



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**CANCA-AKTUTAN VE LERİKÖY (YİTİRMEZ)–DÖLEK (GÜMÜŞHANE, KD
TÜRKİYE) YÖRESİ EOSEN YAŞLI VOLKANİTLERİN HİDROTERMAL
ALTERASYONU VE ALTIN POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan Kemal AKTAŞ

**KASIM 2018
GÜMÜŞHANE**

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**CANCA-AKTUTAN VE LERİKÖY (YİTİRMEZ)–DÖLEK (GÜMÜŞHANE, KD
TÜRKİYE) YÖRESİ EOSEN YAŞLI VOLKANİTLERİN HİDROTERMAL
ALTERASYONU VE ALTIN POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan Kemal AKTAŞ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19/11/2018

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 21/12/2018

KASIM 2018



KABUL ve ONAY



Doç. Dr. Enver AKARYALI danışmanlığında **Furkan Kemal AKTAŞ** tarafından hazırlanan **“CANCA-AKTUTAN VE LERİKÖY (YİTİRMEZ)-DÖLEK (GÜMÜŞHANE, KD TÜRKİYE) YÖRESİ EOSEN YAŞLI VOLKANİTLERİN HİDROTHERMAL ALTERASYONU VE ALTIN POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Enver AKARYALI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Özgür BİLİCİ

ONAY

Bu tez **09/01/19** tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma, TÜBİTAK 3501 kariyer projesi kapsamında desteklenmiştir. Proje No: 113Y186.

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum **“Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)–Dölek (Gümüşhane, KD Türkiye) yöresi eosen yaşlı volkanitlerin hidrotermal alterasyonu ve altın potansiyelinin belirlenmesi”** isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

07/01/2019


Furkan Kemal AKTAŞ

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CANCA-AKTUTAN VE LERİKÖY (YİTİRMEZ)–DÖLEK (GÜMÜŞHANE, KD
TÜRKİYE) YÖRESİ EOSEN YAŞLI VOLKANİTLERİN HİDROTHERMAL
ALTERASYONU VE ALTIN POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

Furkan Kemal AKTAŞ

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Enver AKARYALI

2018, 59 sayfa

Canca – Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) – Dölek (Gümüşhane, KD Türkiye) alterasyon sahaları, Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin Güney Zon'u içinde yer almaktadır. Canca – Aktutan alterasyon sahasında Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu ve Erken Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu bulunmaktadır. Leriköy (Yitirmez) – Dölek alterasyon sahasında ise Erken Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ve Geç Eosen yaşlı Dölek Granitoyidi yüzeyleme vermektedir. Alibaba Formasyonu andezit, bazalt ve piroklastlarından oluşmaktadır. Petrokimyasal veriler Erken Eosen yaşlı volkanik kayaların andezit ve andezit/bazalt türünde, kalk-alkalin karakterli ve orta-yüksek K'lu olduğunu göstermektedir. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nu oluşturan volkanik

kayaçlarda gözlenen plajiyoklasların andezin (An_{39-69}) ve labrador (An_{29-34}), hornblendlerin edenit (Mg#: 0.66-0.79) ve Fe-Ti oksit minerallerinin ise magnetit (Fe#:0.995-0.93) bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu içinde gelişen alterasyonlar KB-GD ve yaklaşık D-B doğrultuya sahip kırık zonları ile ilişkilidir. Limonitleşme, hematitleşme, kloritleşme, killeşme ve silisleşme en karakteristik alterasyon türlerini oluşturmaktadır. Kil mineral parajenezi olarak sahalarda; kaolen, illit ve kloritin tespit edildiği, illit ve kaolen miktarının alterasyon merkezine doğru yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir.

MINSQ yöntemine göre Canca – Aktutan cevherli alterasyon zonunda kuvars, \pm kaolen \pm Fe’li klorit, propilitik zonunda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten, Mg’lu klorit \pm serizit tespit edilmiştir. Leriköy (Yitirmez) – Dölek cevherli alterasyon zonunda ise kuvars, \pm kaolen, propilitik zonda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten, Mg’lu klorit \pm epidot tespit edilmiştir. Nispi ve net kütle değişim hesaplamalarına göre Canca-Aktutan alterasyon sahasında cevherli zonda Au, As ve Pb elementlerinde; Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahasında cevherli zonda ise Au ve Mo elementlerinde zenginleşme gözlenmiştir.

Sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, kuvarslarda 142 ile 344°C arasındadır. Cevher oluşturan sıvıların $NaCl \pm KCl \pm MgCl_2 - H_2O$ sisteminde, 0.2-1.9 % ağırlık NaCl tuzluluğa ve 0.75-0.94 g/cm³ yoğunluğa sahip olması cevherleşmenin epitermal sistemde oluştuğuna işaret etmektedir.

Elde edilen tüm veriler beraber değerlendirildiğinde; alterasyon sahasındaki potansiyel altın cevherleşmelerinin epitermal tipte olduğu ve oluşumlarının granitik magma ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Altın, Gümüşhane, Hidrotermal alterasyon, Kütle değişimi, Mineral kimyası, Sıvı kapanım

ABSTRACT

MS THESIS

HYDROTHERMAL ALTERATION AND GOLD POTENTIAL ASSESSMENT OF EOCENE-AGE VOLCANITES IN CANCA-AKTUTAN AND LERİKÖY (YİTİRMEZ)-DÖLEK REGIONS (GÜMÜŞHANE-NE TURKEY)

Furkan Kemal AKTAŞ

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Enver AKARYALI

2018, 59 pages

Canca – Aktutan and Leriköy (Yitirmez) – Dölek (Gümüşhane, NE Turkey) alteration areas are located in southern zone of the Eastern Pontide Tectonic Unit. In Canca-Aktutan alteration areas the late Cretaceous aged Kermutdere Formation and the Eocene aged Alibaba Formation are found; whereas the Eocene age Alibaba Formation and late Eocene age Dölek Granitoidic rocks are common in alteration areas of Leriköy (Yitirmez) – Dölek. The Alibaba Formation consists of andesite, basalt and their pyroclasts. Eocene age volcanics fall in andesite and andesite/basalt fields in chemical diagrams plotted as SiO_2 versus $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ and Nb/Y versus $\text{Zr/TiO}_2 \times 0.0001$, have calc-alkaline character and it is determined that they are located in medium to high - potassium areas. The plagioclases observed in volcanic rocks of Eocene age Alibaba Formation are

defined as andezine (An_{39-69}) and labrador (An_{29-34}); hornblends are edenit (Mg#: 0.66-0.79) and Fe-Ti oxide minerals are magnetite (Fe#:0.995-0.93) in composition.

The alterations developed in the Eocene Alibaba Formation are associated with fault zones having NW-SE and about D-B directions. Limonitization, hematitization, chloritization, clayification and silicification are the most characteristic types of alteration. Kaolen, illite and chlorite were determined as clay mineral paragenesis in the fields, and the amount of illite and kaolin increase as it is approached to the alteration center.

According to MINSQ method, quartz, \pm kaolene \pm Fe-chlorite are determined in ore-bearing alteration zone of Canca-Aktutan; and Mg-chlorite \pm sericite, beside albite the dominant alteration mineral of propylitic zone. On the other hand, in mineralized alteration zone of Leriköy (Yitirmez)-Dölek quartz \pm kaolene and in propylitic zone Mg-chlorite \pm epidote are identified, beside the dominant alteration mineral albite. According to the relative to net mass change calculations, enrichment of Au, As and Pb elements are seen in ore zone of Canca-Aktutan alteration area. However, in ore zone of Leriköy (Yitirmez)-Dölek alteration area Au and Mo elements enrichment are assigned.

Homogenization temperatures from fluid inclusions are measured for quartz between 142 and 344°C. The ore-forming fluids having 0.2-1.9 % wt. NaCl equivalent salinity and 0.75-0.94 g/cm³ density in NaCl \pm KCl \pm MgCl₂-H₂O system point out that the mineralization occurred in epithermal system.

When the data obtained are evaluated all together, it is clear that the potential gold mineralizations in the alteration area are of epithermal type and their formation is related to granitic magma.

Keywords: Gold, Gumushane, Hiydrothermal alteration, Mass changes, Mineral Chemistry, Fluid inclusion

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmaya maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, yol göstericim danışman hocam Doç.Dr. Enver AKARYALI'ya sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ, Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER'e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım ve örneklerimin hazırlanmasında katkıları olan kıymetli meslektaşlarım Jeoloji Mühendisleri Enes TÜRK, Mehmet FIRAT, Hasan Hüseyin KOLUAÇIK ve Ramazan GÜNDÜZ'e, ince kesitlerimizin hazırlanmasındaki büyük katkılarından dolayı teknisyen Hakkı YOKUŞ'a, sıvı kapanım analizleri için her türlü desteği sağlayan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında ve hayatımın her alanında bana her zaman örnek olan ve ileriye gösteren değerli ablam başta olmak üzere, bugünlere gelmeme sebep olan anneme ve babama, çok teşekkür ederim.

Furkan Kemal AKTAŞ

Gümüşhane, 2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KABUL ve ONAY	4
TEZ BEYANNAMESİ.....	5
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	2
1.3. Bölgesel Jeoloji.....	2
1.4. Önceki Çalışmalar	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	8
2.1. Giriş	8
2.2. Arazi Çalışması.....	8
2.3. Laboratuvar Çalışmaları	8
2.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması	8
2.3.2. Sıvı Kapanım Analizleri	9
2.3.3. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması.....	9
2.3.4. Kil Analizleri	9
2.4. Analitik Yöntemler	10
2.4.1. ICP-AES ve ICP-MS Yöntemleri.....	10
2.4.2. Elektron Mikroprob Analizleri	11
2.5. Büro Çalışmaları	11
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	12
3.1. Giriş	12
3.2. Çalışılan Alterasyon Sahalarındaki Eosen Yaşlı Volkanitlerin Stratigrafisi ve Petrografik Özellikleri	14
3.3. Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası.....	16

3.3.1. Plajiyoklas.....	17
3.3.2. Hornblend	17
3.3.3. Fe-Ti Oksitler.....	18
3.4. Eosen Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası	18
3.4.1. Giriş	18
3.4.2. Kimyasal Sınıflandırma	19
3.4.3. Tektonik Ortam.....	22
3.5. Yan Kayaçlarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar	23
3.6. Kütle Değişim Hesaplamaları	28
3.6.1. MINSQ yöntemi ile Mineral Değişim Hesaplamaları	29
3.6.2. Canca-Aktutan Alterasyon Sahası Kütle Değişim Hesaplamaları.....	31
3.6.3. Leriköy (Yitirmez) - Dölek Alterasyon Sahası Kütle Değişim Hesaplamaları	36
3.7. Sıvı Kapanım Çalışmaları.....	41
3.7.1. Canca-Aktutan Alterasyon Sahası Sıvı Kapanım Petrografisi ve Mikrotermometrik Ölçümler	41
4. SONUÇLAR.....	51
5. KAYNAKLAR	53
6. EKLER	60
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası ve alterasyon sahalarının dağılımı	1
Şekil 1.2.	Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri.....	4
Şekil 3.1.	Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.	12
Şekil 3.2.	Çalışma alanlarını içerisine alan bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ve alterasyon sahalarına ait arazi görünüşleri.	13
Şekil 3.3.	Alibaba Formasyonu'nda gözlenen andezit-bazaltların genel arazi görünüşleri, (a) Lav akma yapısı, (b) Eksfoliasyon yapısı, (c) volkanik breşler, (d) çatlaklar boyunca gelişen karbonatlaşmalar.....	14
Şekil 3.4.	Alibaba Formasyonu'nda gözlenen andezit-bazaltların genel arazi görünüşleri, (a) Çatlaklı yapı, (b) kalsit ve çört dolguları.....	15
Şekil 3.5.	Alibaba Formasyonu'ndaki andezitlerin ince kesitteki çift nikoldeki görünüşleri.....	16
Şekil 3.6.	Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait volkanitlerine ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı.....	17
Şekil 3.7.	Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait volkanitlerine ait hornblendlerin sınıflaması (Leake vd., 1997).	18
Şekil 3.8.	Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait volkanitlerine ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).....	19
Şekil 3.9.	Eosen yaşlı volkanik kayaların Nb/Y'ye karşı Zr/TiO ₂ *0.0001 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977)	20
Şekil 3.10.	Eosen yaşlı volkanik kayaların AFM üçgen diyagramı (Toleyitik-kalk-alkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar, 1971'e göredir)	20
Şekil 3.11.	Eosen yaşlı volkanik kayaların (a) SiO ₂ (%)'ye karşı K ₂ O (%) ve (b) Co karşı Th diyagramı (Le Maitre vd., 2002; Hastie vd., 2007;)	21
Şekil 3.12.	(a) Volkanitlerinin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramı, (b) kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları (Boynton 1984).....	22
Şekil 3.13.	Eosen yaşlı volkanik kayaların tektonik ayırtman diyagramları (Pearce ve Cann, 1973). (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı (ilksel manto (Hoffmann, 1988), kıtasal bazalt-OOSB+OAB ve Yay volkanitleri alanları (Schmidberger ve Hegner, 1999)'dan alınmıştır. (b) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı	22
Şekil 3.14.	Tez kapsamında çalışılan alterasyon sahalarının makro görüntüleri.....	23
Şekil 3.15.	Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahalarının makro görüntüleri.....	24

Şekil 3.16. Tez kapsamında çalışılan alterasyon sahalarında Eosen yaşlı andezitlerde, hematitleşme- kloritleşme-kalsitleşme'nin mikroskop altında çapraz nikoldeki görünüşleri	25
Şekil 3.17. Canca-Aktutan alterasyon sahası kaolinit ve illitlerin difraktogramları.....	26
Şekil 3.18. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahası kil minerallerinin difraktogramları	27
Şekil 3.19. Canca-Aktutan alterasyon sahasının kütle değişim hesaplamalarına göre elde edilen mineral parajenezi ve şematik alterasyon haritası ve arazi görünümü.....	30
Şekil 3.20. Leriköy (Yitirmez) -Dölek alterasyon sahasının kütle değişim hesaplamalarına göre elde edilen mineral parajenezi ve şematik alterasyon haritası ve arazi görünümü	31
Şekil 3.21. Canca-Aktutan alterasyon sahası için hesaplanan nispi (%) kütle değişim diyagramları.....	33
Şekil 3.22. Nispi kütle artışı veya azalmasına (%) bağlı elementler arası ilişkiler.....	34
Şekil 3.23 Canca-Aktutan alterason sahası için hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları	35
Şekil 3.24. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahası için hesaplanan nispi (%) kütle değişim diyagramları	37
Şekil 3.25. Nispi kütle artışı veya azalmasına (%) bağlı elementler arası ilişkiler.....	38
Şekil 3.26. Leriköy (Yitirmez)–Dölek Canca-Aktutan alterason sahası için hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları.....	39
Şekil 3.27. a) A9 nolu örnekten hazırlanan çift tarafı parlatılmış sıvı kapanım kesiti, b-d) Sıvı kapanım kesitinden polarizan mikroskopta çekilen doku fotoğrafları	42
Şekil 3.28. a, b) A9 nolu örnekte gözlenen Tip I sıvı kapanımlar, c, d) A9 nolu örnekte gözlenen Tip II sıvı kapanımlar	43
Şekil 3.29. a) A16 nolu örnekten hazırlanan çift tarafı parlatılmış sıvı kapanım kesiti, b, c, d) Sıvı kapanım kesitinden polarizan mikroskopta çekilen doku fotoğrafları	44
Şekil 3.30. a, b) A16 nolu örnekte gözlenen Tip I sıvı kapanımlar, c, d) A16 nolu örnekte gözlenen Tip II sıvı kapanımlar	46
Şekil 3.31. a) A4 nolu örnekten hazırlanan çift tarafı parlatılmış sıvı kapanım kesiti, b, c, d) Sıvı kapanım kesitinden polarizan mikroskopta çekilen doku fotoğrafları	47
Şekil 3.32. Canca-Aktutan cevherleşmesinde kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların, homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Wilkinson, 2001).	48
Şekil 3.33. Canca-Aktutan cevherleşme sahasından elde edilen sıvı kapanım verilerinin değişik yatakların verileri ile karşılaştırılması	49

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Ek Tablo 1.	Tez kapsamında alterasyon sahalarının içinde yer alan Eosen yaşlı andezitlere ait plajiyoklas, amfibol ve Fe-Ti oksit minerallerinin mikroprob analiz sonuçları.	60
Ek Tablo 2.	Eosen yaşlı volkanik kayaların ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları.	64
Ek Tablo 3.	Canca-Aktutan alterasyon sahasında kırıklara dik bir hat boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları.....	66
Ek Tablo 4.	Yitirmez (Leriköy) - Dölek alterasyon sahasında kırıklara dik bir hat boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları	68
Ek Tablo 5.	Canca-Aktutan cevherleşmesine dik bir hat boyunca alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimler (%).	70
Ek Tablo 6.	Yitirmez (Leriköy) - Dölek cevherleşmesine dik bir hat boyunca alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimler (%).	71
Ek Tablo 7.	Canca-Aktutan alterasyon sahasında damara dik bir hat boyunca alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları.....	72
Ek Tablo 8.	Canca-Aktutan alterasyon sahasında propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için Huston (1993)'e göre hesaplanan C_i^S , nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri.....	73
Ek Tablo 9.	Yitirmez (Leriköy) - Dölek alterasyon sahasında damara dik bir hat boyunca alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n=14, p<0.01).....	74
Ek Tablo 10.	Yitirmez (Leriköy) - Dölek alterasyon sahasında propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için Huston (1993)'e göre hesaplanan C_i^S , nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri	75
Ek Tablo 11.	Sıvı kapanım analiz sonuçları	76

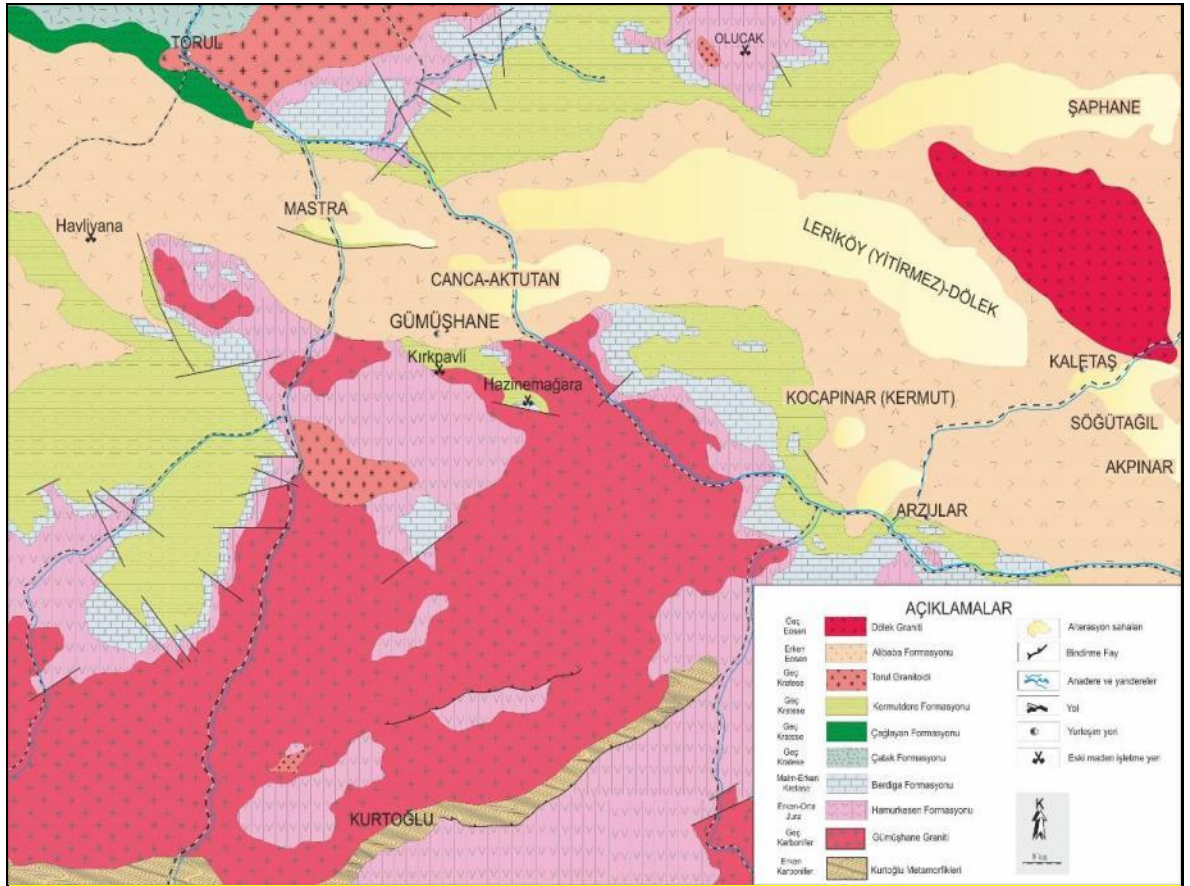
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

An	: Anortit
Au	: Altın
As	: Arsenik
ANTE	: Ağır nadir toprak elementler
BİLE	: Büyük iyon yarıçaplı litofil elementler
BSE	: Geri taramalı elektron mikroskop görüntüsü
cm	: Santimetre
D.L.	: Dedeksiyon Limiti
G	: Gram
HNTE	: Hafif nadir toprak elementler
IAB	: Ada yayı bazaltı
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma – atomik emisyon spektrometri
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma – kütle spektrometri
K	: Potasyum
Mg#	: Magnezyum numarası
MORB	: Okyanus ortası sırtı bazalt
MTA	: Maden Tetkik Arama
NTE	: Nadir toprak elementler
OIB	: Okyanus adası bazaltı
ONTE	: Orta nadir toprak elementler
ppb	: Part per bilion (milyarda bir)
ppm	: Part per million (milyonda bir)
R	: Korelasyon katsayısı
T _h	: Homojenleşme sıcaklığı (°C)
T _{m-ice}	: Son ergime sıcaklığı
T _{fm}	: İlk ergime sıcaklığı
YÇAE	: Yüksek çekim alanlı elementler
μ	: Mikron

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Çalışma alanı Gümüşhane İli ve çevresinde, Trabzon G43-d3-d4, H42-b2 ve H43-a1-a2 paftaları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanında topografya oldukça engebelidir. İnceleme alanındaki en büyük dere Harşit Dere'sidir. Yörenin iklimi karasal iklimle denizel iklim arasında geçiş niteliğindedir. İlkbahar ayları yağış bakımından zengin olup, yazlar sıcak ve bazen yağışlı, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. Yörede yerleşim merkezleri ve yüksek kesimler dışında daha çok seyrek bitki örtüsü hakimdir. Çalışma alanına yer yer stabilize, yer yer de asfalt yoldan ulaşılmaktadır.



Şekil 1.1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası ve alterasyon sahalarının dağılımı (Güven, 1993'den değiştirilerek).

Çalışma alanını da kapsayan Doğu Pontidler ekonomik cevherleşmeler bulundurması yönünden önemli bir bölgedir. Özellikle volkanik kayalarla ilişkili masif sülfür ve epitermal damar tip ekonomik maden yataklarını içermesi sebebiyle, söz konusu bölgede maden yatakları konusunda pek çok çalışma yapılmıştır (Yalçınalp, 1992; Bektaş ve Güven, 1995; Lermi, 1996; Akçay, vd., 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi 2003; Demir, 2005; Sipahi, 2005; Sipahi, 2010; Eyüboğlu 2010; Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz, 2013; Eyüboğlu vd., 2014, Akaryalı, 2016; Akaryalı ve Akbulut, 2016). Tez kapsamında çalışılacak alterasyon sahalarının içinde yer aldığı Eosen yaşlı volkanik kayalar Gümüşhane ve yakın civarında yer alan/işletilen altın yataklarının (Ör: Mastra ve Arzular vb.) Eosen yaşlı volkanik kayalar içinde gözlenmesi, tez kapsamında çalışılan alterasyon sahalarının da potansiyel birer altın sahası olabileceğini düşündürmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

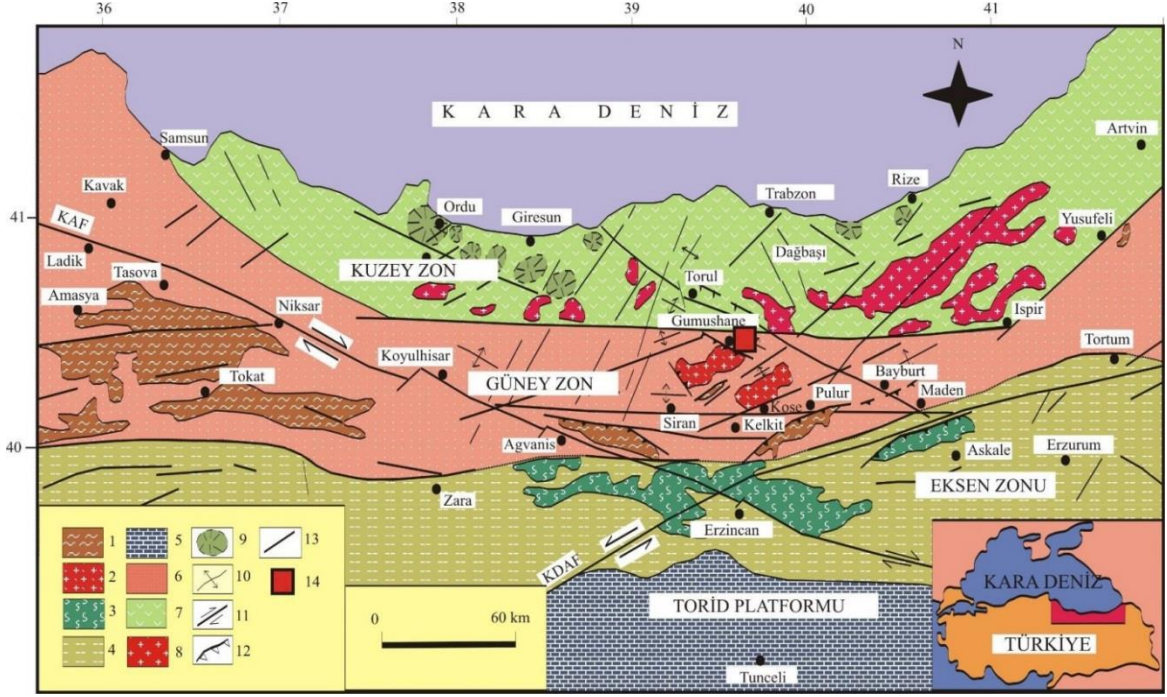
Bu çalışma kapsamında; Doğu Pontidler'in Güney zonunda, Gümüşhane yöresinde andezit-bazalt ve bunların piroklastiklerinden oluşan Alibaba Formasyonu'nda gelişen değişik tür ve boyutlardaki alterasyon sahalarının (Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)-Dölek); petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin yanı sıra tektonik özellikleri, yerleşim zamanları ve yan kayalarla ilgili gelişen alterasyonlar ile cevherleşmelerin kökeni ve altın potansiyelinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla arazi çalışmaları ve örneklemeler yapılarak, alterasyon mineralojisi, kütle değişim hesaplamaları, mineral kimyası, sıvı kapanım ölçümleri ve duraylı izotop analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular yardımıyla söz konusu alterasyon sahalarının ve cevherleşmelerin fizikokimyasal koşullarının saptanması ve buna bağlı olarak bölgede benzer tipte yatakların belirlenmesinde faydalı olabilecek bir modelin ortaya konulması çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır.

