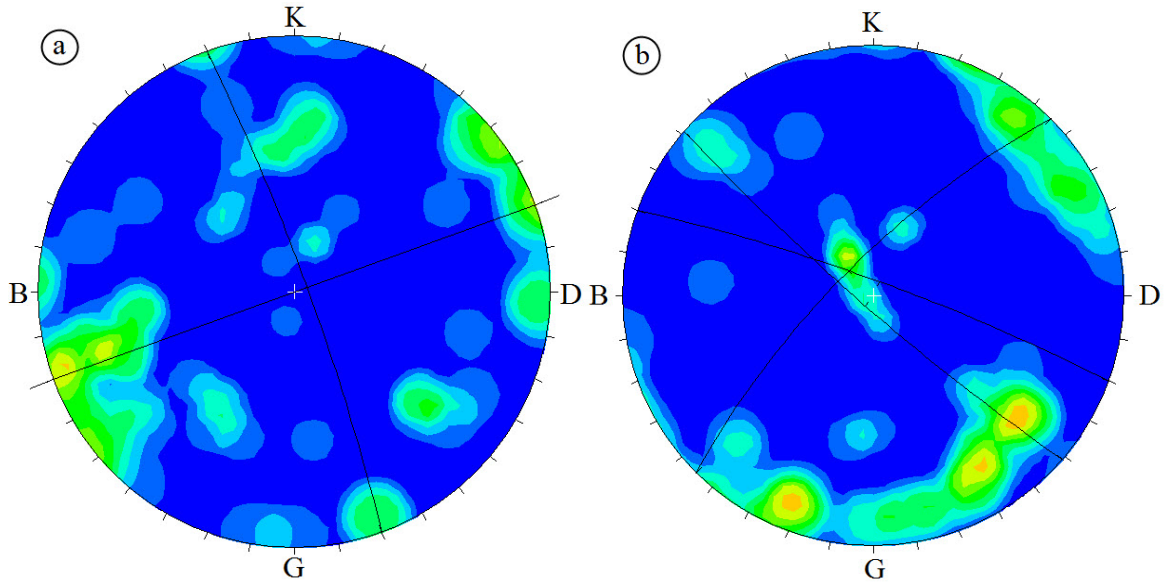
İnceleme alanında yüzeyleyen ve ayrı dönemleri temsil eden litolojik birimlerde farklı sıklık ve doğrultularda kırıklar ve çatlak sistemleri gelişmiştir.

#### **3.1.6.3.1. Çatlak Sistemleri**

İnceleme alanında yüzeyleyen tüm birimlerde Alpin orojenezinin etkileri ile çatlaklı yapılar gelişmiştir. Berdiga ve Kermutdere Formasyonu'nda ölçülen çatlaklı yapılarda KD ve KB doğrultulu olmak üzere birbirini kesen iki ana çatlak sisteminin varlığı söz konusudur. Yer yer bu çatlak sistemine D-B doğrultulu çatlaklar da eşlik eder. Çalışma konusunu oluşturan Arzular cevherleşmesini içeren Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun cevherli ve cevhersiz andezitlerinden çok sayıda ölçü alınmış olup, bu ölçüler hazırlanan kontur diyagramlar yardımı ile değerlendirilmiştir (Şekil 16a ve b).

Berdiga ve Kermutdere Formasyonlarında olduğu gibi cevherli andezitlerde de iki ana çatlak sisteminin varlığı söz konusudur. Bunlardan biri, yaklaşık K20B, diğeri ise yaklaşık K70D doğrultulu olup, her iki çatlak sistemi düşeye yakın eğim açalarına sahiptir (Şekil 16a). Bu iki ana sistemin dışında farklı doğrultu ve eğimlerde çatlakların varlığı söz konusudur. Ancak bu gruplardaki çatlak yoğunluğu dikkat çekici boyutta değildir. Cevher

içermeyen andezitlerden elde edilen kontur diyagram, cevhersiz andezitlere ait kontur diyagram ile karşılaştırıldığında, ana çatlak sistemleri benzer olmakla birlikte cevherli andezitlerin tektonik olaylardan biraz daha fazla etkilendiği ve çok farklı doğrultu ve eğimlerde çatlak sistemlerine sahip olduğu gözlenmektedir. K70B uzanımlı ve düşeye yakın eğimli çatlaklar bu kayalarındaki ana çatlak sistemini oluşturur. İkinci ana çatlak sistemi ise yaklaşık K45B doğrultulu olup, 70-80 derece arasında değişen eğim açıları ile kuzeybatıya doğru eğimli olan çatlak sistemidir. Bunun yanı sıra cevherli andezitlerden farklı olarak eğim derecesi 20 derecenin altında olan bir çatlak takımının varlığı göze çarpmaktadır (Şekil 16b). İnceleme alanında, ölçülen çatlak açıklıkları 2 mm'den birkaç cm boyutuna kadar değişmektedir. Cevherli andezitlerdeki çatlak açıklıkları genellikle kil ile dolguludur, cevhersiz andezitler ise genellikle kalsit dolguludur.



Şekil 16. Arzular (Gümüşhane) yöresinde Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait andezitlerden alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanmış kontur diyagramları. (a) Cevherli andezitlerden hazırlanan kontur diyagramı (b) Cevher içermeyen andezitlerden hazırlanan kontur diyagramı.

### 3.1.6.3.2. Faylar

Hiç şüphesiz, yerin derinliklerinde oluşan magmanın sığ derinliklere veya yüzeye kadar ilerlemesinde, cevher içeren hidrotermal sıvıların yerleşiminde, maden yataklarının oluşumu ve dağılımında bölgesel ve yersel kırık sistemlerinin çok büyük bir önemi vardır.

Doğu Pontid Orojenik Kuşağı kuzeyden güneye doğru Kuzey, Güney ve Eksen Zonu olmak üzere üç farklı tektonik birlikten oluşur (Bektaş vd. 1995). Her zon yaklaşık D-B uzanımlı bölgesel ölçekli kırık sistemleri ile birbirinden ayrılır (Maden 2005). Ayrıca KD ve KB doğrultulu olmak üzere iki ana kırık sisteminin daha varlığı söz konusu olup, Kuzey ve Güney zonlardaki kalderaların, maden yataklarının ve plütonik kütlelerin dağılımları bu kırık sistemleri tarafından kontrol edilir (Eyüboğlu vd. 2006; Şekil 2 ).

Uydu fotoğraflarının yorumlanması ve ayrıntılı saha çalışmaları sonucunda, çalışma alanında iki farklı doğrultuda uzanan fayların varlığı belirlenmiştir (Şekil 4). Birinci fay sistemi yaklaşık K30D doğrultulu, birbirine paralel olarak uzanan faylardan oluşur. Özellikle Arzular cevherleşmesini kontrol eden ve inceleme alanında yaklaşık 3 km boyunca kolaylıkla takip edilen fay (F1), sahada tüm fay hattı boyunca görülen yoğun alterasyonun ve ezilme zonlarının, uydu fotoğrafında ise belirgin bir doğrusal hattın varlığı ile karakteristiktir. İnceleme alanındaki ikinci fay hattı ise yaklaşık K65B doğrultulu olan, Kızıltepe Hornblendli Andezitinin kuzey sınırını sınırlandıran ve ayrıca topografyada ani bir düşme ile karakteristik olan fay hattıdır (F2). İnceleme alanında tespit edilen ve cevherleşmeleri kontrol eden bu ana kırık sistemleri Doğu Pontidler'in ana kırık sistemleri ile uygunluk gösterir.

İnceleme alanındaki ayrıntılı saha çalışmaları sırasında ana faylar dışında çok sayıda faya rastlanmıştır. Ancak bu faylar 1/25000 ölçekli haritada gösterilemeyecek kadar küçük ölçeklidir.

## **3.2. Eosen Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası**

### **3.2.1. Giriş**

1970'li yıllardan itibaren jeokimyasal verilerin jeolojik çalışmalarda aktif olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte, özellikle magmatik kayaçları oluşturan ana magmaların doğası, kaynak alanı, yerleşim zamanı ve jeodinamik ortamının belirlenmesinde önemli adımlar atılmıştır. İnceleme alanının güney kesiminde elipsoidal şekilli bir kütle olarak yüzeyleme veren hornblendli andezitik kayaçlar, el örneğinde oldukça bol miktarda çubuksu amfibol ve öz şekilli iri biyotit kristalleri içermesi ile Alibaba Formasyonu'nda bulunan andezitik kayaçlardan kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Bu başlık altında, hornblendli andezitlerden 8, Alibaba Formasyonu'ndan 16 andezit ve 2

bazalt örneği olmak üzere seçilen toplam 26 örneğin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri Kanada'daki ACME laboratuvarında ICP-MS ve ICP-ES yöntemleri kullanılarak saptanmış ve elde edilen sonuçlar yardımı ile kayaç gruplarının ayrıntılı jeokimyasal özellikleri, bu kayaç gruplarını oluşturan ana magmaların doğası, kökensel bir ilişkilerinin var olup olmadığı ve jeotektonik ortamları yorumlanmaya çalışılmıştır.

### 3.2.2. Tüm Kayaç Jeokimyası

Kızıltepe Hornblendli Andeziti'ne ait kayaçlar, göreceli olarak yüksek SiO<sub>2</sub> (% 58.65-60.84), Na<sub>2</sub>O (% 3.66-5.58), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (% 15.59-17.39), orta FeO<sub>T</sub> (% 3.94-4.80), MgO (% 2.50-3.82), CaO (% 2.89-7.04), K<sub>2</sub>O (% 0.43-3.21) ve düşük TiO<sub>2</sub> (% 0.37-0.44) içerikleri ile dikkat çekmektedir. Bu kayaçlar ayrıca yüksek Ba (174-918 ppm), Rb (6.9-54.6 ppm), Sr (456.8-981.2 ppm), Th (3.3-6.8 ppm), U (0.7-1.1 ppm), Zr (72.8-99.5 ppm), La (15-18.8 ppm) ve düşük Y (10.3-12 ppm), Yb (0.97-1.12 ppm) içerikleri ile karakteristiktir (Tablo 1). Kızıltepe hornblendli andezitleri ile karşılaştırıldığında, Alibaba Formasyonu andezitleri daha düşük SiO<sub>2</sub> (% 49.44-53.69), Na<sub>2</sub>O (% 2.83-4.1), K<sub>2</sub>O (% 0.22-1.25), Th (0.5-6.8 ppm), U (0.2-1 ppm), Zr (47.8-87.8 ppm), Ba (161-547 ppm), benzer MgO (% 1.38-4.8), Sr (385.9-806.2 ppm) ve göreceli olarak daha yüksek Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (% 18.05-20.87), FeO<sub>T</sub> (% 6.33-11.37), CaO (% 6.96-10.16), TiO<sub>2</sub> (% 0.64-1.17), Y (11.5-22.4 ppm), Yb (1.4-2.58 ppm) içeriklerine sahiptir (Tablo 2). Alibaba Formasyonu içinden alınan bazaltik örnekler ise, genel olarak andezitik örneklerle benzer bir jeokimyasal bileşime sahip olup, onlardan düşük SiO<sub>2</sub> (% 46.02-46.18) içerikleri ile ayrılırlar (Tablo 2).

Çalışma sahasında özellikle Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun önemli bir kısmını oluşturan ve çalışılan cevherleşmeye ev sahipliği yapan andezitik kayaçlar, ayrışma proseslerinden az veya çok etkilenmiş olup, ikincil kuvars, klorit, serizit ve kalsit minerallerini yaygın olarak içerirler. Bu ayrışma minerallerine bağlı olarak kayaç içinde özellikle SiO<sub>2</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O gibi ana elementlerce zenginleşme ve/veya fakirleşme görülmektedir. Bu nedenle sınıflandırma ve yorumlamalarda, ayrışma esnasında hareketsiz veya daha az hareketli olarak kabul edilen Ti, Zr, Nb ve Y gibi elementlerin kullanıldığı diyagramlar tercih edilmiştir. Zr, Ti ve Nb elementleri hidrotermal ayrışma şartları altında ve yeşilist derecesindeki metamorfizmada hareketsiz; Y ise genellikle hareketsiz olup, bazen çok güçlü kloritleşme zonlarında hareketli olabilir (MacLean ve Kranidoitis, 1987; MacLean, 1990; Barrett ve MacLean, 1991; Barrett vd., 1991a,b,c ve 1992; Shriver ve MacLean, 1993; Barrett, 1993).



Tablo 1. Kızıl Tepe hornblendli andezitlerinin ana (%) ve iz element (ppm) analizleri.

Kayaç Adı	Kızıl Tepe Hornblendli Andezit									
	Örnek No	P-34	P-39	P-40	P-48	P-50	P-51	P-53	P-55	*T (%)
SiO <sub>2</sub>		58.65	59.15	59.95	60.73	60.84	60.30	60.52	60.20	0.69
TiO <sub>2</sub>		0.40	0.37	0.40	0.39	0.44	0.44	0.40	0.39	1.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		17.39	15.59	16.84	16.40	16.78	17.23	16.26	16.21	1.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4.41	3.94	4.12	4.26	4.80	4.24	4.36	4.24	1.45
MnO		0.07	0.09	0.07	0.05	0.09	0.07	0.05	0.05	
MgO		3.33	2.50	2.71	3.86	2.88	3.10	3.82	3.70	1.98
CaO		3.41	7.04	4.41	4.77	2.89	3.63	4.81	4.72	1.63
Na <sub>2</sub> O		5.58	3.66	4.96	4.42	5.46	5.14	4.36	4.20	1.01
K <sub>2</sub> O		1.94	0.43	1.22	1.69	3.21	2.90	1.65	1.60	2.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0.19	0.15	0.18	0.15	0.16	0.15	0.15	0.13	15.80
A.K.		4.30	7.10	4.70	3.00	2.10	2.50	3.30	4.30	
<b>Toplam</b>		99.67	100.02	99.56	99.72	99.65	99.70	99.68	99.74	
Na <sub>2</sub> O+		7.52	4.09	6.18	6.11	8.67	8.04	6.28	5.80	
Mg no.		61.29	57.09	57.97	65.52	55.72	60.52	64.75	64.66	
Sc		10	10	11	12	15	14	12	12	4.12
V		86.00	84.00	94.00	90.00	107.00	101.00	91.00	94.00	1.50
Co		11.00	10.30	10.20	14.00	13.70	13.10	13.60	13.30	2.98
Ni		15.10	15.20	15.90	32.2	23.00	20.40	36.10	32.00	31.70
Cu		15.70	20.20	15.80	16.3	196.80	6.70	16.60	18.70	14.59
Zn		53	38	44	46	42	37	44	45	9.38
Ga		16.50	14.80	17.80	15.50	14.70	15.20	16.00	15.80	3.50
Cs		0.20	0.70	0.20	0.20	0.40	0.40	<0.1	0.20	64.44
Rb		26.20	6.90	15.40	38.40	54.60	46.40	35.90	36.80	5.47
Ba		840.00	174.00	547.00	583.00	908.00	918.00	525.00	551.00	14.69
Sr		981.20	456.80	806.20	590.00	667.70	656.50	545.70	576.70	4.04
Y		11.30	12.00	11.50	10.70	11.40	11.20	10.50	10.30	5.50
Zr		99.50	72.80	87.80	84.30	86.80	94.80	87.60	81.80	1.78
Nb		6.60	5.40	5.80	5.90	6.10	6.90	5.70	6.00	13.35
Hf		2.70	2.30	2.90	2.60	2.40	2.50	2.90	2.50	7.38
Ta		0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.30	0.20	0.20	69.99
Pb		6.4	9.4	6.9	6.3	7.4	7.6	7.6	7.2	1.88
Th		4.60	5.30	6.80	3.50	3.90	4.20	4.30	3.30	10.85
U		1.10	1.00	1.00	0.90	1.10	1.10	0.70	0.80	54.43

Not: A.K: ateşte kayıp, \*T (%): Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).

Tablo 2. Eosen volkanitlerinin ana (%) ve iz element (ppm) analizleri

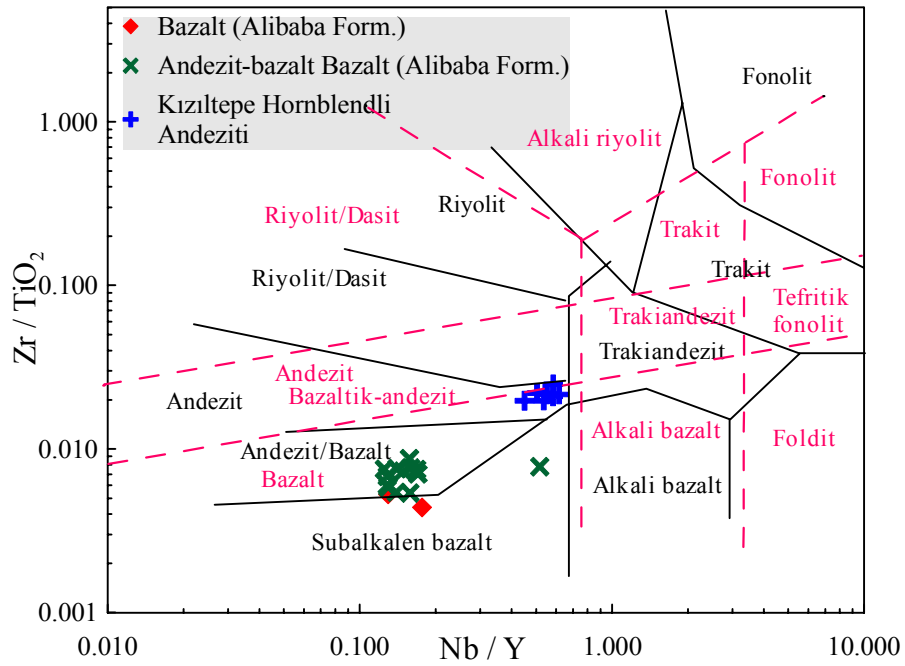
Kayaç Adı	Bazalt		Bazaltik Andezit																*T (%)
	Örnek No	P3	P13	P-1	P-4	P-5	P-6	P-8	P-10	P-12	P-22	P-24	P-26	P-29	P-31	P-32	P-35	P-37	
SiO <sub>2</sub>	46.18	46.02	51.78	53.21	50.7	50.88	53.22	51.07	52.76	50.37	49.44	51.53	51.96	51.11	52.17	51.39	53.69	49.75	0.69
TiO <sub>2</sub>	0.83	0.91	0.7	0.96	0.77	0.79	0.64	0.77	0.75	0.99	0.81	0.76	0.77	0.76	0.75	0.85	0.72	1.17	1.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.26	20.49	19.07	18.53	18.3	19.15	20.51	18.26	20.44	19.89	19.71	21.31	20.55	20.87	20.68	18.97	18.05	18.33	1.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.84	10.01	7.77	9.46	9.21	8.1	7.25	9.57	8.12	9.06	8.92	7.61	8.41	8.22	8.19	6.33	8.59	11.37	1.45
MnO	0.26	0.17	0.15	0.2	0.18	0.25	0.17	0.19	0.15	0.25	0.12	0.19	0.15	0.15	0.15	0.18	0.16	0.24	
MgO	4.63	2.78	3.41	3.17	3.35	3.24	2.56	4.8	3.42	3.37	3.72	2.67	3.49	3.46	3.4	1.38	4.4	4.51	1.98
CaO	8.54	9.38	7.01	7.62	7.68	6.96	8.97	9.58	9.51	10.12	7.37	9.77	9.44	10.16	9.76	12.47	8.91	8.78	1.63
Na <sub>2</sub> O	3.93	3.66	4.1	3.38	3.34	4.01	3.16	2.86	3.02	2.9	3.04	3.19	3.03	2.92	2.97	3.09	2.83	3	1.01
K <sub>2</sub> O	0.66	1.05	1	1.05	1.04	1.25	0.59	0.53	0.54	0.55	0.54	0.61	0.64	0.22	0.37	0.84	0.36	0.34	2.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.096	0.146	0.157	0.254	0.174	0.176	0.189	0.125	0.146	0.152	0.153	0.157	0.13	0.115	0.143	0.117	0.117	0.203	15.80
A.K.	3.5	5.5	4.6	2	5.3	5.2	2.6	2.1	1	2.2	6.2	2.1	1.3	1.9	1.2	4.3	2	2.1	
Na <sub>2</sub> O+	4.59	4.71	5.1	4.43	4.38	5.26	3.75	3.39	3.56	3.45	3.58	3.80	3.67	3.14	3.34	3.93	3.19	3.34	
Mg no	47.25	36.80	47.92	41.27	43.27	45.62	42.54	51.26	46.90	43.82	46.65	42.39	46.53	46.88	46.54	31.37	51.79	45.41	
<b>Toplam</b>	<b>99.73</b>	<b>100.1</b>	<b>99.75</b>	<b>99.83</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>99.86</b>	<b>99.86</b>	<b>99.86</b>	<b>99.85</b>	<b>100</b>	<b>99.9</b>	<b>99.87</b>	<b>99.89</b>	<b>99.78</b>	<b>99.92</b>	<b>99.83</b>	<b>99.79</b>	
Sc	28	29	24	30	26	26	20	35	25	37	27	23	26	25	24	42	33	38	4.12
V	335	227	199	231	203	152	272	204	160	318	181	253	211	321	242	318	84	94	1.50
Co	27.2	13.7	19.1	19.5	17.7	15	28.1	21	26.6	27.2	16.9	22.5	20.2	12.8	24.7	29.3	10.3	10.2	2.98
Ni	8.7	7.5	9.5	6.4	8.9	5	3.9	8.2	5.5	13.1	2.9	3.1	4.5	3.3	4	6.7	4.5	8.3	31.70
Cu	220.6	34.1	82	68.9	131.6	135.3	82.6	73.8	73.3	112.1	97.9	102.6	65.3	80.7	67.5	66.4	70.9	154.6	14.59
Zn	102	36	44	35	68	69	74	45	23	53	31	35	24	27	24	20	30	68	9.38
Ga	19.4	16.2	16.4	16	17.1	17.3	16.1	16.9	16.8	16.8	16.6	17.2	17.3	16.7	16.2	16.7	14.8	17.8	3.50
Cs	1.4	0.8	0.3	1.2	0.4	<0.1	<0.1	0.8	1.1	0.2	0.1	0.5	0.7	0.9	11.2	0.2	0.7	0.2	64.44
Rb	18.5	13.6	15.2	26.7	19.7	6.3	7.7	17	14	8	7.5	3.4	14.1	13.7	27	3.4	6.9	15.4	5.47
Ba	289	105	283	351	353	256	172	224	215	164	214	161	194	240	246	162	174	547	14.69
Sr	628.8	399.2	511.1	395	398	542.3	385.9	488.8	470.6	445.3	560.9	725.7	533.3	446.3	475.6	430.9	456.8	806.2	4.04
Y	11.9	20.1	17.8	22.1	22.4	20.3	17.1	17.5	17.8	20.8	20.1	18.2	17.9	15.2	16.4	24.9	12	11.5	5.50
Zr	36.5	47.2	61	58.2	59.5	60.2	46.4	54.7	47.8	53.8	58	59.2	56.1	45.8	58	79.6	72.8	87.8	1.78
Nb	2.1	2.6	2.8	3.1	2.8	2.6	2.2	2.6	2.3	2.9	3.2	9.4	3	2.4	3.2	3.2	5.4	5.8	13.35

Tablo 2'nin devamı.

Kayaç Adı	Bazalt		Bazaltik Andezit																*T (%)
	P3	P13	P-1	P-4	P-5	P-6	P-8	P-10	P-12	P-22	P-24	P-26	P-29	P-31	P-32	P-35	P-37	P-38	
<b>Hf</b>	1.1	1.3	1.6	1.7	2	1.7	1.5	1.5	1.7	2	1.9	1.7	1.8	1.6	1.9	2.2	2.3	2.9	7.38
<b>Ta</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.2	0.1	0.4	0.4	69.99
<b>Pb</b>	32.6	1.8	2.6	2.0	25.4	4.5	2.4	1.1	1.6	1.8	1.5	1.9	1.7	3.8	2.7	2.5	2.1	22.7	1.88
<b>Th</b>	0.6	0.5	0.8	0.6	0.9	0.4	1	0.5	0.8	0.5	0.6	0.8	1.1	0.5	1.8	0.7	5.3	6.8	10.85
<b>U</b>	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	1	1	54.43

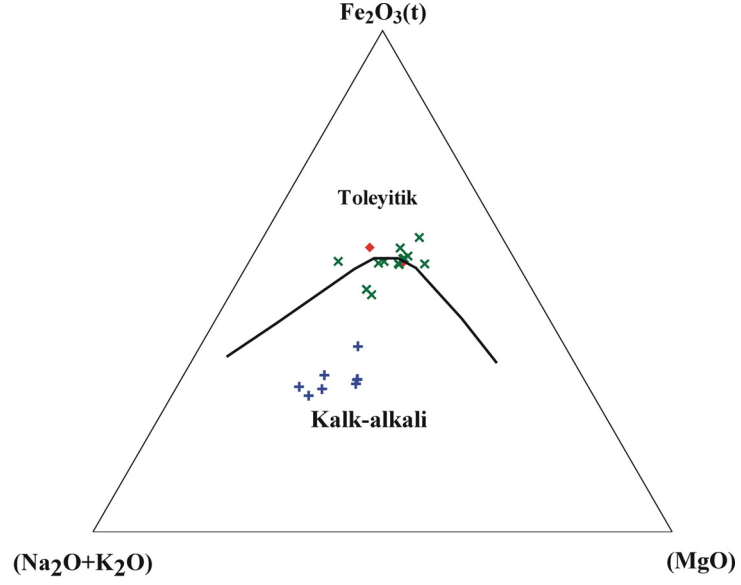
Not: A.K: ateşte kayıp, \*T (%): Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).

Bu bilgiler ışığı altında, Eosen yaşlı volkanik kayaların sınıflandırılmasında toplam alkali-silis (TAS) (Le Maitre vd., 1989) ve  $\text{SiO}_2\text{-Zr /TiO}_2$  (Winchester ve Floyd, 1977) diyagramları yerine, hareketsiz elementler kullanılarak oluşturulan  $\text{Nb/Y-Zr/TiO}_2$  diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) tercih edilmiştir. Kızıltepe Hornblendli Andeziti'nden alınan örnekler andezit-dasit sınırına yakın bir yerde toplanırken, Alibaba Formasyonu'ndan derlenen ve analizi yapılan örnekler andezit-bazalt alanında toplanmaktadır. Makroskobik olarak bazalt olarak isimlendirilen örneklerden bir tanesi ise yarı alkalen bazalt alanında yer alır (Şekil 17).



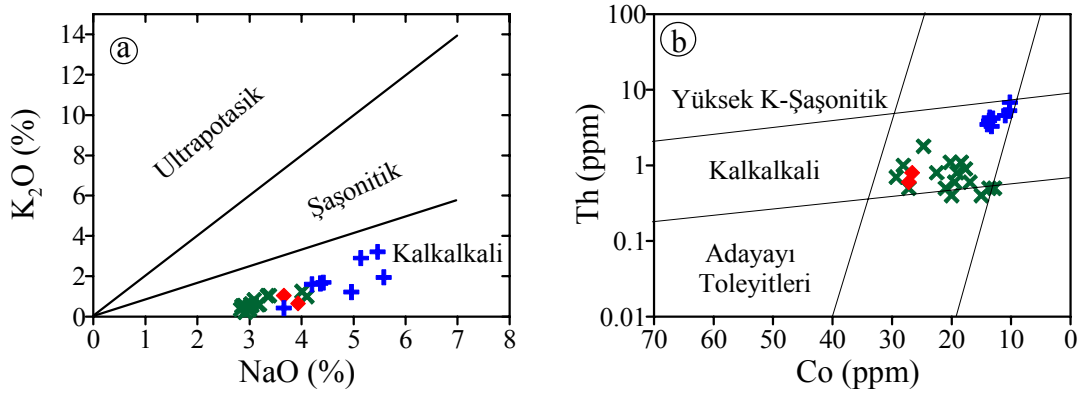
Şekil 17. Arzular (Gümüşhane) yöresindeki Eosen volkanitlerinin  $\text{Nb/Y-Zr/TiO}_2$  diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) kullanılarak adlandırılması. Kesikli çizgilerin oluşturduğu alanlar ve adlandırılmaları Pearce (1996)'dan alınmıştır.

Magmatik kayaların afinitelerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan AFM ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-FeO}_T\text{-MgO}$ ) üçgen diyagramında (Irvine ve Baragar (1971), incelenen volkanik kayalardan Kızıltepe hornblendli andezitleri kalk-alkali alanda yer alırken, Alibaba Formasyonu'ndan alınan bazaltik ve andezitik kayalar toleyitik-kalkalkali geçişinde yer almaktadır (Şekil 18).



Şekil 18. Arzular (Gümüşhane) yöresindeki Eosen volkanitlerinin AFM diyagramı. Toleyitik kalkalkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar (1971)'dan alınmıştır (Açıklamalar Şekil 17'deki gibidir).

Alterasyondan kolaylıkla etkilenebilen ana elementlerin kullanıldığı  $\text{Na}_2\text{O}$ 'ya karşı  $\text{K}_2\text{O}$  diyagramında analiz edilen tüm volkanik kayalar kalk alkali alanda yer alır (Şekil 19a). Özellikle tropikal bölgelerde yüzeyleyen ve şiddetli derecede altere olmuş veya hidrotermal alterasyon veya metamorfizmaya maruz kalmış volkanik kayalar için kullanılan Th-Co diyagramında (Hastie vd. 2007), Alibaba Formasyonu'ndan alınan andezitik ve bazaltik kayalar toleyitik-kalkalkali geçişinde yer alırken, Kızıltepe hornblendli andezitleri kalk alkali alan içinde toplanırlar (Şekil 19b).



Şekil 19. Eosen volkaniklerinin  $\text{Na}_2\text{O}$ 'ya karşı  $\text{K}_2\text{O}$  (a) ve Co'ya karşı Th (b) diyagramlarındaki dağılımları (Açıklamalar Şekil 17'deki gibidir).

Kızıltepe hornblendli andezitleri ve Alibaba Formasyonu'ndan alınan andezitik-bazaltik örneklerin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında (Tablo 3, Şekil 20), her iki ana kayaç grubunun oldukça benzer bir dağılıma sahip oldukları göze çarpmaktadır. İncelenen örnekler hem büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİLE; LILE= Large Ion Lithophil Elements) ve hem de yüksek çekim alanlı elementlerce (YÇAE; HFSE= High Field Strength Elements) çeşitli zenginleşme değerleri sunarlar. Zenginleşme, büyük iyon yarıçaplı elementlerde yüksek çekim alanlı elementlere oranla daha fazladır. Ayrıca bu kayalar, yitim ilişkili magmalarda olduğu gibi negatif Nb, Ta, Zr ve Ti anomalileri ile tipiktir. Kızıltepe hornblendli andezitlerinin kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında (Tablo 4, Şekil 21), bütün elementlerce bir zenginleşme göze çarpmakla birlikte, zenginleşme hafif nadir toprak elementlerde (HNTE), ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre daha fazladır ((La/Lu)<sub>N</sub>=9.20-12.25). Eu'da herhangi bir belirgin negatif veya pozitif anomalinin olmaması, hornblendli andezitlerin gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşması veya birikiminin ana proseslerden biri olmadığına işaret etmektedir. Alibaba Formasyonu andezit ve bazaltlarının kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element değişim diyagramında (Şekil 21), Kızıltepe hornblendli andezitlerinde olduğu gibi tüm elementlerce bir zenginleşme görülmekte olup, hafif nadir toprak elementlerce zenginleşme oranı daha az, ağır nadir toprak elementlerce daha fazladır ve bu nedenle yataya daha yakın bir yönseme görülür ((La/Lu)<sub>N</sub>=2.38-3.85).

Sonuç olarak her ne kadar Eosen döneminde oluşmuş olsalar da, ana ve iz elementler bakımından belirgin farklılıklar olması, Kızıltepe hornblendli andeziti ve Alibaba Formasyonu volkanik kayalarının kaynak alanlarının ve magmaların oluşum zamanlamasının farklı olduğunu işaret etmektedir.

Tablo 3. Kızıl Tepe hornblendli andezitlerinin nadir toprak element (ppm) analizleri.

Kayaç Adı	Kızıl Tepe Hornblendli Andeziti									
	Örnek No	P-34	P-39	P-40	P-48	P-50	P-51	P-53	P-55	*T (%)
<b>La</b>		18.80	15.40	19.30	15.30	15.00	16.00	15.60	16.00	7.46
<b>Ce</b>		38.80	31.50	40.30	28.60	27.20	30.20	30.00	29.60	9.81
<b>Pr</b>		4.67	3.91	4.82	3.53	3.62	3.84	3.60	3.48	1.56
<b>Nd</b>		16.40	15.00	17.60	13.50	14.80	12.60	13.80	13.70	6.86
<b>Sm</b>		2.88	2.67	2.96	2.54	2.57	2.64	2.41	2.50	6.31
<b>Eu</b>		0.92	0.82	0.80	0.77	0.77	0.88	0.77	0.76	4.29
<b>Gd</b>		2.43	2.25	2.24	2.27	2.36	2.29	2.17	2.18	4.94
<b>Tb</b>		0.35	0.36	0.35	0.34	0.35	0.35	0.33	0.34	4.29
<b>Dy</b>		1.95	1.94	2.06	1.88	2.17	2.00	1.70	1.77	4.85
<b>Ho</b>		0.40	0.38	0.35	0.37	0.38	0.40	0.36	0.39	2.49
<b>Er</b>		1.04	1.01	0.95	1.09	1.13	1.09	1.03	1.08	7.12
<b>Tm</b>		0.19	0.14	0.16	0.17	0.18	0.18	0.16	0.17	6.98
<b>Yb</b>		1.12	0.97	1.03	1.13	1.06	1.14	1.05	1.07	4.37
<b>Lu</b>		0.19	0.16	0.16	0.17	0.16	0.18	0.16	0.18	10.00
<b>(La/Lu)<sub>N</sub></b>		10.25	9.97	12.49	9.32	9.71	9.20	10.10	9.20	
<b>(La/Sm)<sub>N</sub></b>		4.11	3.63	4.10	3.79	3.67	3.81	4.07	4.03	
<b>(Gd/Lu)<sub>N</sub></b>		1.59	1.75	1.74	1.66	1.83	1.58	1.68	1.50	
<b>(Sm+Gd)<sub>N</sub></b>		20.41	18.91	20.13	18.41	18.84	18.91	17.52	17.95	
<b>Eu*</b>		10.20	9.46	10.07	9.21	9.42	9.46	8.76	8.97	
<b>(Eu)<sub>N</sub></b>		10.57	9.43	9.20	8.85	8.85	10.11	8.85	8.74	
<b>Eu</b>		1.04	1.00	0.91	0.96	0.94	1.07	1.01	0.97	

$$Eu^* = (Sm+Gd)_N / 2, Eu = (Eu)_N / Eu^*$$

Not: \*T (%): Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).

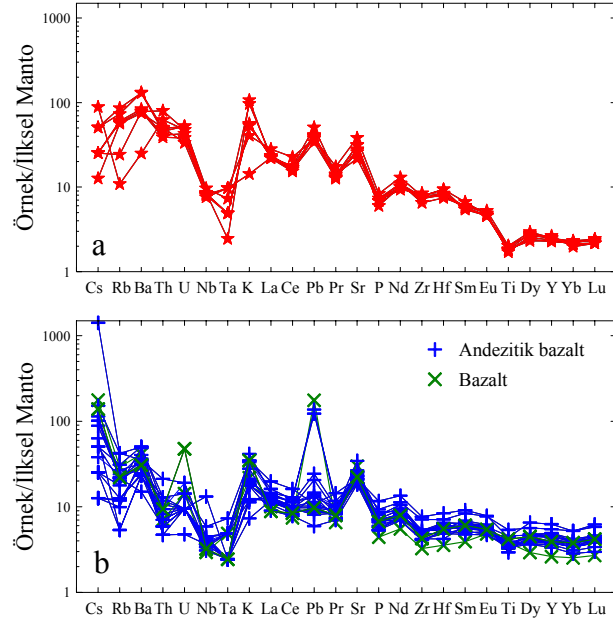
Tablo 4. Eosen volkanitlerinin nadir toprak element (ppm) analizleri.

Kayaç Adı	Bazalt		Bazaltik Andezit																*T (%)
	P3	P13	P1	P4	P5	P6	P8	P10	P12	P22	P24	P26	P29	P31	P32	P35	P37	P38	
La	6.9	7.5	9.9	13.6	11.1	9.7	9.2	6.2	8.4	6.1	7.9	8.6	7.8	8.2	8.1	7.3	8.9	10	7.46
Ce	13.2	17.2	20	28.7	21.7	20	20.3	13.8	16.7	15	17	18.1	16.1	18	17.2	14.6	18	23	9.81
Pr	1.81	2.48	2.8	3.98	2.92	2.76	2.73	1.93	2.32	2.19	2.33	2.53	2.26	2.46	2.34	2.04	2.35	3.24	1.56
Nd	7.5	11.2	12.6	18.3	14.2	12.9	12	9.5	9.7	10.8	11	12.5	10	10.8	10.5	9.3	10.5	15.3	6.86
Sm	1.74	2.81	2.74	4.05	3.05	2.84	2.76	2.11	2.46	2.69	2.68	2.55	2.58	2.65	2.47	2.21	2.31	3.72	6.31
Eu	0.81	0.98	1.01	1.32	1.04	1.02	0.97	0.79	0.95	0.91	0.87	0.99	0.86	0.91	0.88	0.86	0.8	1.3	4.29
Gd	2.04	3.46	3.02	4.4	3.55	3.36	3.29	2.74	2.74	3.02	3.3	3.22	2.71	2.9	2.82	2.59	2.64	4.25	4.94
Tb	0.35	0.62	0.56	0.81	0.63	0.61	0.57	0.49	0.5	0.57	0.55	0.62	0.49	0.53	0.5	0.45	0.48	0.78	4.29
Dy	2.16	3.47	3.2	4.82	3.55	3.41	3.38	2.82	2.81	3.31	3.3	3.35	3.01	3.07	2.99	2.68	2.72	4.16	4.85
Ho	0.47	0.76	0.67	1.03	0.75	0.73	0.67	0.63	0.63	0.69	0.69	0.74	0.58	0.65	0.61	0.56	0.56	0.91	2.49
Er	1.33	2.15	2.09	2.67	2.08	2.04	1.95	1.7	1.69	2	1.94	2.09	1.65	1.96	1.64	1.43	1.61	2.46	7.12
Tm	0.23	0.33	0.28	0.47	0.37	0.33	0.34	0.27	0.24	0.32	0.29	0.33	0.26	0.3	0.27	0.22	0.27	0.39	6.98
Yb	1.25	1.96	1.87	2.57	1.96	2.07	1.93	1.68	1.66	1.87	1.73	1.99	1.69	1.95	1.74	1.4	1.52	2.58	4.37
Lu	0.2	0.34	0.29	0.46	0.32	0.34	0.3	0.28	0.28	0.31	0.3	0.31	0.28	0.29	0.28	0.22	0.25	0.43	10.00
(La/Lu) <sub>N</sub>	3.57	2.04	3.69	3.20	3.75	3.08	3.32	2.39	3.24	2.38	2.85	3.00	3.01	3.06	3.13	3.59	3.85	2.51	
(La/Sm) <sub>N</sub>	2.50	1.43	2.25	2.09	2.26	2.12	2.07	1.83	2.12	1.66	1.83	2.10	1.88	1.92	2.04	2.05	2.39	1.67	
(Gd/Lu) <sub>N</sub>	1.27	1.21	1.34	1.23	1.43	1.28	1.42	1.26	1.26	1.31	1.42	1.34	1.25	1.29	1.30	1.52	1.36	1.28	
(Sm+Gd) <sub>N</sub>	14.20	21.51	21.65	31.80	24.71	23.19	22.61	18.01	19.53	23.38	22.30	21.47	19.96	20.88	19.84	17.96	18.56	29.88	
Eu*	7.10	10.76	10.83	15.90	12.36	11.59	11.31	9.01	9.77	11.69	11.15	10.74	9.98	10.44	9.92	8.98	9.28	14.94	
(Eu) <sub>N</sub>	9.31	10.46	11.22	14.67	11.56	11.33	10.78	8.78	10.56	10.89	9.67	11.00	9.56	10.11	9.78	9.56	8.89	14.44	
Eu	1.31	0.97	1.04	0.92	0.94	0.98	0.95	0.97	1.08	0.93	0.87	1.02	0.96	0.97	0.99	1.06	0.96	0.97	

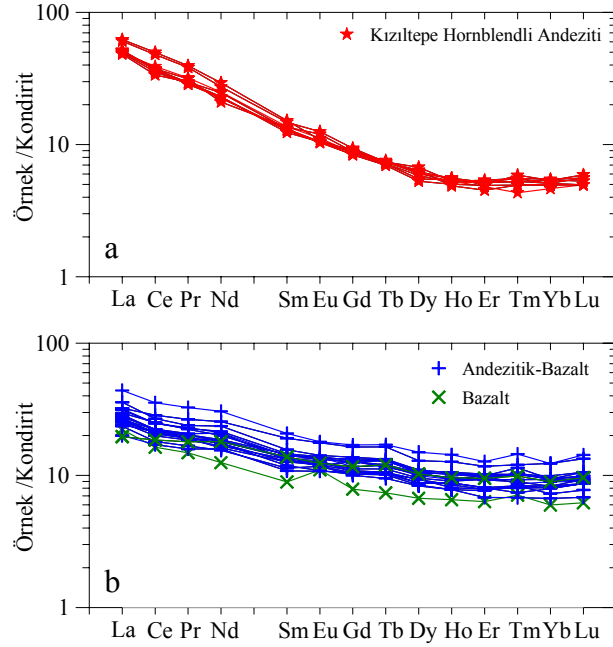
$$Eu^* = (Sm+Gd)_N / 2, Eu = (Eu)_N / Eu^*$$

Not: \*T (%): Tekrarlanabilirlik, Youda (1951) yöntemine göre hesaplanmıştır (Köksoy, 1991).





Şekil 20. (a) Kızıl Tepe hornblendli andezitlerin ve (b) Eosen volkanitlerinin ilksel mantoya göre (Sun ve McDonough, 1984) normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları.

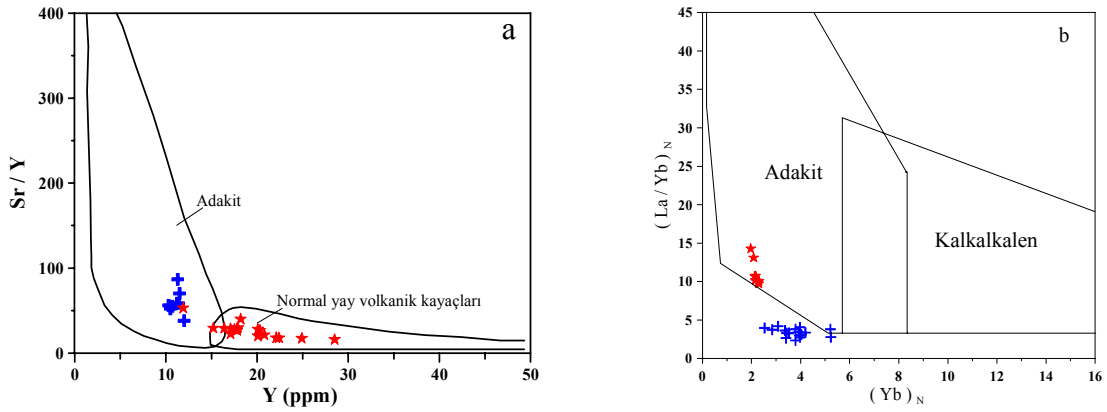


Şekil 21. (a) Kızıl Tepe hornblendli andezitlerin ve (b) Eosen volkanitlerinin kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları (Boynton 1984).

### 3.2.3. Ana Magmaların Doğası

Eosen yaşlı volkanik kayalardan elde edilen analiz sonuçlarının ayrıntılı değerlendirilmesi, Kızıltepe Hornblendli Andeziti ve Alibaba Formasyonu andezit-bazaltlarını oluşturan magmaların farklı kökenlere ait olabileceğine işaret etmektedir. İki kayac grubu karşılaştırıldığında, Kızıltepe hornblendli andezitleri daha yüksek  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Sr, La, düşük Y, Yb içerikleri ve ayrıca biyotit-hornblend gibi sulu minerallerinin bolluğu ile karakteristiktir. Defant ve Drummond (1990), Adak Adası'nda (Aleutian Adaları, Alaska) yaptıkları çalışmada, yüksek  $\text{SiO}_2$  (>%56),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (>%15),  $\text{Na}_2\text{O}$  (>%3.5), Sr/Y (40) ve La/Yb (20), düşük YÇAE içeriğine sahip ve ayrıca önemli miktarlarda plajiyoklas, biyotit ve hornblend içeren kayaları 'adakitler' olarak isimlendirmiş ve bu kayaların yitime uğrayan genç bir okyanus kabuğunun (< 25 milyon yıl) kısmi ergimesi sonunda oluştuğunu ileri sürmüştür. Kızıltepe hornblendli andezitleri yüksek  $\text{SiO}_2$  (% 58.65-60.84),  $\text{Na}_2\text{O}$  (% 3.66-5.58),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (% 15.59-17.39), düşük Y (10.3-12 ppm), Yb (0.9-1.12 ppm) içerikleri, yüksek Sr/Y (38.07-86.83), normalize La/Yb (9.69-12.99) oranları ve önemli miktarda hornblend ve biyotit içermeleri nedeniyle, Defant ve Drummond (1990) tarafından Adak Adası'nda (Alaska) tanımlanan adakitlerle oldukça benzer jeokimyasal özellikler gösterir. Defant ve Drummond (1990) tarafından verilen ve adakitik kayaları normal yay magmatiklerinden ayırt etmede yaygın olarak kullanılan Y'a karşı Sr/Y ve Yb'a karşı La/Yb diyagramlarında (Şekil 22a ve b), Kızıltepe hornblendli andezitleri yüksek Sr/Y (38.06-86.83), kondirit normalize La/Yb ve düşük Y (10.3-12 ppm), kondirit normalize Yb (1.97-2.31) içerikleri ile adakitik kayalar alanında yer almaları bu kayaların adakitik bir magmadan oluştuğunu desteklemektedir. Aynı diyagramlarda (Şekil 22a ve b), çalışılan cevherleşmeye ev sahipliği yapan Alibaba Formasyonu andezit ve bazaltları ise, Kızıltepe hornblendli andezitlerine göre göreceli olarak yüksek Y (11.5-22.4) ve kondirit normalize Yb içerikleri ve düşük Sr/Y (15.88-39.87) ve kondirit normalize La/Yb oranları ile normal ark serisi alanında yer alırlar. Bu jeokimyasal farklılıklar her iki grubun kökeni için farklı magmatik süreçlerin varlığını göstermektedir. Bilindiği gibi yitim ilişkili kıtasal yay magmaları YÇAE göre BİLE'ce zenginleşme, ANTE'ye göre HNTE'ce zenginleşme ve negatif Nb, Ta, Zr, Hf ve Ti anomalileri ile karakteristiktir (Pearce 1982; Ringwood 1990; Hawkesworth vd. 1991; McCulloch ve Gamble 1991). BİLE ve HNTE'ce zenginleşme dalan okyanusal litosferden ve/veya dalan litosfer üzerindeki sedimentlerden açığa çıkan akıcıların manto kaması içine girişi ile ilişkilidir (Ringwood 1990; Hawkesworth vd., 1991). Okyanus adası bazaltları ise negatif Nb, Ta ve Ti anomalilerinin yokluğu ile yitim ilişkili kıtasal yay volkanik

kayaçlarından ayrılırlar. Kızıltepe hornblendli andezitleri ve Alibaba Formasyonu bazalt-andezitlerinin iz element dağılım diyagramlarında görülen YÇAE'ye göre BİLE'ce zenginleşme ve ayrıca oldukça belirgin negatif Nb, Ta, Zr, Hf ve Ti anomalileri her iki kayaç grubunun gelişiminde yitim süreçlerinin etkili olduğuna işaret etmektedir. Bunlara ilave olarak kondirite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramlarında, ANTE'ye göre HNTE'ce zenginleşme bu görüşü destekler. Adakitik karakter sunan Kızıltepe hornblendli andezitleri ve cevherleşmeye ev sahipliği yapan Alibaba Formasyonu bazalt-andezitleri karşılaştırıldığında, Kızıltepe hornblendli andezitleri HNTE'ce daha fazla zenginleşme, buna karşın ANTE'de ise daha fazla bir tüketilme sergilemektedir. Adakitik magmaların genel özelliklerinden biri olan ANTE'ce tüketilme ve düşük Y ve Yb içerikleri onların kaynak bölgesinde rezidüel garnetin ( $\pm$ amfibol) varlığı ile ilişkilidir (Defant ve Drummond, 1990; Bourdon vd. 2002). Alibaba Formasyonu bazalt-andezitlerinde de, Kızıltepe hornblendli andezitlerinde olduğu gibi ANTE'ye göre HNTE'ce bir zenginleşme göze çarpmakta olup, bu nadir toprak element yönsemeleri, Eosen yaşlı adakitik olmayan magmaların gelişiminde de yitim ilişkili proseslerin etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca özellikle Kızıltepe hornblendli andezitlerinde yüksek oranlarda görülen hornblend ve biyotit gibi sulu minerallerin varlığı yitim ilişkili adakitik magmaların ana özelliklerinden biridir.



Şekil 22. İnceleme alanında yüzeylenen Eosen yaşlı volkanik kayaçların Y'ye karşı Sr/Y (a) ve kondritit normalize Yb'ye karşı kondrit normalize La/Yb dağılımları (b) adakitik ve normal yay volkanik kayaçlara ait sınırlar Defant ve Drummond 1990'dan alınmıştır.

Kızıltepe hornblendli andezitlerinin kondirite göre nadir toprak element dağılım diyagramında belirgin bir pozitif veya negatif Eu anomalisinin görülmemesi ise bu kayaçların gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşması ve/veya birikiminin önemli bir proses

olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak adakitik özellikler sunan Kızıltepe hornblendli andezitleri ve normal kıtasal yay magmalarının özelliğini yansıtan Alibaba Formasyonu bazalt-andezitleri yitim ilişkili magmalardan meydana gelmiştir. Bu birimlerin gelişimleri sırasında ayrımlaşma, farklılaşma, kabuksal kirlenme ve asimilasyon prosesleri etkili olmuştur (Eyüboğlu vd., 2010).

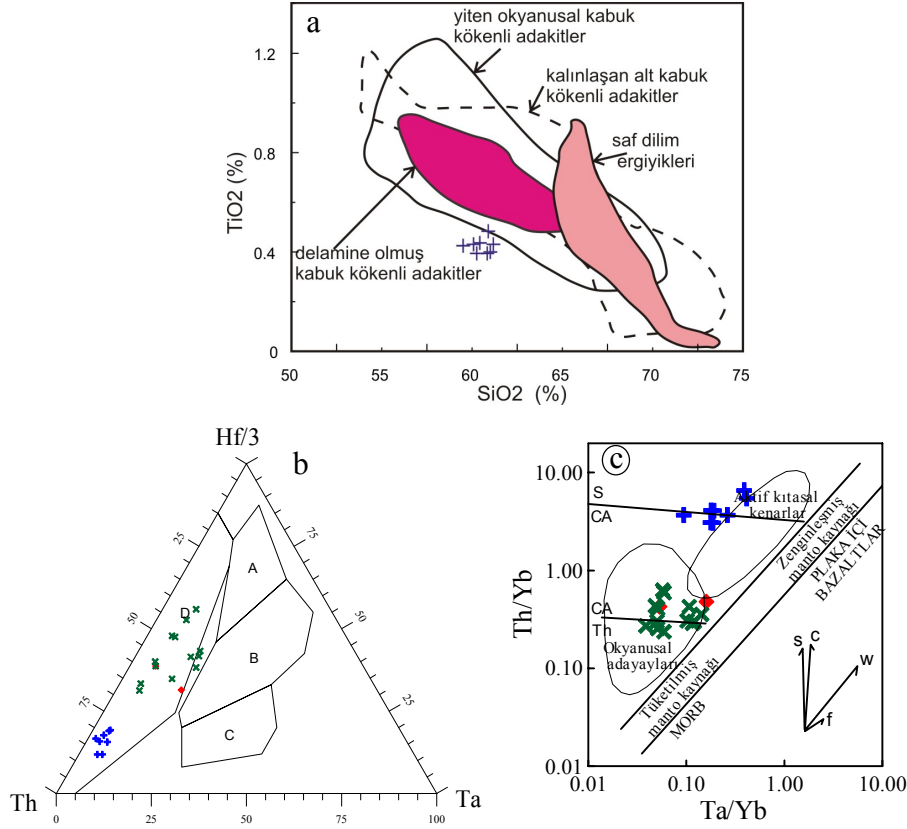
### 3.2.4. Tektonik Ortam

Kızıltepe hornblendli andeziti inceleme alanındaki Eosen volkanizmasının ilk ürünlerini temsil eder. Benzer kütleler inceleme alanı dışında da yaklaşık KB-GD doğrultulu bir hat üzerinde uzanır. Kızıltepe hornblendli andezitlerinden elde edilen tüm kayaç analiz sonuçları (ana, iz ve nadir toprak element analizleri) onların kaynak alanı için adakitik bir magmayı işaret etmektedir. Defant ve Drummond (1990), Adak Adası'nda yüzeyleyen genç volkanik kayaçlar üzerinde yaptıkları çalışmada adakitik kayaçları ilk tanımladıklarında onların dalan genç bir okyanus kabuğunun (<25 milyon yıl) kısmi ergimesi ile oluştuğunu ileri sürmüştür. Her ne kadar ilk olarak bu kayaç tipi Defant ve Drummond (1990) tarafından tanımlanmış olsa da, bu kayaçlar üzerinde ilk çalışmayı yapan Kay (1978), yüksek MgO içeriği ile karakteristik olan Aleutian adaları yüksek magnezyumlu andezitik kayaçlarını yiten Pasifik okyanus diliminin bazaltik üst kısmının ergimesi ile ilişkilendirmiştir. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda benzer jeokimyasal özelliklere sahip kayaçlara dünyanın çeşitli bölgelerinde ve farklı jeodinamik ortamlarda rastlanmıştır. Son 20 yılda bu kayaç grubu üzerindeki ayrıntılı petrolojik çalışmalar göstermiştir ki; bu kayaçlar sadece yiten genç okyanusal kabuğun kısmi ergimesiyle değil, çarpışmadan sonra kalınlaşan alt kıtasal kabuğun kısmi ergimesi (Chung vd. 2003) veya delaminasyonu (Xu vd. 2002; Gao vd. 2004), bazaltik bir magmanın ayrımlaşması (Castillo vd. 1999) veya dalan dilimde pencere açılması (Thorkelson ve Breitsprecher, 2005) gibi çok farklı proseslerle farklı jeodinamik ortamlarda gelişebilir. Karlı vd. (2010), Kale (Gümüşhane) yöresinde KB-GD gidişli bir hat üzerinde yüzeyleme veren Kızıltepe hornblendli andezit kütlelerini ve diğer benzer kütleleri konu alan çalışmalarında, Gao vd. (2004) için Sulu Kuşağı için verilen modeli modifiye ederek, bu adakitik kütlelerin gelişimini kuzeye doğru dalan Neotetis okyanus kabuğunun yitim zonu içinde kaybolması ve Anatolid-Torid bloğunun Pontid arkı üzerine yerleşmesine bağlı olarak kalınlaşan alt kabuğun delaminasyonu ile açıklamıştır. Ayrıca bu modellerinde,

yüksek magnezyumlu bazı örneklerin Pontid arkı ve Anatolid-Torid bloğunu kesen magmalardan oluştuğunu, düşük magnezyumlu olanların ise sadece Pontid bloğunu keserek yerleşen magmaların ürünleri olduğunu göstermişlerdir. Ancak araştırmacıların çalışmasına konu olan Kale yöresinde bu kütleler dar bir şerit halinde yüzeyleme vermekte ve bu alanda Anatolid-Torid platformuna ait hiçbir kayaç birimi yüzeyleme vermemektedir. Kale yöresinde sadece Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın otokton birimleri olan Erken-Orta Jura yaşlı Şenköy Formasyonu, Geç Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu, Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu ve Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu yüzeyleme vermektedir. Benzer kayaçlar üzerine bölgesel ölçekte detaylı jeokronolojik ve jeokimyasal çalışmalar yapan Eyüboğlu vd., (2010), bu kayaçların bölgesel dağılımını dikkate alarak, söz konusu kayaçların güneyden kuzeye doğru gençleşmesinde güneye doğru dalan Tetis okyanus kabuğunun Geç Paleosen'den itibaren Transform faylar boyunca açılması ve açılan pencereden sıcak astenosferin manto kaması içine nüfuz etmesi sonucu oluştuklarını ileri sürmüşlerdir.

Kızıltepe hornblendli andezitlerinin iz ve nadir toprak element dağılımları bu kayaçların gelişiminde yitim proseslerinin etkili olduğunu gösterir. Kayaçlardaki YÇAE elementlere göre BİLE elementlerce zenginleşme, belirgin negatif Nb, Ta, Zr, Hf ve Ti anomalilerin varlığı, bol miktarda biyotit ve hornblend gibi sulu minerallerin bulunması genellikle yitim ilişkili proseslerle oluşan magmaların özelliğidir. Ayrıca nadir toprak elementlerde ANTE elementlerden HNTE elementlere doğru görülen konkav şekil bu kayaçların yitim ilişkili olabileceğini destekler. Benzer olarak bu kayaçlar SiO<sub>2</sub> ye karşı hazırlanan TiO<sub>2</sub> diyagramında yitim ilişkili adakitik kayaçlar alanlarında toplanırlar (Şekil 23a). Erken Eosen dönemindeki adakitik karakterli magmatizma, Orta Eosen'de incelenen cevherleşmelere de ev sahipliği yapan bazaltik-andezitik kayaçlara vücut veren normal ark magmatizmasına geçiş gösterir. Bu volkanik kayaçlarında, Kızıltepe hornblendli andezitlerinde olduğu gibi iz ve nadir toprak element dağılım diyagramlarında yitim ilişkili magmaların özelliklerini yansıtması bu dönemde de yitim proseslerinin ve magmatizmasının devam ettiğini göstermektedir. Volkanik kayaçların jeotektonik ortamlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan Hf/3-Th-Ta diyagramında (Wood vd. 1979), hem Kızıltepe hornblendli andezitleri ve hem de Alibaba Formasyonu bazalt-andezitleri volkanik yay bazaltları alanında toplanırlar (Şekil 23b). Pearce vd. (1982) tarafından verilen Ta/Yb'a karşı Th/Yb diyagramında adakitik karakter sunan Kızıltepe hornblendli andezitleri kalk alkali-şoşonit geçişinde, Alibaba Formasyonu bazalt-andezitleri ise çoğunlukla kalk alkali alanda toplanırlar

(Şekil 23c). Aynı diyagramda her iki grup zenginleşmiş bir manto kaynağı kökenli aktif kıtasal kenar alanında toplanır.



Şekil 23. (a) Kızıltepe hornblendli andezitlerinin, adakitik kayaların köken ayırımı için kullanılan SiO<sub>2</sub>'ye karşı TiO<sub>2</sub> diyagramındaki dağılımları, (b) Eosen volkanitlerinin Hf/3-Th-Ta diyagramındaki konumları (Wood vd., 1979). A) N tipi MORB, B) E tipi MORB, C) Plaka içi alkalin bazaltları, D) Volkanik yay bazaltları, (c) Eosen volkanitlerinin Ta/Tb'ye karşı Th/Yb tektonik ayırtman diyagramı (Pearce, 1992) (Açıklamalar Şekil 17'deki gibidir).

### 3.3. Maden Jeolojisi, Mineralojisi ve Mineral Kimyası

İnceleme alanının içinde bulunduğu Gümüşhane İli ve çevresi, madencilik sektöründe ülke ekonomisine dikkate değer katkı sağlamış ve halihazırda katkı sağlamaya devam eden bir bölgedir. Gümüşhane'de bulunan madenler özellikle Au, Ag, Cu, Zn ve Pb, için önem teşkil etmektedir. Altın potansiyeli olan ve işletme hazırlıkları tamamlanıp Au elde edilmeye başlanan Mastra Madeni başta olmak üzere, Midi Zn-Pb Madeni, Kaletaş Au Cevherleşmesi, Kırkpavli ve Hazine Mağara Cu (Au, Ag) cevherleşmeleri Gümüşhane

ve civarında bilinen önemli yataklardır (Kahraman vd., 1984; Tüysüz vd., 1994; Tüysüz vd., 1995; Çubukçu, 1998; Tüysüz ve Akçay 2000).

Çalışma konusunu oluşturan Arzular Cevherleşmesi, ilk kez MTA tarafından 1992 yılında başlatılan Doğu Karadeniz Bölgesinde Altın Araştırmaları ile ilgili prospeksiyon çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. Aynı sahada MTA tarafından 1998 yılında 1/10000 ölçekli yarı detay ve 2001 yılında 1/5000 ölçekli detay jeolojik çalışma yapılmış ve sırasıyla 9.8 g/t Au ve 13.2 g/t Au elde edilmiştir ve sahanın altın açısından önemli olabileceği düşünüldüğünden saha MTA'ya kazandırılmıştır. Arzular Cevherleşme sahasında 2002-2006 yılları arasında MTA tarafından yapılan çalışmalar şu şekilde sıralanabilir. 2002 yılında 1/1000 ölçekli ayrıntılı jeolojik çalışma ile beraber alterasyon zonlarının daha iyi takip edilebilmesi açısından damara dik doğrultuda açılan 9 adet yarmadan alınan 60 adet örneğin kimyasal analizleri sonucu 23 örnekte 0.4-8.6 g/t arasında değişen Au değeri tespit edilmiştir. Elde edilen bu tüm bu verilerin altın açısından önemli olabileceği düşünülerek cevherleşmenin derine doğru devamlılığının araştırılması amacıyla sahada 2002-2006 yılları arasında toplam 19 adet sondaj yapılmıştır. Sondaj karotlarının yarılanmasıyla elde edilen örneklerinin kimyasal analizleri sonucu 1- 64.8 g/t arasında değişen Au değerleri tespit edilmiştir (Güner ve Yazıcı, 2006).

Arzular cevherleşmesi ve yakın civarının jeolojisini ve bu bölgede yaygın olan kayaç grupları arasındaki stratigrafik ilişkileri ve tektonik özelliklerini daha ayrıntılı bir şekilde belirlemek, kayaçların petrografisini, jeokimyasını ve bununla birlikte cevherleşme ve yakın çevresinin alterasyon haritasını hazırlamak için sistematik örnekleme yapılmıştır. Cevherleşmenin mineral parajenezinin, oluşum sırasının, yan kayaç alterasyon mineralojisinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar, arazi, polarizan mikroskopisi, cevher mikroskopisi, XRD ve DTA şeklindedir.

### **3.3.1. Arzular Cevherleşmesi ve Yakın Çevresinin Jeolojisi**

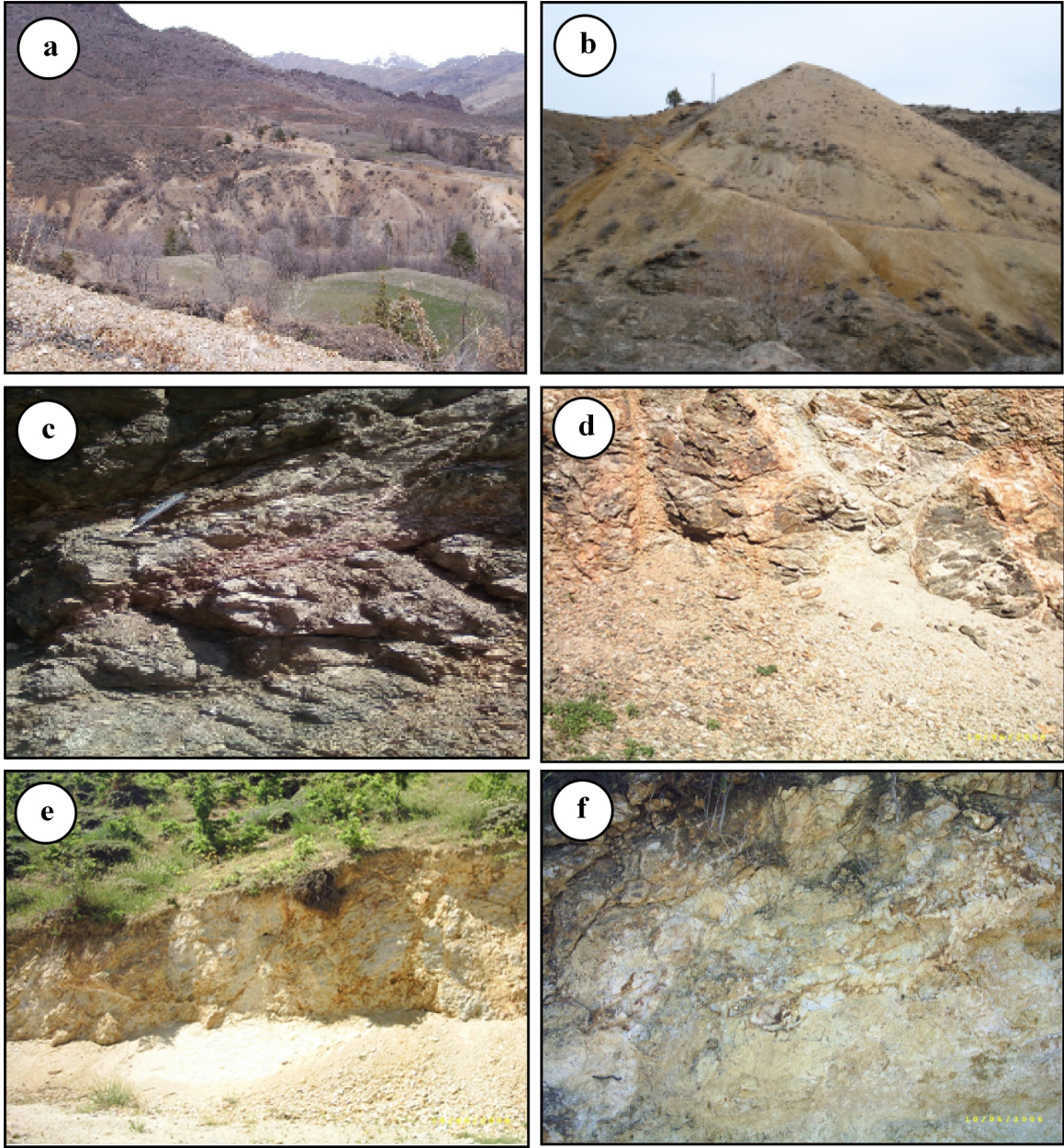
Arzular Cevherleşme sahasında Eosen yaşlı andezit-bazalt ve bunların piroklastitlerinden oluşan Alibaba Formasyonu geniş bir alanda yüzeyleme vermektedir. Cevherleşme özellikle Alibaba Formasyonu içinde yer alan andezitlere bağlı olarak gelişmiş olup, bu kayaçlarda yer yer yoğun alterasyon gözlenmektedir. Cevherleşmenin içine yerleştiği andezitleri ise sahada bazalt daykları kesmektedir (Bkz. Bölüm 3.1.4.).

### 3.3.1.1. Arzular Cevherleşmesi

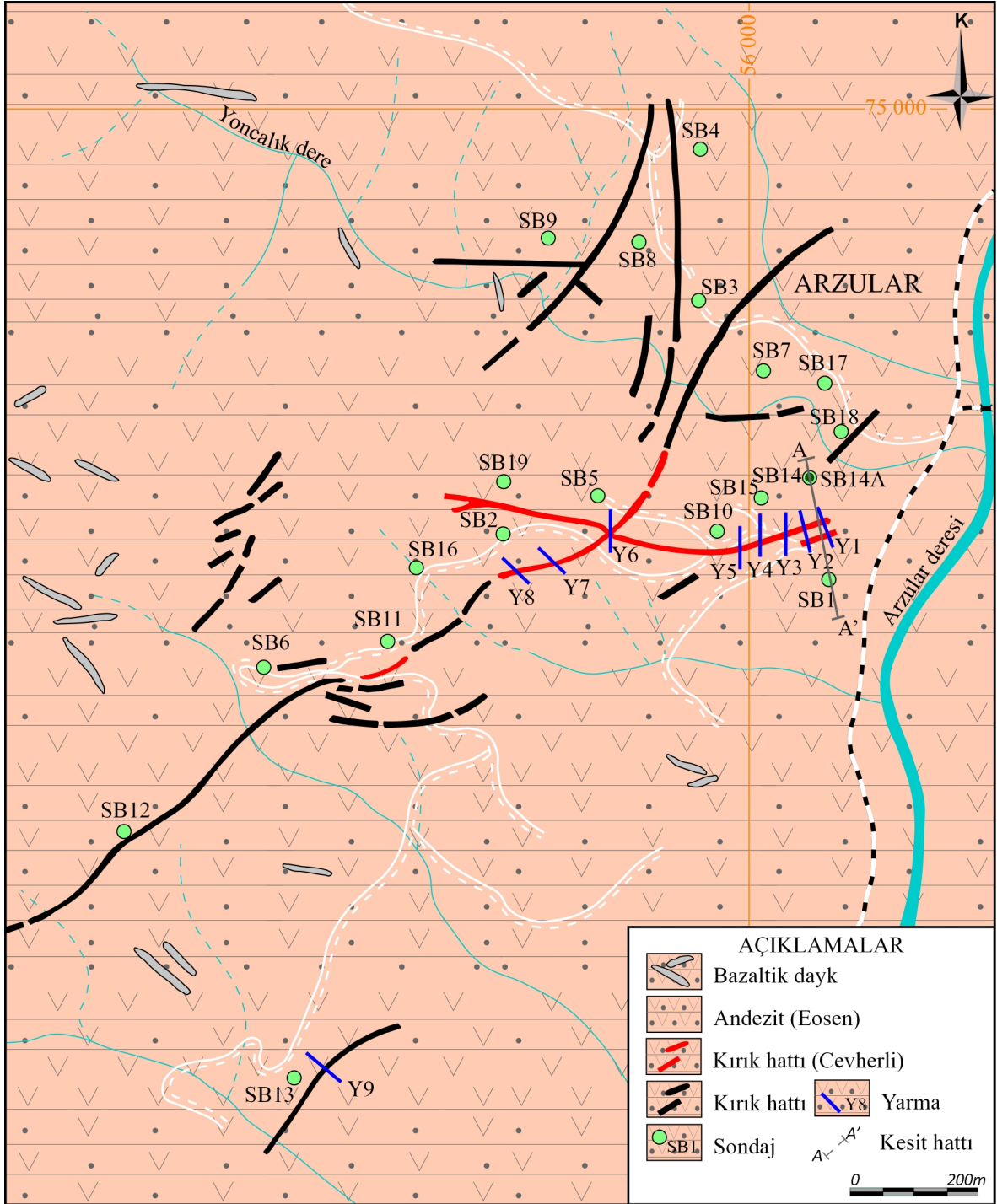
Çalışma konusunu oluşturan cevherleşme sahası, Gümüşhane İli Arzular Beldesi'nin batısında Kuzdağı Sırtı ve civarında yer aldığından Arzular Cevherleşmesi olarak isimlendirilmiştir. Bu cevherleşme sahasında yaygın olan birim, Alibaba Formasyonu'nun andezitleridir. Sahada bulunan andezitler genellikle KD-GB yönlü faylardan yoğun olarak etkilenmişlerdir. Cevherleşme çalışma sahasında 1 km<sup>2</sup>'lik bir alanda Kuzdağı Sırtı ve civarında DB ve KD-GB doğrultulu fay ve kırık zonlarında bulunmaktadır. DB doğrultulu kırık zonunun uzunluğu yaklaşık 500 m kadardır. DB doğrultulu kırık hattında bu silis damarları 70° kuzeye eğimlidir. Kalınlıkları ise 10 cm ile 40 cm arasında değişmektedir. Cevherleşme sahasında KD-GB doğrultulu kırıkların uzunluğu 1500 m kadardır. Bu kırıklarda bulunan silis damarları ve cevher mostraları K70D doğrultulu ve 75° KB'ya eğimlidir. Ancak bu cevher mostraları ve silis damarları devamlılık arz etmezler. Bu mostraların kalınlıkları ise yaklaşık 20 cm ile 50 cm arasında değişmektedir. Bu kırık zonlarının bulunduğu alanda cevherleşmeye ev sahipliği yapan andezitler, hidrotermal alterasyona maruz kalmışlardır (Şekil 24a). Eosen yaşlı bu andezitlerde gözlenen alterasyon türleri genel olarak cevherleşmeden uzak kesimlerde limonitleşme-hematitleşme (Şekil 24b, c ve d ), cevherleşmeye geçiş zonlarında killeşme (Şekil 24e) cevherleşmenin yoğunlaştığı zonlarda ise silisleşme gözlenmektedir (Şekil 24f).

Cevherleşme sahasında, MTA tarafından DB ve KD-GB uzanımlı kırık zonlarını kesecek şekilde, tamamı andezitler içinde yer alan toplam 19 adet sondaj yapılmış ve 9 adet yarma açılmıştır (Şekil 25). İnceleme alanında yapılan SB1 ve SB14 nolu sondajlardan (Şekil 26) en zengin Au konsantrasyonu (64.80 g/ton) elde edilmiştir.

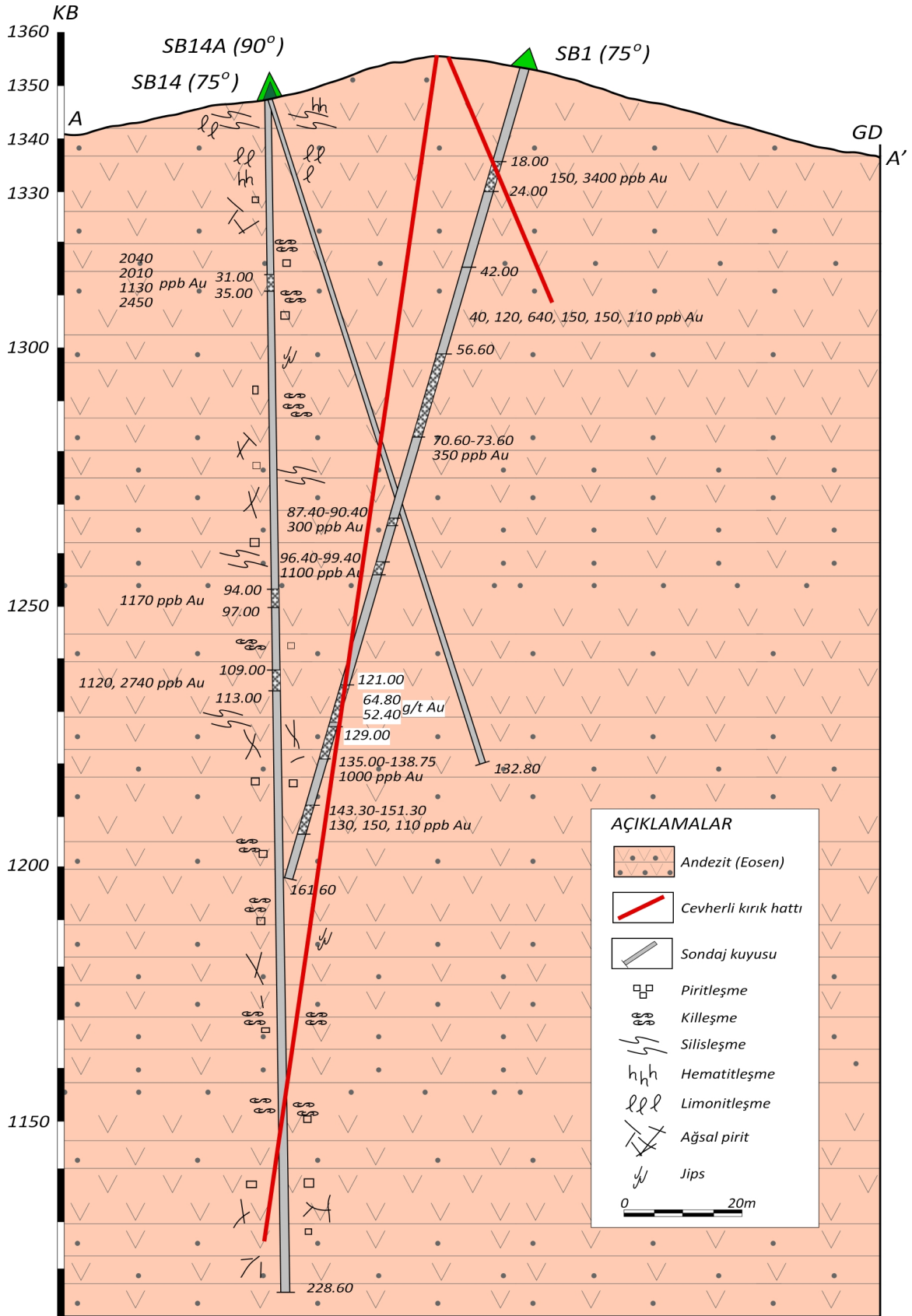




Şekil 24. Arzular cevherleşme sahasında gözlenen alterasyon türleri: (a) KB-GD doğrultulu kırık sisteminde gözlenen alterasyonlar, (b) killeşme ve limonitleşme, (c) hematitleşme (d) killeşme ve limonitleşme, (e) killeşme (f) silisleşme.



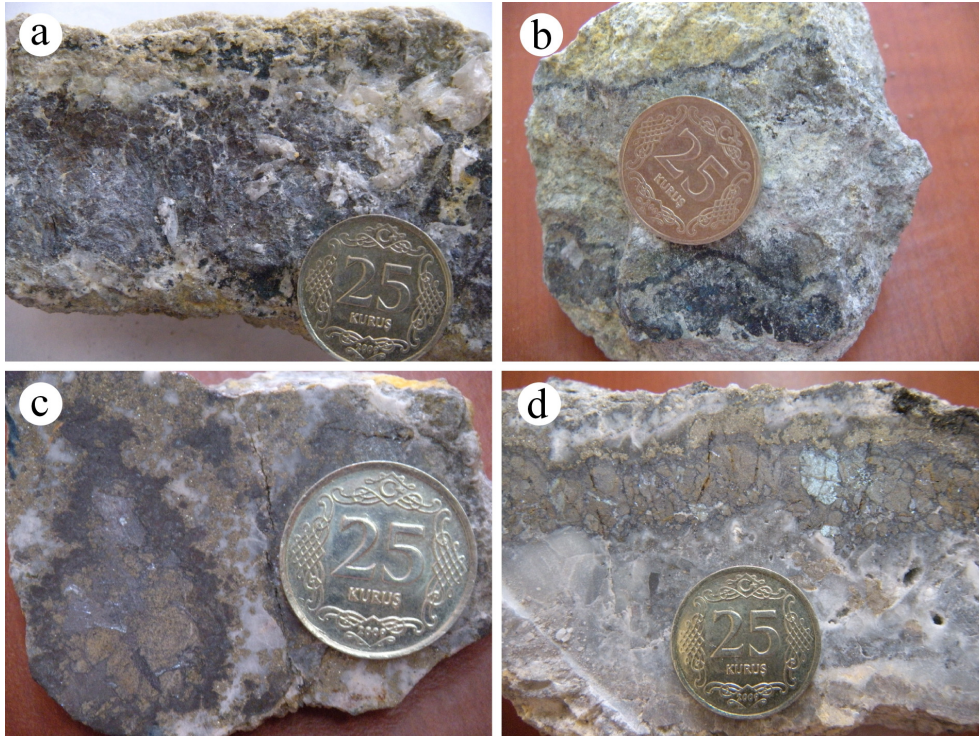
Şekil 25. Cevherleşme sahasının detay jeoloji haritası, MTA tarafından yapılan sondajların ve açılan yarmaların yerleri (Güner ve Yazıcı 2006'dan değiştirilerek).



Şekil 26. Cevherleşme sahasında yapılan SB1, SB14 ve SB14A nolu sondajlara ait enine kesit (Güner ve Yazıcı 2006'dan değiştirilerek).

### 3.3.1.2. Cevher Yapıları, Cevherin Yerleşimi ve Yaşı

Çalışılan sahada Kuzdağı sırtı ve çevresinde, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu içinde KD-GB ve yaklaşık DB doğrultulu fay ve kırıklara olarak oluşan Arzular cevherleşmesinde yaygın olarak boşluk dolgusu ve bantlı yapı gözlenmektedir. Sahada yapılan gözlemler neticesinde cevher içeren makro örneklerde, sfaleritler bantlı yapılarda 2cm (Şekil 27a), galenler ise daha ince damarlar şeklinde yaklaşık 0.2 cm (Şekil 27b ve c) genişliğe sahiptirler. Sahada nadiren de galen, sfalerit ve piritin kuvars içinde bulunduğu breşik yapılarda gözlenmiştir (Şekil 27c).



Şekil 27. Arzular cevherleşme sahasında ornatım sonucu gelişen bantlı cevher yapıları.

Cevherin yan kayaçta meydana gelen kırık ve çatlaklara boşluk dolgusu şeklinde veya onları ornatarak yerleşmesi nedeniyle sahada epijenetik bir yerleşim olduğu söylenebilir. Cevherleşme çalışılan sahada yan kayaçların en genç birimi olan Alibaba Formasyonu'nda bulunan (Eosen, Bölüm 3.1.4.) andezitlere yerleşmiştir. Çalışılan sahanın dışında yüzeyleme veren Dölek Graniti (Eosen) Alibaba Formasyonu'nu keserek yerleşmiştir (Karslı 2002; Çubukçu, 1998). Bu bilgidenden yola çıkarak cevherin yerleşim yaşı

Eosen ve sonrası olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle inceleme alanı dışında tespit edilen en genç sokulum kayacı Dölek Graniti ile cevherleşme arasında doğrudan kökensel bir ilişki olduğu düşünülmektedir.

### 3.3.2. Mineral Parajenezi, Kimyası ve Oluşum Sırası

Arzular cevherleşme sahasından alınan örneklerin cevher mikroskobisi ile incelenmesi sonucu, cevheri oluşturan cevher ve gang mineralleri, mineral oluşum sırası ve mineraller arası dokusal ilişkiler tespit edilmiştir. Ayrıca minerallerin kimyasal özelliklerini belirlemek için cevher mineralleri üzerinde mikrokimyasal analizler yapılmıştır. Yapılan incelemeler neticesinde cevherleşme sahasının mineral parajenezi Şekil 28’da verilmiştir.

	I. Evre	II. Evre	Oksidasyon
Kuvars	—————	—————	
Pirit	—————	—————	
Kalkopirit	—————	—————	
Altın		—————	
Sfalerit	—————	—————	
Tetrahedrit	—————	- - - - -	
Galen	—————	—————	
Malahit			—————
Azurit			—————
Kovellin			—————
Kalkozin			—————

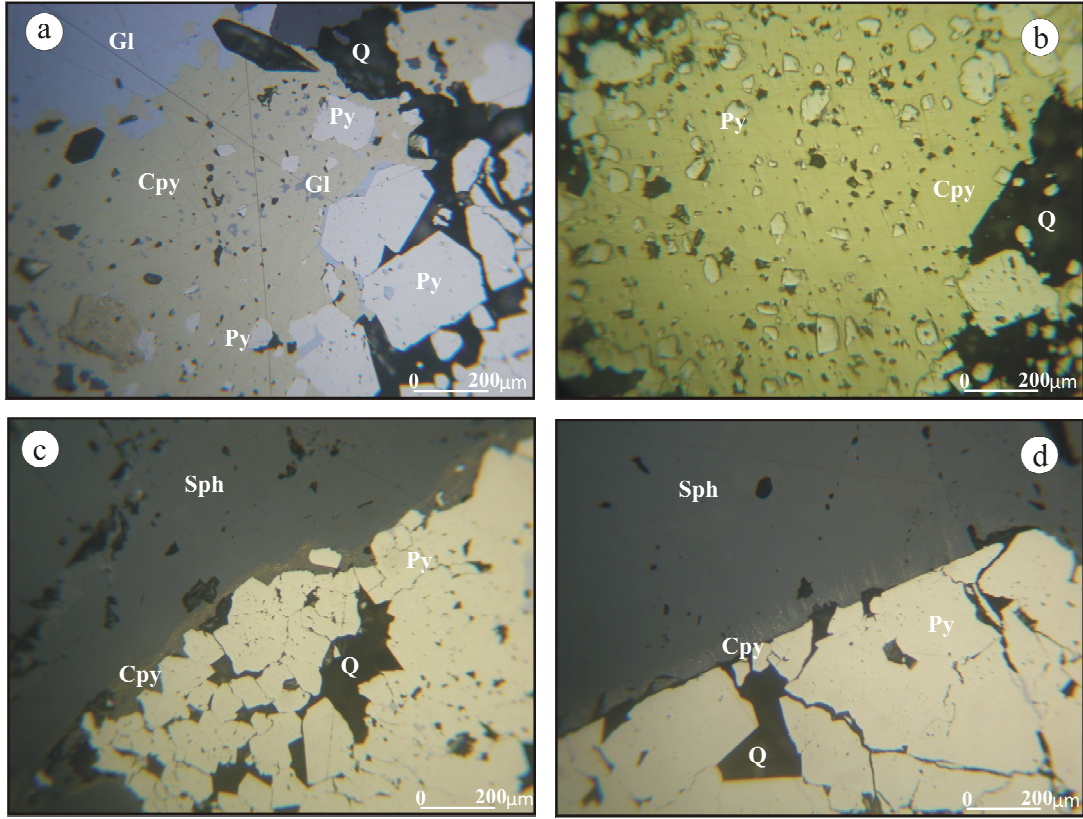
Şekil 28. Arzular cevherleşmesine ait genelleştirilmiş mineral oluşum sırası.

Cevher oluşumunun 2 evrede gerçekleştiği belirlenmiştir. Birinci evreden sonra kırılma ornatım, ikinci evreden sonra ise sadece kırılma gerçekleşmiştir. Bu iki evre sonunda ise oksidasyon evresi belirlenmiştir. Cevher minerali parajenezinin, pirit, kalkopirit, sfalerit, tetrahedrit, galen ve eser miktarda altından oluştuğu belirlenmiştir. Malahit-azurit, kovellin-kalkozin kalkopirit ve galenlerin çevresi ve kırıkları boyunca oluşan ikincil mineraller olup nadiren gözlenmektedir. Bu bölümde, cevher minerallerinde elde edilen dokusal ilişkiler ve mineral kimyası bulguları minerallerin oluşum sırasına göre ele alınmıştır.

Arzular cevherleşmesinde mikrokimyasal analizler kapsamında; pirit analizleri toplam 58 noktada (41'i yüzeyden 17'si 94m derinden alınan örneklerde), kalkopirit, sfalerit ve galen analizleri her bir mineral için toplam 45'şer noktada (30 adet yüzey 15 adet 94m derinden alınan örneklerde), tetrahedrit minerali için ise toplam 13 noktada analiz edilmişlerdir. Bu minerallere ait analiz sonuçları Ek Tablo 1, 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

### **3.3.2.1. Pirit**

Pirit, cevherleşmede galen ve sfaleritten sonra en yaygın olarak gözlenen mineral olup iki ayrı fazda oluşmuştur. İlk evrede oluşan piritlerin genel olarak kalkopiritler ve galenler tarafından ornatıldığı ve bu ornatım sonucu öz şeklini kaybetmiş daha küçük boyutlarda piritlerde belirlenmiştir. Ornatım sonucu bazen kalkopiritler ve galenler içinde ornatım artığı kapanımlar şeklinde bulunan piritlerin yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristalleri de mevcuttur (Şekil 29a ve b). İncelenen parlak kesitlere göre piritlerin en önemli özelliği bol kırık ve çatlaklı olmaları ve kataklastik doku göstermeleridir (Şekil 29c ve d). Piritlerin diğer önemli özelliği ise içlerinde oldukça küçük boyutlarda galen ve kalkopirit kapanımları içermesidir. Piritler kesitlerde 5-200 mikron arasında değişen boyutlarda izlenmektedir.

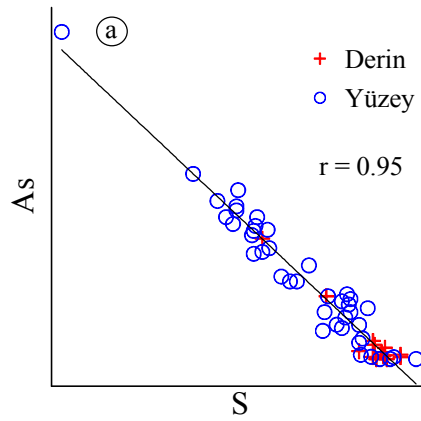


Şekil 29. (a) Galen mineralinin kalkopiriti ve piriti ornatması ve kalkopirit içinde pirit kapanımları, (b) Kalkopiritin piriti ornatması ve kalkopirit içinde pirit kapanımları, (c ve d) Pirit-sfalerit dokanağında gelişen kalkopirit ayrılmaları ve piritlerde gözlenen kataklastik doku (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Sph: Sfalerit, Py: Pirit, Q: Kuvars).

Piritler ana elementlerinin yanı sıra Cu, Se, Zn, Au, Ni ve Co için analiz edilmiştir (Tablo 5). Analiz sonuçlarına göre piritlerin önemli miktarlarda iz element içermediği belirlenmiştir. Fakat piritlerde belirlenen As ve Cu içeriği bakımından yüzeydeki örneklerin derindeki örneklere nazaran daha zengin olduğu belirlenmiştir. Piritin mineral formülü  $Fe_{0.99-1.00}S_{1.96-2.00}$  olarak hesaplanmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre As ve S arasında hem yüzeyden alınan hem de derinde alınan örneklerde negatif korelasyon tespit edilmiştir (Şekil 30). Bu grafiğe göre As'nin Fe ile değil de S ile iyon alışverişi yaptığı, As miktarındaki artma oranında S miktarında azalma olduğu belirlenmiştir. Benzer bir bulgu, Zacharias vd., (1987) tarafından da elde edilmiş olup araştırmacı As'nin S ile olan iyon alışverişini  $Fe(As_xS_{1-x})_2$  formülü ile açıklamıştır.

Tablo 5. Piritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler.

	Element ( % Ağ.)								
	Fe	S	As	Cu	Se	Zn	Au	Ni	Co
Ortalama	46.28	52.96	0.47	0.03	0.01	0.04	0.01	ö.s.a.	ö.s.a.
Medyan	46.24	53.10	0.35	0.02	ö.s.a.	0.01	0.01	ö.s.a.	ö.s.a.
Std. Sapma	0.22	0.39	0.49	0.04	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01
Minimum	45.59	51.45	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.
Maksimum	46.75	53.50	2.42	0.15	0.03	0.50	0.03	0.03	0.04
Nokta Sayısı	58	58	58	58	58	58	58	58	58

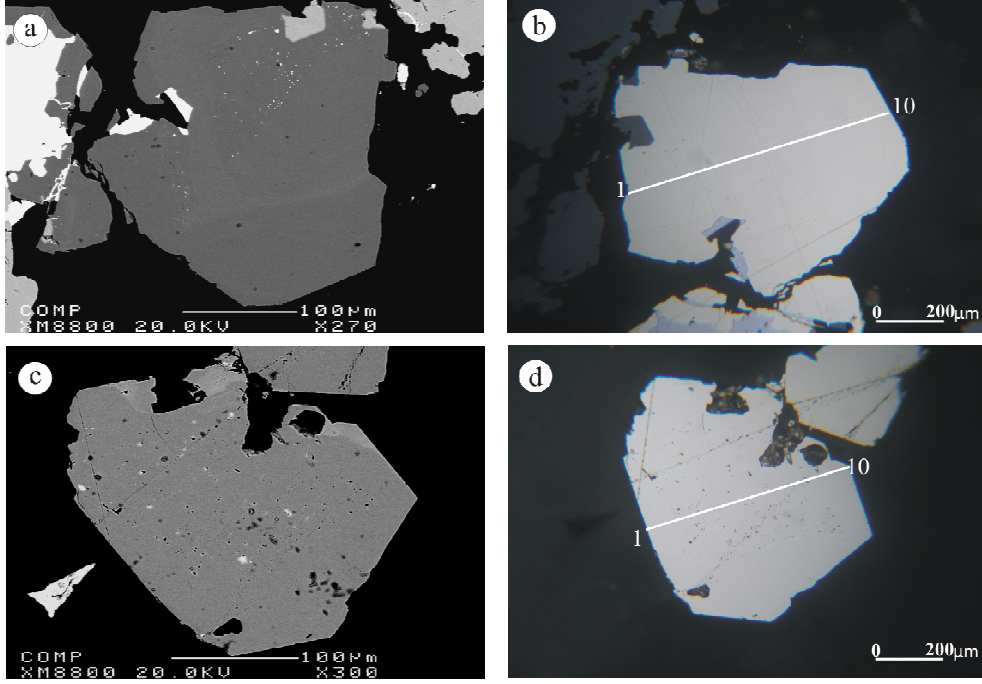


Şekil 30. Piritlerde S ve As (atomik %) arasındaki iyon değişimini gösteren negatif korelasyon.

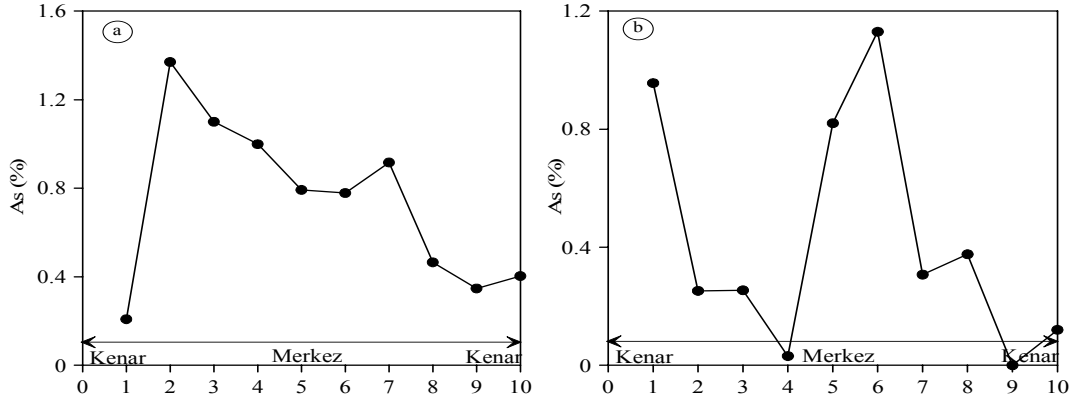
Piritler üzerinde ayrıca hat analizi yapılarak pirit minerallerinde iz element içeriği bakımından bir zonlanmanın olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda 3 adet (2 yüzey, 1 derin) pirit minerali üzerinde kenardan merkeze doğru 10 nokta analizi yapılmış ve BSE fotoğrafı çekilmiştir (Şekil 31).

Pirit mineralleri üzerinde kenar-merkez kenar doğrultusunda yapılan hat analizleri sonuçlarına göre piritlerin yüzey örneklerinde As içeriklerinin kenar zondan merkez kısımlara doğru azalma (Şekil 32a ve Şekil 31a ve b) eğiliminde olduğu derinden alınan örneklerde ise As içeriğinin (Şekil 32b ve Şekil 31c ve d) belirgin bir zonlanma göstermediği belirlenmiştir.





Şekil 31. Hat analizi yapılan pirit minerallerinin BSE fotoğrafı (a yüzey, c derin), ve analizi yapılan piritlerin mikroskop fotoğrafı (b yüzey, d derin).

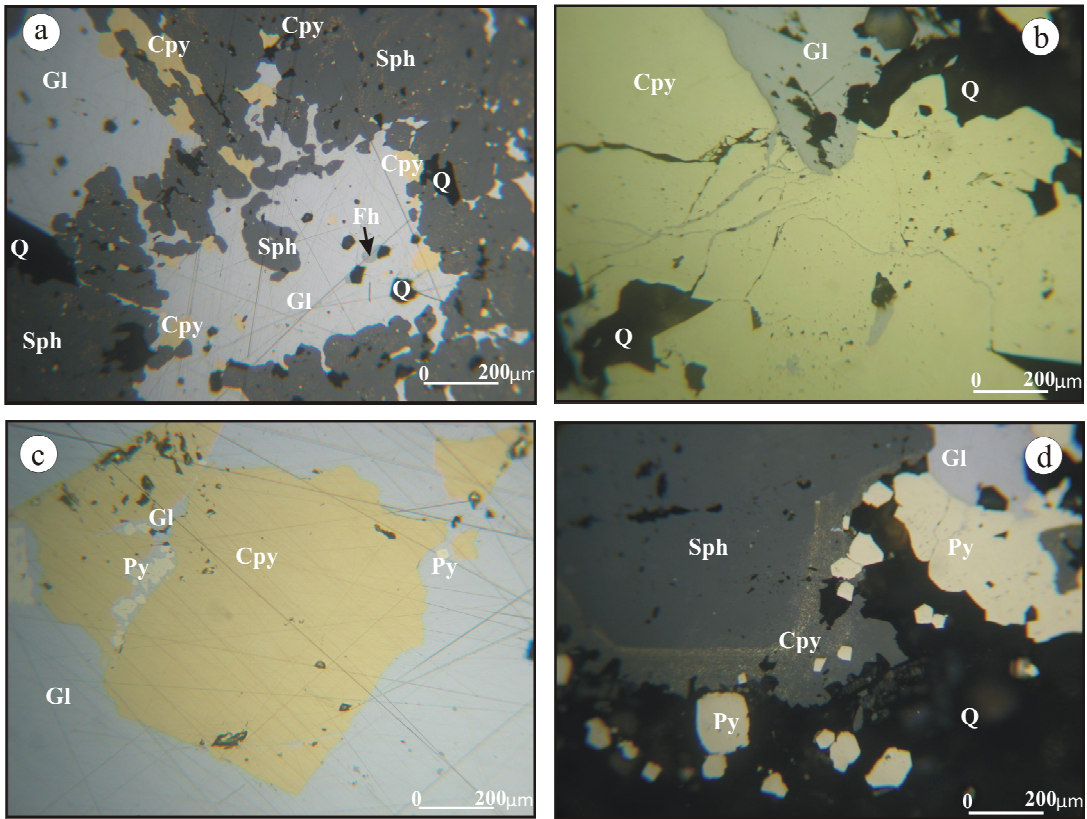


Şekil 32 Pirit minerallerinde As içerikleri bakımından yüzeyde (a) ve derinde (b) mineralin kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma.

### 3.3.2.2. Kalkopirit

Arzular cevherleşmesinde kalkopirit minerali diğer minerallere nispeten daha az oranda bulunmaktadır. Hem birinci evre hem de ikinci evrede kalkopiritlerin çoğunlukla piriti ornattığı belirlenmiştir. Aynı zamanda kalkopiritlerin de galen ve sfaleritler tarafından ornattığı belirlenmiştir. Öz şekilsiz olarak gözlenen kalkopiritler sfaleritler

içinde ayrılım şeklinde de izlenmektedir (Şekil 33a ve d). Petrografik incelemelerde piritlerde izlenen kırılmaların kalkopiritleri de etkilediği ve buna bağlı olarak kalkopiritlerin de parçalandığı belirlenmiştir (Şekil 33b). Mikroskop çalışmaları göre genellikle piritte ve sfalerite eşlik ettiği gözlenen kalkopiritlerin nadiren görülen ve 300 mikrona yaklaşan kristallerinin dışında çoğunlukla 10-50µm arasında değişen boyutlarda da kalkopirit kristalleri gözlenmiştir. Yapılan mikroskopik incelemelerle piritten sonra kristallenen kalkopiritler cevherleşmenin her iki evresinde bulunmaktadır. Ayrıca bu kalkopiritler sfaleritler içinde ayrılım şeklinde de izlenirler (Şekil 33a ve c).



Şekil 33. (a) Galen mineralinin kalkopiriti ve sfaleriti ornatması ayrıca galen içinde kalkopirit ve fahlerz kapanımları ile sfalerit içinde kalkopirit ayrılımları, (b) galenin kalkopiriti ornatması ve kalkopiritte gelişen kataklastik doku, (c) galenin kalkopiriti ve piriti ornatması (d) sfalerit mineralinin, mineral sınırı boyunca gelişen kalkopirit ayrılımları ve piritlerde gözlenen kataklastik doku (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Sph: Sfalerit, Py: Pirit, Fh: Fahlerz, Q: Kuvars).

Kalkopiritlerde iz element içeriği bakımından Zn hariç herhangi bir zenginleşme tespit edilmemiştir (Tablo 6). Elde edilen kalkopirit analizlerinin sonuçlarına göre, derinden alınan örneklerdeki kalkopiritlerin Zn içeriği 0.08-2.60 ağı. % arasında

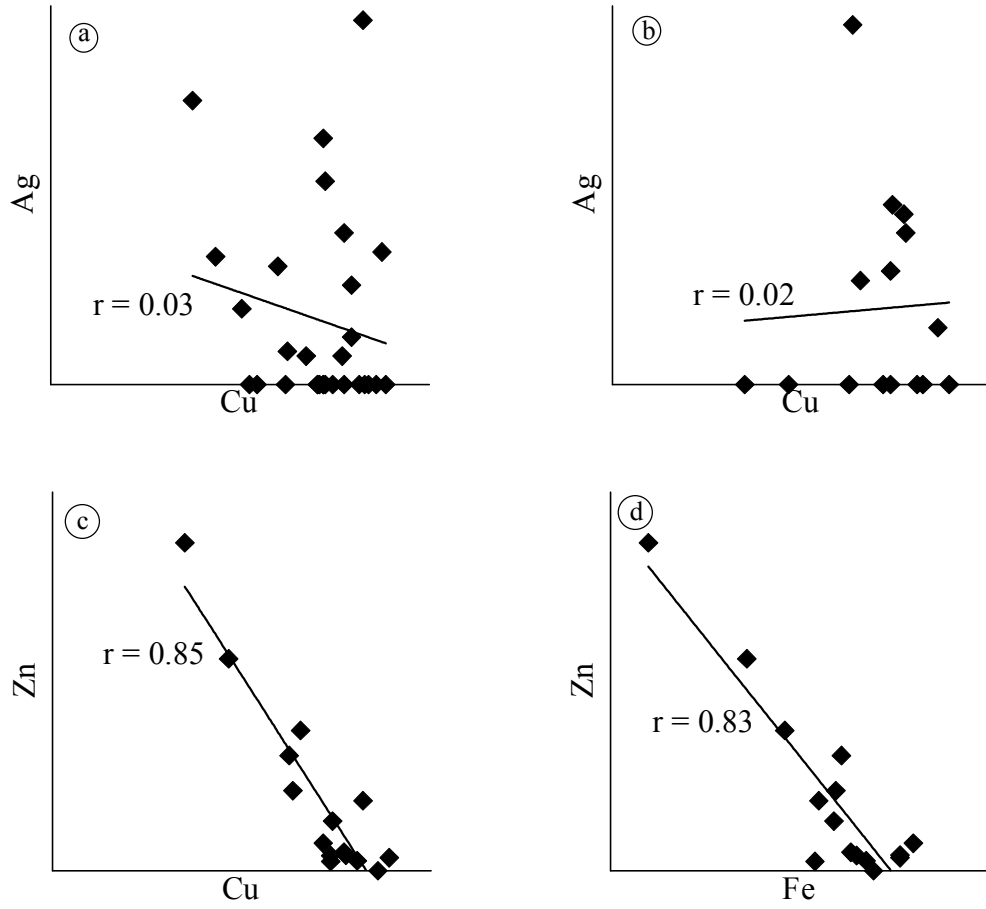
değişmektedir. Yüzeiden alınan örneklerdeki kalkopiritlerin ise Zn içerikleri 0.00-1.34 ağırlık % arasında değişmekte olup derindeki örneklere kıyasla daha düşüktür. Kalkopiritin mineral formülü  $Cu_{0.99-1.00}Fe_{0.99-1.00}S_{1.99-2.01}$  olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. Kalkopiritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler.

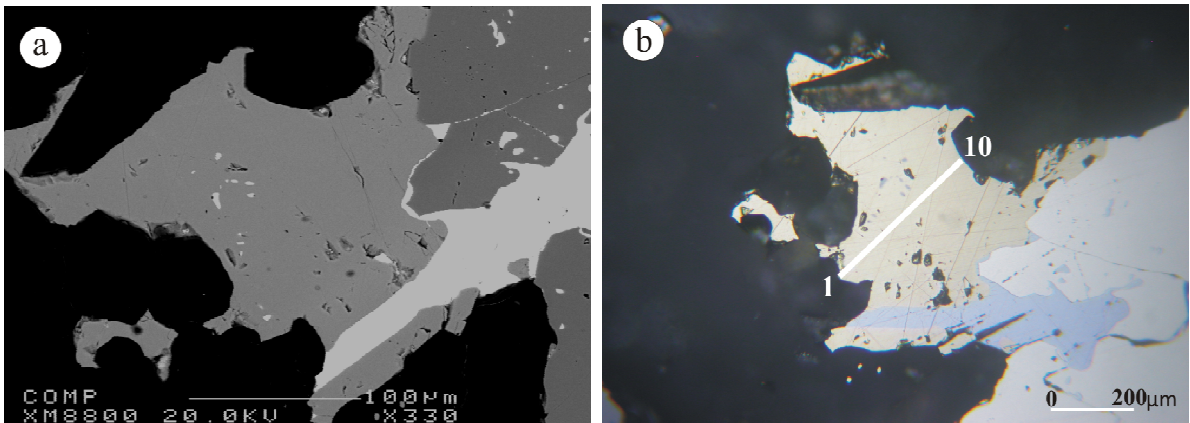
	Element ( % Ağırlık )							
	Cu	S	Fe	Ag	Zn	Se	Te	Au
Ortalama	34.41	34.91	30.31	0.012	0.35	0.004	0.005	ö.s.a.
Medyan	34.45	34.90	30.39	ö.s.a.	0.05	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.
Std. Sapma	0.27	0.09	0.33	0.018	0.58	0.007	0.010	0.01
Minimum	33.70	34.71	29.20	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.
Maksimum	34.78	35.08	30.76	0.077	2.60	0.028	0.033	0.04
Nokta Sayısı	45	45	45	45	45	45	45	45

Kalkopirit kimyası üzerine yapılan önceki çalışmalara göre (Cabri vd., 1985; Huston vd., 1996), mineral bileşiminde bulunan Ag'nin Cu ile değiş-tokuş yaptığı bilinmektedir. Arzular cevherleşmesinde, hem yüzeiden hem de derinden alınan örneklerde bulunan kalkopiritlerde 0.08 ağırlık %'ye varan oranda Ag belirlenmesine rağmen Ag ile Cu arasında herhangi bir korelasyonun görülmemesi (Şekil 34a ve b) bu iki element arasında ideal bir değiş-tokuşun olmadığını göstermektedir. Ayrıca yüzeiden alınan kalkopirit örneklerinde Zn ile Cu ve Fe arasında herhangi bir korelasyon görülmezken, derinden alınan örneklerde Zn-Cu (0.85) ve Zn-Fe (0.83) arasında yüksek negatif korelasyonlar belirlenmiştir (Şekil 34c ve d). Bundan dolayı kalkopiritlerin bileşiminde bulunan Zn'nin hem Cu hem de Fe ile değiş-tokuş yaptığı anlaşılmıştır.

Kalkopiritler üzerinde mikrokimyasal analiz kapsamında yapılan bir diğer çalışma ise mineral merkezinden geçen hat analizleri ile kalkopirit minerallerinde herhangi bir zonlanmanın olup olmadığının kontrol edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda farklı 3 kalkopirit minerali (2 yüzeiy 1 derin) üzerinde hat analizi yapılmıştır (Şekil 35).

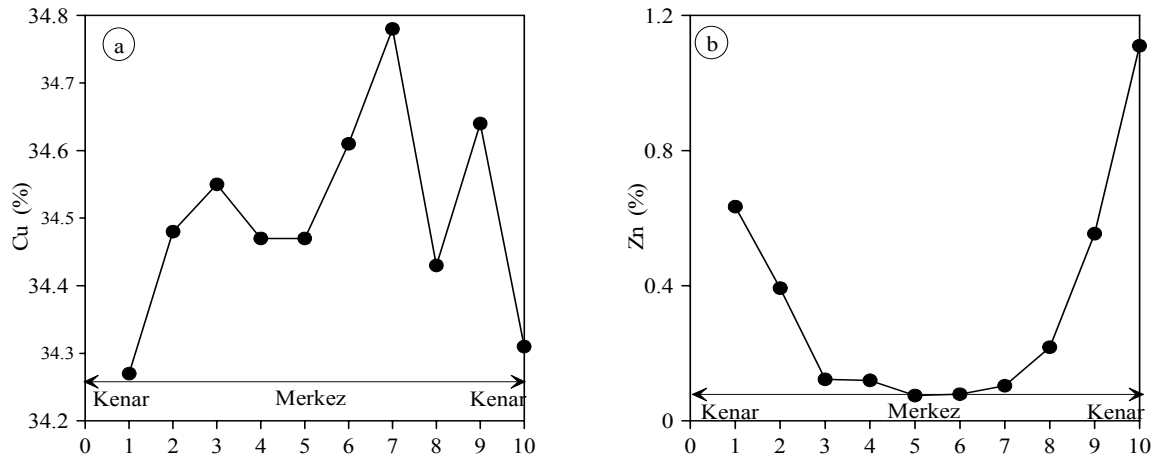


Şekil 34. Kalkopiritlerde Cu ve Ag (atomik %) arasındaki (a) yüzey örneklerinde, (b) derinden alınan örneklerde değişim, (c) derinden alınan örneklerde Cu-Zn arasındaki (d) Fe-Zn arasındaki negatif korelasyon.



Şekil 35. Yüzey örneklerinde hat analizi yapılan kalkopirit minerallerinin (a) BSE fotoğrafı, analizi yapılan kalkopiritlerin mikroskop fotoğrafı (b).

Kalkopiritler üzerinde mineral merkezinden geçecek şekilde yapılan hat analizlerine göre yüzey örneklerinde herhangi bir zonlanma belirlenmemiştir. Buna karşın derinden alınan örneklerde yapılan hat analizlerine göre Cu içeriğinin mineralin kenarından merkezine doğru belirgin bir artış gözlenirken (Şekil 36a) Zn içeriğinin ise Cu'nun aksine mineral merkezine doğru belirgin bir azalma gözlenmektedir (Şekil 36b). Sonuç olarak derindeki örneklerde kalkopiritlerin Cu içeriğinin artmasına karşılık Zn içeriği azalmakta ve Zn-Cu arasında negatif bir ilişki gözlenmektedir.



Şekil 36. Kalkopirit minerallerinde derinden alınan örneklerde Cu (a) ve Zn (b) içerikleri bakımından mineralin kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma.

Önceki çalışmalara göre sülfütlere görülen zonlanmaların mineralin oluşum sürecinde hidrotermal çözeltinin bileşimindeki değişimleri yansıttığı bilinmektedir (Craig ve Vaughan, 1994; Cook, 1996). Bundan dolayı kalkopiritlerin bileşimindeki değişimlerin hidrotermal çözeltilerin bileşimini yansıttığı düşünülebilir. Ancak kalkopiritlerde Zn bakımından mineralin merkezinden kenarına doğru görülen zonlanma yalnızca sfaleritlerle dokanak olanlarda mevcuttur. Bundan dolayı bu zonlanmanın sfaleritlerle dokanak olan kalkopiritlerde oluşumundan sonra iyon alışverişi sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

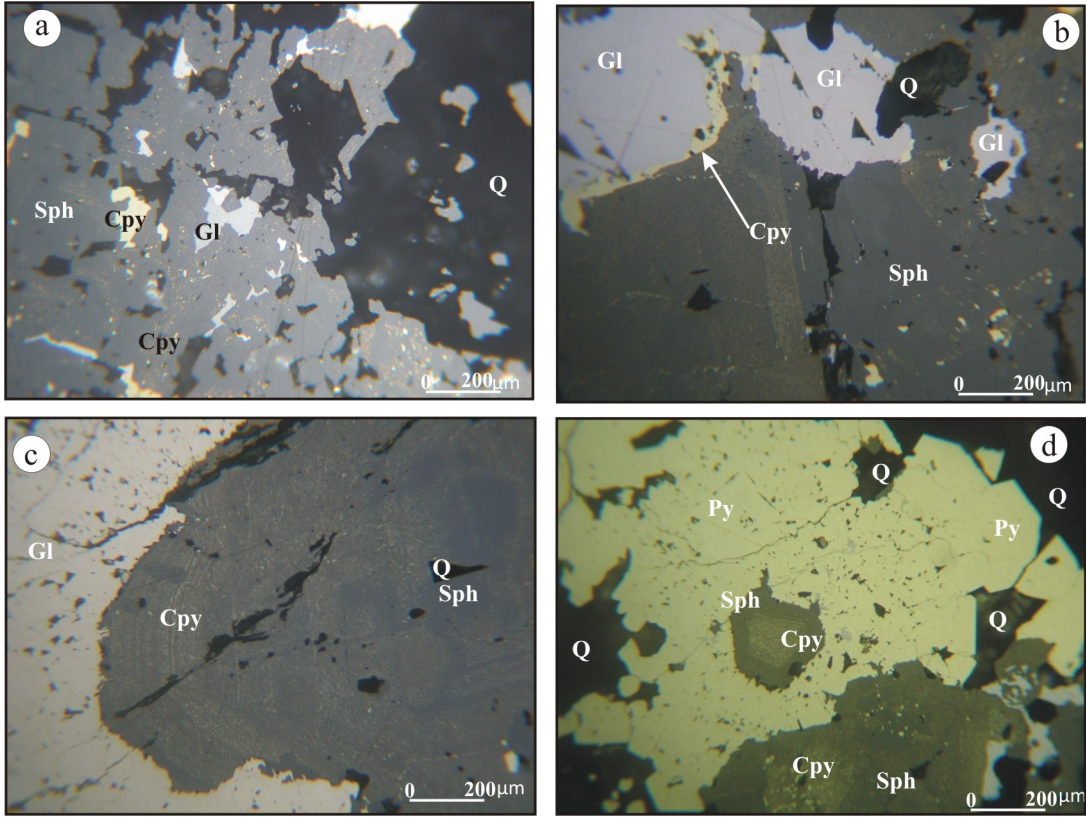
### 3.3.2.3. Sfalerit

Sfalerit, Arzular sahasındaki cevherleşmede en fazla görülen cevher mineralidir. Makroskobik olarak 0.5 cm'ye varan boyutlarda açık kahverengi olarak gözlenen sfaleritler genel olarak galenlerle bir arada bulunurlar. Genellikle öz şekilli ve yarı öz

şekilli olarak birbirine kenetlenmiş tanecikler halinde galenle birlikte bulunan sfaleritler bantlı cevher örneklerinde daha ince tanelidir. Mikroskopta ise gri renk tonlarında gözlenirler ve sarımsı kahverengi iç yansıma gösterirler. Birinci evre ve ikinci evrede oluşan galenler tarafından ileri derecede ornatılan sfaleritler (Şekil 37a) kendinden önce oluşan pirit ve kalkopiritleri ornatmış olarak gözlenmektedir. Sfaleritler içinde bol miktarda kalkopirit ayrımları gözlenmektedir. Kalkopirit ayrımları, bazen sfaleritin kristalografik doğrultusu boyunca yönlenme şeklinde gelişerek zincir dokusunun oluşmasına sebebiyet vermişlerdir (Şekil 37b). Sfalerit içindeki kalkopirit ayrımları yer yer gelişi güzel dağılmış kümelenme yer yer de mineralin kenar kısımlarında yoğunlaşma (karpuz dokusu) şeklinde gözlenmektedir (Şekil 37c ve d).

Bu şekilde mineralin merkezi kesimlerinde bulunmayıp, diğer minerallerle olan dokanakları boyunca yoğunlaşan ayrımları Eldridge vd., (1983) eş zamanlı oluşum yerine daha sonradan ornatım yoluyla oluştukları şeklinde açıklamaktadırlar. Barton ve Bethke (1987) ise bu tür kalkopirit ayrımlarını Fe'nin sfaleritin bileşiminden Cu'nun ise dışarıdan katılması sonucu oluştukları şeklinde ifade etmektedirler. Lermi (2003) benzer tipteki kalkopirit ayrımlarının galenle komşu olan sfaleritlerde bulunduğu gözlemiş, bu durumda sfaleritten daha sonra oluşan galenlerin kristallenmesi sırasında ortamın sıcaklığının artmasına bağlı olarak yeniden kristallenme şeklinde açıklamıştır.

Sfaleritler önemli miktarda Cd ve Mn içermekle beraber (Tablo 7) Fe, Cd ve Mn ile birlikte hareket etmektedir (Şekil 38a ve b). Mikrokimyasal analiz sonuçlarına göre iz elementler arasında Fe, sfaleritin ana bileşeni olan Zn ile en uyumlu ( $r = 0.82$ ) element özelliğini taşımaktadır (Şekil 38c). Fe ile Zn arasındaki bu yüksek negatif korelasyon, sıcaklığının fonksiyonu olarak Fe'nin Zn'nin yerini aldığını ve bu elementlerin jeotermometre olarak kullanabileceğini göstermektedir (Scott ve Barnes, 1971; Browne ve Lowering, 1973). Sonuçlara göre sfaleritin kimyasal formülü  $(Zn_{0.98}Fe_{0.02})S_{1.00}$  olarak belirlenmiştir.

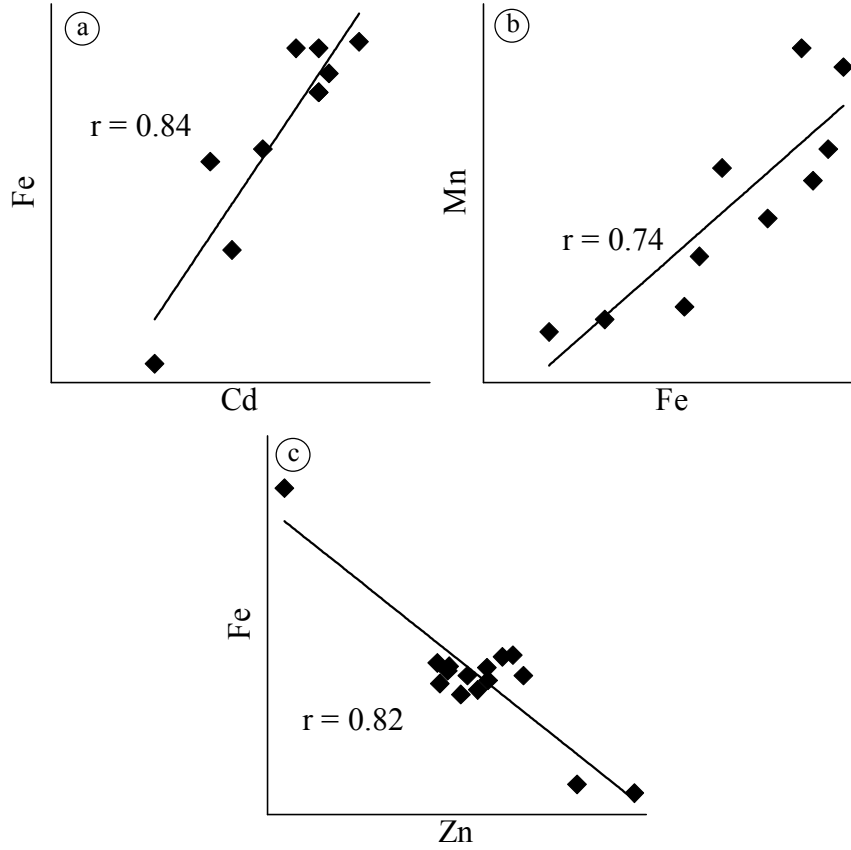


Şekil 37. (a) Sfalerit içinde gelişi güzel kalkopirit ayrılım kümeleri ve kalkopirit kapanımları (b) sfalerit mineralinin kristalografik doğrultusu boyunca yönlene zincir dokusu (c ve d) sfalerit kristali boyunca toplanma karpuz dokusu (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Sph: Sfalerit, Py: Pirit, Q: Kuvars).

Tablo 7. Sfaleritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistik parametreler.

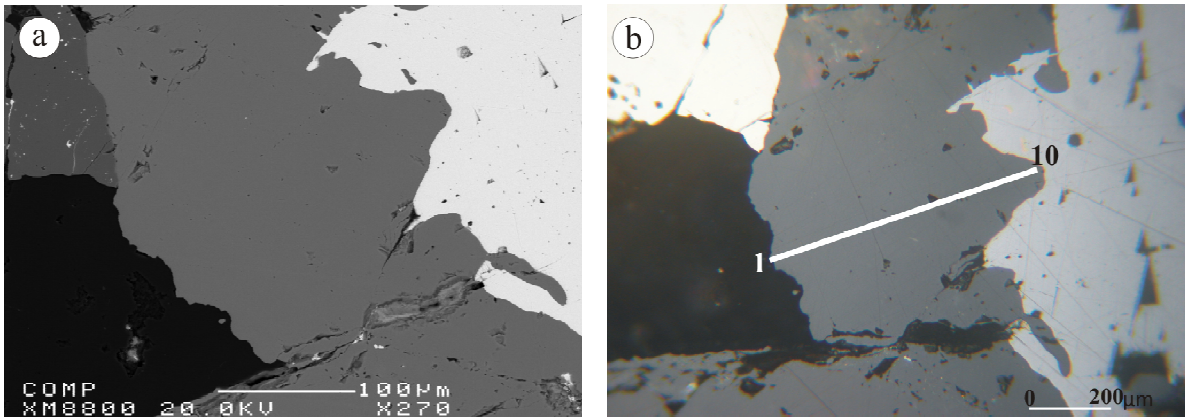
	Element ( % Ağ. )							
	S	Zn	Ag	Fe	Hg	Cd	Cu	Mn
Ortalama	32.83	64.58	0.01	1.44	0.02	0.66	0.09	0.07
Medyan	32.90	64.62	0.01	1.41	ö.s.a.	0.60	0.02	0.08
Std. Sapma	0.20	0.59	0.01	0.33	0.03	0.27	0.28	0.04
Minimum	32.22	62.70	ö.s.a.	0.54	ö.s.a.	0.32	ö.s.a.	0.01
Maksimum	33.10	66.11	0.07	2.47	0.15	1.17	1.83	0.12
Nokta Sayısı	45	45	45	45	45	45	45	45

Sfaleritlerde iz element içeriği bakımından herhangi bir zonlanmanın olup olmadığını belirlemek için farklı 3 sfalerit minerali (2 yüzey 1 derin) üzerinde kenar-merkez-kenar doğrultusunda hat analizleri yapılmıştır (Şekil 39).



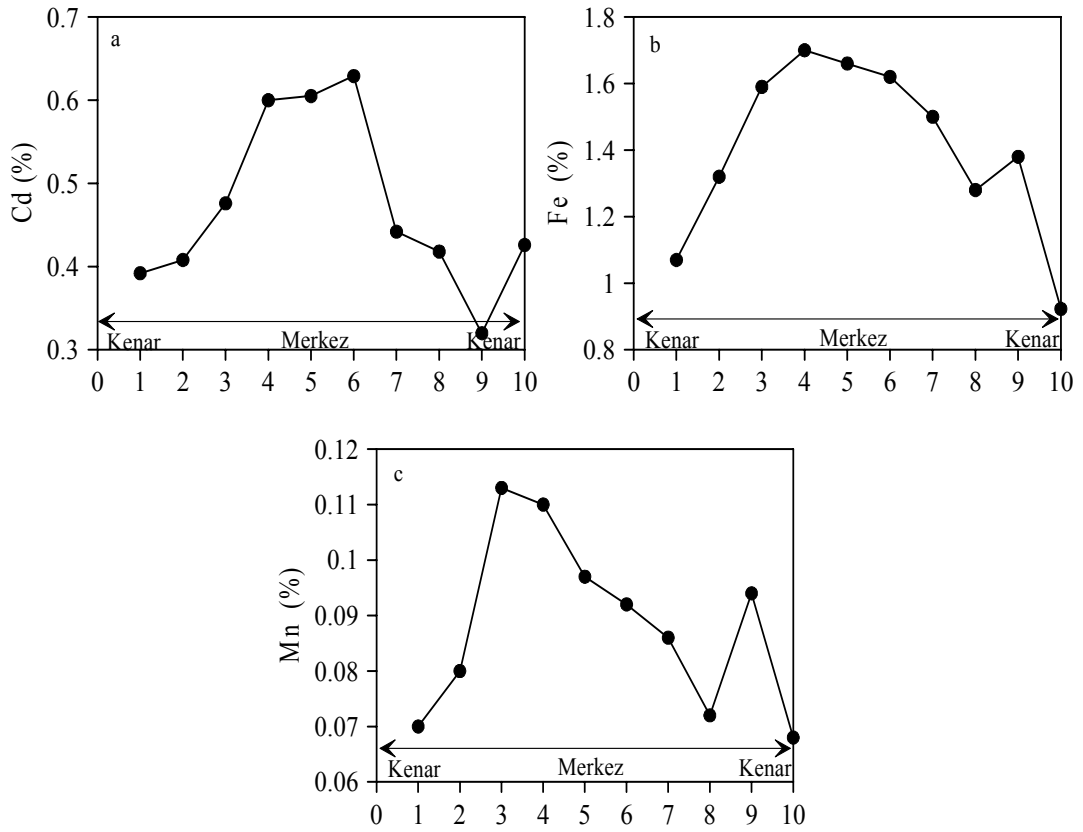
Şekil 38. Sfaleritlerde; (a) Fe-Cd, (b) Fe-Mn arasındaki pozitif korelasyon, (c) Zn ile Fe arasındaki iyon değişimini gösteren negatif korelasyon

Yapılan analizler değerlendirildiğinde özellikle Fe, Mn ve Cd elementlerinin mineralin kenar kısmından merkez kısmına artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 40a, b ve c).



Şekil 39. Yüzey örneklerinde hat analizi yapılan sfalerit minerallerinin (a) BSE fotoğrafı ve analizi yapılan kalkopiritlerin mikroskop fotoğrafı (b).



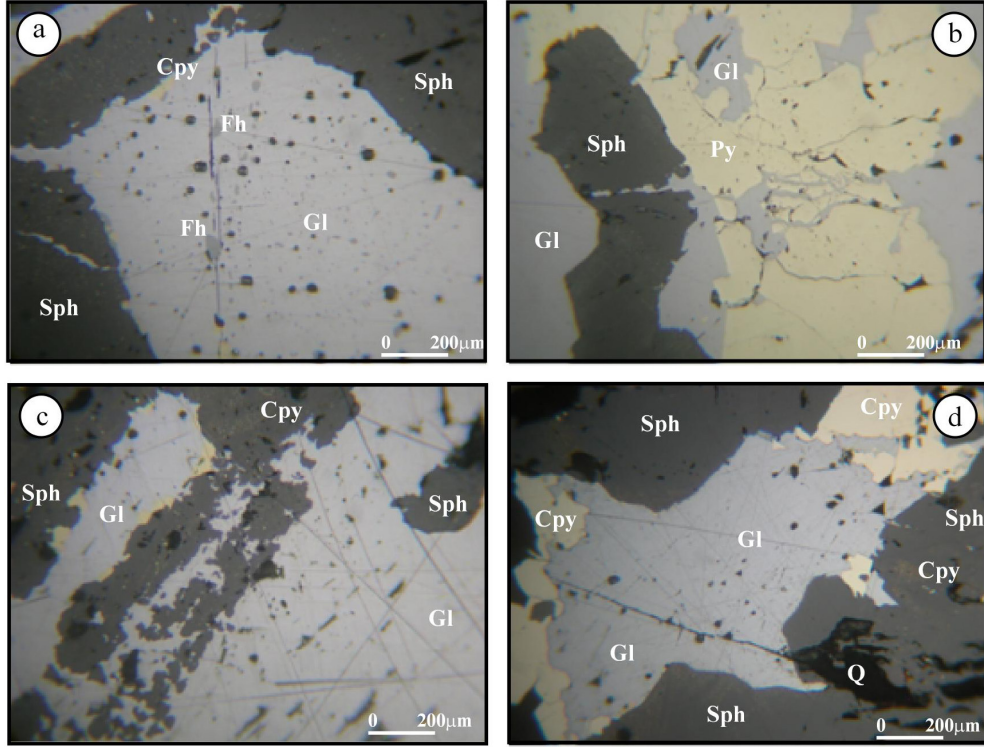


Şekil 40. Sfalerit minerallerinde yüzey örneklerinde Cd, Fe ve Mn içerikleri bakımından mineralin kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma.

### 3.3.2.4. Galen

Galen, cevherleşmelerde sfaleritle birlikte en yaygın gözlenen cevher mineralidir. Grimsi beyaz yansıma rengi ile kolaylıkla tanınabilmesi ve öz şekilli minerallerinde üçgen yapıları göstermesi ile karakteristiktir. Yapılan cevher mikroskobisi çalışmaları neticesinde, galenin hemen hemen tüm cevher mineralleri ile birlikte görülmesine karşın çoğunlukla sfalerit minerali ile dokanak yaptığı ve bu ilişkiye bağlı olarak sfaleriti ornattığı ve bu ornatım sonucunda da galen içinde sfalerit kapanımlarının varlığı belirlenmiştir (Şekil 41a, c ve d). İnce kesitlerde galen kristalleri çoğunlukla 200-300 mikrona yaklaşan boyutların dışında 5-50µm arasında değişen boyutlarda da gözlenmiştir Galen genellikle sfaleritle beraber bulunmakla birlikte kendinden önce oluşan pirit ve kalkopiritleri de

ornatmaktadır. Bazı kesitlerde pirit (Şekil 42b) ve kalkopiritler içinde oluşan kırıkların galenin bu mineralleri ornatmasını kolaylaştırmıştır.



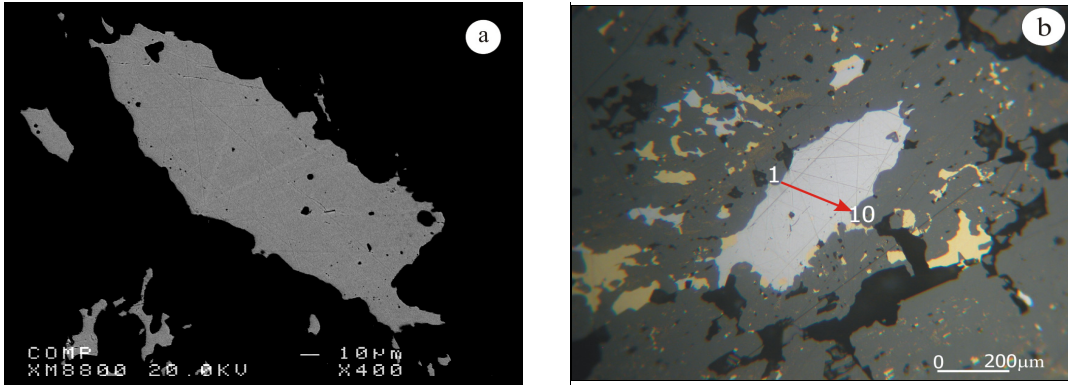
Şekil 41. (a) Galen mineralinin sfaleriti ornatması ve galen içinde sfalerit ve fahlerz kapanımları, (b) Galenin-sfalerit-pirit arasında ornatım dokusu ve kataklastik doku, (c ve d) Galen-sfalerit dokanağında gelişen kalkopirit ayrılımları ve galende gözlenen üçgen yapıları (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Sph: Sfalerit, Fh: Fahlerz, Q: Kuvars).

Galenlerin analiz sonuçlarına göre iz element içermediği, galenin stokiometrik bileşime yakın olarak kristallendiği ve buna bağlı olarak galenin mineral formülünün de  $Pb_{0.99}S_{1.01}$  olduğu belirlenmiştir. Oldukça saf bileşimde olan galenlerin, mineral kimyası analiz sonuçlarına göre, galenlerin genel olarak Ag, Sb ve Bi bakımından fakir oldukları belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Galenlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına ait temel istatistiksel parametreler.

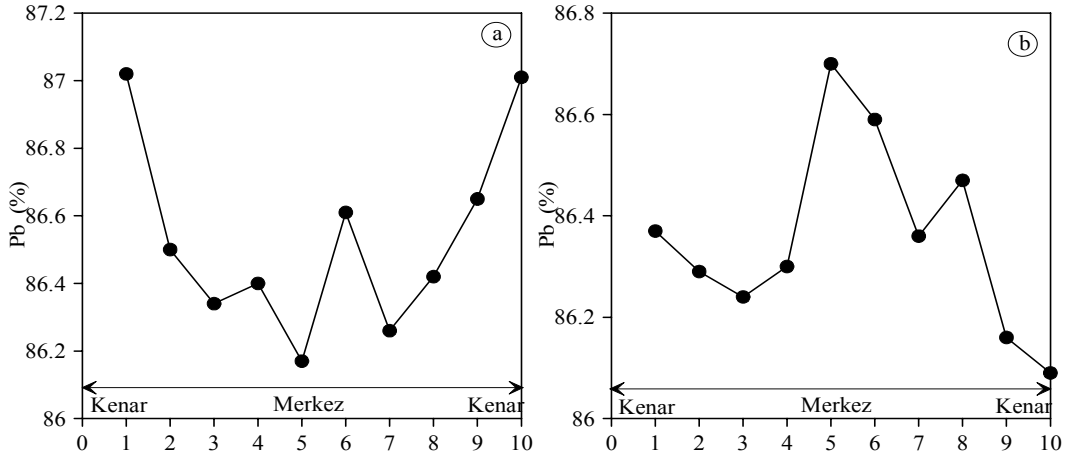
	Element (% Ağ.)					
	S	Pb	Bi	Ag	Sb	Au
Ortalama	13.41	86.42	ö.s.a.	ö.s.a.	0.011	ö.s.a.
Medyan	13.40	86.40	ö.s.a.	ö.s.a.	0.006	ö.s.a.
Std. Sapma	0.08	0.23	ö.s.a.	ö.s.a.	0.014	ö.s.a.
Minimum	13.23	86.09	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.
Maksimum	13.58	87.02	ö.s.a.	ö.s.a.	0.049	ö.s.a.
Nokta Sayısı	45	45	45	45	45	45

Mikrokimyasal analiz olarak ayrıca 3 farklı galen mineral üzerinde kenar-merkez-kenar doğrultusunda hat analizi (10 nokta) yapılmış ve analizi yapılan minerallerde zonlanmayı görebilmek için BSE (Back Scattered Electron) fotoğrafı çekilmiştir (Şekil 42a ve b).



Şekil 42. (a) Hat analizi yapılan galen mineralinin BSE fotoğrafı, (b) ve analizi yapılan galenin mikroskop fotoğrafı (SB14-1 nolu örnek).

Hat analizi verilerine bağlı olarak yüzeyden alınan örneklerdeki galenlerin Pb değerlerinde, mineralin kenar kısımlarına göre merkezi kısımlarında kısmen azalma (Şekil 43a) derinden alınan örneklerdeki galenlerde ise Pb içeriğinde mineralin merkezi kısımlarında kenar kısımlarına göre kısmen artma gözlenmiştir (Şekil 43b).

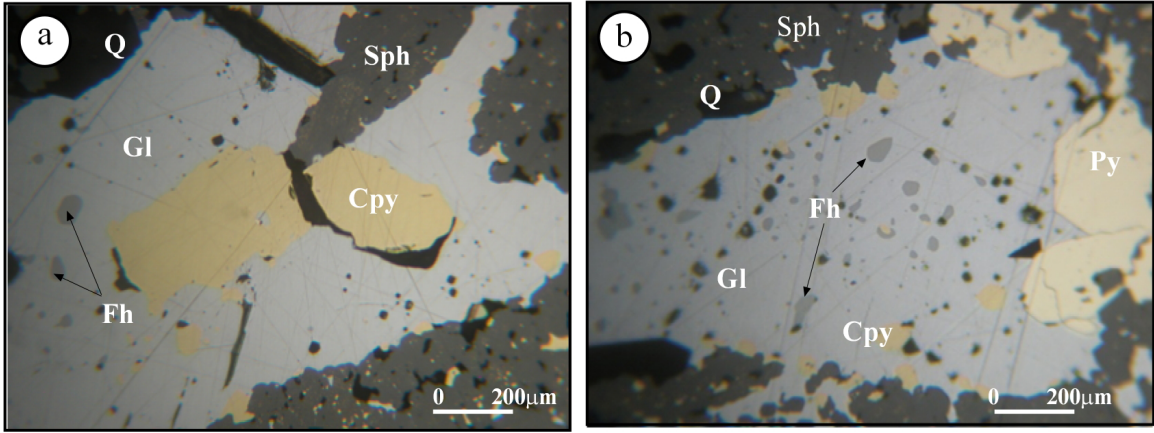


Şekil 43. Galen minerallerinde Pb içerikleri bakımından yüzye (a) ve derinde (b) mineralin kenar-merkez-kenar hattı boyunca gözlenen zonlanma.

### 3.3.2.5. Tetrahedrit

Arzular cevherleşme sahasından alınan örneklerden hazırlanan parlak kesitlerde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında, tüm cevher mineralleri arasında çok yaygın olmayan mineral olarak belirlenen tetrahedritler genellikle şekilsiz taneler ve tane kümelenmeleri şeklinde galenler içinde ve bunların kenar kesimlerinde bulunurlar. Bunlara ilaveten tetrahedritler, galenler içinde kapanım olarak da izlenmektedir. Yeşilimsi gri iç yansıması ile tanınan tetrahedrit mineralleri ile beraber parlak kesitlerde genel olarak galen, sfalerit, pirit ve kalkopirit mineralleri de izlenmektedir (Şekil 44a ve b).

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi (Tablo 9) sonucu tüm fahlerz minerallerinin As içeriği bakımından fakir Sb içeriği bakımından zengin tetrahedrit bileşiminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 45a). Analizi yapılan tetrahedrit mineralinde, bu mineralin ana bileşenlerini oluşturan Fe, Zn, Ag, Cu, As, Sb ve S elementlerin yanı sıra iz element olarak 0.22 ağırlık % Hg tespit edilmiştir. Tetrahedritlerin As ve Fe bakımından fakir, Zn ve Sb bakımından zengin olduğu, buna bağlı olarak mineral formülünün  $Cu_{9.10}Ag_{0.79}Fe_{0.11}Zn_{1.78}As_{0.03}Sb_{4.08}S_{13.10}$  şeklinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 45b).

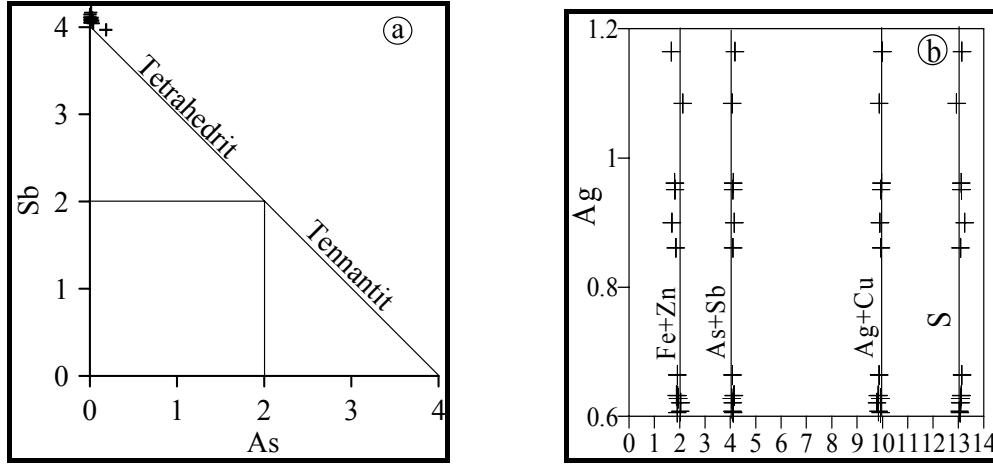


Şekil 44. Tetrahedrit, galen, kalkopirit ve pirit minerallerinin cevher mikroskobundaki görünümleri; (a) Galen içindeki tetrahedrit kapanımları, (b) Galen içerisinde tetrahedrit ve sfalerit kapanımları (Gl: Galen, Cpy: Kalkopirit, Py: Pirit, Sph: Sfalerit, Fh: Fahlerz, Q: Kuvars).

Tablo 9. Tetrahedritlerin mikrokimyasal analiz sonuçlarına göre temel istatistiksel parametreler.

	Element (% Ağ.)								
	S	As	Cu	Ag	Fe	Bi	Hg	Sb	Zn
Ortalama	24.59	0.11	33.65	4.98	0.35	ö.s.a.	0.10	29.00	6.70
Medyan	24.62	0.03	33.97	4.19	0.15	ö.s.a.	0.12	29.07	6.93
Std. Sapma	0.18	0.22	0.75	1.24	0.33	ö.s.a.	0.08	0.28	0.66
Minimum	24.17	0.00	32.35	3.82	0.08	ö.s.a.	ö.s.a.	28.28	5.39
Maksimum	24.97	0.82	34.58	7.25	1.18	ö.s.a.	0.22	29.35	7.50
Nokta Sayısı	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Tetrahedrit mineralinin kimyası üzerine yapılan çalışmaların neticesinde elde edilen bulgulardan biri de tetrahedritlerin Ag içeriği ile Sb içeriği arasında pozitif ilişki olduğudur (Hachbarth ve Petersen 1984; Miller ve Craig 1983; Ramsden vd., 1990). Fahlerz grubu minerallerinden tenantitlerin Cu ve As bakımından zengin iken tetrahedritlerin Ag ve Sb bakımından zengin olması Hachbarth ve Petersen (1984)'nin fraksiyonel kristallenme teorisi ile açıklanmaktadır. Bu teoriye göre, hidrotermal çözeltilerin bileşiminde bulunan Cu ve As iyonları ilk önce tenantitleri oluşturmakta, daha sonra Ag ve Sb iyonları da tetrahedritleri oluşturmaktadır.



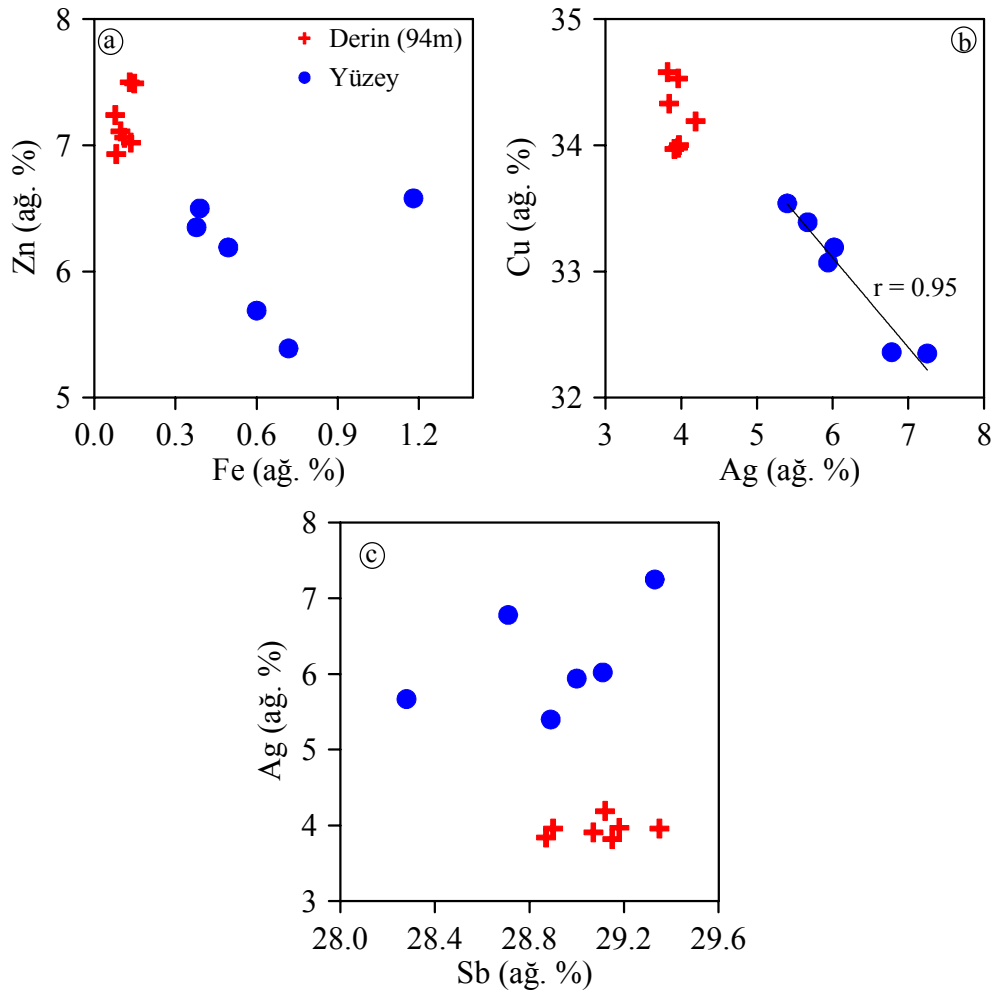
Şekil 45. Tetrahedrit minerallerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre (a) As-Sb ilişkisine göre tetrahedrit-tenantit ayrımı, (b) tetrahedrite ait mineral formül ilişkisi.

Cevherleşme sahasından yüzeyden ve derinden ( 94 m ) alınan örneklerde analizi yapılan tetrahedritlerin, yüzeyde Ag ve Fe ( Şekil 46a ve c ) bakımından zengin olduğu, derindeki örneklerde ise tetrahedritlerin Cu ve Zn (Şekil 46a ve b) bakımından daha yüksek değerler içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca yüzeydeki tetrahedrit örneklerinde Ag ve Cu arasında negatif korelasyon (Şekil 46b) Sb ve Ag arasında ise pozitif korelasyon gözlenmiştir.

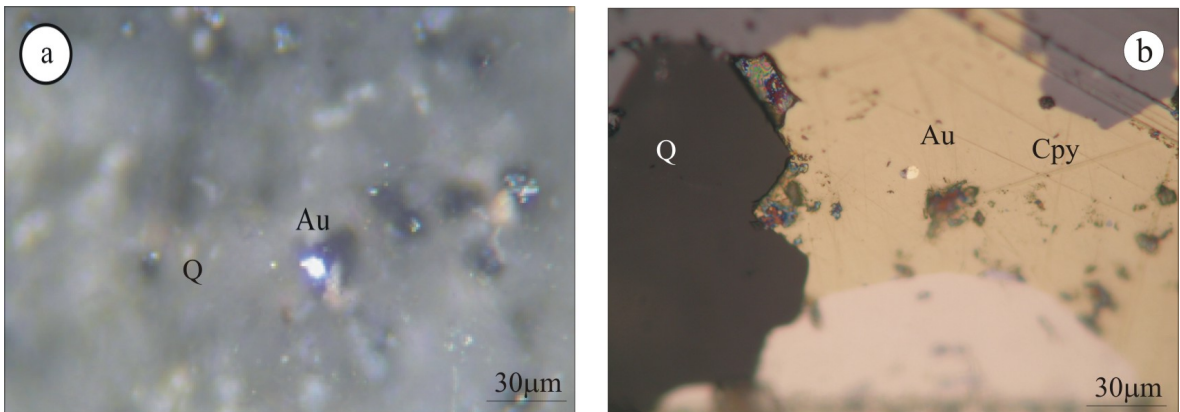
Mineral kimyası analizlerine göre, Arzular cevherinde gümüşün yalnızca tetrahedritlerin bileşiminde bulunması ve yüzeye yakın örneklerin gümüş bakımından zengin olması Ag'nin cevherin yüzey kısmında fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca sfaleritlerle birlikte tetrahedritlerinde Fe bakımından fakir oluşu cevheri oluşturan hidrotermal çözeltilerin genel olarak Fe bakımından fakir olduğunu göstermektedir.