1.3. Bölgesel Jeoloji

Alp-Himalaya orojenik kuşağının bir parçasını oluşturan Pontidler, Tetis okyanus kabuğunun yitimi sonucu şekillenmiştir. Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden biri olan pontidler tartışmalı jeodinamik evrimi ve farklı yaş ve türde kayalar ve maden yataklarını içermesi, bölgeyi önemli kılmaktadır. Bu kuşağın jeodinamik evrimi ile ilgili tartışmalar

günümüzde de devam etmektedir. Pontidler'in jeodinamik evrimi ile ilgili üç farklı görüş bulunmaktadır. 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 savunmaktadır (Adamia vd. 1977; Tokel, 1977). Buna karşın Şengör ve Yılmaz (1981) Pontidler için iki safhalı bir yitim modeli önermiştir. Bu modelde, Paleotetis okyanusu Pontidler'in kuzeyinde yer alır ve bu okyanus kabuğu Paleozoyik'ten Dogger'e kadar güney yönlü bir yitime uğrar, ikinci safhada ise yay-gerisi alanda açılan ve olgunlaşan Neotetis okyanus kabuğu Dogger'den itibaren kuzeye doğru Pontid kıtasının altına dalar. Modelin temel çıkış noktası Pontid yayının güneyinde yer alan ultramafik kayaçların Paleotetis veya Neotetis okyanus kabuğuna ait parçalar olduğu görüşünü oluşturmaktadır. Bu iki görüşten farklı olarak, Dewey vd., (1973), Chorowicz vd., (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 Pontidler'de 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 ultrapotasik) volkanizmaya vücut vermiştir. Bu modele göre günümüz Karadeniz ve Hazar Denizi, Paleotetis okyanusunun kalıntılarıdır ve Pontidler Gondwana kıtasının bir parçası konumundadır.

Sonuç olarak bütün araştırmacılar bir yitimin varlığını kabul etmekle birlikte, yitim yönü ile ilgili olarak farklı görüşler ileri sürmüşlerdir. Bununla birlikte Pontidler'in bir magmatik yay olduğu, volkanizma, tektonizma ve plutonizma ile ilişkili maden yataklarının bu yay üzerinde geliştiği kabul görmektedir (Pejatoviç, 1979; Çoğulu, 1971; Bektaş, 1986; Korkmaz ve Gedik, 1988; Tüysüz, 2000; Lermi, 2003).



Şekil 1.2. 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) Doğrultu atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay (14) Çalışma alanı (Eyüboğlu vd. 2006'dan alınmıştır).

1.4. Önceki Çalışmalar

Çalışma sahasının içinde yer aldığı Gümüşhane ili ve yakın çevresinde maden yataklarına yönelik önemli çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Eren (1983); "Gümüşhane-Kale Arasında Mikrofasiyes İncelemesi" isimli çalışmasında, Kale yöresindeki Liyas yaşlı birimlere 'Zimonköy Formasyonu' adını vererek bu birimin Gümüşhane Graniti üzerine aşınma uyumsuzluğu ile geldiğini belirtmiştir. Bu çalışmada Zimonköy Formasyonu Volkanotortul üye ve Çörtlü Kireçtaşı üyesinden oluşmaktadır.

Yalçınalp (1992); Güzelyayla (Maçka- Trabzon) porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası' adlı doktora tezinde Güzelyayla Mo-Cu cevherleşmesinin yöredeki granit sokulumlarına bağlı olarak geliştiğini vurgulayarak Pontid Alt Bazik karmaşığı ve Zigana granatoyidi içindeki kuvarslı mikrodioritler içinde gelişen maden yatağının storkwork ve saçınım şeklinde yerleştiğini söylemiştir. Buna ek

olarak potasik, fillik ve propilitik ayrışma zonları izlenen yatakta arjillik kuşağın gelişmediğini, Güzelyayla porfiri Cu-Mo yatağının mezotermal karakterde olduğunu ve 280-460 °C arasında oluştuğunu ileri sürmüştür.

Akçay ve Çavga (1997); Olucak (Gümüşhane) Köyü'nün 3.2 km KB'sinde Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu içinde, KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylar boyunca kalınlığı kuvars damar ve damarcıklarına bağlı olarak gelişen sahada cevher mineralleri olarak altınla birlikte pirit, kalkopirit, çinkoblend, fahlerz ve galeni tespit etmişlerdir. Altının çoğunlukla kuvarsın içinde, nadiren de cevher minerallerinden kalkopiritin içinde oluştuğunu gang mineralleri olarak kuvars, serizit, kalsit, barit, illit, kaolen ve adularya bulunduğu ifade edilmiştir.

Çubukçu, (1998) ve Tüysüz vd., (1994) Kaletaş'ta (Gümüşhane) altın cevherleşmesini KB-GD doğrultulu silisleşmiş, illitleşmiş ve organik maddece zengin bir zonda geliştiğini, cevher mineralleri olarak altın ile birlikte pirit, stibnit, arsenik, nabit kükürt, cıva (realgar, orpiment), hematit, limonit ve gang olarak kuvars, kalsit, dolomit ile değişik kil minerallerinin (illit, alünit, halloysit, kaolen,) bulunduğu ve cevherleşmenin yapılan çalışmalarda sedimanter tip (Karlin tipi) bir epitermal altın yatağı olduğu ileri sürülmüştür.

Lermi (2003); İnceleme alanın kuzeyinde Midi (Karamustafa-Şiran) yöresinde Liyas yaşlı Şenköy Formasyonu içinde yer alan Pb-Zn cevherleşmesini çalışmış ve sonucunda cevherleşmenin genelde fay ve kırıklar boyunca, devamı olmayan merccekler şeklinde yerleşmiş olduğunu, cevherleşmenin mineral parajenezinde pirit, pirotin, kalkopirit, manyetit, tetrahedrit, bornit, arsenopirit, nabit altın, elektrum, enarjit-luzonit, simitsonit, serizit, sfalerit, galen gang olarak ise limonit, hematit, kalsit, dolomit, ankerit, siderit, kuvars, epidot, klorit, illit ve kaolinit bulunduğunu ifade etmiştir.

Sipahi (2005); 'Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaları Mineralojisi ve Jeokimyası' adlı doktora tezinde, çalışılan volkanitlerin toleyitik-geçiş-kalkalkali özellikte ve volkanik yay ortamında geliştiğini ileri sürmüş; dasitleri Dasit-I ve Dasit-II olarak adlandırmıştır. Volkanitlerde, genel olarak az ayrıışmış kayaktan çok ayrıışmış kayaca doğru illitleşme-kloritleşme-kaolinitleşme arttığını, karbonatlaşmanın ise azaldığını ortaya koymuştur.

Demir vd., (2008); Köstere Madeninde yaptıkları mineral kimyası çalışmalarına göre, sfaleritlerin Zn/Cd ve piritlerin de Co/Ni oranlarının cevher oluşumunun asidik kökenli bir magmatik faaliyetle ilişkili olduğuna dikkat çekmektedirler.

Akaryalı (2010); yaptığı Doktora Tezi çalışmasında Arzular yöresindeki altın cevherleşmesinin KD-GB ve yaklaşık D-B doğrultulu birbirlerini kesen kırık sistemlerine bağlı olduğunu, yapılan sıvı kapanım ve izotop çalışmalarına göre cevherleşmenin kökeninin magmatik kayalarla ilişkili olduğunu, ve cevherleşmenin hidrotermal damar tip, düşük sülfürlü epitermal sistemde oluştuğu sonucuna varmıştır.

Sipahi ve Sadıklar (2010); Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Minerolojisi ve Kütle Değişimi' başlıklı çalışmasında çalışma alanında kayalarındaki alterasyon ürünlerinin muhtemelen mezo-epitermal evrede, asidik-hafif alkali ortam şartlarında kayalarındaki minerallerin hidrotermal alterasyonu ile oluştuğu sonucuna varmıştır.

Aslan ve Akçay (2011); Gümüşhane ili Mastra au madeninde yaptıkları çalışmada Pirit, sfalerit, galen ve kalkopiritten elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin genel olarak -1,7‰ ile -6,2‰ gibi dar bir aralıkta değiştiğini, bu değerlerin kükürtün magmatik kaynaklı olduğunu, kuvars ile dengede olan çözeltilerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +4,5‰ ile +6,2‰ arasında, killer ile dengede olan çözeltilerin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri +5,8‰ ila +9,8‰ arasında olduğunu ifade eden Aslan ve Akçay (2011) sıvı kapanımlardan maden yatağının geniş bir sıcaklık aralığında (113-390 °C) oluştuğu tespit etmişlerdir. Kükürt izotop jeotermometresi yardımıyla, sülfürlü mineral çiftlerinden üç farklı sıcaklık değeri elde, (T1: 147±15 °C, T2: 287±21 °C ve T3: 365±28 °C), kuvars ve kil minerallerinden yapılan oksijen izotop jeotermometresi de bu mineraller için ortalama 348,5 °C'lik bir oluşum sıcaklığı belirlemiştir.

Demir (2014); Kocapınar (Kermut) yöresinde Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu içinde yer alan andezitlere bağlı olarak gelişen alterasyonlar üzerinde yaptığı kütle değişim hesaplamalarına göre ana elementlerden K ve Si miktarlarında ve cevher yapıcı elementlerden Cu, Pb, Au, As ve Ag miktarlarında artış, Na, Ca, Fe, Mg elementlerinde nispi azalma, örnekleme yapılan kayaların genel olarak kütlelerinde ise net % 12.28'lik kaybın meydana geldiğini belirlemiştir.

Atay (2016); Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar yöresindeki alterasyonların KB-GD ve yaklaşık D-B doğrultuya sahip kırık zonları ile ilişkili olduğunu, sahada limonitleşme, hematitleşme, kloritleşme, killeşme ve silisleşmenin en karakteristik alterasyon türleri olduğunu, MINSQ yöntemine göre cevherli alterasyon zonunda kuvars, potasyumlu feldspat, serizit ± kaolen; propilitik zonunda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten epidot, demirli klorit, magnezyumlu kloritin yer aldığını tespit etmiştir. Nispi kütle değişim hesaplamalarına göre cevherli zonda K, Pb, Mo ve Au elementlerindeki artışa

rağmen Ca, Na, Fe, Mg, Cu ve As elementlerinde azalma, net kütle değişim hesaplamalarına göre ise cevherli zonda sadece K, Pb, Mo ve Au elementlerinde zenginleşme tespit etmiştir.

Akaryalı, (2016); Altınpınar (Torul) Pb-Zn cevherleşmesinin Liyas yaşlı volkanitler içinde gelişmekte olduğunu, yapılan sıvı kapanım, mineral kimyası ve duraylı izotop çalışmalarına bağlı olarak, cevherleşmenin magmatik kökenli epitermal damar tipi olduğu belirtmiştir.

Akaryalı ve Akbulut (2016); Eylence Yayla ve Emirkomu mevkilerinde (Ünlüpınar-Kelkit) gelişen Pb-Zn cevherleşmesi üzerinde yapılan karbon, oksijen ve kükürt duraylı izotop çalışmalarına göre cevherleşmenin oluşumunu adakitik olmayan granitik kayalarla ilişkilendirilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu çalışma kapsamında, yüzeyleme veren birimler stratigrafik adlama kuralları dikkate alınarak ayırtlanmış, seçilen volkanik kayaç ve cevher örneklerinden petrokimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen bulgular Doğu Pontid Orojenik Kuşağında yapılan diğer çalışmalarla denştirilerek, Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)-Dölek cevherleşmeleri ve ona ev sahipliği yapan Eosen yaşlı volkanik kayaçların; oluşum, köken ve yaş ilişkileri ortaya konmuştur. Çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olarak üç ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.2. Arazi Çalışması

Arazi çalışmalarının ilk etabını Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)-Dölek cevherleşmelerinin de içinde bulunduğu yaklaşık 92 km²'lik bir alan içinde yaygın olan birimlerin tanınması, stratigrafik dizilim sırasının ortaya konması ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu hedef doğrultusunda, Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)-Dölek cevherleşmeleri ve çevre kayaçlardan ölçümler alınmış, formasyon sınırları haritaya işlenmiş ve bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Birimler arası ilişkiler belirlendikten sonra, Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)-Dölek cevherleşmelerinin çevre birimler ile yapısal unsurlar kapsamlı olarak incelenmiştir.

Arazi çalışmaları sonunda, cevherleşmeyi ve çevre birimleri temsil eden kayaçlardan petrografi, sıvı kapanım ve kimyasal analizlerde (tüm kayaç ve mikroprob) kullanılmak üzere gerekli örneklemeler yapılmıştır.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

2.3.1. İnce Kesitlerin Hazırlanması

Çalışma sahasından derlenen örneklerin, mineralojik-petrografik tayinlerine yönelik ince kesitler, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında yapılmıştır. Kayaçlardan alınan

0.5x2x4 cm boyutundaki plakalar, bir yüzeylerinin pürüzlülükleri giderildikten sonra 1 mm kalınlığındaki 2.5x5 cm boyutundaki cam üzerine kanada balzamu kullanılarak yapıştırılmıştır. Cam üzerine yapışmış olan plaka, dereceli aşındırıcılar yardımıyla 0.025 mm kalınlığa kadar inceltilerek petrografik tayin için hazır hale getirilmiştir. Tamamlanan kesitler polarizan mikroskopta incelenerek mineral parajenezleri ve alterasyonlar tayin edilmiştir.

2.3.2. Sıvı Kapanım Analizleri

Sıvı kapanımları tespit etmek amacıyla kuvarslı örneklerden çift tarafı parlatılmış ince kesitler, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü sıvı kapanım laboratuvarında hazırlanmıştır. Sıvı kapanım çalışmaları Linkam MDSG 600 ısıtma ve soğutma tablası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikroskop ile entegre çalışan cihazda, 20x ve 50x büyütme objektifleri kullanılmıştır. Sıvı kapanım cihazının (Linkam) sıcaklık aralıkları -196 °C ile 600 °C arasında değişmekte olup, ısıtma ve soğutma hızı 0.1 °C/dakika'dan, 150 °C/dakika'ya kadar çıkmaktadır. Analizler sırasında soğutma işlemleri için sıvı azot (N₂) kullanılmıştır.

2.3.3. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması

İnceleme alanından sistematik olarak alınan örneklerin, petrografik incelemeleri tamamlandıktan sonra, seçilen örnekler tüm kayaç ve değerli metal analizi gerçekleştirmek için hazırlanmıştır. Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri 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 çeyreklemeye yöntemi ile yaklaşık 40-50 g toz örnek kimyasal analiz için ayrılmıştır.

2.3.4. Kil Analizleri

Kil analizlerinin hazırlanması, Gündoğdu ve Yılmaz (1984) tarafından verilen yöntemle göre yapılmıştır. Kırma, öğütme, kimyasal çözme ve kil fonksiyonunun kazanılması işlemleri söz konusu yöntemin başlıca iş akım şemasını oluşturmaktadır.

Örnekler 2-3 cm boyutlarında kırıldıktan sonra boyutlarının 0.5–1 cm büyüklüğüne kadar gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra örnekler, halkalı öğütücüde boyutları 5 – 10 µm'nin altına düşmeyecek şekilde öğütülerek, kimyasal çözme işlemi ile kil olmayan mineraller uzaklaştırılmıştır. HF ilavesi ile numunede bulunması muhtemel amorf silis de ortamdan atılmıştır. Kimyasal işlemlerin sonunda örnekler saf su ile yıkanarak Stokes Kanununa göre kil boyutundaki malzemenin elde edilmesi ve süspansiyondan pipet yardımıyla bir miktar örnek cam plaka üzerine damlatılarak havada kurumaya bırakılması ile yönlü örnek hazırlama işlemi tamamlanmıştır.

2.4. Analitik Yöntemler

2.4.1. ICP-AES ve ICP-MS Yöntemleri

Çalışma kapsamında yapılan kimyasal analizler ACME Analytical Laboratories Ltd. (KANADA)'da gerçekleştirilmiştir. İnceleme sahasında yüzeyleyen volkanik kayaların sınıflandırılması, kökeni ve jeodinamik ortamının saptanmasına yönelik 12 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 ölçülmüştür.

ICP-AES analiz yönteminde, bir örnekte bulunan elementler atomlaştırma işlemi (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 LiBO₂'de eritilmiş ve %5'lik 100 mL HNO₃ içinde çözündürülmüştür. Analiz yapılan alete standartlar (STD SO 18) girildikten sonra örnekler analiz edilmiştir.

ICP-MS yöntemi ise 0.25 g toz örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz edilecek örnekler ICP hamlacı ile atomlaştırılıp, iyonlaştırılarak ve kütle/yük oranına göre ayrılan iyonlar sayılarak sayısal sonuçlar elde edilmiştir (Jenner vd., 1990). Numuneler, karbon içeriklerinin uçurulması için 200 °C de 100 mL HClO₄-HNO₃- HCl-HF çözeltisinde köpürmeleri gidinceye kadar bekletilmiştir. Metalleri çözmek amacıyla 10 mL kral suyu (3HNO₃-HCl) ile sulandırılarak bekletilen numuneler, seyreltikten, filtrelendikten ve cihaza standart (STD SO 18) okutulduktan sonra analiz edilmiştir.

2.4.2. Elektron Mikroprob Analizleri

Alterasyon sahalarından alınan volkanik örneklerde gözlenen minerallerinin kimyasal analizleri New Mexico Institute of Mining and Technology, Socorro, NM, USA Laboratuvarında, Cameca SX-100 model cihaz ile 15 kV ve 20 nA şartları altında yapılmıştır.

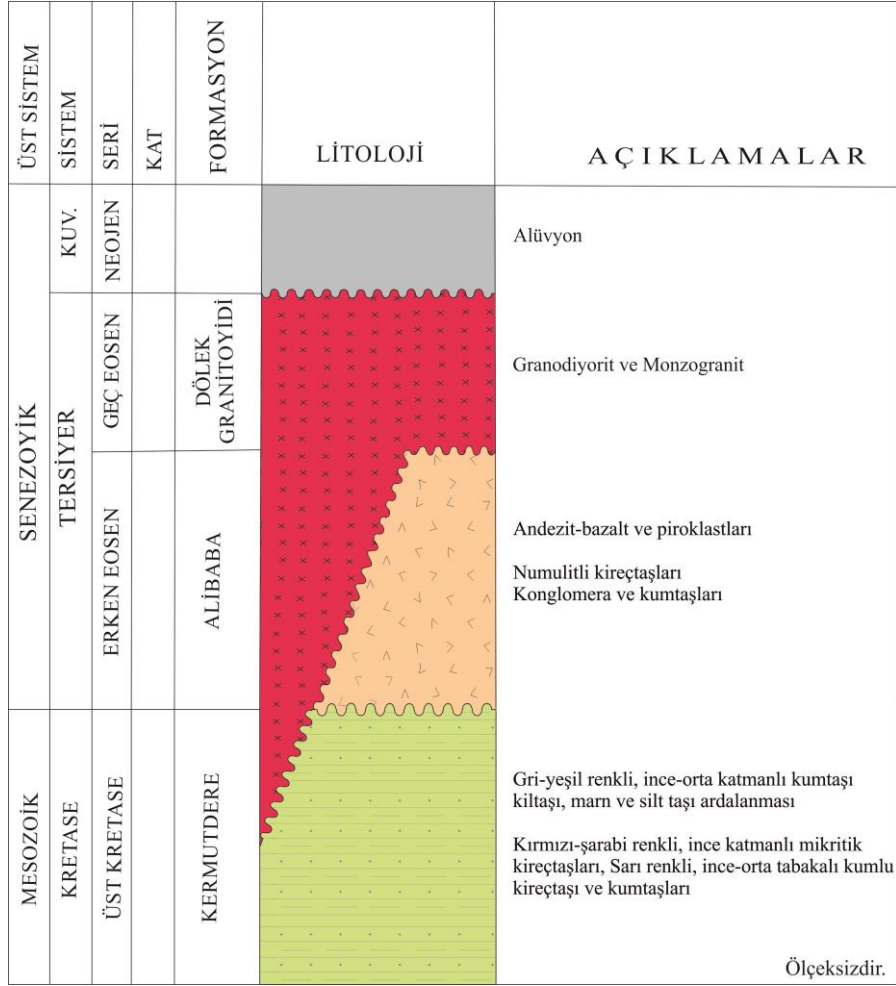
2.5. Büro Çalışmaları

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler büro çalışmaları sırasında değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları neticesinde hazırlanan haritalar, kesitler bilgisayarda paket programları yardımıyla çizilmiştir. Mineralojik, petrografik ve kimyasal analiz sonuçlarının grafikleri ve tabloları paket programları yardımıyla oluşturulmuştur. Elde edilen veriler değerlendirilerek Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na göre tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

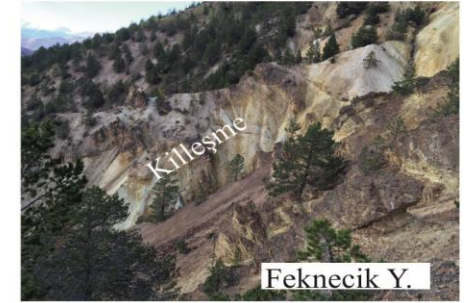
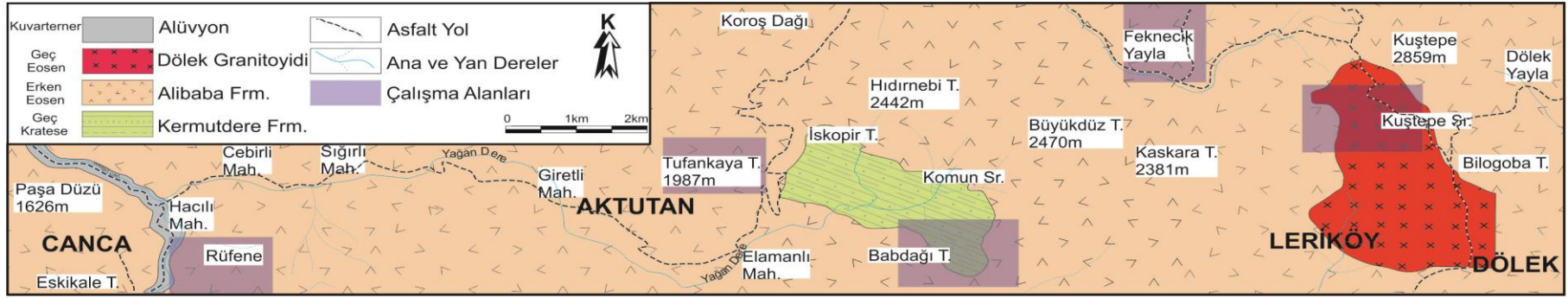
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Giriş

Çalışma alanı Doğu Pontidler'in Güney Zonu'nda yer almakta, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaçların yüzeyleme verdiği bölgede, yaşlıdan gence Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu, Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ve Dölek Granitoyidi bulunmaktadır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2.). Çalışma konusu oluşturan alteasyon sahalarının bulunduğu alanda hakim litolojiyi Eosen yaşlı volkanik kayaçlar oluşturmaktadır. Bu bağlamda, Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)-Dölek alterasyon sahalarında yüzeyleme veren Alibaba Formasyonu'nun jeolojik özellikleri detaylı olarak irdelenmiştir.