### 3.3.2.6. Diğer Mineraller

**Altın:** Mikroskop çalışmalarına göre yüksek ışık yansıtma gücü, sarı rengi ve parlaklığı ile ayırt edilen altın taneleri 1-15  $\mu\text{m}$  arasında değişen boyutlarda değişmekle birlikte çoğunlukla 5-10  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Birkaç örnekte kuvars gangı (Şekil 47a) içinde bulunan altın taneleri genellikle kalkopirit minerallerinin içinde veya çevresinde (Şekil 47b) bulunmaktadır. Kalkopirit minerallerine eşlik etmesi altının tanınmasını kolaylaştırmıştır.



Şekil 46. Tetrahedrit minerallerinin mikroprob analizlerine göre Zn-Fe (a), Ag-Cu (b) ve Ag-Sb (c) ilişkisi.



Şekil 47. (a) Kuvars Gangı içerisinde ve (b) kalkopirit içinde altın tanelerinin mikroskobik görünümü (Au: altın, Cpy: kalkopirit, Q: kuvars).

### 3.3.3. Yan Kayaçlarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar

Arzular yöresinde, cevherleşmenin içinde yer aldığı Eosen yaşlı andezitlerde, meydana gelen alterasyon mineralojisini ve mineral parajenezini ortaya çıkarmak için, harita alımı sırasında, belirli hatlar boyunca alınan sistematik örnekler mikroskopta incelenmiş, yoğun altere olan örneklerden kimyasal analiz ve XRD analizi yapılmış ve MINSQ (Herrmann ve Berry 2002) yöntemiyle alterasyon mineral yüzdesi hesaplanmıştır. Kayaçlarda meydana gelen alterasyonun gelişiminde; farklı zaman aralıklarında bölgeye yerleşen kayaçların oluşum ortamı, tektonik geçmişleri, volkanik aktiviteler ve çalışılan kayaçları farklı zamanlarda kesen derinlik veya yarı derinlik kayaçları gibi etkenler önemli rol oynamaktadır. Yapılan detaylı petrografik incelemeler neticesinde, Arzular cevherleşmesini içeren andezitik kayaçlarda yaygın olarak gözlenen alterasyon türlerinin, plajiyoklaslarda serisitleşme, silisleşme ve karbonatlaşma, koyu renkli minerallerde ise kloritleşme, limonitleşme ve epidotlaşma olduğu tespit edilmiştir.

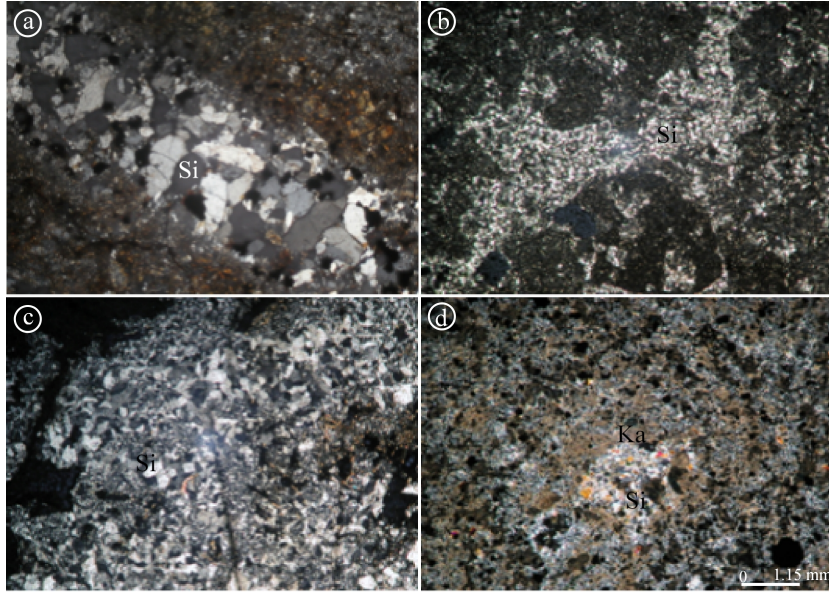
#### 3.3.3.1. Silisleşme

İnceleme alanında yüzeyleyen volkanik kayaçlardaki alterasyon türlerinden en önemlisini oluşturan silisleşme, yaygın olarak KD-GB ve KB-GD uzanımlı fay zonları boyunca gelişmiştir. Cevherli zona yakın bölgelerde, ince silis damarları ve kümelenmiş kuvars taneleri şeklinde gözlenen bu alterasyon, kırık zonlarından uzaklaştıkça azalma eğilimi gösterir ve silisleşme ile serisitleşme ve kalsitleşme bir arada bulunmaktadır (Şekil 48). Bu alterasyon şeklinin oluşmasında, kırık ve çatlak zonlarından yükselen silisçe zengin çözeltilerin soğuması etkili olmuştur.

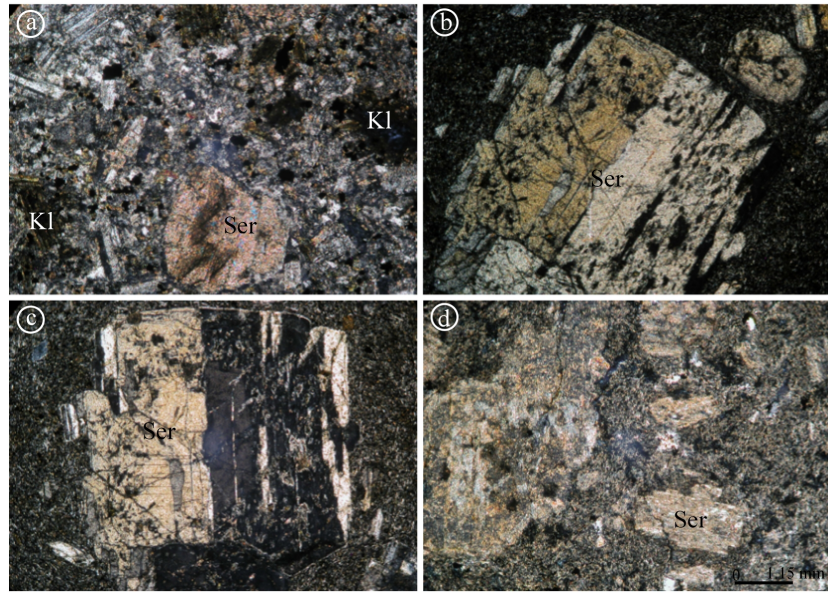
#### 3.3.3.2. Serisitleşme

Serisitleşme, inceleme alanında yüzeyleme veren ve Arzular cevherleşmesine ev sahipliği yapan andezitlerde hem iri latalar ve hem de hamurda mikrolitler halinde yaygın olarak bulunan plajiyoklasların en yaygın ayrışma türüdür (Şekil 49). Genellikle zonlu yapı gösteren plajiyoklaslarda kalsiyumca zengin iç kısımlar, sodyumca zengin ve albitleşme eğilimi gösteren dış kesimlere oranla serisitleşme sürecinden daha fazla etkilenmiştir. İncelenen kesitlerin çoğunda hamurdaki şiddetli serisitleşmeye, silisleşme ve karbonatlaşmanın eşlik etmiş olduğu gözlenmiştir.



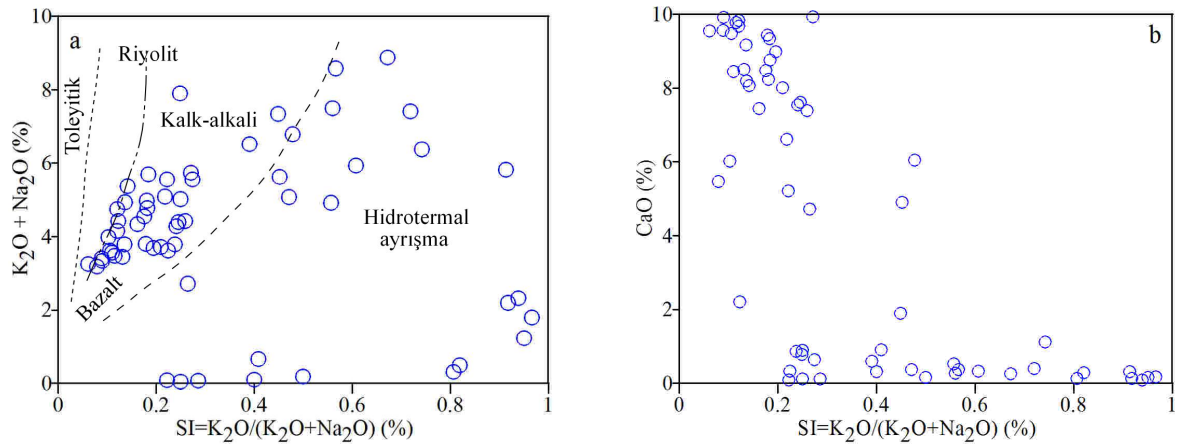


Şekil 48. Eosen yaşlı andezitlerde, ayrışma sonucu oluşan ikincil kuvarsların mikroskop altında çapraz nikeldeki görünüşleri. (a) Kırık zona boyunca kristalleşen kuvarslar, (b) ve (c) andezitik kayacın hamur kısmında gözlenen silisleşmeler, (d) silisleşme ve kalsit birlikteliği, (Si: Silisleşme, Ka: Kalsit).



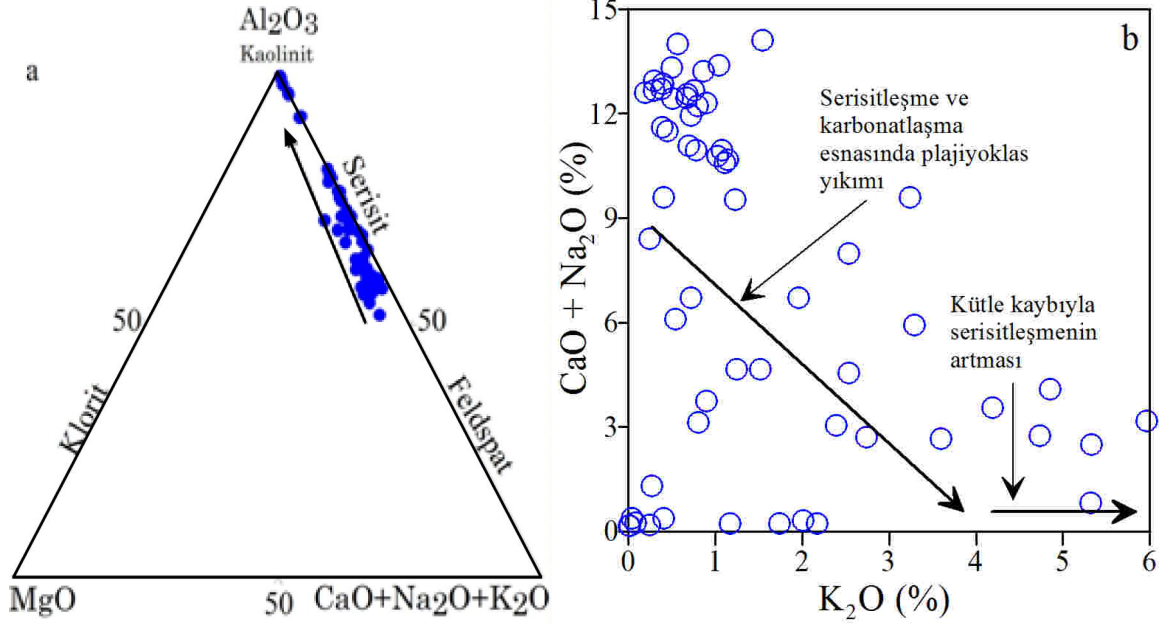
Şekil 49. Eosen yaşlı andezitlerde, plajiyoklasların ayrışması sonucu meydana gelen serizitleşmelerin mikroskop altında çapraz nikeldeki görünüşleri. (a) Serizitleşme ve klorit birlikteliği, (b) ve (c) plajiyoklasların kısmen serizitleşmesi, (d) tamamen serizitleşmiş plajiyoklas. (Ser: Serizitleşme, Kl: Klorit).

Cevherleşme sahasından damara dik bir hat boyunca tüm profillerden alınan örneklerin kimyasal analizleri kullanılarak (1, 2, 3, 4 ve 5 nolu profiller, Ek Tablo5, 6, 7, 8 ve 9) Myers ve MacLean (1983)' e göre hesaplanan SI (Serizitleşme İndeksi)'nin  $K_2O+Na_2O$ ' ya karşı değerleri diyagrama aktarıldığında (Şekil 50a), örneklerin bir kısmı hidrotermal ayrışma alanında yer aldığı, SI değeri arttıkça andezitlerde  $K_2O+Na_2O$  değerinin arttığı, serizitleşme indeksine karşı CaO diyagramında ise (Şekil 50b), SI değeri arttıkça CaO değerinin azaldığı görülmektedir. SI'nin düşük CaO'su yüksek olan örneklerde karbonatlaşma baskın alterasyon türünü oluşturmaktadır.



Şekil 50. Andezitlerin SI karşı  $K_2O + Na_2O$  (a) ve CaO (b) diyagramındaki dağılımları (MacLean ve Hoy, 1991'den değiştirilerek).

$Al_2O_3$ -MgO-(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) üçgen ve  $K_2O$ 'ya karşı CaO+Na<sub>2</sub>O değişim diyagramı, plajiyoklaslardaki bozuşma sonucunda meydana gelen serizitleşmenin varlığını net olarak göstermektedir (Şekil 51a, b).  $Al_2O_3$ -MgO-(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) üçgen diyagramında örneklerin dağılımında feldspatlardan serizite doğru bir değişim olduğu gözlenirken,  $K_2O$ 'ya karşı CaO+Na<sub>2</sub>O grafiğinde ise CaO+Na<sub>2</sub>O değerlerinin azalmasına karşın  $K_2O$  değerlerinin artması plajiyoklasların ayrışması ile serizit oluşumu başladığını göstermektedir. Serizitleşme alkali değişimi ve hidrotermal sıvılardan  $K^+$  ilavesi ile ilgilidir (Barrett vd., 1993). İncelenen volkanik kayalarda özellikle plajiyoklaslarda yaygın olarak görülen serizitleşmenin gelişimi sırasında, potasyumun kaynağı biyotit veya potasyumlu feldspatlar olabilir.

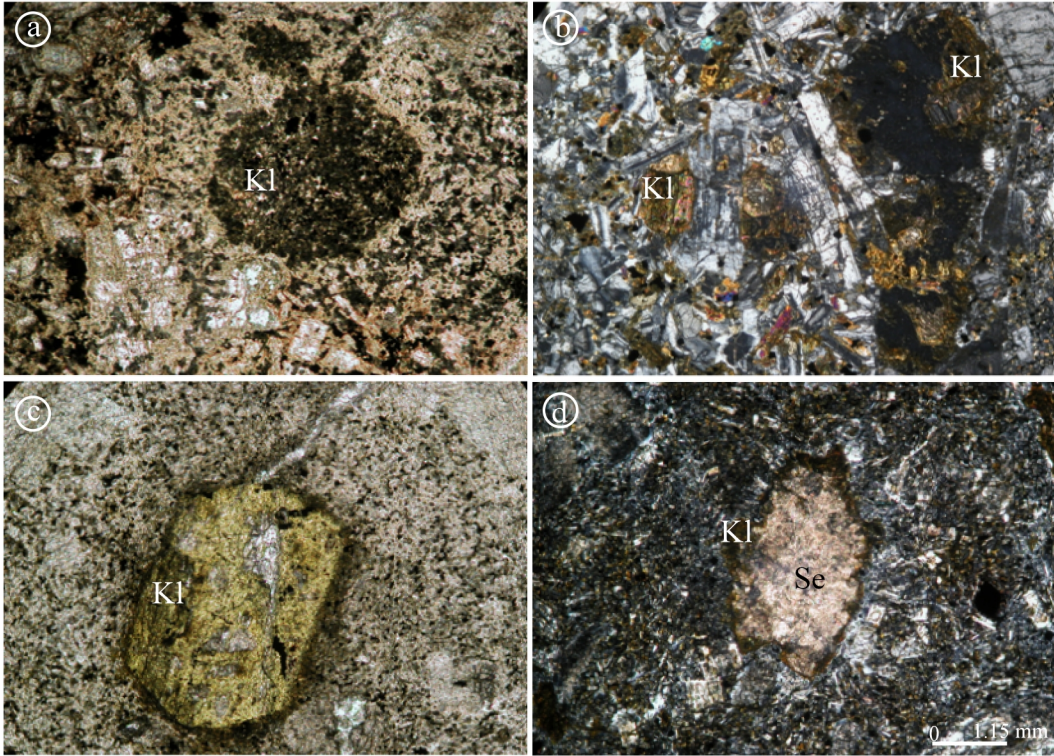


Şekil 51. Andezitlerin, (a)  $Al_2O_3$ -MgO-(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) üçgen diyagramındaki dağılımı (Van Gerven, 1995'ten değiştirilerek), (b) K<sub>2</sub>O'ya karşı CaO+Na<sub>2</sub>O diyagramındaki konumları (Barrett 1993'ten değiştirilerek).

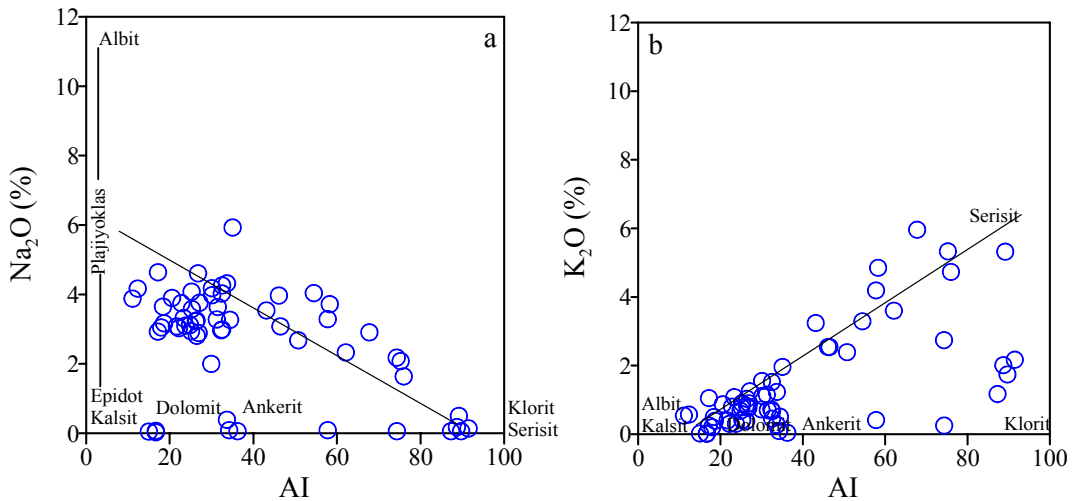
### 3.3.3.3. Kloritleşme

El örneğinde makroskobik olarak yeşilimsi rengi ile tipik olan kloritleşme, incelenen andezitik ve bazaltik volkanik kayalarda biyotit, hornblend ve klinopiroksen gibi koyu renkli minerallerin ayrışma ürünü olarak (Şekil 52) ve nadiren de onların dilinim ve kırıkları boyunca, bunlara ilaveten bazen plajiyoklasların ikiz düzlemleri ve kırıkları boyunca ve bazen de hamuru ornatmış ve boşluklarda yeniden oluşmuş şekilde görülmektedir. Cevherli zonda, klorite serizit, kuvars, epidot ve kalsit bir arada görülür.

Volkanik kayalardaki plajiyoklasların bozuluşu ile serizit ve klorit oluşumunu açıklayan ayrışma indeksine  $[AI=100*(\Sigma \text{ ana oksitler})/(MgO+CaO+Na_2O+K_2O)]$  karşı Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O diyagramlarında (Large vd., 2001), incelenen volkanik kayalarda AI artışına bağlı olarak Na<sub>2</sub>O azalması ile albit-plajiyoklas kenarından serizit-klorit köşesine doğru bir yönelme, AI azalmasına bağlı olarak K<sub>2</sub>O artışı ile serizit ve klorit oluşumuna yönelik bir yönelmenin varlığı göze çarpmaktadır (Şekil 53a ve b).



Şekil 52. Eosen yaşlı andezitlerde, koyu renkli minerallerin ayrışması sonucu oluşan kloritleşmenin mikroskopta tek ve çift nikollerdeki görünüşleri. (a) Hamurda boşluk dolgusu olarak meydana gelen kloritleşme (b) amfibollerin kloritleşmesi (c) Klinopiroksenin ayrışması sonucunda meydana gelen kloritleşme (d) serizitleşme ve kloritleşme birlikteliği (Kl: klorit, Ser: serizitleşme).



Şekil 53. Eosen yaşlı volkanitlerin AI karşı (a)  $\text{Na}_2\text{O}$  ve (b)  $\text{K}_2\text{O}$  diyagramlarındaki dağılımları (Large vd., 2001'den değiştirilerek).

#### **3.3.3.4. Epidotlaşma**

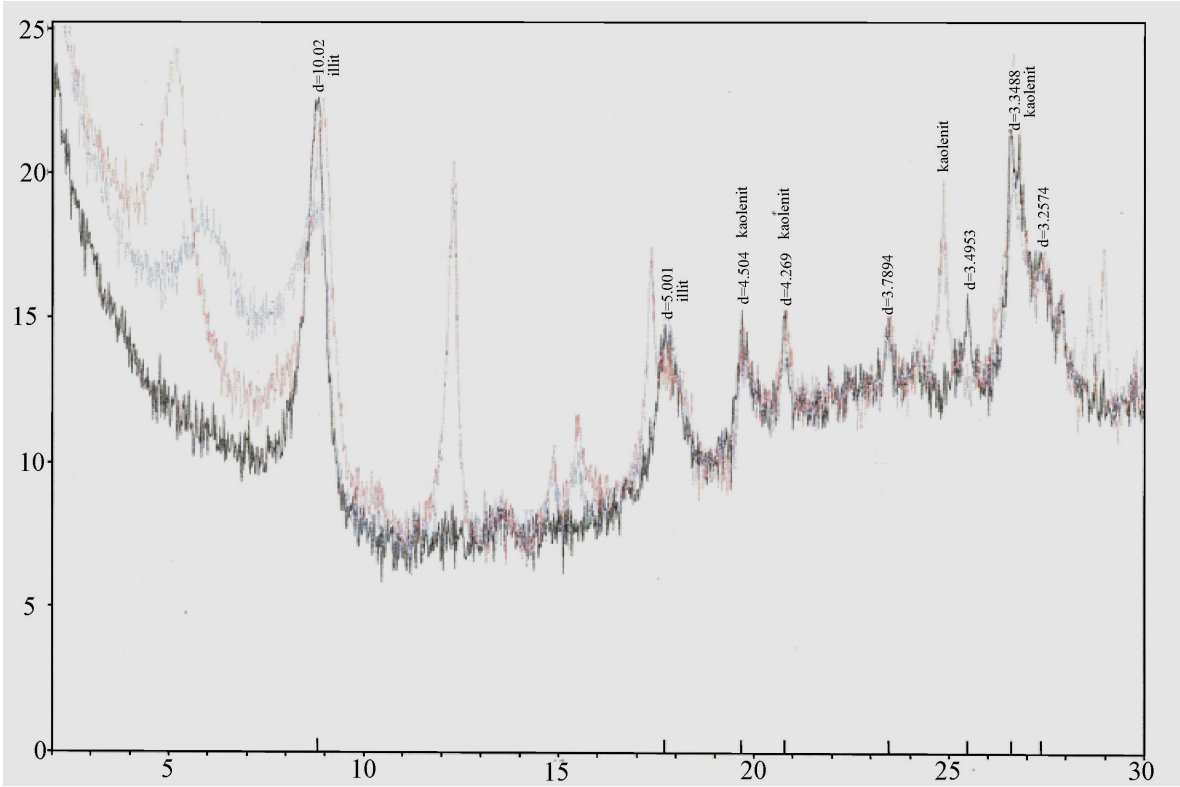
Epidotlaşma incelenen volkanik kayalarda diğer alterasyon türlerine göre daha az etkili olmuş olup, yaygın alterasyon türü olan kloritleşmeden makroskobik olarak ayırt etmek oldukça güçtür. Mikroskobik olarak bakıldığında ise genellikle koyu renkli minerallerin bulunduğu kesimlerde yoğunlaşan epidotlar, bazen de matriks içinde kloritleşme ile bir arada gözlenir.

#### **3.3.3.5. Karbonatlaşma**

Çoğunlukla cevherleşmeden uzak kesimlerden alınan örneklerde, hidrotermal ayrışma sonucunda plajiyoklas, klinopiroksen ve amfibol minerallerinde ve özellikle de onların kırık zonları boyunca yaygın olarak gözlenen karbonatlaşma pembemsi ve beyazımsı renkleri ile karakteristiktir.

#### **3.3.3.6. Killeşme**

Arzular cevherleşme sahasında, en yoğun olarak görülen alterasyon türlerinden biri olan killeşme, cevherleşmenin yerleştiği fay zonu boyunca ve açılan yarmalarda makroskobik olarak açık-gri beyazımsı renklerde, mikroskobik olarak ise plajiyoklasların alterasyon ürünleri olarak izlenmektedir. Cevherleşmenin içinde bulunduğu andezitlerin ayrışması ile oluşan killerin tür ve kimyalarını belirlemek amacıyla, Gündoğdu ve Yılmaz (1984)'nin belirttiği biçimde ayrıştırılan killerden, x-ışınları difraktogramı (doğal, etilen, glikollü ve fırınlı, Şekil 54) ve DTA analizi yapılmıştır. Yapılan bu analizlerden elde edilen sonuçlar ve grafikler cevher sahasında yaygın olarak görülen kil türlerinin illit, simektit, klorit ve kaolen olduğunu göstermektedir (Şekil 54). Cevherli zona doğru illit ve simektit miktarında artma, yan kayaca doğru ise klorit miktarında artma belirlenmiştir.



Şekil 54. Arzular cevherleşmesinde kil fraksiyonuna ait yönlü çekilmiş doğal x-ışınları difraktogramları (siyah pikler fırınlı, kırmızı pikler glikollü, mavi pikler normal).

### 3.3.3.7. Limonitleşme ve Hematitleşme

Özellikle fay ve kırık zonları boyunca, cevher içeren bölgeye gelen oksijen içeren suların, piritli bölgelerde oluşturduğu limonitleşme sarımsı renklerde, hematitleşme ise kırmızımsı renklerde gözlenmektedir. Bunun dışında hematitleşme ve limonitleşme özellikle KB ve KD doğrultulu fay zonları boyunca bütün kayalarda yaygın olarak görülen alterasyon türlerinden biridir.

## 3.4. Yan Kayalarda Tespit Edilen Mineral, Element ve Kütle Değişimleri

Arzular (Gümüşhane) cevherleşmesi, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun ana litolojilerinden birini oluşturan andezitler içinde KD-GB doğrultulu ve bunu kesen yaklaşık D-B doğrultulu iki kırık sistemine bağlı olarak damar tip olarak gelişmiştir. Bu bölümde Arzular cevherleşmesinin geliştiği bu kırık sistemindeki cevher damarına dik bir hat

boyunca yüzeyden sistematik olarak alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarını kullanarak cevherleşme sahasında meydana gelen, mineralojik, elementsel ve kütleli değişimler ayrı ayrı ele alınmıştır.

Çalışma alanında cevher damarına dik bir hat boyunca yapılan örnekleme, yaklaşık 1 km uzunluğundaki kırık hattını temsil edecek şekilde 5 ayrı profil (1, 2, 3, 4 ve 5 nolu profiller) üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 55). Her bir profil üzerinde örnekleme yapılırken, örnekler arası mesafe makroskobik gözlemlere bağlı olarak, arttırılmış veya azaltılmıştır. Damara doğru yaklaştıkça kayaçlarda meydana gelebilecek, mineralojik, element ve kütleli değişimleri detay görebilmek için örnekler daha sık aralıklı alınırken, damardan uzaklaştıkça seyrek bir örnekleme tercih edilmiştir. Cevher içeren damara atılan bu 5 profilde, toplam 60 adet örnek alınmış ve bunların tamamı ana, iz ve nadir toprak elementler olmak üzere toplam 57 element için analiz edilmiş ve sonuçlar Ek Tablo 5, 6, 7, 8 ve 9'da verilmiştir.

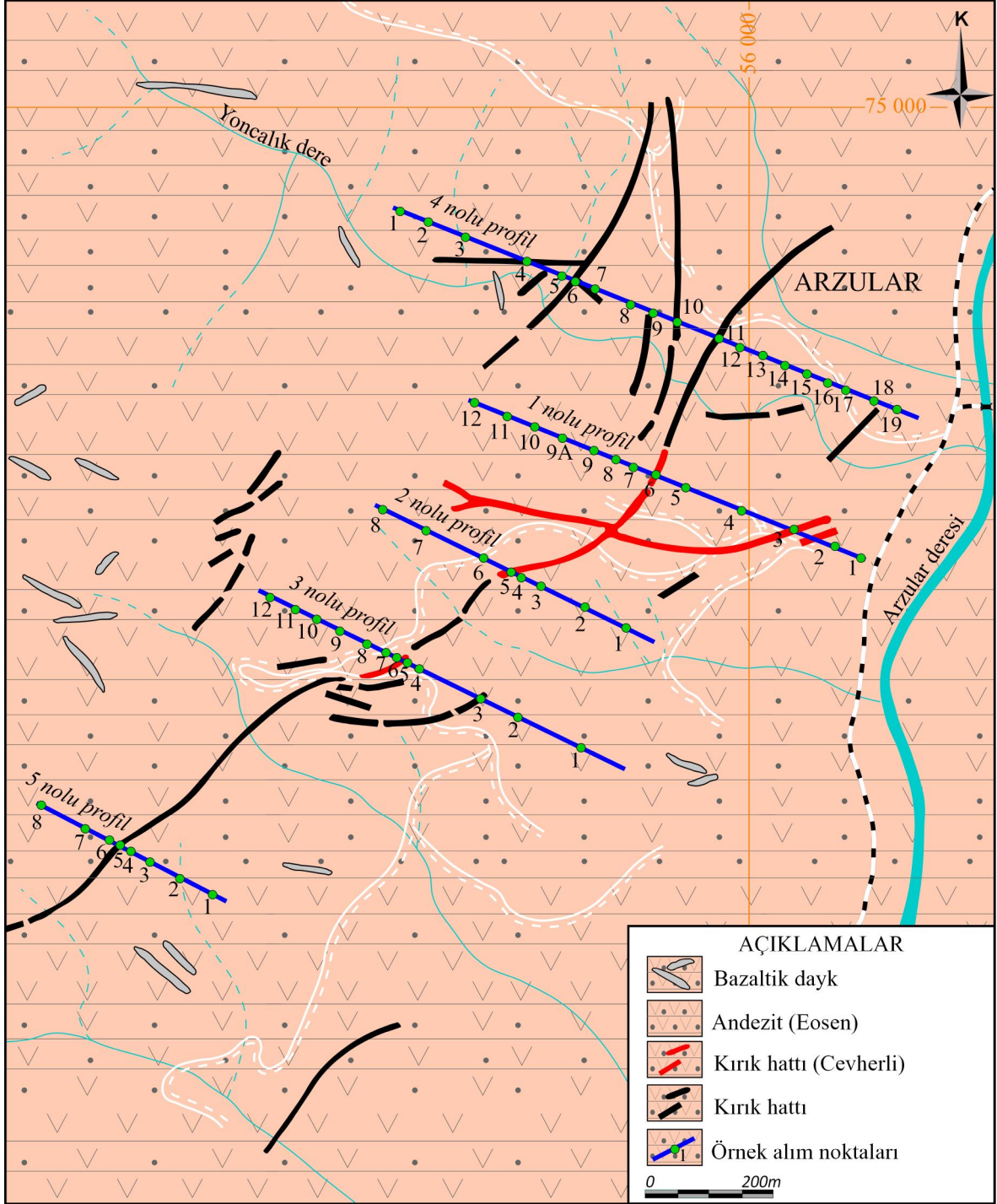
### **3.4.1. Mineral Değişim Hesapları**

Cevherleşme sahasından alınan örneklerin, ana ve iz element analizleri kullanılarak, cevher oluşumu sırasında ve cevher oluşuktan sonra, yan kayaçlarda meydana gelen ayrışma mineralojisi ve damara doğru bu ayrışma minerallerinde meydana gelen değişimi hesaplamak mümkündür (Böhlke, 1989; Mountain vd., 1996 ve Herrmann ve Berry, 2002). Çalışma sahasında, cevher damarına dik bir hat boyunca, atılan 5 profilden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları kullanılarak, Herrmann Berry (2002) tarafından geliştirilen MINSQ yöntemiyle, yan kayaçta oluşan alterasyon mineralojisi ve mineral değişim yüzdeleri hesaplanmıştır.

#### **3.4.1.1. MINSQ Yöntemi**

Herrmann ve Berry, (2002) tarafından geliştiren MINSQ yöntemi, bir veri çözümleme programı olup, hesaplamalarda en küçük kareler yöntemini esas almaktadır. Program Microsoft Excel TM çözümleyicisi kullanılarak kolaylıkla çalıştırılabilmektedir. Bu veri çözümleme programı sayesinde, herhangi bir kayacın mineralojik olarak içeriğini, aynı kayacın kimyasal analizleri ile sayısal olarak hesaplamak mümkündür. Ancak, programı kullanmadan önce kayaçların mineralojik bileşimleri belirlenmeli ve o kayaç

içindeki minerallerin kimyasal analizleri yapılarak bileşimleri ortaya konulmalıdır (Böhlke, 1989). Bu çalışmada yan kayada belirlenen minerallerin mikrokimyasal analizleri yapılamadığından, minerallerin bileşimleri (Deer vd., 1992 ve Dana, 1993)'den alınmıştır.



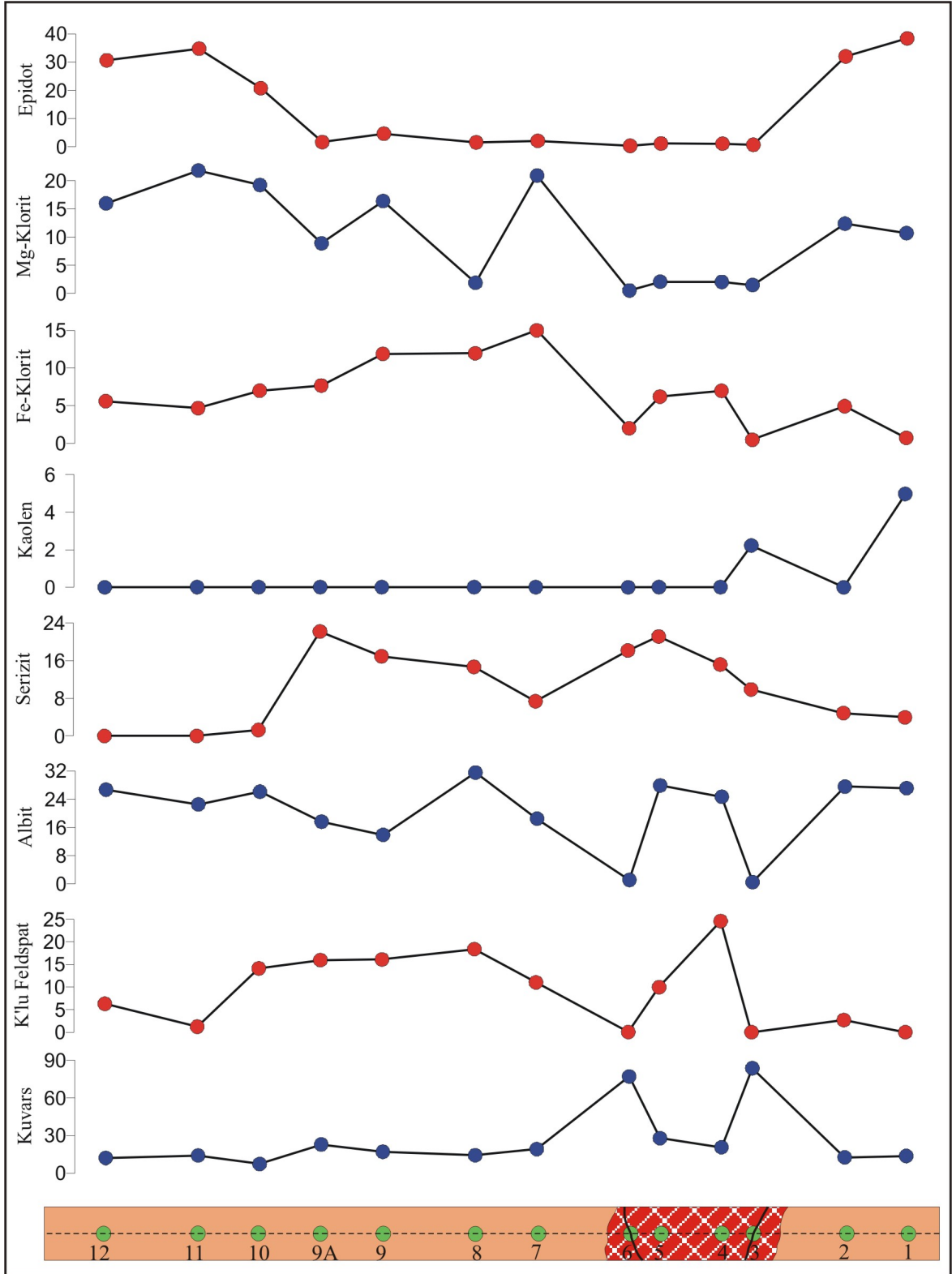
Şekil 55. Cevherleşme sahasında damara dik bir hat boyunca örnek alınan profiller (Güner ve Yazıcı 2006'dan değiştirilerek).



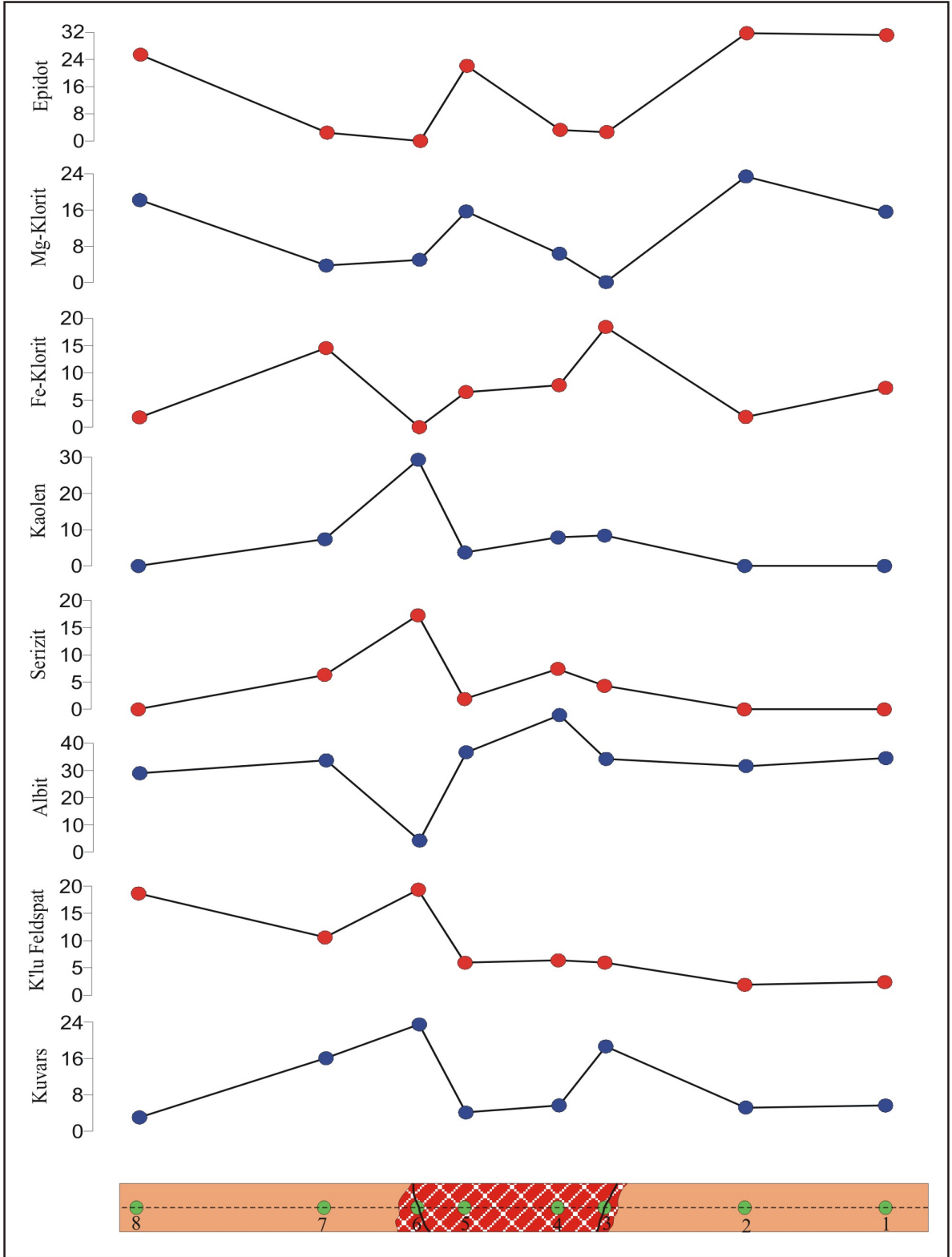
### 3.4.1.2. Damara Dik Bir Hat Boyunca Alterasyon Mineral Değişimi

Arzular cevherleşme sahasında, yan kayaçlarda meydana gelen alterasyon mineral değişimini belirlemek amacıyla damara dik bir hat boyunca 5 farklı profil (1, 2, 3, 4 ve 5 nolu profiller) üzerinde sistematik örnek alımı neticesinde elde edilen kimyasal analiz sonuçları, Herrmann Berry (2002) tarafından geliştirilen MINSQ yöntemiyle, değerlendirilerek tüm profiller için hesaplanan alterasyon mineralojisi ve mineral değişim yüzdeleri ve bu mineral yüzdelerine ait temel istatistiksel parametreler Ek tablo 10, 11, 12, 13 ve 14' de verilmiştir.

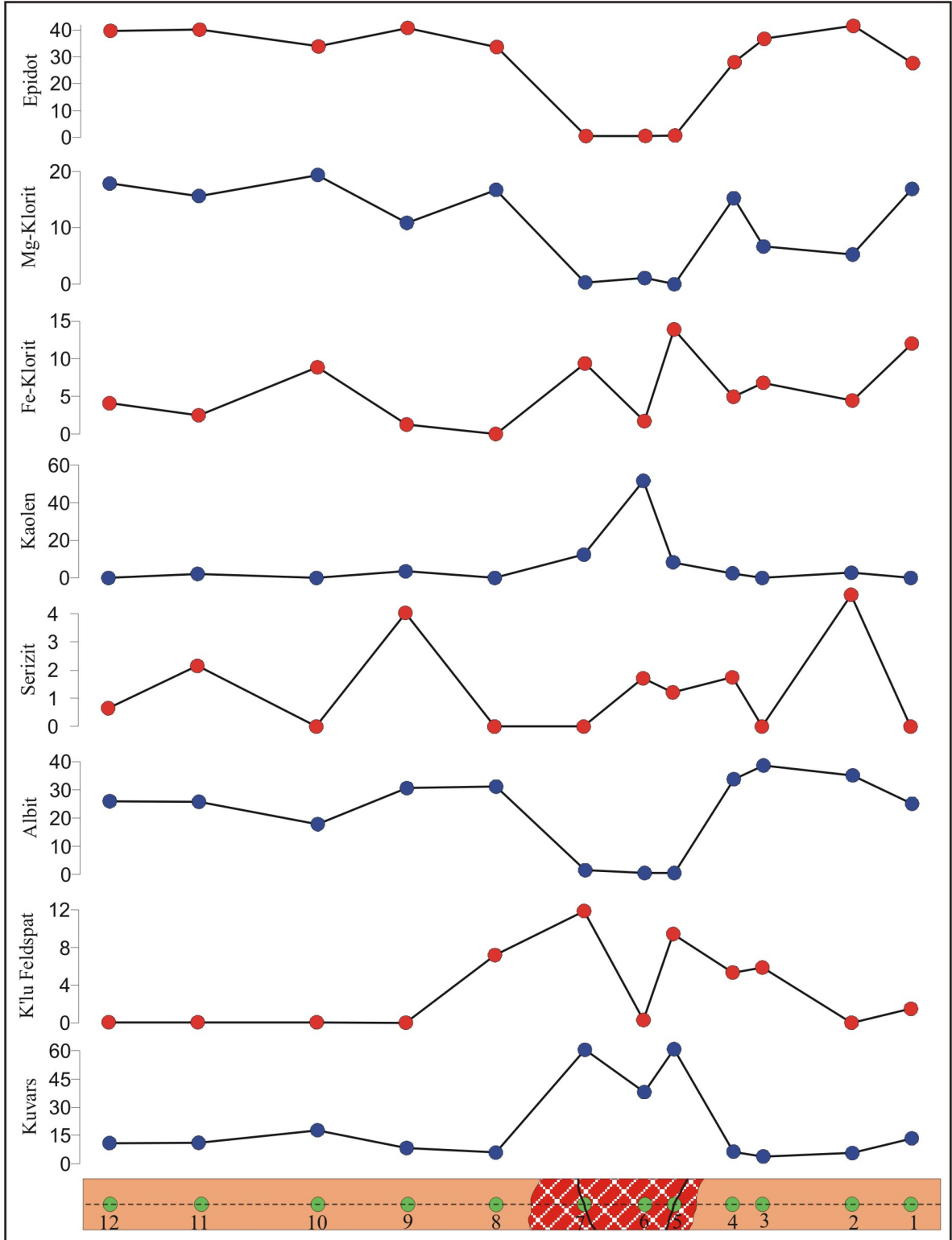
Belirlenen mineral yüzde sonuçlarına bakıldığında, örnekleme yapılan tüm profillerde yan kayaçtan cevhere doğru belirgin bir mineral zonlanması dikkat çekmektedir. 1 nolu örnek alım profilinde alterasyon mineralojisi olarak, cevherli zonda kuvars, K'lu feldspat, serizit ± kaolen ± Fe'li klorit, cevherden uzak propilitik zonda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten epidot, Fe'li klorit, Mg'lu klorit ± serizit tespit edilmiştir (Şekil 56). 2 nolu örnek alım profilinde, cevherli zonda kuvars, kaolen, Fe'li klorit, serizit, yan kayaca doğru ise albit, epidot, Mg'lu klorit ± K'lu feldspat alterasyon mineral birlikteliğini oluşturmaktadır (Şekil 57). 3 nolu profilde alterasyon mineral birlikteliği; cevherli zonda kuvars, K'lu feldspat, Fe'li klorit, kaolen±serizit propilitik zonda ise albit, epidot, Mg'lu klorit ve serizit olarak belirlenmiştir (Şekil 58). Diğer bir örnek alım profili olan 4 nolu profilde cevherli kısımlarda kuvars, serizit ve kaolen, propilitik zonda ise albit, K'lu feldspat, Fe'li ve Mg'lu klorit ile epidot alterasyon mineral birlikteliğini oluşturmaktadır (Şekil 59). Arzular cevherleşme sahasında son örnek alım profilinde (5 nolu) alterasyon mineral birlikteliği; cevherli zonda kuvarsa ilaveten Fe'li klorit, kaolen ±serizit, propilitik zonda ise albit, K'lu feldspat, Mg'lu klorit ve epidottan oluşmaktadır (Şekil 60).



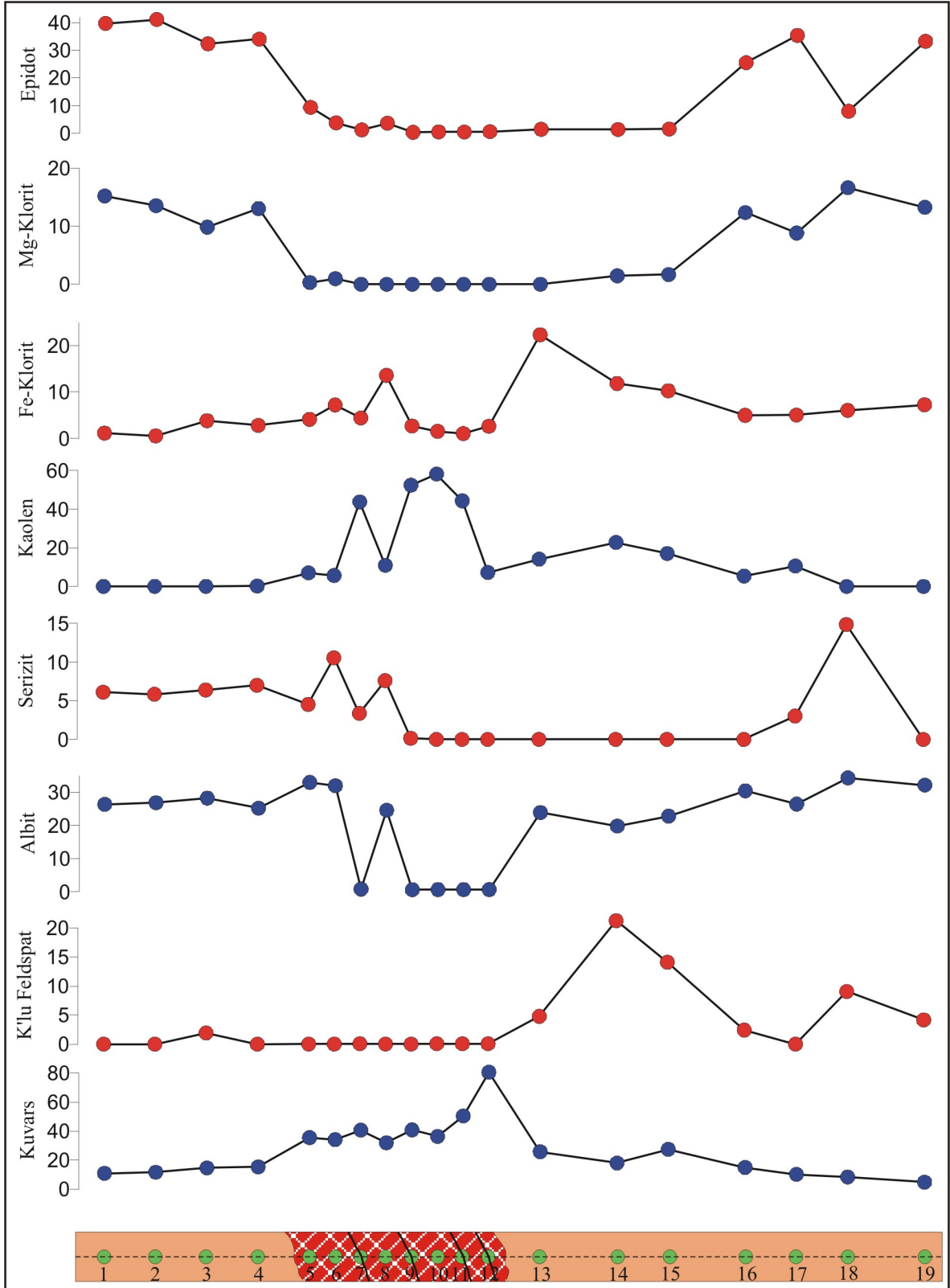
Şekil 56. 1 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayalara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 10'a bakınız).



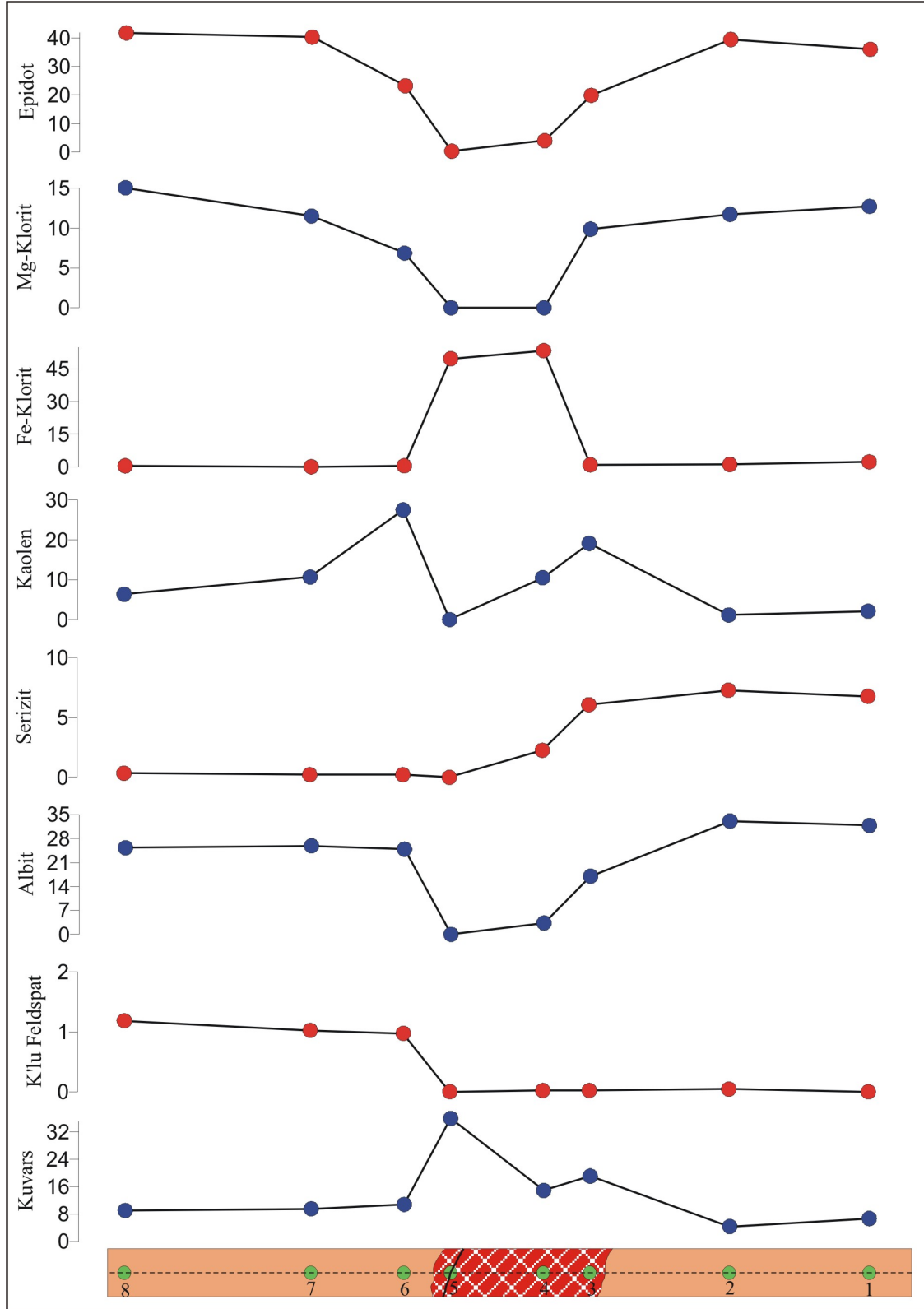
Şekil 57. 2 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayalara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 11'e bakınız).



Şekil 58. 3 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerinin cevherli zondan yan kayalara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 12'ye bakınız).



Şekil 59. 4 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayalara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 13'e bakınız).



Şekil 60. 5 nolu profilden alınan örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının MINSQ yöntemiyle (Herrmann Berry 2002) hesaplanan alterasyon minerallerin cevherli zondan yan kayalara doğru olan değişimi (Sonuçlar için Ek Tablo 14'e bakınız).

Plajiyoklasların ve feldspatların bozuşarak önce serizitleşmesi ve daha sonra da kaolenleşmesinden dolayı, albitleşme örnek alınan tüm profillerdeki yoğun cevher zonunda gözlenememiştir. Klorit cevher zonunda Fe' klorit, cevherden uzak bölgelerde ise Mg'lu klorit olarak bulunmaktadır. Hesaplanan mineral yüzde değerleri dikkate alındığında, cevher minerallerinden galen ve pirit 1 ve 2 nolu profillerde gözlenirken (Ek Tablo10 ve 11), diğer profillerde bu minerallere rastlanılmamıştır. Rutil ise yüzde olarak az bir oranda da olsa damardan uzak zonlarda daha yoğun olarak tüm profillerde gözlenmiştir (Ek Tablo 10, 11, 12, 13 ve 14).

Arzular cevherleşme sahasında, KD-GB ve yaklaşık DB doğrultulu birbirini kesen iki kırık sisteminde gelişmiş olan cevher damarına dik bir hat boyunca atılan 5 adet profilden alınan örneklerin gerek kimyasal analiz sonuçları, gerekse de MINSQ programı ile elde edilen mineral yüzde hesaplamalarına göre, kuvars içeriklerinde altere andezitten yoğun cevher zonuna doğru belirgin bir pozitif anomali gözlenmesi, silisleşme ile cevherleşmenin beraber hareket ettiğinin açık bir göstergesi olmakla birlikte, bu örneklerin aşırı silisleşmesinde cevherleşmenin yerleştiği faya paralel olarak gelişmiş kırıklarda hareket eden hidrotermal sıvıların etkin bir rol oynadığı açıktır.

### **3.5. Kütle Değişim Hesaplamaları**

Hidrotermal ayrışma, kayaçların yapısında bulunan elementlerin miktarlarında artma ya da azalma görülmesinde önemli bir etkidir. Kütle değişim hesaplamalarına göre, kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek için farklı araştırmacılar (Gresens, 1967; Grant, 1986; MacLean ve Kranidiotis, 1987; MacLean, 1990; Huston, 1993; Huston ve Cozens, 1994; Barret ve MacLean, 1994) tarafından farklı yöntemler geliştirilmiştir.

Kütle değişim hesapları, altere olmuş kayaçların kimyasal bileşimi, altere olmamış ya da nispeten çok az altere olmuş kayaçların bileşimleriyle kıyaslanarak yapılmaktadır. Bu hesaplamalarda, kayaçlarda hidrotermal alterasyon sonucu ortaya çıkan metazomatik olayları inceleyen Gresens (1967) yöntemi, pek çok araştırmacının başvurduğu ilk kaynaktır. Bu yöntemi Grant (1986) analitik verilerin elle kullanımını gerektirmeyecek kadar basitleştirmiş ve hem grafiksel hem de bilgisayar yardımıyla kullanılabilir hale getirmiştir. Gresens metodunun esası “değişime uğramış kayaçtaki bileşenlerin konsantrasyonu ile değişime uğramamış kayaçtaki bileşenlerin konsantrasyonu” arasındaki

ilişkiye dayanır. Grant, bu lineer ilişkiyi kullanarak, Gresens eşitliklerini yeniden düzenlemiştir. Arzular cevherleşmesinde, damara dik bir hat boyunca atılan 5 profilden alınan örneklerde yapılan kütle değişim hesaplamalarında, Grant (1986)'ın izokon yönteminin Huston (1993) tarafından değiştirilmiş versiyonu kullanılmıştır.

### 3.5.1. İzokon Yöntemi

Huston (1993) tarafından geliştirilen izokon yönteminde, ilk olarak altere ve en az altere olmuş kayalarda hareketsiz elementler ( Al, Ti, Y, Zr ve Nb gibi) elementler arası korelasyon katsayısından yararlanarak belirlenir, akabinde ise bu hareketsiz elementler arasında en yüksek pozitif korelasyonu veren elementler tespit edilir. İzokon yönteminde hazırlanan x-y grafiğinde, ayrışmadan çok etkilenebilecek elementleri merkeze yakın, ayrışmadan az etkilenen elementleri merkezden uzak ve hareketsiz elementleri ise bunların arasına dağıtarak ve her bir elemente ayrı bir tam sayı ( $n_i$ ) verilerek ölçeklendirme işlemi tamamlanır ve sıralama yapılır. Bu sıralamada en az hareketli olan element merkezden en uzakta, en sona yerleştirilir. Az ayrışmış örnekteki her bir element konsantrasyonunu  $C_i^O$ , ayrışmış örnekteki her bir element konsantrasyonunu  $C_i^A$ , ölçeklendirilmiş ayrışmış örneğin konsantrasyonu ise  $C_i^S$  ile ifade edilmekte olup,

$$C_i^S = n_i \times C_i^A / C_i^O \quad (1)$$

formülünden hesaplanır. Bu yöntemde grafik çizilirken, ölçeklendirilmiş az ayrışmış veya ayrışmamış örneklerin bileşenleri x – eksenine ve ayrışmış örneklerin bileşenleri ise y eksenine yerleştirilir. Grafiğin merkez (orijin) ile en hareketsiz elementi birleştiren doğru, *izokon doğrusu* olarak adlandırılır. Çizilen bu doğrunun, üst tarafındaki bölgede kalan elementlerin içeriklerinde artma, alt bölgede kalan elementlerin içeriklerinde ise azalma olduğu kabul edilir. Hidrotermal ayrışma esnasında herhangi bir artış veya azalma göstermeyen elementler ise, izokon doğrusu üzerinde yer alır. Kütle değişim hesaplamaları, elde edilen bu doğrunun eğimi ( $m$ ) belirlenerek, yapılır. Eğer ayrışmamış kayaca göre ayrışmış kayacın kütle değişimi söz konusu değil ise  $m = 1$ , kütle artışı var ise  $m < 1$  ve kütle kaybı belirlenmişse  $m > 1$  olacaktır. Bu bilgiler ışığı altında, ayrışmadan en az etkilenen kayaca göre her ayrışmış kayacın göreceli (nispi) kütle değişimi yüzde olarak;



$$\Delta C_i^A (\%) = 100 \times [C_i^A / (m \times C_i^O) - 1] \quad (2)$$

formülü ile 100 g'a göre net kütle değişimi,

$$\Delta C_i^A (g / 100 g) = [\Delta C_i^A (\%) / 100] \times [C_i^A (g / 100 g)] \quad (3)$$

bağıntısı ile ayrışmamış kayaca göre meydana gelen net kütle değişimi ise,

$$\Delta M^A (\%) = 100 (1 / m - 1) \quad (4)$$

formülü ile hesaplanır (Huston 1993).

### 3.5.2. Yan Kayaçlarda Meydana Gelen Kütlesel ve Kimyasal Değişimler

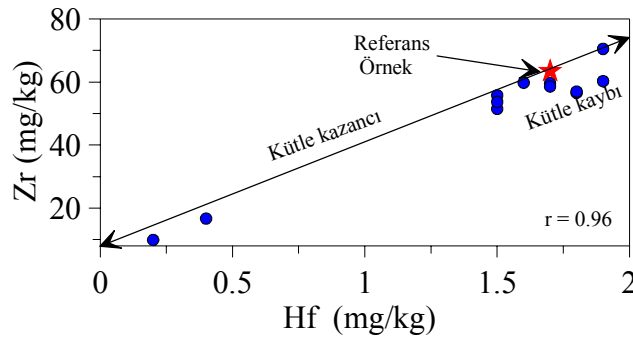
Maden yataklarında, kütlesel ve kimyasal değişimleri hesaplamak amacıyla yapılan çalışmaların çoğunda, Al, Zr, Ti, Y ve Nb alterasyondan en az etkilenen veya hareketsiz oldukları belirlenen elementlerdir ( MacLean ve Kranidiotis, 1987, MacLean 1990). Arzular cevherleşmesinde, yan kayaçlarda meydana gelen kütlesel ve kimyasal değişimleri belirlemek için, cevherleşme sahasında bulunan KD-GB ve yaklaşık D-B doğrultulu iki kırık sistemine yerleşmiş olan damara dik doğrultuda, belli aralıklarla 5 adet profil atılarak sistematik örnekleme yapılmıştır. Her bir profilden alınan örneklerden analiz edilen elementler korele edilmiş ve en yüksek pozitif korelasyona sahip elementler tespit edilmiştir (Ek Tablo 15, 16, 17, 18 ve 19). Nadir toprak element (NTE) analizleri, bu çalışma kapsamında, yapılan hesaplamalarda ortalama olarak kullanılmıştır.

Bir önceki bölümde MINSQ yöntemiyle yan kayaçta belirlenen alterasyon mineralojisine ve mineral değişim yüzdelerine göre, Arzular cevherleşme sahasında örnekleme yapılan tüm profillerde epidot, Mg'lu klorit, albit minerallerinin yüzdeleri, cevherden uzak ve yan kayaca yakın bölgelerde zenginleşme gösterdiği, kuvars, kaolinit ve serizit minerallerinin yüzdelerinde yan kayaca göre cevherli zonda zenginleşme gösterdiği belirlenmişti. Bu bağlamda, bu çalışmada yan kayaçlarda meydana gelen kütlesel ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla yapılan hesaplamalar, her bir örnekleme profilinde de uygulanmak üzere, alterasyon zonları, epidot, Mg'lu klorit ve albitin baskın olduğu alterasyon zonu, kuvars, serizit ve kaolinitin baskın olduğu cevherin yerleştiği fay

zonu olmak üzere alt zonlara ayrılarak irdelenmiştir. Tüm bunlara ilaveten, her bir örnekleme profilinde yapılan kütle ve kimyasal değişim hesaplamaları, tüm hat boyunca da uygulanmıştır.

Yan kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla, Arzular cevherleşme sahasında, 1 nolu örnekleme profilinde, damara dik doğrultuda alınan 13 adet örneğin kimyasal analiz sonuçlarına göre, en yüksek korelasyona sahip element çifti olarak Zr-Hf ( $r = 0.96$ ) belirlenmiştir (Şekil 61). Dolayısıyla 1 nolu örnekleme profili için yapılacak olan kütle değişim hesaplamalarında Zr-Hf hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Cevher oluşum süreci boyunca, genel olarak Al, T, Zr, Y ve Nb'nin hareketsiz olarak davrandıkları benzer çalışmalarla kanıtlanmıştır (Winchester ve Floyd, 1978; Finlow-Bates ve Stumppel, 1981; Maclean ve Kranidiotis, 1987; Elliott-Meadows ve Appleyard, 1991; Huston, 1993; Kaur, vd., 2008; Yaylalı-Abanoz ve Tüysüz, 2010).

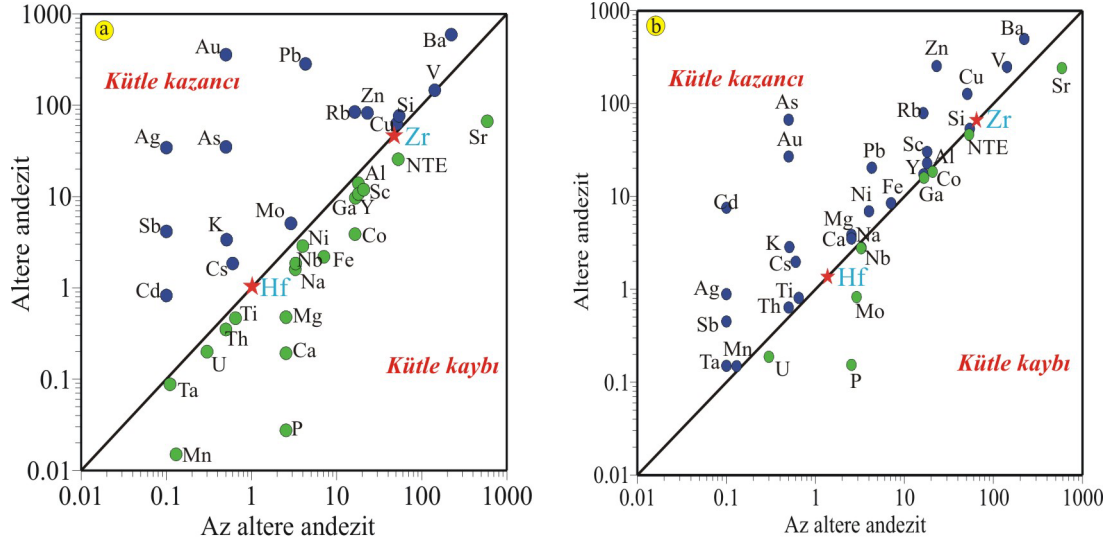
Grafik üzerinde de görüleceği üzere tüm örneklerin tek bir hat boyunca sıralanması, cevherleşmeye eşlik eden andezitlerin homojen ilksel bileşime sahip oldukları şeklinde açıklanabilir.



Şekil 61. Arzular cevherleşme sahasında, 1 nolu örnekleme profilinde Zr-Hf arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram ( $r$ : korelasyon katsayısı, referans örnek: 1 nolu örnek Ek Tablo 5).

Alterasyon süresince, kütle kaybı ve kütle kazanımı gösteren elementler ile hareketsiz elementlerin az altere kayaca göre göreceli değişimini belirlemek için (az altere kayaca-altere kayaç) Grant (1986) tarafından hazırlanan izokon diyagramının (log-log) kullanılması neticesinde; hareketsiz elementlerin ve alterasyon süresince değişime uğramayan elementlerin izokon doğrusu üzerinde dağılım gösterdiği, kütle kaybı ve kütle

kazanımı gösteren elementlerin izokon doğrusunun sırasıyla altında ve üstünde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 62).

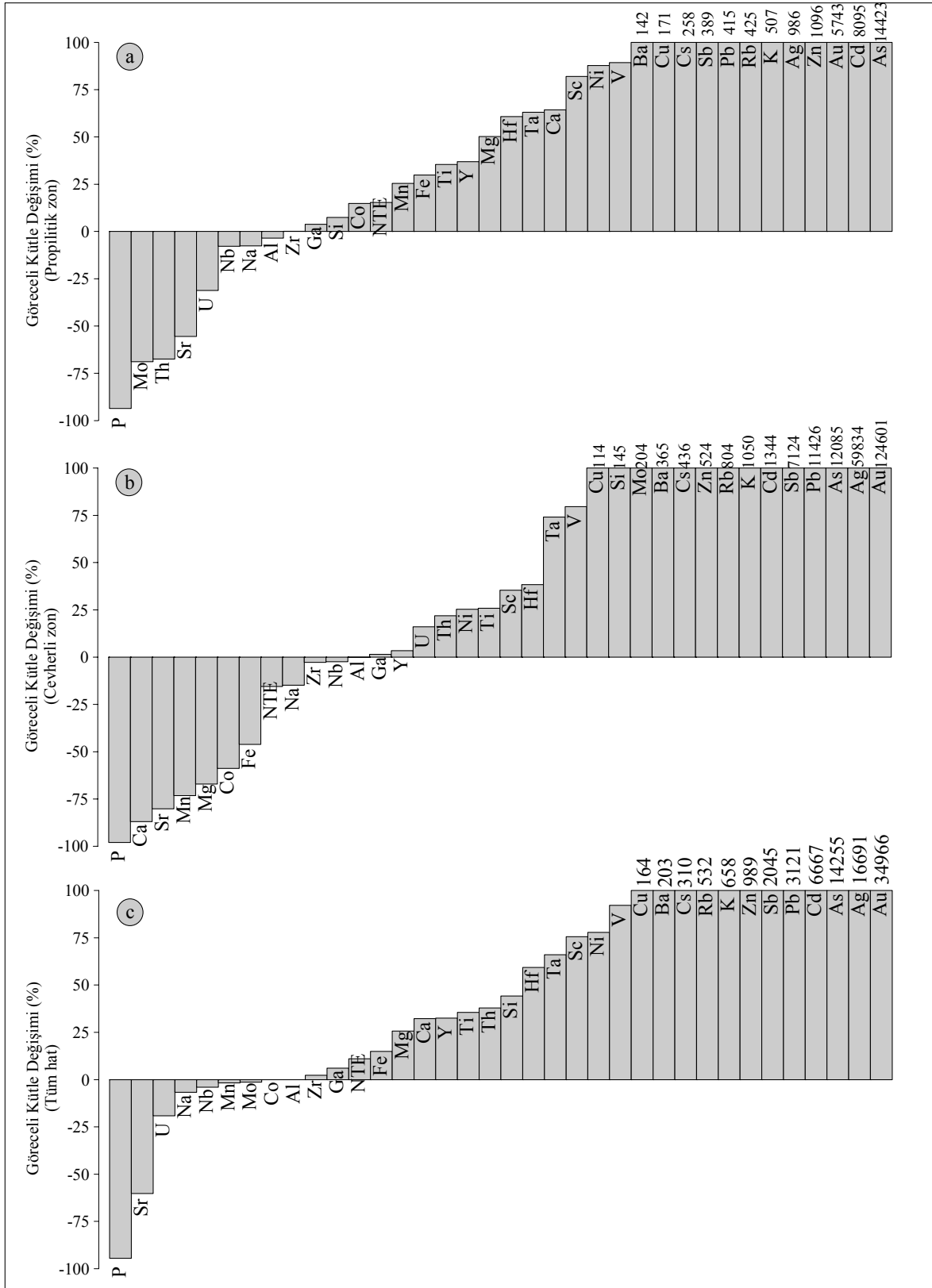


Şekil 62. Arzular cevherleşme sahasında, 1 örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a: cevherli zon, b: propilitik zon; Grant 1986).

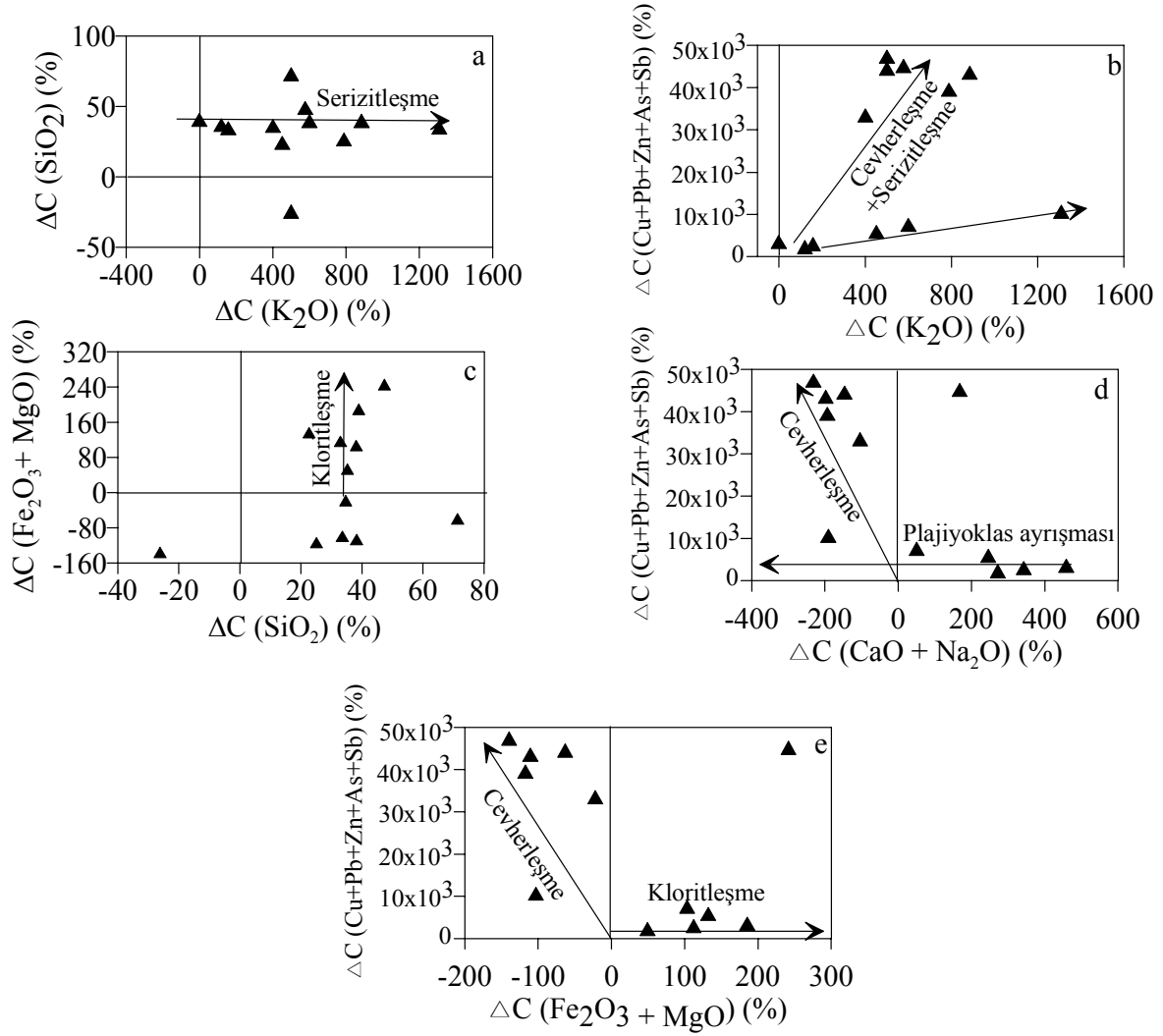
Bu diyagrama göre; cevherli zonda ana elementlerden Al ve Ti, Ta, Nb ve Th gibi iz elementlerin izokon doğrusunun yakınına düşmesi bu elementlerde hemen hemen hiç kütle değişiminin olmadığını göstermektedir. Mn, Ca, Na, Fe, Mg, U, P, Ga, Y, Co, Nb, Ni, NTE ve Sr elementlerinde kütle kaybı olduğu Si, K, Pb, Zn, Cu, Au, Ag, As, Sb, Cd, Mo, V ve Ba elementlerinde ise önemli miktarda kütle kazanımı olduğu görülmektedir (Şekil 62a). 1 nolu örnek alım profilinde propilitik zon için hazırlanan diyagramda Si, Fe, Mn, Na, Ta, Th, Y, Ga ve Co elementlerinin (herhangi bir kütle değişimi gerçekleşmediği için) izokon doğrusuna çok yakın yerlere düştüğü buna karşın Mo, Sr, U ve P' de kütle kaybı, diğer elementlerde ise kütle kazanımı gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 62b).

1 nolu örnekleme profilinde, az altere kayaca nispi kütle değişimleri 2 nolu formül kullanılarak, önceki bölümde açıklandığı gibi propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 63, Ek Tablo 20, 21 ve 22). Propilitik alterasyon zonunda, ana elementlerden Fe'li ve Mg'lu klorite bağlı olarak sırasıyla Fe %29.88, Mg %50.21 oranında, epidotlaşmaya bağlı olarak Ca % 64.32 civarında artış gözlenirken, serizitleşmeye bağlı olarak ise K % 507.41 oranında artış göstermektedir. Si ise propilitik

zonda % 7.43 oranında artış gösterir (Şekil 63a). Yine propilitik zonda, Na % 7.59, U % 31.15 ve Sr %55.45 miktarında azalmıştır. 1 nolu örnekleme profilinde, propilitik zondan alınan örneklerde makroskobik olarak cevher mineralleri gözlenmemesine rağmen, bu örnekler üzerinde yapılan mikroskobik çalışmalar neticesinde az da olsa opak mineraller tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak propilitik zonda, cevher oluşturan elementlerden Zn % 1096.26, Ag % 986.95, Pb % 433 ve Cu % 171.33 nispi artış göstermektedir. Cevherli zonda nispi kütle değişimi incelendiğinde ise, ana elementlerden K ve Si sırasıyla % 1050.27 ve % 145.54 civarında nispi artış gösterdiği belirlenirken, Na, Mn ve Ca ise cevherli zonda sırasıyla %14.82, % 73.21ve % 86.97 oranında nispi azalma gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 63b). Burada dikkati çeken, propilitik zonda Fe (% 29.88) ve Mg (% 50.21) elementlerinde nispi artış gözlenirken, cevherli zonda propilitik zona göre Fe (% 46.15) ve Mg (% 67.10) elementlerinin bu artış oranlarında azalma görülmesidir. Benzer durum Ca ve Na içinde geçerlidir. Cevherli zonda cevher oluşturan elementlerden Ag % 59834.76, Pb % 11426.74, Zn % 524.40 ve Cu % 11427 nispi artış göstermektedir (Şekil 63b). Tüm hat için yapılan nispi kütle değişim hesaplamalarına bakıldığında, ana elementlerden K, Si, Mg, Ca ve Fe miktarlarında cevher yapıcı elementlerden ise yine diğer zonlarda olduğu gibi Cu, Pb, Zn ve Ag miktarlarında artış gözlenmiştir (Şekil 63c). Propilitik ve cevherli zonda olduğu gibi Na bu zonda da nispi azalma göstermiştir (Şekil 63c). 1 nolu profile, en az altere kayaca göre ayrılmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler incelendiğinde silisleşmiş örneklerin serizitleştiği (Şekil 64a), buna karşın cevherleşme ile serizitleşme arasında pozitif bir ilişkiye bağlı olarak cevherleşme süresince kayaçların serizitleştiği (Şekil 64b) , nispi kütle hesaplamalarına bağlı olarak 1 nolu örnek alım profili boyunca ilksel olarak silisleşmiş olan örneklerin sonradan kloritleştiği (Şekil 64c), Na ve Ca azalmasına plajiyoklas ayrışmasına gerçekleşirken cevherleşme sürecinin devam ettiği (Şekil 64d), kloritleşme ile cevherleşme herhangi bir ilişki olmadığı (Şekil 64e) belirlenmiştir.



Şekil 63. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (1 nolu profili ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları.



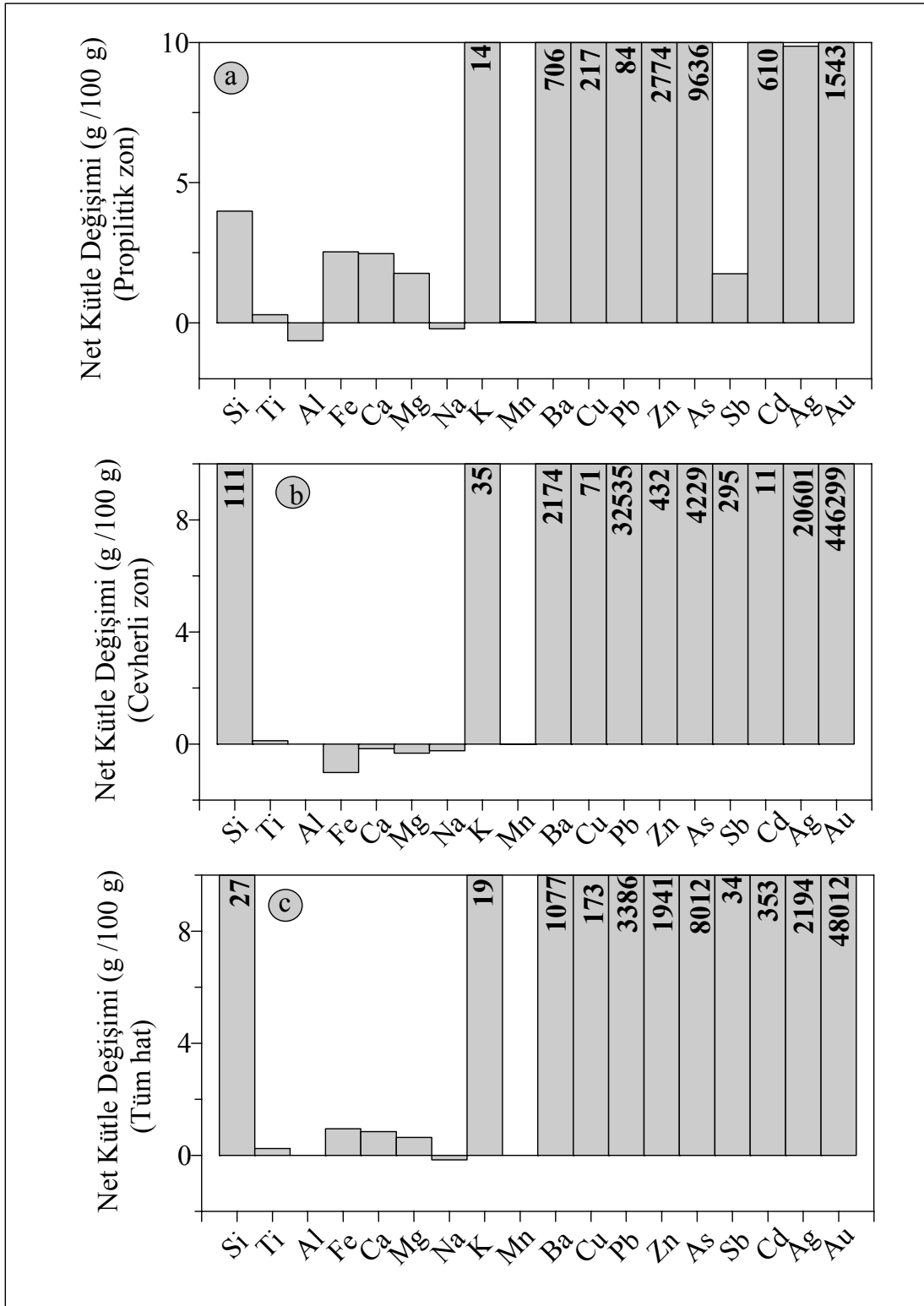
Şekil 64. 1 nolu profile, en az altere kayaca göre ayrılmış kayacıkta hesaplanan ve kayacıkta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayacıkta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar.

Arzular cevherleşme sahasında, damara dik bir hat boyunca 1 nolu profil boyunca alınan örneklerden net (g/100g) kütle değişim hesaplamaları 3 nolu formül kullanılarak yapılmış ve bunun sonucunda propilitik zonda K (14.46 g), Si (3.97 g), Ca (2.47 g), Mg (1.76 g) ve Fe (2.52 g) artışına bağlı olarak kayacıklarda serizitleşme ve kloritleşme gerçekleşmiştir (Şekil 65a). Cevherli zonda ise Si (111.21 g) ve K (35.09g) artışı cevherleşmeye serizitleşmenin eşlik ettiğini gösterirken yine aynı zonda Ca (0.17g) ve Na (0.32 g) net kütle azalması cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasını göstermektedir (Şekil 65b). Ayrıca cevherli zonda Pb 32535 g zenginleşerek baskın cevher minerali galen ve Zn 432 g zenginleşerek sfalerit mineralinin oluşumunu sağlamışlardır

(Şekil 65b). Tüm hat için yapılan net kütle değişim hesaplamalarında ise, cevherli zonda olduğu gibi Si (27.01 g) ve K (19.96 g) artışı ve cevher minerali oluşturan elementlerce net kütle artışı belirlenmiştir (Şekil 65c).

Arzular cevherleşme sahasında 1 nolu örnekleme profilinde, Grant (1986)'a göre izokon doğrusundan yararlanarak hesaplanan eğim (m) değerlerine bakıldığında (Ek Tablo 20, 21 ve 22), propilitik alterasyon zonunda  $m < 1$  (0.92), cevherli zonda  $m < 1$  (0.56) ve tüm hat için  $m < 1$  (0.80) olarak belirlenmiş ve her üç zonda da kütle artışı olduğu tespit edilmiştir. 1 nolu profilde, tüm hat boyunca alınan örneklerde  $\% \Delta M^A = 100 * (1/m - 1)$  (4 nolu formül) formülü kullanılarak yapılan hesaplamalarda damara dik bir hat boyunca örneklemsi yapılan kayaçların genel olarak kütlelerinde % 24.26'lık bir artışın meydana geldiği görülmektedir. Bu artışı sağlayan başlıca Si (%27.01 g), K (19.96 g) ve cevher oluşturan elementlerin ilavesidir (Şekil 65c).

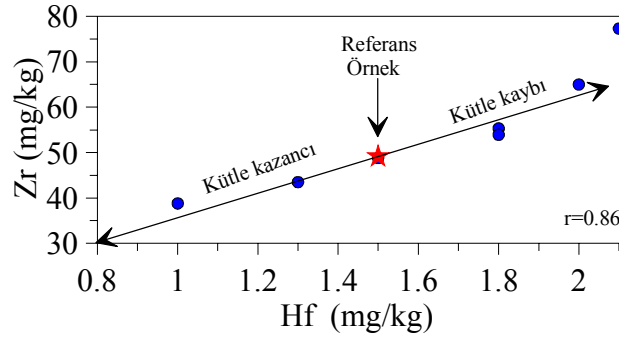
1 nolu profil boyunca yapılan mineral, kütle ve kimyasal değişimlere bakıldığında, cevher oluşturan sıvıların silisyumca nispeten zengin bileşimde olduğu, cevherin silisleşmeye ve serizitleşmeye bağlı olarak oluştuğu, cevherden uzak zonlarda Fe'li ve Mg'lu kloritlerin baskın alterasyon mineralleri olduğu, sıvıların taşıdığı cevher oluşturan elementleri aralarındaki korelasyonların yüksek olması ve benzer zonlarda zenginleşmiş olmaları bölgedeki cevherleşmenin aynı fazda oluştuğu sonuçlarına varılmıştır.



Şekil 65. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (1 nolu profil) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat.



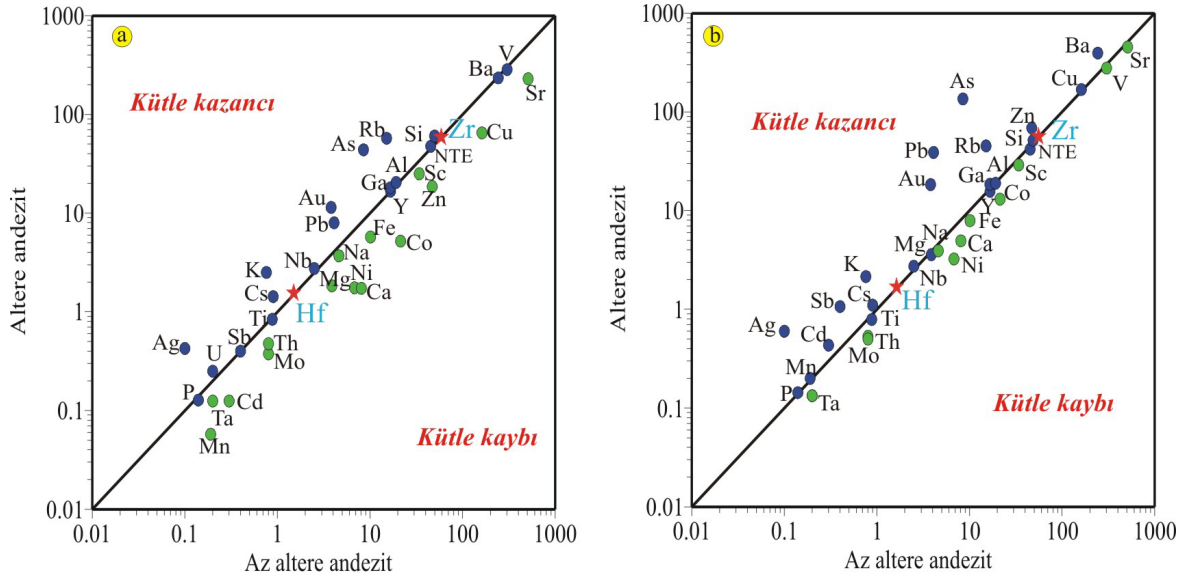
Yan kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla, Arzular cevherleşme sahasında, diğer bir örnekle profili olan 2 nolu profile, damara dik doğrultuda alınan 8 adet örnek alınmış ve bu örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre, en yüksek korelasyona sahip element çifti olarak Zr-Hf ( $r = 0.86$ ) belirlenmiştir (Şekil 66). Buna bağlı olarak çalışılan sahada, B örnekleme profili için yapılacak olan kütle değişim hesaplamalarında Zr-Hf hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Grafik üzerinde de görüleceği üzere tüm örneklerin tek bir hat boyunca sıralanması, cevherleşmeye eşlik eden andezitlerin homojen ilksel bileşime sahip oldukları şeklinde açıklanabilir.



Şekil 66. Arzular cevherleşme sahasında, B örnekleme profilinde Zr-Hf arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram ( $r$ : korelasyon katsayısı, referans örnek: 1 nolu örnek Ek Tablo 6).

2 nolu örnek alım profilinde de, Grant (1986) tarafından hazırlanan izokon diyagramının (log-log) kullanılması neticesinde; hareketsiz elementlerin ve alterasyon süresince değişime uğramayan elementlerin izokon doğrusu üzerinde dağılım gösterdiği, kütle kaybı ve kütle kazanımı gösteren elementlerin izokon doğrusunun sırasıyla altında ve üstünde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 67).

Arzular cevherleşme sahasında damara dik bir hat boyunca 2 nolu örnek alım profilinden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları, Grant (1986) tarafından hazırlanan izokon diyagramına aktarıldığında; cevherli zonda Si az olmakla birlikte K, Cs, Ag, Au, Pb, As ve Rb elementlerinde gözlenen kütle artışına karşın Mn, Ca, Na, Fe, Mg, Mo, Zn, Cu, Cd, Ni, Co, Ta, Th Sc ve Sr elementlerinde kütle kaybı gözlenmektedir. Diğer elementlerde ise cevherli zonda herhangi bir değişim söz konusu değildir (Şekil 67a). propilitik zonda ise Si, Al, Mg, Mn, Cu ve Ga elementlerinde çok az kütle değişimin olduğu ve yaklaşık izokon doğrusu üzerinde yer aldığı belirlenirken, Fe, Ca, Na, NTE, Sr, V, Co, Mo, Th ve Ta kütle kaybı, diğer elementlerce ise dikkate değer kütle kazanımı belirlenmiştir (Şekil 67b).



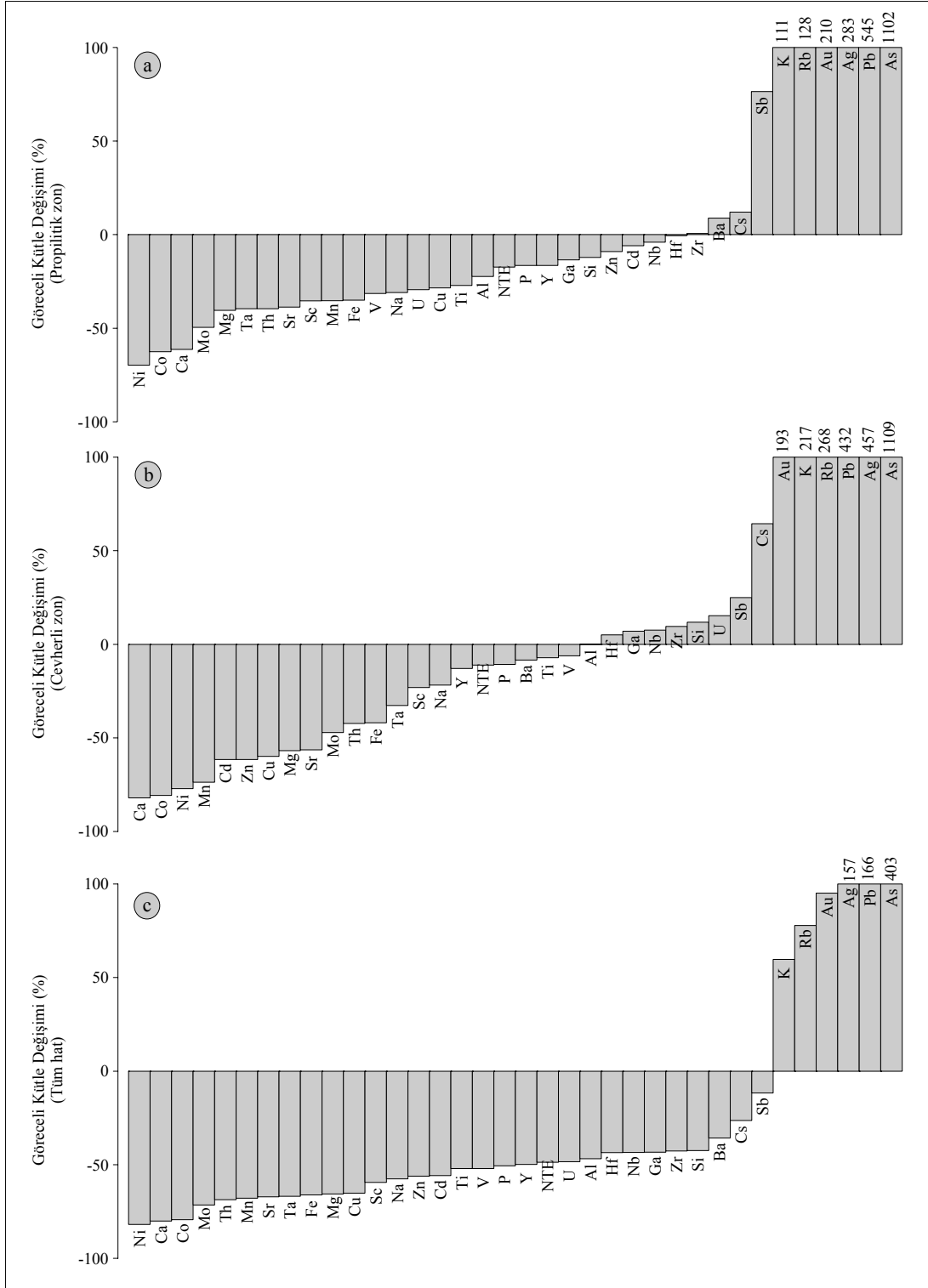
Şekil 67. Arzular cevherleşme sahasında, 2 nolu örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a:cevherli zon, b: propilitik zon; Grant 1986).

1 nolu örnekleme profilinde olduğu gibi benzer şekilde 2 nolu örnekleme profilinde de, az altere kayaca nispi kütle değişimleri 2 nolu formül kullanılarak, propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 68, Ek Tablo 23, 24 ve 25). Gerek propilitik alterasyon zonunda gerekse cevherli zonda K elementinde nispi artış gözlenmektedir (Şekil 68a, b). Si ise Propilitik zonda % 12.14 değerinde azalma gösterirken, cevherli zonda Si % 11.76 ile nispi kütle artışına sahiptir. Fe'li ve Mg'lu klorite bağlı olarak propilitik zonda Fe % 34.93, Mg % 40.40 ve cevherli zonda Fe % 41.93, Mg % 56.85 oranında nispi azalma belirlenmiştir (Şekil 68a, b). Ca ve Na elementlerinde ise propilitik zonda ve cevherli zonda azalma söz konusudur. 2 nolu profile ait cevher oluşturan elementlerden Pb, propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için yapılan nispi kütle değişim hesaplamalarına göre sırasıyla % 545.65, %432.42 ve %166.71 nispi artış göstermektedir (Şekil 68a, b, c). Burada dikkati çeken, propilitik zonda Fe ve Mg elementlerinde nispi azalma miktarının cevherli zonda daha fazla azalma göstermesidir. Aynı şekilde, Ca ve Na elementlerinde meydana nispi azalma propilitik zona göre cevherli zonda daha yoğun gerçekleşmiştir. Tüm hat için yapılan nispi kütle değişim hesaplamalarına bakıldığında, ana elementlerden K ve Si, miktarlarında cevher yapıcı elementlerden ise yine diğer zonlarda olduğu gibi Pb, Ag ve Au miktarlarında artış gözlenmiştir (Şekil 68c).

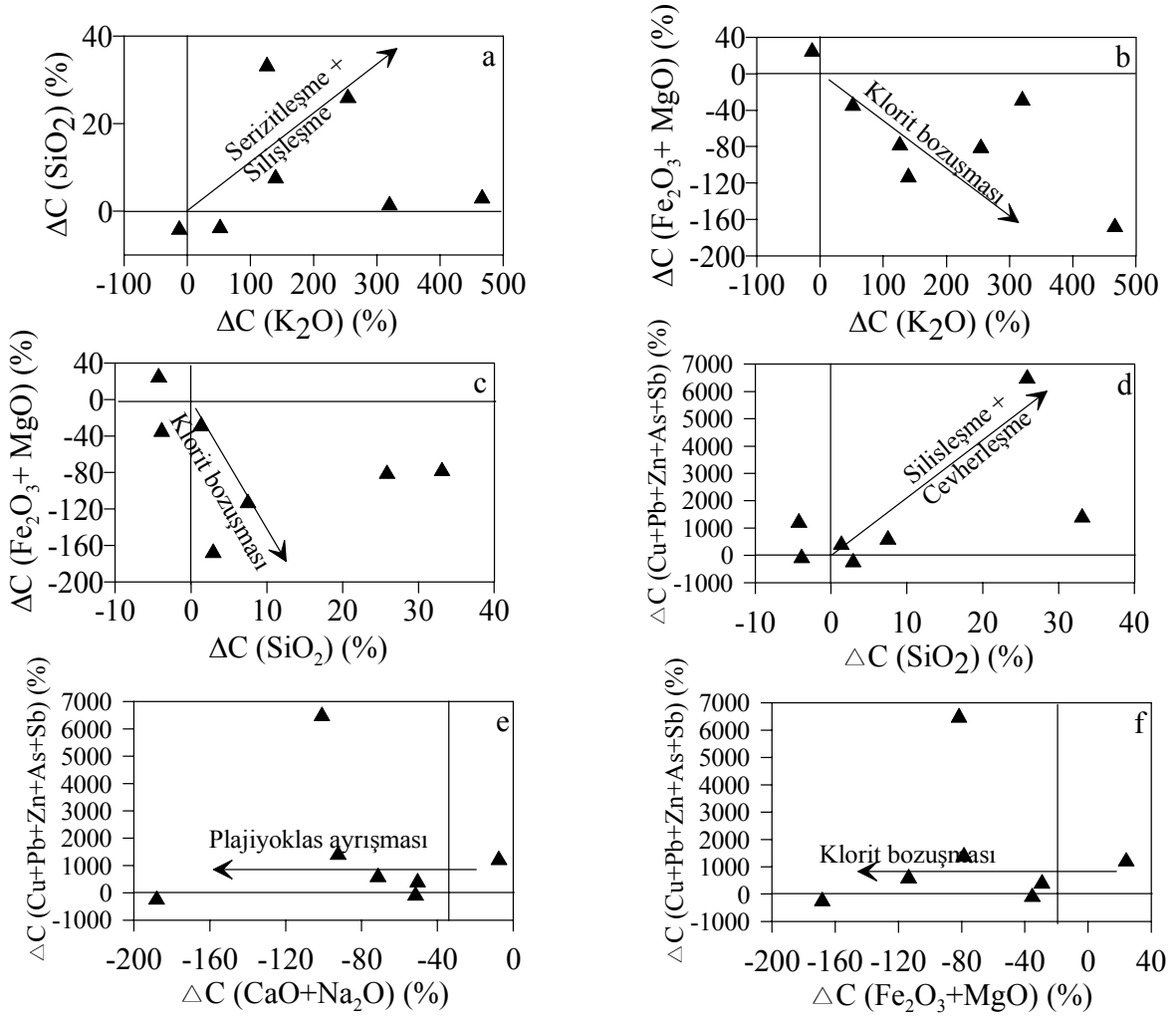
Elde edilen bu bulgulara bağılı olarak, cevherli zonda K ve Si nispi artış gözlenirken, Fe, Mg, Ca ve Na elementlerinin değerlerinde, propilitik zona göre cevherli zonda nispi azalma göstermesi; serizitleşme ile silisleşme sürecinin bir arada gerçekleştiğini (Şekil 69a), cevherleşmeye ile silisleşmenin beraber geliştiğini (Şekil 69d), Fe'li ve Mg'lu klorit ise sadece propilitik zonda yoğunluk kazandığı kloritleşmenin cevherleşmeye bağılı olarak gelişmediğini, kloritlerin cevherli zona doğru bozuştüğünü (Şekil 69b, c ve f), cevherli zonda Ca ve Na'daki nispi azalmaya bağılı olarak ise cevher oluşum süresince plajiyoklas ayrışmasının gerçekleştiğini (Şekil 69e) ifade etmektedir.

Damara dik bir hat boyunca 2 nolu profil boyunca alınan örneklerden net (g/100g) kütle değişim hesaplamaları 3 nolu formül kullanılarak yapılmış ve bunun sonucunda propilitik zonda K (2.22g) artışına bağılı olarak diğer ana elementlerin net kütlelerinde azalma gerçekleşmiştir (Şekil 70a). Cevherli zonda ise Si (6.65g) ve K (5.48g) artışı silisleşme ve serizitleşmenin birlikteliliğini gösterirken yine aynı zonda Ca (1.23g) ve Na (0.82g) net kütle azalması cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasını göstermektedir (Şekil 70b). Ayrıca cevherli zonda Pb 98.25g, Au 22.42g, Ag 2.65g zenginleşmişlerdir. (Şekil 70b). Tüm hat için yapılan net kütle değişim hesaplamalarında ise, cevherli zonda olduğu gibi, K (1.40g) ve cevher minerali oluşturan elementlerden Pb (35.37g) net kütle artışı belirlenmiştir (Şekil 70c).

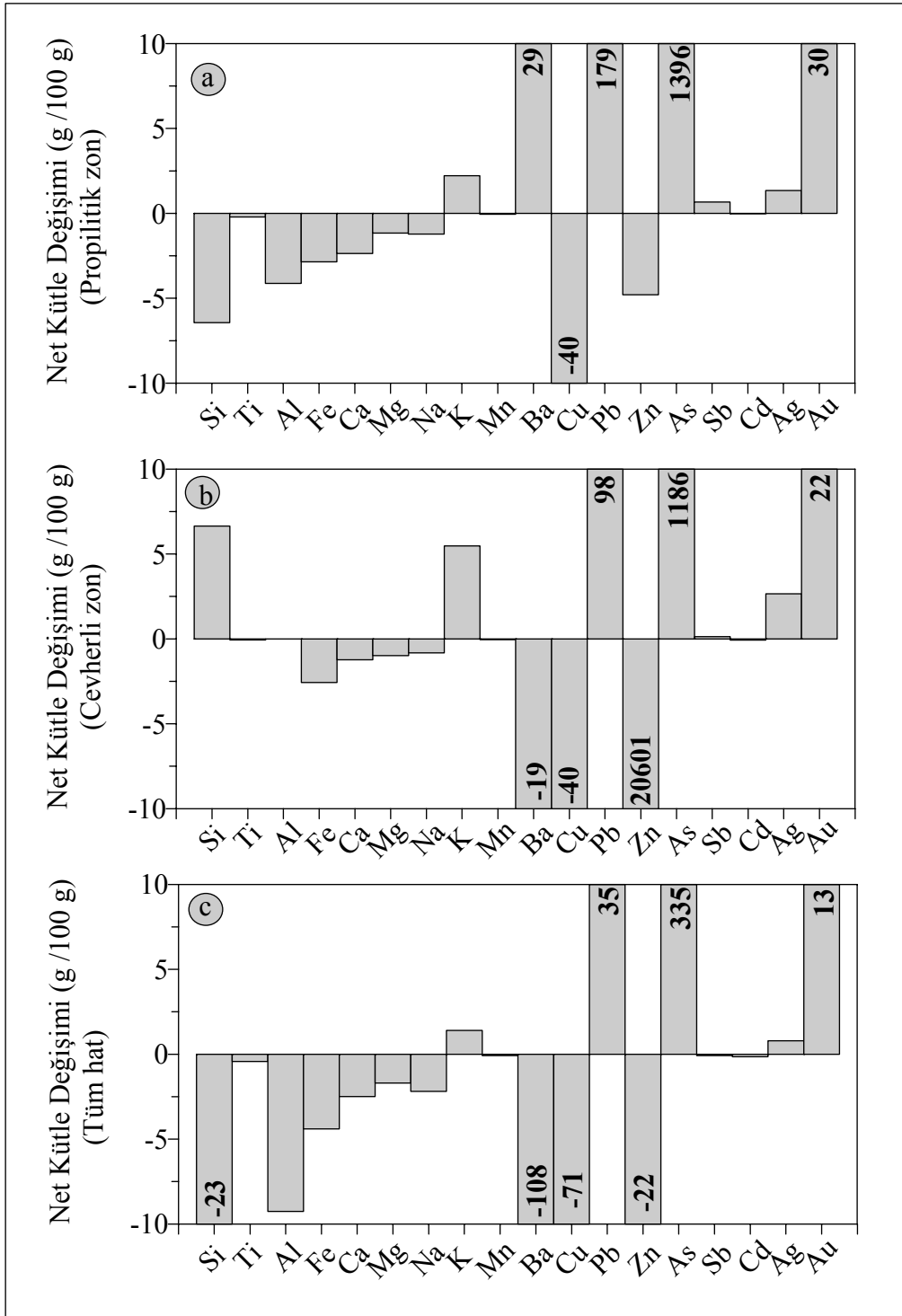
Arzular cevherleşme sahasında 1 nolu örnekleme profilinde olduğu gibi 2 nolu örnekleme profilinde de, Grant (1986)'a göre izokon doğrusundan yararlanarak hesaplanan eğim (m) değerlerine bakıldığında (Ek Tablo 23, 24 ve 25), propilitik alterasyon zonunda  $m > 1$  (1.24), cevherli zonda  $m > 1$  (1.14) ve tüm hat için  $m > 1$  (1.11) olarak belirlenmiş ve her üç zonda da kütle kaybı olduğu tespit edilmiştir. 2 nolu örnekleme profilinde, tüm hat boyunca alınan örneklerde 4 nolu formül kullanılarak yapılan hesaplamalarda damara dik bir hat boyunca örneklemsi yapılan kayaçların genel olarak kütlelerinde % 10.17'lik bir kaybın meydana geldiği görülmektedir. 2 nolu profil boyunca kütle kaybını başlıca Si (% 23.03g), Al (% 9.25g), Fe (% 4.40g) ve az miktarda da Ca, Mg, Na elementlerinin yanı sıra cevher oluşturan elementlerden Cu (% 71.19g) ve Zn (% 22.45g) sağlamıştır (Şekil 70c). 2 nolu profil boyunca yapılan mineral, kütle ve kimyasal değişimlere bakıldığında, cevher oluşturan sıvıların silisyumca nispeten zengin bileşimde olduğu, cevherin silisleşmeye ve serizitleşmeye beraber oluştuğu, serizitleşenin hem propilitik hem de cevherli zonda baskın olduğu, cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasının ve klorit bozuşmasının gerçekleştiği sonuçlarına varılmıştır.



Şekil 68. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (2 nolu profili ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları.



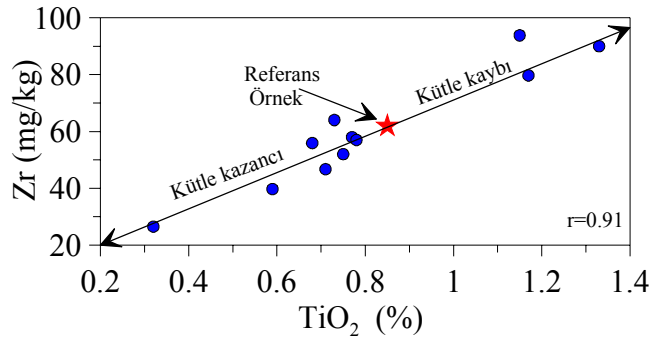
Şekil 69. En az altere kayaca göre ayrılmış kayacda hesaplanan ve kayacda nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayacda oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar (2 nolu profil).



Şekil 70. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (2 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat.

Yan kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla, Arzular cevherleşme sahasında, 3 nolu örnekleme profilinde, damara dik

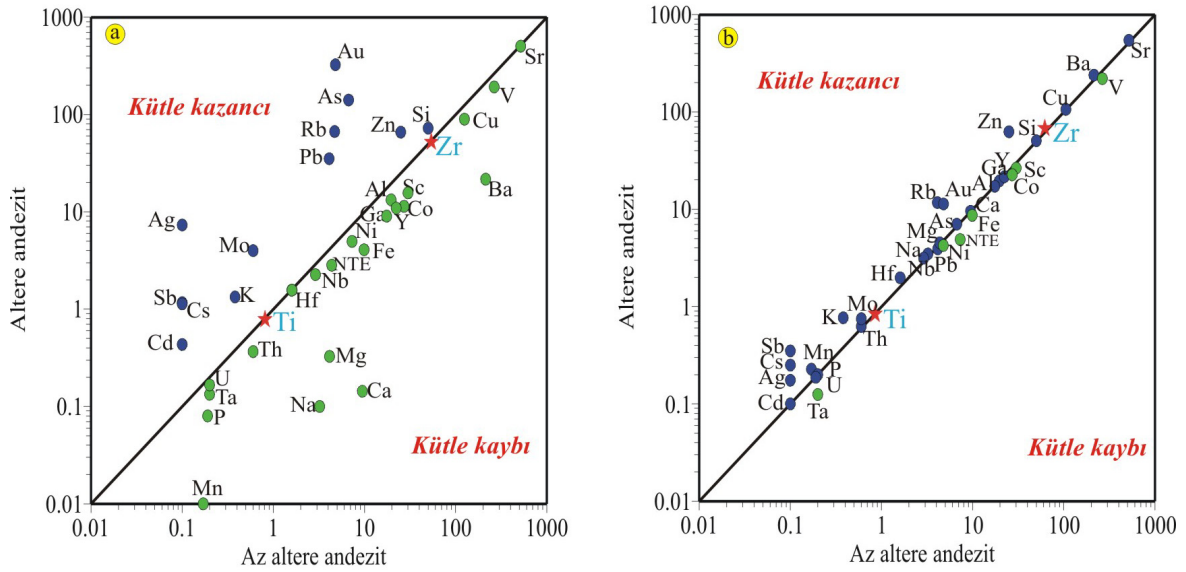
doğrultuda alınan 12 adet örneğin kimyasal analiz sonuçlarına göre, en yüksek korelasyona sahip element çifti olarak Zr-TiO<sub>2</sub> ( $r = 0.91$ ) belirlenmiştir (Şekil 71). Bu nedenle 3 nolu örnekleme profili için yapılacak olan kütle değişim hesaplamalarında Zr-TiO<sub>2</sub> hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Grafik üzerinde de görüleceği üzere tüm örneklerin tek bir hat boyunca sıralanması, cevherleşmeye eşlik eden andezitlerin homojen ilksel bileşime sahip oldukları şeklinde açıklanabilir.



Şekil 71. Arzular cevherleşme sahasında, 3 nolu örnekleme profilinde Zr-TiO<sub>2</sub> arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram ( $r$ : korelasyon katsayısı, referans örnek: 1 nolu örnek Ek Tablo 7).

Alterasyon süresince, kütle kaybı ve kütle kazanımı gösteren elementler ile hareketsiz elementlerin az altere kayaca göre göreceli değişimini belirlemek için (az altere kayaca-altere kayaç) Grant (1986) tarafından hazırlanan izokon diyagramının (log-log) kullanılması neticesinde; hareketsiz elementlerin ve alterasyon süresince değişime uğramayan elementlerin izokon doğrusu üzerinde dağılım gösterdiği, kütle kaybı ve kütle kazanımı gösteren elementlerin izokon doğrusunun sırasıyla altında ve üstünde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 72).

Bu diyagrama göre; 3 nolu profilde cevherli zonda Al, Nb, Hf ve U gibi iz elementlerde hemen hemen hiç kütle değişiminin olmadığı belirlenirken K, Si, Au, Ag, Sb, As, Sb, Zn, Mo, Cd, Rb ve Cs elementlerinde önemli miktarda kütle kazanımı diğer elementlerde ise kütle kaybı belirlenmiştir (Şekil 72a). Cevherden uzak bölgede propilitik zonda ise K, Mn, Zn, Au, Ag, Sb, Cs, Rb elementlerinde kütle kazancı belirlenmesine karşın Fe, Ta, Ni, NTE, V, Sc ve Co elementlerinde kütle kaybı belirlenmiştir. propilitik zonda özellikle Si, Na, Mg, Cu, Pb elementlerince herhangi bir kütle değişimi olmadığı gözlenmektedir (Şekil 72b).



Şekil 72. Arzular cevherleşme sahasında, 3 nolu örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a:cevherli zon, b: propilitik zon; Grant 1986).

3 nolu örnekleme profilinde de, az altere kayaca göre nispi kütle değişimleri 2 nolu formül kullanılarak, diğer örnekleme profillerinde yapıldığı gibi propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 73, Ek Tablo 26, 27 ve 28). Gerek propilitik alterasyon zonunda gerekse cevherli zonda K (sırasıyla, % 108.80 ve % 317.71) elementinde nispi artış gözlenirken, Si'de ise propilitik zonda % 1.06 göreceli azalma, cevherli zonda % 72.23 ile göreceli artma gözlenmiştir (Şekil 73a, b). Propilitik zonda Fe % 10.83, Mg % 21.27 ve cevherli zonda Fe % 50.98, Mg % 90.60 oranında nispi azalma belirlenmiştir (Şekil 73a, b). Ca ve Na elementlerinde ise cevherli zonda tüm elementler arasında sırasıyla, % 98.20 ve % 96.31 değerleri ile en yüksek tüketilme belirlenmiştir (Şekil 73a, b). Cevher oluşturan elementlerden Pb, Zn, Au, Ag propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için yapılan nispi kütle değişim hesaplamalarına göre önemli miktarda nispi artış göstermektedirler (Şekil 73a, b, c). Tüm hat için yapılan nispi kütle değişim hesaplamalarına bakıldığında, ana elementlerden K, cevher yapıcı elementlerden ise yine diğer zonlarda olduğu gibi Pb, Zn Ag ve Au miktarlarında artış gözlenmiştir (Şekil 73c). Elde edilen bu nispi kütle değişimlerine göre, Tüm zonlarda K ve Si elementinin artış göstermesi serizitleşme ve silisleşme sürecinin bir arada geliştiğini (Şekil 74a), gösterirken K ve Si'nin cevherli zonda artma göstermesi cevherleşme ile serizitleşme ve silisleşmenin bir arada geliştiğini göstermektedir (Şekil 74c, d). Propilitik zonda Fe ve Mg elementlerinde nispi azalma miktarının cevherli zonda daha fazla azalma göstermesi klorit

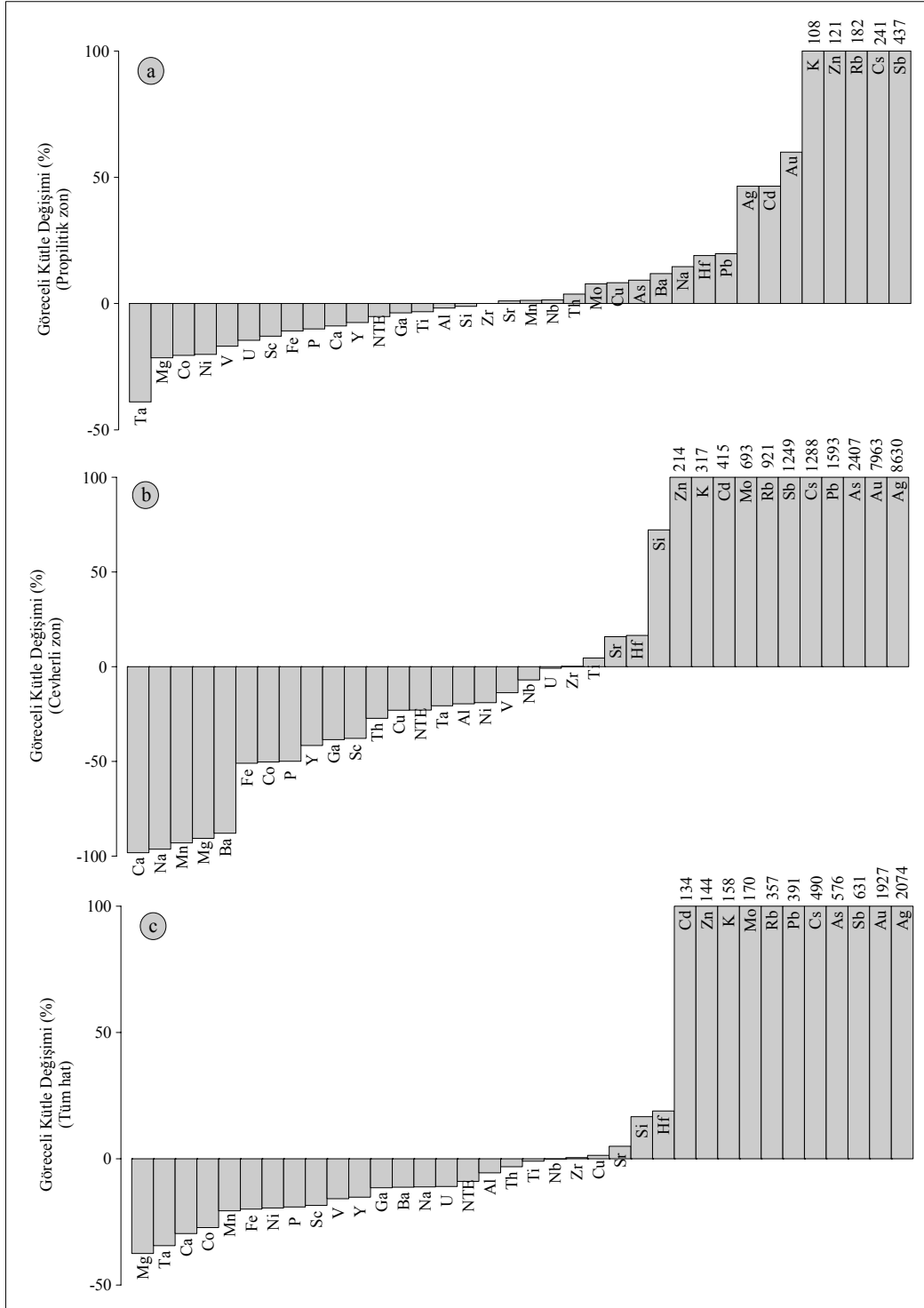


bozuşması ile açıklanırken (Şekil 74b), benzer şekilde Ca ve Na elementlerinde meydana nispi azalmanın propilitik zona göre cevherli zonda daha yoğun gerçekleşmesi ise cevher oluşumu sırasında plajiyoklas ayrışmasının gerçekleşmesi ile açıklanabilir (Şekil 74e). Fe ve Mg elementlerinin cevherli zona göre propilitik zonda daha yoğun zenginleşmesi, cevherleşme süresince klorit bozuşmasının meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 74f).

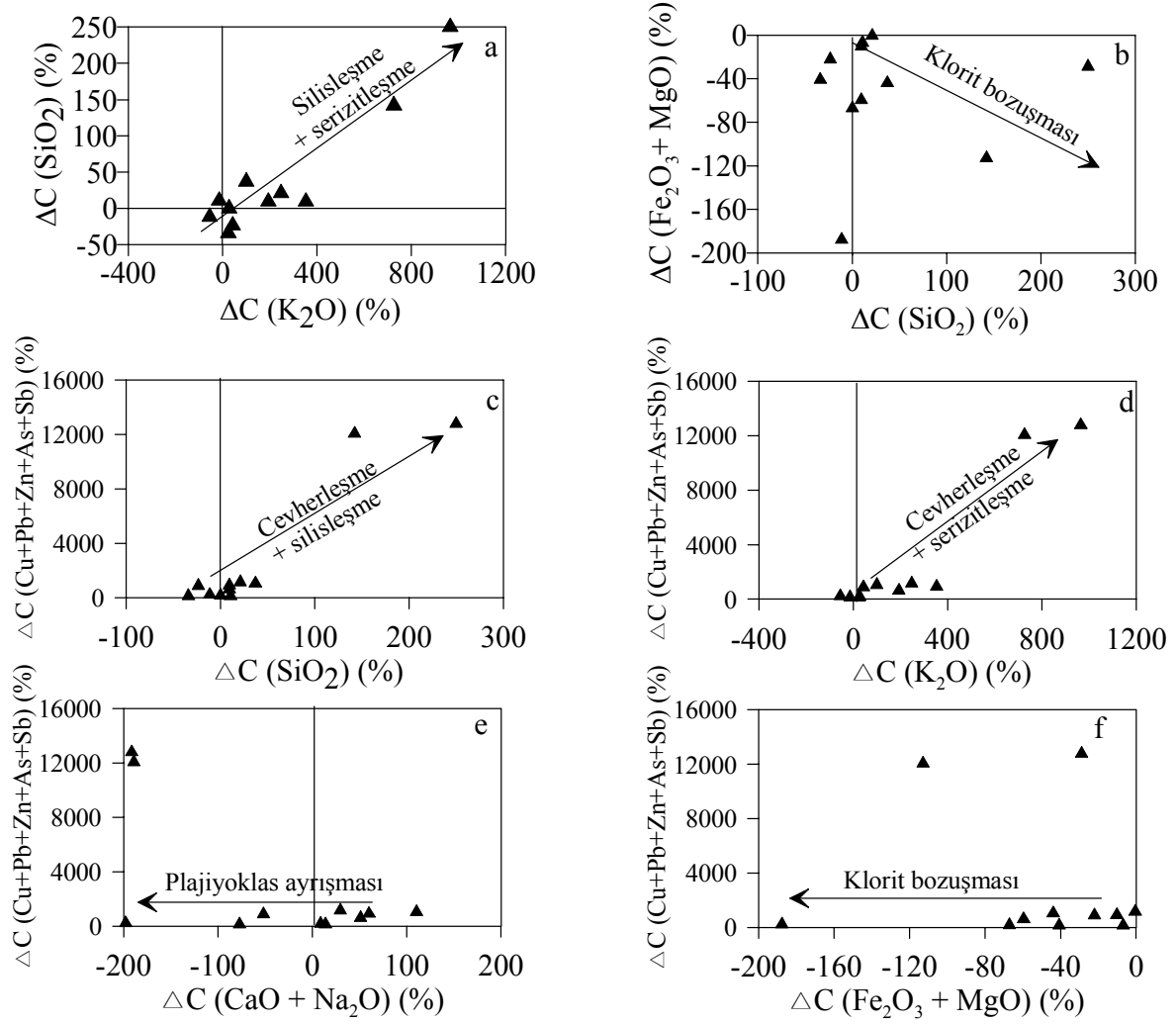
Damara dik bir hat boyunca 3 nolu profil boyunca alınan örneklerden net (g/100g) kütle değişim hesaplamaları 3 nolu formül kullanılarak yapılmış ve bunun sonucunda propilitik zonda K (0.88g) ve Na (0.55g) artışına bağlı olarak diğer ana elementlerin net kütlelerinde azalma gerçekleşmiştir (Şekil 75a). Cevherli zonda ise Si (52.23g) ve K (4.24g) artışı cevherleşme süresince silisleşme ile serizitleşmenin bir arada gözlemlendiğini yine aynı zonda Ca (0.14 g) ve Na (0.10g) net kütle azalması cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasını göstermektedir (Şekil 75b). Ayrıca cevherli zonda Pb 87.90 g, Au 25893.04 g, Ag 632.88 g zenginleşmişlerdir. (Şekil 75b). Tüm hat için yapılan net kütle değişim hesaplamalarında ise, cevherli zonda olduğu gibi K (1.52g) ve cevher minerali oluşturan elementlerden Pb, Zn, Cu, Ag ve Au miktarlarında önemli ölçüde net kütle artışı belirlenmiştir (Şekil 75c).

3 nolu örnekleme profilinde de, Grant (1986)'a göre izokon doğrusundan yararlanarak hesaplanan eğim (m) değerlerine bakıldığında (Ek Tablo 26, 27 ve 28), propilitik alterasyon zonunda  $m > 1$  (1.02) olarak bulunmuş ve bu zonda az miktarda kütle kaybı olduğu belirlenmiştir. Aynı örnek alım profilinde cevherli zonda  $m < 1$  (0.84) ve tüm hat için  $m < 1$  (0.97) olarak belirlenmiş ve bu iki zonda da propilitik zonun aksine kütle artışı tespit edilmiştir. 1 ve 2 nolu profillerde olduğu gibi benzer şekilde 3 nolu profilde, tüm hat boyunca alınan örneklerde eğim (m) değerinden yararlanarak 4 nolu formülün kullanılması sonucu yapılan hesaplamalarda damara dik bir hat boyunca örnekleme yapılan kayaçların genel olarak kütlelerinde % 2.64'lük bir artışın meydana geldiği görülmektedir. Bu artışı, Si (9.41g) ve K (1.52g) elementlerinin yanı sıra cevher oluşturan elementlerden Cu (1.38g), Zn (85.60g) ve Pb (87.90 g) sağlamıştır (Şekil 75c).

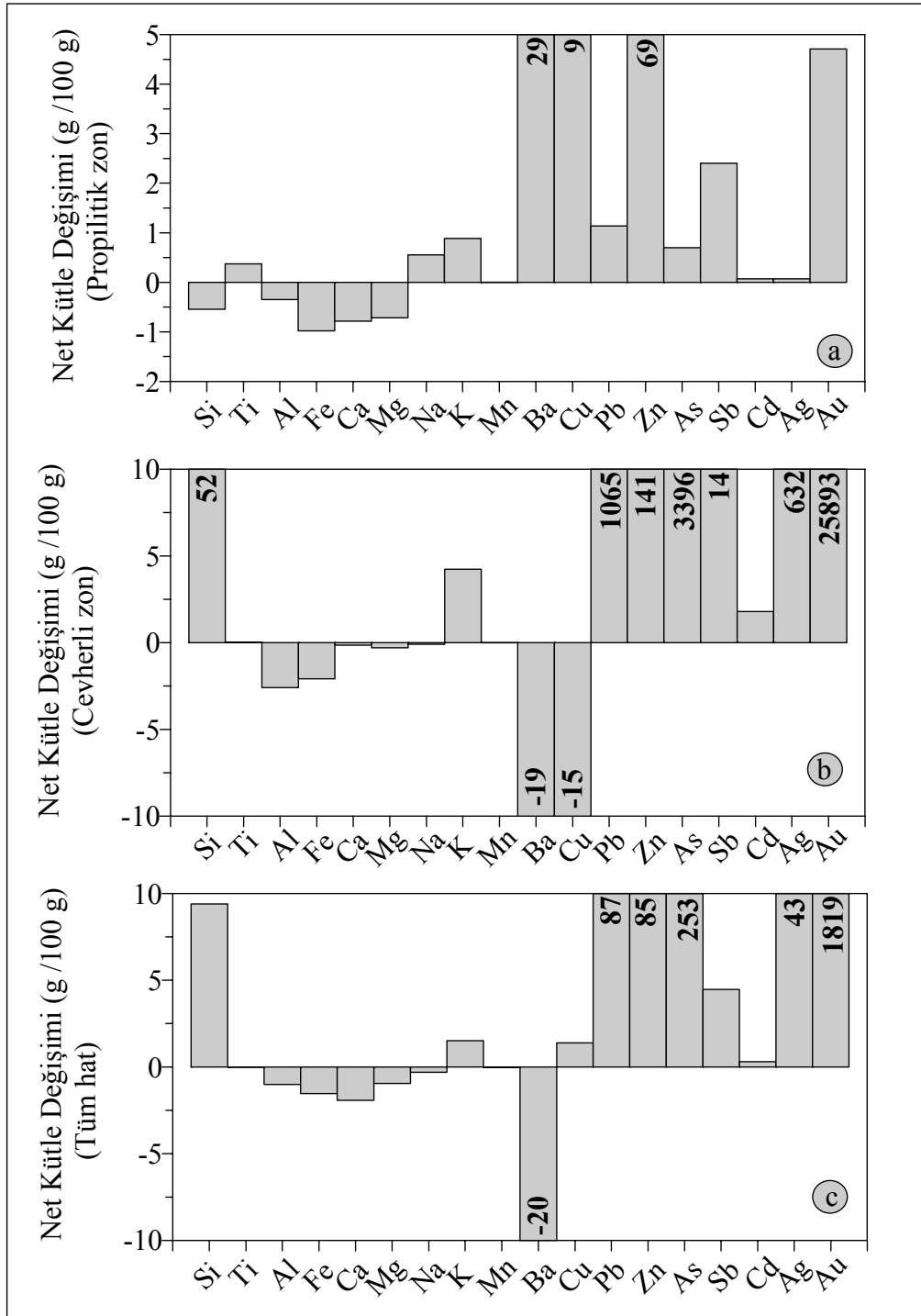
3 nolu profil boyunca yapılan mineral, kütle ve kimyasal değişimlere bakıldığında, cevher oluşturan sıvıların silisyumca nispeten zengin bileşimde olduğu, cevher oluşumu süresince silisleşme ve serizitleşmenin bir arada gözlemlendiği, serizitleşmenin hem propilitik hem de cevherli zonda baskın olduğu, cevherleşmeden uzaklaştıkça kloritleşmeye geçiş olduğu yada cevher oluşumu süresince klorit bozuşmasının gerçekleştiği ve yine cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasının gerçekleştiği sonuçlarına varılmıştır.



Şekil 73. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (3 nolu profil ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları.



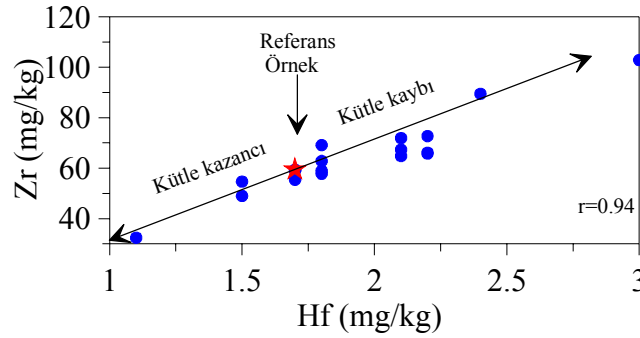
Şekil 74. En az altere kayaca göre ayrılmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayaçta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar (3 nolu profil).



Şekil 75. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (3 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat.

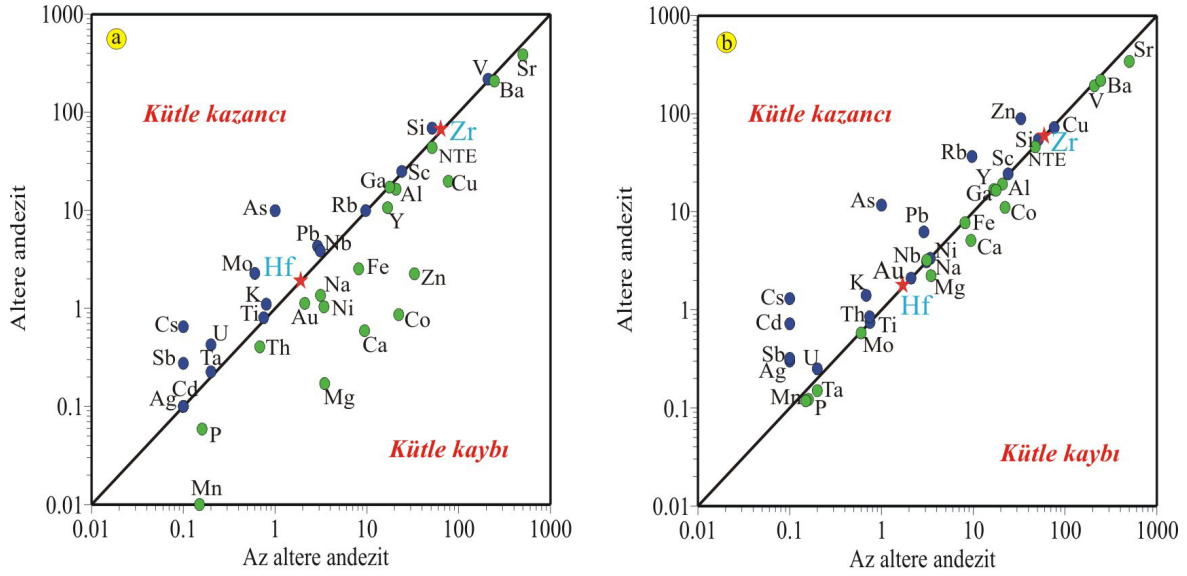
Yan kayalarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla, Arzular cevherleşme sahasında, 4 nolu örnekleme profilinde, damara dik

doğrultuda alınan 19 adet örneğin kimyasal analiz sonuçlarına göre, en yüksek korelasyona sahip element çifti olarak Zr-Hf ( $r = 0.94$ ) belirlenmiştir (Şekil 76). Bu nedenle 4 nolu örnekleme profili için yapılacak olan kütle değişim hesaplamalarında Zr-Nb hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Grafik üzerinde de görüleceği üzere tüm örneklerin tek bir hat boyunca sıralanması, cevherleşmeye eşlik eden andezitlerin homojen ilksel bileşime sahip oldukları şeklinde açıklanabilir.



Şekil 76. Arzular cevherleşme sahasında, 4 nolu örnekleme profilinde Zr-Hf arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram ( $r$ : korelasyon katsayısı, referans örnek: 1 nolu örnek Ek Tablo 9).

Alterasyon süresince, kütle kaybı ve kütle kazanımı gösteren elementler ile hareketsiz elementlerin az altere kayaca göre göreceli değişimini belirlemek için (az altere kayaca-altere kayaç) Grant (1986) tarafından hazırlanan izokon diyagramının (log-log) kullanılması neticesinde; hareketsiz elementlerin ve alterasyon süresince değişime uğramayan elementlerin izokon doğrusu üzerinde dağılım gösterdiği, kütle kaybı ve kütle kazanımı gösteren elementlerin izokon doğrusunun sırasıyla altında ve üstünde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 77). Bu diyagrama göre; 4 nolu profilde cevherli zonda Si, K, Pb, As, Sb,, Mo ve Cs elementleri izokon doğrusunun üstünde yer alarak kütle kazancına, Al, Ca, Na, Mg, Fe, Mn, Ba, Sr, Au, Zn, Cu, Ni, Co, P, Th ve Y elementleri ise izokon doğrusunun altında yer alarak kütle kaybına uğradıkları tespit edilmiştir. Diğer elementlerde ise kütle değişiminin olmadığı söz konusu elementlerin izokon doğrusunun üzerinde yer aldığından kolaylıkla anlaşılabilir (Şekil 77a). Aynı örnek alım profilinde propilitik zonda ise K, Pb, Zn, Ag, Sb, As, Cd, Cs, U ve Th elementlerinde kütle kazancı, Ca, Mg, Mn, Sr, Ba, V, NTE, Ni, Co, Ta, P elementlerinde ise kütle kaybı belirlenirken diğer elementler izokon doğrusu üzerinde veya yakınında yer almışlardır ve bu elementlerde kütle değişimi bakımından artma veya azalma olmamıştır (Şekil 77b).



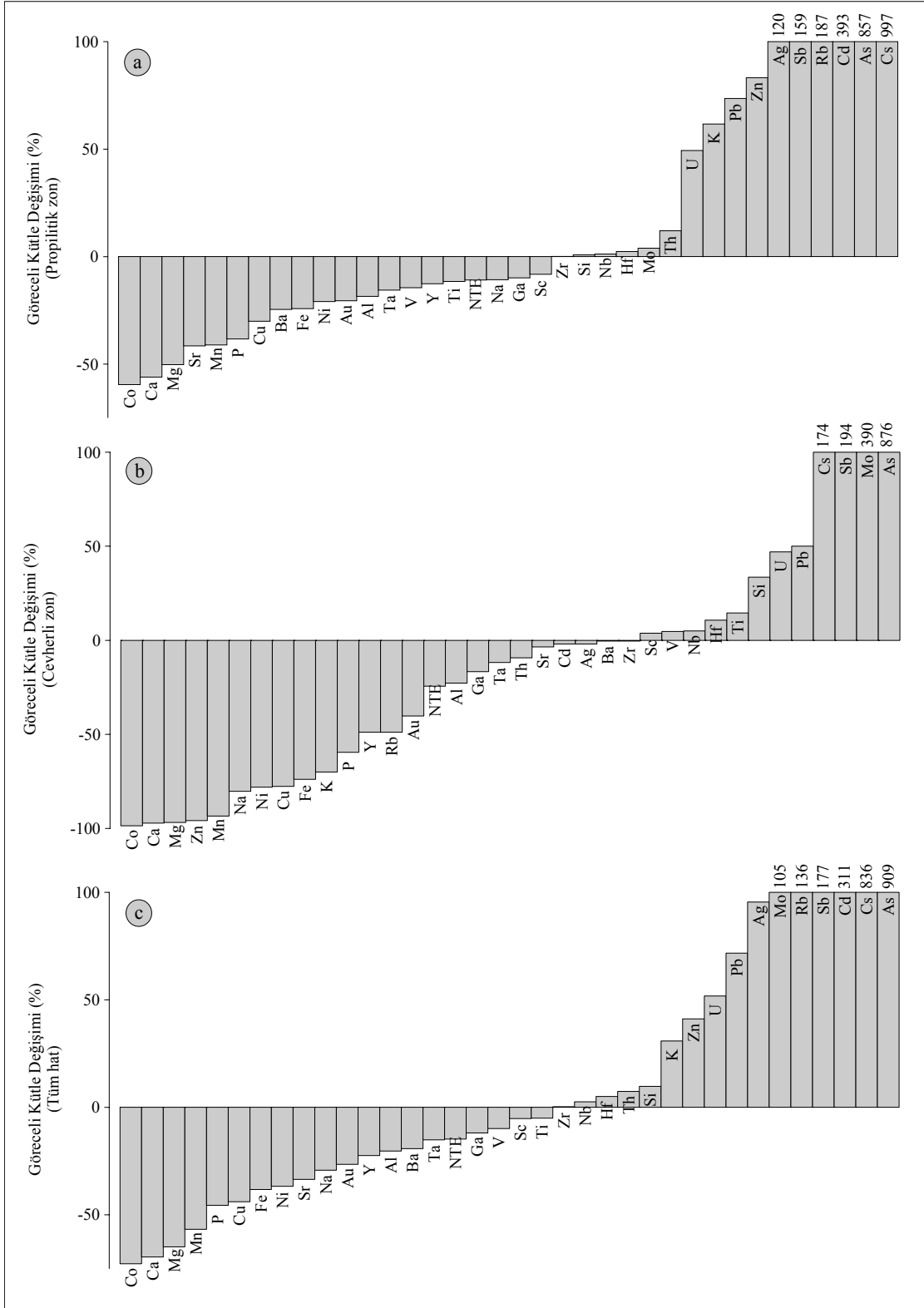
Şekil 77. Arzular cevherleşme sahasında, 4 nolu örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a:cevherli zon, b: propilitik zon Grant 1986).

4 nolu örnekleme profilinde de, az altere kayaca göre nispi kütle değişimleri 2 nolu formül kullanılarak, diğer örnekleme profillerinde yapıldığı gibi propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 78, Ek Tablo 29, 30 ve 31). Propilitik alterasyon zonunda Si ve K sırasıyla, % 0.81 ve % 61.66 elementinde nispi artış gözlenirken, cevherli zonda ise Si % 33.59 nispi artış K ise % 70.01 oranında nispi azalma belirlenmiştir (Şekil 78a, b). Bu durum cevherleşme süresinde Si ile K arasında herhangi bir ilişki olmadığını göstermektedir. 4 nolu örnek alım profilinde, propilitik zonda Fe %24.21, Mg % 50.27 ve cevherli zonda Fe % 73.90, Mg % 96.83 oranında nispi azalma belirlenmiştir (Şekil 78a, b). Ca ve Na elementlerinde ise cevherli zonda sırasıyla, %97.21 ve 80.32 değerleri ile nispi azalma belirlenmiştir (Şekil 78a, b). Cevher oluşturan elementlerden Pb, Zn, Ag propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için yapılan nispi kütle değişim hesaplamalarına göre önemli miktarda nispi artış göstermektedirler (Şekil 78a, b, c). Ana elementlerden Si ve K, tüm hat için yapılan nispi kütle değişim hesaplamalarına göre, cevher yapıcı elementlerden ise yine diğer zonlarda olduğu gibi Pb, Zn ve Ag miktarlarında artış gözlenmiştir (Şekil 78c).

Bu bulgular eşliğinde; Si artışının diğer zonlara göre cevherli zonda fazla olması cevherleşme oluşumu süresince silisleşmenin de gerçekleştiği (Şekil 79b), serizitleşme gerçekleşirken kloritin bozduğu (Şekil 79a), nispi kütle değişimlerine göre, Ca ve Na

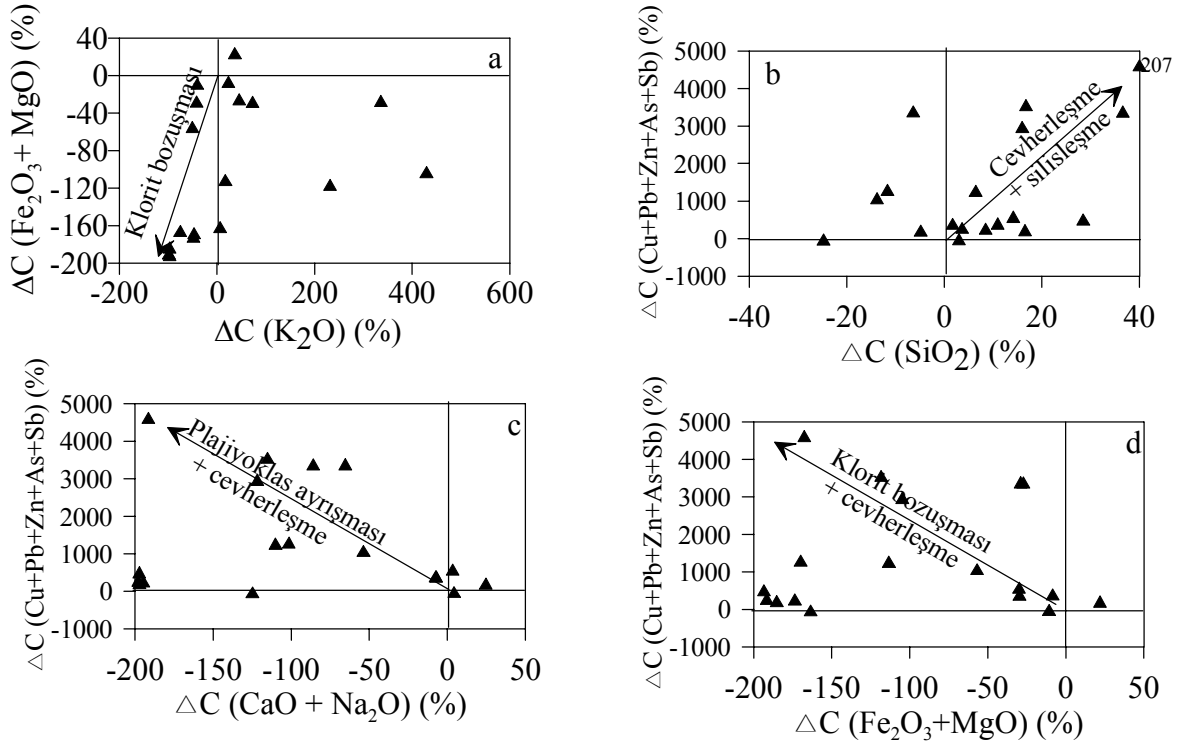
elementlerinde meydana nispi azalmanın propilitik zona göre cevherli zonda daha yoğun gerçekleşmesi cevher oluşumu sırasında plajiyoklas ayrışması (Şekil 79c), Fe ve Mg'nin cevherli zonda daha fazla nispi azalma göstermesi ise klorit bozuşması (Şekil 79d) olayları ile açıklanabilir. Damara dik bir hat boyunca 4 nolu profil boyunca alınan örneklerden net (g/100g) kütle değişim hesaplamaları 3 nolu formül kullanılarak yapılmış ve bunun sonucunda propilitik zonda K (0.75g) ve Si (0.46g) artışına bağlı olarak diğer ana elementlerin net kütlelerinde azalma gerçekleşmiştir (Şekil 80a). Cevherleşme ile serizitleşmenin bir arada olmadığı, cevherli zonda Si (23.50g) net kütle artışı ve K (0.15g) net kütle azalımı göstermesi ile açıklanırken, yine aynı zonda Ca (0.26 g) ve Na (0.50 g) net kütle azalması cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasının etkili olduğu şeklinde açıklanmaktadır (Şekil 80b). Ayrıca cevherli zonda Pb 2.22 g, net kütle kazancı, Au 0.52 g, Cu 13.66 g ve Zn 1.34 g oranında net kütle azalması belirlenmiştir (Şekil 80b). Tüm hat için yapılan net kütle değişim hesaplamalarında ise, cevherli zonda olduğu gibi ana elementlerden Si (5.94g) ve cevher minerali oluşturan elementlerden Pb (3.86g)' de net kütle artışı belirlenmiştir (Şekil 80c).