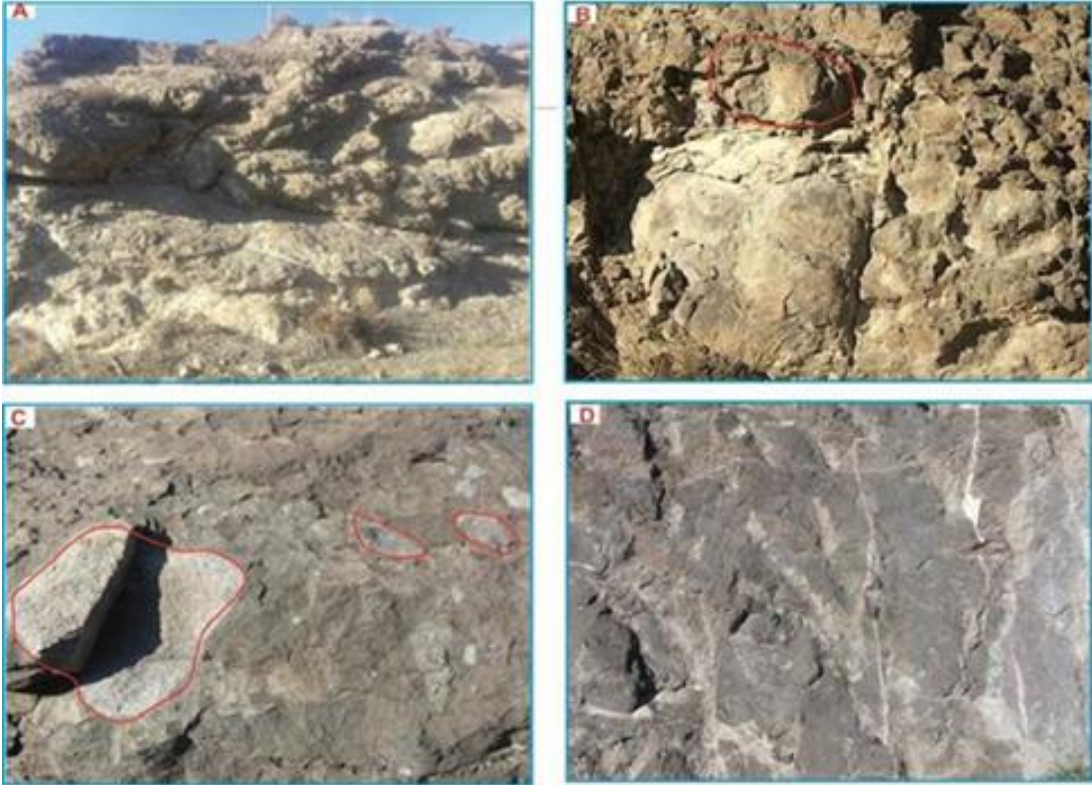
Şekil 3.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.



Şekil 3.2. Çalışma alanlarını içerisine alan bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ve alterasyon sahalarına ait arazi görünümleri.

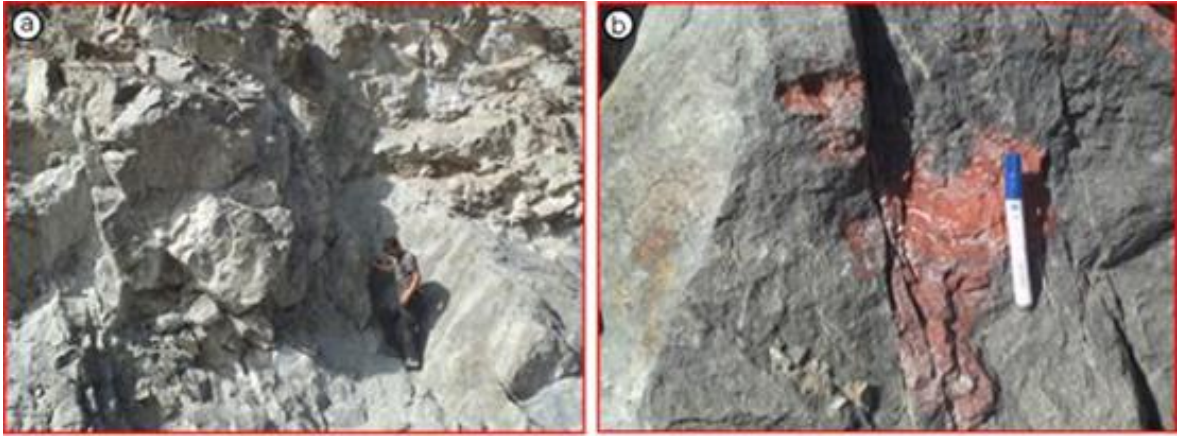
3.2. Çalışılan Alterasyon Sahalarındaki Eosen Yaşlı Volkanitlerin Stratigrafisi ve Petrografik Özellikleri

Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ilk kez Gümüşhane yöresinde Tokel (1972) tarafından tanımlanmıştır. Litostratigrafik adlama kuralları göz önünde bulundurularak, çalışma alanında benzer litolojik özellikler gösteren ve aynı stratigrafik konumda bulunan birim için de Alibaba Formasyonu ismi kullanılmıştır. Alibaba Formasyonu taban seviyelerinde katmansı yapı göstermesi, üstlere doğru yastık lav ve aglomeralardan oluşan volkanitlerin yaygın olması ile karakteristiktir. Birimin morfolojisi ayrışmaya bağlı olarak değişmektedir. Alibaba Formasyonu Canca – Aktutan bölgesinde özellikle Kaledere Mah., Zarfu Mah., Çamlıca Mah., Orta Mah. ve Cebirli Mahallesinin civarlarında yaklaşık 22 km²'lik bir alanda mostra verirken, Leriköy (Yitirmez) - Dölek bölgesinde özellikle Akçakale Yayla, Çamlık Yayla, Şonkale Yayla ve Dölek Yayla civarlarında yaklaşık 13 km²'lik bir alanda mostra vermektedir. Her iki sahada da gözlenen volkanitler genellikle gri, yeşilimsi-gri renklerde çatlaklı ve ayrışmış olarak gözlenmekle beraber (Şekil 3.3a), kloritleşme ve kalsit damarları da gözlenmektedir.



Şekil 3.3. Alibaba Formasyonu'nda gözlenen andezit-bazaltların genel arazi görünümleri, (a) Lav akma yapısı, (b) Eksfoliasyon yapısı, (c) volkanik breşler, (d) çatlaklar boyunca gelişen karbonatlaşmalar.

Birim içinde gözlenen aglomeralar, bloklar halinde, yuvarlak ve oval biçimdedir (Şekil 3.3c). Eksfoliasyon yapısına sahip aglomeraların çapları değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.3b). Ayrıca, Alibaba Formasyonu içinde yaklaşık 7-8 km²'lik bir alanda hidrotermal alterasyon türleri oldukça belirgin yüzeylemeler verirken, Leriköy (Yitirmez) - Dölek bölgesindeki andezit ve bazalt içindeki çatlaklar boyunca ikincil kalsit (karbonatlaşma) ve iri çört dolguları gözlenmektedir (Şekil 3.4b).

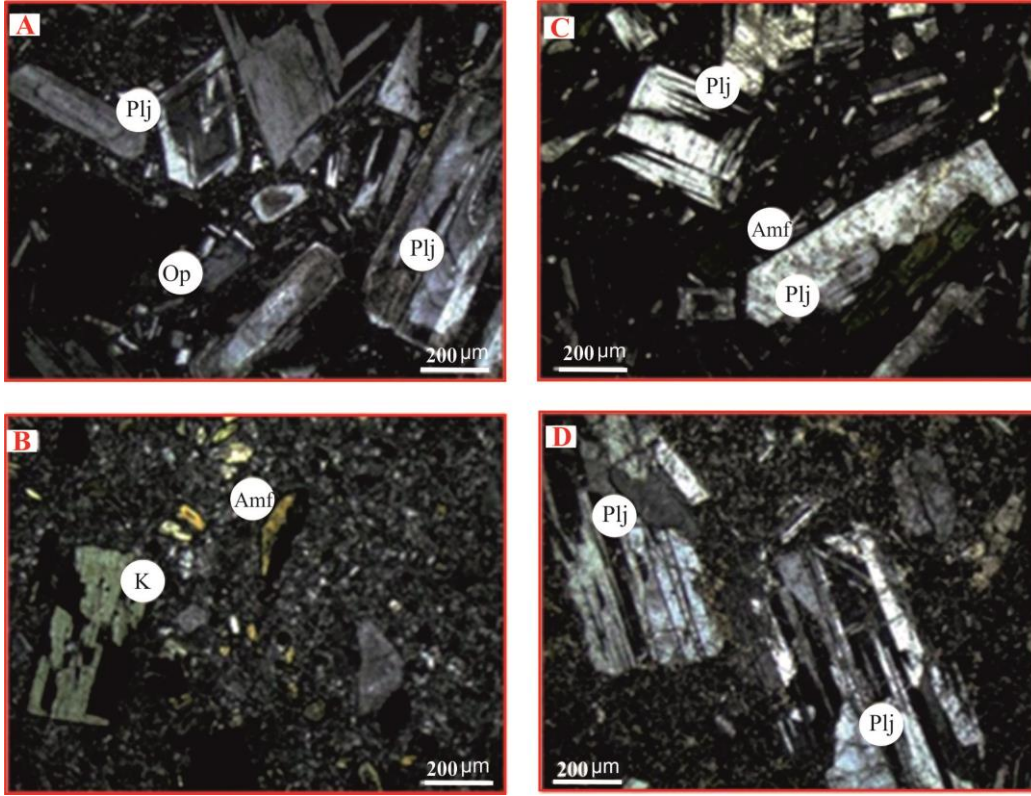


Şekil 3.4. Alibaba Formasyonu'nda gözlenen andezit-bazaltların genel arazi görünüşleri, (a) Çatlaklı yapı, (b) kalsit ve çört dolguları

Birimden alınan örneklerin mikroskobik incelenmesi sonucunda; andezitlerin mikrolitik porfirik ve porfirik dokuda olduğu, plajiyoklasların iri kristaller ve mikrolitler halinde kesitte % 30-35 oranında öz şekilli ve yarı öz şekilli olarak bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.5a). Bazı plajiyoklaslar çatlaklı, kenarları kırıklı yapıda olup yer yer serizitlemiştir (Şekil 3.7c ve d). Leriköy (Yitirmez) - Dölek bölgesinden alınan örneklerdeki plajiyokaslarda albit ikizlenmesi gözlenirken, Canca – Aktutan bölgesinden alınan örneklerdeki bazı plajiyokaslarda zonlanma, bazılarında da albit ikizlenmesi görülmektedir.

Amfibol ise kayalar içinde çok az oranda, bazen plajiyoklas lataları arasında bazen de iri, çoğunlukla hamur içerisinde mikrolitler şeklinde öz şekilsiz olarak gözlenmektedir (Şekil 3.5b ve c).

Kloritleşme hamurda alterasyon ürünü ve boşluk dolgusu olarak bulunurlar (Şekil 3.5b). Kayalar içerisinde %1-2 oranında, küçük taneler halinde opak mineraller de gözlenmiştir.



Şekil 3.5. Alibaba Formasyonu'ndaki andezitlerin ince kesitteki çift nikoldeki görünüşleri (Plj: Plajiyoklas; Amf: Amfibol; Op: Opak Mineraller; K: Klorit)

Eosen yaşlı bu birim çalışma sahasında inceleme alanında Dölek Granitoyidi ile uyumsuz bir dokanak oluşturmaktadır. Alibaba Formasyonu'nun alt sınırını uyumsuz olarak Üst Kretase yaşlı Kermudere Formasyonu oluştururken üst sınırı ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. İnceleme alanında Alibaba Formasyonu'na ait fosil bulgusuna rastlanmamıştır. Aslan (2010) ve Karslı vd., (2010) tarafından, Alibaba Formasyonu'nun volkanik kayaçlarında yapılan jeokronolojik çalışmalarda Eosen yaşı elde edilmiştir. Bu nedenle Alibaba Formasyonu'nun yaşı Eosen olarak kabul edilmiştir.

3.3. Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası

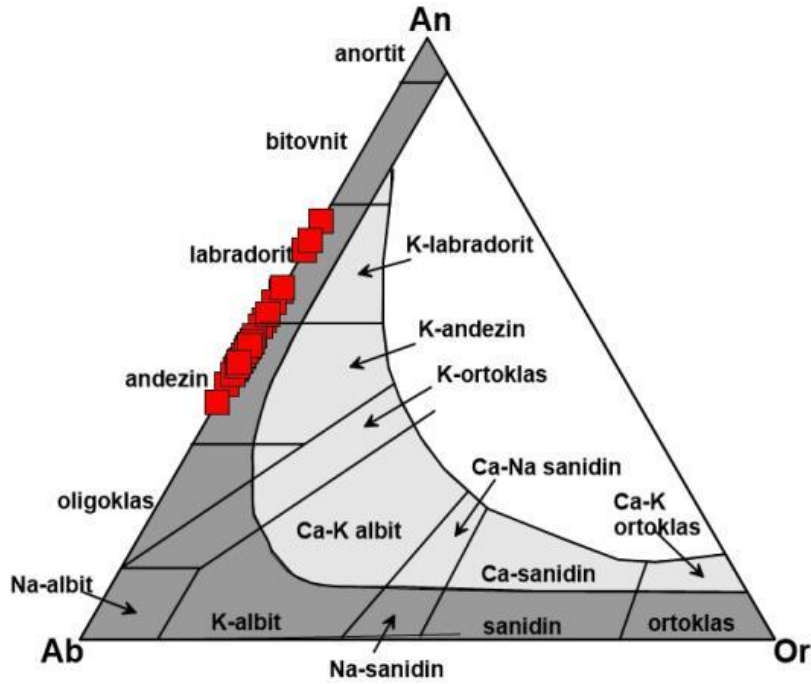
Çalışmanın amacına yönelik olarak, alterasyon sahalarında yüzeyleme veren Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nu oluşturan volkanik kayaçlarda gözlenen plajiyoklas, hornblend ve Fe-Ti oksit minerallerinden kimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Ek Tablo 1'de verilmiştir.

3.3.1. Plajiyoklas

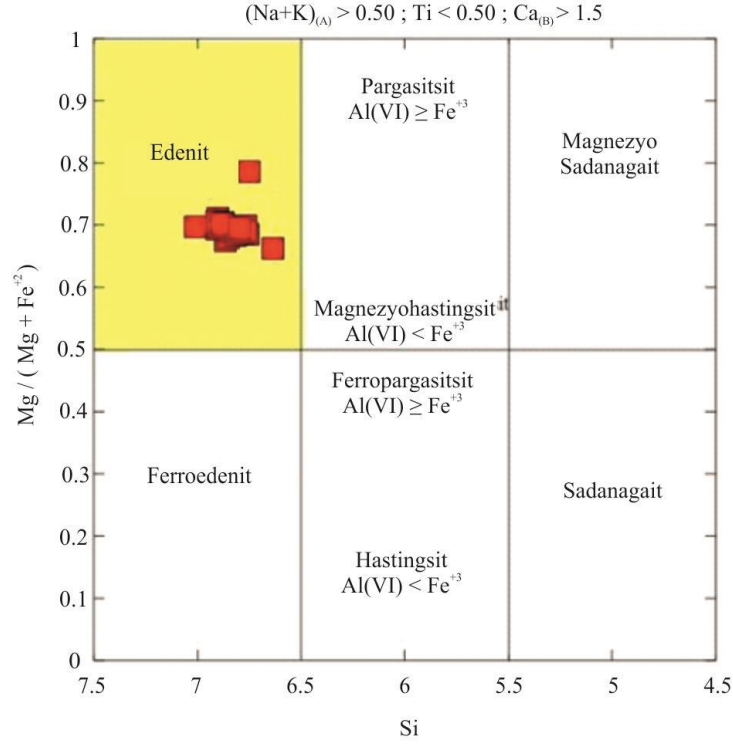
Alibaba Formasyonu'nu temsil eden volkanitlerde hem fenokristaller hem de hamurda mikrolitler halinde gözlenmektedirler. Fenokristallerin büyük bir çoğunluğu zonlu yapıda gelişmiştir. Yapılan mineral kimyası analizleri sonucunda andezin (An_{39-69}) ve labrador (An_{29-34}) bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Andezinler merkezde $An_{44-49}Ab_{48-54}Or_2$ ve kenarda $An_{45-50}Ab_{48-53}Or_{2-3}$ bileşimindedir. Labradorların bileşimi ise merkezde $An_{52-69}Ab_{30-46}Or_{1-2}$ ve kenarda $An_{53}Ab_{45}Or_2$ şeklindedir (Şekil 3.6).

3.3.2. Hornblend

Hornblendlerin Si'a karşı $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ diyagramından (Leake vd., 1997) kalsik (Ca-Tipi) amfibol oldukları ($(Na+K)_{(A)} > 0.50$; $Ti < 0.50$; $Ca_{(B)} > 1.5$) ve Edenit bileşimi gösterdikleri ($Mg\#$: 0.66-0.79) belirlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.6. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait volkanitlerine ait plajiyoklasların Ab-An-Or üçgen diyagramı



Şekil 3.7. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait volkanitlerine ait hornblendlerin sınıflaması (Leake vd., 1997).

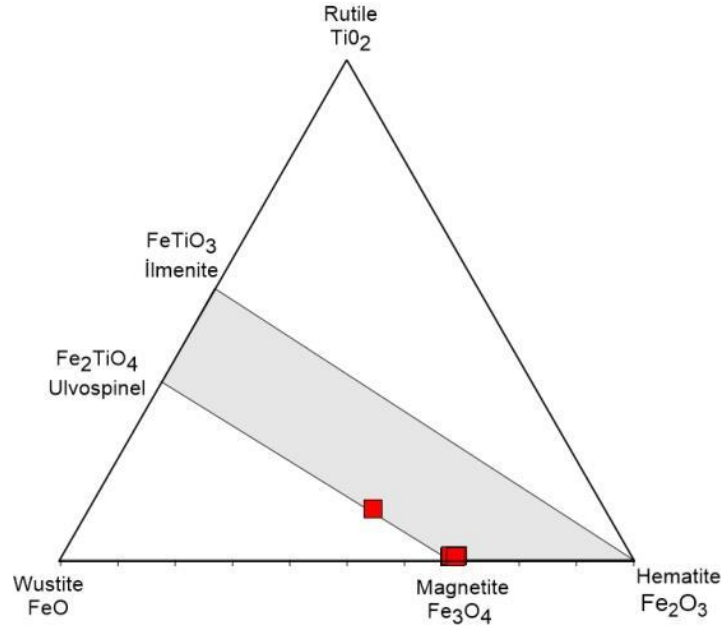
3.3.3. Fe-Ti Oksitler

Fe-Ti oksit mineralleri volkanik kayalarda genellikle ince-orta taneli ve öz ve yarı öz şekilli kristaller halinde bulunmaktadır. Ayrıca hamur içinde öz şekilsiz olarak ve ferromagnezyen minerallerin (ör. hornblend) içinde kapanım şeklinde de gözlenmektedir. Fe-Ti oksitler genellikle hornblend minerallerinin içerisinde kapanım olarak ve/veya hamur içerisinde gözlenmekte olup, magnetit ($\text{Fe}^\#$:0.995-0.93) bileşimindedir (Şekil 3.8).

3.4. Eosen Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası

3.4.1. Giriş

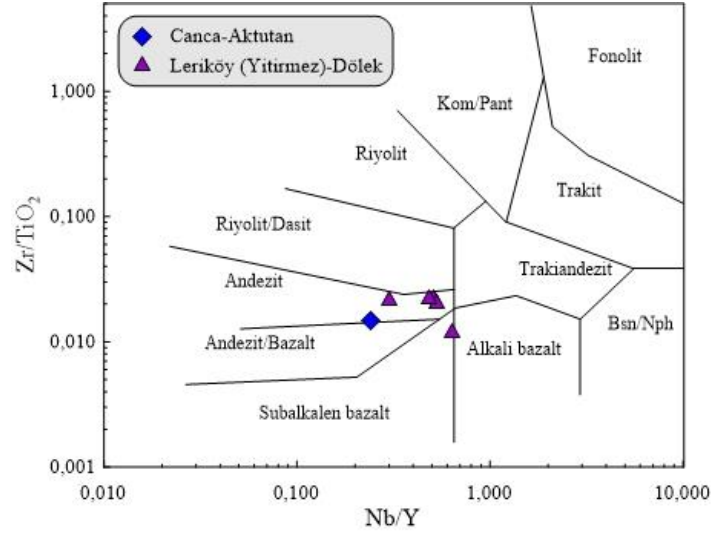
Çalışma alanında yüzeyleme veren volkanik kayaçların petrokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla seçilen örneklerden tüm kayaç analizleri gerçekleştirilmiş, sonuçlar ise Ek Tablo 2'de verilmiştir. Ana (%), iz (ppm) ve nadir toprak element (ppm) verileri kullanılarak volkanitlerin petrolojik özellikleri ortaya konmuştur.



Şekil 3.8. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait volkanitlerine ait Fe-Ti oksit bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988)

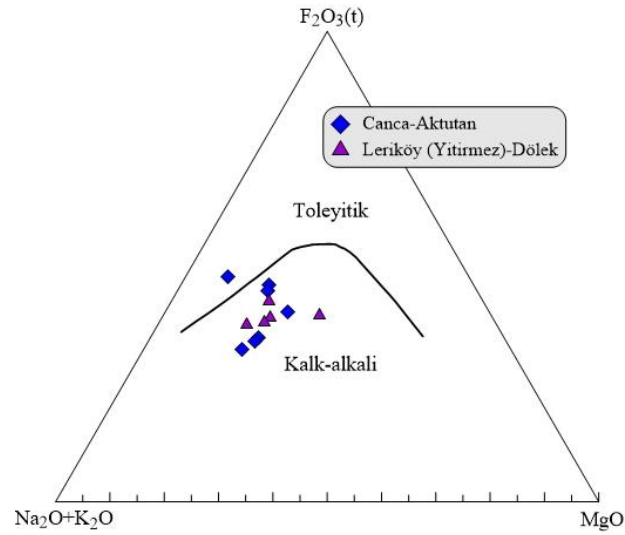
3.4.2. Kimyasal Sınıflandırma

Çalışma sahasında özellikle Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun önemli bir kısmını oluşturan andezitik kayalar, 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_2 , MgO , Na_2O ve K_2O gibi ana elementlerce zenginleşme ve/veya fakirleşme görülmektedir. Bu nedenle sınıflandırma ve yorumlamalarda, çoğunlukla 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 Kranidiotis, 1987; MacLean, 1990; Barrett ve MacLean, 1991; Barrett vd., 1991a,b ve c; Shriver ve MacLean, 1993). Bu bilgiler ışığında, Eosen yaşlı volkanik kayaların sınıflandırılmasında hareketsiz elementler kullanılarak oluşturulan Nb/Y-Zr/TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) kullanılmış ve volkanik kayaların andezit, andezit-bazalt bileşiminde olduğu ortaya konmuştur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Eosen yaşlı volkanik kayaçlarının Nb/Y'ye karşı $Zr/TiO_2 \cdot 0.0001$ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977)

Kayaçların afinitelerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan AFM (Al_2O_3 - FeO_T - MgO) üçgen diyagramında (Irvine ve Baragar (1971), incelenen volkanik kayaçlar kalkalkali alanda yer almaktadır (Şekil 3.10).

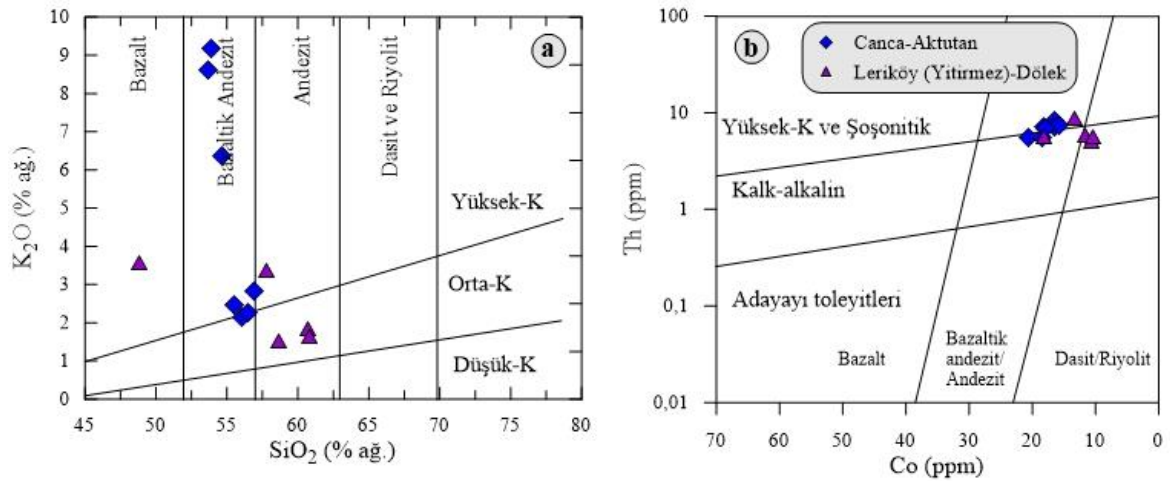


Şekil 3.10. Eosen yaşlı volkanik kayaçlarının AFM üçgen diyagramı (Toleyitik-kalk-alkali ayırım eğrisi Irvine ve Baragar, 1971'e göredir)

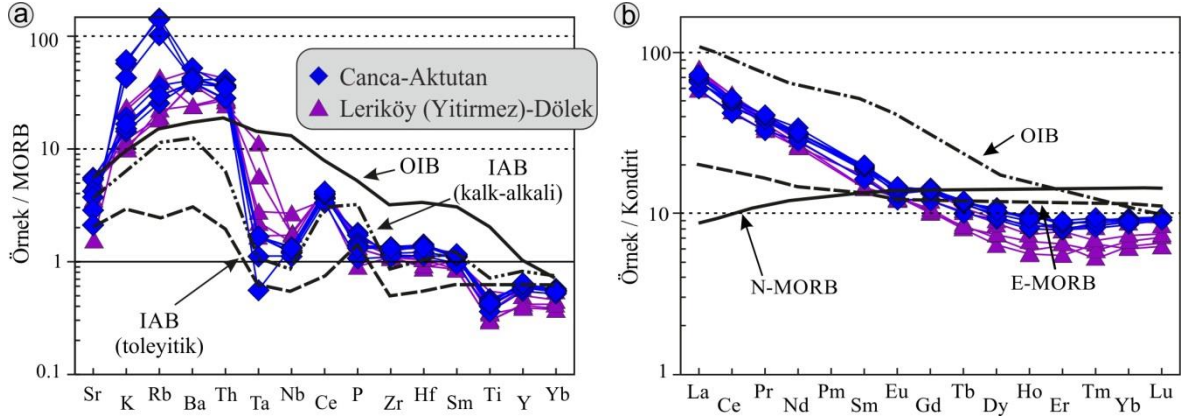
Alterasyondan kolaylıkla etkilenebilen ana elementlerin kullanıldığı Na_2O 'ya karşı K_2O diyagramında ise örnekler orta-yüksek K kalkalkali alanda yer almaktadır (Şekil

3.11a). Yoğun altere olmuş veya hidrotermal alterasyon ya da metamorfizmaya maruz kalmış volkanik kayalar için kullanılan Th-Co diyagramında (Hastie vd. 2007), örnekler kalkalkali alan içinde dağılım gösterirler (Şekil 3.11b).