4 nolu örnekleme profilinde de, Grant (1986)'a göre izokon doğrusundan yararlanarak hesaplanan eğim (m) değerlerine bakıldığında (Ek Tablo 29, 30 ve 31), propilitik alterasyon zonu, cevherli zon ve tüm hat için eğim değerleri  $m > 1$  olarak elde edilmiş ve bu zonlardaki eğim değerleri sırasıyla 1.10, 1.02 ve 1.08 olarak bulunmuştur. Bu eğim değerlerine göre de her bir zonda kütle azalması olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer örnek alım profillerinde olduğu gibi 4 nolu profilde de, tüm hat boyunca alınan örneklerde eğim (m) değerinden yararlanarak 4 nolu formülün kullanılması sonucu yapılan hesaplamalarda damara dik bir hat boyunca örnekleme yapılan kayaçların genel olarak kütlelerinde (%7.65) azalmanın meydana geldiği görülmektedir. 4 nolu profil boyunca yan kayaçlarda meydana gelen bu kütle azalmasını, Al ( 3.60g), Fe (2.07g) ve K (0.15g) elementlerinin yanı sıra cevher oluşturan elementlerden Cu ( 20.51g) ve Zn (1.34g) sağlamıştır (Şekil 80c). Sonuç olarak, 4 nolu profil boyunca yapılan mineral, kütle ve kimyasal değişimlere bakıldığında, cevher oluşturan sıvıların silisyumca nispeten zengin bileşimde olduğu, cevher ile silisleşmenin bir arada geliştiği, cevherleşmenin serizitleşme ve kloritleşmeye ile ilişkili olmadığı, cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasının gerçekleştiği sonuçlarına varılmıştır.

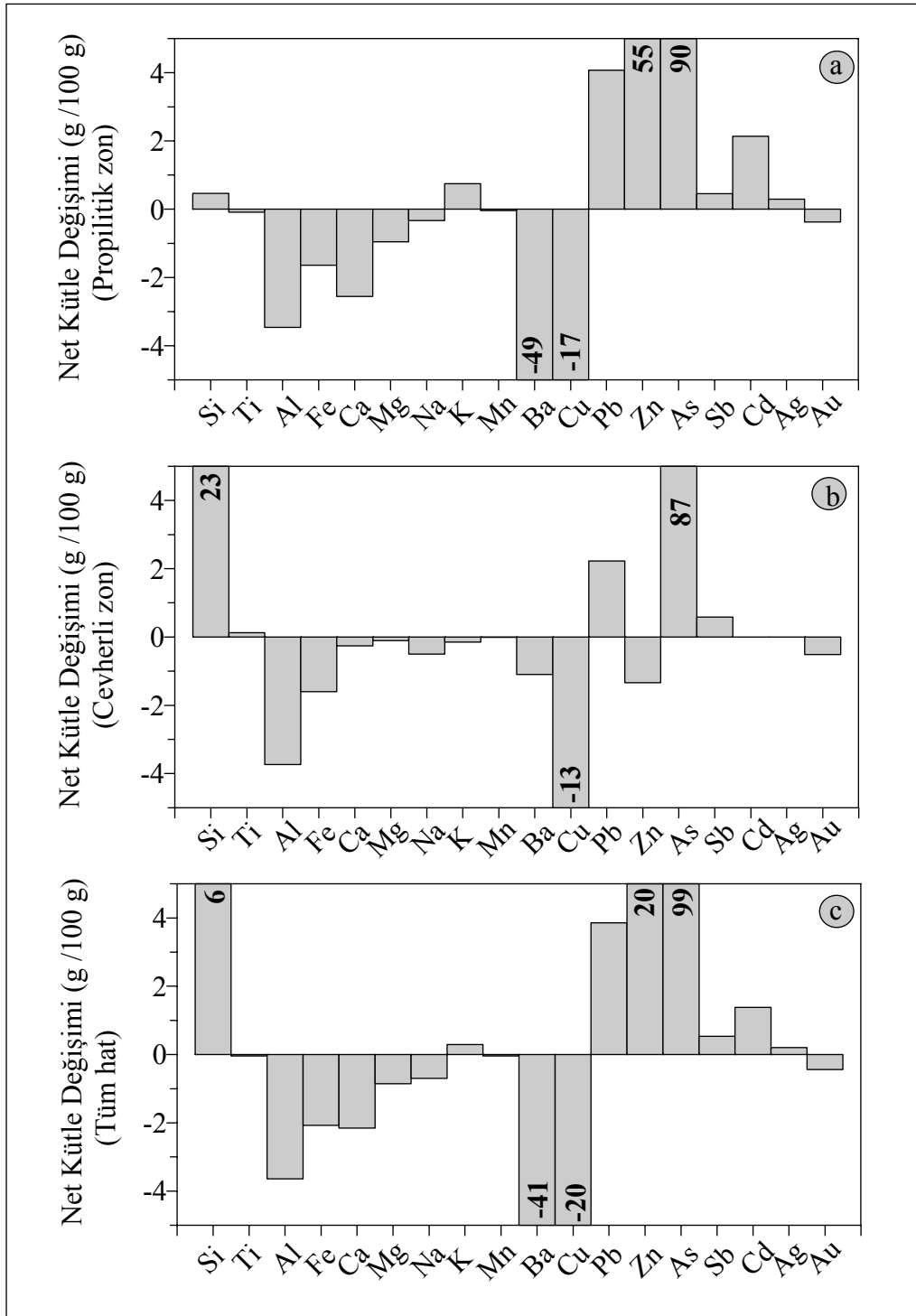


Şekil 78. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (4 nolu profil ) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları.





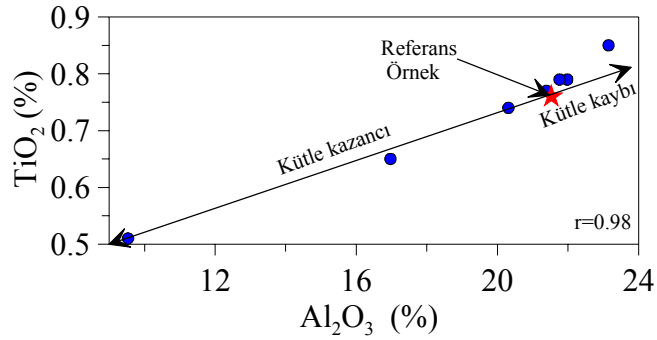
Şekil 79. En az altere kayaca göre ayrılmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayaçta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar (4 nolu profil).



Şekil 80. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (4 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat.

Yan kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla, Arzular cevherleşme sahasında, 5 nolu örnekleme profilinde, damara dik

doğrultuda alınan 8 adet örneğin kimyasal analiz sonuçlarına göre, en yüksek korelasyona sahip element çifti olarak  $TiO_2-Al_2O_3$  ( $r = 0.98$ ) belirlenmiştir (Şekil 81). Bu nedenle 5 nolu örnekleme profili için yapılacak olan kütle değişim hesaplamalarında  $TiO_2-Al_2O_3$  hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Grafik üzerinde de görüleceği üzere tüm örneklerin tek bir hat boyunca sıralanması, cevherleşmeye eşlik eden andezitlerin homojen ilksel bileşime sahip oldukları şeklinde açıklanabilir.

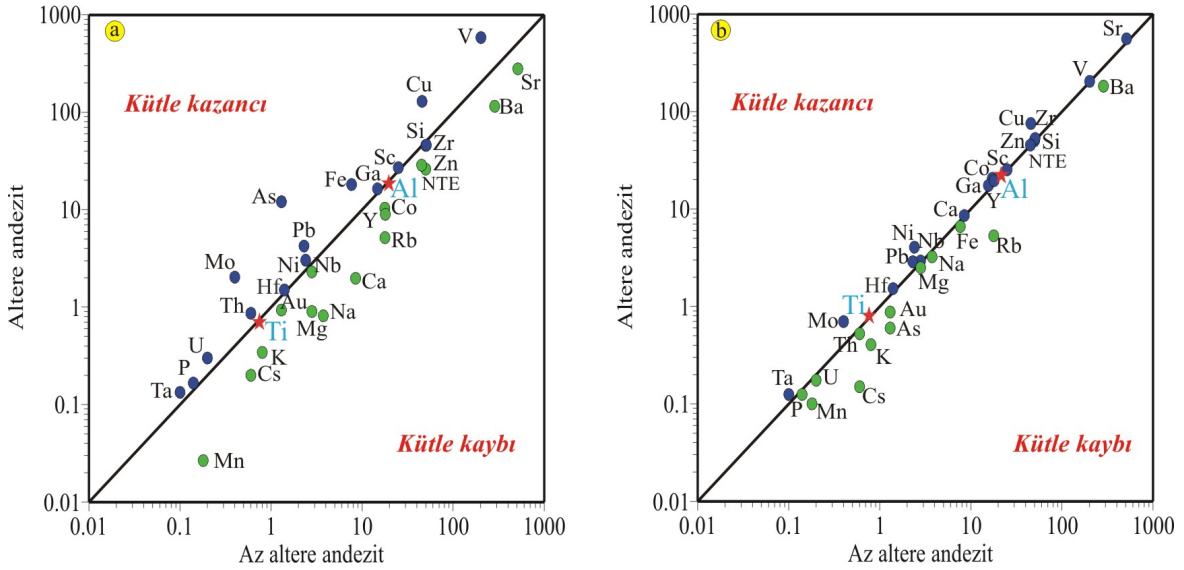


Şekil 81. Arzular cevherleşme sahasında, 5 nolu örnekleme profilinde  $TiO_2-Al_2O_3$  arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram ( $r$ : korelasyon katsayısı, referans örnek 1 nolu örnek: Ek Tablo 9).

Alterasyon süresince, kütle kaybı ve kütle kazanımı gösteren elementler ile hareketsiz elementlerin az altere kayaca göre göreceli değişimini belirlemek için (az altere kayaca-altere kayaç) Grant (1986) tarafından hazırlanan izokon diyagramının (log-log) kullanılması neticesinde; hareketsiz elementlerin ve alterasyon süresince değişime uğramayan elementlerin izokon doğrusu üzerinde dağılım gösterdiği, kütle kaybı ve kütle kazanımı gösteren elementlerin izokon doğrusunun sırasıyla altında ve üstünde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 82).

Arzular cevherleşme sahasında damara dik bir hat boyunca yapılan örnekleme profillerinin sonucusu olan 5 nolu örnek alım profilinden elde edilen örneklerin kimyasal analiz sonuçları Grant (1986) tarafından geliştirilen log-log izokon diyagramına aktarıldığında; cevherli zonda Si ve P gibi ana elementlerin yanı sıra Hf, Ga, Nb, Sc, Ta gibi iz elementler izokon doğrusu üzerinde yer alarak bu elementlerin kütlelerinde herhangi bir değişiminin olmadığı, Fe, Cu, Pb, Mo, As, Ni, Th, U, V elementlerinin izokon doğrusu üstünde kalarak bu elementlerin kütlelerinde önemli miktarda kütle kazancı olduğu, K, Ca, Na, Mg, Mn, Zn, Au, Sr, Ba, NTE, Y, Co, Rb, Cs elementleri ise izokon

doğrusu altında kalarak bu elementlerin kütlelerinde kütle kaybı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 82a). Benzer değerlendirme 5 nolu profil boyunca cevherden uzak zonlar için yapıldığında Pb, Cu, Mo, Ni ve Ta elementlerinde kütle kazancı, K, Na, Mg, Fe, Mn, Au, As, Cs, Rb elementlerinde ise kütle kaybı belirlenirken diğer elementlerde ise herhangi bir kütle değişimi söz konusu değildir (Şekil 82b).



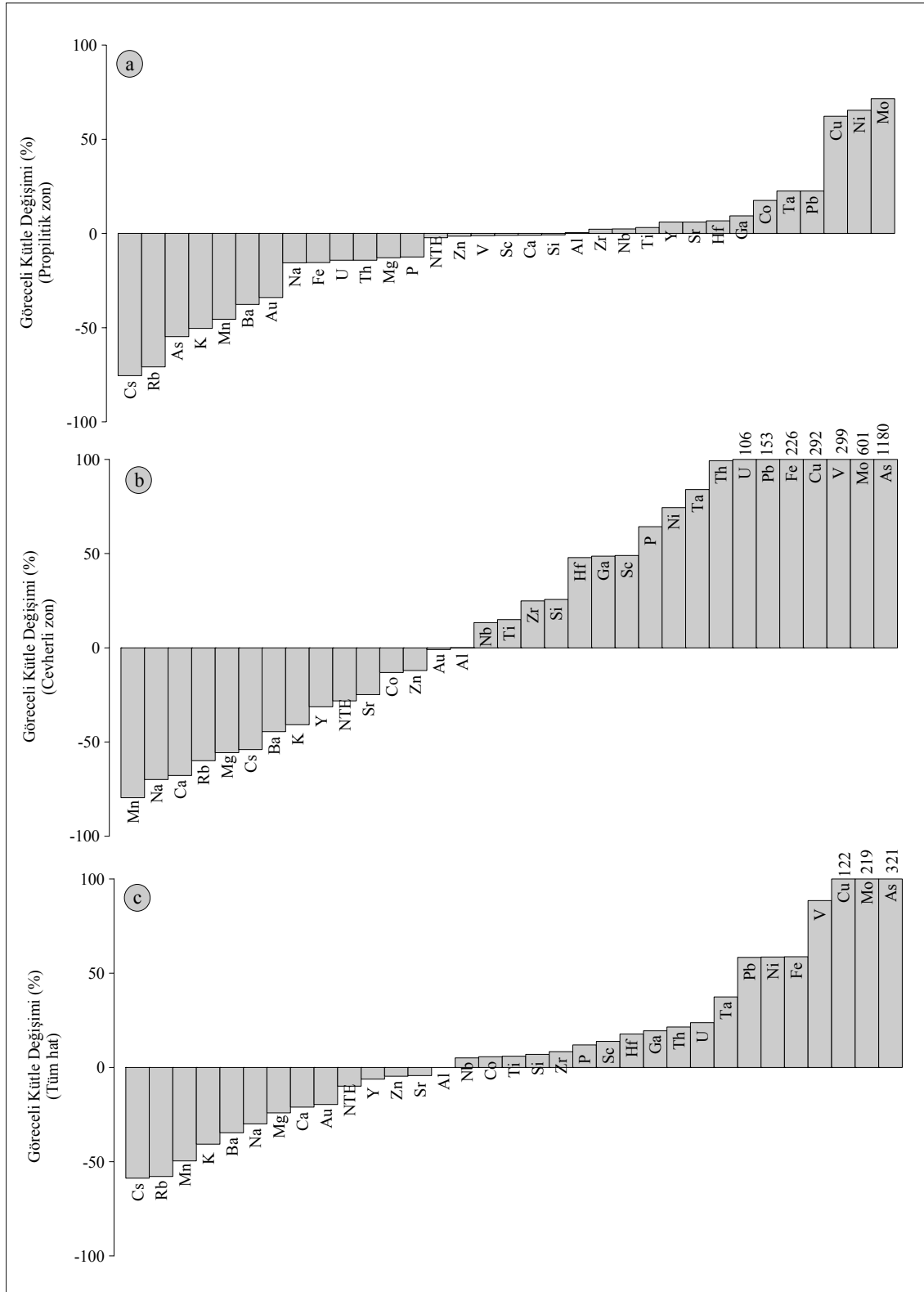
Şekil 82. Arzular cevherleşme sahasında, 5 nolu örnekleme profilinden alınan örneklerin tüm kayacın kimyasal analiz sonuçlarının, az altere andezite karşı altere andezit için hazırlanan log-log izokon diyagramı (a:cevherli zon, b: propilitik zon; Grant 1986).

Arzular cevherleşme sahasında, 5 nolu örnek alım profilinde, 2 nolu formül kullanılarak az altere kayaca göre nispi kütle değişimleri, diğer 4 örnekleme profillerinde yapıldığı gibi propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 82, Ek Tablo 32, 33 ve 34). Propilitik alterasyon zonunda Si ve K sırasıyla, % 0.73 ve % 50.36 elementlerinde nispi azalma gösterirken, cevherli zonda ise Si % 25.60 nispi artış K ise % 40.78 oranında nispi azalma belirlenmiştir (Şekil 83a, b). Bu durum 4 nolu örnek alım profilinde olduğu gibi cevherleşme süresince Si ile K arasında herhangi bir ilişki olmadığını göstermektedir (Şekil 83a). Propilitik zonda Fe (% 15.39), Mg (% 12.86) elementlerinde nispi azalma belirlenirken, cevherli zonda Fe (% 226.46) elementinde önemli miktarda nispi artış belirlenmiştir (Şekil 83a, b). Cevherli zonda Mg (% 55.64) ise nispi azalma göstermiştir (Şekil 83b). Ca ve Na elementlerinde ise cevherli zonda sırasıyla,

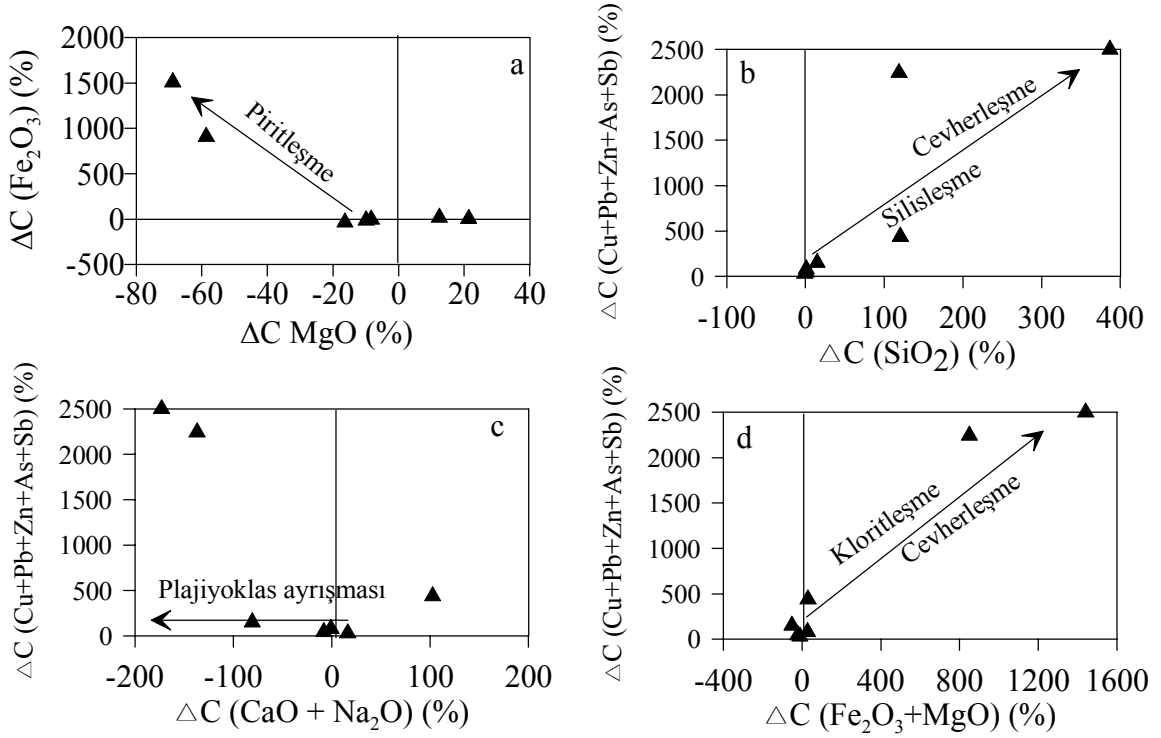
%67.78 ve 69.95 değerleri ile azalma belirlenmiştir (Şekil 83a, b). Cevher oluşturan elementlerden Pb, Cu, propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için yapılan nispi kütle değişim hesaplamalarına göre önemli miktarda nispi artış göstermektedirler (Şekil 83a, b, c). Bu bulgular eşliğinde, nispi kütle değişimlerine göre, Fe'nin cevherli zonda daha fazla nispi artış göstermesi piritleşme (Şekil 84a), Ca ve Na elementlerinde meydana nispi azalmanın propilitik zona göre cevherli zonda daha yoğun gerçekleşmesi cevher oluşumu sırasında plajiyoklas ayrışması ile açıklanabilir (Şekil 84c). Si'nin cevherli zonda propilitik zona göre zenginleşmesi, cevherleşme süresince silisleşmenin gerçekleştiğini (Şekil 84b) ifade etmektedir. Cevherli zonda Fe miktarındaki nispi artışın cevher oluşumu süresince kloritleşme sürecinde devam ettiği şeklinde açıklanabilir (Şekil 84d).

Çalışılan sahada 5 nolu profil boyunca alınan örneklerden net (g/100g) kütle değişim hesaplamaları 3 nolu formül kullanılarak yapılmış ve bunun sonucunda propilitik zonda K (0.20g), Si (0.37g), Fe (1.02g) elementlerinde net kütle kaybı (Şekil 85a), cevherli zonda ise Si (11.69g) net kütle artışı ve K (0.14g) net kütle azalımı göstermesi ile serizitleşmenin cevherleşme ile ilişkili olmadığı şeklinde açıklanırken, yine aynı zonda Ca (1.34g) ve Na (0.57g) net kütle azalması cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasının etkili olduğu şeklinde açıklanmaktadır (Şekil 85b). Ayrıca cevherli zonda Cu 378.39 g, net kütle kazancı, Au 0.01 g, ve Zn 3.47 g oranında net kütle azalması belirlenmiştir (Şekil 85b). Tüm hat için yapılan net kütle değişim hesaplamalarında ise, cevherli zonda olduğu gibi ana elementlerden Si (3.40g) ve cevher minerali oluşturan elementlerden Pb (112.06g)' de net kütle artışı belirlenmiştir (Şekil 85c).

Yan kayaçlarda meydana gelen net kütle değişiminin belirlenmesinde, Grant (1986)'a göre izokon doğrusundan yararlanarak hesaplanan eğim (m) değerleri kullanılarak (Ek Tablo 32, 33 ve 34), propilitik alterasyon zonunda  $m > 1$  (1.03) ile kütle kaybı, cevherli zonda  $m < 1$  (0.72) ile kütle kazancı ve tüm hat için  $m < 1$  (0.91) ile kütle kazancı tespit edilmiştir. Diğer örnek alım profillerinde olduğu gibi 5 nolu profilde de, tüm hat boyunca alınan örneklerde eğim (m) değerinden yararlanarak 4 nolu formülün kullanılması sonucu yapılan hesaplamalarda damara dik bir hat boyunca örneklemsi yapılan kayaçların genel olarak kütlelerinde % 9.97 artışının meydana geldiği görülmektedir. Yan kayaçlarda meydana gelen bu kütle artışını, Si ( 3.60g) ve Fe (6.50g) elementlerinin yanı sıra cevher oluşturan elementlerden Cu ( 112.06g) ve Pb (1.93g) sağlamıştır (Şekil 85c).

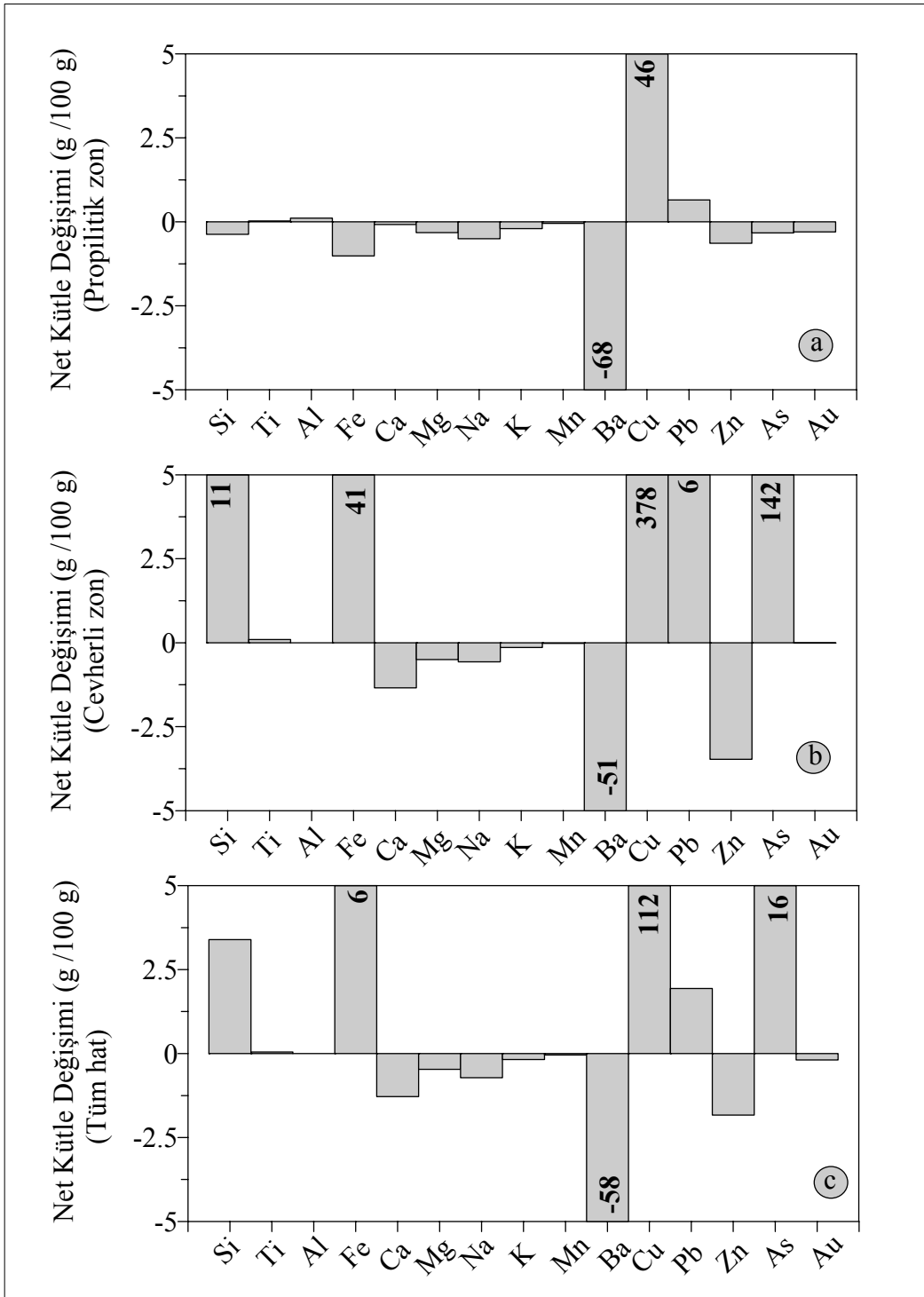


Şekil 83. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (5 nolu profil) hesaplanan nispi kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat için hazırlanan % değişim diyagramları.



Şekil 84. En az altere kayaca göre ayrılmış kayaçta hesaplanan ve kayaçta nispi kütle artışı veya azalmasına (%) neden olan elementler arasındaki ilişkiler ile bu değişimler sonucu yankayaçta oluşabilecek alterasyon minerallerini gösterir diyagramlar (5 nolu profil).

Sonuç olarak, 5 nolu profil boyunca yapılan mineral, kütle ve kimyasal değişimlere bakıldığında, cevher oluşturan sıvıların silisyumca nispeten zengin bileşimde olduğu, cevherin silisleşme ve kloritleşme ile beraber geliştiği, cevherleşmenin serizitleşme ile ilişkili olmadığı, cevherli zonda yüksek Fe içeriğinden dolayı piritleşme olduğu, cevher oluşumu süresince plajiyoklas ayrışmasının gerçekleştiği sonuçlarına varılmıştır.



Şekil 85. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (5 nolu profil ) hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları a) propilitik alterasyon zonu, b) cevherli zon, c) tüm hat.



### 3.6. Sıvı Kapanım Çalışmaları

Sıvı kapanımlar, maden yataklarında rol oynayan fizikokimyasal olayların, maden yataklarının oluşum evrelerinin ve maden yatağın jenezinin anlaşılmasında önemli veriler sağlamaları nedeniyle maden yatakları çalışmalarında oldukça önem taşırlar (Roedder, 1984; Shepherd vd., 1985; Samson ve Russel, 1987; Killias vd., 1996). Sıvı kapanımlardan elde edilen cevher oluşum sıcaklığı, basıncı, sıvının kimyasal bileşimi, termodinamik hesaplarda kullanılabilirler (Ohmoto ve Rye, 1970; Bowers ve Helgeson, 1983; Roedder, 1984; Samson ve Russel, 1987; Wilkinson, 2001). Günümüzde geliştirilen yeni analiz teknikleri, sıvı kapanımların izotop, iz element ve nadir toprak element bileşimlerini doğrudan tespit ederek, maden yataklarının oluşumunda etkili olan fiziko-kimyasal koşullarını ortaya koyan daha kesin veriler elde edilebilmektedir (Ohmoto ve Rye, 1974; Foley ve Bethke, 1989; Böhlke ve Irwin, 1992; Wilkinson vd., 1994; Shepherd ve Rankin, 1998; Wilkinson, 2001).

#### 3.6.1. Sıvı Kapanım Petrografisi

Arzular cevherleşme sahasından alınan örneklerden kuvars ve sfalerit minerallerinden sıvı kapanım örnekleri hazırlanmıştır. Örneklerin incelenmesi sonucu, sıvı kapanımların Roedder (1984) ve Shepherd vd. (1985)'nin jenetik sınıflama kriterlerine göre birincil ve ikincil tip sıvı kapanımlar olduğu belirlenmiştir.

Kuvars ve sfaleritlerde bulunan birincil kapanımların, bileşimlerine göre sadece sıvı içeren tek fazlı kapanımlar ve sıvı ve gaz içeren iki fazlı kapanımlar olmak üzere iki farklı tipte olduğu belirlenmiştir. Sıvı ve gaz içeren iki fazlı birincil kapanımlar da kendi aralarında, sıvıca zengin (sıvı+gaz) ve gazca zengin (sıvı+gaz) kapanımlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.  $T_{fm}$ ,  $T_{m-ice}$  ve  $T_h'$  ı kapsayan mikrotermometrik ölçümler bu iki farklı kapanımlar üzerinde yapılmıştır.

Kuvars ve sfalerit minerallerinde bulunan sıvı kapanımların boyutları, 5-6  $\mu m$  ile 30  $\mu m$  arasında değişmektedir. Küçük boyutlu kapanımlarda faz değişimlerini izlemek zor olduğundan  $T_{fm}$  ve  $T_{m-ice}$  ölçümleri 20  $\mu m$  – 30  $\mu m$  boyutlu kapanımlarda yapılmıştır. Homojenleşme sıcaklığı ise iki fazlı birincil kapanımların hepsinde ölçülmüştür. Kuvars ve sfalerit minerallerinde bulunan birincil kapanımlar ikincil kapanımlara göre daha büyük boyutlarda daha seyrek ve mineral içinde gelişigüzel dağılmış olarak bulunmaktadır.

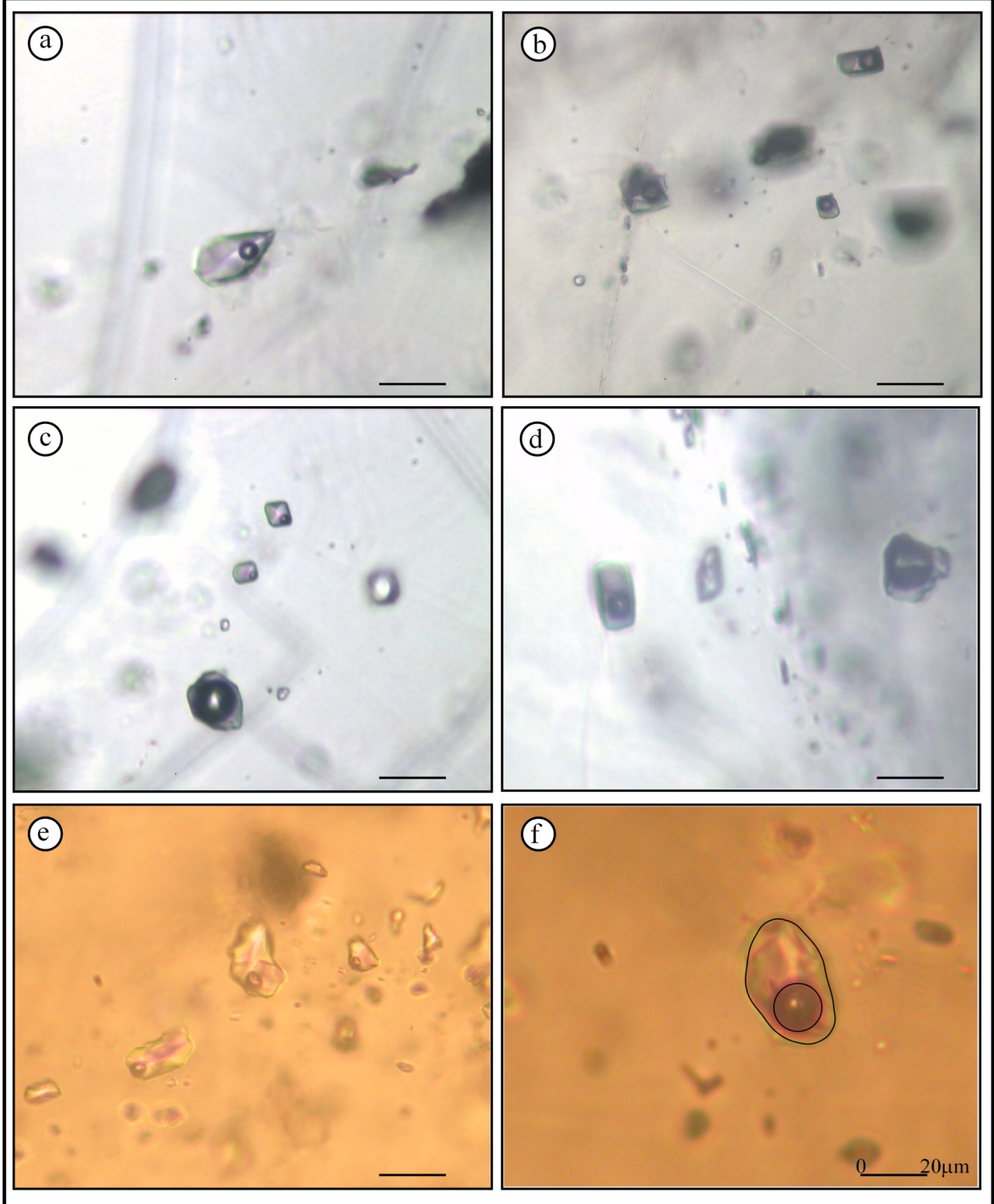
Kuvars mineralinde tespit edilen kapanımlar genel olarak, elipsoidal (Şekil 86a, f), kare (Şekil 86b), dikdörtgen (Şekil 86d), düzensiz şekilli (Şekil 86e) ve nadiren de olsa öz şekilli negatif kristal olarak gözlenmiştir (Şekil 86c). Kuvars minerallerinde bulunan sıvı kapanımlar genellikle sıvıca zengin kapanımlar şeklinde iken yer yer gazca zengin kapanımların sıvıca zengin kapanımlara eşlik ettiği görülmüştür (Şekil 86c). Sfalerit minerallerinde ise bu gazca zengin kapanımlar gözlenememiştir. Kuvarlardaki sıvıca zengin ve gazca zengin kapanımların bir arada bulunması Roedder (1984)'e göre kaynama belirtisi olup bu kapanımların açık sistemde oluştuğuna işaret eder. Ancak Shepherd vd. (1985), kaynama belirtisinden emin olmak için bu kapanımların bölünme sonucu oluşmadığının saptanması gerektiğini ifade etmektedirler. Bölünme sonucu oluşan kapanımların (necking down), genellikle çizgisel hatlar oluşturarak uzun eksenleri birbirine paralel olacak şekilde sıralandıkları bilinmektedir (Roedder, 1984). Arzular cevherleşmesinde kuvarlarda bulunan sıvıca zengin kapanımların böyle bir bölünme sonucu oluşmadıkları, bu farklı tip kapanımların mineral içerisinde gelişigüzel dağılmış olmalarından ve gazca zengin kapanımların bazı kesitlerde kesinlikle birincil oluşumu ifade eden negatif kristal (Şekil 86c) şeklinde olmalarından anlaşılmıştır. Bundan dolayı Arzular cevherleşmesinin oluşumunun açık sistemde gerçekleştiği kanaatine varılmıştır. Bununla birlikte bazı kesitlerde sıvı kapanımların çizgisel dağılım gösterdikleri de belirlenmiştir. Ancak bu kapanımların sıvı gaz oranlarının birbirine benzer olmaları ve uzun eksenlerinin farklı yönlerde gelişmiş olmalarından dolayı bu kapanımların bölünme sonucu değil birincil oldukları anlaşılmıştır (Şekil 86e).

Sfaleritlerde bulunan kapanımların nadiren düzensiz şekilli kapanımlar içerdiği (Şekil 87a), genellikle de boyuna uzanan kapanımlar (Şekil 87b, c ve d) şeklinde olduğu gözlenmiştir. Mineralin kristal sistemine bağlı olarak ince uzun latalar şeklinde boyuna uzanan kapanımların yer yer 30 µm'ye kadar boyutlarda olduğu görülmüştür.

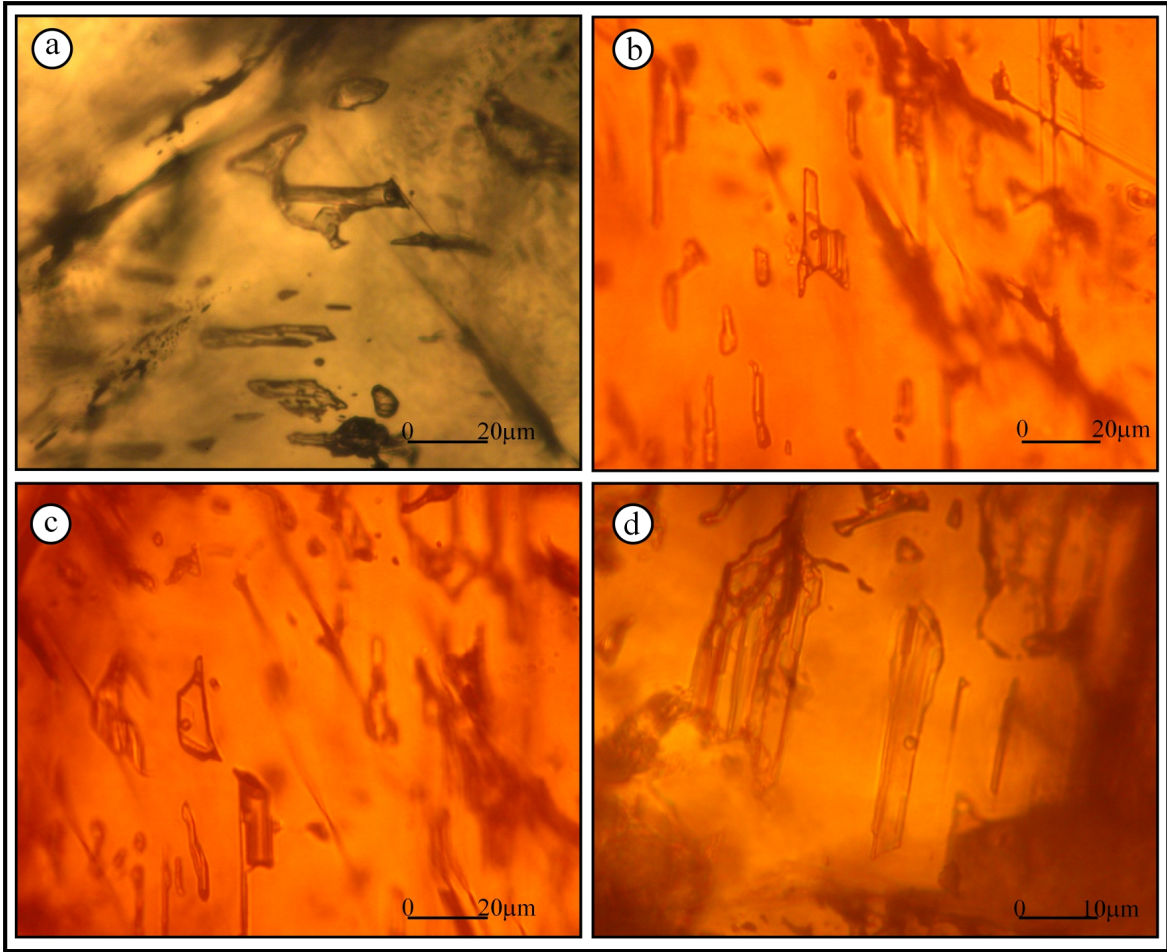
Sfalerit minerallerindeki kapanımların bazılarında, kesit hazırlanması sırasında ve/veya kapanım oluşumundan sonra geçirmiş olduğu tektonizmadan dolayı mineralde oluşan mikro kırıkların varlığı nedeniyle sıvısını kaybettiği ve tamamen boş olduğu gözlenmiştir. Bazı kapanımların ise ısıtma esnasında homojenleşme gerçekleşmeden önce sıvısını kaybettiği gözlenmiştir. Bu durumun nedeni Shepherd vd. (1985)' e göre, ısıtma sırasında mikro çatlakların genişlemesiyle sıvı kayıplarının olmasıdır.

Genel olarak sfaleritlerde bulunan kapanımların kuvarlardaki kapanımlara kıyasla daha küçük gaz kabarcıkları içerdikleri ve sıvı/gaz oranlarının % 95'ten fazla olduğu

anlaşmıştır. Buna bağlı olarak sfaleritlerdeki kapanımların homojenleşme sıcaklıkları kuvarslardaki kapanımlardan belirgin bir şekilde düşük çıkmıştır.



Şekil 86. Kuvarslarda gözlenen sıvı kapanım şekilleri, mineral içerisindeki dağılımları ve boyutları.



Şekil 87. Sfaleritlerde gözlenen sıvı kapanım şekilleri, mineral içerisindeki dağılımları ve boyutları.

İkincil tip sıvı kapanımların mineral içinde kırık ve çatlaklar boyunca sıralandığı genellikle  $5\ \mu\text{m}$ 'den daha küçük boyutlarda oldukları ve bir kısmının sıvısını kaybettiği görülmüştür. Sfalerit ve kuvarslardaki bu ikincil kapanımlar genellikle yuvarlak ve elipsoidal şekillerde gözlenmiş, içinde buldukları mineralin kristallenmesinden sonra oluşmuş olmaları ve cevherin ilk oluşum özelliklerini yansıtmamaları nedeniyle mikrotermometrik ölçümler yapılırken bu kapanımlar dikkate alınmamıştır. Sıcaklık değişimine bağlı faz değişimleri tek fazlı kapanımlarda belirlenemeyeceğinden birincil olmalarına rağmen bu tek fazlı kapanımlar da mikrotermometrik ölçümlerde kullanılmamıştır.

### 3.6.2. Mikrotermometrik Ölçüm Sonuçları

Kuvars ve sfalerit minerallerinde, bulunan kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığı ( $T_h$  °C), ilk buz ergime sıcaklığı ( $T_{fm}$ ) ve son buz ergime sıcaklıkları ( $T_{m-ice}$  °C) ile bu verilere bağlı olarak hesaplanan tuzluluk ve yoğunluk değerleri Tablo 10'da verilmiştir. Sıvı kapanımların bileşiminde NaCl, KCl, MgCl<sub>2</sub> ve CaCl<sub>2</sub> türü tuzların bulunabileceği bilinmektedir. Ancak bu tuzların hangilerinin kapanımların bileşiminde bulunduğunu veya bulunabileceğini  $T_{fm}$  ölçümleri ile belirlemek mümkündür (Shepherd vd., 1985). Buna göre farklı bileşen içeren sistemlerin ilk buz ergime sıcaklıkları ( $T_{fm}$ ) oldukça değişkendir. Örneğin; NaCl-H<sub>2</sub>O sistemi -21.2 °C, KCl-H<sub>2</sub>O sistemi -22.9 °C, MgCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O sistemi -33.6 °C'dir. Arzular cevherleşmesinde, sfalerit minerallerinden elde edilen ilk buz ergime sıcaklık değerleri -30.2 °C ile -37.2 arasında değişmektedir. Buna göre sıvı kapanımların bileşiminde bulunabilecek tuzların Shepherd vd., (1985)'e göre NaCl±KCl±MgCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O sisteminde olduğu söylenebilir.

Sıvı kapanımların bileşiminde bulunan tuz miktarının % olarak hesaplanmasında, son buz kristalinin ergime sıcaklığından ( $T_{m-ice}$ ) yararlanılır (Roedder, 1984; Bodnar, 1993).  $T_{m-ice}$  değerlerinin sıfırın altında olmasının nedeni, kapanımların bileşimde bulunan tuz ile alakalı olarak açıklanabilir. Şöyle ki, kapanımların bileşiminde bulunan tuz, kapanımların donma sıcaklığını saf suya göre düşüreceğinden  $T_{m-ice}$  ölçümleri sıfırın altında olacaktır. Bu yöntemle göre hesaplanan tuzluluk verileri, sistemde katı tuz kristalinin olmadığı durumlarda kullanılmakta olup, kapanım sıvısı içinde bulunabilecek en fazla tuz miktarı 23.2 % NaCl eşd.' e denk gelmektedir. Katı tuz kristalinin bulunması durumunda kapanım sıvısı içindeki tuz miktarı farklı yöntemlerle hesaplanabilir. Sıvı kapanımların tuzluluk miktarlarının hesaplanması, Potter vd., (1978), Bodnar, (1993) tarafından verilen hesaplama yöntemlerinin haricinde, Brown, (1989) ve Bakker, (2003) tarafından yapılan sırasıyla FLINCOR ve BULK adlı paket programlar aracılığı ile de yapılabilmektedir. Bu çalışmada, Bodnar (1993) tarafından belirlenen ve aşağıda verilen 5 numaralı denklem kullanılarak sıvı kapanımların tuzluluğu hesaplanmıştır.

$$\text{Tuzluluk (Ağ. \% NaCl)} = 1.78 * T_{m-ice} - 0.0442 * (T_{m-ice})^2 + 0.000557 * (T_{m-ice})^3 \dots \dots \dots (5)$$

Ayrıca Bakker (2003) tarafından geliştirilen BULK adlı paket program kullanılarak hesaplanan tuzluluk değerleri hesaplanmıştır. Sıvı kapanımların bileşiminde, tuz

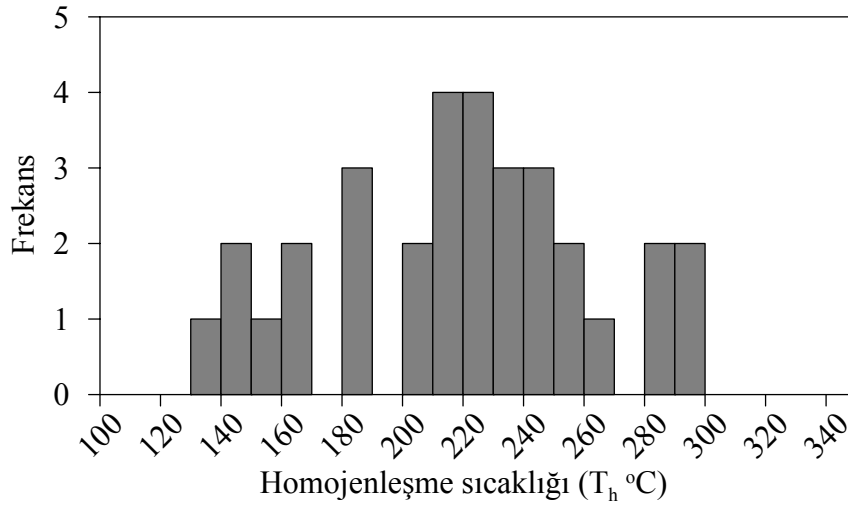
iyonlarından Na, K, Ca, Mg bulunmaktadır. Fakat bu elementler arasında, önceki çalışmalara göre NaCl'nin sıvı kapanımlarda rastlanan en yaygın tuz olduğu belirlenmiştir (Shepherd vd., 1985; Bodnar 1993 ve Wilkinson 2001). Bir sıvı kapanım sıvısının donma ve ergime sıcaklığı ile yoğunluğunu normal sudan farklı kılan içerdiği tuz miktarıdır. Shepherd vd., (1985)'e göre, şayet kapanımlar Ca-Na-K-Mg klorür karışımlarından oluşuyorsa, dondurma ısıtma yöntemiyle yapılan tuzluluk ölçümlerinde < % 5 kadar hata yapılabilir. Bu sebeple, kapanımların hesaplanan tuzluluk miktarları NaCl eşdeğeri olarak verilmektedir. Arzular cevherleşmesinde, kuvarslarda ölçülen son buz ergime sıcaklıkları -2.6 °C ile -8.6 °C arasında ( ortalama -5.6 °C ) değişirken sfaleritlerde ise bu değerler - 0.4 °C ile -1.6 °C ( ortalama -1.0°C) arasındadır. Bu ölçümlere göre hesaplanan tuzluluk miktarları Tablo 10' da verilmiştir. Bu sonuçlara göre cevherleşmeden alınan kuvars örneklerindeki sıvıların tuzluğu ortalama 8.5 ağı. % NaCl, sfalerit örneklerindeki sıvıların tuzluğu ise ortalama 1.7 ağı. % NaCl olarak belirlenmiştir.

Mikrotermometrik ölçümler kapsamında homojenleşme sıcaklıklarına ait frekans dağılım grafikleri Tablo 10'da verilen  $T_h$  ve  $T_h^*$  değerlerine göre hazırlandığında kuvarslardaki sıvı kapanımlardan ölçülen  $T_h$  değerlerinin 130 °C ile 295 °C arasında değişim göstermekle birlikte, 200-250°C arasında yoğunlaştığı anlaşılmıştır (Şekil 88). Sfaleritlerdeki sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ise 90°C ile 133°C arasında değişim göstermektedir (Şekil 89). Kuvars ve sfaleritlerde ölçülen homojenleşme sıcaklıkları birlikte değerlendirildiğinde cevher oluşumun 300°C'nin altındaki sıcaklıklarda ve iki ayrı evrede gerçekleştiği anlaşılmıştır.

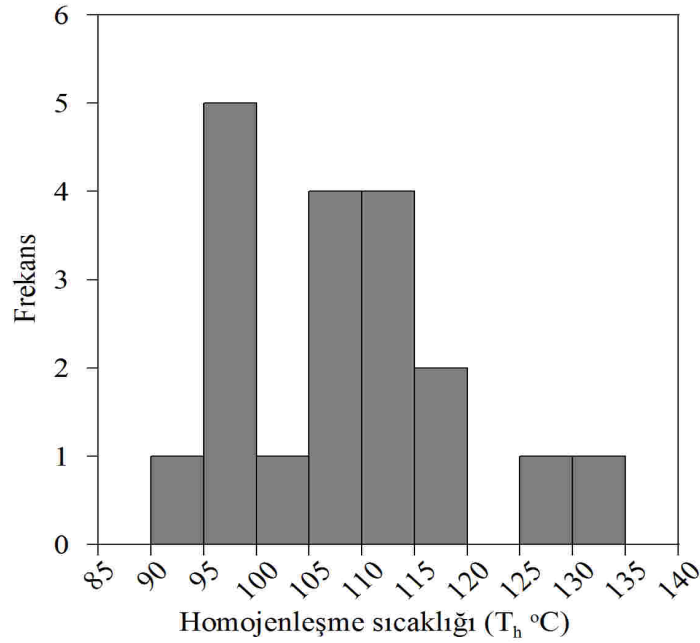
Sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri ile kapanımların yoğunlukları BULK (Baker, 1999) paket programı yardımıyla Zhang ve Frantz (1987) göre hesaplanmış olup Arzular cevherleşmesinin oluşumunu sağlayan sıvıların yoğunluğunun kuvarslarda 0.79-0.97 g/cm<sup>3</sup> arasında (ortalama 0.91 g/cm<sup>3</sup>) sfaleritlerde ise 0.94-0.97 g/cm<sup>3</sup> arasında (ortalama 0.96 g/cm<sup>3</sup>) değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 10. Sıvı kapanımlarda yapılan mikrotermometrik çalışmalarla elde edilen  $T_{m-ice}$  değerlerine göre hesaplanan tuzluluk değerleri ve Baker, (1999)' göre hesaplanan yoğunluk değerleri ( $T_h$ :  $T_{fm}$ ,  $T_{m-ice}$ , tuzluluk, yoğunluk değerlerinin hesaplanmasında kullanılan homojenleşme sıcaklık değerleri,  $T_h^*$ : tuzluluk ve yoğunluk hesaplanmasında kullanılmayan homojenleşme sıcaklık değerleri).

Mineral	$T_{fm}$ °C	$T_{m-ice}$ °C	Tuzluluk %	Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>	$T_h$ °C	$T_h^*$ °C
<b>KUVARS</b>	-30.2	-2.6	4.3	0.95	149	205
	-36.4	-3.0	5.0	0.97	134	292
	-35.7	-3.6	5.9	0.96	141	165
		-4.0	6.4	0.93	183	286
		-4.5	7.2	0.96	166	190
		-7.3	10.8	0.85	258	230
		-7.9	11.6	0.79	295	285
		-8.6	12.4	0.83	268	210
		-7.1	10.6	0.95	222	215
		-5.2	8.1	0.94	190	155
		-5.8	8.9	0.91	230	235
		-6.3	9.6	0.89	245	228
		-6.8	10.2	0.85	257	218
						117
						127
						235
					218	
					245	
					242	
					218	
					232	
Ortalama		-5.6	8.5	0.91	214	
Mineral	$T_{fm}$ °C	$T_{m-ice}$ °C	Tuzluluk %	Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>	$T_h$ °C	$T_h^*$ °C
<b>SFALERİT</b>	-33.7	-0.4	0.7	0.96	108	113
	-32.4	-0.6	1.1	0.96	109	117
	-37.2	-0.8	1.4	0.94	133	98
		-1.4	2.4	0.97	110	100
		-1.2	2.1	0.96	105	100
		-1.0	1.7	0.96	111	100
		-1.6	2.7	0.97	115	100
						118
						115
						127
					90	
					110	
Ortalama		-1.0	1.7	0.96	109	



Şekil 88. Arzular cevherleşmesinde, kuvars minerallerinin bünyesinde bulunan birincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığına ait frekans dağılım diyagramı.

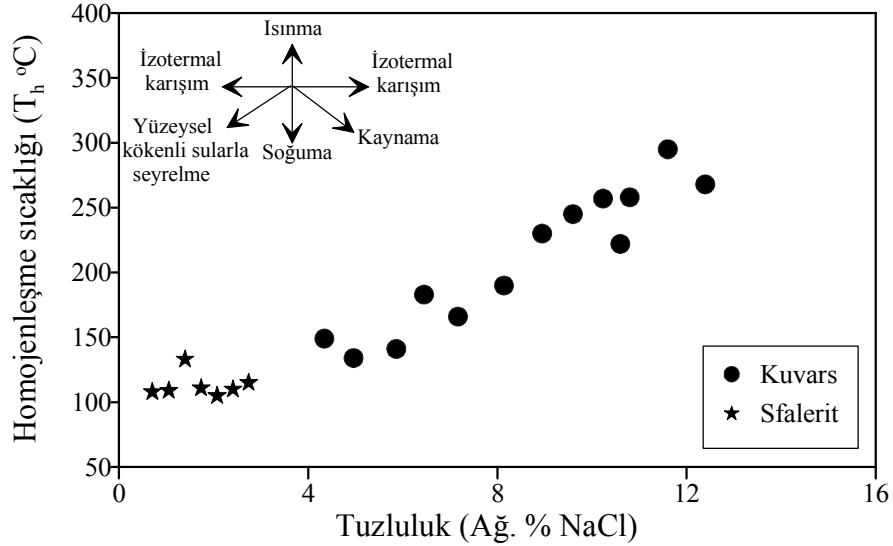


Şekil 89. Arzular cevherleşmesinde, sfalerit minerallerinin bünyesinde bulunan birincil kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığına ait frekans dağılım diyagramı.

Bu çalışmada, sıvı kapanımlardan belirlenen homojenleşme sıcaklığı ve hesaplanan tuzluluk miktarları arasındaki değişim Shepherd vd., (1985) tarafından hazırlanan sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 90). Grafikten de görüleceği üzere, tuzluluk artışına bağlı olarak, gerek sfaleritlerde gerekse kuvarslarda tespit edilen  $T_h$  değerleri

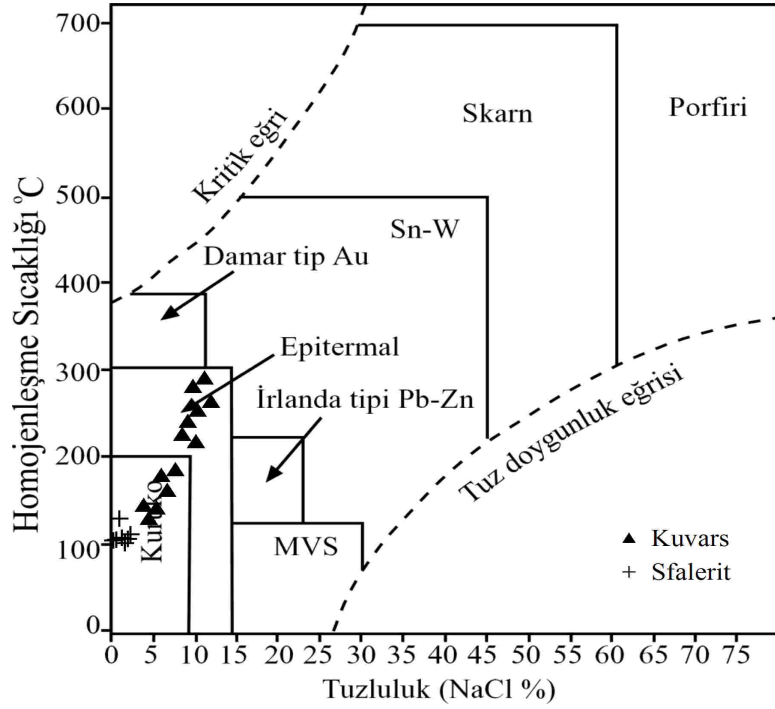


artmaktadır. Bu grafik verilerine göre Arzular cevherleşmesinin oluşumunu sağlayan ana faktörün yüzeysel kökenli sıvılarla seyrelme olduğu görülmektedir.



Şekil 90. Arzular cevherleşmesinde kuvars ve sfaleritlerdeki sıvı kapanımların, homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Wilkinson, 2001).

Sonuç olarak; Arzular Cevherleşmesini oluşturan hidrotermal sıvılar, Roedder (1984) tarafından hazırlanan değişik yataklara ait homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişim diyagramına aktarılarak karşılaştırılmıştır (Şekil 91). Genel olarak birçok maden yatağının tuzluluk değişimi 0 ile 30 NaCl (Ağ. %) arasında değiştiği, granitlerle alakalı Sn-W, skarn ve porfiri tip yataklarda tuzluluk değişiminin 30-70 ağ. % NaCl değerine kadar yükseldiği diyagramda görülmektedir. Roedder, (1984)' e göre granitlerle ilişkili damar tip yataklarda magmatik sıvılardan oluşan kapanımların tuzlulukları % 1-15 NaCl arasında, T<sub>h</sub> değerlerinin ise 240-430 °C arasında değiştiği, epitermal yataklarda ise tuzluluk ve T<sub>h</sub> değerlerinin sırasıyla % 0-13 NaCl ve 140-350 °C aralıklarında değiştiği belirtilmiştir. Arzular cevherleşmesini oluşturan sıvıların tuzluluk değerleri ve homojenleşme sıcaklıkları bu yataklarda belirtilen tuzluluk ve T<sub>h</sub> değerleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde cevherleşmenin, magmatik kökenli sıvıların tuzluluğuna yakın ve epitermal bir cevherleşme olduğu sonucuna varılır.



Şekil 91. Değişik yatak tiplerinden elde edilen homojenleşme-tuzluluk değişim alanları (MVS: Misisipi Vadisi masif sülfid yatakları) ve Arzular cevherleşme sahasından elde edilen sıvı kapanım verilerinin bu yataklarla ilişkisi (Roedder, 1984).

### 3.7. Duraylı İzotop Jeokimyası

İzotop jeokimyası incelemeleri jeolojinin birçok konusunda uygulama alanı bulmuş ve çok sayıda problemin çözümüne katkı sağlamış bir araştırma konusudur. Elementlerin izotoplarına ait atomlar zamanla parçalanarak veya başka bir elementin atomuna dönüşerek yok oluyorsa bu tür izotoplar radyoaktif (kararsız) izotoplar, zamanla yok olmuyorsa duraylı (kararlı) izotoplar olarak tanımlanmaktadır.

Hidrotermal maden yatakları; sıcaklıkları 50°C - 377°C arasında değişen sıcak sulu ve buharlı çözeltilerin meydana getirdiği yatak tipleridir. Bu yataklarda cevher minerali olarak genel olarak sülfürlü mineraller, gang minerali olarak ise kuvars, kalsit barit ve florit gibi mineraller oldukça yaygındırlar. Buna bağlı olarak hidrotermal maden yataklarının köken ve oluşum koşullarının araştırılmasında kararlı izotopları olan elementlerden özellikle S, H, O ve C izotoplarından yararlanılır. Çünkü cevher, oluşumu sırasında pek çok fiziksel ve kimyasal parametreden etkilenmektedir. Duraylı izotop çalışmaları; cevher oluşumunda etkili olan sıcaklık, basınç ve derinlik gibi fiziksel parametrelerin, cevher oluşturan bileşenlerin kaynağının, sıvıların kimyasal bileşiminin,

bileşenlerin taşınması ve depolanması gibi cevher oluşum evrelerinin anlaşılmasında oldukça önemli bilgiler sağlarlar (Hoefs, 1987; Rye ve Ohmoto, 1974; Ohmoto ve Rye, 1979; Ohmoto, 1986; O'Neil, 1986; Faure, 1986). Bu izotoplardan, H ve O izotopları hidrotermal çözeltileri oluşturan suyun, S izotopları sülfürlü ve sülfatlı minerallerin bileşiminde bulunan kükürtün, C izotopları ise karbonatlı minerallerin yapısında bulunan karbonun kökenlerinin belirlenmesinde fayda sağlamaktadır.

Arzular cevherleşmesinden derlenen örneklerden binokuler mikroskop yardımıyla tespit edilen cevher minerallerinden; pirit, galen ve sfalerit minerallerinden S izotopu, kuvars mineralinden O izotopu ve serizit minerallerinden H izotopu ise analiz edilmiştir. Bu çalışmada, cevherleşmeyi oluşturan mineral ve sıvıların, kükürt, oksijen ve hidrojen izotop analiz sonuçları, farklı jeolojik ortam ve kayaçlarla karşılaştırılarak kökensel bağlantısı belirlenmiştir. Kükürt izotop termometresinde, cevher oluşum sıcaklık hesabı gerçekleştirmek için galen-pirit mineral çiftinden yararlanılmıştır. Parlak kesit incelemelerinde her ne kadar galen-sfalerit mineral çiftinin dengede olduğu belirlenmiş olsada yapılan kükürt izotop termometre hesaplarında bu mineral çiftlerine ait uygun sıcaklık değerleri elde edilememiştir. Buna ilaveten, Arzular cevherleşmesinde hidrotermal çözeltiliyi oluşturan suyun bileşimi, H ve O izotop analiz verilerinden yararlanarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

### 3.7.1. Kükürt İzotopları

Bu çalışmada, cevherleşme sahasından derlenen örneklerden saflaştırılan pirit, galen ve sfalerit minerallerinden elde edilen kükürt izotop analizi sonuçları ve bu sonuçlarından yararlanarak kükürt jeotermometresi ile hesaplanan sıcaklık değerleri Tablo 11' de verilmiştir. Tüm bu örneklerden elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri; genel olarak - 1.2 ile 3 ‰ arasında değişim göstermekte olup, önceki çalışmalarda belirlenen (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987) çeşitli jeolojik ortam, kayaç ve cevher tiplerine ait izotop verileri (Şekil 92) ile karşılaştırılmıştır. Arzular cevherleşmesinden elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  izotop verileri - 1.7 ile 3 ‰ arasında değişmekte olup, granitik kayaçların ve baz metal damar tip yatakların  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri ile benzerlik sunmakta ve magmatik kökenli kükürde işaret etmekte etmektedir (Cooke ve Simon, 2000; Hedenquist vd., 2000). Mineral kimyası üzerine yapılan çalışmalarda piritlerde elde edilen düşük Co ve Ni içeriklerin asidik bir

magmatizmayı işaret etmesi (Bajwah vd., 1987; Botinelly vd., 1985) bu düşüncüyü desteklemektedir.

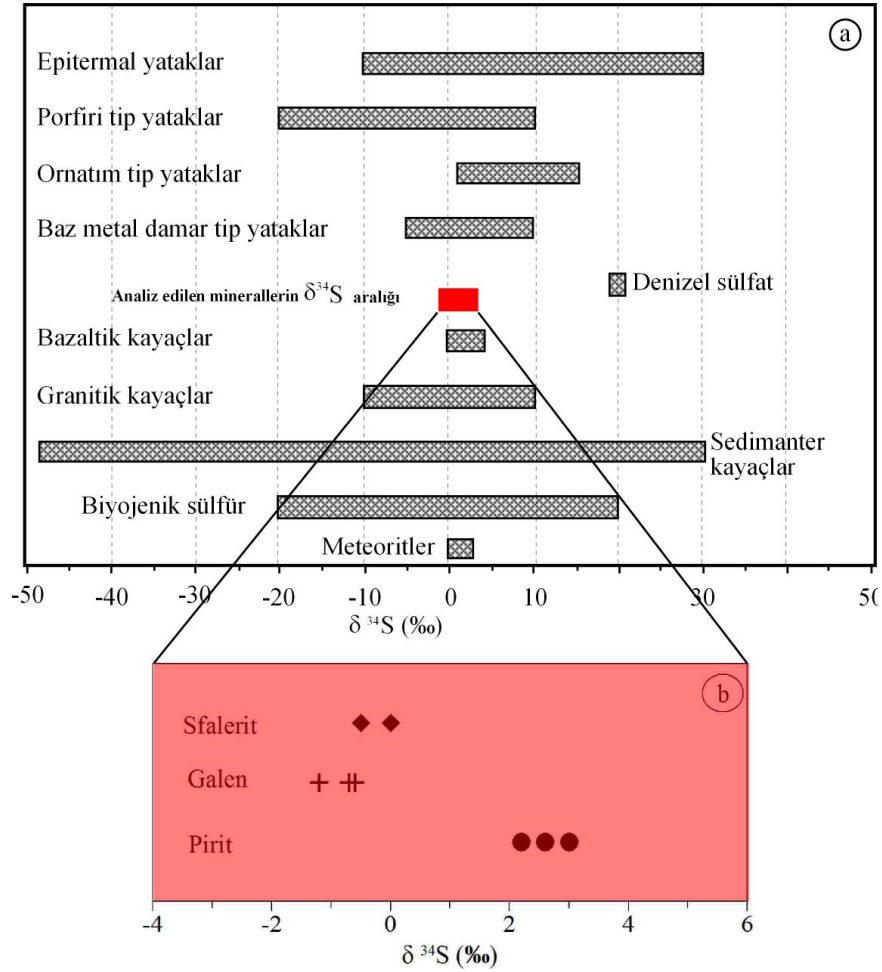
Tablo 11. Arzular cevherleşmesinde yaygın olan sülfütlü minerallerin, dengede oldukları sıvıların kükürt izotop bileşimleri ve galen-pirit çiftlerinden hesaplanan kükürt jeotermometresi sonuçları.

Örnek No	Birlikte bulunduğu mineraller	Mineral	$\delta^{34}\text{S}$	$\Delta_{\text{pr-gl}}$	T(°C)
11	Pirit, Sfalerit, Galen, Kuvars	Pirit	3.0	3.7	251±2 0
		Sfalerit	0.0		
		Galen	-0.7		
12	Pirit, Kalkopirit, Sfalerit, Galen, Kuvars	Pirit	2.2	3.2	291±2 0
		Galen	-0.6		
15	Pirit, Kalkopirit, Sfalerit, Galen, Kuvars	Pirit	2.6	3.8	244±2 0
		Sfalerit	-0.5		
		Galen	-1.2		

$$T = \frac{(1.01 \pm 0.04) * 10^3}{\sqrt{\delta^{34}\text{S}_{\text{pirit}} - \delta^{34}\text{S}_{\text{galen}}}}$$

### 3.7.1.1. Kükürt İzotop Jeotermometresi

İki mineral çiftinin jeotermometre olarak kullanılması izotop farklılaşma faktörü ile yakından ilişkilidir. İzotop farklılaşma faktörünün basınçtan bağımsız daha çok sıcaklığa bağlı olarak değişmesi iki mineral çiftlerinin jeotermometre olarak kullanılmasına olanak sağlar (Ohmoto ve Rye, 1979; Campell ve Larson, 1998). Bu çalışmada, pirit-galen mineral çiftlerin dengede olduğu belirlenmiş ve Ohmoto ve Rye (1979) tarafından geliştirilen pirit-galen arasında denge sıcaklık denklemi kullanılarak, kükürt jeotermometresi hesapları gerçekleştirilmiştir (Tablo 11). Hesaplamalarda elde edilen denge sıcaklıkları, sıvı kapanımlar (bkz. Tablo 10) ile elde edilen sıcaklık değerleri ile uyumludur. Pirit- Galen mineral çiftinden sıcaklık değerleri 244-291±25 °C aralığında değişmektedir.



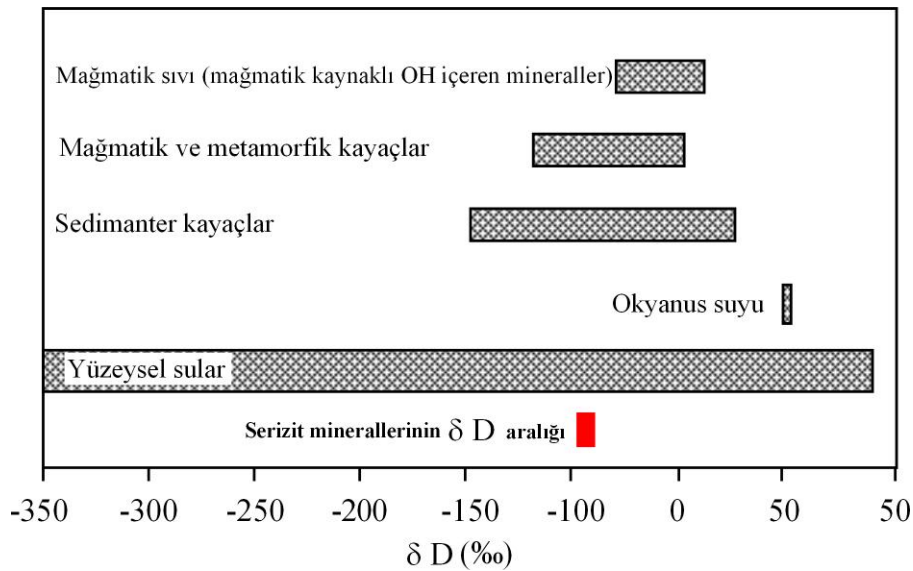
Şekil 92. (a) Çeşitli kayaç, jeolojik ortam ve cevher tiplerinin  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) izotop değişimi (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987). (b) Arzular cevherleşmesinden alınan pirit, sfalerit ve galen minerallerinden elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) izotop değişimi.

### 3.7.2. Hidrojen ve Oksijen İzotopları

Hidrojen, atom numarası bir olan ve atom numarası 1-3 arasında değişen ve üç izotopu ( $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ , ve  $^3\text{H}$ ) bulunan bir elementtir. Duraylı izotop çalışmalarında  $^1\text{H}$  (hidrojen) ve  $^2\text{H}$  ( $^2\text{D}$ , döteryum) kullanılmakta olup, bu izotopların ortalama oransal bollukları ise % 99.98 ( $^1\text{H}$ ), % 0.0026 ( $^2\text{H}$ ) olarak bilinmektedir (Hoefs, 1987). Hidrojen izotop jeokimyası incelemelerinde, SMOW standartı kullanılarak D/H oranı analiz edilmekte ve analiz sonuçları 6 nolu bağıntıdan yararlanarak hesaplanır ve  $\delta\text{D}$  (‰) şeklinde ifade edilir.

$$\delta\text{D} = \left\{ \left[ \frac{(\text{D}/\text{H})_{\text{mineral}} - (\text{D}/\text{H})_{\text{SMOW}}}{(\text{D}/\text{H})_{\text{SMOW}}} \right] * 1000 \right\} \dots \dots \dots (6)$$

Hidrojen izotopları, ayırılma derecesi en çok olan ve doğal olaylar sırasında en hızlı ve kolay ayrılan izotoplar olması nedeniyle, bünyesinde H elementi bulunduran minerallere ilaveten, hidrotermal çözeltilerin etkileri sonucunda oluşan alterasyon mineralleri (klorit, serizit, muskovit, serpantin ve talk) ve değişik mineraller içindeki sıvı kapanımlar, hidrojen izotop analizi için kullanılmaktadır (Akçay, 2002; Gökçe, 1993). Fakat bu minerallerden analizi yapılan hidrojen izotopu değeri, sadece bu minerallerin hidrojen izotop değerini belirlemeye yarar, jeotermometre olarak kullanılmaz. Çünkü sıvı ve mineraller arasında H değişiminin düşük sıcaklıklarda bile kolaylıkla gerçekleşebilmesi, buna ilaveten sulu silikatların hidrojen izotop bileşiminin, sistem içerisinde etkili olan çözeltiler tarafından kolaylıkla değiştirilebilmesi bu izotopun jeotermometre olarak kullanılmasını sınırlamaktadır (Akçay, 2002, Cole ve Ohmoto, 1984). Ancak, H izotop farklılaşması yüksek sıcaklıklarda son derece büyük değerlere ulaşmakta olup Savin ve Epstein (1970), Lawrence ve Taylor (1971) tarafından H izotop farklılaşma faktörleri düşük sıcaklıklara uyarlanmıştır. Bu gerekçe ile H izotop değerleri, jeotermometre olarak sadece yüksek sıcaklıklarında kullanılabilir. Jeolojik olarak değişik ortamların H izotop bileşimleri Şekil 93’ de verilmiştir.



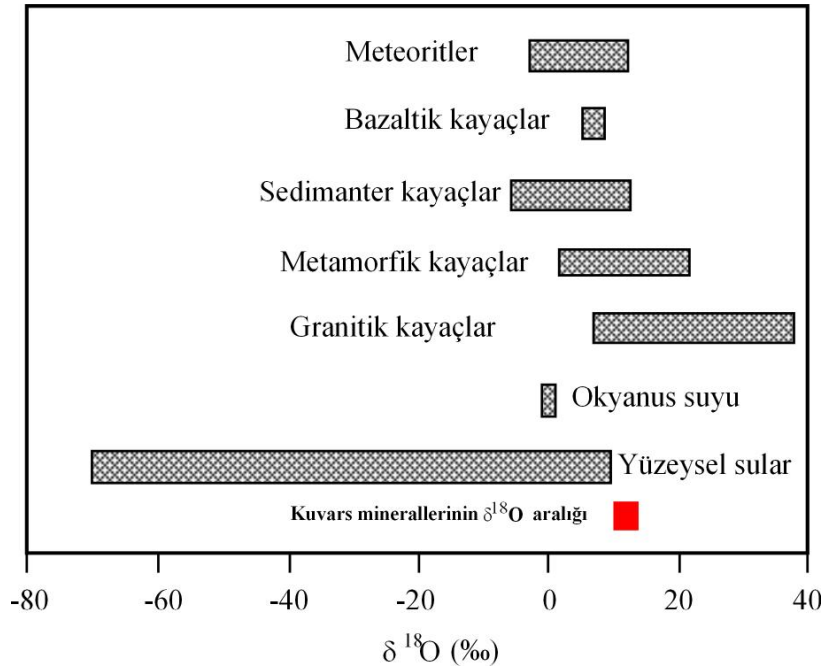
Şekil 93. Jeoloji olarak bazı ortamların hidrojen izotop bileşimleri (Hoefs 1987).

Oksijen, atom numarası 8 ve atom ağırlıkları 16 ile 18 arasında değişen ve 3 adet izotopu ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) bulunan bir elementtir. Bu oksijen izotoplarının ortalama oransal bollukları ise % 99.762 ( $^{16}\text{O}$ ), % 0.038 ( $^{17}\text{O}$ ), % 0.2 ( $^{18}\text{O}$ ) şeklindedir (Hoefs, 1987; Weast,

vd., 1986). Oksijen izotop jeokimyası ölçümlerinde SMOW standartı kullanılarak, en bol bulunan oksijen izotoplarından  $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$  oranı ölçülerek analiz sonuçları 7 nolu bağıntı ile hesaplanır ve sonuçlar  $\delta^{18}\text{O}$  şeklinde ifade edilir.

$$\delta^{18}\text{O} = \left\{ \left[ \left( \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{mineral}} - \left( \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW}} \right] / \left( \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW}} \right\} * 1000 \dots \dots \dots (7)$$

Oksijenin izotop jeokimyasında en kullanışlı element olmasının nedenleri arasında, doğada en bol bulunan element olması, gaz sıvı ve katı bileşikler içerisinde bulunması ve bu oksijenli bileşiklerin çok geniş sıcaklık aralıklarında duraylı kalabilmesi gibi gerekçeler vardır (Akçay, 2002). Oksijen izotop analizleri; silikatlar, oksitler, karbonatlar, sülfürler ve sıvı kapanımlar içindeki sıvılardan yararlanarak yapılır. Her bir mineral grubu için kullanılan analiz tekniği birbirinden farklıdır. Jeolojik bakımdan önemli çeşitli çözelti ve kayaçların oksijen izotop bileşimleri Şekil 94’ da verilmiş olup, burada sedimanter kayaçların en ağır, meteorik suyun ise en hafif O izotop bileşimine sahip olduğu görülmektedir. Bu şekildeki dağılımlardan yararlanarak hidrotermal cevherleşmeler içindeki bünyesinde oksijen bulunan minerallerin çevredeki hangi tür kayaçlardan kaynaklandığı tahmin etmek mümkündür.



Şekil 94. Jeolojik bakımdan önemli çeşitli çözelti ve kayaçların SMOW'a oksijen izotop bileşimleri (Hoefs, 1987).

Arzular cevherleşmesinde, toplam 3 adet mineralden (serizit) H izotop analizi ve yine toplam 3 adet kuvars mineralinden O izotop analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 12' de verilmiştir.

Tablo 12. Yan kayaç ve cevhere eşlik eden gang minerali ve dengede oldukları sıvıların oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri ve kuvars ile dengede olan suyun  $\delta^{18}\text{O}$  bileşimi ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{su}}$  bağıntısı O'Neil ve Taylor, 1969).

Örnek No	Mineral	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{su}}$ (214°C)	Örnek No	Mineral	$\delta\text{D}$
I1	Kuvars	15.0	3.65	C2	Serizit	-91
I2	Kuvars	14.5	3.16	C11	Serizit	-87
I5	Kuvars	16.7	5.36	D12	Serizit	-93
Ortalama		15.4	4.06			-90.3

Kuvars ile dengede olan sıvı/sıvıların  $\delta^{18}\text{O}$  bileşimini belirlemek için 8 nolu denklemden yararlanılmıştır.

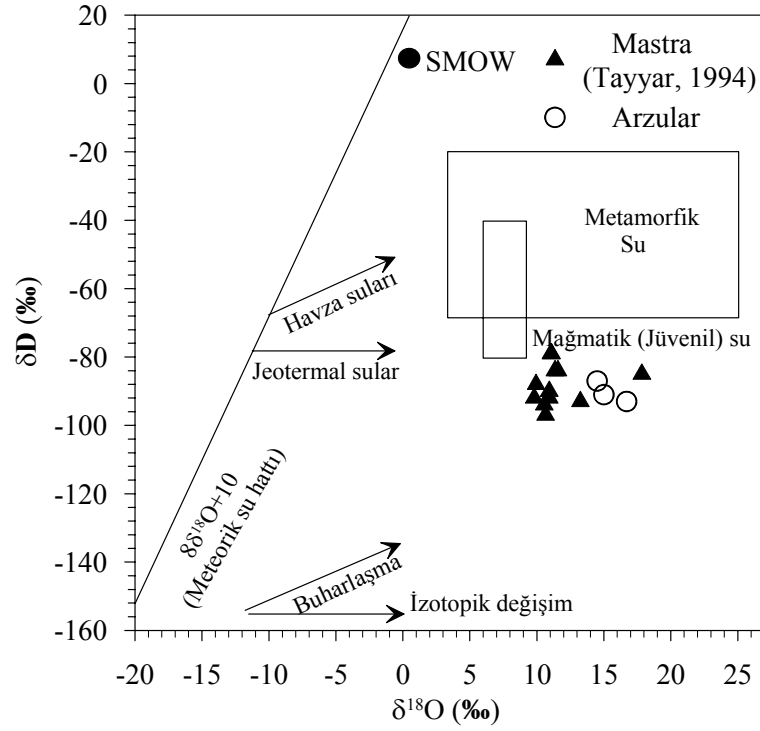
$$\Delta_{\text{kuvars-sıvı}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{kuvars}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{sıvı}} = 3.38 \cdot (10^6 / T^2) - 2 \dots \dots \dots (8)$$

$\delta^{18}\text{O}_{\text{sıvı}}$  değerini hesaplayabilmek için kuvarslarda bulunan sıvı kapanımlardan ölçülen ortamla homojenleşme sıcaklık değeri (214°C, bkz. Tablo 10) kullanılmıştır. Buna göre kuvarsların dengede buldukları sıvı/sıvıların  $\delta^{18}\text{O}$  bileşimi 3.16-5.36 arasında değişmektedir.  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sıvı}}$  bileşimleri değişik çözeltiler ve kayaçların oksijen izotop bileşimleri ile karşılaştırıldığında oksijen izotop bileşiminde sıcaklığın etkisinin önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen H ve O izotop analiz sonuçları Taylor, (1974) ve Ohmoto, (1986) tarafından hazırlanan diyagrama aktarılarak cevherleşme sürecinde aktif rol oynayan çözeltilerin kökeni belirlenmeye çalışılmıştır. İlaveten Arzular cevherleşmesi ile benzer litoloji, hidrotermal alterasyon ve kırık sistemi gösteren Mastra (Gümüşhane) altın madeninde de yapılmış olan H ve O izotop analiz sonuçları da bu diyagrama aktarılmış ve çalışılan sahanın Mastra altın madeni ile olan ilişkisi irdelenmiştir (Şekil 95). Çalışma sahasından ve Mastra (Gümüşhane) altın yatağında elde edilen oksijen ve hidrojen izotop değerleri magmatik su alanına yakın bir alanda yer almaktadır. Bu durumda cevherleşmeyi



oluşturan sıvıların magmatik su meteorik suyun karışımından oluştuğu söylenebilir. Bunun yanında çalışma sahasının dışında gözlenen metamorfik kayalardan dolayı cevherleşmeyi oluşturan sıvıların bileşiminde yan kayaç etkileşimi de söz konusu olabilir.



Şekil 95. Arzular cevherleşmesinden elde edilen  $\delta^{18}\text{O}$  (‰) ve  $\delta\text{D}$  (‰) izotop sonuçlarının, doğal çözeltilerin oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri (Taylor, 1974; Ohmoto, 1986) ile karşılaştırılması.

#### 4. İRDELEME

Arzular cevherleşmesinin oluşumu ve yerleşimi ile alakalı birçok konuda elde edilen veriler ve gözlemler diğer bölümlerde verilmiş ve tartışılmıştır. İrdeleme kısmında ise jeolojik ve jeokimyasal incelemeler, sıvı kapanım çalışmaları ve izotop jeokimyası çalışmaları ile elde edilen bulgular birleştirilerek cevherleşmeyi oluşturan sıvıların gelişimi, cevher oluşturan bileşenlerin kökeni ve cevherleşmenin oluşum modeli yer almaktadır.

Doğu Avrupa'dan başlayıp, Orta Asya'dan Pasifik'e kadar uzanan Alp-Himalaya metalojenik kuşağının bir parçası olan Doğu Pontidler çok sayıda ve farklı tiplerde ekonomik cevherleşmeye ev sahipliği yapması nedeniyle dünyadaki sayılı bölgelerden biridir. Çalışma konusunu oluşturan Arzular cevherleşmesi Doğu Pontid metalojenik kuşağı içerisinde Doğu Pontid Güney Zon'unda tektonizmadan etkilenmiş Alibaba Formasyonu'nun andezitleri içinde yer almaktadır.

Çalışma sahasındaki volkanik kayaların jeokimyasal özellikleri yitim ilişkili magmaları işaret etmektedir. Kuşağın evrimi ile ilgili başlıca üç görüş bulunmaktadır. Bu farklı modellerin ortaya çıkışında magmatik yayın güneyinde yüzeyleme veren ultramafik kayalar önemli bir rol oynamaktadır. Bu ultramafik kayaları eski bir okyanusun kalıntısı olarak kabul eden bazı yazarlar, Pontid yayının Paleozoyikten günümüze kadar devam eden güney yönlü bir yitim sonucunda şekillendiğini ileri sürmüşlerdir. Şengör ve Yılmaz (1981), Pontid yayının şekillenmesinde iki safhalı bir yitimin varlığından bahsetmiştir. Bu modele göre, Pontid yayı Paleotetis okyanus diliminin Paleozoyikten Dogger'e kadar güney yönlü bir yitime uğraması ve Dogger'den sonra ise yay gerisi bölgede açılan Neotetis okyanus diliminin kuzeye doğru yitime maruz kalması ile şekillenmiştir. Bu iki modele karşılık, Dewey (1973), Chorowicz (1998), Bektaş (1999) ve Eyüboğlu (2010), Pontid yayının gelişimi için Paleotetis okyanus diliminin Paleozoyik'ten Eosen sonuna kadar devam eden güney yönlü yitim modelini önermişlerdir. Görüldüğü gibi bölge hakkında oldukça farklı jeodinamik yorumlar vardır. Son yıllarda özellikle köken izotopları ve izotopik yaş verilerinin de yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte, Pontid Jeolojisindeki problemlere yönelik önemli adımlar atılmıştır.

Pontid arkı, okyanusal bir dilimin kıtasal bir kabuk altına yitimi ile şekillenmiş olan kıtasal bir yaydır (Eyüboğlu, 2010). Her ne kadar jeodinamik evrimi ile ilgili problemler devam ediyor olsa da, bazı somut veriler güney yönlü yitimi desteklemektedir. Özellikle

geçmiş dönemlerde, plakaların konumlarını belirlemede oldukça önemli bir yeri olan paleomanyetizma ile ilgili veriler ve Geç Kretase döneminde magmatizmanın kuzeyden güneye doğru göç etmesi ve güneye doğru potasyum içeriğinin artması kıtasal bir yay özelliğine sahip olan Pontid yayı için güney yönlü bir yitimi işaret etmektedir. Kuzey yönlü modelin savunulmasındaki ana parametrelerden biri, yayın güneyinde yüzeyleyen tüm ultramafik kayaçların hepsinin okyanus ortası sırta ait olduğunun düşünülmesidir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda bu kütlelerden bazılarının yitim ilişkili olarak zenginleşmiş kıta altı mantonun özelliklerini yansıtan Alaska-tip ultramafik kayaçlar olduğu, okyanusal özellik taşımadığı saptanmıştır (Eyüboğlu vd. 2010). Bu parametreler göz önüne alındığında (paleomanyetizma, magmatizmanın göçü ve potasyum içeriğinin artması, yitim ilişkili ultramafik kayaçlar) güney yönlü bir yitim modelinin bölge için daha uygun olabileceği, bu durumda Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Güney Zonu'nda yer alan inceleme alanının bir yay gerisi jeotektonik ortama karşılık geldiği söylenebilir.

Çalışma sahasında bulunan ve cevherleşmeye ev sahipliği yapan andezitler genellikle KB-GD yönlü faylardan yoğun olarak etkilenmiş ve buna bağlı olarak cevherleşme sahada D-B ve KD-GB doğrultulu fay ve kırık zonlarında gelişmiştir. Bu kırık zonlarının bulunduğu alanda andezitler, hidrotermal alterasyona maruz kalmışlardır. Eosen yaşlı bu andezitlerde gözlenen alterasyon türleri genel olarak yan kayaçlardan cevherleşmeye doğru kesimlerde kloritleşme limonitleşme, hematitleşme, killeşme ve silisleşme şeklindedir. Genel olarak yan kayaçta meydana gelen kırık ve çatlaklara boşluk dolgusu veya yan kayacı ornatarak yerleşen cevher, epijenetik oluşumu ifade eder. Cevher, sahada bulunan kayaçların en genç birimi olan Alibaba Formasyonu'na (Eosen) yerleşmiştir. Çalışma sahasının dışında granitik sokulumların Eosen sonrası Alibaba Formasyonu'nu keserek yerleştiği daha önceki çalışmalarla tespit edilmiştir (Çubukçu, 1998; Karşlı, 2002). Bu veriler ışığında cevherin oluşumunda granitik magmatizmanın etkili ve cevherin yerleşim yaşının Eosen sonrası (?) olduğu sonucuna varılabilir.

Cevher mikroskobisi çalışmaları ile cevher ve gang mineralleri arasındaki ilişkilerden yola çıkarak iki farklı cevherleşme evresi belirlenmiştir. Buna bağlı olarak da cevher mineral parajenezinin sfalerit, galen, pirit, az oranda kalkopirit, tetrahedrit, altın, oluştuğu tespit edilmiştir. Oksidasyon evresinde ise malahit-azurit, kovellin-kalkozin gözlenmektedir.

Piritlerin mineral kimyası analiz sonuçlarına göre Co ve Ni içerikleri çok düşük veya analiz sınırının altındadır. Clark vd., (2004) piritlerin Co ve Ni bakımından bu derece

fakir oluşunu hidrotermal çözeltilerin bu elementlerce fakir olan yan kayaçlarla etkileşimine bağlamaktadır. Başka araştırmacılar ise piritlerin bileşiminde bulunan Co ve Ni'nin yüksek değerler sunmasını bazik karakterli bir magmatizma ile düşük Co ve Ni değerlerini ise asidik bir magmatizma ile ilişkilendirilmiştir (Bajwah vd., 1987; Botinelly vd., 1985). Bunlara ilaveten piritlerin düşük Ni ve Co içeriklerini I tipi bir granitik sokulumla ilişkili olduğu belirtmiştir (Ho vd., 1995). Bu gerekçelerle, Arzular cevherleşmesinde piritlerin Co ve Ni değerlerinin düşük olması bu cevherleşmenin oluşumunda asidik bir kaynağın etkili olduğu şeklinde açıklanmaktadır.

Arzular cevherleşmesinin ana cevher minerallerini galen ve sfalerit oluşturmaktadır. Genel olarak galenler tetrahedrit ve kendinden önce oluşan minerallerin kapanımlarını içermektedir. Galenlerin Ag içermemesi galenin oluşum sıcaklığı ile ilişkilendirilebilir. Amcoff (1984), 390 °C'den düşük sıcaklıklarda kristalleşen galenlerde önemli miktarda Ag beklenmediğini ve sıcaklık haricinde galenlerin Ag içeriğinde zenginleşme olmasının Bi ve Sb içermesi ile de ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Bu bilgi ışığında Arzular cevherleşmesindeki galenlerin Ag içeriğinin fakir olması, mikrokimyasal analiz sonuçlarına göre galende Bi ve Sb gibi iz element bakımından herhangi bir zenginleşme tespit edilmemesi ile açıklanabilir.

Galenlerin Ag, Sb ve Bi bakımından fakir olmalarının nedeni Amcoff (1984) tarafından sıcaklığın düşük oluşu ile açıklanmaktadır. Araştırmacı 390 °C altındaki sıcaklıklar galenlerin önemli oranda Ag içermeyeceğini ifade etmekle birlikte galenlerin gümüş içeriğinin fakir oluşunu yeterli miktarda Bi ve Sb bulunmamasına bağlamaktadır. Bundan dolayı Arzular cevherleşmesindeki galenlerin Ag bakımından fakir olmasının nedeni, cevherin oluşum sıcaklığının düşüklüğünden ve hidrotermal çözeltilerin Bi ve Sb bakımından fakir oluşundan kaynaklanmaktadır.

Huston vd., (1996)' ya göre Ag yüksek sıcaklıklarda galenlerin bileşiminde düşük sıcaklıklarda ise tetrahedritlerin bileşiminde bulunmaktadır. Mineral kimyası analizlerine göre, Arzular cevherinde gümüşün galenlerin bileşiminde bulunmaması ve sadece tetrahedritlerin bileşiminde bulunması cevherin oluşum sıcaklığının düşük oluşu ile ilişkilidir.

Sfaleritin Zn/Cd oranı cevherleşme tipinin ortaya konulmasında önemlidir. Xuexin, (1984) hidrotermal yataklarda Zn/Cd oranının 104-214 arasında, karbonat ilişkili tabaka uyumlu yataklarda ve metamorfizmaya uğramış sedimanter yataklarda 252-330 arasında ve volkano tortul yataklarda ise 417-531 arasında olduğunu ifade ederken Gottesman ve

Kampe, (2007) Zn/Cd oranının bazaltik kayalarda  $>477$  olduğunu, andezitlerle ilişkili yataklarda 328-427 arasında, asidik kayalarla ilgili cevherleşmelerde ise  $<300$  olduğunu ve Zn/Cd oranının 250'nin altına düşmesinin granitik magmatizmayla ilişkili hidrotermal yatakları temsil ettiğini ifade etmektedir. Bu çalışmada sfalerit minerallerinden yapılan mikrokimyasal analizlerin Zn/Cd oranları 54.93-204.06 arasında değişmektedir (Ek Tablo3). Buna göre Arzular cevherleşmesinin Gottesman ve Kampe, (2007)' ye göre granitik magmatizmayla ilişkili hidrotermal yatak olduğu söylenebilir.

Arzular yöresinde, cevherleşmenin içinde yer aldığı Eosen yaşlı andezitlerde, meydana gelen alterasyon mineralojisini, mineral parajenezi, alterasyon mineral yüzdesini ve kütle değişimini ortaya çıkarmak için sistematik olarak alınan örneklerden yararlanılmıştır. Makroskobik ve mikroskobik incelemeler neticesinde andezitlerde belirlenen alterasyon türlerinin, plajiyoklaslarda serisitleşme, silisleşme ve karbonatlaşma, koyu renkli minerallerde ise limonitleşme, kloritleşme ve epidotlaşma olduğu belirlenmiştir. Silisleşme cevherli zona yakın bölgelerde, ince silis damarları ve kümelenmiş kuvars taneleri şeklindedir. Sahada en yaygın alterasyon türü plajiyoklaslardaki bozuşma sonucunda meydana gelen serisitleşmedir. Serizitleşme alkali değişimi ve hidrotermal sıvılardan  $K^+$  ilavesi ile ilgilidir (Barrett vd., 1993). Volkanik kayalardaki plajiyoklasların bozuşması ile serizit ve klorit oluşumunu gerçekleştirmektedir. Bu durumu Large vd., (2001) tarafından verilen, ayrışma indeksine (AI) karşı  $Na_2O$  ve  $K_2O$  diyagramlarında, AI artışına bağlı olarak  $Na_2O$  azalması ile albit-plajiyoklas kenarından serizit-klorit köşesine doğru bir yönseme, AI azalmasına bağlı olarak  $K_2O$  artışı ile serizit ve klorit oluşumuna yönelik bir yönsemenin varlığı ile açıklanmaktadır. Hidrotermal sıvılardan killerin oluşum sırası irdelendiğinde, kaolinitin pH'nın 4-5 arasında asidik şartlarda illitlerin ise pH'nın 7-8 arasında alkali şartlarda oluştuğu bilindiğine göre, başlangıçta asidik olan sıvılardan ilk önce kaolinitin oluştuğu söylenebilir (Weaver ve Pollard, 1973). Buna bağlı olarak pH'sı düşük ( $pH < 4.6$ ) asidik ortamda  $SiO_2$  çözümlenir durumda olup kaolinit oluşmakta sonrasında ortamın pH'sı artarak nütürleşme ve hafif alkali ortam şartları oluşması ile kayaç içinde  $K^+$  ve  $OH^-$  varlığı ile illit oluşmaktadır (Sipahi, 2005).

Arzular cevherleşmesinin geliştiği KD-GB ve yaklaşık DB kırık sistemindeki cevher damarına dik bir hat boyunca yüzeyden sistematik olarak alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarını kullanarak cevherleşme sahasında meydana gelen, mineralojik, elementsel ve kütle değişimleri belirlenmiştir. Sahada yaklaşık 1 km uzunluğundaki kırık hattını temsil

edecek şekilde damara dik doğrultuda 5 ayrı profil üzerinden alınan örneklerin MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineral değişim yüzdelere göre alterasyon mineralojisi belirlenmiştir. Genel olarak tüm profillerde cevherli zonda alterasyon mineralleri olarak kuvars ve serizit±kaolen bulunurken dış zonlarda ise albit, Mg'lu klorit ve epidot baskın alterasyon mineralleridir. Klorit cevherli zonda Fe klorit, dış zonlarda ise Mg'lu klorit olarak yer almaktadır. Bu verilere bağlı olarak Arzular cevherleşmesinin alterasyon mineralojisi olarak cevherden yan kayaca doğru; kuvars, serizit±kaolen, K'lu Feldspat, Fe'li klorit, Albit, Mg'lu klorit ve epidot şeklinde olduğu söylenebilir.

Her bir profilden alınan örneklerden analiz edilen elementler korele edilmiş ve en yüksek pozitif korelasyona sahip elementler tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak 1, 2 ve 4 nolu profilde Zr-Hf, 3 nolu profilde Zr-TiO<sub>2</sub> ve 5 nolu profilde ise TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hareketsiz element olarak belirlenmiştir. bu hareketsiz elementlere göre her bir profil hattı için nispi ve net kütle değişimleri hesaplanmıştır. Kütle değişim hesaplamalarına bağlı olarak örnekleme yapılan tüm profillerde elde edilen veriler birlikte değerlendirildiğinde, cevherli zonlarında Si' de meydana gelen nispi artışa bağlı olarak silisleşme gözleendiği, 4 ve 5 nolu profil hariç diğer profillerde silisleşme ile K' da meydana gelen nispi artışa bağlı olarak serizitleşmenin bir arada geliştiği belirlenmiştir. 5 nolu profilde ise cevherli zonda gözlenen önemli derece Fe zenginleşmesine bağlı olarak oluşan piritleşme tespit edilmiştir. Bunlara ilaveten tüm profillerde cevher oluşumu süresince Na ve Ca ile Fe ve Mg elementlerindeki nispi azalmaya bağlı olarak sırasıyla plajiyoklas ayrışması ve klorit bozuşması tespit edilmiştir. Değerli metal olarak özellikle Au 1, 2 ve 3 nolu profillerde hem cevherli hem de propilitik zonda nispi artış gösterirken, 4 ve 5 nolu profillerde ise her iki zonda da nispi azalma göstermiştir. Damara dik bir hat boyunca örnekleme yapılan kayaçların kütlelerinde meydana gelen artma ve azalma durumu ise şu şekildedir. 1, 3 ve 5 nolu profillerde kütle artışı söz konusu olup bu kütle artışlarının yüzdeleri sırasıyla % 24.26, % 2,64 ve % 9.97 şeklindedir. 2 ve 4 nolu profillerde ise kütle kaybı belirlenmiş olup bu profillere ait kütle kayıp yüzdeleri sırasıyla % 10.17 ve % 7.65 şeklindedir. En fazla kütle kazancı 1 nolu profilde en fazla kütle kaybı ise 2 nolu profilde belirlenmiştir.

Arzular cevherleşmesini oluşturan sıvıların fiziksel ve kimyasal özellikleri, sıvı kapanım çalışmaları, izotop çalışmaları ve yapılan kükürt jeotermometresi yardımıyla ortaya çıkarılmıştır. Kuvars ve sfalerit minerallerinden yapılan ölçümlere göre homojenleşme sıcaklıkları (Şekil 88 ve 89) sırasıyla 130 °C – 295 °C (ortalama 214°C ) ve

90 °C – 133 °C (ortalama 109°C) arasında değişmekte olup, kükürt jeotermometresi (Tablo 11) ile hesaplanan sıcaklık değerleri ile benzerlik göstermektedir. Hidrotermal yataklarda cevher oluşumunu sağlayan olayların başında ısınma, soğuma, kaynama, izotermal karışım ve yüzeysel sularla karışımın geldiği bilinmektedir (Shepherd vd., (1985). Genel olarak bu olaylardan bir tanesi bir yatakta etkili olabileceği gibi her ikisi birden de etkili olabilmektedir (Pichavant, vd., 1982; Ramboz, vd., 1982; Wilkinson, 2001). Buna göre, sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklığı ile hesaplanan tuzluluk değerleri arasındaki değişim, Shepherd vd., (1985) tarafından hazırlanan sıvı oluşum modeline göre (Şekil 90) cevherleşmeyi oluşturan veya çökmesine neden olan ana faktörün yüzeysel kökenli sıvılarla seyrelmedir. Bunun yanı sıra yan kayaç etkileşminde etkili olduğu düşünülmektedir. Söz konusu bu yüzeysel sıvılarla seyrelme eğiliminin epitermal yataklarda sıklıkla gözlemlendiği Rossetti ve Colombo, (1999) tarafından da ifade edilmektedir. Epitermal yataklardaki sıvıların yoğunluğunun genel olarak  $0.95 \text{ g/cm}^3$ 'ü geçmediği ve yüksek sıcaklıklarda bu oranın daima  $0,8 \text{ g/cm}^3$ 'den daha düşük olduğu bilindiğine göre (Roedder, 1984), bu çalışmada tespit edilen sıvıların yoğunluğu kuvarslarda  $0.79-0.97 \text{ gr/cm}^3$  arasında, sfaleritlerde  $0.94-0.97 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişmekte olup (Tablo 10) epitermal yatağı işaret etmektedir.

Arzular cevherleşmesinin bulunduğu Gümüşhane İli'nde en önemli Au cevherleşmesi Mastra Epitermal Au Cevherleşmesidir. Tüysüz vd., (1995) Mastra Au cevherleşmesinde kuvarslar üzerinde yaptıkları sıvı kapanım çalışmalarında birincil evre kuvarslarda homojenleşme sıcaklığını ortalama  $270^\circ\text{C}$ , ikincil evre kuvarslarda homojenleşme sıcaklığını ortalama  $230^\circ\text{C}$  olarak belirlemişlerdir. Mastra Au cevherleşmesinde son buz ergime sıcaklık değerlerine göre hesaplanan tuzluluk değerlerinin ortalamaları ise birincil ve ikincil kuvarslarda sırasıyla  $8.4 \text{ ağ. \% NaCl}$ ,  $6.9 \text{ ağ. \% NaCl}$  eşdeğeri olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen gerek homojenleşme sıcaklıkları gerekse tuzluluk değerleri Mastra epitermal Au cevherleşmesi ile benzerlik taşımaktadır.

Yapılan çalışmalara göre granitlerle ilişkili damar tip yataklarda magmatik sıvılardan oluşan kapanımların tuzluluk değerleri ile epitermal yataklarda tuzluluk ve  $T_h$  değerleri (Roedder, 1984), Arzular cevherleşmesinde kuvars ve sfalerit minerallerindeki kapanımlardan elde edilen  $T_h$  ve tuzluluk değerleri benzerlik gösterdiğinden dolayı (Şekil 91), Arzular cevherleşmenin epitermal sitemde oluştuğunu göstermektedir.

Hidrotermal maden yataklarının oluşumunda pek çok fiziksel ve kimyasal parametre etkilidir. Duraylı izotop çalışmaları; cevher oluşumunda etkili olan sıcaklık, basınç ve

derinlik gibi fiziksel parametrelerin, cevher oluşturan bileşenlerin kaynağının, sıvıların kimyasal bileşiminin, bileşenlerin taşınması ve depolanması gibi cevher oluşum evrelerinin anlaşılmasında oldukça önemli bilgiler sağlarlar (Hoefs, 1987; Rye ve Ohmoto, 1974; Ohmoto ve Rye, 1979; Ohmoto, 1986; O'Neil, 1986; Faure, 1986). Ancak herhangi bir jeolojik çalışmada izotop analizleri sonucunda elde edilecek olan sonuçların doğrudan yorumlanabilmesi mümkün değildir. Her izotop analiz sonucu jeolojik verilerle birlikte ele alınırsa anlamlı olur. Bundan dolayı duraylı izotop analizleri ile paralel gerçekleştirilmesi zorunlu olan çalışmalar vardır. Bu çalışmaların başında; arazi çalışmaları ve örnekleme sırasında jeolojik ve yapısal gözlemlerin yapılması, mineral birlikteliliği ve dizininin belirlenmesi, cevher ve gang mineralleri arasında birlikte oluşmuş mineral çiftlerinin belirlenmesi, cevher ve gang minerallerinin kimyalarının belirlenmesi, sıvı kapanım çalışmaları ve cevher ve yan kayaç üzerinde ana ve iz element çalışmaları gelmektedir. (Akçay, 2002). Bu çalışmalardan elde edilen veriler ile duraylı izotop analizleri sonucunda elde edilen veriler; cevherin oluşumuna ait fiziksel oluşum şartlarının, cevher oluşturan çözeltinin kaynağının ve kütlesinin, cevher oluşturan bileşenlerin kaynakları ve cevher oluşturan çözeltinin kimyasal bileşiminin, minerallere ait redoks durumunun, bileşenlerin çözelti içinde taşınması ve cevher çökeline ilişkin mekanizmaların ve cevher oluşturu magmaların kökeninin belirlenmesinde direk katkı sağlayabilir (Akçay, 2002; Ohmoto, 1986).

Buna bağlı olarak Arzular cevherleşmesinde S, H ve O izotop analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar, arazi, cevher mikroskobisi, mineral kimyası ve sıvı kapanım çalışmalarından elde edilen verilerle birlikte değerlendirilerek cevherleşmeyi oluşturan sıvıların kaynağı ve cevheri oluşturan magmaların kökeni hakkında bilgiler aktarılmıştır.

Cevherleşme sahasından derlenen örneklerden saflaştırılan pirit, galen ve sfalerit minerallerinden kükürt izotop analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri; genel olarak - 1.2 ile 3 ‰ arasında değişim göstermekte olup, önceki çalışmalarda belirlenen (Ohmoto ve Rye, 1979; Field ve Fifarek, 1985; Hoefs, 1987) çeşitli jeolojik ortam, kayaç ve cevher tiplerine ait izotop verileri ile karşılaştırıldığında Arzular cevherleşmesinden elde edilen  $\delta^{34}\text{S}$  izotop verileri; bazaltik kayaçlar ve meteoritlerin, granitik kayaçların ve baz metal damar tip yatakların  $\delta^{34}\text{S}$  değerleri ile benzerlik sunmaktadır. Ohmoto ve Rye (1979) granitik magmaların kükürt izotop bileşiminin -3 ile + 3 ‰ arasında olduğunu ve aynı magmalarla dengedeki sıvıların bileşiminin ise -3 ile +7 ‰ arasında değiştiğini ifade etmektedir. Bu nedenle Arzular cevherleşmesinde sülfür



minerallerinin oluşumunu sağlayan sülfürün, magmatik kökenli olabileceği kabul edilebilir. Ayrıca Arzular cevherleşmesinin içinde bulunduğu Eosen Alibaba Formasyonu'nun Eosen sonrası gelişen granitik kütleler tarafından kesilmiş olması ve piritlerde ölçülen düşük Co ve Ni içerikleri bu düşünceyi destekler niteliktedir.

Kükürt izotop analizi yapılan minerallerden, dengede olduğu belirlenen pirit-galen mineral çiftinin kükürt izotop analiz sonuçlarından yararlanarak kükürt jeotermometre hesabı yapılmış ve cevherleşmenin oluşum sıcaklık değerlerinin  $244-291 \pm 25$  °C aralığında olduğu belirlenmiştir. Buna göre, kükürt jeotermometresi ile hesaplanan oluşum sıcaklık değeri ile sıvı kapanım çalışmaları ile belirlenen homojenleşme sıcaklık değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Arzular cevherleşmesinde elde edilen  $\delta^{18}\text{O}$  (‰) ve  $\delta\text{D}$  (‰) izotop analiz sonuçları sırasıyla 15.0 ‰-16.7 ‰, -87 ‰ ile -93 ‰ arasında değişmektedir. Bu izotop sonuçları, doğal çözeltilerin oksijen ve hidrojen izotop bileşimleri (Taylor, 1974; Ohmoto, 1986) ile karşılaştırılması sonucunda elde edilen izotop sonuçlarının magmatik alana yakın bir alana düştüğü belirlenmiştir. Hidrojen ve oksijen izotop analizi sonuçlarının magmatik alanın dışında yer alması cevher oluşturucu çözeltilerin bileşimine meteorik suyun karıştığı şeklinde açıklanabilir. Sıvı kapanım verilerinden elde edilen tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı değerleri Shepherd vd., (1985) tarafından hazırlanan sıvı oluşum modeline aktarıldığında cevherleşmeyi oluşturan veya çökmesine neden olan ana faktörün yüzeysel kökenli sıvılarla seyrelme olduğu sonucu, hidrojen ve oksijen izotop analizleri sonuçlarına göre cevher oluşturucu çözeltilerin bileşimine meteorik suyun karıştığı düşüncesini desteklemektedir.

Yürütülen bu çalışma süresince, jeolojik, jeokimyasal, cevher mikroskobisi, mineral kimyası, sıvı kapanım ve izotop jeokimyası çalışmalarının tümünde elde edilen verilerin yardımıyla arzular cevherleşmesinin oluşumu şu şekilde açıklanabilir. Cevher oluşturan bileşenler ya magmatik sıvıların yan kayaçlarla etkileşimi ya da doğrudan magmatik farklılaşma sonucu hidrotermal sıvılarla zenginleşirler (Barnes, 1979; Guilbert ve Park, 1986). Cevherleşmeyi oluşturan bileşenlerin zenginleşmesinde granitik magmatizmalar önemli bir rol üstlenmektedir (Burnham ve Ohmoto, 1980). Önceki bölümlerde de açıklandığı gibi, Arzular cevherleşmesinin içinde bulunduğu Alibaba Formasyonu'nun çalışma alanı dışında granitik kütlelerce dokanak halinde olması dikkate alındığında; bu granitik magmatizmanın doğrudan ya da dolaylı etkisi, sıvıların yan kayaçlarla olan etkileşimi Arzular cevherleşmesini oluşturan sıvıların metallerce zenginleşmesinde önemli katkısı olmalıdır.

Ekonomik değer bakımından baskın metali altın olduğu bilinen epitermal cevherleşmeler genel karakteristik özellikleri bakımından düşük sülfürlü ve yüksek sülfürlü olmak üzere iki alt grubu ayrılırlar. Düşük sülfürlü epitermal altın yataklarının en önemli özellikleri arasında, bu tip cevherleşmelerin ada yaylarında görülmesi, andezitik kayalar içinde oluşması, cevherin kırıklara damar şeklinde yerleşmesi, çoğunlukla Au, Ag, Pb, Zn için işletilmesi, serizit, illit ve klorit minerallerinin görülmesi ve oluşum sıcaklığının 100-300 °C arasında değiştii bilinmektedir (Barton ve Skinner,1979; Henley ve Ellis, 1983; Ransome,1907; Hedenquist vd., 1994; White ve Hedenquist, 1990; Heald vd.,1987).

Bu bilgiler ile bu çalışmada elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; çalışılan bölgenin adayayı olması, cevherleşmenin andezitler içinde yer alması, cevherin kırıklara damar şeklinde yerleşmiş olması, bantlı dokuların gözlenmesi, ana cevher minerallerinin galen ve sfalerit olması, fahlerzlerin tetrahedrit bileşiminde olması, alterasyon mineralojisi olarak serizit, kil mineralleri olarak illit ve simektitin bulunması, kloritin yaygın olması, kütle değişim hesaplamalarında Au, Ag, Zn ve Pb' nin diğer metallere oranla daha çok zenginleşmesi, mineral kimyası sonuçlarına göre; piritlerin düşük Co ve Ni içeriklerinin asidik magmatizmayı işaret etmesi, sfaleritin Zn/Cd oranlarının granitik magmatizmaya ilişkili hidrotermal yatağı işaret etmesi, sıvı kapanım çalışmaları ile elde edilen homojenleşme sıcaklıklarının kuvarslarda ortalama 214°C, sfaleritlerde 113°C ve kükürt jeotermometresi ile hesaplamaları ile belirlenen cevherin oluşum sıcaklığının ise 244-291°C aralığında olması, kükürt izotop analiz sonuçlarının magmatik kökeni işaret etmesi, oksijen ve hidrojen izotop analiz sonuçları ile sıvı kapanım çalışmalarının beraber değerlendirilmesi sonucunda cevher oluşturuvcu çözeltilerin bileşiminin magmatik su ve meteorik su karışımı olduğu verilerine dayanılarak Arzular cevherleşmesinin düşük sülfürlü epitermal damar tip bir cevherleşme olduğu sonucuna varılabilir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğu Pontid'lerin Güney Zon'unda yer alan Arzular (Gümüşhane, KD-Türkiye) cevherleşmesinin jeolojisi, mineralojisi ve kökeninin araştırılmasını konu alan bu çalışmanın önemli sonuçları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Çalışılan sahasında yapılan ayrıntılı arazi çalışmalarına göre, yörede taban kayalarını kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu (Malm-Erken Kretase) oluşturmaktadır. Bu birimin üzerine uyumlu olarak sarı renkli kumtaşları ile başlayıp türbiditik istif ile son bulan Kermutdere Formasyonu (Geç Kretase) gelmektedir. Kermutdere Formasyonu üzerine ise uyumsuz olarak adakitik bileşimli iri biyotit kristalleri içeren Kızıltepe Hornblendli Andeziti (Erken Eosen) yüzeyleme vermektedir. Bu birimin üzerine ise konglomera ve nummunitli kireçtaşı ile başlayıp andezit-bazalt ve bunların piroklastiklerinden oluşan volkanik istiften oluşan Alibaba Formasyonu gelmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise çalışılan sahada en genç birim olup, diğer birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

2. Kızıltepe hornblendli andeziti üzerinde yapılan ayrıntılı petrografik ve jeokimyasal çalışmalar, bu kayaların biyotit ve hornblend gibi sulu minerallerce zengin olması ve ayrıca yüksek  $\text{SiO}_2$  (% 58.65-60.84),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (% 15.59-17.39), Sr (456,8-981,2 ppm), La (15-18,8 ppm) içerikleri, yüksek Sr/Y (38.07-86.83), La/Yb (9.69-12.99) oranları ve oldukça düşük Y (10,3-12 ppm) içerikleri ile adakitik kayaların jeokimyasal özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca ilksel mantoya göre bu kayaların YÇA elementlere göre BİL elementlerce zenginleşmiş olması ve negatif Nb, Ta, Ti, Zr ve Hf anomalilerine sahip olması onların petrojenezinde yitim ilişkili bir kökene işaret eder.

3. Arzular cevherleşmesi, K70D doğrultulu  $75^\circ$  kuzey batıya eğimli ve DB doğrultu  $70^\circ$  kuzeye eğimli damarlara fay kontrollü olarak yerleşmiştir. Cevherleşme Alibaba Formasyonu içindeki andezitlerde oluşmaktadır.

4. Cevherleşmeler silis damarları ile ilişkidir. Cevherli silis damarları 0.1-0.3 m kalınlığında olup devamlılık göstermezler. Cevherleşmede yaygın olarak gözlenen yapılar boşluk dolgusu ve bantlı yapıdır.

5. Cevherleşmenin ana cevher minerallerini sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, tetrahedrit oluşturmakla birlikte parlak kesitlerde eser miktar da altında bulunmaktadır. Gang minerali olarak ise çoğunlukla kuvars bulunmaktadır.

6. Mineral kimyası analizlerine göre, piritlerin Co ve Ni içeriklerinin düşük olması cevherleşmeyi I tipi granitik magmatizma ile ilişkilendirmiştir. Sfalerit minerallerinden yapılan mikrokimyasal analizlerin Zn/Cd oranlarının 54.93-204.06 arasında değiştiği ve buna göre cevherleşmenin granitik magmatizmaya ilişkili hidrotermal yatağı işaret ettiği belirlenmiştir. Fahlerz minerallerinin tetrahedrit bileşiminde olduğu ve gümüşün sadece tetrahedritlerin bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

7. Çalışılan sahada alterasyon mineralojisini ve yankayaçlarda meydana gelen kütle değişimlerini belirlemek için damara dik bir hat boyunca 5 adet profil üzerinde sistematik örnekleme yapılmıştır. Profillerden alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları MINSQ veri çözümleme programı ile değerlendirildiğinde, cevherden yan kayaca doğru kuvars, serizit, K'lu Feldspat kaolinit, Fe Klorit, albit, Mg klorit ve epidot en yaygın gözlenen alterasyonun mineralleridir.

8. Kütle değişim hesaplamalarında kullanılmak üzere hareketsiz element olarak Zr, Hf, Nb, Al ve Ti belirlenmiştir.

9. Tüm profillerde cevher oluşumu süresince Na ve Ca ile Fe ve Mg elementlerindeki nispi azalmaya bağlı olarak sırasıyla plajiyoklas ayrışması ve klorit bozuşması tespit edilmiştir. Au 1, 2 ve 3 nolu profillerde hem cevherli zonda hem de dış zonda nispi artış gösterirken 4 ve 5 nolu profillerde ise her iki zonda da nispi azalma göstermiştir.

10. Çalışılan sahada 1, 3 ve 5 nolu profillerde kütle artışı söz konusu olup bu kütle artışlarının yüzdeleri sırasıyla % 24.26, % 2,64 ve % 9.97 şeklindedir. 2 ve 4 nolu profillerde ise kütle kaybı belirlenmiş olup bu profillere ait kütle kayıp yüzdeleri sırasıyla % 10.17 ve % 7.65 şeklindedir. En fazla kütle kazancı 1 nolu profilde en fazla kütle kaybı ise 2 nolu profilde belirlenmiştir.

11. Sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, kuvarslarda 130°C ile 295°C arasında, sfaleritlerde ise 90°C ile 133°C arasındadır. Cevher oluşturan sıvıların  $\text{NaCl}\pm\text{KCl}\pm\text{MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  sisteminde olması, 0.7-12.4 arasında ağırlık % NaCl tuzluluğa sahip olması ve 0.79-0.97 g/cm<sup>3</sup> arasında yoğunluğa sahip olması cevherleşmenin epitermal sistemde oluştuğunu gösterir.

12. Pirit, galen ve sfalerit minerallerinden yapılan kükürt izotoplarının analiz değerleri -1.2 ‰ ile 3 ‰ aralığındadır. Bu değişim minerallerin oluşumunu sağlayan kükürtün magmatik kökenli olduğunu gösterir. Cevherin ortalama oluşum sıcaklığı, kükürt izotop termometresi ile 244-291°C arasında hesaplanmıştır.

13. Oksijen izotop değerleri 15.0 ‰ ile 16.7 ‰ arasında ve hidrojen izotop değerleri ise -87‰ ile -91‰ arasındadır. Buna göre cevherleşmeyi oluşturan sıvıların yzeyssel sularla karışmış magmatik kökenli olduğu belirlenmiştir.

14. Cevherleşmenin jeolojik özellikleri, tektonizma ile olan ilişkileri, alterasyon mineral birlikteliliği, oluşum sıcaklığı, cevher oluşturan sıvıların özellikleri birlikte değerlendirildiğinde, Arzular cevherleşmesinin granitik magmatizmaya bağlı olarak oluşmuş fay kontrollü düşük sülfürlü epitermal damar tip bir cevherleşme olduğunu göstermektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Adamia, S., Lordkitanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of an Active Continental Margine as Exemplified by the Alpine History of Caucasus, *Tectonophysics*, 40, 183-189.
- Ağan, A., 2003. Sobran-Gümüşhane Sahasının Jeoloji Raporu, MTA Genel Md, Ankara.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora tezi, İ.Ü., Fen Fakültesi, İstanbul, 56.
- Akçay, M. ve Çavga, H., 1997. Geology, Mineralogy and Genesis of the Auriferous Quartz Veins in the Olucak (Gümüşhane) Area, Selçuk University 20<sup>th</sup> Anniversary Geology Symposium, Ekim, Konya, Bildiriler Kitabı: 189-202 (in Turkish with Engl. Abstr.).
- Akçay, M. ve Arar, M., 1999. Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Çayeli Massive Sulphide Ore Deposit, Rize, NE Turkey, *Mineral Deposits: Processes to Processing*, Standley et al. (eds), Balkema, Rotterdam, 459-462.
- Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998. A Multi-phase Intrusion Around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralisation Types: A Geologic and Geochemical Approach, *Geosound*, 33, 1-18.
- Akçay, M. ve Tüysüz, N., 1997. Murgul Cu Madeni Çevresinde Ağır Elementlerin Yanal Dağılımı ve Çevresel Kirlilik Üzerine Etkileri, *Geosound*, 30, 725-741.
- Akçay, M., 2002. Jeokimya Temel Kavramlar ve Uygulama alanları, KTÜ, 506 s.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 96s.
- Amcoff, Ö., 1984. Distribution of Silver in Massive Sulphide Ores, *Mineral. Deposits*, 19, 63-69.
- Aydoğan, T., 1946. Eskigümüşhane (Gümüşhane) Kurşun ve Manganez Cevherleşmeleri Hakkında Rapor (yayımlanmamış).
- Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır-kurşun-çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, KTÜ Yerbilimleri Fakültesi, Yayın No: 12, Trabzon.
- Bajwah, Z.U., Secombe, P.K. ve Offler, R., 1987. Trace Element Distribution, Co:Ni Ratios and Genesis of the Big Cadia Iron-ore Deposit, New South Wales, Australia, *Mineral. Deposita*, 22, 292-300.
- Bakker, R.J., 2003. Package FLUIDS 1. Computer Programs for Analysis of Fluid Inclusion Data and for Modelling Bulk Fluid Properties, *Chem. Geol.*, 194, 3-23.

- Barnes, H.L., 1979. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, John Wiley & Sons Inc., 798 p., New York.
- Barret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991. Chemical, Mass, and Oxygen Isotopic Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, *Econ. Geology*, 86, 406-441.
- Barret, T.J., Cattalani, S. ve MacLean, W.H., 1991a. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. I. The Horne Mine, *Can. J. Earth Sci.*, 28, 465-488.
- Barret, T.J., Cattalani, S., Chartrand, F. ve Jones, P., 1991b. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. II. The Aldermac Mine, *Can. J. Earth Sci.*, 28, 1301-1327.
- Barret, T.J., MacLean, W.H., Cattalani, S., Hoy, L. ve Riverin, G., 1991c. Massive Sulfide Deposits of the Noranda Area, Quebec. III. The Ansil Mine, *Can. J. Earth Sci.*, 28, 1699-1733.
- Barret, T.J., Cattalani, S. ve MacLean, W.H., 1993. Volcanic Lithochemistry and Alteration at the Delbridge Massive Sulfide Deposit, Noranda Quebec, *Jour. Of Geochem. Expoloration*, 48, 135-173.
- Barret, T. J. ve MacLean, W. H., 1994. Mass Changes in Hydrothermal Alteration Zones Associated with VMS Deposits of the Noranda Area, *Exploration and Mining Geology*, 3, 131-160.
- Barton, P.B. ve Bethke, P.M., 1987. Chalcopyrite Disease in Sphalerite, *Am. Mineral.*, 72, 451-467.
- Barton, P.B. ve Skinner, B.J., 1979, Sulfide Mineral Stabilities, *in* Barnes, H.L., ed., *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*: New York, Wiley Interscience, 278-403.
- Barton, P.B. ve Bethke, P.M., 1987. Chalcopyrite Disease in Sphalerite: Pathology and Epidemiology, *Amer. Mineralogist*, 72, 451-467.
- Baykal, F., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar, MTA Raporu No: 2205, Ankara.
- Bektaş, O., 1981. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan-Tanyeri Bucağı Yöresindeki Özellikleri ve Yersel Ofiyolit Sorunları. Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 196 s.
- Bektaş, O., 1984. Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, *KÜ Yerbilimleri Dergisi, Jeoloji*, 3/1-2, 53-62.
- Bektaş, O., Pelin, S. ve Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Manto Yükselimi ve Polijenetik Ofiyolit Olgusu, Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ketin Sempozyumu, Nisan, Ankara, Bildiriler Kitabı: 175-188.

- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc-Backarc of Eastern Pontides, *TA Bulletin*, 103/104, 1-15.
- Bektaş, O. ve Güven, İ.H., 1995. Alaskan Aphinitic Type Ultramafic and Mafic Complexes as the Root Zone of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), *Geology of the Black Sea Region*, 189-196. Ankara.
- Bektaş, O., Yılmaz, C. ve Taslı, K., 1995. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Derin Yayılma Çukurlarının Oluşumu (KD Türkiye): Neotetisin Pasif Kıta Kenarı Evrimi, *KTÜ Jeoloji Müh. Böl. 30. Yıl Sempozyumu*, Eylül, Trabzon, *Bildiriler Kitabı I*: 263-274.
- Bektaş, O., Sen, C., Atıcı, Y. ve Köprübaşı, N., 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction-related Volcanism towards the Back-arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), *Geological Journal*, 34, 95-106.
- Bodnar, R.J., 1983. A Method of Calculating Fluid Inclusion Volumes Based on Vapor Bubble Diameters and P-V-T-X Properties of Inclusion Fluids, *Econ. Geology*, 78, 542-565.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised Equation and Table for Determining the Freezing Point Depression of H<sub>2</sub>O-NaCl Solutions, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57, 683-684.
- Botinelly, T., Siemens, D.F. ve Sanzolone, R.F., 1985. Trace Elements in Disseminated Sulfides, Magnetite, and Massive Sulfides, West Shasta District, California, *Econ. Geol.*, 80, 2196-2205.
- Bourdon, E., Eissen, J.P., Monzier, M., Robin, C., Martin, H., Cotton, J. ve Hall, M.L., 2002. Adakite-Like Lavas from Antisano Volcano (Ecuador): Evidence for Slab Melt Metasomatism Beneath the Andean Volcanic Zone. *Journal of Petrology*, 43, 2, 199-217.
- Boynton, W. V., 1984. Cosmochemistry of Rare Earth Elements: Meteorite Studies. In: Henderson, P. (Ed), *Rare Earth Element Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam., 63-114.
- Bowers, T.S. ve Helgeson, H.C., 1983. Calculation of the Thermodynamic and Geochemical Consequences of Non Ideal Mixing in The System H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl on Phase Relation in Geologic System: Metamorphic Equilibria at High Pressures and Temperatures, *Amer. Mineralogist*, 68, 1059-1075.
- Böhlke, J.K., 1989. Comparison of Metasomatic Reactions Between a Common CO<sub>2</sub>-rich Vein Fluid and Diverse Wall Rocks: Intensive Variables, Mass Transfers, and Au Mineralization at Alleghany, California, *Econ. Geology*, 84, 291-327.
- Böhlke, J.K. ve Irwin, J.J., 1992. Laser Microprobe Analysis of Cl, Br, I and K in Fluid Inclusions: Implications for Sources of Salinity in Some Ancient Hydrothermal Fluids, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56, 203-226.



- Brown, P.E., 1989. Flinkor: A Microcomputer Program for the Reduction and Investigation of Fluid-Inclusion Data, Am. Mineral., 74, 1390-1393.
- Browne, P.R.L. ve Lovering, J.F., 1973. Composition of Sphalerites from the Broadlands Geothermal Field and their Significance to Sphalerite Geothermometry and Geobarometry, Econ. Geology, 68, 381-387.
- Burnham, C.W. ve Ohmoto, H., 1980. Late-Stage Processes of Felsic Magmatism. In Ishihara, S. and Takenouchi, S. ed., Granitic magmatism and Related mineralization, Min. Geol. Sp., 8, 1-11.
- Cabri L.J., Campbell, J.L., Laflamme, J.H.G., Leigh, R.G., Maxwell, J.A. ve Scott J.D. 1985. Proton-microprobe Analysis of Trace Elements in Sulfides from Some Massive Sulfide Deposits, Can. Mineral., 23, 1, 33-148.
- Castillo, P.R., Janney, P.E. ve Solidum, R.U., 1999. Petrology and Geochemistry of Camiguin Island, Southern Philippines: Insights to the Source of Adakites and Other Lavas in a Complex Arc Setting. Contributions to Mineralogy and Petrology 134, 33-51.
- Chawthorn, R.G. ve O'Hara, M.J., 1976. Amphibole Fractionation in Calcalkaline Magma Genesis, Am. J. Sci., 276, 309-329.
- Chorowicz, J., Dhont, D. ve Adiyaman, Ö., 1998. Isotope Geochemistry of Xenoliths from East Africa: Implications for Development of Mantle Reservoirs and Their Interaction, Earth Planet. Sci. Lett., 68, 209-220.
- Chung, S.L., Liu, D.Y., Ji, J.Q., Chu, M.F., Lee, H.Y., Wen, D.J., Lo, C.H., Lee, T.Y., Qian, Q. ve Zhang, Q., 2003. Adakites from Continental Collision Zones: Melting of Thickened Lower Crust Beneath Southern Tibet. Geology, 31, 1021-1024.
- Clark, C., Grguric, B. ve Mumm, A.S., 2004. Genetic Implications of Pyrite Chemistry from the Palaeoproterozoic Olary Domain and Overlying Neoproterozoic Adelaiden Sequences, Southern South Australia, Ore Geol. Rev., 25, 237-257.
- Cook, N.J., 1996. Mineralogy of the Sulphide Deposits at Sulitjelma, Northern Norway, Ore Geol. Rev., 11, 303-338.
- Cooke, D.R. ve Simmons, S.F., 2000. Characteristics and Genesis of Epithermal Gold Deposit. In Hageman, G.S., Brown, E. (eds), Gold in 2000, reviews in Economic Geology, 13, 221-241.
- Cole, D. R. ve Ohmoto, H., 1984. Kinetics of Isotope Exchange Reactions at Elevated Temperatures and Pressures, Valley, J. W., Taylor, H. P. Jr., O'Neil, J. R. (Eds.), Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes, Reviews in Mineralogy, 16, Chapter 2.

- Craig, J.R. ve Vaughan, D.J., 1994. Ore Microscopy and Ore Petrography, 2nd. Edition. Wiley-interscience, New York, 434 s.
- Çağatay, A. ve Çopuroğlu, İ., 1990. Gümüşhane Kurşun-Çinko Yatakları, MTA dergisi, 111, 61-71.
- Çağatay, M.N. ve Eastoe, C.J., 1995. A Sulfur Isotope Study of Volcanogenic Massive Sulphide Deposits of the Eastern Black Sea Province, Turkey, Mineral. Deposita, 30, 55-66.
- Çiftçi, E., 2000. Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Upper Cretaceous Mineral Deposits, North eastern Turkey, Ph. D Thesis, University of Missouri-Rolla, Missouri.
- Çoğulu, E., 1971. Gümüşhane ve Rize Plutonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronolojik Etüdü, Doktora Tezi, METU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ Yayını, No: 1034 İstanbul.
- Çubukçu, A., 1998. Kaletaş (Gümüşhane) Epitermal Altın Cevherleşmesinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Mineralojisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dana, J. D., 1993. Manuel of Mineralogy, John Wiley and Sons, Inc. 21st. Eds., New York - Chichester - Brisbane - Toronto - Singapore, 681 s.
- Dandria, I., 1940. Gümüşhane Kurşun Yatağı Hakkında Muhtıra, MTA Raporu, 999 (yayımlanmamış), Ankara.
- Darling, R.S., 1991. An Extended Equation to Calculate NaCl Contents from Final Clathrate Melting Temperatures in H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl Fluid Inclusions: Implications for P-T Isochore Location, Geochim. Cosmochim. Acta, 55, 3869-3871.
- Deer, W. A., Howie, R. A. ve Zussman, J., 1992. An Introduction to the Rock - Forming Minerals, John Wiley and Sons, Inc. 21st. Eds., New York, 696 s.
- Defant, M.J. ve Drummond, M.S., 1990. Derivation of Some Modern Arc Magmas by Melting of Young Subducted Lithosphere, Nature, 347, 662-665.
- Demir, Y., 2005. İstala ve Köstere (Zigana/Gümüşhane) Cu-Pb-Zn Madenleri ve Yan Kayaçlarının Mineralojisi ve Dokusal Özelliklerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demir, Y., Sadıklar, M.B. ve Uysal, İ., 2006. Silver and Silver Bearing Minerals at the İstala Massive Sulphide Deposit, Gümüşhane, NE-Turkey, Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, September, Hannover / Almanya, Proceedings: 27.

- Demir, Y., Uysal, I., Sadıklar, M.B. ve Sipahi, F., 2008. Mineralogy, Mineral Chemistry, and Fluid Inclusion Investigation of Köstere Hydrothermal Vein-Type Deposit (Gümüşhane, NE-Turkey), N.Jb.Mineral.Abh., 185, 2, 215-232.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. ve Bonnin, J., 1973. Plate Tectonics and Evolution of Alpine System, Geological Society of America Bulletin, 84, 3137-3180.
- Dixon, J.C. ve Pereire, J., 1974. Plate Tectonics and Mineralization in the Tethyan Region, Min. Deposita, 9, 185-198.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture, In Ham, W.E. (ed.), Classification of Carbonate Rocks, AAPG Memoir, 1, 21-108.
- Eldridge, C.S., Barton, P.B. ve Ohmoto, H., 1983. Mineral textures and their bearing on formation of the kuroko orebodies, Econ. Geol., 53, 2301-2309.
- Ellliott-Meadows, S. ve Appleyard, E., 1991. The Alteration Geochemistry and Petrology of the Lar Lake Cu-Zn Deposit, Lynn Lake Area, Manitoba, Canada, Econ. Geol., 86, 486-505.
- Erbayar, M. ve Ödevci, İ., 1979. Gümüşhane-Eski Gümüşhane Cu, Pb, Zn, Ag Cevherleşmeleri Hakkında Rapor, MTA Raporu, 2833 (yayımlanmamış), Ankara.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt: Implications for the Geodynamic Evolution of NE Turkey, International Geology Review, 52, 142-186.
- Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Nafız, M., Jacoby, W.R. ve Özer, R., 2006. Three-directional Extensional Deformation and Formation of the Liassic Rift Basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). Geol. Carp. 57, 5, 337-346.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2010. Transition from Shoshonitic to Adakitic Magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Implications for Slab Window Melting, Gondwana Research, in press.
- Faure, G., 1986. Principles of Isotope Geology, Second Edition, John Wiley and Sons Inc., New York, 598 s.
- Field, C.W. ve Fifarek, R.H., 1985. Light Isotope Sytematics in the Epithermal Environment, in Berger, B.R., Bekte, P.M., Eds., Geology And Geochemistry of Geothermal Systems, Reviews in Econ. Geology, 2, 99-128.

- Finlow-Bates, T. ve Stumpff, E., 1981. The Behavior of the So-Called Immobile Elements in Hydrothermally Altered Rocks Associated with Volcanogenic Submarine-Exhalative Ore Deposits, Miner. Deposit, 16, 319-328.
- Foley, N.K., Bethke, P.M. ve Rye, R.O., 1989. A Reinterpretation of  $\delta\text{D}_2\text{O}$  Values of Inclusions Fluids in Contemporaneous Quartz and Sphalerite, Cerde Mining District, Colorado. Econ. Geology, 84, 1996-1997.
- Folk, R.L., 1962. Spectral Subdivision of Limestone Types in W.E. Ham. (Ed.), Classification of Carbonate Rocks, AAPG Bull., 1, 62-82.
- Gao, S., Rudnick, R.L., Yuan, H.L., Liu, X.M., Xu, W.L., Lin, W.L., Ayers, J., Wang, X.C. ve Wang, Q.H., 2004. Recycling Lower Continental Crust in the North China Craton. Nature, 432, 892-897.
- Gettinger, T.E., 1962. 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası ve İzahnamesi, MTA Yayını, Ankara,
- Gottesmann, W. ve Kampe, A., 2007. Zn/Cd ratios in Calcisilicate- hosted Sphalerite Ores at Tumurtijn-ovoo, Mongolia, Chemie Der Erde, 67, 323-328.
- Gökçe, A., 1993. Hidrotermal Maden Yataklarının Köken ve Oluşum Koşullarının Araştırılmasında Kararlı İzotoplar Jeokimyası İncelemeleri ve Türkiye'den Örnekler, Jeoloji Mühendisliği, 42, 89-101
- 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.
- Guillbert, J.M. ve Park, Jr. C.F., 1985. The Geology of Ore Deposits, W.H. Freeman ve Company, New York, 985 s.
- Güleç, N. ve Eler, A., 1983. Masif Sulfite Yataklarındaki Piritlerin Karakteristik İz Element İçerikleri, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26, 145-153.
- Gündoğdu, M. N. ve Yılmaz, O., 1984. Kil Mineralojisi Yöntemleri, I. Ulusal Kil Konferansı, Bildiriler Kitabı: 319-330.
- Güner, S., Er, M. ve Yazıcı, E., 1998. Gümüşhane İli Maden Potansiyeli, MTA Raporu, (yayımlanmamış), Trabzon.
- Güner, S. ve Yazıcı, E.N., 2006. Gümüşhane-Arzular Altın Sahası Tanıtım Raporu, MTA Raporu, Trabzon.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin 1/25000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış), Ankara.

- Hachbarth, C.J. ve Petersen, U., 1984. A Fractional Crystallization Model for the Deposit of Argentinian Tetrahedrite, Econ. Geol., 79, 448-460.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A. ve Mitchell, S.F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks Using Immobile Trace Elements: Development of The Th-Co Discrimination Diagram, Journal of Petrology, 48, 12, 2341-2357.
- Hawkesworth, C.J., Hergt, J.M., McDermott, F. ve Ellam, R.M., 1991. Destructive Margin Magmatism and the Contributions from the Mantle Wedge and Subducted Crust. Australian Journal of Earth Sciences 38, 577-594.
- Heald, P., Foley, N.K. ve Hayba, D.O., 1987. Comparative Anatomy of Volcanic-Hosted Epithermal Deposits: Acid Sulfate and Adularia-Sericite Types: Economic Geology, 82, 1-26.
- Hedenquist, J.W., Matsuhisa, Y., Izawa, E., White, N.C., Giggenbach, W. F. ve Aoki, M., 1994. Geology, Geochemistry, and Origin of High Sulfidation Cu-Au Mineralization in the Nansatsu District, Japan: Economic Geology, 89, 1-30.
- Henley, R.W. ve Ellis, A.J., 1983. Geothermal Systems, Ancient and Modern. Earth Science Reviews, 19, 1-50.
- Hermann, W. ve Berry, R.F., 2002. MNSQ-A Least Squares Spreadsheet Method for Calculating Mineral Proportions from Whole Rock Major Element Analyses (yayınlanmamış).
- Ho, S.E., McQueen, K.G., McNaughton, N.J. ve Groves, D.I., 1995. Lead Isotope Systematics and Pyrite Trace Element Geochemistry of Two Granitoid Associated Mesothermal Gold Deposits in the Southern Lachlan Fold Belt, Econ. Geol., 90, 1818-1830.
- Hoefs, J., 1987. Stable Isotope Geochemistry, 3rd edn. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 241 s.
- 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.
- Huston, D., Jablonski, W. ve Sie, S., 1996. The Distribution and Mineral Host of Silver in Eastern Australian Volcanogenic Massive Sulphide Deposits, The Can. Mineral., 34, 529-546.
- Huston, D. L. ve Cozens, G. J., 1994. The Geochemistry and Alteration of the White Devil Porphyry Implications to Intrusion Timing. Mineral Deposita, 29, 275 - 287.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971. A Guide to Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, Can J. Earth. Sci., 8, 523-548.

- Jankoviç, S., 1980. Ore Deposit Types and Major Copper Metallogenic Units in Europe in European Copper Deposits, Soc. Geology of Am., Spec. Publ., 1, 9-25.
- Jenner, G.J., Longerich, H.P., Jackson, S.E. ve Fryer, B.J., 1990. ICP-MS a Powerful Tool for High Precision Trace-element Analysis in Earth Sciences; Evidence from Analysis of Selected U.S.G.S. Reference Samples, Chem. Geology, 83, 133-148.
- Kahraman, İ., Kansız, H., Dursun, A., Yılmaz, H. ve Erçin, A.İ., 1984. Gümüşhane Yöresinin Jeolojisine ve Cevherleşmesine Ait Jeoloji Raporu, MTA Raporu, No: 1951,
- Kamitani, M., Candeğer, O., Van, A. ve Yılmaz, S., 1977. Gümüşhane Madeni ile Bayburt Helva Madeni Üstüne Ön Rapor, MTA Raporu, No: 1520 (yayımlanmamış), Ankara.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karlı, O., 2002. Granitoid kayaçlarda magma etkileşimleri için petrografik mineralojik ve kimyasal bulgular: Dölek ve Sarıççek Plütonları (Gümüşhane, KD-Türkiye), Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enst., Trabzon.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, J., 2010. Generation of the Early Cenozoic Adakitic Volcanism by Partial Melting of Mafic Lower Crust, Eastern Turkey: Implications for Crustal Thickening to Delamination, Lithos, 114, 1-2, 109-120.
- Kay, R.W., 1978. Aleutian Magnesian Andesites: Melts from Subducted Pacific Ocean Crust. J. Volcanol. Geotherm. Res., 4, 117-132.
- Kaur, P., Chaudhri, N., Hofmann, A. W., Raczek, I., Okrusch, M., Skora, S. ve Baumgartner, L. M., 2008. Two Stage, Extreme Albitisation of A-type Granite from NE Rajasthan, India, J. of Petrol. (in press).
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi, 66, 20-34.
- Killias, S.P., Kalogeropoulos, S.I. ve Madsen, J.K., 1996. Fluid Inclusion Evidence for the Physical Conditions of Sulfide: in the Olympias Carbonate-Hosted Pb-Zn (Au, Ag) Sulfide Ore Deposit, E. Chalkidiki Peninsula, N. Grece, Min. Deposita, 31, 394-406.
- Koç, Ş., Ünsal, A. ve Kadioğlu, Y., 1995. Küre (Kastamonu) Cevherleşmelerini İçeren Volkanitlerin Jeolojisi, Jeokimyası ve Jeotektonik Konumu. MTA Dergisi, 117, 41-54.
- Kovenko, V., 1937. Gümüşhane Madeni Hakkında Rapor, MTA Raporu, No: 399 (yayımlanmamış), Ankara.

- Köksoy, M., 1991. Uygulamalı Jeokimya, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 368 s.
- Lambert, R.J. ve Holland, J.G., 1974. Yttrium Geochemistry Applied to Petrogenesis Utilizing Calcium-Yttrium Relationships in Minerals and Rocks, Geochim. Cosmoch. Acta, 38, 1393-1414.
- Large, R. R., Germel, J. B. ve Paulick, H., 2001. The Alteration Box Plot: A Simple Approach to Understanding the Relationship between Alteration Mineralogy and Lithochemistry Associated with Volcanic - Hosted Massive Sulfide Deposits, Economic Geology. 96, 957 - 971.
- Lawrange J.R. ve H.P. Taylor. J.R., 1971. Deuterium and Oxygen-18 Correlation; Clay Minerals and Hydroxides in Quaternary Soils Compared to Meteoric Waters, Geochim. Cosmochim. Acta 35, 993-1003.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schimid, R., Sorenson, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms Blackwell, Oxford.
- Leitch, C.H.B., 1981. Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılkaya Massive Sulfide Deposits, Northeastern Turkey, and their Similarity to Kuroko Ores, Min. Deposita, 16, 241-257.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının Uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa/Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lentz, D. R., 1999. Petrology, Geochemistry, and Oxygen Isotope Interpretation of Felsic Volcanic and Related Rocks Hosting the Brunswick 6 and 12 Massive Sulfide Deposits (Brunswick Belt), Bathurst Mining Camp, New Brunswick, Canada, Economic Geology, 94, 57 - 86.
- MacLean, W.H. ve Kranidiotis, P., 1987. Immobile Elements as Monitors of Mass Transfer in Hydrothermal Alteration: Phelps Dogge Massive Sulfide Deposit, Matagami, Quebec, Econ. Geology, 82, 951-962.
- MacLean, W.H., 1990. Mass Change Calculations in Altered Rock Series, Mineral Deposita, 25, 44-49.
- MacLean, W.H. ve Hoy, L. D., 1991. Geochemistry of Hydrothermal Altered Rocks at the Home Mine, Noranda, Quebec. Econ. Geology., 86, 3, 506 - 528.
- McCulloch, M.T. ve Gamble, J.A., 1991. Geochemical and Geodynamical Constraints on Subduction Zone Magmatism, Earth and Planetary Science Letters, 102, 358-374.