Örneklerin ilksel mantoya göre normalleştirilmiş iz element dağılım diyagramında (Şekil 3.12a), her iki bölgeye ait kayaç grubunun oldukça benzer bir dağılım gösterdikleri göze çarpmaktadır. İncelenen örnekler hem büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (BİLE) ve hem de yüksek çekim alanlı (YÇAE) elementlerce zenginleşmiştir. Zenginleşme, büyük iyon yarıçaplı elementlerde yüksek çekim alanlı elementlere oranla daha fazladır. Ayrıca yitimle ilişkili ve/veya kabuk katkısını gösteren negatif Nb, Ta, Zr ve Ti anomalileri belirgindir. Örneklerin kondrite göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılım diyagramında (Şekil 3.12b), bütün elementlerce bir zenginleşme göze çarpmakla birlikte, zenginleşme hafif nadir toprak elementlerde (HNTE), ağır nadir toprak elementlere (ANTE) göre daha fazladır ($(La/Lu)_N=5.84-13.50$). Eu'da herhangi bir belirgin negatif veya pozitif anomalinin olmaması, hornblendli andezitlerin gelişiminde plajiyoklas ayrımlaşması veya birikiminin ana proseslerden biri olmadığına işaret etmektedir.



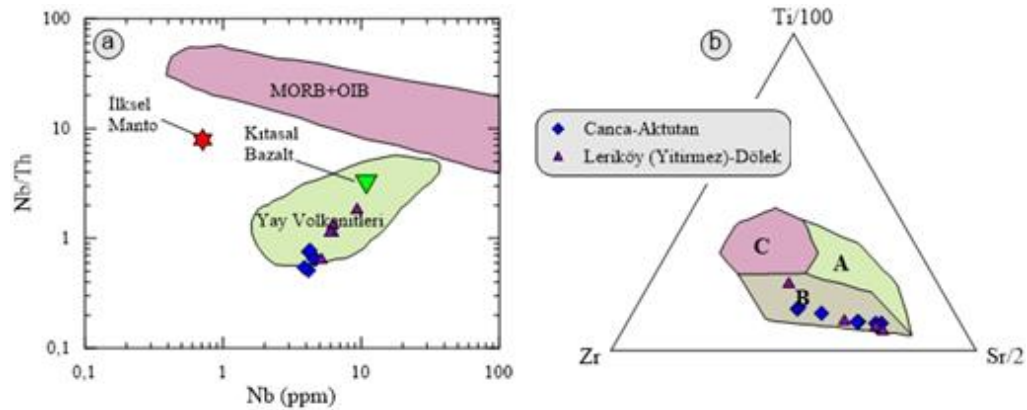
Şekil 3.11. Eosen yaşlı volkanik kayalarının (a) SiO₂ (%)'ye karşı K₂O (%) ve (b) Co karşı Th diyagramı (Le Maitre vd., 2002; Hastie vd., 2007;)



Şekil 3.12. (a) Volkanitlerinin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı, (b) kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları (Boynton 1984).

3.4.3. Tektonik Ortam

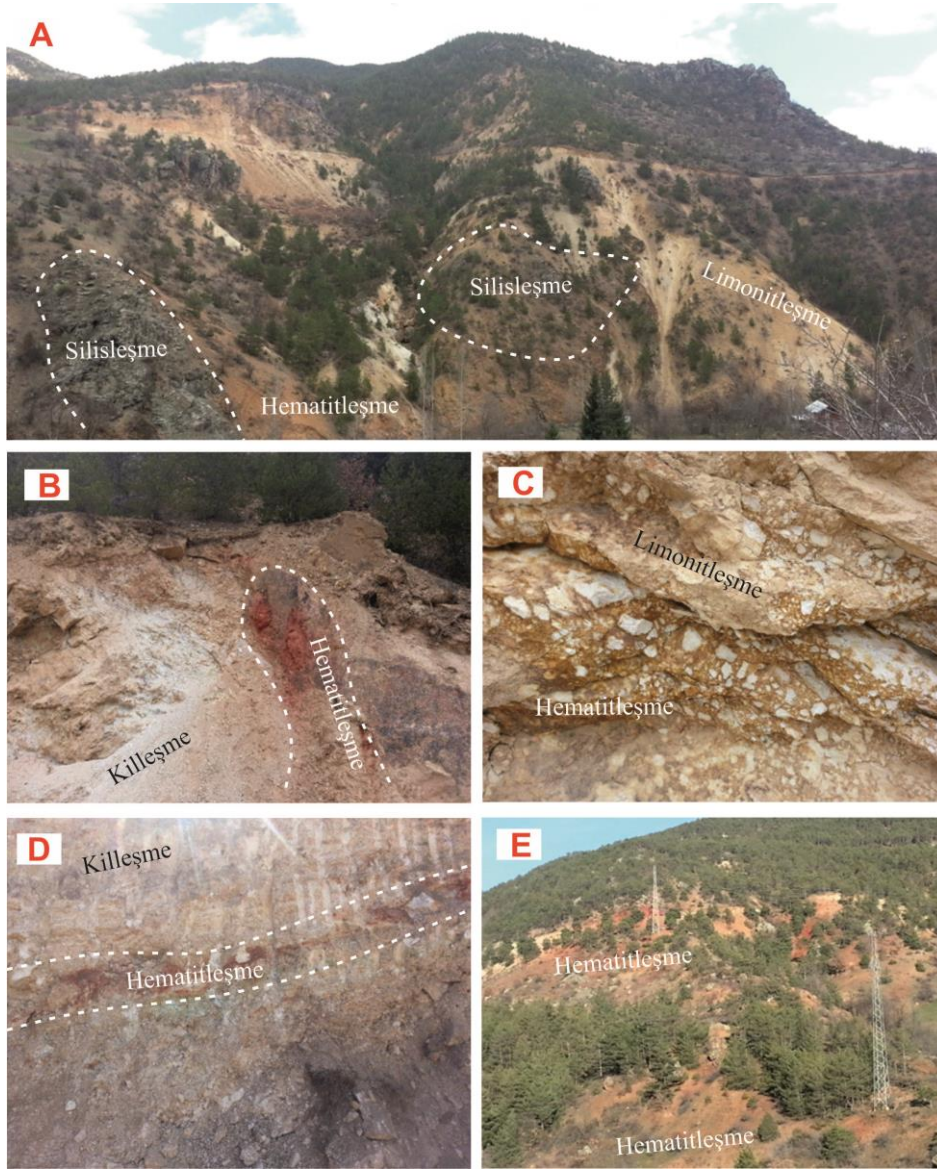
Andezit ve bazaltların türemiş olduğu ve (veya benzerlik gösterdiği) magmanın tektonik ortamlarının belirlenmesinde bazı iz elementlerin kullanıldığı diyagramlardan yararlanılmıştır. Nb'ye karşı Nb/Th tektonik ayırtman diyagramına göre, örnekler yay volkanitleri bölgesine (Şekil 3.13a) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramında (Şekil 3.13b) ada yayı serilerinin kalkalkali bazalt alanına düşmektedir.



Şekil 3.13. Eosen yaşlı volkanik kayaçlarının tektonik ayırtman diyagramları (Pearce ve Cann, 1973). (a) Nb (ppm)'ye karşı Nb/Th diyagramı (ilksel manto (Hoffmann, 1988), kıtasal bazalt-OOSB+OAB ve Yay volkanitleri alanları (Schmidberger ve Hegner, 1999)'dan alınmıştır. (b) Ti/100-Zr-Sr/2 diyagramı (A: Ada yayı toleyitleri, B: Kalkalkali bazalt, C: Okyanus ortası sırtı bazaltları).

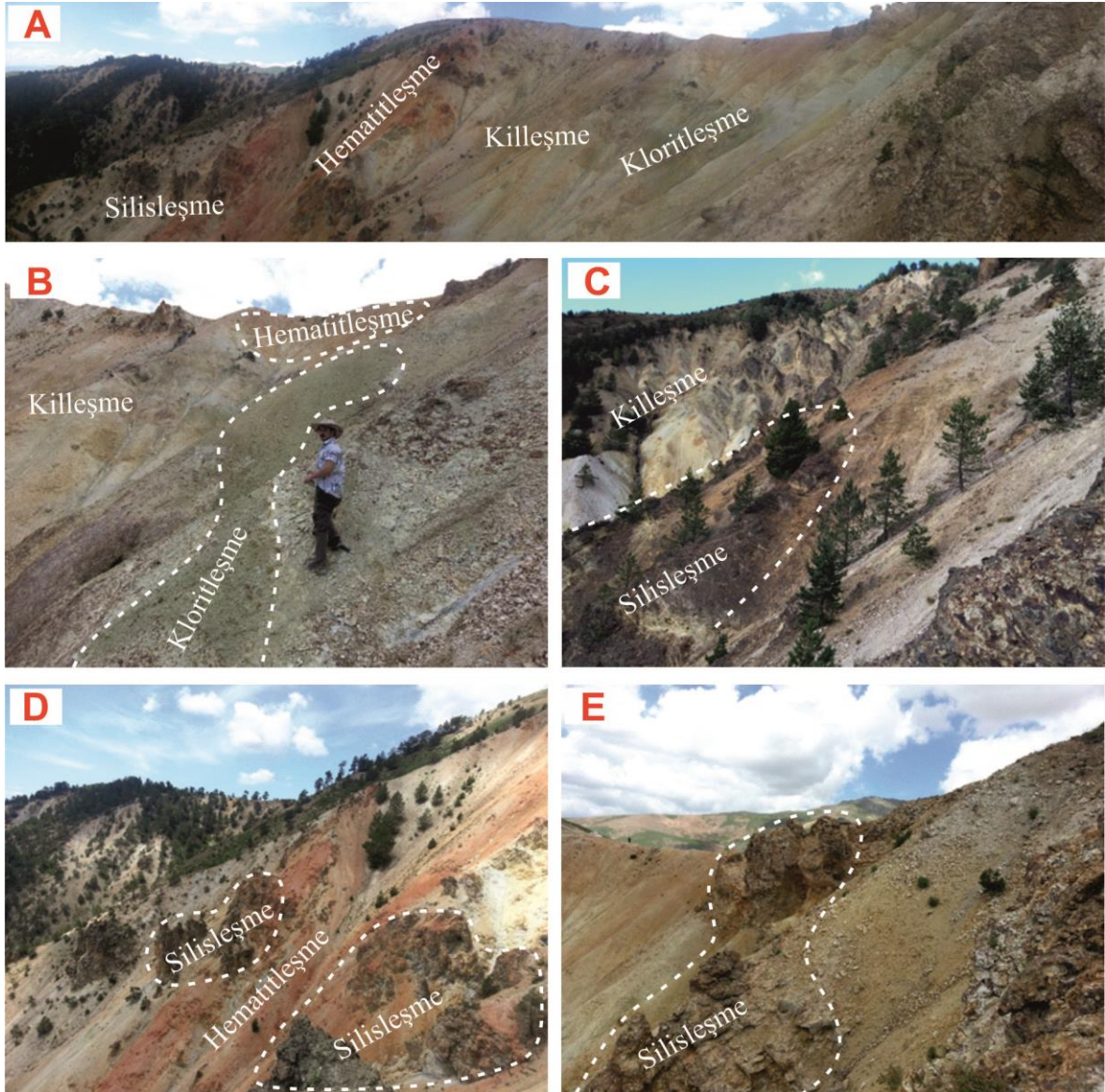
3.5. Yan Kayaçlarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar

Çalışılan alterasyon sahalarının alterasyon mineralojisini ve mineral parajenezi belirlemeye yönelik olarak alınan numuneler makroskobik ve mikroskobik olarak incelenmiştir. Makroskobik gözlemler neticesinde; Canca-Aktutan yöresinde silisleşme, hematitleşme, limonitleşme ve killeşme türü alterasyonlar (Şekil 3.14) gözlenirken, Leriköy (Yitirmez)-Dölek yöresinde ise silisleşme, hematitleşme limonileşme, killeşme ve kloritleşme türü alterasyon gözlenmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.14. Tez kapsamında çalışılan alterasyon sahalarının makro görüntüleri (A: Genel görünüm; B: Hematitleşme, limonitleşme, silisleşme ve killeşme; C, D ve E: Hematitleşme ve limonitleşme).

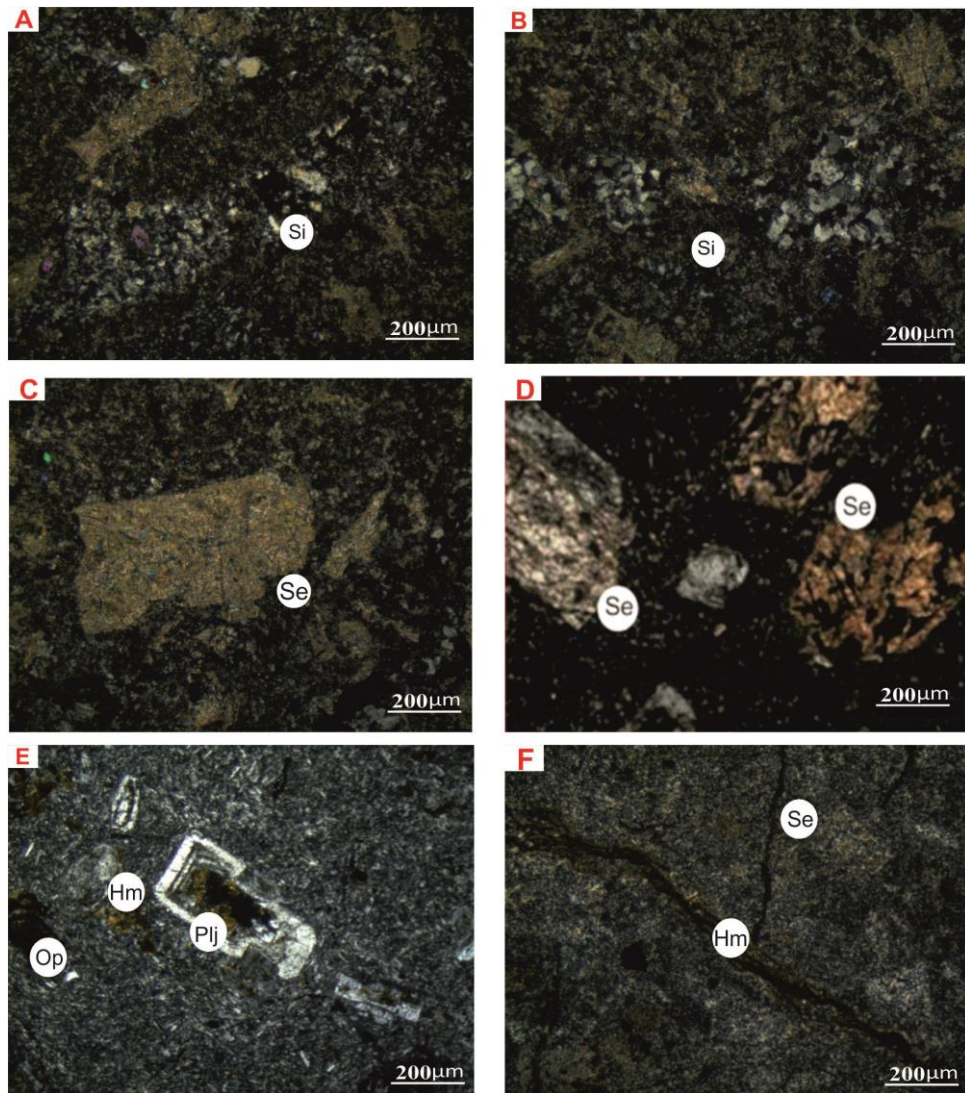
Canca-Aktutan alterasyon sahasında andezitlere bağlı olarak gelişmiş yoğun hidrotermal alterasyonlar gözlenmektedir. Çalışılan altere alanda bulunan kayalar genellikle KD-GB kırık sistemlerine bağlı olarak etkilenmişlerdir (Şekil 3.14A). Canca-Aktutan sahasındaki volkanitlerde; limonitleşme (Şekil 3.14B, C, D ve E), hematitleşme (Şekil 3.14B, C, D ve E), killeşme ve silisleşme (Şekil 3.14B) şeklinde alterasyonlar tespit edilmiştir.



Şekil 3.15. Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahalarının makro görüntüleri (A: Genel görünüm; B: Kloritleşme; C: Killeşme ve limonitleşme; D: Hematitleşme ve silisleşme; E: Killeşme).

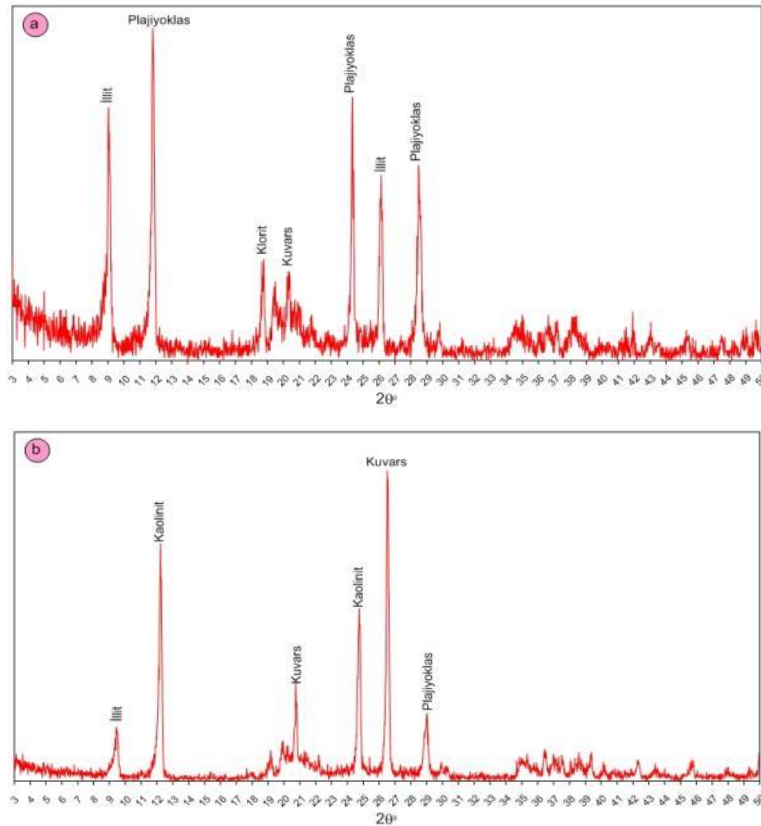
Leriköy (Yitirmez) - Dölek alterasyon sahasında ise gözlenen alterasyonlar genel olarak Şonkale Yayla (Şekil 3.15A) ve çevresinde; hematitleşme (Şekil 3.15D), kloritleşme (Şekil 3.15B) ve killeşme (Şekil 3.15E) şeklinde gözlenmekle beraber, silisleşmelere yer yer piritleşme (Şekil 3.15D) de eşlik etmektedir. Sahada özellikle genç granitik sokulumlar nedeniyle andezitlerde silisleşme yanı sıra killeşme de (Şekil 3.15E) çok gelişmiştir.

Sahadan alınan örneklerin mikroskobik incelenmesi sonucu ise her iki yörede de tespit edilen alterasyon türleri silisleşme, serisitleşme, hematitleşme ve kloritleşmedir (Şekil 3.16).

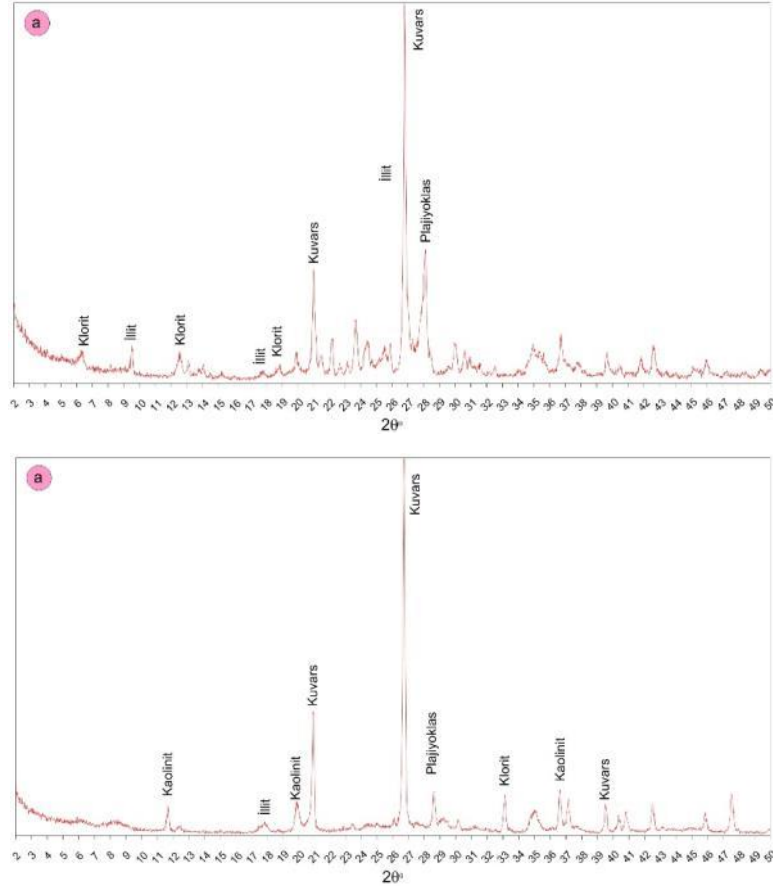


Şekil 3.16. Tez kapsamında çalışılan alterasyon sahalarında Eosen yaşlı andezitlerde, hematitleşme- kloritleşme-kalsitleşme'nin mikroskop altında çapraz nikoldeki görünüşleri. (Si: Silis, Se: Serizit, Plj: Plajiyoklas, Op: Opak mineral, Hm: Hematit).

Kırık zonları boyunca gelişen silisleşme, genellikle mikroskop altında küme halinde ve ince kuvars damarları şeklinde gözlenir. Genelde serisitleşme ile bir arda bulunan silisleşme (Şekil 3.16A ve B) kırık hatlarından uzaklaştıkça daha nadiren gözlenir. Plajiyoklasların en yaygın ayrışma ürünü olan serizitleşme (Şekil 3.16C ve D) kesitlerin çoğunda silisleşme ile birlikte yer alır. Cevherleşmenin bulunduğu alanlarda, özellikle fay ve kırık zonları boyunca cevher içeren bölgeye gelen oksijenli suların, pirit ve opak minerallerin etrafında oluşturduğu hematitleşme (Şekil 3.16E) kırmızımsı renklerde, kloritleşme ise soluk yeşil renklerde gözlenmektedir (Şekil 3.16F). Tez çalışması kapsamında Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)–Dölek yörelerinde gözlenen hidrotermal alterasyonların kil mineral parajenezini belirlemek üzere örnekler hazırlanmıştır. Örneklerin XRD analizleri sonucu çalışılan her sahada da kil mineralleri olarak illit ve kaolinit tespit edilmiştir. Kil dışı bileşen olarak ise kuvars, plajiyoklas ve klorit belirlenmiştir. İllit ve kaolen miktarı alterasyon merkezine doğru yaklaştıkça artmaktadır (Şekil 3.17 ve 3.18).



Şekil 3.17. Canca-Aktutan alterasyon sahası kaolinit ve illitlerin difraktogramları (a: C16 nolu örnek, b: C20 nolu örnek)



Şekil 3.18. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahası kil minerallerinin difraktogramları (a: Y5 nolu örnek, b: Y8 nolu örnek)

Gümüşhane İlinde Eosen yaşlı volkanitler içinde gelişen altın cevherleşme sahalarında Akaryalı (2010) ve Aslan (2011) yaptıkları çalışmalarda şu bulguları elde etmişlerdir. Akaryalı (2010) Arzular yöresindeki altere kayaçlarda kil mineral parajenezi olarak illit, simektit, klorit ve kaolen minerallerini belirlemiş ve cevher içeren kayaçlarda illit ve simektitin yoğun olarak gözleendiğini bu karşın az altere kayaçlarda yani cevher içermeyen kayaçlarda ise klorit minerallerin yoğun olarak gözleendiğini tespit etmiştir. Aslan (2011) Mastra altın yatağında yaptığı çalışmada ise kil minerali olarak illit, simektit, kaolen ve kloritin varlığından söz etmektedir.

Her iki araştırmacı da kuvars damarları çevresindeki kaolen miktarındaki artışı arjilik alterasyon zonuna geçiş ile ilişkilendirmektedir. Arjilik alterasyon 100-300⁰C arasında değişen sıcaklığa sahip hidrotermal çözeltiler tarafından H⁺ metasomatizmasına maruz kalan kayaçlarda bol miktarda kaolen ve montmorillonit türü kil minerallerinin oluşumuyla gerçekleşir (Akaryalı, 2010). Epitermal maden yataklarında H⁺ metasomatizması

karakteristiktir ve bu nedenle bu tür yataklarda arjilik alterasyon cevherin bulunmasına yönelik bir kılavuz olarak kullanılabilir (Akaryalı, 2010).

Bu tez kapsamında Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)–Dölek yörelerinde gözlenen hidrotermal alterasyonların kil mineral parajenezi; Arzular (Akaryalı, 2010) ve Mastra (Aslan, 2011) altın sahalarının yanı sıra Demir, 2014 tarafından çalışılan Kocapınar (Kermut) ve Atay, 2016 tarafından çalışılan Kaletaş-Söğütağlı-Akpınar alterasyon sahalarındaki kil mineral parajenezi ile benzerlik gösterdiğinden, söz konusu alterasyon sahalarında da potansiyel bir epitermal altın cevherleşme sahaları olabileceği kaçınılmazdır.