- Miller, J. W. ve Craig, J.R., 1983. Tetrahedrite-tennantite Series Compositional Variations in the Cofer Deposit, Mineral district, Virginia, Am. Mineral., 68, 227-234.
- Moore, M.J., McKee, E.H. ve Akıncı, Ö., 1980. Chemistry and Chronology of Plutonic Rocks in the Pontid Mountains, Northern Turkey, European Cooper Deposites, 209-216.
- Mountain, B.W. ve Anthony, E.W.J., 1996. Mass Transfer and the Path of Metasomatic reactions in Mesothermal Gold Deposits: An Exaple from Flambeau Lake, Ontario, Econ. Geology, 91, 302-321.
- MTA, 1985. The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, Türk-Japon Ekibi, MTA Raporu, No: 334, Ankara, 455.
- Myers, R. E. ve MacLean, W. H., 1983. The Geology of the New InSCO Copper Deposit, Noranda District, Quebec, Canadian Jour. Earth. Sci., 20, 1291 - 1304
- Naschwitz, W. ve Van Moort, J.C., 1991. Geochemistry of Wallrock Alteration, Tasmania, Australia, Applied Geochemistry, 6, 267-278.
- 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.
- Ohmoto, H., 1986. Stable Isotope Geochemistry of Ore Deposits: In Valley, J. W., Taylor, H. P. And O'Neil, J. R. (eds.), Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes, Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, 16, 491 - 560.
- Ohmoto, H. ve Rye, R. O., 1979. Isotopes Sulfur and Carbon: In Barnes, H. L. (Ed.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Second Edition, 509 - 567, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Ohmoto, H. ve Rye, Hydrogen and Oxygen Isotopic Compositions of Fluid Inclusions in Kuroko Deposits, Japon, Econ. Geology, 69, 947-953.
- Ohmoto, H. ve Rye R.O., 1970. The Bluebell Mine, British Colombia. I. Minerology, Paragenesis, Fluid Inclusions and the İsotops of Hydrogen Oxygen and Carbon, Econ. Geology, 65, 417-437.
- Ölsner, O., 1935. Gümüşhane Vilayetinin Maden Yataklarına Ait Rapor, MTA Raporu, No: 408 (yayımlanmamış), Ankara.
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul-Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi-Mineralojisi-Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Öztunalı, Ö., 1983. Türkiye Kurşun-çinko Yatakları ve Madenciliği, Türkiye Jeoloji Kurultayı Yayınları, Ankara.



- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973. Tectonic Setting of Basic Volcanic Rocks Determined Using Trace Element Analyses, Earth Planett. Sci. Lett., 19, 290-300.
- Pearce, J.A., 1982. Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Margins in: Thorpe R. S (Eds) *Andesites: Orogenic Andesites ve Related Rocks*, John Wiley, New York, 525-548.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the Sub-continental Litosphere in Magma Genesis at Active Continental Margin, In; Hawkesworth, C.J. ve Norry, M.J. (Eds) *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva, Chenshire, 230-249.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. ve Tindle, A.G., 1984. Trace Elements Discrimination Diagram for the Tectonic Interpretation of Granitic Rock, Journal of Petrology, 25/4, 43-63.
- Pearce, J.A., 1996. A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams, in Wyman, D.A., ed., *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration*, Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, 79-113.
- Pejatovic, S. ve Vuyanovic, V., 1970. Türkiye Karadeniz Sahil Metalojenik Zonu Piritik ve Skarn Cevheri Zuhurlarının Kıymetlendirilmesi, MTA Raporu, 952, 119-122 (yayımlanmamış), Ankara.
- Pejatoviç, S., 1979. Pontid Tipi Masif Yataklarının Metalojenisi, MTA Yayın No: 177. Ankara.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi, KTÜ yayını, 87, 103.
- Pelin, S., Özsayar, T., Gedikoğlu, A. ve Tülümen, E., 1982. Doğu Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Biyomikritlerin Oluşumu, KTÜ Jeoloji Dergisi, 2, 69-81.
- Pettijhon, F.J., Potter, P.E. ve Siever, R., 1973. *Sand and Sandstone*, Springer Verlag, Berlin and Newyork, 618 s.
- Pichavant, M., Ramboz, C. ve Weisbord, A., 1982. Fluid Immiscibility in Natural Processes: Use and Misuse of Fluid Inclusion Data. 1 Phase Equilibria Analysis –A Theoretical and Geometrical Approach, Chem. Geol., 37, 1-27.
- Potter, R.W., Clynne M.A. ve Brown D.L. 1978. Freezing Point Depression of Aqueous Sodium Chloride Solutions, Econ. Geol., 73, 284-285.
- Ramboz, C., Pichavant, M. ve Weisbord, A., 1982. Fluid Immiscibility in Natural Processes: Use And Misuse of Fluid Inclusion Data, Chem. Geol., 37, 29-48.
- Ramdohr, P., 1984. *The Ore Minerals and their Intergrowts*, Pergamon pres. Ltd., Headington Hill Hall, Oxford, 1205, England.

- Ramsden, A.R., Kineally, K.M., Creelman, R.A. ve French, D.H., 1990. Precious and Base Metal Mineralogy of the Hellyer Volcanogenic Massive Sulphide Deposit, Northwest Tasmania: A Case Study by Electron Microprobe. In Sulphide Deposits-Their Origin and Processing (P.M.J. Gray, G.J. Bowyer, J.F. Castle, D.J. Vaughan ve N.A. Warner, eds), Inst. Mining Metal. London, U.K., 49-71.
- Ransome, F.L., 1907. The Association of Alunite with Gold in the Goldfield District, Nevada: Economic Geology, 2, 667-692.
- Ringwood, A.E., 1990. Slab-mantle Interactions: 3. Petrogenesis of Intraplate Magmas and Structure of the Upper Mantle: Chemical Geology, 82, 187-207.
- Roedder, E. ve Bodnar, R.J., 1980. Geologic Pressure Determinations from Fluid Inclusion Studies, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 8, 263-301.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions: Reviews in Mineralogy, v. 12, Mineralogical Society of America, Washington, 644.
- Rossetti, P. ve Colombo, F., 1999. Adularia-sericite Gold Deposits of Marmato (Caldas, Colombia): Field and Petrographic Data. In: McCaffrey, K.J.W., Lonergan, L., Wilkinson, J.J. (Eds.), Fractures, Fluid Flow and Mineralization. Geological Society of London, Special Publications, 155, 167-182.
- Rye, R. O. ve Ohmoto, H., 1974. Sulfur and Carbon Isotopes and Ore Genesis, A Review, Economic Geology, 69, 826 - 842.
- Samson, I.M. ve Russel, M.J., 1987. Genesis of the Silvermines Zinc-led-barite Deposit Ireland: Fluid Inclusion and Stable Isotope Evidence, Econ. Geology, 82, 371-394.
- Savin, S.M. and Epstein S., 1970. The Oxygen and Hydrogen Isotope Geochemistry of Clay Minerals. Geochim. Cosmochim. Acta, 34, 25-42.
- Scott, S.D. ve Barnes, H.L., 1971. Sphalerite Geothermometry and Geobarometry, Econ. Geology, 66, 653-669.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.N. ve Alderton, D.H.M., 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Blacic&Son Press, London, 238 s.
- Shepherd, T.J. ve Rankin A.H., 1998. Fluid Inclusion Techniques of Analyses, In Richards, P.J., Larson, J.P., Eds., Techniques in Hydrotherman Ore Deposits Geology, Reviews in Econ. Geology, 10, 125-149.

- Shriver, N.A. ve MacLean, W.H., 1993. Mass, Volume and Chemical Changes in the Alteration Zone at the Norbec Mine, Noranda, Quebec, Min. Deposita, 28, 157-166.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enst., Trabzon.
- Sun, S. ve McDonough, Q.F., 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts; Implications for Mantle Compositions and Processes. In Saunders, A. D., & Norry, M. J. (Eds) *Magmatism in the Ocean Basins*, Geol. Soc. London Spec. Publ., 42, 312-345.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Taslı, K., 1984. Hamsiköy (Trabzon) Yöresinin Jeolojisi, KTÜ Yer Bilimleri Dergisi, Jeoloji, 3/1-2, 69-76.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane-Bayburt Yörelerinde Üst Jura-Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taylor, H.P., 1974. The Application of Oxygen and Hydrogen Isotope Studies to Problems of Hydrothermal Alteration and Ore Deposition. Economic Geology, 69, 843-883.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. *The Continental Crust; Its Composition and Evolution* Geoscience Text, Blackwell Scientific Publication.
- Tayyar, H., 2005. Mastra (Gümüşhane) Epitermal Altın Yatağının Jeolojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Thompson, M. ve Walsh, J.N., 1983. *A Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry*; Blackie, Glasgow, 380.
- Thorkelson, D.J. ve Breitsprecher, K., 2005. Partial Melting of Slab Window Margins: Genesis of Adakitic and Non-Adakitic Magmas. Lithos, 79, 25-41.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region (NE Turkey), Doktora Tezi, University of College, London.
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen Yaşlı Kalk-alkalen Andezitler ve Jeotektonizma, Türkiye Jeoloji Kurultay Bülteni, 20, 49-54.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.-H., Dokuz, A. ve Meyer, H.-P., 2007. Variscan Amphibolite-Facies Metamorphic Rocks from the Kurtoğlu Metamorphic Complex (Gümüşhane Area, Eastern Pontides, Turkey) International Journal of Earth Sciences, 96, 861-873.

- Turan, M., 1978. Şiran (Gümüşhane) Doğu Yöresinin Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z. ve Ağanoğlu, A., 1994. Pontid Adayayında Carlin Tipi Kaletaş (Gümüşhane) Altın Zuhuru, Türkiye Jeol. Bült., 37, 41-46.
- Tüysüz, N., 1995. Lahanos (Espiye-Giresun) Masif Sülfid Yatağına Ait Cevher Mineralleri ve Dokularının Cevher Oluşumu Açısından İncelenmesi, Geosound/Yerbilimleri, 26, 79-92.
- Tüysüz, N., Er, M., Yılmaz, Z. ve Akıncı, A., 1995. Geology, Mineralogy and Alteration of the Mastra Epithermal Gold-silver Deposits, Gümüşhane NE-Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 4, 11-21.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithogeochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey, Chem. Erde, 60, 231-250.
- Tüysüz, N. ve Akçay, M., 2000. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Altın Yataklarının Karşılaştırmalı İncelemesi, Cumhuriyetin 75. Yılı Yer Bilimleri ve Madencilik Kongresi, Ekim, MTA, Ankara, Bildiriler Kitabı: 625-645.
- Van Gerven, M., 1995. Geochemische Nebengesteinsalterationen und Erfassung Signifikanter Zonierungen im Bereich des Jade - Erzfeldes, Okinawa - Trog, Japan, Dipl. - Geol., Freie Universitate, Rohstoff - und Umweltgeologie, Berlin, 186 s.
- Weaver, C.E. ve Polard, L.D., 1973. The Chemistry of Clay Minerals, Elsevier, New York, 213 s.
- Weast, R.C., Astle, M.J. ve Beyer, W.H., 1986. CRD Handbook of Chemistry and Physics. CRC Pres, Boc Raton, FL.
- White, N.C. ve Hedenquist, J.W., 1990. Epithermal Environments and Styles of Mineralization: Variations and Their Causes, and Guidelines for Exploration: Journal of Geochemical Exploration, 36, 445-474.
- Wilkinson, J.J., Rankin, A.H., Mulshaw, S.C., Nolan, J. ve Ramsey, M.H., 1994. Laser Ablation –ICP-AES for the Determination of Metals in Fluid Inclusions: An Application to the Study of Magmatic Ore Fluids. Geochim. Cosmochim. Acta, 58, 1133-1146.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid Inclusions in Hydrothermal Ore Deposits, Lithos, 55, 229-272.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobile Elements, Chem. Geol., 20, 97-127.

- Wood, D.A., Joron, J-L., Treuil, M., Norry, M. ve Tarney, J., 1979. Elemental and Sr Isotopic Variations in Basic Lavas from Iceland and Surrounding Ocean Floor: The Nature of The Mantle Sources Inhomogenities, Contrib. Mineral. Petrol., 70, 319-339.
- Xu, J.F., Shinjio, R., Defant, M.J., Wang, Q. ve Rapp, R.P., 2002. Origin of Mesozoic Adakitic Intrusive Rocks in the Ningzhen Area of East China: Partial Melting of Delaminated Lower Continental Crust? Geology, 30, 1111-1114.
- Xuexin, S., 1984. Minor Elements and Ore Genesis of the Fankou Lead-Zinc Deposit, China, Mineral. Deposita, 19, 95-104.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yaylalı-Abonoz, G. ve Tüysüz., 2010. Chemical, Mineralogical, and Mass-Change Examinations Across a Gold Bearing Vein Zone in the Akoluk Area, Ordu, NE, Turkey, N.Jb.Mineral.Abh., 187/1, 11-22.
- Yılmaz, Y., 1973. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Bildiriler Kitabı: 485-490.
- Yılmaz, C., 1997. Sedimentological Records Cretaceous Platform-basin Transition Gümüşhane Region (NE Turkey), Geologie Mediterran, 24/1-2, 125-135.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik Kayıtları ve Kontrol Etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yüksel, S., 1976. Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Flisinin Petrografik ve Sedimentolojik İncelemesi, Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Zacharias, J., Fryda, J., Paterova, B. ve Mihaljevic, M., 2004. Arsenopyrite and As-bearing pyrite from the Roudny deposit, Bohemian Massif, Mineralogical Magazine, 68, 1, 31-46.
- Zhang, Y.G. ve Frantz, J.D., 1987. Determination of the Homogenisation Temperatures and Densities of Supercritical Fluids in the System NaCl-KCl-CaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O Using Synthetic Fluid Inclusions, Chem. Geol., 64, 335-350.

## 7. EKLER

Ek Tablo 1 Arzular cevherleşmesinden alınan pirit mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a.: ölçüm sınırının altında).

Örnek	Elementler (ağ. %)									Toplam
	Fe	S	As	Cu	Se	Zn	Au	Ni	Co	
SB14-3-1	46,16	53,41	0,03	0,090	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,015	ö.s.a.	99,71
SB14-3-2	46,31	53,25	0,13	0,015	ö.s.a.	0,029	ö.s.a.	ö.s.a.	0,008	99,75
SB14-3-3	46,61	53,30	0,05	0,040	ö.s.a.	0,010	ö.s.a.	0,006	ö.s.a.	100,02
SB14-3-4	46,41	53,33	0,00	0,077	0,005	0,020	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,84
SB14-3-5	46,14	53,26	0,11	ö.s.a.	ö.s.a.	0,012	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,52
SB14-3-6	46,37	53,32	0,08	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,005	ö.s.a.	ö.s.a.	99,78
SB14-3-7	46,09	53,27	0,00	0,052	0,020	0,026	0,012	ö.s.a.	ö.s.a.	99,47
SB14-3-8	46,43	53,27	0,00	0,031	0,010	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,74
SB14-3-9	46,23	53,33	0,00	0,011	0,008	ö.s.a.	ö.s.a.	0,028	ö.s.a.	99,61
SB14-3-10	46,21	53,25	0,02	0,019	0,009	0,018	ö.s.a.	0,008	ö.s.a.	99,53
E1-1-1	46,31	52,96	0,21	0,034	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,005	99,52
E1-1-2	46,23	52,21	1,37	0,037	0,010	ö.s.a.	0,010	ö.s.a.	ö.s.a.	99,87
E1-1-3	46,23	52,46	1,10	0,113	ö.s.a.	0,026	0,026	ö.s.a.	ö.s.a.	99,96
E1-1-4	46,13	52,44	1,00	0,038	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,010	ö.s.a.	99,62
E1-1-5	46,19	52,61	0,79	0,064	ö.s.a.	0,007	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,66
E1-1-6	46,16	52,56	0,78	0,016	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,51
E1-1-7	46,23	52,55	0,92	0,024	ö.s.a.	0,030	0,005	ö.s.a.	ö.s.a.	99,76
E1-1-8	46,46	52,99	0,47	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,022	ö.s.a.	0,009	99,95
E1-1-9	46,15	52,97	0,35	ö.s.a.	ö.s.a.	0,011	0,007	ö.s.a.	ö.s.a.	99,49
E1-1-10	46,35	53,11	0,40	ö.s.a.	0,007	0,037	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,91
E2-2-1	46,14	52,64	0,96	0,083	0,016	0,284	0,011	0,014	0,012	100,16
E2-2-2	46,43	53,17	0,25	ö.s.a.	ö.s.a.	0,095	ö.s.a.	ö.s.a.	0,009	99,96
E2-2-3	46,32	53,04	0,25	0,099	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,71
E2-2-4	46,48	53,18	0,03	0,151	ö.s.a.	0,010	ö.s.a.	ö.s.a.	0,018	99,87
E2-2-5	46,21	52,65	0,82	0,014	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,70
E2-2-6	46,22	52,46	1,13	ö.s.a.	0,025	0,006	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,84
E2-2-7	46,38	53,09	0,31	0,008	ö.s.a.	0,045	0,009	ö.s.a.	ö.s.a.	99,84
E2-2-8	46,61	53,22	0,38	0,050	0,017	0,032	0,019	0,014	ö.s.a.	100,34
E2-2-9	46,24	53,50	0,00	0,094	0,019	ö.s.a.	0,026	ö.s.a.	0,039	99,92
E2-2-10	46,17	53,17	0,12	0,005	ö.s.a.	0,048	0,022	ö.s.a.	ö.s.a.	99,54

Ek Tablo 1' in devamı.

Elementler (ağ. %)										
Örnek	Fe	S	As	Cu	Se	Zn	Au	Ni	Co	Toplam
E2-4-1	46,24	53,07	0,23	0,036	ö.s.a.	0,023	0,010	ö.s.a.	ö.s.a.	99,61
E2-4-2	46,26	52,72	0,61	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,006	0,013	ö.s.a.	99,61
E2-4-3	46,04	52,40	1,05	0,017	0,009	0,033	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,55
E2-4-4	46,28	52,35	1,17	0,044	0,011	0,018	0,022	ö.s.a.	ö.s.a.	99,89
E2-4-5	46,41	52,77	0,58	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,012	99,77
E2-4-6	46,48	53,19	0,15	ö.s.a.	0,007	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,83
E2-4-7	46,50	53,29	0,00	ö.s.a.	ö.s.a.	0,014	ö.s.a.	0,006	ö.s.a.	99,81
E2-4-8	46,49	53,12	0,35	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,96
E2-4-9	46,32	52,88	0,69	0,034	0,009	0,038	0,013	0,012	ö.s.a.	100,00
E2-4-10	46,19	53,37	0,01	ö.s.a.	ö.s.a.	0,012	0,025	0,032	ö.s.a.	99,64
SB14-1	46,07	53,41	0,01	0,062	0,026	ö.s.a.	0,020	ö.s.a.	ö.s.a.	99,60
SB14-2	46,38	53,17	0,06	0,113	0,006	0,021	0,018	0,007	ö.s.a.	99,78
SB14-3	46,21	53,31	0,02	0,032	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,005	ö.s.a.	99,58
SB14-4	46,58	53,32	0,03	ö.s.a.	0,027	ö.s.a.	0,016	ö.s.a.	ö.s.a.	99,97
SB14-5	46,09	52,61	0,89	0,033	ö.s.a.	0,008	0,010	0,005	ö.s.a.	99,65
SB14-6	46,51	53,31	0,02	0,007	ö.s.a.	0,048	0,007	0,021	0,014	99,94
SB14-7	46,78	52,98	0,47	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,007	ö.s.a.	ö.s.a.	100,23
E1-1	45,91	52,58	1,05	0,065	ö.s.a.	ö.s.a.	0,012	ö.s.a.	ö.s.a.	99,62
E1-2	46,16	52,81	0,58	ö.s.a.	ö.s.a.	0,011	0,006	ö.s.a.	ö.s.a.	99,56
E1-3	46,23	52,47	1,25	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,017	0,009	0,009	99,99
E1-4	46,55	53,35	0,00	ö.s.a.	ö.s.a.	0,252	0,014	ö.s.a.	ö.s.a.	100,17
E1-5	46,36	53,10	0,48	ö.s.a.	0,027	0,066	0,023	ö.s.a.	0,031	100,09
E1-6	45,82	52,57	0,99	0,024	0,019	0,501	ö.s.a.	ö.s.a.	0,025	99,94
E2-1	46,57	53,07	0,43	ö.s.a.	ö.s.a.	0,256	ö.s.a.	0,016	ö.s.a.	100,34
E2-2	45,89	52,56	0,95	ö.s.a.	ö.s.a.	0,183	ö.s.a.	0,008	ö.s.a.	99,59
E2-3	46,17	53,12	0,44	ö.s.a.	ö.s.a.	0,037	0,015	0,016	ö.s.a.	99,80
E2-4	45,59	51,45	2,42	0,043	0,010	0,013	ö.s.a.	0,022	0,007	99,56
E2-5	46,75	53,24	0,02	0,067	0,008	0,075	0,012	ö.s.a.	ö.s.a.	100,17

Ek Tablo 2. Arzular cevherleşmesinden alınan kalkopirit mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a.: ölçüm sınırının altında).

Örnek	Elementler ( ağ. % )								Toplam
	Cu	S	Fe	Ag	Zn	Se	Te	Au	
E1-2-1	34,20	34,98	30,58	0,025	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,79
E1-2-2	34,42	34,92	30,56	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,006	ö.s.a.	99,91
E1-2-3	34,65	34,92	30,51	0,077	0,016	0,014	ö.s.a.	ö.s.a.	100,19
E1-2-4	34,68	34,89	30,41	ö.s.a.	ö.s.a.	0,008	ö.s.a.	0,023	100,01
E1-2-5	34,45	34,89	30,65	ö.s.a.	ö.s.a.	0,008	0,022	ö.s.a.	100,02
E1-2-6	34,45	34,91	30,61	0,043	0,015	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,03
E1-2-7	34,63	34,87	30,40	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,025	ö.s.a.	99,93
E1-2-8	34,59	34,94	30,52	0,010	0,007	0,017	ö.s.a.	ö.s.a.	100,08
E1-2-9	34,41	34,96	30,52	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,89
E1-2-10	34,44	34,84	30,16	ö.s.a.	ö.s.a.	0,008	0,022	ö.s.a.	99,47
E2-5-1	34,75	34,90	30,47	0,028	ö.s.a.	ö.s.a.	0,014	ö.s.a.	100,16
E2-5-2	34,55	34,85	30,68	0,032	ö.s.a.	0,018	ö.s.a.	ö.s.a.	100,13
E2-5-3	34,77	34,99	30,63	ö.s.a.	ö.s.a.	0,007	ö.s.a.	0,010	100,41
E2-5-4	34,59	34,91	30,74	0,021	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,26
E2-5-5	34,49	34,80	30,32	ö.s.a.	0,035	0,007	0,032	ö.s.a.	99,69
E2-5-6	34,54	34,96	30,59	0,006	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,10
E2-5-7	34,55	34,83	30,76	ö.s.a.	0,053	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,19
E2-5-8	34,41	34,83	30,53	ö.s.a.	0,014	0,028	0,033	0,013	99,86
E2-5-9	34,35	34,71	30,31	0,006	0,038	ö.s.a.	ö.s.a.	0,024	99,44
E2-5-10	33,75	34,71	29,56	0,060	0,051	ö.s.a.	0,013	0,008	98,15
SB14-2-1	34,27	35,00	30,19	0,038	0,634	0,008	0,006	ö.s.a.	100,15
SB14-2-2	34,48	34,99	30,18	0,019	0,393	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,06
SB14-2-3	34,55	35,00	30,53	0,016	0,123	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,22
SB14-2-4	34,47	34,90	30,30	ö.s.a.	0,120	ö.s.a.	ö.s.a.	0,038	99,83
SB14-2-5	34,47	34,89	30,08	0,012	0,075	0,014	0,020	ö.s.a.	99,56
SB14-2-6	34,61	35,08	30,35	ö.s.a.	0,079	0,009	ö.s.a.	0,014	100,14
SB14-2-7	34,78	35,04	30,53	ö.s.a.	0,104	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,45
SB14-2-8	34,43	34,88	30,60	ö.s.a.	0,218	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,13
SB14-2-9	34,64	35,01	30,10	ö.s.a.	0,554	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,30
SB14-2-10	34,31	35,07	29,92	0,011	1,11	ö.s.a.	ö.s.a.	0,021	100,44
E1-1	34,09	34,88	30,20	ö.s.a.	1,14	ö.s.a.	0,023	ö.s.a.	100,33
E1-2	34,24	34,98	30,11	ö.s.a.	0,836	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,17
E1-3	34,25	34,87	30,44	0,007	ö.s.a.	ö.s.a.	0,009	0,025	99,60
E1-4	34,44	34,88	30,28	ö.s.a.	0,800	ö.s.a.	0,008	ö.s.a.	100,41
E1-5	33,87	34,77	29,93	0,027	1,30	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,90



Ek Tablo 2'nin devamı.

Elementler ( ağ. % )									
<b>Örnek</b>	<b>Cu</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Ag</b>	<b>Zn</b>	<b>Se</b>	<b>Te</b>	<b>Au</b>	<b>Toplam</b>
E2-1	34,72	34,80	30,38	ö.s.a.	0,082	0,008	ö.s.a.	ö.s.a.	99,99
E2-2	34,66	34,82	30,43	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	0,006	ö.s.a.	99,92
E2-3	34,05	34,95	29,79	ö.s.a.	1,34	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,13
E2-4	34,44	34,90	30,67	0,052	ö.s.a.	0,014	ö.s.a.	ö.s.a.	100,08
E2-5	34,01	34,83	29,76	0,016	1,22	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,84
SB14-1	34,54	34,97	30,27	0,018	0,146	0,009	ö.s.a.	ö.s.a.	99,95
SB14-2	34,72	34,92	30,39	0,006	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,04
SB14-3	33,93	35,05	29,72	ö.s.a.	1,68	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,38
SB14-4	33,70	34,87	29,20	ö.s.a.	2,60	0,010	ö.s.a.	ö.s.a.	100,38
SB14-5	34,25	35,01	30,22	ö.s.a.	0,912	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,39

Ek Tablo 3. Arzular cevherleşmesinden alınan sfalerit mineraline ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a.: ölçüm sınırının altında).

Örnek	Elementler ( ağ. % )									Zn/Cd
	S	Zn	Ag	Fe	Hg	Cd	Cu	Mn	Toplam	
E1-3-1	32,75	63,91	ö.s.a.	1,41	0,027	0,86	0,10	0,10	99,16	74,49
E1-3-2	32,66	64,05	0,010	1,66	ö.s.a.	1,03	0,00	0,10	99,51	62,18
E1-3-3	32,22	64,18	0,014	1,66	0,043	1,03	0,02	0,11	99,27	62,31
E1-3-4	32,32	64,39	0,036	1,69	0,014	1,05	0,00	0,11	99,61	61,32
E1-3-5	32,38	64,48	0,021	1,74	ö.s.a.	1,11	0,02	0,11	99,86	58,09
E1-3-6	32,22	64,13	0,042	1,73	0,151	1,03	0,10	0,11	99,51	62,26
E1-3-7	32,91	63,83	ö.s.a.	1,73	0,037	0,99	0,20	0,11	99,80	64,80
E1-3-8	32,86	64,10	ö.s.a.	1,57	0,007	0,92	0,11	0,10	99,67	69,75
E1-3-9	33,00	64,39	ö.s.a.	1,55	0,032	0,82	0,02	0,08	99,89	79,01
E1-3-10	32,86	62,70	0,014	1,23	0,058	0,71	1,83	0,08	99,47	88,94
E2-3-1	32,98	63,94	0,023	1,07	ö.s.a.	0,39	0,25	0,07	98,73	163,11
E2-3-2	33,10	64,77	ö.s.a.	1,32	0,094	0,41	0,04	0,08	99,81	158,75
E2-3-3	33,02	64,80	ö.s.a.	1,59	ö.s.a.	0,48	0,05	0,11	100,05	136,13
E2-3-4	33,00	64,59	0,022	1,70	0,032	0,60	0,02	0,11	100,07	107,65
E2-3-5	33,06	64,54	ö.s.a.	1,66	ö.s.a.	0,61	0,00	0,10	99,96	106,68
E2-3-6	33,01	64,80	0,008	1,62	ö.s.a.	0,63	0,00	0,09	100,16	103,02
E2-3-7	32,98	64,90	0,009	1,50	ö.s.a.	0,44	0,00	0,09	99,92	146,83
E2-3-8	33,03	64,99	ö.s.a.	1,28	0,044	0,42	0,01	0,07	99,84	155,48
E2-3-9	32,91	65,30	0,011	1,38	ö.s.a.	0,32	0,02	0,09	100,04	204,06
E2-3-10	32,79	65,15	0,025	0,92	0,068	0,43	0,00	0,07	99,45	152,93
SB14-4-1	32,73	64,62	ö.s.a.	1,23	0,036	0,46	0,42	0,01	99,51	140,48
SB14-4-2	32,72	65,26	0,026	1,28	ö.s.a.	0,33	0,02	0,03	99,66	197,76
SB14-4-3	32,74	64,99	ö.s.a.	1,25	0,005	0,45	0,03	0,02	99,49	143,47
SB14-4-4	32,83	64,78	0,011	1,16	0,083	0,50	0,00	0,02	99,38	130,60
SB14-4-5	32,95	64,83	0,021	1,28	ö.s.a.	0,43	0,01	0,02	99,55	149,72
SB14-4-6	32,91	64,98	0,015	1,33	0,033	0,45	0,01	0,02	99,75	143,44
SB14-4-7	32,92	64,60	ö.s.a.	1,36	ö.s.a.	0,48	0,00	0,03	99,38	136,00
SB14-4-8	32,93	64,69	0,019	1,34	0,062	0,44	0,00	0,02	99,50	148,03
SB14-4-9	32,87	65,18	ö.s.a.	1,41	ö.s.a.	0,43	0,01	0,02	99,92	151,23
SB14-4-10	32,92	65,10	ö.s.a.	1,40	ö.s.a.	0,38	0,03	0,02	99,86	169,53

Ek Tablo 3' ün devamı.

Elementler ( ağ. % )										
Örnek	S	Zn	Ag	Fe	Hg	Cd	Cu	Mn	Toplam	Zn/Cd
E1-1	32,76	63,98	ö.s.a.	1,55	ö.s.a.	1,05	0,08	0,09	99,51	60,93
E1-2	32,79	63,97	ö.s.a.	1,74	ö.s.a.	1,12	0,01	0,12	99,75	57,12
E1-3	32,85	64,13	ö.s.a.	1,76	ö.s.a.	1,13	0,00	0,12	99,99	56,75
E1-4	32,96	64,39	ö.s.a.	1,73	ö.s.a.	0,73	0,04	0,11	99,95	88,81
E1-5	32,92	64,27	ö.s.a.	1,42	ö.s.a.	1,17	0,13	0,10	100,01	54,93
E2-1	32,88	64,46	0,033	1,66	0,037	0,53	0,01	0,09	99,71	120,94
E2-2	32,76	64,21	0,011	1,76	ö.s.a.	0,80	0,01	0,12	99,67	80,77
E2-3	32,95	65,08	0,036	1,33	0,044	0,39	0,00	0,06	99,89	166,45
E2-4	32,92	64,85	ö.s.a.	1,66	0,060	0,66	0,00	0,11	100,27	97,67
E2-5	32,87	65,02	0,007	1,10	ö.s.a.	0,70	0,00	0,08	99,78	93,15
SB14-1	32,90	64,68	0,066	1,31	ö.s.a.	0,38	0,19	0,02	99,54	170,21
SB14-2	32,93	64,91	ö.s.a.	1,19	0,109	0,42	0,02	0,01	99,59	154,18
SB14-3	32,96	65,67	ö.s.a.	0,59	ö.s.a.	0,42	0,11	0,03	99,77	157,11
SB14-4	32,74	63,43	0,017	2,47	0,038	0,69	0,10	0,03	99,51	92,60
SB14-5	32,70	66,11	ö.s.a.	0,54	ö.s.a.	0,71	0,17	0,03	100,25	93,11

Ek Tablo 4. Arzular cevherleşmesinden alınan galen ve fahlerz minerallerine ait kimyasal analiz (mikroprob) sonuçları (ö.s.a.: ölçüm sınırının altında).

<b>GALEN</b>							
Elementler (ağ. %)							
<b>Örnek</b>	<b>S</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>Au</b>	<b>Toplam</b>
SB14-1-1	13,47	86,37	ö.s.a.	ö.s.a.	0,009	ö.s.a.	99,85
SB14-1-2	13,56	86,29	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,85
SB14-1-3	13,50	86,24	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,74
SB14-1-4	13,48	86,30	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,78
SB14-1-5	13,41	86,70	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,11
SB14-1-6	13,44	86,59	ö.s.a.	ö.s.a.	0,015	ö.s.a.	100,05
SB14-1-7	13,48	86,36	ö.s.a.	ö.s.a.	0,024	ö.s.a.	99,86
SB14-1-8	13,51	86,47	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,98
SB14-1-9	13,35	86,16	ö.s.a.	ö.s.a.	0,026	ö.s.a.	99,54
SB14-1-10	13,53	86,09	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,62
E1-5-1	13,48	86,09	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,57
E1-5-2	13,33	86,57	ö.s.a.	ö.s.a.	0,014	ö.s.a.	99,91
E1-5-3	13,40	86,59	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,99
E1-5-4	13,48	86,13	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,61
E1-5-5	13,44	86,89	ö.s.a.	ö.s.a.	0,013	ö.s.a.	100,34
E1-5-6	13,37	86,60	ö.s.a.	ö.s.a.	0,021	ö.s.a.	99,99
E1-5-7	13,32	86,52	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,84
E1-5-8	13,37	86,68	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	100,05
E1-5-9	13,32	86,44	ö.s.a.	ö.s.a.	0,009	ö.s.a.	99,77
E1-5-10	13,43	86,25	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,68
E2-1-1	13,38	87,02	ö.s.a.	ö.s.a.	0,030	ö.s.a.	100,43
E2-1-2	13,33	86,50	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,83
E2-1-3	13,37	86,34	ö.s.a.	ö.s.a.	0,013	ö.s.a.	99,72
E2-1-4	13,40	86,40	ö.s.a.	ö.s.a.	0,043	ö.s.a.	99,84
E2-1-5	13,46	86,17	ö.s.a.	ö.s.a.	0,012	ö.s.a.	99,64
E2-1-6	13,31	86,61	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,92
E2-1-7	13,45	86,26	ö.s.a.	ö.s.a.	0,014	ö.s.a.	99,72
E2-1-8	13,28	86,42	ö.s.a.	ö.s.a.	0,040	ö.s.a.	99,74
E2-1-9	13,33	86,65	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,98
E2-1-10	13,23	87,01	ö.s.a.	ö.s.a.	0,037	ö.s.a.	100,28
SB14-1	13,38	86,13	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,51
SB14-2	13,32	86,30	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,62
SB14-3	13,38	86,19	ö.s.a.	ö.s.a.	0,049	ö.s.a.	99,62
SB14-4	13,36	86,40	ö.s.a.	ö.s.a.	0,006	ö.s.a.	99,77
SB14-5	13,38	86,32	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,70

Ek Tablo 4' ün devamı.

Elementler (ağ. %)							
Örnek	S	Pb	Bi	Ag	Sb	Au	Toplam
E1-1	13,40	86,47	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,87
E1-2	13,33	86,69	ö.s.a.	ö.s.a.	0,036	ö.s.a.	100,06
E1-3	13,49	86,13	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,62
E1-4	13,43	86,28	ö.s.a.	ö.s.a.	0,017	ö.s.a.	99,73
E1-5	13,50	86,40	ö.s.a.	ö.s.a.	0,009	ö.s.a.	99,91
E2-1	13,34	86,26	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,60
E2-2	13,58	86,29	ö.s.a.	ö.s.a.	0,020	ö.s.a.	99,89
E2-3	13,36	86,50	ö.s.a.	ö.s.a.	0,008	ö.s.a.	99,87
E2-4	13,33	86,41	ö.s.a.	ö.s.a.	0,024	ö.s.a.	99,76
E2-5	13,45	86,21	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	ö.s.a.	99,66

**FAHLERZ**

Elementler (ağ. %)										
Örnek	S	As	Cu	Ag	Fe	Bi	Hg	Sb	Zn	Toplam
E1-5-1	24,54	0,134	33,54	5,40	0,390	ö.s.a.	0,215	28,89	6,50	99,61
E1-5-2	24,17	0,027	32,36	6,78	1,18	ö.s.a.	0,116	28,71	6,58	99,92
E1-5-3	24,46	0,056	32,35	7,25	0,718	ö.s.a.	0,208	29,33	5,39	99,76
E1-5-4	24,97	0,819	33,39	5,67	0,600	ö.s.a.	0,075	28,28	5,69	99,50
E1-5-5	24,55	ö.s.a.	33,19	6,02	0,495	ö.s.a.	0,151	29,11	6,19	99,71
E1-5-6	24,50	ö.s.a.	33,07	5,94	0,378	ö.s.a.	0,123	29,00	6,35	99,36
SB14-5-1	24,62	0,096	34,58	3,82	0,135	ö.s.a.	ö.s.a.	29,15	7,02	99,42
SB14-5-2	24,68	0,011	34,53	3,96	0,077	ö.s.a.	0,008	28,90	7,24	99,41
SB14-5-3	24,79	ö.s.a.	34,19	4,19	0,111	ö.s.a.	0,049	29,12	7,06	99,51
SB14-5-4	24,64	0,031	33,97	3,91	0,147	ö.s.a.	0,056	29,07	7,49	99,31
SB14-5-5	24,55	ö.s.a.	33,98	3,96	0,081	ö.s.a.	0,164	29,35	6,93	99,02
SB14-5-6	24,64	0,110	34,00	3,97	0,097	ö.s.a.	ö.s.a.	29,18	7,11	99,11
SB14-5-7	24,62	0,169	34,33	3,84	0,131	ö.s.a.	0,166	28,87	7,50	99,63

Ek Tablo 5. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (1 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9A	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	54.17	52.11	90.31	62.98	65.51	86.83	52.26	58.33	53.56	60.17	49.62	50.54	51.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.75	19.12	5.36	17.21	17.32	7.78	16.46	18.26	19.18	18.73	18.74	18.61	18.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.08	8.36	0.56	3.74	3.39	1.07	10.71	6.12	8.81	5.25	9.01	10.28	9.14
MgO	2.54	2.84	0.34	0.7	0.68	0.19	5.06	0.86	3.96	2.2	4.39	5.09	3.7
CaO	9.16	7.54	0.16	0.26	0.27	0.08	0.52	0.37	1.11	0.4	4.9	8.51	7.39
Na <sub>2</sub> O	3.27	3.25	0.06	2.91	3.29	0.14	2.18	3.72	1.64	2.08	3.08	2.99	3.28
K <sub>2</sub> O	0.51	1.03	1.17	5.96	4.19	2.17	2.74	4.85	4.73	5.33	2.54	0.45	1.15
TiO <sub>2</sub>	0.65	0.81	0.21	0.72	0.75	0.18	0.76	0.98	0.83	0.79	0.72	0.81	0.76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.16	<0.01	0.02	0.06	0.02	0.16	0.08	0.18	0.14	0.16	0.17	0.18
MnO	0.13	0.17	0.03	0.01	<0.01	<0.01	0.08	0.01	0.28	0.05	0.19	0.22	0.19
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.005	0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
LOI	1.4	4.3	1.7	5.1	4.3	1.5	8.8	6.2	5.4	4.7	6.4	2.1	4
<b>Toplam</b>	<b>99.83</b>	<b>99.69</b>	<b>99.9</b>	<b>99.61</b>	<b>99.76</b>	<b>99.96</b>	<b>99.74</b>	<b>99.79</b>	<b>99.68</b>	<b>99.84</b>	<b>99.75</b>	<b>99.77</b>	<b>99.79</b>
Sc	18	27	3	25	23	5	36	43	28	27	25	30	25
Ba	222	304	32	1788	479	78	707	699	512	818	370	201	352
Co	16.4	17.2	9.8	0.5	4.8	0.4	12.3	0.5	27.6	14.2	17.2	27.9	21.7
Cs	0.6	0.6	0.8	2.8	2.8	1	1.9	2.7	3.7	2.7	2.5	0.4	1.3
Ga	16.6	14.8	2.4	15.2	14.9	6.2	16	19	15.4	13.9	15.8	16.4	15.5
Hf	1.7	1.7	0.4	1.5	1.6	0.2	1.8	1.9	1.7	1.8	1.5	1.5	1.9
Nb	3.3	2.9	0.6	2.9	2.9	1	2.4	2.9	2.8	2.9	2.3	3.7	2.5
Rb	16.3	22.2	32.5	149.5	121.1	35.7	76.3	137.1	142.8	137.8	75.3	10.1	29
Sr	587.3	464.9	19.6	138.3	99.6	9.8	72.2	133.9	67.6	87.8	230.9	467.1	401.1
Ta	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
Th	0.5	0.7	<0.2	0.3	0.7	<0.2	0.8	1	0.4	0.6	0.4	0.5	0.7
U	0.3	0.2	<0.1	0.4	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
V	142	229	51	213	209	113	294	279	219	207	235	282	233
W	<0.5	<0.5	2.2	5.4	3.8	0.7	1.4	4.8	1.2	2.3	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	63.5	59.7	16.7	55.8	59.8	9.9	56.6	70.5	58.6	57	51.5	53.7	60.3
Y	18	19.2	3.4	13.5	17.6	8.3	16	19.7	40.8	19.1	20.9	24.6	21.1
Mo	2.9	0.8	5.4	2.5	1.8	10.6	0.9	1.2	0.4	1.4	0.3	1	0.6
Cu	50.8	114.7	97.7	65	51.1	36.3	201.5	77.5	86.9	155.9	124.8	132.9	120.3
Pb	4.3	6.9	159.6	167.4	585.9	226	15.3	111.7	3.5	8.5	4.8	3.4	8.9
Zn	23	74	247	27	21	35	253	15	885	82	335	307	74
Ni	4	3.6	2.6	2	3	3.9	11.2	1.8	6.8	4.2	8.7	10.4	8.6
As	0.5	5.2	11.6	15.2	59.4	53.8	166.2	177.1	12.2	144.6	16.3	5.3	7.6
Cd	0.1	0.5	2.6	0.3	0.2	0.2	0.7	0.3	33.4	2.2	6.5	16.2	0.5
Sb	<0.1	0.3	2.9	1.6	10.6	1.5	0.7	0.9	0.4	0.4	0.2	0.4	0.3
Ag	<0.1	0.1	0.8	28.9	>100.0	8	2.4	1.8	0.6	1.5	0.5	<0.1	0.1
Au	<0.5	5.1	1177	48.4	45.1	161.9	24.7	126.9	7	31.6	4.7	6	9

Ek Tablo 5'in devamı

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9A	10	11	12
La	7.5	7.9	1.6	3.6	6.3	3.1	4.8	6.9	9.9	8.4	8.3	8.6	9
Ce	17.3	17.3	4.2	8.1	13.3	7.7	10.8	16.2	17.4	18.5	17.3	16.7	20.5
Pr	2.44	2.45	0.42	1.14	1.77	1.09	1.58	2.36	3.22	2.64	2.54	2.58	2.84
Nd	10.3	10.4	1.9	5	7.3	4.4	7.2	9.7	16.5	11.5	12.1	12.2	12.8
Sm	2.68	2.85	0.47	1.41	1.61	1.26	1.78	2.17	4.36	2.89	2.9	3.1	3.04
Eu	0.99	1.03	0.18	0.58	0.51	0.34	0.57	0.63	1.81	0.86	1.09	1.04	1.06
Gd	2.95	3.07	0.55	1.87	1.86	1.26	2.02	2.39	6.44	3.19	3.32	3.68	3.52
Tb	0.49	0.53	0.1	0.33	0.37	0.22	0.38	0.47	1.04	0.54	0.58	0.63	0.58
Dy	3.34	3.39	0.69	2.26	2.4	1.18	2.43	3.06	5.99	3.21	3.35	3.72	3.31
Ho	0.65	0.71	0.14	0.56	0.6	0.27	0.55	0.69	1.25	0.69	0.71	0.78	0.76
Er	1.91	2.07	0.42	1.54	1.97	0.71	1.7	2.15	3.27	1.99	2.05	2.28	2.15
Tm	0.29	0.35	0.07	0.25	0.33	0.12	0.31	0.37	0.5	0.35	0.34	0.36	0.36
Yb	1.79	2.15	0.42	1.51	1.97	0.68	1.72	2.2	2.61	1.95	2.01	1.95	2.03
Lu	0.31	0.33	0.07	0.27	0.32	0.1	0.28	0.36	0.41	0.31	0.32	0.32	0.33

Ek Tablo 6. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (2 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	48.58	46.88	57.14	56.15	49.8	61.77	57.66	49.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.16	19.31	16.94	20.6	20.43	23.67	18.07	19.45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.13	8.94	8.99	5.06	8.35	0.47	7.74	7.02
MgO	3.87	5.33	0.72	1.66	3.61	1.34	1.36	4.03
CaO	8.06	8.19	0.63	0.78	5.21	0.31	0.59	6.05
Na <sub>2</sub> O	4.61	4.26	4.03	5.93	4.32	0.5	3.97	3.54
K <sub>2</sub> O	0.76	0.67	1.52	1.96	1.23	5.32	2.54	3.24
TiO <sub>2</sub>	0.88	0.81	0.81	0.86	0.77	0.92	0.89	0.67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.13	0.15	0.11	0.15	0.1	0.14	0.16
MnO	0.19	0.39	<0.01	0.04	0.17	<0.01	0.03	0.18
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.003	<0.002
LOI	3.4	4.8	9	6.8	5.7	5.5	6.9	5.5
<b>Toplam</b>	<b>99.78</b>	<b>99.71</b>	<b>99.93</b>	<b>99.95</b>	<b>99.74</b>	<b>99.9</b>	<b>99.89</b>	<b>99.82</b>
Sc	34	30	22	28	23	27	36	21
Ba	243	272	129	170	421	217	221	690
Co	21.4	19.2	0.5	1.3	18.3	0.7	0.6	19.4
Cs	0.9	0.8	1.7	1.7	0.3	2	2	0.5
Ga	16.6	17.9	15.8	15.3	17.5	23.7	20.1	17.4
Hf	1.5	1.5	2.1	1	1.8	1.3	2	1.8
Nb	2.5	2.6	3.7	2.6	2.4	2.3	3	2.6
Rb	15.1	18.1	35.6	44	18.1	131.3	60.4	57.2
Sr	510.6	541.6	190.9	253.6	446.7	25.2	242.7	577
Ta	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Th	0.8	0.5	0.9	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5
U	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1
V	303	283	196	222	225	496	340	212
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	49.1	48.8	77.3	38.8	55.3	43.5	65	53.9
Y	16.7	18.6	22.2	7.5	23.1	13.8	9.1	19.3
Mo	0.8	0.3	0.4	0.3	0.6	0.2	0.7	0.6
Cu	161.7	400.9	68.6	23.9	162.7	4.5	77.6	26.3
Pb	4.1	30.7	14.7	12.7	2.7	1.8	81.7	4.2
Zn	47	142	6	16	49	3	20	44
Ni	6.8	4.1	0.5	0.9	5.2	0.4	1.1	4.5
As	8.5	11.5	100.2	64	8.5	2.2	360	35.1
Cd	0.3	1.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	0.4	1.1	0.3	0.2	0.2	0.9	1	1.1
Ag	0.1	0.5	0.1	1	<0.1	0.5	1.2	<0.1
Au	3.8	2.2	3.5	3.3	2.5	36.4	12.3	40.5



Ek Tablo 6'nın devamı

<b>Örnek no</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
La	6	7.1	9.9	1.7	7.4	10.8	4	8
Ce	13.9	16.6	21.7	3.1	17	24.5	6.5	17.3
Pr	2.04	2.39	2.66	0.41	2.51	3.04	0.68	2.41
Nd	9.4	11.1	10.8	1.9	13	11.9	2.3	10.3
Sm	2.45	2.66	2.05	0.51	3.2	1.63	0.61	2.74
Eu	0.94	1.04	0.59	0.22	1.28	0.33	0.21	0.97
Gd	2.77	2.98	2.48	0.69	3.7	1.39	0.69	3.09
Tb	0.47	0.53	0.5	0.16	0.64	0.27	0.16	0.54
Dy	2.8	3.09	3.19	1.06	3.74	1.82	1.2	3.08
Ho	0.6	0.66	0.72	0.28	0.81	0.44	0.32	0.65
Er	1.74	1.89	2.28	0.99	2.19	1.29	1.17	1.96
Tm	0.29	0.33	0.38	0.18	0.36	0.23	0.21	0.32
Yb	1.6	1.81	2.21	1.04	2.14	1.37	1.33	1.93
Lu	0.26	0.29	0.36	0.18	0.31	0.22	0.25	0.3

Ek Tablo 7. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (3 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	49.39	51.4	51.44	50.84	75.2	64.25	77.48	49.23	51.6	50.25	50.91	49.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.44	21.86	20.19	20.26	8.46	21.9	9.38	18.86	21.48	17.25	20.48	19.61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.24	8.25	8.94	8.33	6.67	1.05	4.52	6.11	7.58	12.04	8.9	9.91
MgO	4.39	1.4	1.73	3.46	0.26	0.3	0.42	4.52	2.5	4.99	3.64	4.14
CaO	7.44	9.83	8.76	6.61	0.17	0.13	0.13	9.93	9.67	8.99	9.56	9.48
Na <sub>2</sub> O	3.64	4.17	4.64	3.98	0.06	0.06	0.18	4.18	3.65	2.97	3.1	3.23
K <sub>2</sub> O	0.7	0.57	1.05	1.11	1.74	0.25	2.01	1.55	0.5	0.72	0.3	0.38
TiO <sub>2</sub>	1.17	0.71	0.77	0.75	0.32	1.33	0.59	0.68	0.73	1.15	0.78	0.85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	0.12	0.16	0.14	0.06	0.16	0.02	0.16	0.18	0.24	0.17	0.19
MnO	0.19	0.09	0.1	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	0.32	0.21	0.22	0.16	0.17
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.003	0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002
LOI	2.9	1.5	2.1	4.2	7	10.3	5.2	4.2	1.7	0.9	1.8	1.8
<b>Toplam</b>	<b>99.74</b>	<b>99.9</b>	<b>99.88</b>	<b>99.8</b>	<b>99.94</b>	<b>99.73</b>	<b>99.93</b>	<b>99.74</b>	<b>99.8</b>	<b>99.72</b>	<b>99.8</b>	<b>99.74</b>
Sc	35	24	25	24	9	14	24	20	22	38	26	30
Ba	211	188	312	295	9	41	15	317	205	241	192	214
Co	32.3	19.3	18.1	16.8	20.6	4.1	9.4	18.4	16.3	33.4	22.5	27.2
Cs	0.2	0.4	0.4	0.8	0.7	1.4	1.4	0.7	<0.1	0.1	0.1	0.1
Ga	17.4	18.5	16.9	16.6	6.3	9.1	11.7	15.6	17.5	18.2	17.4	17.5
Hf	2.7	1.4	1.9	1.7	0.8	2.7	1.2	1.5	1.8	2.8	1.8	1.6
Nb	3.6	2.4	2.9	2.6	1.2	3.7	1.9	3	2.8	4.1	2.7	2.9
Rb	11.3	7.7	12.5	16.5	43.6	6.4	55.5	27.9	5.6	10.4	2.9	4.1
Sr	442.1	587.4	570	514.6	7.8	1486	19.6	651.2	566.9	421.5	536.3	518.2
Ta	0.2	0.1	0.1	0.1	<0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
Th	0.8	0.7	0.6	0.5	0.2	0.6	0.3	0.6	0.7	0.8	0.4	0.6
U	0.2	0.1	0.2	0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2
V	300	217	218	190	126	241	209	174	178	307	221	265
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.8	8.2	2.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	79.7	46.7	58	52	26.5	90	39.7	55.9	64	93.8	57	61.9
Y	28.5	16.6	19.1	18.7	13.3	9	10.5	17.8	21	28.8	18.5	22.3
Mo	1.1	0.5	0.5	0.2	7.3	1.1	3.6	0.3	0.9	1.1	0.7	0.6
Cu	211.8	97.8	89.1	112.5	168.7	16	20.2	95.8	103.3	134.1	91.4	105.5
Pb	10.1	4.3	5.8	9.8	43.2	14.5	142.9	6.6	4.3	2.2	3	4.7
Zn	81	18	23	82	119	4	75	105	70	53	22	25
Ni	16.8	4.1	4.8	2.6	9	2.2	3.7	2.9	3.9	6.8	5.9	7.3
As	10.4	7.3	3.9	10.3	164.1	34.9	224.3	15.3	2.4	6.7	3.7	6.7
Cd	0.1	0.2	<0.1	0.4	0.7	<0.1	0.5	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	0.9	0.8	0.7	0.6	1.4	0.2	1.8	0.4	0.2	0.5	0.3	0.1
Ag	<0.1	0.1	0.1	0.2	5.6	0.6	15.8	0.3	0.2	0.1	<0.1	<0.1
Au	7.1	3	3.5	4	411	192.5	371.9	13.9	14.4	9.3	7.7	4.8

Ek Tablo 7'nin devamı

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
La	9.3	6.2	7.4	7.1	1.3	19.5	4.1	9.1	8.6	10.4	8.1	8.4
Ce	22.8	14.5	17.1	15.8	2.6	30.3	9.2	19.5	19.2	24.4	17.6	18.9
Pr	3.41	2.04	2.45	2.3	0.38	3.86	1.22	2.69	2.69	3.56	2.54	2.69
Nd	16.3	9	10.6	10.4	2.1	15.3	5	11.9	12.3	15.5	11.5	13
Sm	4.12	2.27	2.72	2.57	0.79	2.5	1.1	2.8	2.99	4.14	2.82	3.04
Eu	1.41	0.91	0.97	0.97	0.35	0.59	0.36	1	1.1	1.35	1.01	1.13
Gd	4.77	2.57	3.02	2.88	1.3	1.47	1.16	2.87	3.37	4.72	3.15	3.51
Tb	0.8	0.47	0.52	0.52	0.28	0.21	0.23	0.49	0.58	0.82	0.53	0.61
Dy	4.63	2.82	3.19	3.16	1.79	1.29	1.63	2.83	3.51	4.71	3.3	3.7
Ho	1	0.61	0.68	0.62	0.41	0.3	0.36	0.6	0.75	1.04	0.65	0.8
Er	2.92	1.71	1.98	1.96	1.25	0.96	1.14	1.82	2.14	2.91	1.97	2.3
Tm	0.46	0.28	0.32	0.31	0.2	0.18	0.19	0.3	0.33	0.48	0.32	0.39
Yb	2.77	1.67	1.93	1.84	1.08	1.18	1.21	1.75	2.19	3.02	2	2.38
Lu	0.43	0.25	0.3	0.28	0.18	0.19	0.19	0.27	0.33	0.43	0.29	0.35

Ek Tablo 8. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (4 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SiO <sub>2</sub>	51.33	52.33	53.9	52.96	68.04	66.81	64.59	61.79	66.39	64.37	71.89	85.28	57.49	59.53	63.52	53.98	51.68	53.35	47.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.82	20.91	18.99	19.3	14.04	15.01	19.86	15.51	21.46	23.49	17.92	3.6	15.77	19.67	16.47	18.3	22.11	20.77	19.17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.13	7.83	7.45	7.71	3.16	4.01	2.23	6.84	1.31	0.78	0.56	1.33	10.77	5.96	5.28	7.55	8.39	6.53	9.89
MgO	3.47	3.16	2.25	2.89	0.22	0.48	0.11	0.48	0.01	0.02	<0.01	0.04	0.32	0.76	0.75	2.84	2.27	3.8	3.25
CaO	9.44	9.78	7.62	8.01	2.21	0.89	0.29	0.86	0.08	0.12	0.12	0.16	0.33	0.33	0.37	6.02	8.44	1.89	8.23
Na <sub>2</sub> O	3.12	3.08	3.32	2.94	3.88	3.76	0.09	2.89	0.07	0.03	0.05	0.09	2.81	2.33	2.68	3.58	3.17	4.04	4.08
K <sub>2</sub> O	0.68	0.4	1.08	0.78	0.54	1.25	0.41	0.9	0.02	0.01	0.02	0.09	0.81	3.6	2.39	0.41	0.39	3.29	0.9
TiO <sub>2</sub>	0.75	0.75	0.69	0.66	0.55	0.65	0.83	0.98	0.96	1.06	0.81	0.57	0.65	0.82	0.83	0.74	0.8	0.6	0.89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.13	0.15	0.16	0.07	0.03	0.04	0.07	0.06	0.01	0.18	0.01	0.07	0.11	0.03	0.12	0.14	0.15	0.16
MnO	0.15	0.14	0.22	0.19	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	0.19	0.1	0.21
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
LOI	1.8	1.3	4.2	4.2	7.2	7	11.5	9.6	9.5	10	8.3	8.9	10.9	6.8	7.6	6.2	2.2	5.3	5.6
<b>Toplam</b>	<b>99.85</b>	<b>99.81</b>	<b>99.87</b>	<b>99.8</b>	<b>99.92</b>	<b>99.89</b>	<b>99.95</b>	<b>99.92</b>	<b>99.86</b>	<b>99.89</b>	<b>99.85</b>	<b>100.07</b>	<b>99.92</b>	<b>99.91</b>	<b>99.92</b>	<b>99.84</b>	<b>99.78</b>	<b>99.82</b>	<b>99.76</b>
Sc	24	24	21	20	13	19	40	32	29	46	17	3	22	30	25	27	26	18	30
Ba	245	213	240	229	213	194	12	208	825	84	105	22	121	210	237	157	154	278	343
Co	22.2	19.7	15.1	13.3	4	0.7	0.6	0.6	<0.2	<0.2	<0.2	0.4	0.6	0.3	0.2	4.3	22.2	10.5	24.5
Cs	0.1	1.1	0.3	0.1	0.6	0.8	2.4	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.9	2.8	3.9	0.6	0.2	2.8	0.3
Ga	17.7	17.3	15.8	15.3	11.9	14.3	36.3	18.2	17.9	26.2	9.8	3.1	17.9	15.8	14.5	16	19	16.8	17
Hf	1.7	1.7	1.5	1.7	2.4	3	1.8	2.1	2.2	2.1	2.1	1.1	1.5	1.7	1.8	2.2	1.8	2.2	1.8
Nb	3.1	3.2	2.9	2.6	4.9	5.6	3.8	3.6	3.4	3.8	3.5	2.3	2.4	3	3.2	4	3	3.4	3.2
Rb	9.7	20.9	15.8	9.1	11.9	34.2	8	23	0.4	0.2	0.2	1.5	20.1	100.9	70.3	11.1	7.3	98	12.6
Sr	501.6	524.3	429.3	474.4	332.7	239.8	34	282.3	470.4	90.5	1532	92.1	179.9	110.6	154.7	335.9	491.1	170.3	534.8
Ta	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
Th	0.8	0.5	0.8	0.5	1.9	2.3	0.9	1	0.9	1	0.6	<0.2	0.5	0.6	1	1.7	0.7	0.8	0.8

Ek Tablo 8'in devamı

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
U	0.2	0.2	0.3	0.2	0.7	0.8	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	<0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.2	0.3	0.2	
V	209	199	182	160	79	136	404	225	366	344	140	41	184	221	154	216	199	135	274	
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	0.8	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	59.5	59.1	54.7	55.4	89.5	102.9	69.1	67.3	65.8	71.9	64.8	32.4	49	59.4	62.8	72.7	59	66.1	57.8	
Y	16.8	16.6	16	17.9	10.2	15.4	15.7	14.3	2.8	15.9	4.7	6.1	8.9	11.3	7.6	18.3	22.5	27.6	21.4	
Mo	0.6	0.9	0.7	0.9	1.2	1.4	0.6	0.3	1.2	0.8	1.2	11.5	0.4	0.8	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	
Cu	77.1	68.3	32	107.6	24.9	25.6	19.5	67.8	7.6	2.8	4.1	5.7	139.4	17.7	21.3	34.2	146.7	84.8	30.7	
Pb	2.9	2.4	2.6	3.1	8.4	2.5	1.3	2.7	1.7	1	5.2	11.6	6.1	10.7	29.9	1.3	2	2	2.3	
Zn	33	20	66	49	8	2	1	3	<1	<1	<1	<1	2	5	8	31	23	619	64	
Ni	3.4	2.9	5.8	3.6	2.7	1.1	0.7	0.6	0.2	0.4	1	1.6	0.3	1.5	0.1	6.6	2.3	3.1	7.3	
As	1	1	4.2	3	20.8	5.1	3.6	16.6	3.8	5.5	6.6	17.3	23.5	24.2	24.7	11.8	3.1	19.1	2.3	
Cd	<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	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	5.7	0.2
Sb	<0.1	<0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.4	<0.1	0.3	0.3	0.2	0.6	0.4	0.6	0.7	0.5	0.2	0.3	<0.1	
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.9	1.1	0.1	<0.1	0.3	<0.1	
Au	2.1	0.5	<0.5	3.3	1	1.1	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	4.3	<0.5	10.7	3.3	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	
La	7.8	7.7	7.4	7.6	6.2	11.4	10	4.2	9.8	10.9	9.2	2	5	6.2	5	11.1	9.3	10.8	8.3	
Ce	16.7	16.4	16.2	16.4	10.8	21.8	21.8	8.5	20.9	24.8	19.5	4.5	11.6	12.9	10.5	21.5	20.2	19.9	18.9	
Pr	2.3	2.34	2.25	2.41	1.3	2.74	3.19	1.13	2.62	3.41	2.56	0.66	1.59	1.61	1.36	2.94	3.02	3.06	2.63	
Nd	10.1	10	9.8	10.3	4.6	10.3	14	5	9.2	13.2	9	2.7	6.6	6.8	5.3	12.5	14.2	13.6	12.3	
Sm	2.51	2.56	2.53	2.82	0.95	1.8	2.91	1.12	0.95	2.4	1.11	0.72	1.28	1.24	1.07	2.77	3.31	3.24	3.21	
Eu	0.96	0.94	0.88	1.11	0.27	0.25	0.71	0.26	0.13	0.55	0.24	0.24	0.3	0.33	0.2	0.93	1.21	1.19	0.99	
Gd	2.84	2.83	2.7	3.1	1.06	1.64	1.56	1.39	0.43	1.61	0.53	0.83	1.14	1.32	1.01	3.01	3.98	3.89	3.35	
Tb	0.49	0.49	0.46	0.53	0.21	0.35	0.29	0.31	0.06	0.31	0.08	0.15	0.21	0.24	0.17	0.49	0.63	0.66	0.59	

Ek Tablo 8'in devamı

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Dy	2.9	2.81	2.81	3.13	1.49	2.4	2.37	2.19	0.35	2.2	0.53	0.89	1.42	1.76	1.19	2.97	3.85	3.93	3.47
Ho	0.6	0.63	0.57	0.65	0.35	0.56	0.58	0.48	0.09	0.52	0.18	0.19	0.31	0.39	0.28	0.61	0.73	0.83	0.75
Er	1.83	1.73	1.7	1.93	1.06	1.92	1.92	1.59	0.41	1.71	0.71	0.58	1.02	1.24	0.88	1.74	2.14	2.41	2.1
Tm	0.28	0.3	0.27	0.31	0.2	0.32	0.35	0.28	0.08	0.3	0.14	0.09	0.18	0.21	0.15	0.27	0.34	0.35	0.33
Yb	1.8	1.77	1.67	1.96	1.4	2.11	2.35	1.83	0.8	2.06	1.08	0.49	1.14	1.52	1.12	1.76	2.09	2.12	2.11
Lu	0.27	0.27	0.25	0.27	0.22	0.32	0.34	0.28	0.15	0.32	0.19	0.08	0.19	0.25	0.18	0.29	0.32	0.33	0.31

Ek Tablo 9. Arzular cevherleşmesinde dik bir hat boyunca (5 nolu profil) alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları (ana oksitler %, iz elementler ppm Au ppb).

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	50.14	49.24	52.75	36.78	47.4	52.14	51.36	50.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.53	21.98	20.31	16.97	9.53	23.15	21.76	21.39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.66	7.37	4.53	25.9	23.94	4.25	6.81	8.01
MgO	2.81	2.55	2.15	0.39	0.17	1.49	2.56	3.39
CaO	8.48	9.33	4.72	0.91	0.31	5.47	9.55	9.92
Na <sub>2</sub> O	3.75	3.9	2	0.39	0.06	2.93	3.05	3.03
K <sub>2</sub> O	0.8	0.87	0.72	0.27	0.04	0.25	0.2	0.3
TiO <sub>2</sub>	0.76	0.79	0.74	0.65	0.51	0.85	0.79	0.77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.13	0.09	0.11	0.3	0.13	0.12	0.12
MnO	0.18	0.12	0.06	<0.01	0.01	0.04	0.11	0.13
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
LOI	3.6	3.6	11.8	17.4	17.6	9.2	3.5	2.5
<b>Toplam</b>	<b>99.85</b>	<b>99.88</b>	<b>99.87</b>	<b>99.77</b>	<b>99.87</b>	<b>99.9</b>	<b>99.81</b>	<b>99.89</b>
Sc	25	25	26	30	25	26	25	25
Ba	286	281	175	162	8	181	123	143
Co	17.2	17.1	20.9	5.8	5.8	23.4	21.9	20.1
Cs	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	<0.1	<0.1
Ga	15.6	16.9	16.8	13.5	20.1	18	18.4	16.3
Hf	1.4	1.6	1.6	1.4	1.5	1.6	1.5	1.4
Nb	2.8	3.4	2.7	2.2	2	3	2.6	2.7
Rb	17.8	13.9	10.4	4.4	0.7	2.7	2.3	2.3
Sr	513	517.3	603.7	206.6	27.8	523.8	691	489.8
Ta	<0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.1	0.2	0.1
Th	0.6	0.5	0.7	1.4	0.5	0.7	0.5	0.4
U	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.2
V	202	195	194	1146	414	207	211	202
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	50.8	53.1	59.2	42	36.7	56.3	52.3	50.3
Y	18	19.7	18.7	3.6	4.6	20.2	20.1	17.9
Mo	0.4	0.3	0.2	0.4	5.5	0.4	0.6	1.5
Cu	45.5	71.8	62.5	108.1	217.6	57.4	83.4	88.5
Pb	2.3	2.8	4.4	4.3	4	2.3	3	3.4
Zn	45	38	62	14	10	59	44	40
Ni	2.4	3.9	6.3	0.8	2	5.2	2.6	4.5
As	1.3	0.8	0.5	5.6	30.1	0.5	<0.5	0.6
Cd	0.1	0.1	0.1	<0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au	1.3	<0.5	0.8	1.1	0.9	1.2	0.6	1.2

Ek Tablo 9'un devamı

Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8
La	6.9	7.6	7.4	2	0.6	5.8	6.8	6.3
Ce	15.5	17.3	15.9	4.9	2.4	13.4	16	14.1
Pr	2.28	2.45	2.48	0.77	0.37	2.19	2.37	2.16
Nd	10.3	10.7	11.5	3.5	1.8	10.4	10.6	10
Sm	2.68	2.82	2.94	0.87	0.66	2.59	2.73	2.51
Eu	0.94	0.98	1.05	0.29	0.24	1.05	1.01	0.89
Gd	3.03	3.16	3.1	0.84	0.77	3.07	3.04	2.84
Tb	0.49	0.53	0.52	0.12	0.16	0.53	0.55	0.5
Dy	3.07	3.2	3.08	0.62	1.13	3.17	3.26	3.09
Ho	0.64	0.68	0.65	0.12	0.24	0.68	0.69	0.65
Er	1.81	2.02	1.95	0.34	0.75	1.91	1.94	1.82
Tm	0.29	0.31	0.3	0.06	0.14	0.3	0.33	0.28
Yb	1.85	1.91	1.88	0.35	0.93	1.77	1.86	1.68
Lu	0.28	0.3	0.28	0.05	0.15	0.27	0.28	0.26



Ek Tablo 10. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (1 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 3, 4, 5 ve 6 nolu örnekler cevherli zona aittir).

Mineral \Örnek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9A	10	11	12
Kuvars	13,62	12,60	83,68	20,62	27,85	77,09	19,17	14,22	16,98	22,84	7,27	14,04	12,11
K'lu Feldspat	0,00	2,69	0,00	24,61	9,97	0,03	11,04	18,39	16,12	15,98	14,13	1,22	6,29
Albit	27,16	27,59	0,51	24,70	27,93	1,13	18,51	31,57	13,92	17,66	26,15	22,56	26,73
Serizit	3,97	4,86	9,89	15,19	21,16	18,18	7,38	14,69	16,94	22,22	1,26	0,00	0,00
Fe-Klorit	0,73	4,94	0,48	6,98	6,21	2,00	15,03	11,98	11,89	7,68	7,00	4,68	5,61
Mg-Klorit	10,70	12,38	1,50	2,04	2,09	0,52	20,91	1,89	16,38	8,89	19,23	21,80	15,98
Kalsit	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,19
Epidot	38,39	32,00	0,67	1,07	1,11	0,32	2,08	1,52	4,61	1,64	20,74	34,74	30,61
Kaolen	4,96	0,00	2,22	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Barit	0,00	0,04	0,00	0,29	0,07	0,02	0,11	0,11	0,08	0,13	0,06	0,00	0,05
Pirit	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04
Kalkopirit	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Galen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rutil	0,46	0,78	0,21	0,00	0,00	0,18	0,71	0,96	0,79	0,77	0,68	0,69	0,73
<b>Toplam</b>	<b>100,00</b>	<b>98</b>	<b>99,18</b>	<b>95,51</b>	<b>96,47</b>	<b>99,50</b>	<b>94,95</b>	<b>95,35</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>100</b>	<b>98,36</b>
Rezidüel (r)	0,24	0,03	0,00	0,51	0,56	0,00	0,16	0,03	0,05	0,05	0,05	0,36	0,09
Ag (ppm)	<0.1	0.1	0.8	28.9	>100.0	8	2.4	1.8	0.6	1.5	0.5	<0.1	0.1
Au (ppb)	<0.5	5.1	1177	48.4	45.1	161.9	24.7	126.9	7	31.6	4.7	6	9

Ek tablo 10'un devamı

		Kuvars	K-Fel.	Albit	Serizit	Fe-Kl	Mg-Kl	Kalsit	Epidot	Kaolen	Barit	Pirit	K.pirit	Galen	Rutil
Ortalama	cevher	52,31	8,65	13,57	16,11	3,92	1,54	0,00	0,79	0,56	0,10	0,00	0,01	0,02	0,10
	dış zon	14,76	9,54	23,54	7,92	7,73	14,24	0,04	18,48	0,56	0,07	0,01	0,01	0,00	0,73
Medyan	cevher	52,47	5,00	12,91	16,69	4,11	1,77	0,00	0,87	0,01	0,05	0,00	0,01	0,01	0,09
	dış zon	14,04	11,04	26,15	4,86	7,00	15,98	0,00	20,74	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,73
Std. Sapma	cevher	32,66	11,63	14,78	4,81	3,17	0,73	0,00	0,37	1,11	0,13	0,00	0,01	0,03	0,11
	dış zon	4,47	7,11	5,75	8,11	4,47	6,43	0,08	15,92	1,65	0,05	0,02	0,01	0,00	0,13
Maksimum	cevher	83,68	24,61	27,93	21,16	6,98	2,09	0,00	1,11	2,22	0,29	0,00	0,02	0,06	0,21
	dış zon	22,84	18,39	31,57	22,22	15,03	21,80	0,19	38,39	4,96	0,13	0,06	0,03	0,01	0,96
Minimum	cevher	20,62	0,00	0,51	9,89	0,48	0,52	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	dış zon	7,27	0,00	13,92	0,00	0,73	1,89	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46

Ek Tablo 11. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (2 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel'de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 3, 4, 5 ve 6 nolu örnekler cevherli zona aittir).

Mineral \Örnek	1	2	3	4	5	6	7	8
Kuvars	5,63	5,18	18,66	5,65	4,08	23,51	16,06	3,01
K'lu Feldspat	2,39	1,88	5,96	6,38	5,95	19,36	10,59	18,67
Albit	34,53	31,61	34,21	50,34	36,67	4,24	33,70	29,00
Serizit	0,00	0,00	4,33	7,45	1,89	17,29	6,33	0,00
Fe-Klorit	7,21	1,87	18,40	7,70	6,44	0,00	14,53	1,80
Mg-Klorit	15,62	23,41	0,11	6,37	15,69	5,03	3,77	18,21
Kalsit	0,79	0,79	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00
Epidot	31,13	31,68	2,61	3,27	22,07	0,00	2,44	25,38
Kaolen	0,00	0,00	8,38	7,85	3,70	29,26	7,37	0,00
Barit	0,00	0,00	0,02	0,02	0,07	0,03	0,03	0,11
Pirit	0,25	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kalkopirit	0,05	0,12	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02
Galen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rutil	0,85	0,77	0,78	0,84	0,74	0,91	0,86	0,64
<b>Toplam</b>	<b>98,44</b>	<b>97,50</b>	<b>93,46</b>	<b>95,87</b>	<b>97,32</b>	<b>99,98</b>	<b>95,69</b>	<b>96,83</b>
Rezidüel (r)	0,85	0,83	0,07	0,03	0,03	0,23	0,06	0,07
Ag (ppm)	0.1	0.5	0.1	1	<0.1	0.5	1.2	<0.1
Au (ppm)	3.8	2.2	3.5	3.3	2.5	36.4	12.3	40.5

Ek Tablo 11'in devamı

		Kuvars	K-Fel.	Albit	Serizit	Fe-Kl	Mg-Kl	Kalsit	Epidot	Kaolen	Barit	Pirit	K.pirit	Galen	Rutil
Ortalama	cevher	12,97	9,41	31,37	7,74	8,14	6,80	0,08	6,99	12,30	0,03	0,00	0,01	0,00	0,82
	dış zon	9,54	14,63	31,35	3,17	8,16	10,99	0,00	13,91	3,68	0,07	0,00	0,01	0,00	0,75
Medyan	cevher	12,15	6,17	35,44	5,89	7,07	5,70	0,00	2,94	8,11	0,03	0,00	0,01	0,00	0,81
	dış zon	9,54	14,63	31,35	3,17	8,16	10,99	0,00	13,91	3,68	0,07	0,00	0,01	0,00	0,75
Std. Sapma	cevher	9,59	6,64	19,42	6,76	7,63	6,51	0,17	10,15	11,50	0,02	0,00	0,01	0,00	0,08
	dış zon	9,22	5,71	3,33	4,48	9,00	10,21	0,00	16,22	5,21	0,05	0,00	0,01	0,00	0,16
Maksimum	cevher	23,51	19,36	50,34	17,29	18,40	15,69	0,34	22,07	29,26	0,07	0,00	0,01	0,00	0,91
	dış zon	16,06	18,67	33,70	6,33	14,53	18,21	0,00	25,38	7,37	0,11	0,00	0,02	0,00	0,86
Minimum	cevher	4,08	5,95	4,24	1,89	0,00	0,11	0,00	0,00	3,70	0,02	0,00	0,00	0,00	0,74
	dış zon	3,01	10,59	29,00	0,00	1,80	3,77	0,00	2,44	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,64

Ek Tablo 12. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca ( 3 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 5, 6 ve 7 nolu örnekler cevherli zona aittir.).