3.6. Kütle Değişim Hesaplamaları

Çalışılan alterasyon sahalarında gözlenen hidrotermal alterasyonlar Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu kırk hatlarına bağlı olarak gelişmiştir. Kütle değişim hesaplamaları kapsamında her iki sahadan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları kullanılarak çalışılan alterasyon sahalarındaki altere/az altere kayalara ait kütleli değişimler belirlenmiştir. Örneklerin alımı sırasında en az altere kayadan alterasyonun yoğun gözlemlendiği kayalara doğru sistematik örnek alım yöntemi uygulanmış olup, bu yöntemle ilgili olarak da örnekler arası mesafe gözlenen makroskobik gözlemlere bağlı olarak artırılmış veya azaltılmıştır. Örnekleme sırasında Canca-Aktutan alterasyon sahasından 17 ve Leriköy (Yitirmez) Dölek sahasından 17 olmak üzere toplam 34 adet örnek alınmış ve kimyasal analizleri yaptırılmıştır (Ek Tablo 3 ve 4). Hidrotermal ayrışma sonucu kayaların bünyesinde bulunan elementlerin konsantrasyonunda artma ve azalma görülmesine yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. (Gresens, 1967; Grant, 1986; MacLean ve Kranidiotis, 1987; MacLean, 1990; Huston, 1993; Huston ve Cozens, 1994; Barrett ve MacLean, 1994). Söz konusu araştırmacıların yaptıkları çalışmalardan Grant (1986)'ın izokon yönteminin Huston (1993) tarafından değiştirilmiş hali bu çalışmada kullanılmıştır. Huston (1993) izokon yönteminin temelinde hareketsiz elementler arası korelasyon katsayısının belirlenmesi ve pozitif olarak en yüksek korelasyonu veren element çiftinin belirlenmesi yer alır. İzokon yönteminde hazırlanan x-y grafiğinde, ayrışmadan çok etkilenebilecek elementleri merkeze yakın, ayrışmadan az etkilenen elementleri merkezden uzak, hareketsiz elementleri ise bunların arasına dağıtarak ve her bir elemente ayrı bir tam sayı (ni) verilerek ölçeklendirme işlemi tamamlanır ve sıralama yapılır. Bu sıralamada en

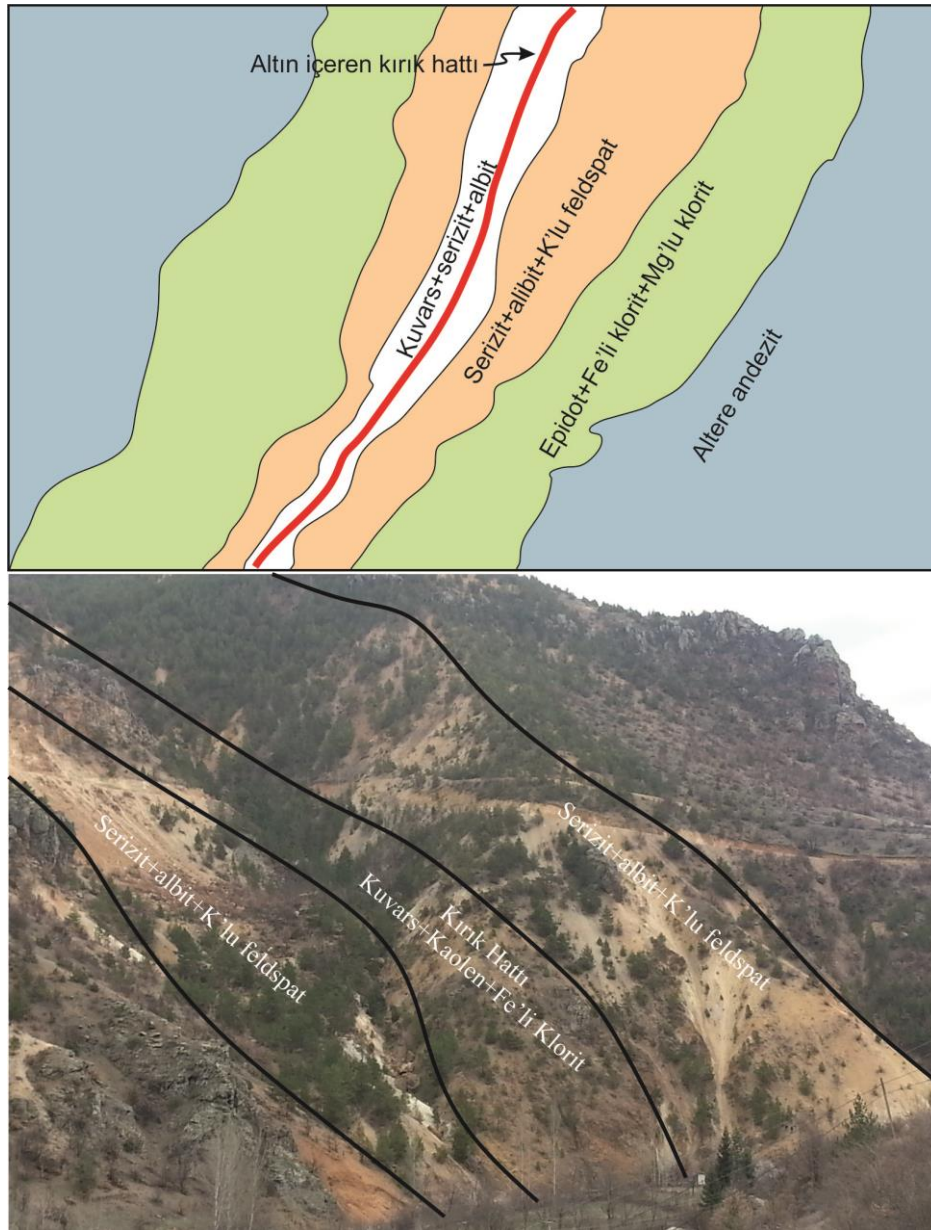
az hareketli olan element merkezden en uzakta, en sona yerleştirilir. Az ayrılmış örnekteki her bir element konsantrasyonunu CiO , ayrılmış örnekteki her bir element konsantrasyonunu CiA , ölçeklendirilmiş ayrılmış örneğin konsantrasyonu ise CiS ile ifade edilmekte olup, $CiS = n_i \times CiA / CiO$ formülünden hesaplanır. Bu yöntemde grafik çizilirken, ölçeklendirilmiş az ayrılmış veya ayrışmamış örneklerin bileşenleri x – eksenine ve ayrılmış örneklerin bileşenleri ise y – eksenine yerleştirilir. Grafiğin merkezi (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. İzokon doğrusunun eğimi (m); $m=1$ ise kayalarda kütle değişimi olmadığını, $m<1$ ise kütle artışı olduğunu ve $m>1$ ise kütle kaybı olduğunu ifade eder. Bu bilgiler ışığı altında, ayrışmadan en az etkilenen kayaca göre her ayrılmış kayacın göreceli (nispi) kütle değişimi yüzde olarak; $\Delta CiA (\%) = 100 \times [CiA / (m \times CiO) - 1]$ formülü ile 100 g'a göre net kütle değişimi, $\Delta CiA (g / 100 g) = [\Delta CiA (\%) / 100] \times [CiA (g / 100 g)]$ bağıntısı ile ayrışmamış kayaca göre meydana gelen net kütle değişimi ise, $\Delta MA (\%) = 100 (1 / m - 1)$ formülü ile hesaplanır (Huston 1993).

3.6.1. MINSQ yöntemi ile Mineral Değişim Hesaplamaları

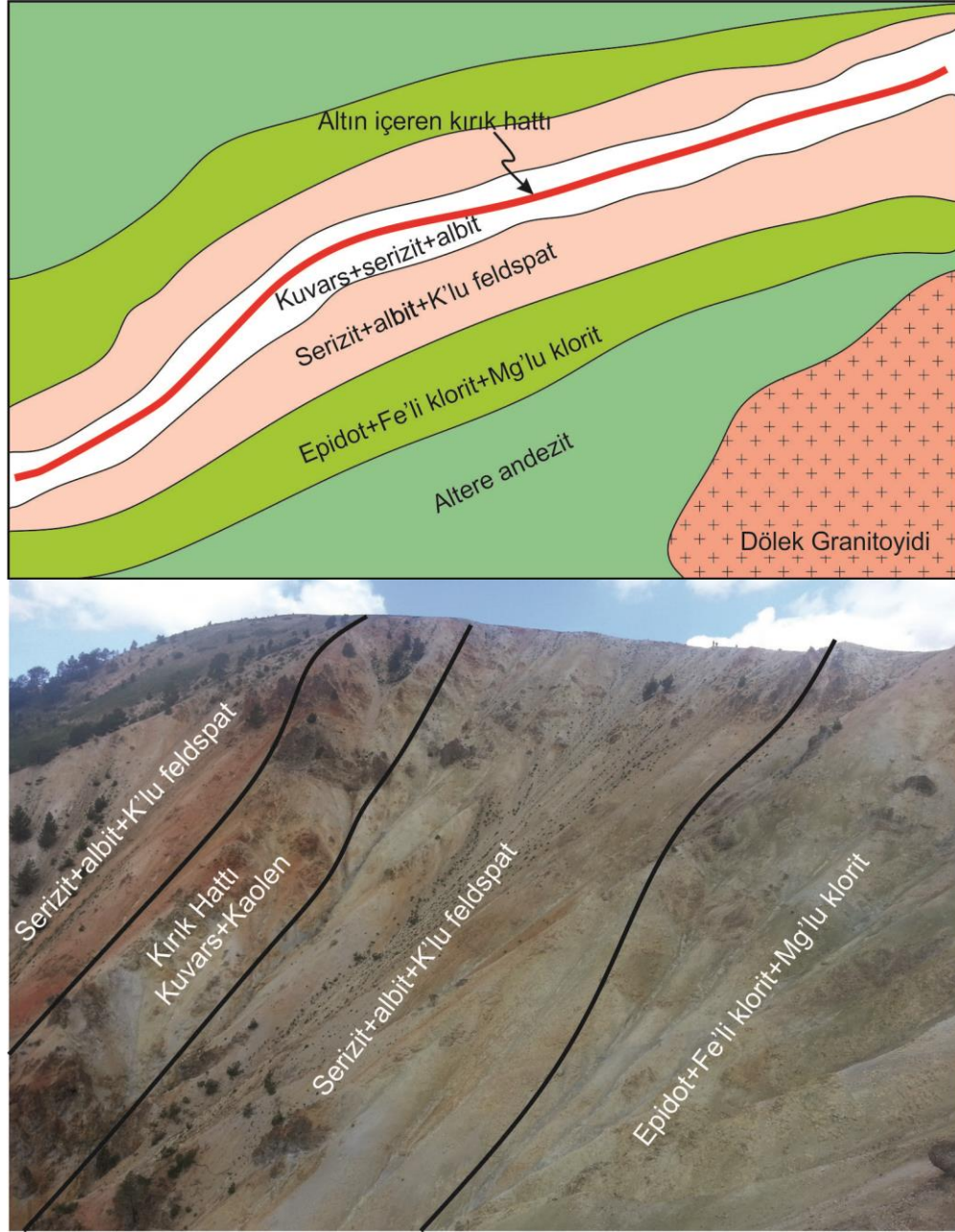
MINSQ yöntemi Herrmann ve Berry, (2002) tarafından geliştiren, bir veri çözümleme programı olup, bu yöntem ile herhangi bir kayacın kimyasal analiz sonuçlarına bağlı olarak o kayacın içinde yer alan mineralleri % olarak belirlenmektedir. MINSQ yöntemini kullanabilmek için çalışılacak kayaların mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi ve o kayaç içindeki minerallerin mikrokimyasal analizlerinin yapılması gerekir (Böhlke, 1989). Ancak bu tez çalışmasında çalışılan altere volkanitlerin mikrokimyasal analizleri yapılamadığından, Deer vd., (1992) ve Dana, (1993) tarafından literatüre kazandırılan minerallerin bileşimlerinden yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında, MINSQ yöntemiyle, her bir alterasyon sahası için altere ve az altere kayalarda oluşan alterasyon mineralojisi ve mineral değişim yüzdeleri belirlenmiştir (Ek Tablo 5 ve 6). Bu yöntemle elde edilen sonuçlara göre, Canca-Aktutan alterasyon sahasında alterasyon mineralojisi olarak, cevherli zonda kuvars, \pm kaolen \pm Fe'li klorit, cevherden uzak propilitik zonda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten, Mg'lu klorit

± serizit (Ek Tablo 5), Leriköy (Yitirmez)-Dölek alterasyon sahasında ise alterasyon mineralojisi olarak, cevherli zonda kuvars, ± kaolen, cevherden uzak propilitik zonda ise baskın alterasyon minerali albite ilaveten, Mg'lu klorit ± epidot tespit edilmiştir (Ek Tablo 6). Elde edilen gözlemler, mikroskopik incelemelere bağlı alterasyon mineral parajenezi ve kütle değişim hesaplamalarına bağlı olarak MINSQ yöntemi ile tespit edilen alterasyon mineral parajenezinden yararlanarak tez kapsamında çalışılan her bir saha için hazırlanan şematik alterasyon haritaları Şekil 3.19. ve 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.19. Canca-Aktutan alterasyon sahasının kütle değişim hesaplamalarına göre elde edilen mineral parajenezi ve şematik alterasyon haritası ve arazi görünümü.



Şekil 3.20. Leriköy (Yitirmez) -Dölek alterasyon sahasının kütle değişim hesaplamalarına göre elde edilen mineral parajenezi ve şematik alterasyon haritası ve arazi görünümü

3.6.2. Canca-Aktutan Alterasyon Sahası Kütle Değişim Hesaplamaları

Canca-Aktutan alterasyon sahasında yan kayalarda meydana gelen kütleli ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla, Canca-Aktutan cevherleşme sahasında, örnekleme profilinde, damara dik doğrultuda alınan 17 adet örneğin kimyasal analiz sonuçlarına göre, en yüksek korelasyona sahip element çifti olarak Zr-Hf ($r= 0.98$)

belirlenmiştir (Ek Tablo 7). Dolayısıyla örnekleme profili için yapılacak olan kütle değişim hesaplamalarında Zr-Hf hareketsiz element olarak belirlenmiştir.

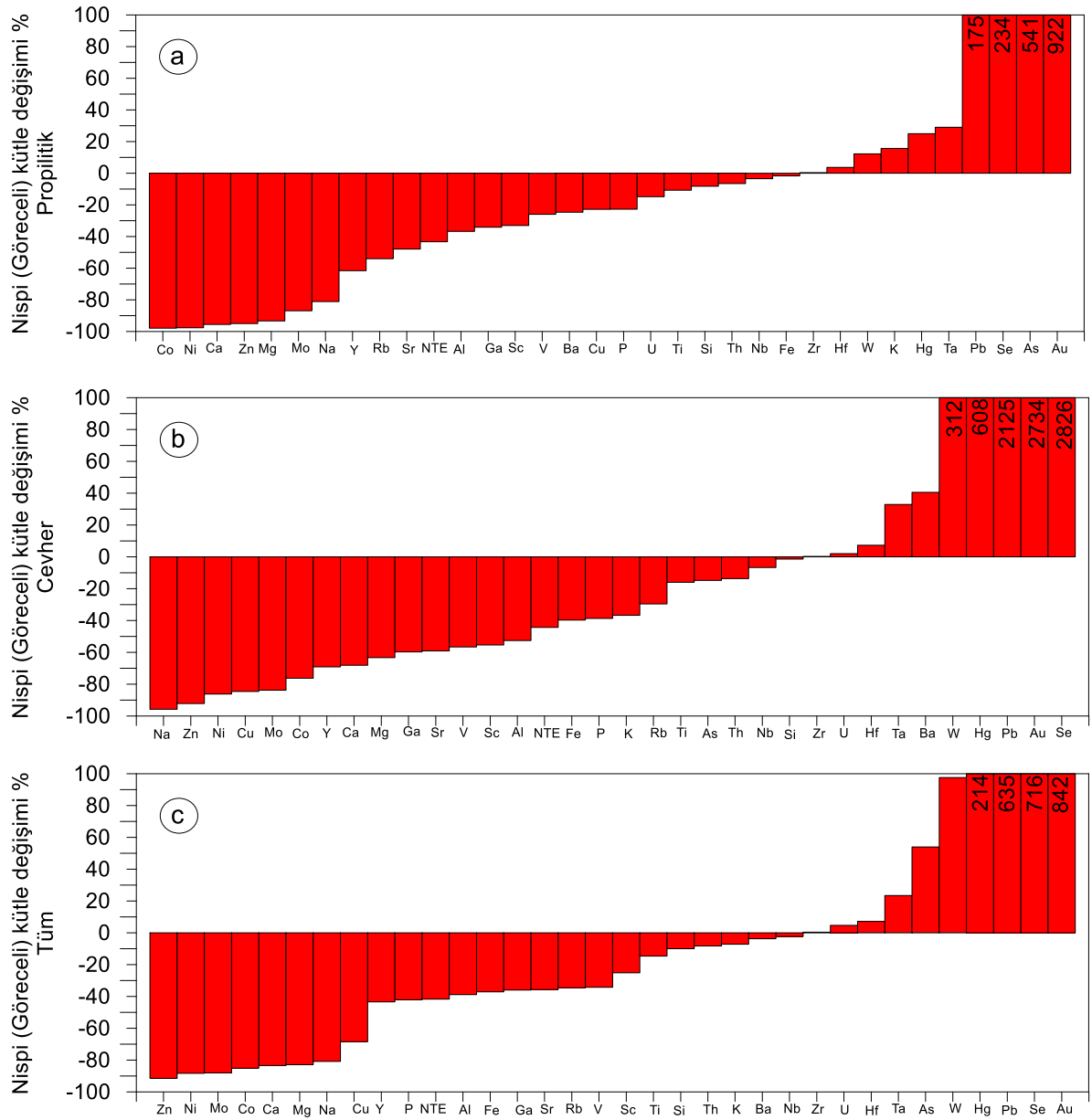
Bir önceki bölümde MINSQ yöntemiyle yan kayaçta belirlenen alterasyon mineralojisine ve mineral değişim yüzdelerine göre, Canca-Aktutan cevherleşme sahasında örnekleme yapılan profilde epidot, Mg'lu klorit, albit minerallerinin yüzdeleri, cevherden uzak ve yan kayaca yakın bölgelerde zenginleşme gösterdiği, kuvars, kaolinit ve serizit minerallerinin yüzdelerinde yan kayaca göre cevherli zonda zenginleşme gösterdiği belirlenmişti. Bu bağlamda, bu çalışmada yan kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla yapılan hesaplamalar, örnekleme profilinde uygulanmak üzere, alterasyon zonları, albite ilaveten, Mg'lu klorit \pm serizitin baskın olduğu alterasyon zonu, kuvars, \pm kaolen \pm Fe'li klorit, baskın olduğu cevherin yerleştiği fay zonu olmak üzere alt zonlara ayrılarak irdelenmiştir. Tüm bunlara ilaveten, örnekleme profilinde yapılan kütle ve kimyasal değişim hesaplamaları, tüm hat boyunca da uygulanmıştır (Ek Tablo 8).

En az altere kayaca nispi kütle değişimleri $\Delta CiA (\%) = 100 \times [CiA / (m \times CiO) - 1]$ formülü kullanılarak, yukarıda açıklandığı gibi propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Propilitik alterasyon zonunda, ana elementlerden Fe, Mg, Ca, K ve Si'de nispi azalma, 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 As % 541, Au % 922 ve Pb % 175 nispi artış göstermektedir (Şekil 3.21a). Cevherli zon ve tüm hat için yapılan nispi kütle değişimi histogramları incelendiğinde ise, tıpkı propilitik zonda olduğu gibi özellikle Au, As ve Pb bakımından zenginleşme gözlenmiştir (Şekil 3.21b ve 3.21c).

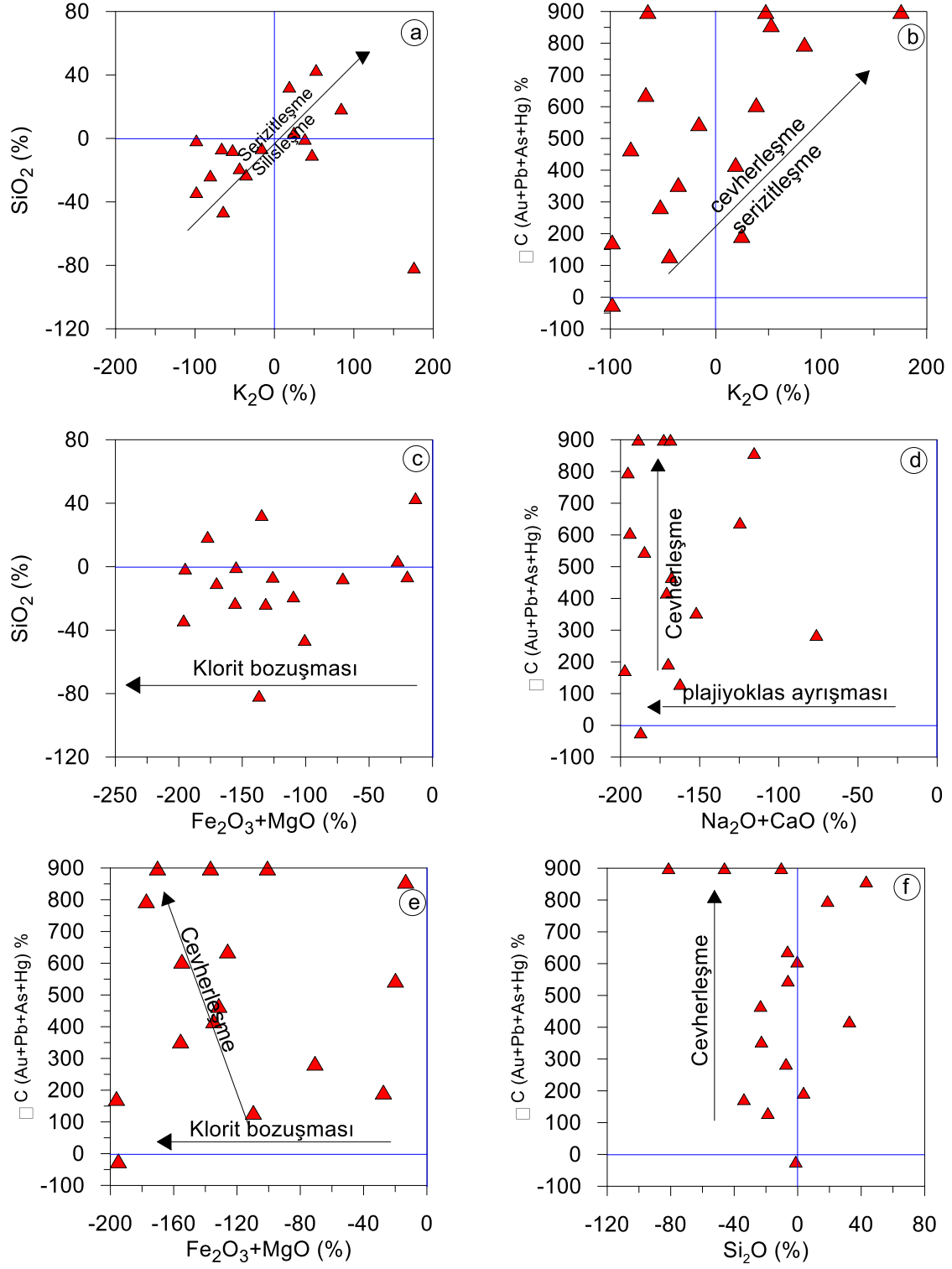
Nispi kütle artışı ve azalmasına bağlı olarak elementler arası ilişkilere göre silisleşme ve serizitleşiminin birarada geliştiği, (Şekil 3.22a), cevherleşme aşamasında plajiyoklasların serizitleştiği (Şekil 3.22b), ilksel olarak silisleşmiş örneklerin sonradan klorit bozuşmasına uğradığı (Şekil 3.22c), cevherleşme aşamalarında plajiyoklas ayrışmasının devam ettiği (Şekil 3.22d), klorit bozuşması esnasında cevherleşmenin devam ettiği (Şekil 3.22e), cevherleşme ile silisleşmenin doğru oranda arttığı (Şekil 3.22f) belirlenmiştir.

Net kütle değişim hesaplamaları $(\Delta CiA (g / 100 g) = [\Delta CiA (\%) / 100] \times [CiA (g / 100 g)])$ neticesinde propilitik zonda yer alan 2 örneğin ortalamasına göre Cu (76 g/100g), As (197 g/100g), Au (101 g/100g) ve Pb (15 g/100g) kütle artışı gösterirken yine aynı

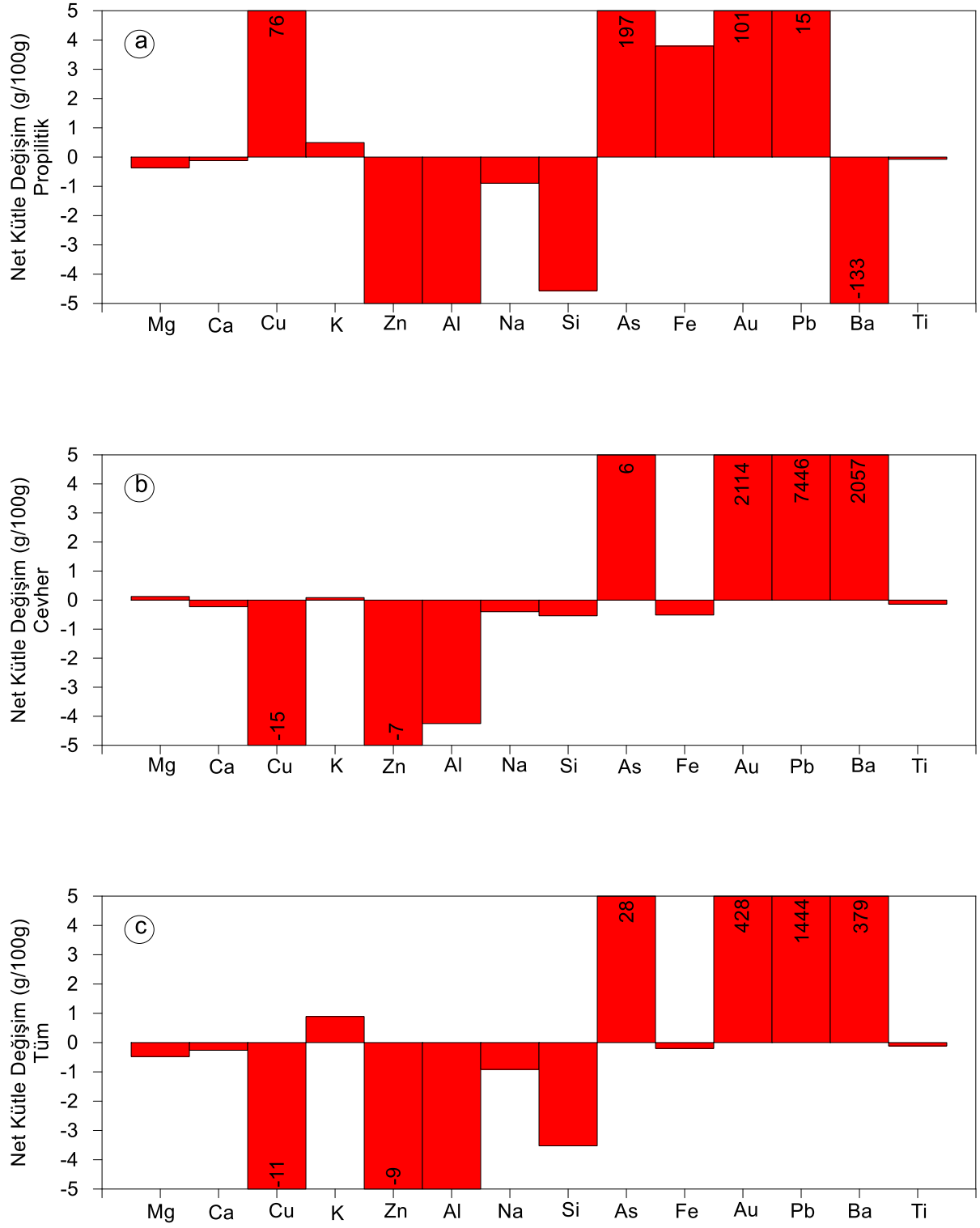
zonda Ba (-133 g/100g) net kütle azalması görülmektedir (Şekil 3.23a). Cevherli zonda yer alan 3 örneğin ortalamasına göre As (6 g/100g), Au (2114 g/100g), Pb (7446 g/100g) ve Ba (2057 g/100g) kütle artışı gösterirken yine cevherli zonda Cu (-15 g/100g) ve Zn (-7 g/100g) net kütle azalması göstermektedir (Şekil 3.23b). Tüm hat boyunca yer alan 16 örneğin ortalamasına göre As (28 g/100g), Au (428 g/100g), Pb (1444 g/100g) ve Ba (379 g/100g) kütle artışı gösterirken yine tüm hat boyunca Cu (-11 g/100g) ve Zn (-9 g/100g) net kütle azalması görülmüştür (Şekil 3.23c).



Şekil 3.21. Canca-Aktutan alterasyon sahası için hesaplanan nispi (%) kütle değişim diyagramları (a: Propilitik zon, b:Cevherli zon, c:Tüm hat).



Şekil 3.22. Nispi kütle artışı veya azalmasına (%) bağlı elementler arası ilişkiler



Şekil 3.23 Canca-Aktutan alterasyon sahası için hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları (a: propilitik zon, b: cevherli zon, c: tüm hat).

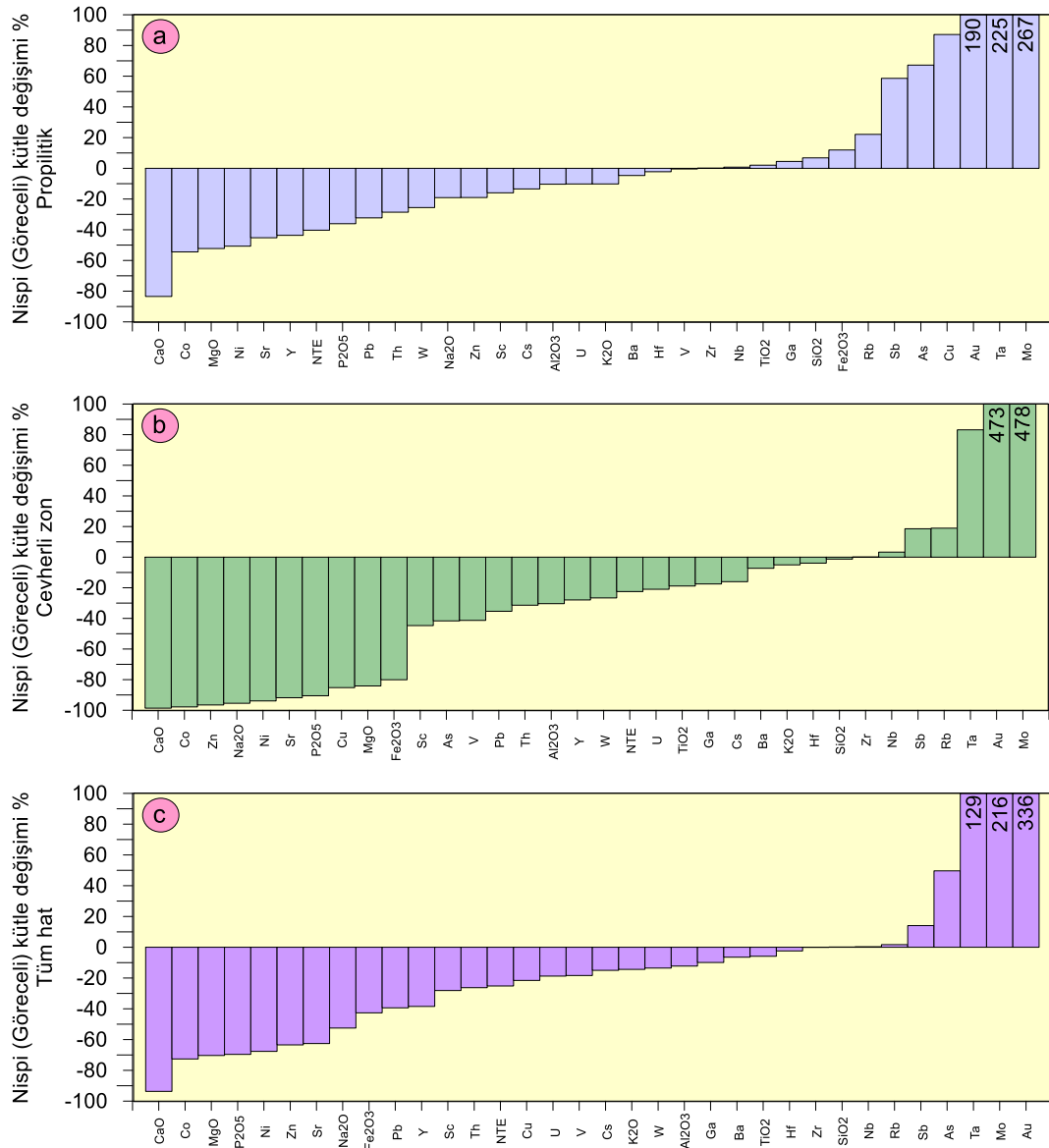
3.6.3. Leriköy (Yitirmez) - Dölek Alterasyon Sahası Kütle Değişim Hesaplamaları

Yan kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla, Leriköy (Yitirmez)–Dölek cevherleşme sahasında, örnekleme profilinde, damara dik doğrultuda alınan 16 adet örneğin kimyasal analiz sonuçlarına göre, en yüksek korelasyona sahip element çifti olarak Zr-Hf ($r= 0.96$) belirlenmiştir (Ek Tablo 9). Dolayısıyla örnekleme profili için yapılacak olan kütle değişim hesaplamalarında Zr-Hf hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Leriköy (Yitirmez)–Dölek cevherleşme sahasında örnekleme yapılan profilde MINSQ yöntemiyle yan kayaçta belirlenen alterasyon mineralojisine ve mineral değişim yüzdelere göre, epidot, Mg’lu klorit, albit minerallerinin yüzdeleri, cevherden uzak ve yan kayaca yakın bölgelerde zenginleşme gösterdiği, kuvars ve kaolinit minerallerinin yüzdelerinde yan kayaca göre cevherli zonda zenginleşme gösterdiği belirlenmişti. Bu bağlamda, bu çalışmada yan kayaçlarda meydana gelen kütle ve kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla yapılan hesaplamalar, örnekleme profilinde uygulanmak üzere, alterasyon zonları; albite ilaveten, Mg’lu klorit \pm epidotun baskın olduğu alterasyon zonu (Propilitik zon), kuvars ve kaolenin baskın olduğu cevherin yerleştiği fay zonu (cevherli zon) olmak üzere alt zonlara ayrılarak irdelenmiştir. Tüm bunlara ilaveten, örnekleme profilinde yapılan kütle ve kimyasal değişim hesaplamaları, tüm hat boyunca da uygulanmıştır (Ek Tablo 10).

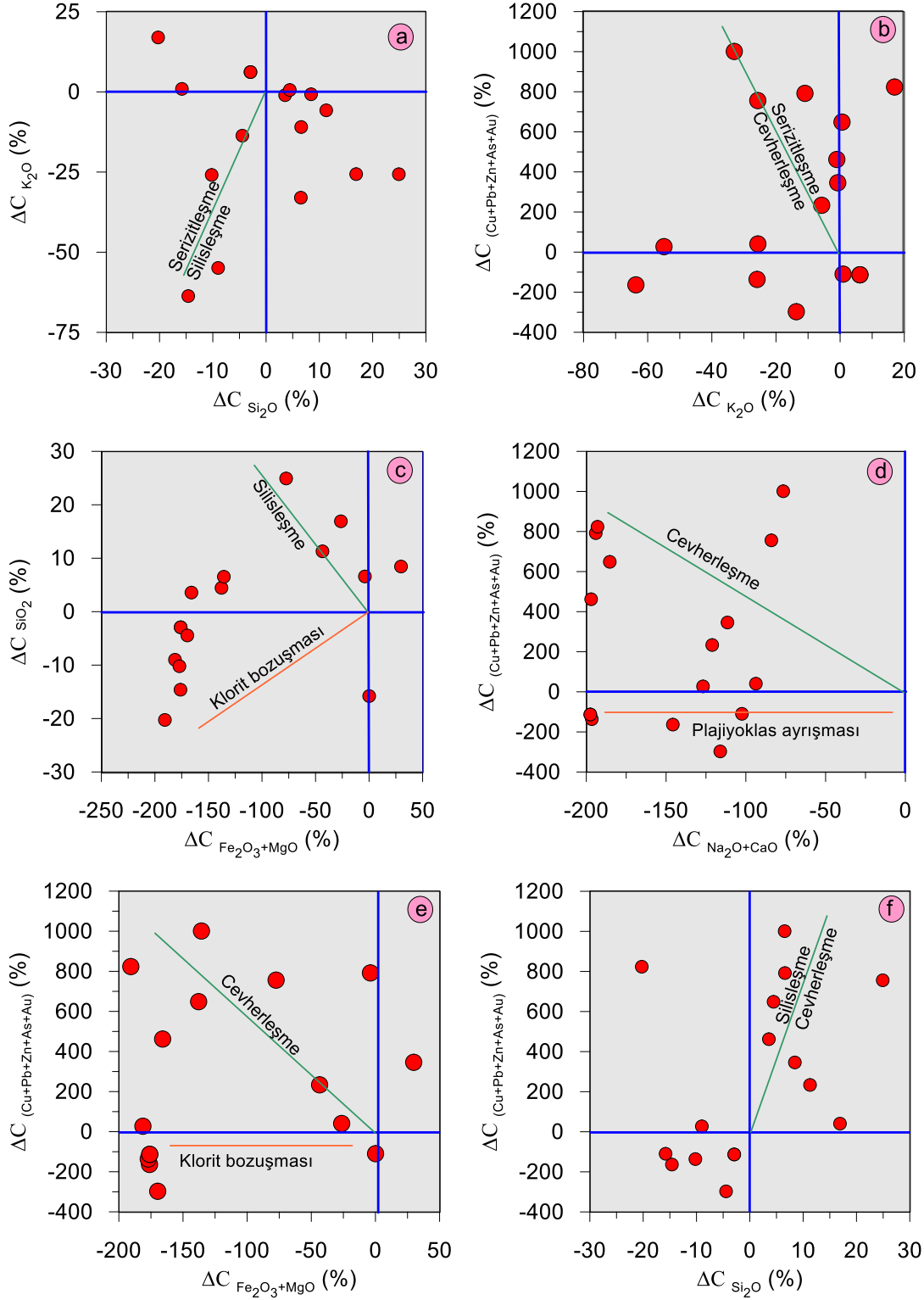
En az altere kayaca nispi kütle değişimleri $\Delta CiA (\%) = 100 \times [CiA / (m \times CiO) - 1]$ nolu formül kullanılarak propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Propilitik alterasyon zonunda, ana elementlerden Ca, Mg, Al ve K’da nispi azalma, Si ve Fe’de ise nispi artma tespit edilmiştir. İz elementlerden ise As (%67), Au (%190), Cu (%87) ve Mo (%267) elementlerinde nispi artış belirlenmiştir (Şekil 3.24a). Cevherli zonda ana elementler bakımından nispi azalma gözlenmekle beraber Ca elementi % -98 azalma oranı ile en fazla nispi azalmaya gösteren elementtir. Cevher minerallerini oluşturan iz elementler bakımından ise Cu, Zn, Pb elementlerindeki azalmaya karşın Au (%473) ve Mo (%478) elementlerindeki artış dikkate değerdir (Şekil 3.24b). Tüm hat için yapılan nispi kütle değişimi histogramları incelendiğinde ise, tıpkı propilitik ve cevherli zonda olduğu gibi özellikle Au (%336) ve Mo (%216) bakımından zenginleşme gözlenmiştir (Şekil 3.24c).

Leriköy (Yitirmez)–Dölek sahası için hesaplanan nispi kütle artışı ve azalmasına bağlı olarak elementler arası ilişkiler Canca-Aktutan yöresi için hesaplanan nispi kütle

değişimleri ile benzerlik göstermektedir. Buna göre Leriköy (Yitirmez)–Dölek sahasında silisleşme ve serizitleşiminin bi arada geliştiği, (Şekil 3.25a), cevherleşme aşamasında plajiyoklasların serizitleştiği (Şekil 3.25b), ilksel olarak silisleşmiş örneklerin sonradan klorit bozuşmasına uğradığı (Şekil 3.25c), cevherleşme aşamalarında plajiyoklas ayrışmasının devam ettiği (Şekil 3.25d), klorit bozuşması esnasında cevherleşmenin devam ettiği (Şekil 3.25e), cevherleşme ile silisleşmenin doğru oranda arttığı (Şekil 3.25f) belirlenmiştir.



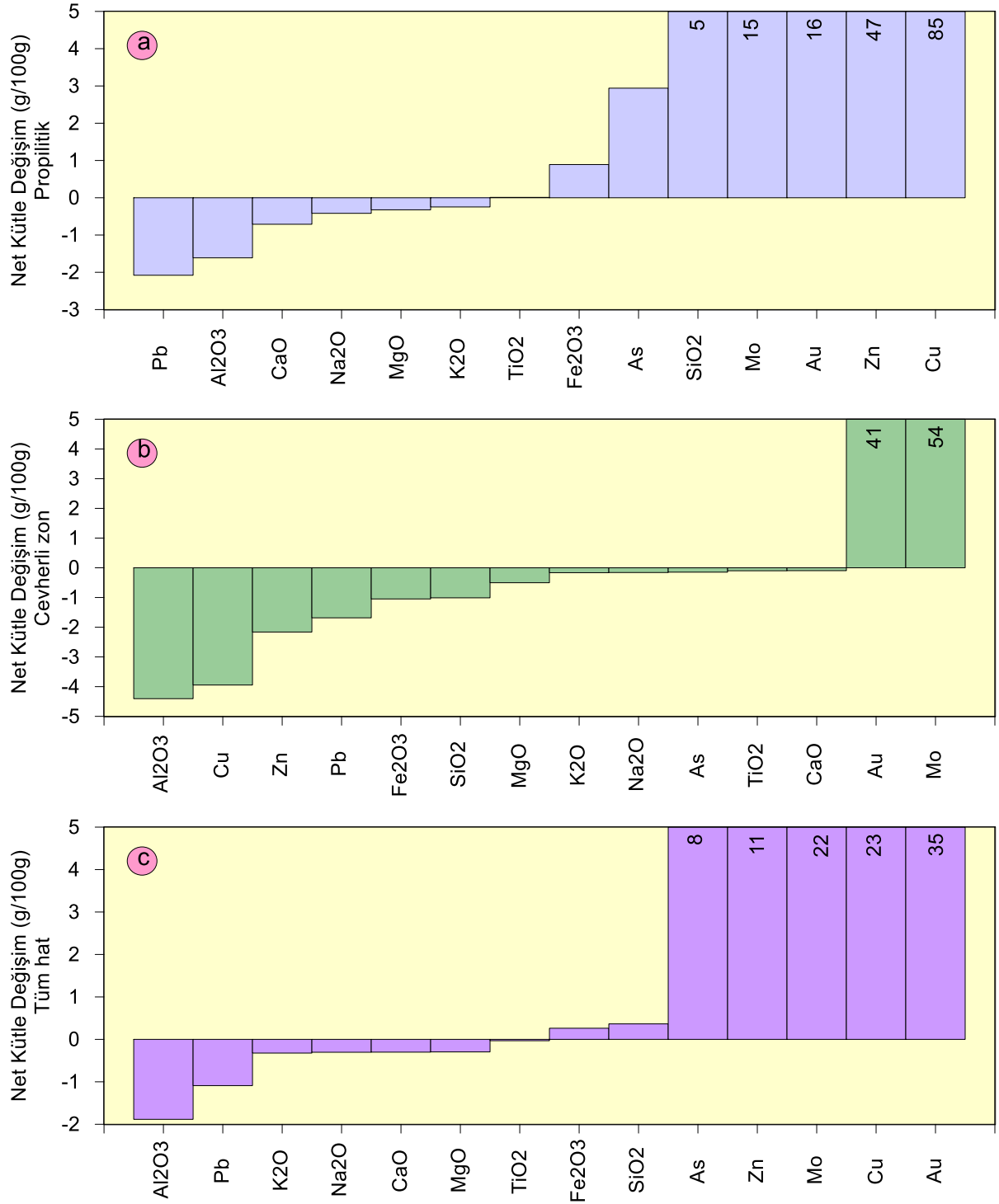
Şekil 3.24. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahası için hesaplanan nispi (%) kütle değişim diyagramları (a: Propilitik zon, b:Cevherli zon, c:Tüm hat).



Şekil 3.25. Nispi kütle artışı veya azalmasına (%) bağlı elementler arası ilişkiler

Leriköy (Yitirmez) – Dölek alterasyon sahasının net kütle değişim hesaplamaları ise $\Delta CiA \text{ (g / 100 g)} = [\Delta CiA \text{ (%) / 100}] \times [CiA \text{ (g / 100 g)}]$ formülü kullanılarak her üç zon içinde hesaplanmıştır. Buna göre net kütle değişim hesaplamaları kullanılarak hazırlanan

grafikler incelendiğinde propilitik zonda Si, Mo, Au, Zn ve Cu elementlerinde net kütle artışı sırasıyla g/100g olarak 5, 15, 16, 47 ve 85 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.26a).



Şekil 3.26. Leriköy (Yitirmez)–Dölek Canca-Aktutan alterasyon sahası için hesaplanan net (g/100g) kütle değişim diyagramları (a: propilitik zon, b: cevherli zon, c: tüm hat).

Cevherli zonda ise Au (41 g/100g) ve Mo (54 g/100g) elementlerince kütle artışı tespit edilirken yine cevherli zonda Cu (-3 g/100g) ve Zn (-2 g/100g) ve Pb (-1 g/100g) elementlerince ise net kütle azalması tespit edilmiştir(Şekil 3.26b). Tüm hat boyunca yer alan 16 örneğin ortalamasına göre As (88 g/100g), Zn (11 g/100g), Mo (22 g/100g), Cu (23g/100g) ve (Au (35 g/100g) elementlerince net kütle artışı belirlenmiştir (Şekil 3.26c).

Sonuç olarak; tez kapsamında çalışılan alterasyon sahalarında kırık hattına dik doğrultuda sistematik olarak alınan örneklerin analiz sonuçlarından yararlanılarak Huston (1993)'e hesaplanan mineral, kütle ve kimyasal değişimler topluca değerlendirildiğinde; alterasyonu oluşturan sıvıların silisyum konsantrasyonu bakımından zengin olduğu, alterasyonun merkezinde silisleşme ve kaolenleşmenin yoğun olduğu ve cevherleşmenin burada gerçekleşebileceği, buna karşın yoğun altere alandan uzak zonlarda albite ilaveten Mg'lu klorit ve epidot minerallerinin baskın alterasyon mineralleri olduğu, hidrotermal çözeltilerce taşınan cevher oluşturan elementlerin arasındaki korelasyonların pozitif anlamlı olması ve buna bağlı olarak aynı bölgelerde zenginleşmiş olmaları sebebiyle çalışılan sahalardaki cevherleşmelerin aynı fazda olduğu, tüm sahalarda özellikle cevherli zonda Au'nun yanı sıra Pb, Zn ve Cu bakımından zenginleşme gözleendiği, Leriköy (Yitirmez)–Dölek sahasından elde edilen net kütle değişim hesaplamalarına göre Au'nun yanı sıra özellikle Mo bakımından zenginleştiği belirlenmiştir. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahasında yapılan gerek nispi gerekse net kütle değişim hesaplamalarına göre tüm zonlarda Mo elementince gözlenen zenginleşmenin, Demir (2014) tarafından çalışılan Kermut (Kocapınar), Atay (2016) tarafından çalışılan Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar ve bu tez kapsamında çalışılan Canca-Aktutan alterasyon sahalarında gözlenmemesi dikkat çekicidir. Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahasında Mo zenginleşmesine Cu ve Au elementlerinin eşlik etmesi Leriköy (Yitirmez)–Dölek alterasyon sahasındaki sistemin porfiri bir sistem olduğunu düşündürmektedir. Çalışılan alterasyon sahalarında kırık hattına dik doğrultuda sistematik olarak alınan örneklerin analiz sonuçlarından yararlanılarak Huston (1993)'e göre hesaplanan mineral, kütle ve kimyasal değişimler çalışmanın yapıldığı Gümüşhane İli ve çevresinde yer alan diğer alterasyon (Zigana alterasyon sahası; Sipahi, 2005, Kocapınar (Kermut) alterasyon sahası; Demir 2014, Kaletaş-Söğütağıl-Akpınar alterasyon sahası; Atay, 2016) ve cevherleşme sahalarında (Mastra Au madeni; Aslan, 2011, Arzular Au cevherleşmesi, Akaryalı, 2010 ve Akaryalı ve Tüysüz, 2013) elde edilen verilerle karşılaştırıldığında, benzer alterasyon mineral birlikteliğinin varlığı göze

çarpmaktadır. Buna bağlı olarak çalışılan alterasyon sahalarının birer potansiyel altın sahası olduğu sonucuna varılabilir.

3.7. Sıvı Kapanım Çalışmaları

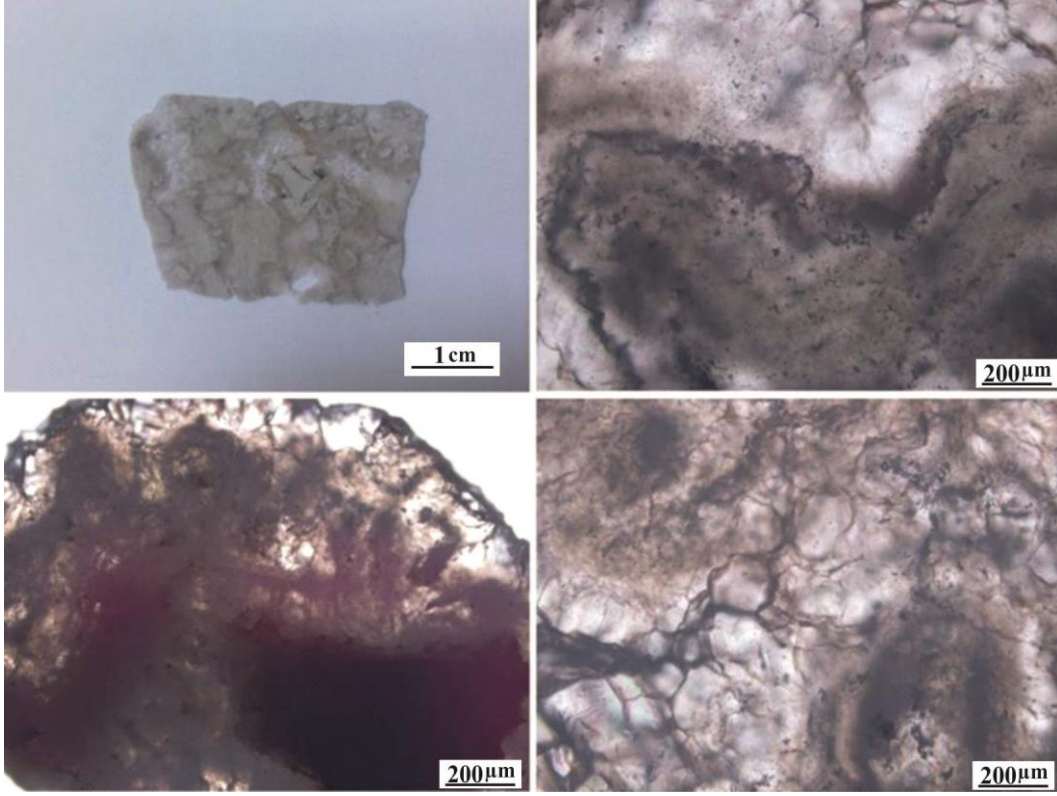
Bu bölümde Canca-Aktutan alterasyon sahalarında silisleşme zonlarında alınmış 3 adet örneğin sıvı kapanım analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Leriköy (Yitirmez) Dölek alterasyon sahalarında ise sıvı kapanıma uygun örnek bulunamamıştır. Canca-Aktutan sahasından alınan 3 örneğin sadece 1 tanesinde ölçüm yapılacak (A4 nolu örnek) kapanım bulunamamıştır. Ancak A9 ve A16 nolu örneklerde ise kapanım bulunmuş ve sonuçlar (Ek Tablo 11) ve açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Sıvı kapanımlar, maden yataklarında rol oynayan fizikokimyasal olayların, yataklanma evrelerinin ve 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 koşulları 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).