Mineral \Örnek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kuvars	13,41	5,61	3,78	6,35	60,84	38,02	60,54	5,88	8,33	17,76	11,06	10,93
K'lu Feldspat	1,47	0,00	5,87	5,34	9,44	0,28	11,88	7,19	0,00	0,05	0,05	0,05
Albit	25,07	35,12	38,67	33,79	0,51	0,51	1,53	31,17	30,63	17,84	25,78	25,97
Serizit	0,00	4,67	0,00	1,75	1,21	1,71	0,00	0,00	4,03	0,00	2,15	0,65
Fe-Klorit	12,02	4,45	6,80	4,95	13,91	1,71	9,38	0,00	1,26	8,87	2,49	4,09
Mg-Klorit	16,88	5,27	6,69	15,25	0,00	1,10	0,31	16,73	10,88	19,37	15,63	17,85
Kalsit	1,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	2,21	0,00	0,91	0,00	0,00
Epidote	27,66	41,52	36,72	28,04	0,72	0,54	0,52	33,65	40,77	33,87	40,12	39,71
Kaolen	0,00	2,75	0,00	2,45	8,34	51,62	12,39	0,00	3,49	0,00	2,11	0,00
Barit	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Pirit	0,31	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00
Kalkopirit	0,06	0,00	0,03	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Galen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rutil	1,13	0,61	0,75	0,72	0,30	1,33	0,58	0,65	0,62	1,01	0,60	0,75
<b>Toplam</b>	<b>99,02</b>	<b>100</b>	<b>99,48</b>	<b>98,69</b>	<b>95,34</b>	<b>96,83</b>	<b>97,14</b>	<b>97,54</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Rezidüel (r)	1,41	0,06	0,05	0,04	0,10	0,03	0,01	3,60	0,10	2,25	0,20	0,22
Ag (ppm)	<0.1	0.1	0.1	0.2	5.6	0.6	15.8	0.3	0.2	0.1	<0.1	<0.1
Au (ppb)	7.1	3	3.5	4	411	192.5	371.9	13.9	14.4	9.3	7.7	4.8

Ek Tablo 12'nin devamı

		Kuvars	K-Fel.	Albit	Serizit	Fe-Kl	Mg-Kl	Kalsit	Epidot	Kaolen	Barit	Pirit	K.pirit	Galen	Rutil
Ortalama	cevher	53,13	7,20	0,85	0,97	8,33	0,47	0,00	0,59	24,12	0,00	0,00	0,02	0,01	0,73
	dış zon	10,79	1,47	26,28	1,37	3,34	16,09	0,62	37,63	1,12	0,01	0,06	0,00	0,00	0,73
Medyan	cevher	60,54	9,44	0,51	1,21	9,38	0,31	0,00	0,54	12,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58
	dış zon	10,93	0,05	25,97	0,65	2,49	16,73	0,00	39,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65
Std. Sapma	cevher	13,09	6,11	0,59	0,88	6,16	0,57	0,00	0,11	23,91	0,00	0,00	0,04	0,01	0,53
	dış zon	4,44	3,20	5,35	1,73	3,44	3,23	0,97	3,55	1,61	0,02	0,14	0,00	0,00	0,17
Maksimum	cevher	60,84	11,88	1,53	1,71	13,91	1,10	0,00	0,72	51,62	0,01	0,00	0,07	0,02	1,33
	dış zon	17,76	7,19	38,67	4,67	12,02	19,37	2,21	41,52	3,49	0,05	0,31	0,06	0,00	1,13
Minimum	cevher	38,02	0,28	0,51	0,00	1,71	0,00	0,00	0,52	8,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
	dış zon	3,78	0,00	17,84	0,00	0,00	5,27	0,00	27,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60

Ek Tablo 13. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca ( 4 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 5 ve 12 arası örnekler cevherli zona aittir ).

Mineral \Örnek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Kuvars	10,9	11,6	14,6	15,3	35,5	34,1	40,7	31,9	40,78	36,33	50,42	80,61	25,75	17,94	27,41	14,88	10,17	8,29	4,75
K'lu Feldspat	0,00	0,00	1,93	0,00	0,02	0,02	0,07	0,02	0,02	0,07	0,07	0,07	4,78	21,27	14,12	2,42	0,00	9,07	4,17
Albit	26,3	26,8	28,2	25,2	32,9	31,9	0,8	24,5	0,59	0,61	0,61	0,62	23,85	19,78	22,75	30,39	26,38	34,30	32,13
Serizit	6,1	5,8	6,4	7,0	4,5	10,5	3,4	7,6	0,15	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	3,02	14,85	0,00
Fe-Klorit	1,1	0,5	3,8	2,8	4,1	7,2	4,4	13,6	2,67	1,51	1,05	2,62	22,32	11,82	10,24	4,96	5,03	6,03	7,23
Mg-Klorit	15,2	13,5	9,8	13,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	1,68	12,36	8,82	16,64	13,26
Kalsit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43
Epidote	39,7	41,2	32,3	34,1	9,4	3,8	1,2	3,6	0,34	0,47	0,46	0,58	1,42	1,35	1,54	25,54	35,38	7,95	33,25
Kaolen	0,01	0,01	0,01	0,22	7,02	5,66	43,70	10,92	52,37	58,11	44,24	7,20	14,12	22,74	17,03	5,34	10,56	0,00	0,00
Barit	0,00	0,00	0,04	0,04	0,03	0,03	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pirit	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,15
Kalkopirit	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Galen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rutil	0,58	0,48	0,67	0,64	0,54	0,64	0,82	1,0	0,96	1,06	0,81	0,57	0,62	0,80	0,81	0,71	0,63	0,57	0,86
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>97,8</b>	<b>98,3</b>	<b>94,3</b>	<b>94,8</b>	<b>95,0</b>	<b>93,2</b>	<b>97,92</b>	<b>98,2</b>	<b>97,7</b>	<b>92,3</b>	<b>93,0</b>	<b>97,2</b>	<b>95,6</b>	<b>96,6</b>	<b>100</b>	<b>97,7</b>	<b>96,2</b>
Rezidüel (r)	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3
Ag (ppm)	<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	0.9	1.1	0.1	<0.1	0.3	<0.1
Au (ppb)	2.1	0.5	<0.5	3.3	1	1.1	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	4.3	<0.5	10.7	3.3	<0.5	0.7	<0.5	<0.5

Ek Tablo 13'ün devamı

		Kuvars	K-Fel.	Albit	Serizit	Fe-Kl	Mg-Kl	Kalsit	Epidot	Kaolen	Barit	Pirit	K.pirit	Galen	Rutil
Ortalama	cevher	43,79	0,04	11,57	3,27	4,64	0,16	0,00	2,48	28,65	0,02	0,01	0,00	0,00	0,79
	dış zon	14,70	5,25	26,91	3,93	6,90	9,62	0,04	23,07	6,37	0,01	0,03	0,00	0,00	0,67
Medyan	cevher	38,50	0,04	0,69	1,76	3,39	0,00	0,00	0,91	27,31	0,02	0,01	0,00	0,00	0,82
	dış zon	14,60	2,42	26,38	3,02	5,03	12,36	0,00	32,35	0,22	0,00	0,01	0,00	0,00	0,64
Std. Sapma	cevher	15,94	0,03	15,29	4,05	4,10	0,34	0,00	3,12	22,90	0,02	0,01	0,00	0,00	0,19
	dış zon	6,92	6,93	4,20	4,70	6,18	5,93	0,13	16,45	8,37	0,02	0,05	0,00	0,00	0,12
Maksimum	cevher	80,61	0,07	32,92	10,55	13,58	0,97	0,00	9,38	58,11	0,03	0,01	0,00	0,00	1,06
	dış zon	27,41	21,27	34,30	14,85	22,32	16,64	0,43	41,16	22,74	0,04	0,15	0,00	0,00	0,86
Minimum	cevher	31,90	0,02	0,59	0,00	1,05	0,00	0,00	0,34	5,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54
	dış zon	4,75	0,00	19,78	0,00	4,96	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57



Ek Tablo 14. Arzular cevherleşmesine dik bir hat boyunca (5 nolu profil ) alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002 ) hesaplanan mineralojik bileşimler (%) ve sonuçlara ait temel istatistik parametreler (Not: Mineral yüzdeleri Excel’de 0.000001 kesinlik, 0.1 % tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır, 3, 4 ve 5 nolu örnekler cevherli zona aittir).

Mineral \Örnek	1	2	3	4	5	6	7	8
Kuvars	6,63	4,29	19,03	14,84	35,88	10,75	9,47	8,97
K'lu Feldspat	0,00	0,04	0,02	0,02	0,00	0,97	1,02	1,18
Albit	31,83	33,09	16,98	3,31	0,00	24,90	25,89	25,31
Serizit	6,77	7,27	6,06	2,26	0,00	0,23	0,23	0,34
Fe-Klorit	2,28	1,08	0,91	53,35	49,70	0,46	0,00	0,43
Mg-Klorit	12,71	11,70	9,85	0,00	0,00	6,86	11,50	15,03
Kalsit	0,00	0,07	0,06	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00
Epidot	36,01	39,45	19,89	3,98	0,30	23,23	40,28	41,76
Kaolen	2,09	1,14	19,09	10,49	0,00	27,46	10,66	6,34
Barit	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00
Pirit	0,00	0,00	0,00	0,33	0,53	0,00	0,00	0,00
Kalkopirit	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Galen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rutil	0,74	0,77	0,72	0,57	0,44	0,84	0,77	0,63
<b>Toplam</b>	<b>99,09</b>	<b>98,96</b>	<b>92,67</b>	<b>89,15</b>	<b>87,07</b>	<b>95,72</b>	<b>99,85</b>	<b>100</b>
Rezidüel (r)	0,02	0,02	0,01	3,08	3,51	0,02	0,04	0,12
Ag (ppm)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au (ppb)	1.3	<0.5	0.8	1.1	0.9	1.2	0.6	1.2

Ek Tablo 14'ün devamı

		Kuvars	K-Fel.	Albit	Serizit	Fe-Kl	Mg-Kl	Kalsit	Epidot	Kaolen	Barit	Pirit	K.pirit	Galen	Rutil
Ortalama	cevher	23,25	0,01	6,76	2,77	34,65	3,28	0,09	8,06	9,86	0,02	0,29	0,01	0,00	0,58
	dış zon	8,02	0,64	28,20	2,97	0,85	11,56	0,02	36,15	9,54	0,03	0,00	0,00	0,00	0,75
Medyan	cevher	19,03	0,02	3,31	2,26	49,70	0,00	0,06	3,98	10,49	0,00	0,33	0,01	0,00	0,57
	dış zon	8,97	0,97	25,89	0,34	0,46	11,70	0,00	39,45	6,34	0,02	0,00	0,00	0,00	0,77
Std. Sapma	cevher	11,14	0,01	9,00	3,06	29,28	5,69	0,11	10,41	9,56	0,03	0,27	0,00	0,00	0,14
	dış zon	2,57	0,57	3,93	3,70	0,89	2,98	0,03	7,52	10,71	0,02	0,00	0,00	0,00	0,08
Maksimum	cevher	35,88	0,02	16,98	6,06	53,35	9,85	0,21	19,89	19,09	0,05	0,53	0,01	0,00	0,72
	dış zon	10,75	1,18	33,09	7,27	2,28	15,03	0,07	41,76	27,46	0,05	0,00	0,00	0,00	0,84
Minimum	cevher	14,84	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44
	dış zon	8,97	0,97	24,90	0,23	0,00	6,86	0,00	23,23	6,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63

Ek Tablo 15. Arzular cevherleşmesinde damara dik bit hat boyunca (1 nolu profil ) alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=13, p<0.01).

SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Ba	Sc	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	Zr	Y	NTE	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Ag	Au	
Al2O3	-0.93																																			
Fe2O3	-0.92	0.73																																		
MgO	-0.78	0.54	0.94																																	
CaO	-0.56	0.48	0.58	0.54																																
Na2O	-0.80	0.86	0.57	0.31	0.49																															
K2O	0.00	0.17	-0.23	-0.33	-0.74	0.07																														
TiO2	-0.87	0.90	0.70	0.48	0.24	0.84	0.34	1.00																												
P2O5	-0.85	0.73	0.91	0.88	0.66	0.47	-0.31	0.60																												
MnO	-0.64	0.49	0.76	0.80	0.65	0.22	-0.38	0.36	0.82																											
Ba	-0.21	0.32	-0.02	-0.15	-0.39	0.30	0.77	0.41	-0.21	-0.31																										
Sc	-0.78	0.75	0.69	0.48	0.07	0.72	0.37	0.94	0.50	0.22	0.43																									
Co	-0.58	0.44	0.72	0.82	0.64	0.15	-0.43	0.32	0.84	0.94	-0.37	0.17																								
Cs	-0.18	0.29	0.00	-0.07	-0.62	0.13	0.90	0.43	-0.05	-0.08	0.59	0.42	-0.17																							
Ga	-0.91	0.94	0.73	0.50	0.36	0.89	0.24	0.93	0.62	0.35	0.39	0.88	0.26	0.34																						
Hf	-0.90	0.93	0.73	0.51	0.31	0.84	0.25	0.95	0.68	0.36	0.39	0.86	0.36	0.37	0.92																					
Nb	-0.83	0.92	0.63	0.45	0.47	0.83	0.15	0.86	0.59	0.38	0.34	0.72	0.38	0.17	0.89	0.83																				
Rb	-0.08	0.24	-0.14	-0.25	-0.70	0.13	0.98	0.42	-0.22	-0.29	0.73	0.43	-0.35	0.95	0.31	0.34	0.20																			
Sr	-0.58	0.57	0.53	0.43	0.97	0.61	-0.63	0.33	0.60	0.52	-0.25	0.16	0.52	-0.58	0.45	0.41	0.59	-0.60																		
Ta	-0.26	0.32	0.24	0.20	-0.10	0.09	0.36	0.48	0.27	0.25	0.08	0.50	0.32	0.34	0.33	0.32	0.43	0.39	-0.09																	
Th	-0.56	0.56	0.49	0.23	0.11	0.68	0.13	0.75	0.40	-0.02	0.11	0.81	0.00	0.16	0.69	0.75	0.52	0.19	0.21	0.25																
U	-0.27	0.46	-0.01	-0.26	-0.09	0.50	0.51	0.45	-0.09	-0.28	0.77	0.40	-0.36	0.35	0.51	0.51	0.47	0.50	0.13	0.00	0.30															
V	-0.82	0.72	0.78	0.62	0.18	0.70	0.24	0.87	0.56	0.33	0.36	0.94	0.27	0.32	0.85	0.78	0.71	0.28	0.21	0.39	0.71	0.22														
Zr	-0.86	0.93	0.65	0.41	0.32	0.90	0.27	0.95	0.60	0.31	0.40	0.85	0.28	0.36	0.94	0.98	0.88	0.35	0.45	0.32	0.74	0.58	0.75													
Y	-0.70	0.70	0.67	0.60	0.25	0.38	0.20	0.69	0.71	0.77	0.05	0.56	0.68	0.46	0.64	0.62	0.62	0.30	0.22	0.59	0.26	0.08	0.56	0.61												
NTE	-0.83	0.83	0.75	0.65	0.50	0.57	0.03	0.74	0.86	0.77	-0.05	0.58	0.73	0.26	0.72	0.74	0.70	0.11	0.48	0.52	0.40	0.06	0.58	0.70	0.90											
Mo	0.86	-0.81	-0.76	-0.63	-0.33	-0.74	-0.16	-0.89	-0.69	-0.52	-0.29	-0.78	-0.53	-0.35	-0.78	-0.90	-0.71	-0.28	-0.36	-0.31	-0.59	-0.26	-0.74	-0.86	-0.64	-0.71										
Cu	-0.45	0.21	0.62	0.70	0.09	0.08	-0.09	0.33	0.54	0.29	0.05	0.45	0.44	-0.02	0.21	0.38	0.14	-0.06	0.02	0.18	0.35	-0.26	0.52	0.22	0.14	0.24										
Pb	0.50	-0.33	-0.63	-0.65	-0.48	-0.08	0.28	-0.25	-0.66	-0.61	0.05	-0.28	-0.60	0.22	-0.25	-0.30	-0.20	0.27	-0.42	-0.29	-0.04	0.03	-0.26	-0.21	-0.35	-0.48										
Zn	-0.21	0.09	0.38	0.52	-0.06	-0.27	0.08	0.12	0.39	0.69	-0.14	0.10	0.63	0.36	0.02	0.05	0.01	0.17	-0.20	0.40	-0.26	-0.31	0.12	0.00	0.69	0.42										
Ni	-0.54	0.26	0.78	0.91	0.37	0.10	-0.37	0.23	0.68	0.64	-0.22	0.30	0.67	-0.12	0.29	0.27	0.20	-0.31	0.23	0.07	0.12	-0.44	0.52	0.14	0.39	0.41										
As	-0.02	0.04	0.01	-0.08	-0.56	0.05	0.49	0.28	-0.08	-0.50	0.27	0.52	-0.42	0.37	0.22	0.26	0.03	0.48	-0.48	0.35	0.61	0.17	0.38	0.21	-0.10	-0.09										
Cd	-0.26	0.21	0.37	0.46	0.04	-0.15	0.10	0.22	0.39	0.71	-0.11	0.15	0.66	0.33	0.13	0.10	0.21	0.19	-0.06	0.58	-0.23	-0.23	0.17	0.09	0.80	0.54										
Sb	0.35	-0.20	-0.48	-0.47	-0.38	0.01	0.22	-0.12	-0.48	-0.46	0.00	-0.19	-0.40	0.23	-0.16	-0.14	-0.09	0.25	-0.33	-0.25	0.06	-0.03	-0.17	-0.07	-0.23	-0.34										
Ag	0.17	0.01	-0.37	-0.41	-0.33	0.19	0.35	0.04	-0.40	-0.42	0.21	-0.06	-0.41	0.33	0.04	0.02	0.11	0.36	-0.24	-0.25	0.10	0.16	-0.01	0.10	-0.11	-0.22										
Au	0.76	-0.81	-0.61	-0.46	-0.33	-0.65	-0.21	-0.67	-0.58	-0.34	-0.30	-0.61	-0.22	-0.27	-0.81	-0.67	-0.74	-0.20	-0.38	-0.18	-0.42	-0.32	-0.71	-0.66	-0.59	-0.67										

Ek Tablo 16. Arzular cevherleşmesinde damara dik bit hat boyunca (2 nolu profil ) alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=8, p<0.01).

SiO2														Mo																											
SiO2	1														Mo	1																									
Al2O3	0.29	1													Cu	0.01	1																								
Fe2O3	-0.71	-0.83	1												Pb	0.23	0.14	1																							
MgO	-0.93	0.00	0.44	1											Zn	-0.02	0.94	0.07	1																						
CaO	-0.95	-0.13	0.58	0.96	1										Ni	0.62	0.50	-0.32	-0.45	1																					
Na2O	-0.49	-0.57	0.66	0.21	0.25	1									As	0.33	-0.22	0.92	-0.30	-0.44	1																				
K2O	0.71	0.64	-0.89	-0.46	-0.55	-0.81	1								Cd	-0.22	0.95	0.11	0.95	0.36	-0.28	1																			
TiO2	0.56	0.28	-0.35	-0.49	-0.43	-0.21	0.18	1							Sb	-0.07	0.19	0.41	0.38	-0.04	0.22	0.36	1																		
P2O5	-0.54	-0.72	0.76	0.32	0.41	0.31	-0.44	-0.73	1						Ag	-0.19	-0.14	0.73	-0.15	-0.57	0.68	-0.05	0.21	1																	
MnO	-0.89	-0.10	0.49	0.96	0.91	0.24	-0.54	-0.40	0.26	1					Au	-0.13	-0.53	-0.19	-0.29	-0.16	-0.08	-0.35	0.60	-0.09	1																
Ba	-0.49	0.07	0.09	0.56	0.49	-0.08	0.14	-0.83	0.56	0.38	1																														
Sc	0.02	-0.08	0.14	0.02	0.06	0.14	-0.18	0.70	-0.31	0.07	-0.47	1																													
Co	-0.94	-0.07	0.54	0.94	0.97	0.22	-0.48	-0.54	0.50	0.84	0.63	-0.07	1																												
Cs	0.89	0.08	-0.51	-0.85	-0.85	-0.28	0.47	0.74	-0.60	-0.74	-0.72	0.36	-0.93	1																											
Ga	0.51	0.62	-0.69	-0.21	-0.30	-0.89	0.77	0.43	-0.47	-0.22	-0.04	0.21	-0.29	0.39	1																										
Hf	-0.06	-0.69	0.52	-0.10	-0.01	-0.05	-0.17	-0.37	0.80	-0.07	0.21	-0.18	0.04	-0.13	-0.06	1																									
Nb	0.26	-0.79	0.39	-0.50	-0.40	0.21	-0.24	-0.06	0.39	-0.36	-0.37	-0.14	-0.45	0.37	-0.36	0.64	1																								
Rb	0.79	0.65	-0.91	-0.52	-0.61	-0.83	0.98	0.36	-0.57	-0.56	-0.05	-0.06	-0.57	0.60	0.82	-0.22	-0.20	1																							
Sr	-0.97	-0.33	0.68	0.90	0.91	0.48	-0.61	-0.66	0.62	0.83	0.64	-0.04	0.92	-0.88	-0.50	0.12	-0.25	-0.71	1																						
Ta	0.15	-0.68	0.50	-0.38	-0.15	0.17	-0.29	0.35	0.33	-0.32	-0.45	0.46	-0.22	0.36	-0.16	0.54	0.65	-0.23	-0.14	1																					
Th	-0.22	-0.76	0.70	-0.02	0.22	0.21	-0.50	-0.08	0.57	0.04	-0.19	0.02	0.15	-0.06	-0.45	0.57	0.68	-0.47	0.20	0.79	1																				
U	0.78	0.18	-0.40	-0.83	-0.72	-0.40	0.36	0.59	-0.37	-0.79	-0.64	-0.07	-0.70	0.66	0.29	0.05	0.34	0.45	-0.86	0.37	0.17	1																			
V	0.51	0.65	-0.67	-0.22	-0.26	-0.79	0.66	0.69	-0.66	-0.22	-0.28	0.44	-0.30	0.50	0.92	-0.30	-0.41	0.76	-0.54	-0.04	-0.35	0.38	1																		
Zr	0.13	-0.77	0.49	-0.34	-0.23	0.03	-0.21	-0.20	0.66	-0.25	-0.09	-0.18	-0.22	0.12	-0.17	0.93	0.87	-0.21	-0.10	0.66	0.68	0.28	-0.34	1																	
Y	-0.49	-0.24	0.44	0.41	0.48	-0.10	-0.32	-0.61	0.63	0.40	0.39	-0.62	0.55	-0.67	-0.23	0.52	0.16	-0.39	0.42	-0.04	0.46	-0.06	-0.38	0.43	1																
NTE	-0.22	0.12	0.04	0.29	0.34	-0.54	0.09	-0.37	0.29	0.28	0.31	-0.58	0.39	-0.43	0.20	0.33	-0.01	0.05	0.14	-0.16	0.29	0.13	0.07	0.24	0.87	1															
Mo	-0.42	-0.48	0.64	0.24	0.39	0.33	-0.37	-0.18	0.68	0.10	0.33	0.32	0.46	-0.38	-0.25	0.49	0.03	-0.46	0.51	0.56	0.43	-0.26	-0.26	0.31	0.13	-0.12															
Cu	-0.71	-0.23	0.55	0.74	0.71	0.26	-0.67	-0.08	0.14	0.88	-0.05	0.26	0.58	-0.47	-0.17	0.02	-0.12	-0.61	0.57	-0.08	0.16	-0.52	-0.13	-0.05	0.35	0.22															
Pb	0.19	-0.45	0.20	-0.21	-0.27	0.14	-0.08	0.29	0.07	-0.09	-0.27	0.63	-0.35	0.43	0.19	0.37	0.36	-0.01	-0.13	0.44	0.00	-0.13	0.13	0.37	-0.47	-0.55															
Zn	-0.80	-0.13	0.45	0.88	0.79	0.24	-0.54	-0.29	0.16	0.97	0.23	0.15	0.69	-0.60	-0.16	-0.07	-0.27	-0.53	0.71	-0.31	-0.01	-0.75	-0.17	-0.21	0.31	0.20															
Ni	-0.89	-0.10	0.59	0.84	0.93	0.28	-0.53	-0.40	0.50	0.72	0.53	0.06	0.96	-0.87	-0.32	0.05	-0.45	-0.61	0.87	-0.05	0.23	-0.58	-0.27	-0.19	0.47	0.29															
As	0.39	-0.48	0.13	-0.48	-0.49	0.13	0.05	0.27	0.15	-0.42	-0.24	0.49	-0.52	0.53	0.14	0.47	0.49	0.09	-0.29	0.57	0.07	0.09	0.05	0.50	-0.49	-0.59															
Cd	-0.62	-0.09	0.35	0.72	0.64	0.15	-0.49	-0.06	-0.05	0.87	-0.05	0.24	0.49	-0.36	-0.07	-0.15	-0.17	-0.42	0.49	-0.23	0.03	-0.55	-0.02	-0.20	0.22	0.19															
Sb	-0.04	0.09	-0.19	0.30	0.17	-0.49	0.41	-0.13	0.00	0.33	0.37	0.20	0.12	0.03	0.56	0.13	-0.16	0.40	0.15	-0.17	-0.21	-0.46	0.42	-0.05	-0.12	0.10															
Ag	0.46	0.07	-0.32	-0.39	-0.53	0.15	0.19	0.53	-0.52	-0.31	-0.42	0.60	-0.60	0.65	0.24	-0.29	0.00	0.28	-0.42	0.03	-0.49	0.00	0.29	-0.20	-0.90	-0.85															
Au	0.32	0.47	-0.63	-0.08	-0.15	-0.72	0.86	-0.23	-0.08	-0.21	0.55	-0.30	-0.06	0.08	0.60	-0.02	-0.29	0.77	-0.15	-0.34	-0.34	-0.03	0.43	-0.18	-0.06	0.26															



Ek Tablo 18. Arzular cevherleşmesinde damara dik bit hat boyunca (4 nolu profil ) alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=19, p<0.01).

SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Ba	Sc	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	Zr	Y	NTE	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Ag	Au	
SiO2	1																																			
Al2O3	-0.69	1																																		
Fe2O3	-0.82	0.21	1.00																																	
MgO	-0.81	0.39	0.69	1																																
CaO	-0.74	0.35	0.65	0.84	1																															
Na2O	-0.66	0.09	0.77	0.66	0.54	1																														
K2O	-0.25	0.10	0.27	0.23	-0.16	0.42	1																													
TiO2	-0.10	0.51	-0.18	-0.22	-0.14	-0.41	-0.17	1																												
P2O5	-0.65	0.43	0.52	0.73	0.68	0.42	0.12	-0.14	1																											
MnO	-0.76	0.37	0.65	0.85	0.92	0.52	-0.04	-0.13	0.73	1																										
Ba	-0.19	0.32	0.01	0.11	0.06	0.05	0.05	0.27	0.13	0.10	1																									
Sc	-0.35	0.69	0.00	-0.07	-0.05	-0.22	-0.03	0.83	-0.15	-0.05	0.07	1																								
Co	-0.74	0.38	0.63	0.84	0.93	0.53	-0.06	-0.10	0.69	0.92	0.11	-0.04	1																							
Cs	-0.04	0.06	0.04	-0.03	-0.36	0.13	0.78	-0.02	-0.21	-0.31	-0.10	0.16	-0.29	1																						
Ga	-0.34	0.64	0.02	-0.02	-0.01	-0.18	-0.07	0.50	-0.15	0.00	-0.06	0.85	0.02	0.23	1																					
Hf	0.04	0.22	-0.27	-0.14	-0.24	0.22	0.04	0.09	-0.13	-0.29	0.24	0.14	-0.26	0.01	0.10	1																				
Nb	0.16	0.05	-0.35	-0.23	-0.23	0.19	-0.05	-0.01	-0.28	-0.33	0.02	0.11	-0.27	0.02	0.14	0.91	1																			
Rb	-0.18	0.09	0.20	0.18	-0.24	0.36	0.98	-0.15	0.04	-0.14	0.04	-0.03	-0.13	0.83	-0.07	0.09	-0.01	1																		
Sr	-0.03	0.17	-0.09	0.10	0.24	-0.11	-0.35	0.07	0.64	0.22	0.12	-0.23	0.23	-0.43	-0.32	0.10	-0.03	-0.35	1																	
Ta	0.13	0.07	-0.30	-0.13	-0.06	0.18	-0.19	-0.14	-0.15	-0.16	0.04	-0.04	-0.09	-0.19	0.08	0.81	0.88	-0.15	0.08	1																
Th	0.05	-0.01	-0.15	-0.14	-0.13	0.37	0.00	-0.10	-0.28	-0.23	0.06	0.05	-0.23	0.01	0.05	0.85	0.93	0.01	-0.15	0.79	1															
U	0.25	0.00	-0.43	-0.32	-0.30	0.13	-0.02	-0.05	-0.41	-0.36	-0.03	0.09	-0.36	0.08	0.12	0.84	0.95	0.01	-0.13	0.81	0.91	1														
V	-0.26	0.65	-0.10	-0.10	-0.05	-0.38	-0.20	0.77	-0.13	-0.03	0.30	0.90	-0.02	0.02	0.84	0.07	0.03	-0.20	-0.15	-0.06	-0.05	-0.02	1													
Zr	0.02	0.22	-0.25	-0.17	-0.19	0.26	0.04	0.04	-0.20	-0.28	0.09	0.20	-0.24	0.08	0.22	0.95	0.97	0.07	-0.01	0.85	0.92	0.93	0.09	1												
Y	-0.72	0.44	0.54	0.77	0.57	0.60	0.26	-0.09	0.43	0.65	-0.17	0.22	0.64	0.06	0.34	0.11	0.07	0.22	-0.19	0.12	0.09	-0.01	0.08	0.12	1											
NTE	-0.59	0.75	0.15	0.51	0.41	0.17	-0.05	0.21	0.37	0.48	0.05	0.48	0.44	-0.11	0.57	0.36	0.27	-0.07	0.10	0.31	0.21	0.19	0.48	0.34	0.72	1										
Mo	0.71	-0.81	-0.39	-0.28	-0.23	-0.40	-0.23	-0.35	-0.38	-0.22	-0.24	-0.58	-0.21	-0.22	-0.54	-0.42	-0.27	-0.20	-0.15	-0.20	-0.29	-0.22	-0.44	-0.46	-0.36	-0.53										
Cu	-0.58	0.21	0.74	0.46	0.45	0.48	0.06	-0.26	0.38	0.45	-0.09	-0.09	0.48	-0.08	0.08	-0.21	-0.37	0.03	-0.03	-0.16	-0.26	-0.42	-0.16	-0.24	0.46	0.17										
Pb	0.33	-0.40	-0.10	-0.28	-0.33	-0.03	0.40	-0.11	-0.34	-0.34	-0.09	-0.26	-0.32	0.59	-0.36	-0.23	-0.17	0.42	-0.18	-0.37	-0.07	0.00	-0.38	-0.17	-0.46	-0.63										
Zn	-0.29	0.19	0.17	0.51	0.03	0.34	0.54	-0.31	0.32	0.22	0.11	-0.17	0.20	0.34	-0.01	0.13	-0.05	0.55	-0.12	0.02	-0.07	-0.07	-0.18	0.00	0.58	0.35										
Ni	-0.59	0.13	0.52	0.75	0.74	0.58	0.00	-0.24	0.62	0.79	0.05	-0.13	0.67	-0.28	-0.15	-0.11	-0.07	-0.10	0.15	-0.08	0.08	-0.14	-0.11	-0.10	0.56	0.38										
As	0.31	-0.46	0.01	-0.34	-0.58	0.12	0.57	-0.27	-0.34	-0.55	-0.17	-0.27	-0.55	0.58	-0.32	-0.08	-0.08	0.61	-0.40	-0.27	0.03	0.01	-0.43	-0.08	-0.29	-0.64										
Cd	-0.21	0.17	0.10	0.42	-0.06	0.27	0.54	-0.29	0.25	0.11	0.09	-0.16	0.12	0.37	0.00	0.16	-0.02	0.57	-0.14	0.04	-0.07	-0.04	-0.18	0.02	0.54	0.32										
Sb	0.40	-0.33	-0.23	-0.36	-0.52	-0.33	0.35	-0.05	-0.47	-0.48	-0.18	-0.03	-0.55	0.57	-0.09	-0.33	-0.26	0.40	-0.44	-0.46	-0.15	-0.13	-0.05	-0.30	-0.39	-0.40										
Ag	0.02	0.01	0.01	-0.10	-0.29	0.07	0.75	0.10	-0.16	-0.26	0.03	0.07	-0.26	0.81	-0.10	-0.11	-0.13	0.77	-0.27	-0.38	-0.08	-0.02	-0.10	-0.06	-0.19	-0.31										
Au	0.16	-0.20	-0.03	-0.12	-0.18	-0.07	0.58	-0.09	-0.06	-0.19	-0.09	-0.11	-0.20	0.38	-0.27	-0.31	-0.28	0.55	-0.25	-0.42	-0.26	-0.24	-0.20	-0.26	-0.23	-0.40										



Ek Tablo 20. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kötü değişimi (1 nolu profil-propilitik zon)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Zn	1	23.00	253.13	11.01	1096.27	2774.98
Ag	2	0.10	1.00	20.00	986.96	9.87
K	3	0.51	2.85	16.76	507.42	14.46
As	4	0.50	66.81	534.48	14423.91	9636.62
Sb	5	0.10	0.45	22.50	389.13	1.75
Cu	6	50.80	126.81	14.98	171.33	217.27
Cd	7	0.10	7.54	527.80	8095.65	610.41
Pb	8	4.30	20.38	37.92	415.17	84.61
Au	9	0.50	26.88	483.84	5743.48	1543.85
NTE	10	52.90	56.14	10.61	15.35	8.62
Ni	11	4.00	6.91	19.00	87.77	6.07
Na	12	3.27	2.78	10.20	-7.59	-0.21
Rb	13	16.30	78.83	62.87	425.67	335.56
Cs	14	0.60	1.98	46.20	258.70	5.12
Ba	15	222.00	495.38	33.47	142.55	706.15
Mo	16	2.90	0.83	4.58	-68.89	-0.57
U	17	0.30	0.19	10.77	-31.16	-0.06
Co	18	16.40	17.33	19.02	14.86	2.58
Nb	19	3.30	2.80	16.12	-7.77	-0.22
Sr	20	587.30	240.69	8.20	-55.45	-133.47
Th	21	0.50	0.15	6.30	-67.39	-0.10
Fe	22	7.08	8.46	26.29	29.88	2.53
Sc	23	18.00	30.13	38.50	81.94	24.69
Si	24	54.17	53.54	23.72	7.43	3.98
P	25	2.54	0.15	1.48	-93.58	-0.14
V	26	142.00	247.25	45.27	89.26	220.70
Ga	27	16.60	15.85	25.78	3.78	0.60
Y	28	18.00	22.68	35.28	36.96	8.38
Ti	29	0.65	0.81	36.14	35.45	0.29
Ta	30	0.10	0.15	45.00	63.04	0.09
Ca	31	2.54	3.84	46.87	64.33	2.47
Al	32	20.75	18.42	28.41	-3.51	-0.65
Mn	33	0.13	0.15	38.08	25.42	0.04
Mg	34	2.54	3.51	46.98	50.21	1.76
Hf	35	1.17	1.73	51.75	60.72	1.05
Zr	36	63.50	58.49	33.16	0.12	0.07
Eğim (m):				0.92		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayactaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayactaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kötü değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmiştır.



Ek Tablo 21. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (1 nolu profil -cevherli zon)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Zn	1	23.00	82.50	3.59	540.53	445.94
Ag	2	0.10	34.43	688.60	61382.14	21133.87
K	3	0.51	3.37	19.82	1079.97	36.40
As	4	0.50	35.00	280.00	12400.00	4340.00
Sb	5	0.10	4.15	207.50	7310.71	303.39
Cu	6	50.80	62.53	7.39	119.80	74.91
Cd	7	0.10	0.83	58.10	1382.14	11.47
Pb	8	4.30	284.73	529.73	11724.34	33382.70
Au	9	0.50	358.18	6447.24	127821.43	457830.79
NTE	10	52.90	25.67	4.85	-13.35	-3.43
Ni	11	4.00	2.88	7.92	28.57	0.82
Na	12	3.27	1.60	5.87	-12.63	-0.20
Rb	13	16.30	84.70	67.55	827.91	701.24
Cs	14	0.60	1.85	43.17	450.60	8.34
Ba	15	222.00	594.25	40.15	378.00	2246.27
Mo	16	2.90	5.08	28.03	212.81	10.81
U	17	0.30	0.20	11.33	19.05	0.04
Co	18	16.40	3.88	4.26	-57.75	-2.24
Nb	19	3.30	1.85	10.65	0.11	0.00
Sr	20	587.30	66.83	2.28	-79.68	-53.25
Th	21	0.50	0.35	14.70	25.00	0.09
Fe	22	7.08	2.19	6.81	-44.76	-0.98
Sc	23	18.00	14.00	17.89	38.89	5.44
Si	24	54.17	76.41	33.85	151.89	116.06
P	25	2.54	0.03	0.30	-97.89	-0.03
V	26	142.00	146.50	26.82	84.23	123.40
Ga	27	16.60	9.68	15.74	4.13	0.40
Y	28	18.00	10.70	16.64	6.15	0.66
Ti	29	0.65	0.47	20.97	29.12	0.14
Ta	30	0.10	0.10	30.00	78.57	0.08
Ca	31	2.54	0.19	2.32	-86.64	-0.16
Al	32	20.75	11.92	18.38	2.58	0.31
Mn	33	0.13	0.02	5.08	-72.53	-0.01
Mg	34	2.54	0.48	6.43	-66.25	-0.32
Hf	35	1.17	0.93	27.82	41.94	0.39
Zr	36	63.50	35.50	20.13	-0.17	-0.06
Eğim (m):				0.56		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayactaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayactaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 22. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (1 nolu profil -tüm hat)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Zn	1	23.00	196.25	8.53	966.58	1896.91
Ag	2	0.10	13.15	263.00	16337.50	2148.38
K	3	0.51	3.03	17.82	642.65	19.47
As	4	0.50	56.21	449.68	13952.50	7842.70
Sb	5	0.10	1.68	84.00	2000.00	33.60
Cu	6	50.80	105.38	12.45	159.30	167.87
Cd	7	0.10	5.30	371.00	6525.00	345.83
Pb	8	4.30	108.49	201.84	3053.78	3313.04
Au	9	0.50	137.31	2471.58	34227.50	46997.78
NTE	10	52.90	45.99	8.69	8.67	3.99
Ni	11	4.00	5.57	15.32	74.06	4.13
Na	12	3.27	2.39	8.77	-8.64	-0.21
Rb	13	16.30	80.78	64.43	519.48	419.63
Cs	14	0.60	1.93	45.03	302.08	5.83
Ba	15	222.00	528.33	35.70	197.48	1043.36
Mo	16	2.90	2.24	12.36	-3.45	-0.08
U	17	0.30	0.19	10.77	-20.83	-0.04
Co	18	16.40	12.84	14.09	-2.13	-0.27
Nb	19	3.30	2.48	14.28	-6.06	-0.15
Sr	20	587.30	182.73	6.22	-61.11	-111.66
Th	21	0.50	0.54	22.68	35.00	0.19
Fe	22	7.08	6.37	19.79	12.46	0.79
Sc	23	18.00	24.75	31.63	71.88	17.79
Si	24	54.17	61.16	27.10	41.13	25.15
P	25	2.54	0.11	1.08	-94.59	-0.10
V	26	142.00	213.67	39.12	88.09	188.22
Ga	27	16.60	13.79	22.43	3.84	0.53
Y	28	18.00	18.68	29.06	29.72	5.55
Ti	29	0.65	0.69	30.78	32.69	0.23
Ta	30	0.10	0.13	39.00	62.50	0.08
Ca	31	2.54	2.63	32.10	29.43	0.77
Al	32	20.75	16.25	25.06	-2.11	-0.34
Mn	33	0.13	0.10	25.38	-3.85	0.00
Mg	34	2.54	2.50	33.46	23.03	0.58
Hf	35	1.17	1.46	43.68	55.98	0.82
Zr	36	63.50	50.84	28.82	0.08	0.04
Eğim (m):				0.80		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayactaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayactaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmiştır.

Ek Tablo 23. Altère ve az altère kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (2 nolu profil - propilitik zon)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Co	1	21.40	9.93	0.46	-62.60	-6.21
Ag	2	0.10	0.48	9.50	283.06	1.34
Mg	3	3.87	2.86	2.22	-40.40	-1.16
Cs	4	0.90	1.25	5.56	12.01	0.15
Sb	5	0.40	0.88	10.94	76.41	0.67
Y	6	16.70	17.30	6.22	-16.46	-2.85
Cd	7	0.30	0.35	8.17	-5.91	-0.02
Ba	8	243.00	328.00	10.80	8.85	29.04
Sc	9	34.00	27.25	7.21	-35.37	-9.64
Mn	10	0.19	0.15	8.03	-35.27	-0.05
Ti	11	0.88	0.80	9.94	-27.14	-0.22
NTE	12	45.26	46.38	12.30	-17.36	-8.05
Ni	13	6.80	2.55	4.88	-69.76	-1.78
Si	14	48.58	52.92	15.25	-12.15	-6.43
Ca	15	8.06	3.87	7.19	-61.33	-2.37
Zn	16	47.00	53.00	18.04	-9.06	-4.80
U	17	0.20	0.18	14.88	-29.44	-0.05
Cu	18	161.70	143.35	15.96	-28.51	-40.86
Na	19	4.61	3.95	16.28	-30.90	-1.22
Sr	20	510.60	388.05	15.20	-38.71	-150.22
Ga	21	16.60	17.80	22.52	-13.53	-2.41
Pb	22	4.10	32.83	176.13	545.65	179.11
Au	23	3.80	14.63	88.52	210.38	30.77
Ta	24	0.20	0.15	18.00	-39.52	-0.06
Mo	25	0.80	0.50	15.63	-49.60	-0.25
As	26	8.50	126.70	387.55	1102.09	1396.34
Th	27	0.80	0.60	20.25	-39.52	-0.24
K	28	0.76	1.99	73.41	111.43	2.22
Nb	29	2.50	2.98	34.51	-4.03	-0.12
Rb	30	15.10	42.81	85.04	128.61	55.05
V	31	303.00	257.75	26.37	-31.40	-80.93
Al	32	19.16	18.44	30.80	-22.37	-4.13
P	33	0.14	0.15	34.18	-16.47	-0.02
Fe	34	10.13	8.17	27.43	-34.94	-2.86
Hf	35	1.50	1.85	43.17	-0.54	-0.01
Zr	36	49.10	61.25	44.91	0.60	0.37
Eğim (m):				1.25		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altère kayaçtaki element miktarı,  $C_i^A$  altère kayaçtaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altère kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 24. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (2 nolu profil -cevherli zon)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Co	1	21.40	4.28	0.20	-82.46	-3.53
Ag	2	0.10	0.58	11.60	408.77	2.37
Mg	3	3.87	1.74	1.35	-60.61	-1.05
Cs	4	0.90	1.54	6.84	50.10	0.77
Sb	5	0.40	0.52	6.50	14.04	0.07
Y	6	16.70	15.14	5.44	-20.47	-3.10
Cd	7	0.30	0.12	2.80	-64.91	-0.08
Ba	8	243.00	231.60	7.62	-16.40	-37.97
Sc	9	34.00	27.20	7.20	-29.82	-8.11
Mn	10	0.19	0.05	2.74	-75.99	-0.04
Ti	11	0.88	0.85	10.63	-15.27	-0.13
NTE	12	45.26	41.88	11.10	-18.84	-7.89
Ni	13	6.80	1.62	3.10	-79.10	-1.28
Si	14	48.58	56.51	16.29	2.04	1.15
Ca	15	8.06	1.50	2.80	-83.63	-1.26
Zn	16	47.00	18.80	6.40	-64.91	-12.20
U	17	0.20	0.24	20.40	5.26	0.01
Cu	18	161.70	67.46	7.51	-63.40	-42.77
Na	19	4.61	3.75	15.46	-28.64	-1.07
Sr	20	510.60	231.82	9.08	-60.17	-139.50
Ga	21	16.60	18.48	23.38	-2.35	-0.43
Pb	22	4.10	22.72	121.91	386.09	87.72
Au	23	3.80	11.60	70.21	167.77	19.46
Ta	24	0.20	0.14	16.80	-38.60	-0.05
Mo	25	0.80	0.44	13.75	-51.75	-0.23
As	26	8.50	106.98	327.23	1004.02	1074.11
Th	27	0.80	0.48	16.20	-47.37	-0.23
K	28	0.76	2.51	92.62	190.17	4.78
Nb	29	2.50	2.80	32.48	-1.75	-0.05
Rb	30	15.10	57.88	114.99	236.24	136.73
V	31	303.00	295.80	30.26	-14.37	-42.49
Al	32	19.16	19.94	33.31	-8.70	-1.74
P	33	0.14	0.13	30.64	-18.55	-0.02
Fe	34	10.13	6.12	20.55	-46.99	-2.88
Hf	35	1.50	1.64	38.27	-4.09	-0.07
Zr	36	49.10	55.98	41.04	0.01	0.01
Eğim (m):				1.14		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayactaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayactaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmiştır.

Ek Tablo 25. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (2 nolu profil -tüm hat)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Co	1	21.40	8.57	0.40	-63.92	-5.48
Ag	2	0.10	0.50	10.00	350.45	1.75
Mg	3	3.87	2.58	2.00	-39.97	-1.03
Cs	4	0.90	1.29	5.71	28.70	0.37
Sb	5	0.40	0.69	8.57	54.44	0.37
Y	6	16.70	16.23	5.83	-12.45	-2.02
Cd	7	0.30	0.26	6.00	-22.78	-0.06
Ba	8	243.00	302.86	9.97	12.28	37.20
Sc	9	34.00	26.71	7.07	-29.21	-7.80
Mn	10	0.19	0.12	6.24	-43.78	-0.05
Ti	11	0.88	0.82	10.23	-16.20	-0.13
NTE	12	45.26	45.06	11.95	-10.30	-4.64
Ni	13	6.80	2.39	4.56	-68.39	-1.63
Si	14	48.58	54.20	15.62	0.51	0.28
Ca	15	8.06	3.11	5.79	-65.25	-2.03
Zn	16	47.00	40.00	13.62	-23.33	-9.33
U	17	0.20	0.20	17.00	-9.91	-0.02
Cu	18	161.70	109.21	12.16	-39.15	-42.76
Na	19	4.61	3.79	15.63	-25.88	-0.98
Sr	20	510.60	325.39	12.75	-42.59	-138.58
Ga	21	16.60	18.24	23.08	-0.99	-0.18
Pb	22	4.10	21.21	113.83	366.15	77.68
Au	23	3.80	14.39	87.07	241.06	34.68
Ta	24	0.20	0.13	15.43	-42.08	-0.05
Mo	25	0.80	0.44	13.84	-50.13	-0.22
As	26	8.50	83.07	254.10	780.46	648.34
Th	27	0.80	0.49	16.39	-45.30	-0.22
K	28	0.76	2.35	86.74	179.08	4.22
Nb	29	2.50	2.74	31.82	-1.16	-0.03
Rb	30	15.10	52.09	103.49	210.77	109.79
V	31	303.00	282.00	28.85	-16.15	-45.55
Al	32	19.16	19.78	33.04	-6.99	-1.38
P	33	0.14	0.13	31.65	-13.59	-0.02
Fe	34	10.13	6.65	22.33	-40.83	-2.72
Hf	35	1.50	1.64	38.33	-1.33	-0.02
Zr	36	49.10	54.66	40.07	0.29	0.16
Eğim (m):				1.11		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayaçtaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayaçtaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 26. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (3 nolu profil - propilitik zon)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Cu	1	105.50	116.98	1.11	8.28	9.68
Na	2	3.23	3.79	2.35	14.63	0.55
Ni	3	7.30	5.98	2.46	-20.07	-1.20
Fe	4	9.91	9.05	3.65	-10.83	-0.98
Cs	5	0.10	0.35	17.50	241.80	0.85
Ca	6	9.48	8.85	5.60	-8.85	-0.78
Ba	7	214.00	245.13	8.02	11.86	29.07
Co	8	27.20	22.14	6.51	-20.52	-4.54
Ga	9	17.50	17.26	8.88	-3.67	-0.63
Mn	10	0.17	0.18	10.37	1.25	0.00
Zn	11	25.00	56.75	24.97	121.68	69.05
Mg	12	4.14	3.33	9.65	-21.48	-0.72
Pb	13	4.70	5.76	15.94	19.73	1.14
Si	14	49.98	50.63	14.18	-1.07	-0.54
Au	15	4.80	7.86	24.57	59.96	4.71
Y	16	22.30	21.13	15.16	-7.49	-1.58
Ag	17	0.10	0.15	25.50	46.48	0.07
Th	18	0.60	0.64	19.13	3.76	0.02
Al	19	19.61	19.73	19.11	-1.76	-0.35
Sc	20	30.00	26.75	17.83	-12.92	-3.46
Mo	21	0.60	0.66	23.19	7.83	0.05
Ta	22	0.20	0.13	13.75	-38.96	-0.05
As	23	6.70	7.50	25.75	9.32	0.70
Sb	24	0.10	0.55	132.00	437.11	2.40
NTE	25	4.37	4.25	24.28	-5.14	-0.22
Rb	26	4.10	11.85	75.15	182.25	21.60
Sr	27	518.20	536.25	27.94	1.06	5.67
Hf	28	1.60	1.95	34.13	19.02	0.37
K	29	0.38	0.81	62.01	108.80	0.88
Cd	30	0.10	0.15	45.00	46.48	0.07
V	31	265.00	225.63	26.39	-16.85	-38.03
Nb	32	2.90	3.01	33.24	1.44	0.04
P	33	0.19	0.18	30.39	-10.05	-0.02
U	34	0.20	0.18	29.75	-14.55	-0.03
Ti	35	0.85	0.84	34.69	-3.21	-0.03
Zr	36	61.90	63.39	36.87	0.00	0.00
Eğim (m):				1.02		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayaçtaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayaçtaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 27. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (3 nolu profil - cevherli zon)

Element	ni	C <sub>i</sub> <sup>O</sup>	C <sub>i</sub> <sup>A</sup>	C <sub>i</sub> <sup>S</sup>	ΔC-nispi	ΔC-net
Cu	1	105.50	68.30	0.65	-22.93	-15.66
Na	2	3.23	0.10	0.06	-96.31	-0.10
Ni	3	7.30	4.97	2.04	-19.00	-0.94
Fe	4	9.91	4.08	1.65	-50.99	-2.08
Cs	5	0.10	1.17	58.33	1288.89	15.04
Ca	6	9.48	0.14	0.09	-98.20	-0.14
Ba	7	214.00	21.67	0.71	-87.95	-19.06
Co	8	27.20	11.37	3.34	-50.25	-5.71
Ga	9	17.50	9.03	4.65	-38.55	-3.48
Mn	10	0.17	0.01	0.59	-93.00	-0.01
Zn	11	25.00	66.00	29.04	214.29	141.43
Mg	12	4.14	0.33	0.95	-90.61	-0.30
Pb	13	4.70	66.87	184.95	1593.68	1065.64
Si	14	49.98	72.31	20.25	72.24	52.23
Au	15	4.80	325.13	1016.04	7963.82	25893.04
Y	16	22.30	10.93	7.84	-41.63	-4.55
Ag	17	0.10	7.33	1246.67	8630.16	632.88
Th	18	0.60	0.37	11.00	-27.25	-0.10
Al	19	19.61	13.25	12.83	-19.58	-2.59
Sc	20	30.00	15.67	10.44	-37.83	-5.93
Mo	21	0.60	4.00	140.00	693.65	27.75
Ta	22	0.20	0.13	14.67	-20.63	-0.03
As	23	6.70	141.10	484.37	2407.11	3396.43
Sb	24	0.10	1.13	272.00	1249.21	14.16
NTE	25	4.37	2.83	16.19	-22.88	-0.65
Rb	26	4.10	35.17	223.01	921.10	323.92
Sr	27	518.20	504.40	26.28	15.88	80.09
Hf	28	1.60	1.57	27.42	16.57	0.26
K	29	0.38	1.33	101.75	317.71	4.24
Cd	30	0.10	0.43	130.00	415.87	1.80
V	31	265.00	192.00	22.46	-13.75	-26.39
Nb	32	2.90	2.27	25.01	-6.95	-0.16
P	33	0.19	0.08	13.89	-49.87	-0.04
U	34	0.20	0.17	28.33	-0.79	0.00
Ti	35	0.85	0.75	30.75	4.58	0.03
Zr	36	61.90	52.07	30.28	0.14	0.07
Eğim (m):				0.84		

ni elementlere verilen değerler, C<sub>i</sub><sup>O</sup> az altere kayadaki element miktarı, C<sub>i</sub><sup>A</sup> altere kayadaki i elementinin ortalama konsantrasyonu, C<sub>i</sub><sup>S</sup> hesaplanmış ölçeklendirme değerleri, ΔC nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaya göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 28. Altere ve az altere kayaçlardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (3 nolu profil - tüm hat)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Cu	1	105.50	103.70	0.98	1.33	1.38
Na	2	3.23	2.78	1.72	-11.12	-0.31
Ni	3	7.30	5.70	2.34	-19.50	-1.11
Fe	4	9.91	7.69	3.11	-19.96	-1.54
Cs	5	0.10	0.57	28.64	490.44	2.81
Ca	6	9.48	6.47	4.10	-29.59	-1.92
Ba	7	214.00	184.18	6.02	-11.27	-20.76
Co	8	27.20	19.20	5.65	-27.23	-5.23
Ga	9	17.50	15.02	7.72	-11.53	-1.73
Mn	10	0.17	0.13	7.70	-20.61	-0.03
Zn	11	25.00	59.27	26.08	144.42	85.60
Mg	12	4.14	2.51	7.28	-37.50	-0.94
Pb	13	4.70	22.43	62.03	391.93	87.90
Si	14	49.98	56.54	15.84	16.63	9.41
Au	15	4.80	94.39	294.97	1927.30	1819.19
Y	16	22.30	18.35	13.16	-15.19	-2.79
Ag	17	0.10	2.11	358.55	2074.32	43.75
Th	18	0.60	0.56	16.91	-3.16	-0.02
Al	19	19.61	17.96	17.40	-5.58	-1.00
Sc	20	30.00	23.73	15.82	-18.46	-4.38
Mo	21	0.60	1.57	55.05	170.23	2.68
Ta	22	0.20	0.13	14.00	-34.40	-0.04
As	23	6.70	43.94	150.83	576.05	253.09
Sb	24	0.10	0.71	170.18	631.02	4.47
NTE	25	4.37	3.86	22.08	-8.96	-0.35
Rb	26	4.10	18.21	115.47	357.86	65.16
Sr	27	518.20	527.56	27.49	4.96	26.14
Hf	35	1.60	1.85	40.37	18.91	0.35
K	29	0.38	0.95	72.85	158.97	1.52
Cd	30	0.10	0.23	68.18	134.30	0.31
V	31	265.00	216.45	25.32	-15.79	-34.18
Nb	32	2.90	2.81	31.00	-0.14	0.00
P	33	0.19	0.15	25.89	-19.10	-0.03
U	34	0.20	0.17	29.36	-10.97	-0.02
Ti	28	0.85	0.82	26.89	-0.99	-0.01
Zr	36	61.90	60.30	35.07	0.43	0.26
Eğim (m):				0.97		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayaçtaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayaçtaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.



Ek Tablo 29. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (4 nolu profil -propilitik zon)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Zn	1	33.00	66.50	2.02	83.20	55.33
Sr	2	501.60	322.39	1.29	-41.57	-134.02
Si	3	51.33	56.92	3.33	0.81	0.46
Cd	4	0.10	0.54	21.71	393.51	2.14
K	5	0.68	1.21	8.89	61.67	0.75
Ti	6	0.75	0.73	5.83	-11.60	-0.08
Ag	7	0.10	0.24	17.00	120.78	0.29
Rb	8	9.70	30.71	25.33	187.79	57.66
As	9	1.00	10.53	94.76	857.14	90.24
Cs	10	0.10	1.21	120.71	997.40	12.04
V	11	209.00	196.57	10.35	-14.50	-28.50
Ba	12	245.00	203.29	9.96	-24.57	-49.95
Ni	13	3.40	2.96	11.31	-20.93	-0.62
Y	14	16.80	16.16	13.46	-12.57	-2.03
Pb	15	2.90	5.54	28.63	73.53	4.07
Mg	16	3.47	1.90	8.75	-50.28	-0.95
Ca	17	9.44	4.56	8.21	-56.08	-2.56
P	18	0.16	0.11	12.21	-38.31	-0.04
Sc	19	24.00	24.21	19.17	-8.28	-2.00
Al	20	20.82	18.66	17.92	-18.54	-3.46
Ga	21	17.70	17.54	20.81	-9.90	-1.74
Co	22	22.20	9.87	9.78	-59.58	-5.88
Cu	23	77.10	59.27	17.68	-30.11	-17.85
Fe	24	8.13	6.78	20.01	-24.21	-1.64
Na	25	3.12	3.06	24.54	-10.76	-0.33
Au	26	2.10	1.84	22.73	-20.53	-0.38
Mn	27	0.15	0.10	17.49	-41.13	-0.04
Sb	28	0.10	0.29	80.00	159.74	0.46
NTE	29	51.38	50.34	28.41	-10.93	-5.50
Mo	30	0.60	0.69	34.29	3.90	0.03
Ta	31	0.20	0.19	28.79	-15.58	-0.03
Th	32	0.80	0.99	39.43	12.01	0.12
U	33	0.20	0.33	54.21	49.35	0.16
Hf	34	1.70	1.91	38.29	2.37	0.05
Nb	35	3.10	3.45	38.95	1.17	0.04
Zr	36	59.50	65.50	39.63	0.08	0.05
Eğim (m):				1.10		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayadaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayadaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaya göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 30. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (4 nolu profil -cevherli zon)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Zn	1	33.00	1.40	0.04	-95.84	-1.34
Sr	2	501.60	493.44	1.97	-3.56	-17.55
Si	3	51.33	69.94	4.09	33.59	23.50
Cd	4	0.10	0.10	4.00	-1.96	0.00
K	5	0.68	0.21	1.53	-70.01	-0.15
Ti	6	0.75	0.88	7.01	14.51	0.13
Ag	7	0.10	0.10	7.00	-1.96	0.00
Rb	8	9.70	5.06	4.17	-48.86	-2.47
As	9	1.00	9.96	89.64	876.47	87.30
Cs	10	0.10	0.28	28.00	174.51	0.49
V	11	209.00	223.20	11.75	4.70	10.49
Ba	12	245.00	248.80	12.19	-0.44	-1.10
Ni	13	3.40	0.76	2.91	-78.09	-0.59
Y	14	16.80	8.76	7.30	-48.88	-4.28
Pb	15	2.90	4.44	22.97	50.10	2.22
Mg	16	3.47	0.11	0.52	-96.84	-0.11
Ca	17	9.44	0.27	0.48	-97.22	-0.26
P	18	0.16	0.07	7.43	-59.56	-0.04
Sc	19	24.00	25.40	20.11	3.76	0.95
Al	20	20.82	16.40	15.75	-22.79	-3.74
Ga	21	17.70	15.04	17.84	-16.69	-2.51
Co	22	22.20	0.32	0.32	-98.59	-0.32
Cu	23	77.10	17.60	5.25	-77.62	-13.66
Fe	24	8.13	2.16	6.39	-73.90	-1.60
Na	25	3.12	0.63	5.02	-80.33	-0.50
Au	26	2.10	1.28	15.85	-40.24	-0.52
Mn	27	0.15	0.01	1.80	-93.46	-0.01
Sb	28	0.10	0.30	84.00	194.12	0.58
NTE	29	51.38	39.60	22.35	-24.44	-9.68
Mo	30	0.60	3.00	150.00	390.20	11.71
Ta	31	0.20	0.18	27.90	-11.76	-0.02
Th	32	0.80	0.74	29.60	-9.31	-0.07
U	33	0.20	0.30	49.50	47.06	0.14
Hf	34	1.70	1.92	38.40	10.73	0.21
Nb	35	3.10	3.32	37.48	5.00	0.17
Zr	36	59.50	60.44	36.57	-0.41	-0.25
Eğim (m):				1.02		

$n_i$  elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayadaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayadaki  $i$  elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaya göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 31. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (4 nolu profil - tüm hat)

Element	ni	$C_i^O$	$C_i^A$	$C_i^S$	$\Delta C$ -nispi	$\Delta C$ -net
Zn	1	33.00	50.28	1.52	41.07	20.65
Sr	2	501.60	359.94	1.44	-33.56	-120.78
Si	3	51.33	60.85	3.56	9.76	5.94
Cd	4	0.10	0.44	17.78	311.52	1.38
K	5	0.68	0.96	7.06	30.79	0.30
Ti	6	0.75	0.77	6.15	-5.08	-0.04
Ag	7	0.10	0.21	14.78	95.47	0.20
Rb	8	9.70	24.75	20.41	136.25	33.72
As	9	1.00	10.90	98.10	909.26	99.11
Cs	10	0.10	1.01	101.11	836.21	8.46
V	11	209.00	203.28	10.70	-9.94	-20.21
Ba	12	245.00	213.61	10.46	-19.27	-41.16
Ni	13	3.40	2.32	8.88	-36.76	-0.85
Y	14	16.80	14.07	11.72	-22.47	-3.16
Pb	15	2.90	5.38	27.82	71.70	3.86
Mg	16	3.47	1.31	6.06	-64.93	-0.85
Ca	17	9.44	3.10	5.58	-69.62	-2.16
P	18	0.16	0.09	10.56	-45.67	-0.04
Sc	19	24.00	24.56	19.44	-5.26	-1.29
Al	20	20.82	17.91	17.20	-20.36	-3.65
Ga	21	17.70	16.84	19.98	-11.91	-2.01
Co	22	22.20	6.53	6.47	-72.75	-4.75
Cu	23	77.10	46.71	13.93	-43.91	-20.51
Fe	24	8.13	5.42	16.00	-38.26	-2.07
Na	25	3.12	2.38	19.09	-29.29	-0.70
Au	26	2.10	1.67	20.63	-26.51	-0.44
Mn	27	0.15	0.07	12.60	-56.79	-0.04
Sb	28	0.10	0.30	84.00	177.78	0.53
NTE	29	51.38	47.30	26.70	-14.76	-6.98
Mo	30	0.60	1.33	66.67	105.76	1.41
Ta	31	0.20	0.18	28.42	-15.12	-0.03
Th	32	0.80	0.93	37.11	7.38	0.07
U	33	0.20	0.33	54.08	51.75	0.17
Hf	34	1.70	1.93	38.56	5.00	0.10
Nb	35	3.10	3.43	38.76	2.55	0.09
Zr	36	59.50	64.43	38.98	0.26	0.17
Eğim (m):				1.08		

ni elementlere verilen değerler,  $C_i^O$  az altere kayactaki element miktarı,  $C_i^A$  altere kayactaki i elementinin ortalama konsantrasyonu,  $C_i^S$  hesaplanmış ölçeklendirme değerleri,  $\Delta C$  nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 32. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (5 nolu profil -propilitik zon)

Element	ni	C <sub>i</sub> <sup>O</sup>	C <sub>i</sub> <sup>A</sup>	C <sub>i</sub> <sup>S</sup>	ΔC-nispi	ΔC-net
Au	1	1.30	0.88	0.67	-34.01	-0.30
Cs	2	0.60	0.15	0.50	-75.49	-0.11
Th	3	0.60	0.53	2.63	-14.22	-0.07
Sc	4	25.00	25.25	4.04	-0.98	-0.25
Hf	5	1.40	1.53	5.45	6.79	0.10
Ta	6	0.10	0.13	7.50	22.55	0.03
Ga	7	15.60	17.40	7.81	9.35	1.63
Rb	8	17.80	5.30	2.38	-70.81	-3.75
V	9	202.00	203.75	9.08	-1.11	-2.26
Si	10	50.14	50.77	10.13	-0.73	-0.37
K	11	0.80	0.41	5.57	-50.37	-0.20
Ni	12	2.40	4.05	20.25	65.44	2.65
Pb	13	2.30	2.88	16.25	22.55	0.65
Mn	14	0.18	0.10	7.78	-45.53	-0.05
Ba	15	286.00	182.00	9.55	-37.61	-68.45
Mg	16	2.81	2.50	14.22	-12.86	-0.32
Ca	17	8.48	8.57	17.18	-0.95	-0.08
Zn	18	45.00	45.25	18.10	-1.42	-0.64
Nb	19	2.80	2.93	19.85	2.42	0.07
P	20	0.14	0.13	17.86	-12.46	-0.02
Fe	21	7.66	6.61	18.12	-15.40	-1.02
Co	22	17.20	20.63	26.38	17.56	3.62
Na	23	3.75	3.23	19.80	-15.62	-0.50
Zr	24	50.80	53.00	25.04	2.29	1.21
Y	25	18.00	19.48	27.05	6.07	1.18
Mo	26	0.40	0.70	45.50	71.57	0.50
NTE	27	50.06	49.91	26.92	-2.26	-1.13
Sr	28	513.00	555.48	30.32	6.16	34.20
Cu	29	45.50	75.28	47.98	62.20	46.82
U	30	0.20	0.18	26.25	-14.22	-0.02
As	31	1.30	0.60	14.31	-54.75	-0.33
Ti	32	0.76	0.80	33.68	3.20	0.03
Al	33	21.53	22.07	33.83	0.50	0.11
Eğim (m):				1.03		

ni elementlere verilen değerler, C<sub>i</sub><sup>O</sup> az altere kayadaki element miktarı, C<sub>i</sub><sup>A</sup> altere kayadaki i elementinin ortalama konsantrasyonu, C<sub>i</sub><sup>S</sup> hesaplanmış ölçeklendirme değerleri, ΔC nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 33. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (5 nolu profil -cevherli zone)

Element	ni	C <sub>i</sub> <sup>O</sup>	C <sub>i</sub> <sup>A</sup>	C <sub>i</sub> <sup>S</sup>	ΔC-nispi	ΔC-net
Au	1	1.30	0.93	0.72	-0.94	-0.01
Cs	2	0.60	0.20	0.67	-54.01	-0.11
Th	3	0.60	0.87	4.33	99.31	0.86
Sc	4	25.00	27.00	4.32	49.02	13.24
Hf	5	1.40	1.50	5.36	47.84	0.72
Ta	6	0.10	0.13	8.00	83.98	0.11
Ga	7	15.60	16.80	7.54	48.60	8.16
Rb	8	17.80	5.17	2.32	-59.95	-3.10
V	9	202.00	584.67	26.05	299.38	1750.36
Si	10	50.14	45.64	9.10	25.61	11.69
K	11	0.80	0.34	4.72	-40.78	-0.14
Ni	12	2.40	3.03	15.17	74.40	2.26
Pb	13	2.30	4.23	23.93	153.97	6.52
Mn	14	0.18	0.03	2.07	-79.56	-0.02
Ba	15	286.00	115.00	6.03	-44.52	-51.19
Mg	16	2.81	0.90	5.14	-55.64	-0.50
Ca	17	8.48	1.98	3.97	-67.78	-1.34
Zn	18	45.00	28.67	11.47	-12.10	-3.47
Nb	19	2.80	2.30	15.61	13.34	0.31
P	20	0.14	0.17	23.81	64.27	0.11
Fe	21	7.66	18.12	49.69	226.46	41.04
Co	22	17.20	10.83	13.86	-13.09	-1.42
Na	23	3.75	0.82	5.01	-69.95	-0.57
Zr	24	50.80	45.97	21.72	24.86	11.43
Y	25	18.00	8.97	12.45	-31.26	-2.80
Mo	26	0.40	2.03	132.17	601.42	12.23
NTE	27	50.06	26.07	14.06	-28.15	-7.34
Sr	28	513.00	279.37	15.25	-24.86	-69.44
Cu	29	45.50	129.40	82.47	292.42	378.39
U	30	0.20	0.30	45.00	106.98	0.32
As	31	1.30	12.07	287.74	1180.77	142.48
Ti	32	0.76	0.63	26.67	14.99	0.09
Al	33	21.53	15.60	23.92	0.00	0.00
Eğim (m):				0.72		

ni elementlere verilen değerler, C<sub>i</sub><sup>O</sup> az altere kayadaki element miktarı, C<sub>i</sub><sup>A</sup> altere kayadaki i elementinin ortalama konsantrasyonu, C<sub>i</sub><sup>S</sup> hesaplanmış ölçeklendirme değerleri, ΔC nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

Ek Tablo 34. Altere ve az altere kayalardaki elementlere ait analiz sonuçları ve bu sonuçlar kullanılarak hesaplanan nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimi (5 nolu profil - tüm hat)

Element	ni	C <sub>i</sub> <sup>O</sup>	C <sub>i</sub> <sup>A</sup>	C <sub>i</sub> <sup>S</sup>	ΔC-nispi	ΔC-net
Au	1	1.30	0.95	0.73	-19.64	-0.19
Cs	2	0.60	0.23	0.75	-58.76	-0.13
Th	3	0.60	0.66	3.31	21.43	0.14
Sc	4	25.00	25.88	4.14	13.82	3.58
Hf	5	1.40	1.50	5.36	17.83	0.27
Ta	6	0.10	0.13	7.50	37.47	0.05
Ga	7	15.60	16.95	7.61	19.49	3.30
Rb	8	17.80	6.81	3.06	-57.91	-3.95
V	9	202.00	346.38	15.43	88.57	306.80
Si	10	50.14	48.77	9.73	6.96	3.40
K	11	0.80	0.43	5.93	-40.72	-0.18
Ni	12	2.40	3.46	17.31	58.66	2.03
Pb	13	2.30	3.31	18.72	58.39	1.93
Mn	14	0.18	0.08	6.42	-49.60	-0.04
Ba	15	286.00	169.88	8.91	-34.68	-58.91
Mg	16	2.81	1.94	11.04	-24.12	-0.47
Ca	17	8.48	6.09	12.20	-21.07	-1.28
Zn	18	45.00	39.00	15.60	-4.69	-1.83
Nb	19	2.80	2.68	18.15	5.06	0.14
P	20	0.14	0.14	20.36	11.94	0.02
Fe	21	7.66	11.06	30.32	58.77	6.50
Co	22	17.20	16.53	21.14	5.66	0.93
Na	23	3.75	2.39	14.65	-29.95	-0.72
Zr	24	50.80	50.09	23.66	8.43	4.22
Y	25	18.00	15.35	21.32	-6.22	-0.95
Mo	26	0.40	1.16	75.56	219.61	2.55
NTE	27	50.06	40.99	22.11	-9.96	-4.08
Sr	28	513.00	446.63	24.38	-4.26	-19.01
Cu	29	45.50	91.85	58.54	122.00	112.06
U	30	0.20	0.23	33.75	23.72	0.05
As	31	1.30	4.99	118.93	321.92	16.06
Ti	32	0.76	0.73	30.84	5.99	0.04
Al	33	21.53	19.58	30.01	0.00	0.00
Eğim (m):				0.91		

ni elementlere verilen değerler, C<sub>i</sub><sup>O</sup> az altere kayadaki element miktarı, C<sub>i</sub><sup>A</sup> altere kayadaki i elementinin ortalama konsantrasyonu, C<sub>i</sub><sup>S</sup> hesaplanmış ölçeklendirme değerleri, ΔC nispi (%) net (g/100g) elementlerin az altere kayaca göre net kütle değişimi, NTE toplam nadir toprak elementler olarak ele alınmıştır.

## ÖZGEÇMİŞ

Enver AKARYALI 1976 yılında Sakarya' da doğdu. 1983-1993 yılları arasında ilk, orta ve lise öğrenimini Sakarya'da tamamladı. 1996 yılında KTÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Lisans öğrenimine başladı. 2000 yılında Lisans öğrenimini tamamladıktan sonra aynı yıl KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2002 yılında KTÜ Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisli Bölümü, Maden Yatakları ve Jeokimya Ana Bilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2004 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak aynı yıl doktora eğitimine başladı. Evli ve bir çocuk babası olan AKARYALI iyi derecede İngilizce bilmektedir