3.7.1. Canca-Aktutan Alterasyon Sahası Sıvı Kapanım Petrografisi ve Mikrotermometrik Ölçümler

Sıvı kapanım için hazırlanan A9 nolu sıvı kapanım kesitinin büyük bir kısmı amorf yapıdaki şeffaf olmayan silisyum jelinden oluşmaktadır (Şekil 3.27a). Bu kısımların detaylı incelemesinde sıvı kapanım belirlenememiştir. Kesitte bu amorf silisyumun etrafını saran ve boyutları 50-100 mikron arasında değişen (nadiren 300-500 mikronluk) kuvars bantları (Şekil 3.27b, c ve d) bulunmaktadır. Sıvı kapanım çalışması kesitin bu şeffaf ve kristalli kesimlerinde yapılmıştır. Ancak bu kısımlarda da sıvı kapanımlar nadiren gözlenmiştir.

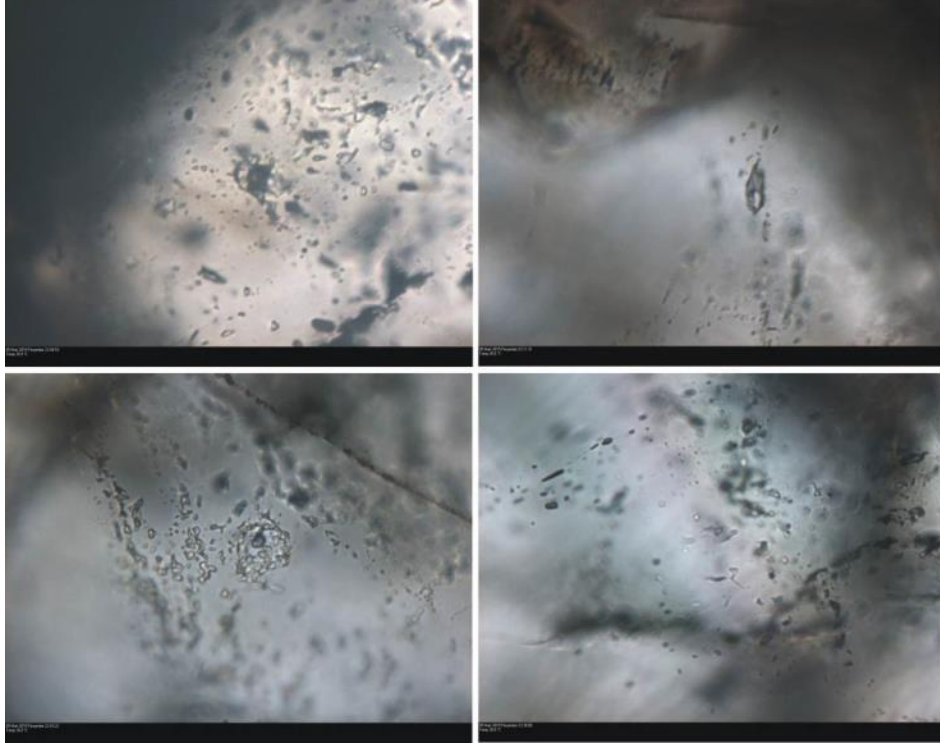


Şekil 3.27. a) A9 nolu örnekten hazırlanan çift tarafı parlatılmış sıvı kapanım kesiti, b-d) Sıvı kapanım kesitinden polarizan mikroskopta çekilen doku fotoğrafları

Kuvars mineralleri içerisinde ikincil kökenli sıvı kapanımlar mineral içerisinde kırık hatları boyunca tek fazlı (sıvı) kapanımlar şeklinde ve boyutları 5 mikronun altında olarak gözlenmiştir. Ölçüm yapılan birincil sıvı kapanımların boyutları 5-15 mikron arasında değişmektedir. Birincil kökenli kapanımlar tek fazlı (sıvı), tek fazlı (gaz) kapanımlar ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar şeklindedir. Tek fazlı kapanımlarda faz geçişleri gözlenemeyeceğinden ölçümler iki fazlı kapanımlarda yapılmıştır. Gaz/sıvı oranları bakımından iki farklı tip kapanım belirlenmiştir. Bunlardan ilki gaz/sıvı oranlarının % 20-40 arasında olduğu kapanımlar (Tip I, Şekil 3.28a ve b) iken ikinci grupta ise gaz/sıvı oranları % 10-20 arasında (Tip II, Şekil 3.28c ve d) değişmektedir. Mikrotermometrik ölçüm sırasında bu kapanımlar sıvı faza homojenleşmişlerdir.

Sıvı kapanımlarda T_h (Homojenleşme sıcaklığı), T_{ice} (Son buz ergime sıcaklığı) ve T_e (Ötektik sıcaklıkları-ilk buz ergime sıcaklığı) ölçülmüştür. Bu ölçümlerden T_{ice} ve T_e bazı kapanımlar için, kapanım boyutlarının çok küçük olması nedeniyle ölçülememiştir. Mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen T_h , T_{ice} ve T_e sıcaklıkları Ek Tablo 11’de verilmiştir. Ayrıca ölçülen T_{ice} değerlerine karşılık gelen tuzluluk miktarları (%NaCl

eşdeğeri olarak) Bodnar 1993 tarafından verilen eşitliğe bağlı olarak hesaplanmış ve aynı tabloda gösterilmiştir.



Şekil 3.28. a, b) A9 nolu örnekte gözlenen Tip I sıvı kapanımlar, c, d) A9 nolu örnekte gözlenen Tip II sıvı kapanımlar

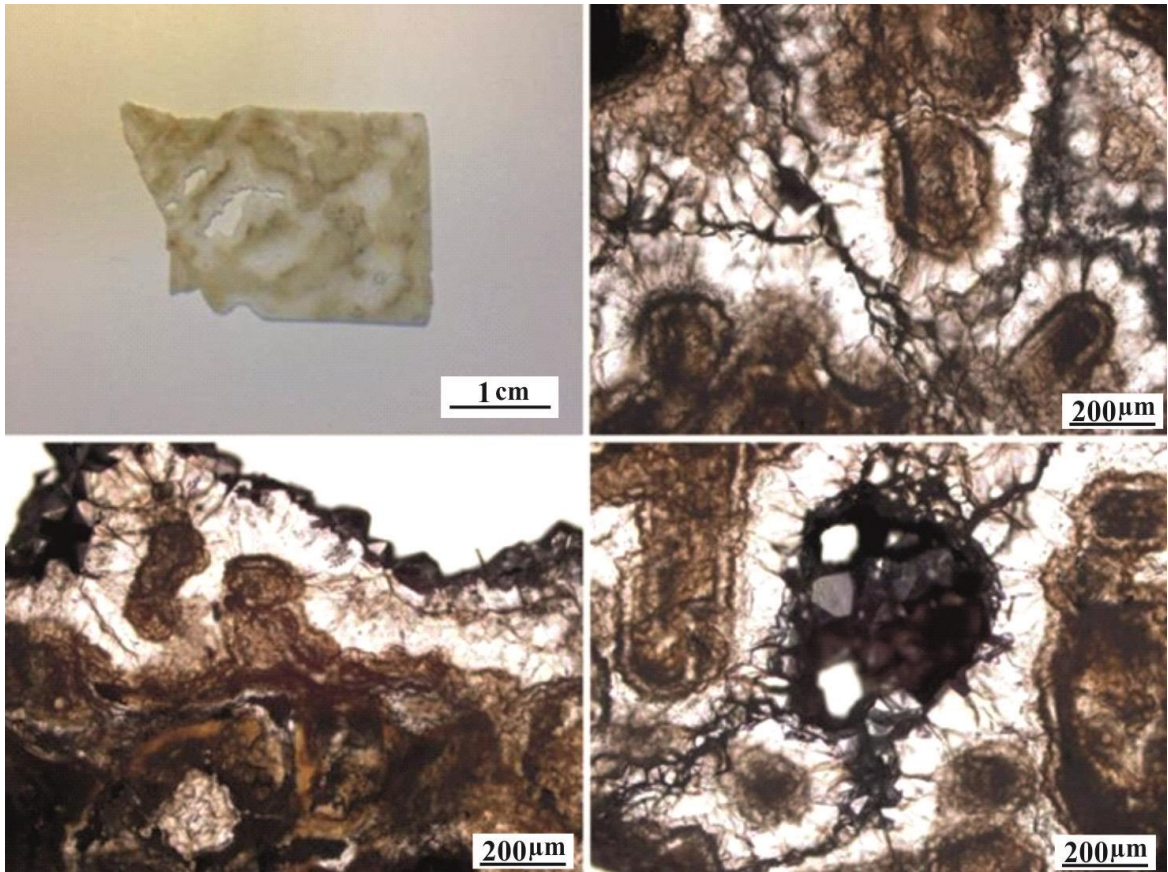
Örneğin sıvı kapanım içeriğinin çok düşük olmasına bağlı olarak ölçülmüş az sayıdaki kapanıma göre sağlıklı yorum yapabilecek histogram ortaya konması mümkün olmamıştır. Ancak mevcut verilere göre bütün homojenleşme sıcaklıklarının 142 °C ile 344 °C arasında çok geniş bir aralıkta değişim gösterdiği belirlenmiştir. Gaz/sıvı oranı düşük olan kapanımların T_h değerleri 142 ile 215 °C arasında değişirken, gaz/sıvı oranları kısmen daha yüksek olan kapanımların T_h değerleri 238- 344 °C arasında değişim göstermektedir.

Ölçülen toplam 7 adet T_{ice} değerlerine bağlı olarak Bodnar 1993'e göre hesaplanan tuzluluk miktarları % 0.2 ila 0.9 NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir. Toplam 4 adet sıvı kapanımda ise T_e sıcaklık ölçümü yapılmış olup değerler 22,6 ila 24,7 °C arasında değişmektedir.

Tip I ve Tip II olarak tanımlanan kapanımlara dayanarak örnek içerisindeki kuvars minerallerinin iki farklı evrede oluşmuş olabileceği, bu kapanımlardan ölçülen T_h sıcaklıklarına göre de ilk evrenin 344-238 °C arasında, ikinci evrenin ise 215-142 °C

arasında olduğu söylenebilir. Bu sıcaklık aralıkları dikkate alınarak örneğin epitermal-mezotermal sıcaklık şartlarında oluştuğu söylenebilir. Ölçülen T_e sıcaklıklarının NaCl'nin ötektik sıcaklığına çok yakın olduğu (21,2 °C), buna göre de örneğin bileşiminde NaCl nin baskın tuz bileşenini oluşturduğu söylenebilir. T_{ice} sıcaklıklarına göre hesaplanan tuzluluk değerlerinin % 0 (sıfır) a çok yakın olması bu örneğin oluşum ortamının tuzluluk değeri çok düşük olan meteorik suların etkisi altında olduğunu düşündürmektedir.

A16 nolu örnek (Şekil 3.29a) ise amorf yapıdaki şeffaf olmayan silisyum jelinden ve bu silisin etrafını sararak boşluklara doğru büyüme gösteren öz ve yarı öz şekilli kuvars mineralleri içermektedir (Şekil 3.29b, c ve d). Yeterince şeffaf olmayan ve yer yer çeşitli mineral kapanımları da içeren amorf silis içerisinde ölçüm yapmaya uygun sıvı kapanım bulunamamıştır. Sıvı kapanım ölçümleri amorf silisin etrafını bantlar şeklinde saran ve yer yer boşluklara doğru büyüme gösteren kuvars mineralleri içerisindeki sıvı kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Ancak bu kısımların da sıvı kapanım içerikleri oldukça seyrek.



Şekil 3.29. a) A16 nolu örnekten hazırlanan çift tarafı parlatılmış sıvı kapanım kesiti, b, c, d) Sıvı kapanım kesitinden polarizan mikroskopta çekilen doku fotoğrafları

A16 nolu örnek üzerinde yapılan çalışmaya göre; kuvars mineralleri içerisinde, kırık hatları boyunca tek fazlı (sıvı) ikincil kökenli sıvı kapanımlar gözlenmiş olup, boyutları oldukça küçüktür (< 5 mikron). Birincil sıvı kapanımlar ise tek fazlı (sıvı), tek fazlı (gaz) kapanımlar ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar şeklindedir. Bu örnekte de diğer örnekte olduğu gibi gaz/sıvı oranları bakımından iki farklı tip kapanım belirlenmiştir. Bunlardan ilki gaz/sıvı oranlarının %20-40 arasında olduğu kapanımlar (Şekil 3.30a) iken ikinci gruptaki kapanımların gaz/sıvı oranları % 10-20 arasında değişmektedir (Şekil 3.30b, c ve d). Ölçüm yapılan birincil sıvı kapanımların boyutları ise 5-12 mikron arasında değişmektedir. Mikrotermometrik ölçüm sırasında sıvı kapanımlar sıvı faza homojenleşmişlerdir.

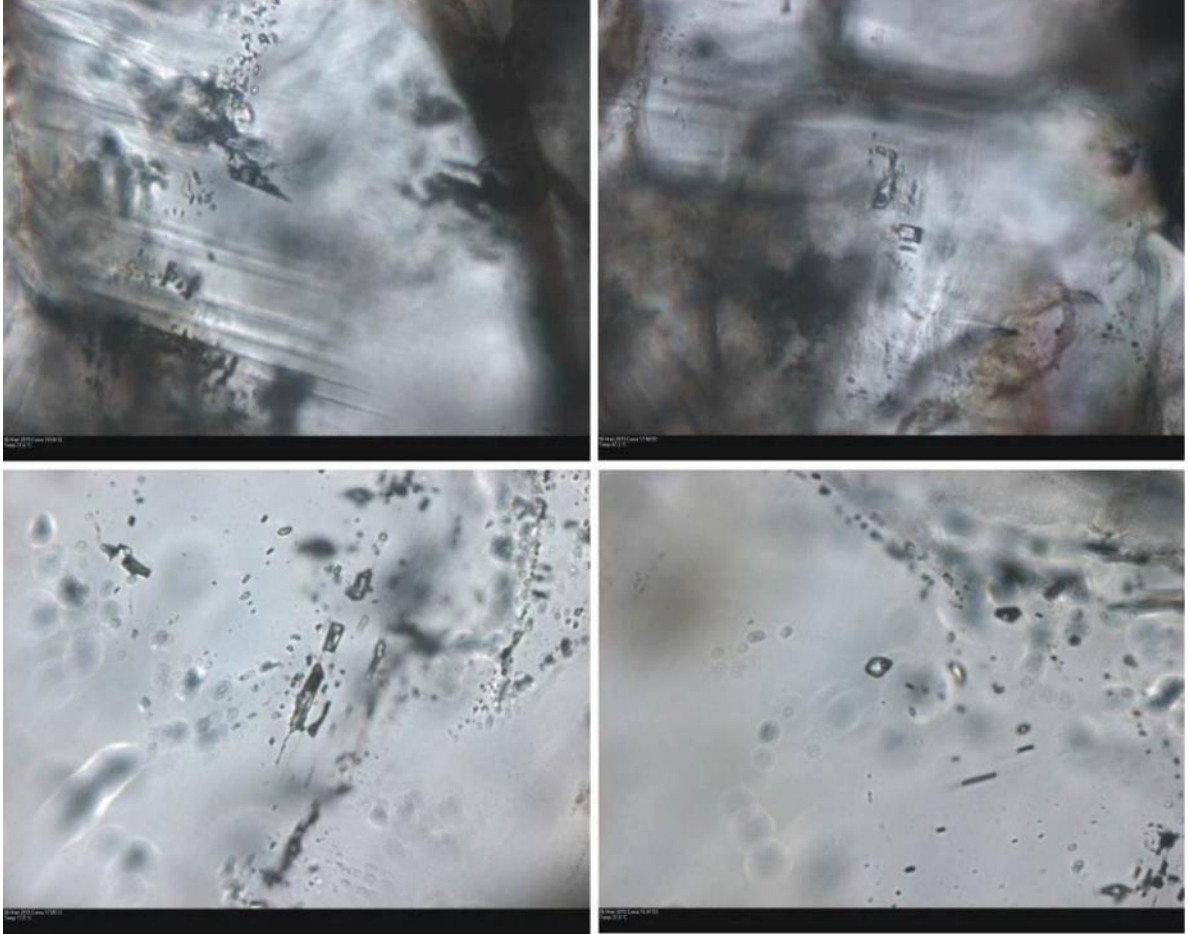
Mikrotermometrik ölçümler sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıkları (T_h °C) gaz/sıvı oranının % 20 den fazla olduğu (Tip I) kapanımlarda 263-276 °C arasında ölçülmüştür. Buna karşılık gaz/sıvı oranı daha düşük olan (Tip II) kapanımlarda T_h sıcaklıkları 141-180 °C arasında değişim göstermektedir. Ölçüm yapmaya uygun kapanımların azlığı nedeniyle ancak 8 kapanımda T_h sıcaklığı ölçülebilmektedir.

Homojenleşme sıcaklıklarının ölçüldüğü sıvı kapanımlar sıvı azot gazı kullanılarak dondurulmuş ve bu kapanımların ötektik sıcaklıkları (T_e) ölçülmüştür. T_e sıcaklıkları sıvı kapanımların boyutunun çok küçük olması nedeniyle ancak 3 farklı kapanımda ölçülmüştür. -23 ile -23,7 °C arasında ölçülen bu veriler Ek Tablo 11’de verilmiştir. Dondurulmuş kapanımların ısıtılması esnasında bu kapanımların son buz ergime sıcaklıkları ölçülmüş ve Ek Tablo 11’de verilmiştir. 9 farklı kapanımdan ölçülen T_{ice} değerleri -0,1 ile -1,1 °C arasında değişmektedir. Ölçülen T_{ice} değerlerine göre bu kapanımların tuzluluk miktarları Bodnar 1993’e göre hesaplanarak Ek Tablo 11’de verilmiştir.

Tip I ve Tip II olarak tanımlanan kapanımlara dayanarak örnek içerisindeki kuvars minerallerinin iki farklı evrede oluşmuş olabileceği, bu kapanımlardan ölçülen T_h sıcaklıklarına göre de ilk evrenin 275-263 °C arasında, ikinci evrenin ise 180-141 °C arasında olduğu söylenebilir. T_e sıcaklıklarının NaCl’nin ötektik sıcaklığına çok yakın olduğu (-21,6), buna göre de örneğin bileşiminde NaCl nin baskın tuz bileşenini oluşturduğu söylenebilir. T_{ice} sıcaklıklarına göre hesaplanan tuzluluk değerlerinin ise % 0 (sıfır) NaCl eşdeğerine çok yakın olması bu örneğin oluşum ortamının tuzluluk değeri çok düşük olan meteorik suların etkisi altında olduğunu düşündürmektedir.

Örnek içerisinde gözlenen tek fazlı sıvı ve tek fazlı gaz kapanımların bir arada

bulunması örneğin oluşumunun açık sistemde gerçekleştiğini göstermektedir. Açık sistemlerde litostatik basınç söz konusu olmadığı için ölçülen T_h sıcaklıkları oluşum sıcaklıkları olarak alınabilmektedir. Bir başka deyişle T_h sıcaklıklarına basınç düzeltmesi yapmak gereksizdir.

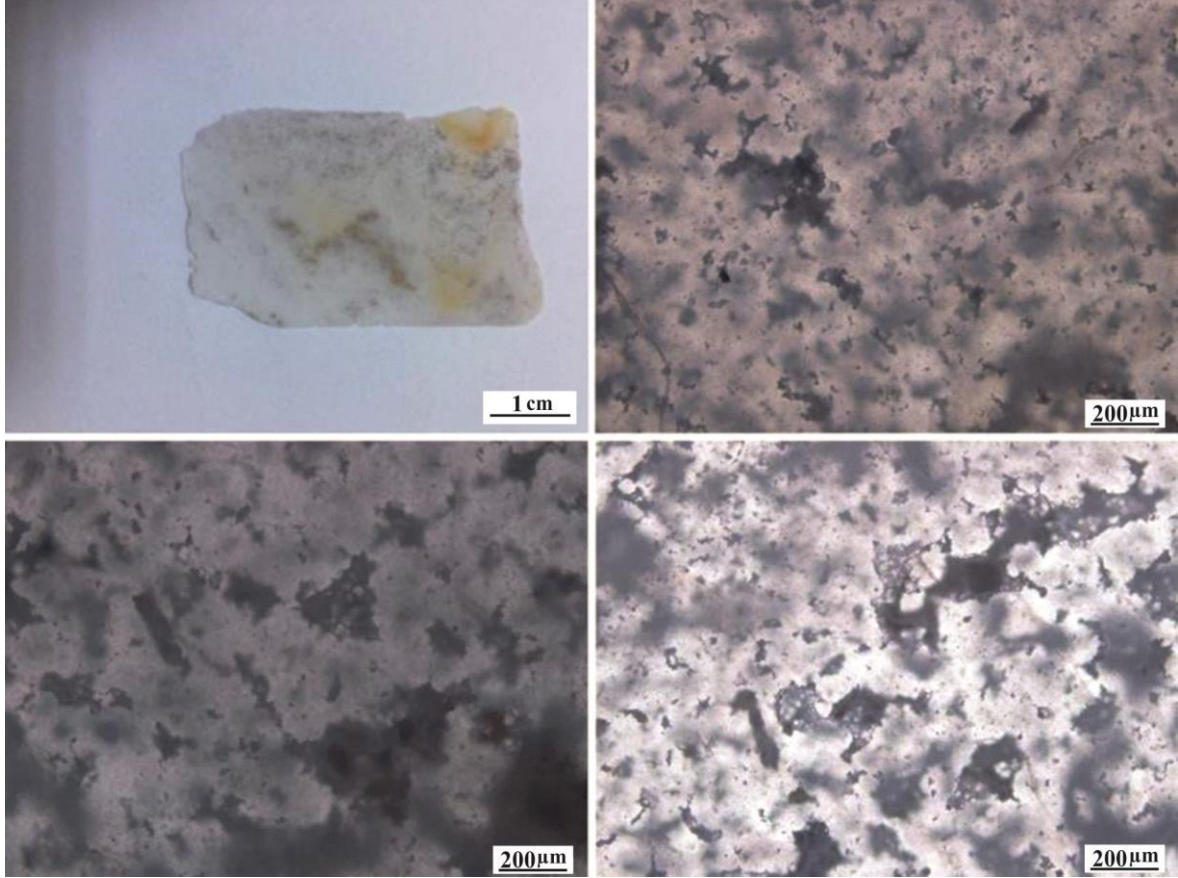


Şekil 3.30. a, b) A16 nolu örnekte gözlenen Tip I sıvı kapanımlar, c, d) A16 nolu örnekte gözlenen Tip II sıvı kapanımlar

Sıvı kapanımlardan elde edilen homojenleşme sıcaklığı ve tuzluluk değerleri ile kapanımların yoğunlukları BULK paket programı yardımıyla Zhang ve Frantz (1987) göre hesaplanmış olup Canca-Aktutan cevherleşmesinin oluşumunu sağlayan sıvıların yoğunluğunun kuvarslarda 0.75-0.94 g/cm³ değiştiği belirlenmiştir (Ek Tablo 11).

A4 nolu örnekten hazırlanan yaklaşık 2cm X 3 cm boyutlarında ve 200 mikron kalınlığındaki sıvı kapanım kesiti (Şekil 3.31a) tamamen amorf yapıdaki silisyum jelinden münhasırdır. Kesitin tamamı eşit kalınlıkta olmasına rağmen bu amorf silisin bazı kesimleri oldukça koyu renkli (Şekil 3.31b ve c), bazı kısımları da kısmen daha açıktır renklidir. Koyu

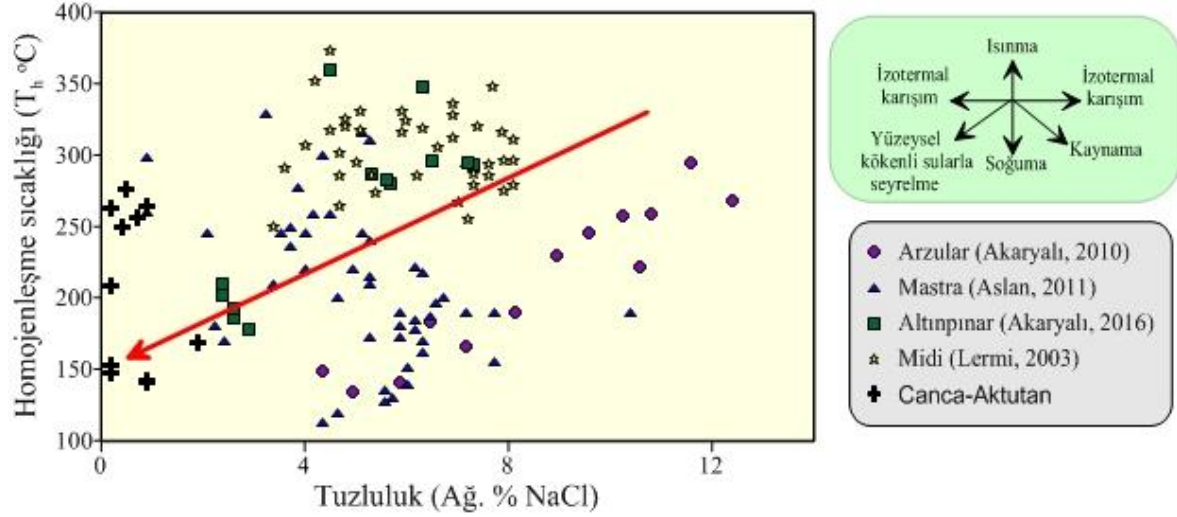
kısımlarda sıvı kapanım bulmak oldukça güç olmasına rağmen örneğin her iki yüzeyinde birden yapılan sistematik incelemede sıvı kapanım belirlenememiştir. Örnek içerisindeki kısmen daha açık renkli alanlarda da (Şekil 3.31d) benzer şekilde sıvı kapanım belirlenememiştir.



Şekil 3.31. a) A4 nolu örnekten hazırlanan çift tarafı parlatılmış sıvı kapanım kesiti, b, c, d) Sıvı kapanım kesitinden polarizan mikroskopta çekilen doku fotoğrafları

Epitermal sistemlerde hidrotermal çözeltinin kaynağı genelde baskın olarak meteorik kökenli daha az olarak da magmatik kökenlidir (Giggengbach, 1992; Hedenquist ve Lowenstern, 1994; Matsuhisa ve Aoki, 1994) Ancak bunun O-H-S izotop ve sıvı kapanım çalışmaları ile de desteklenmesi gerekmektedir. Soğuma, kaynama veya köpürme ve sıvı karışım olayları sıvıların dolaşabileceği kısıtlı hacimli bir kayaç içerisindeki mineral çökelimi için gerekli şartları sağlayan önemli olaylardır. Çoğu zaman bunlardan bir tanesi bir yatakta etkili olabileceği gibi ikisi birden de rol oynayabilir (Pichavant vd., 1982; Ramboz vd., 1982; Wilkinson, 2001). Canca-Aktutan cevherleşme sahasında yukarıdaki olaylardan hangisinin daha etkili olduğunu belirlemek amacıyla sıvı kapanımlardan ölçülen

homojenleşme sıcaklığı ve hesaplanan tuzluluk özellikleri arasında değişim irdelenmiş ve çalışma alanı yakın çevresinde yer alan önemli maden yataklarının homojenleşme sıcaklığı tuzluluk ilişkisi karşılaştırılmıştır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Canca-Aktutan cevherleşmesinde kuvars minerallerindeki sıvı kapanımların, homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değişimi ve çeşitli sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılması (Wilkinson, 2001).

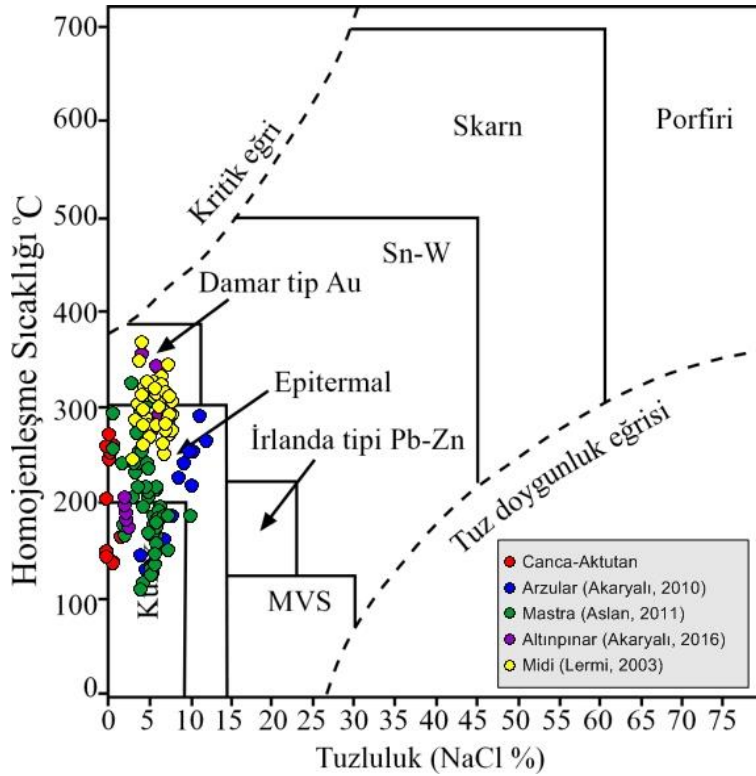
Arzular (Gümüşhane) yöresinde epitermal damar tip altın cevherleşme sahasında kuvars minerallerinden yapılan sıvı kapanım analiz sonuçlarına göre homojenleşme sıcaklığı ve hesaplanan tuzluluk miktarları arasındaki değişim Shepherd vd., (1985) tarafından hazırlanan sıvı oluşum modelleriyle karşılaştırılmış ve tuzluluk artışına bağlı olarak kuvarslarda tespit edilen T_h değerlerinin de artışına bağlı olarak cevherleşmesinin oluşumunu sağlayan ana faktörün yüzeysel kökenli sıvılarla seyrelme olduğu yönünde sonuca varılmıştır (Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz 2013).

Aslan (2011), ise Mastra (Gümüşhane) altın madeninde, cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin başlangıçta yüksek sıcaklıklı ve yüksek tuzluluklu olup zaman içerisinde tuzluluklarının ve sıcaklıklarının azalmasını çözeltilerin farklı sıvılarla karışması sonucu seyrelmesi ile ilişkilendirmiştir.

Midi (Gümüşhane) Pb-Zn madeninde kuvarslardan yapılan sıvı kapanım çalışmalarına göre Lermi (2003); tuzluluk artışına bağlı olarak kuvarslarda ölçülen homojenleşme sıcaklığının benzer değişim aralığında sabit ya da çok az artış gösterdiğini,

dolayısıyla yatağı oluşturan ya da çökmesinde etkili olan ana olayın sıvı karışımı olduğunu ifade etmiştir.

Akaryalı (2016) Altınpınar (Torul-Gümüşhane) cevherleşme sahasında kuvars minerallerinden elde edilen sıvı kapanım ölçülerine göre, homojenleşme sıcaklıklarının, 170 °C ile 380 °C arasında değişim gösterdiğini, 250-300°C arasında yoğunlaştığını, cevher oluşturan sıvıların 2.4-7.3 (ort. 4.7) arasında ağırlık % NaCl tuzluluğuna sahip olmasının epitermal sistemi işaret ettiğini belirtmektedir. Canca-Aktutan cevherleşme sahasında da Arzular, Mastra, Altınpınar ve Midi madeninde olduğu gibi sıvı kapanımların tuzluluğunun artışına bağlı olarak homojenleşme sıcaklığının artması Wilkinson (2001)'e göre yüzeysel kökenli sularla seyrelme ile açıklanabilir (Şekil 3.32). Canca-Aktutan alterasyon sahasında silis zonlarından alınan kuvars örneklerinin sıvı kapanım analizleri verilerinden elde edilen homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk değerleri Roedder (1984) tarafından hazırlanan grafiğe aktarıldığında söz konusu sahadaki sistemin epitermal evreye karşılık geldiği belirlenmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. Canca-Aktutan cevherleşme sahasından elde edilen sıvı kapanım verilerinin değişik yatakların verileri ile karşılaştırılması (Roedder, 1984).

Canca-Aktutan alterasyon sahasındaki silis zonlarından alınan kuvars mineralleri üzerinde yapılan sıvı kapanım analizlerinden elde edilen tuzluluk ve Th değerlerinin, Gümüşhane yöresinde var olan diğer maden yataklarının (Midi, Mastra, Arzular ve Altınpınar) Th ve tuzluluk değerleri ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu benzerliğe bağlı olarak Canca-Aktutan sahasında epitermal sitemde gelişmiş bir potansiyel altın sahası olduğu sonucuna varılabilir.

4. SONUÇLAR

Gümüşhane ve çevresinde yayılım gösteren Eosen yaşlı volkanik kayalarda gelişmiş, Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez) – Dölek alterasyon sahalarının mineralojik, petrografik, petrokimyasal ve alterasyon verileri ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Çalışma konusunu oluşturan alterasyonlara ev sahipliği yapan volkanitler Dölek Granitoyidi tarafından kesilmektedir. Eosen yaşlı volkanitlerin andezit ve andezit/bazalt bileşiminde ve orta-yüksek K'lu kalk-alkali karakterli olduğu belirlenmiştir. Volkanik kayalarda gözlenen plajiyoklasların sonucunda andezin (An_{39-69}) ve labrador (An_{29-34}), hornblendlerin edenit ($Mg\#$: 0.66-0.79) ve Fe-Ti oksit minerallerinin ise magnetit ($Fe\#$: 0.995-0.93) bileşiminde olduğu belirlenmiştir.
2. Andezitlere bağlı olarak gelişen alterasyonlar özellikle kuzeydoğu-güneybatı ve yaklaşık doğu-batı doğrultulu kırık hatları ile ilişkili olup, limonitleşme, hematitleşme, killeşme ve silisleşme her iki sahada da gözlenen başlıca alterasyon türlerini oluşturmaktadır. Kil mineral parajenezi olarak ise her iki sahada da kaolen, illit ve kloritin tespit edildiği, illit ve kaolen miktarının alterasyon merkezine doğru yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir.
3. Yapılan detaylı mikroskobik incelemeler neticesinde, Canca-Aktutan ve Leriköy (Yitirmez)-Dölek sahalarında alterasyon mineral parajenezi olarak serizitleşme, silisleşme, kloritleşme ve hematitleşme tespit edilmiştir.
4. MINSQ yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre, Canca-Aktutan alterasyon sahasının mineral parajenezi olarak, kuvars \pm kaolen \pm Fe'li klorit (cevherli zon), albit, Mg'lu klorit \pm serizit (proplitik zon), Leriköy (Yitirmez)-Dölek alterasyon sahasının mineral parajenezi ise, kuvars, \pm kaolen (cevherli zon), albit, Mg'lu klorit \pm epidot (proplitik zon) minerallerinden oluşmaktadır.
5. Kütle değişim hesaplamalarında her iki alterasyon sahalarında Zr ve Hf hareketsiz element olarak belirlenmiştir. Hareketsiz elementlerden yararlanılarak yapılan nispi (%)

ve net (g/100g) kütle değişim hesaplamalarına göre; propilitik, cevherli ve tüm hat zonlarında kütle kaybı ve kazancı ortaya konmuştur.

6. Kütle ve kimyasal değişimler topluca değerlendirildiğinde; alterasyonu oluşturan sıvıların silisyum konsantrasyonu bakımından zengin olduğu, alterasyonun merkezinde silisleşme ve kaolenleşmenin yoğun olduğu ve cevherleşmenin burada gerçekleşebileceği, buna karşın yoğun altere alandan uzak zonlarda albite ilaveten Mg'lu klorit ve epidot minerallerinin baskın alterasyon mineralleri olduğu, hidrotermal çözeltilerce taşınan cevher oluşturan elementlerin arasındaki korelasyonların pozitif anlamlı olması ve buna bağlı olarak aynı bölgelerde zenginleşmiş olmaları sebebiyle çalışılan sahalardaki cevherleşmelerin aynı fazda oluştuğu, tüm sahalarda özellikle cevherli zonda Au'nun yanı sıra Pb, Zn ve Cu bakımından zenginleşme gözlemlendiği tespit edilmiştir.
7. Hesaplanan mineral, kütle ve kimyasal değişimler, çalışmanın yapıldığı Gümüşhane İli ve çevresinde yer alan diğer alterasyon ve cevherleşme sahalarında elde edilen verilerle karşılaştırıldığında, benzer alterasyon mineral birlikteliğinin varlığının çalışılan alterasyon sahalarının da birer potansiyel altın sahası olduğunu göstermektedir.
8. Sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, kuvarslarda 142 ile 344°C arasındadır. Cevher oluşturan sıvıların $\text{NaCl} \pm \text{KCl} \pm \text{MgCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ sisteminde, 0.2-1.9 % ağırlıkta NaCl tuzluluğa ve 0.75-0.94 g/cm³ yoğunluğa sahip olması cevherleşmenin epitermal sistemde oluştuğunu gösterir.
9. Elde edilen tüm veriler beraber değerlendirildiğinde; alterasyon sahasındaki potansiyel altın cevherleşmelerinin epitermal tipte olduğu ve oluşumlarının aynı granitik sokulumlar ile ilişkili olduğu açıkça görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Adamia, S., Lordkitanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evoluotion of an Active Continental Margine as Exemplified by the Alpine History of Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-189.
- Akaryalı, E., 2010. Arzular (Gümüşhane KD-Türkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal Ve Kökensel İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akaryalı, E., ve Tüysüz, N., 2013. The genesis of the slab window-related Arzular low-sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). Geoscience Frontiers, 4-4, 409-421.
- Akaryalı, E., 2016. Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb–Zn ± Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey), Ore Geology Reviews, 74, 1-14.
- Akaryalı, E., Akbulut, K., 2016. Constraints of C–O–S isotope compositions and the origin of the Ünlüpinar volcanic-hosted epithermal Pb–Zn ± Au deposit, Gümüşhane, NE Turkey Journal of Asian Earth Science, 117, 119-134.
- Akçay, M. ve Çavga, H., 1997. Geology, Mineralogy and Genesis of the Auriferous Quartz Veins in the Olucak (Gümüşhane) Area, Selçuk University 20th Anniversary Geology Symposium, Ekim, Konya, Bildiriler Kitabı: 189-202 (in Turkish with Engl. Abstr.).
- 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.
- Aslan, Z., 2010. U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey). Eastern Pontides, Neues Jahrbuch für Mineralogie, 187, 3, 329-346.
- Aslan, N., 2011. Mastra (Gümüşhane) Yatağı'nın Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Aslan, N., ve Akçay, M., 2011. Mastra (Gümüşhane) Au-Ag Yatağının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, 63. Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara.
- Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır-kurşun-çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, KTÜ Yerbilimleri Fakültesi, Yayın No: 12, Trabzon.

- Atay, U., 2016. Kaletaş-Söğütağ-İl-Akpınar (Gümüşhane) Yöreleri Hidrotermal Alterasyonların Modellemesi Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane
- Bacon, C.R., Hirschmann, M.M., 1988. Mg/Mn partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti oxides. American Mineralogist, 73; 57-61.
- Barrett, T. J., 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.
- Barrett, 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.
- Barrett, 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.
- Barrett, 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.
- Barrett, 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.
- 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., 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., 1993. Revised Equation and Table for Determining the Freezing Point Depression of H₂O-NaCl Solutions, Geochim. Cosmochim. Acta, 57, 683-684.
- 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 H₂O-CO₂-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 CO₂-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.
- Chorowiecz, J., Dhont, D. ve Adıyaman, 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.
- 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.
- 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.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J., 1992. An Introduction to the Rock – Forming Minerals, John Wiley and Sons, Inc. 21st. Eds., New York, 696.
- 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., Uysal, I., Sadıklar, M.B., Sipahi, F., 2008. Mineralogy, Mineral Chemistry, and Fluid Inclusion Investigation of Köstere Hydrothermal Vein-Type Deposit (Gümüşhane, NE-Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogie 185, (2), 215-232.
- Demir, H. B., 2014. Kermut (Tekke-Gümüşhane) Yöresi Hidrotermal Alterasyonların Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane
- 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.
- 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.
- Eyuboglu, Y., Santosh, M., Yi, K., Tuysuz, N., Korkmaz, S., Akaryalı, E., Dudas, F.O., Bektas, O., 2014. The Eastern Black Sea-type volcanogenic massive sulfide deposits: Geochemistry, zircon U-Pb geochronology and an overview of the geodynamics of ore genesis. Ore Geology Reviews, 59, 29-54.
- Foley, N.K., Bethke, P.M. ve Rye, R.O., 1989. A Reinterpretation of $\delta\text{DH}_2\text{O}$ Values of Inclusions Fluids in Contemporaneous Quartz and Sphalerite, Cerde Mining District, Colorado. Econ. Geology, 84, 1996-1997.
- Gettinger, T.E., 1962. 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası ve İzahnamesi, MTA Yayını, Ankara,
- Giggenbach, W. F., 1992. Isotopic Shifts in Water from Geothermal and Volcanic Systems along Convergent Plate Boundaries and Their Origin. Earth Planet. Sci. Lett. 113, 495-510.
- 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.,
- Gündoğdu, M. N. ve Yılmaz, O., 1984. Kil Mineralojisi Yöntemleri, I. Ulusal Kil Konferansı, Bildiriler Kitabı: 319-330.
- 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.
- Hedenquist, J. W., Lowenstern, J. B., 1994. The Role of Magmas in the Formation of Hydrothermal Ore Deposit. Nature 370, 519-527.
- Hermann, W., Berry, R.F., 2002. MNSQ-A Least Squares Spreadsheet Method for Calculating Mineral Proportions from Whole Rock Major Element Analyses (yayınlanmamış).
- Hofmann, A.W., 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust and oceanic crust, Earth and Planetary Science Letters, 90, 297-314.

- 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. L., 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.
- 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.
- 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.
- Korkmaz, S. ve Gedik, A., 1988. Rize-Fındıklı-Çamlıhemşin Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Petrol Oluşumları, T.J.K., 32/33, 5-15.
- Leake, E.B., Wooley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W.V., Nickhel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W. ve Youzhi, G., 1997. Nomenclature of amphiboles report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names, European Journal of Mineralogy, 9, 623-651.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, I., Lamere, J., Sabine, P.A., Schunid, R., Sorensen, H., Woolley, AR, 2002. Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee of the Systematics of Igneous Rocks, Cambridge University Press, 236.
- 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.

- MacLean, W.H., 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.
- Matsuhisa, Y., Aoki, M., 1994. Temperature ve Oxygen Isotope Variations during Formation of the Hishikari epithermal Gold-Silver Veins, southern Kyushu, Japon. Economic Geology 89, 1608-1613.
- Ohmoto, H. ve Rye R.O., 1970. The Bluebell Mine, British Colombia. I. Minerology, Paragenesis, Fluid Inclusions and the Isotops of Hydrogen Oxygen and Carbon, Econ. Geology, 65, 417-437.
- Ohmoto, H. ve Rye, 1974 Hydrogen and Oxygen Isotopic Compositions of Fuluid Inclusions in Kuroko Deposits, Japon, Econ. Geology, 69, 947-953.
- Pearce, J.A., Peate, D.W., 1995. Tectonic implications of composition of volcanic arc magmas, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 23, 251-285.
- Pejatoviç, S., 1979. Pontid Tipi Masif Yataklarının Metalojenisi, MTA Yayın No: 177. Ankara.
- 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.
- 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.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions: Reviews in Minorology, v. 12, Mineralogical Society of America, Washington, 644.
- 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.
- Schmidberger, S.S., Hegner, E., 1999. Geochemistry and isotope systematics of calcalkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW German)-implications for Late Variscan Orogenic development, Contributions to Mineralogy and Petrology, 135, 373-385.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enst., Trabzon.
- Sipahi, F., Sadıklar, B., 2010. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 53, 2-3.

- 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 Hydrothermal 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.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. Tectonophysics, 75, 181-241.
- Thompson, M. ve Walsh, J.N., 1983. A Handbook of Inductively Coupled Plasma Spectrometry; Blackie, Glasgow, 380.
- 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.
- Turner, S.P., 2005. Some remarks on magmatic processes beneath island arc volcanoes. Advances in Science, Earth Sciences, Imperial College Press, 131-155.
- 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., 2000. Geology, Lithogeochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey, Chem. Erde, 60, 231-250.
- 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.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zhang, Y.G. ve Frantz, J.D., 1987. Determination of the Homogenisation Temperatures and Densities of Supercritical Fluids in the System NaCl-KCl-CaCl₂-H₂O Using Synthetic Fluid Inclusions, Chem. Geol., 64, 335-350.

6. EKLER

Ek Tablo 1. Tez kapsamında alterasyon sahalarının içinde yer alan Eosen yaşlı andezitlere ait plajiyoklas, amfibol ve Fe-Ti oksit minerallerinin mikroprob analiz sonuçları.

Mineral	Plajiyoklas																				
Örnek No	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12
Analiz No	08c	09r	10c	11r	12c	13	14	15	16r	17c	21c	22r	23c	24c	25c	26c	27c	28r	29c	30r	31c
SiO ₂	55,22	55,92	54,28	53,38	52,44	56,33	50,40	54,98	55,75	55,92	54,71	54,85	54,48	53,92	54,46	54,31	53,26	55,71	49,14	54,81	55,04
Al ₂ O ₃	26,53	26,69	27,55	27,70	28,76	26,28	29,82	26,80	26,67	26,42	27,05	27,03	27,17	27,85	27,38	27,13	28,65	26,91	30,60	27,01	27,51
FeO	0,26	0,24	0,27	0,36	0,26	0,23	0,30	0,26	0,27	0,22	0,27	0,31	0,31	0,27	0,28	0,28	0,38	0,28	0,34	0,25	0,24
CaO	9,30	9,24	9,96	10,60	11,61	8,52	12,95	9,34	9,14	8,90	9,84	9,77	9,67	10,51	9,86	9,84	11,42	9,22	13,83	9,74	9,82
Na ₂ O	5,77	5,91	5,36	4,95	4,51	6,09	3,79	5,74	5,90	5,98	5,48	5,35	5,60	5,15	5,46	5,53	4,77	5,86	3,24	5,41	5,40
K ₂ O	0,41	0,46	0,34	0,34	0,26	0,46	0,19	0,39	0,45	0,41	0,32	0,37	0,37	0,33	0,37	0,40	0,29	0,42	0,18	0,42	0,38
BaO	0,04	0,05	0,07	0,03	0,05	0,02	0,02	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04
SrO	0,15	0,11	0,18	0,22	0,14	0,19	0,26	0,12	0,17	0,11	0,13	0,25	0,18	0,15	0,17	0,15	0,14	0,17	0,10	0,07	0,12
Toplam	97,67	98,62	98,01	97,58	98,03	98,12	97,74	97,70	98,42	98,01	97,85	97,97	97,81	98,23	98,03	97,68	98,92	98,58	97,46	97,73	98,55
Si	2,547	2,553	2,500	2,475	2,425	2,579	2,350	2,536	2,552	2,565	2,521	2,525	2,514	2,481	2,507	2,510	2,440	2,544	2,302	2,526	2,516
Al	1,442	1,436	1,495	1,514	1,567	1,418	1,638	1,457	1,439	1,428	1,469	1,466	1,477	1,510	1,486	1,478	1,547	1,448	1,689	1,467	1,482
Fe ⁺²	0,010	0,009	0,010	0,014	0,010	0,009	0,012	0,010	0,010	0,008	0,010	0,012	0,012	0,010	0,011	0,011	0,015	0,011	0,013	0,010	0,009
Ca	0,459	0,452	0,491	0,527	0,575	0,418	0,647	0,461	0,448	0,437	0,486	0,482	0,478	0,518	0,486	0,487	0,561	0,451	0,694	0,481	0,481
Na	0,516	0,523	0,479	0,445	0,404	0,540	0,343	0,513	0,524	0,532	0,490	0,477	0,501	0,459	0,487	0,496	0,424	0,519	0,294	0,483	0,479
K	0,024	0,027	0,020	0,020	0,015	0,027	0,011	0,023	0,026	0,024	0,019	0,022	0,022	0,019	0,022	0,024	0,017	0,024	0,011	0,025	0,022
Ba	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001
Sr	0,004	0,003	0,005	0,006	0,004	0,005	0,007	0,003	0,005	0,003	0,003	0,007	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,005	0,003	0,002	0,003
Toplam	5,003	5,004	5,002	5,001	5,001	4,996	5,008	5,004	5,004	4,999	4,999	4,992	5,009	5,003	5,004	5,010	5,007	5,003	5,006	4,994	4,993
An	45,97	45,11	49,64	53,10	57,82	42,41	64,64	46,26	44,91	44,04	48,86	49,12	47,77	51,97	48,86	48,42	55,99	45,36	69,47	48,63	48,99
Ab	51,61	52,21	48,34	44,87	40,64	54,86	34,23	51,44	52,46	53,55	49,24	48,67	50,06	46,09	48,96	49,24	42,32	52,18	29,45	48,88	48,75
Or	2,41	2,67	2,02	2,03	1,54	2,73	1,13	2,30	2,63	2,42	1,89	2,21	2,18	1,94	2,18	2,34	1,69	2,46	1,08	2,50	2,26

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir. Yapısal formüller 8 oksijene göre hesaplanmıştır. An, Ab ve Or: sırasıyla Anortit, Albit ve Ortaklas yüzdeleri Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır.

Ek Tablo 1. (devamı, plajiyoklas)

Mineral	Plajiyoklas													
Örnek No	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12	T12
Analiz No	32c	33	34	35	36	37r	44c	45r	46c	47r	48c	49r	55c	56r
SiO ₂	54,94	54,32	57,37	53,61	55,40	54,34	54,42	54,15	55,12	54,35	50,24	52,68	51,69	54,80
Al ₂ O ₃	26,90	27,22	25,36	27,94	26,78	27,41	26,91	27,10	26,98	27,13	29,89	27,35	28,99	26,74
FeO	0,26	0,25	0,24	0,26	0,25	0,34	0,25	0,31	0,22	0,27	0,27	0,30	0,29	0,26
CaO	9,56	10,11	7,95	10,75	9,51	10,03	9,77	9,48	9,57	9,68	13,12	9,91	11,71	9,26
Na ₂ O	5,65	5,30	6,41	4,85	5,67	5,41	5,42	5,77	5,67	5,55	3,57	5,49	4,44	5,75
K ₂ O	0,36	0,31	0,50	0,29	0,35	0,36	0,33	0,40	0,37	0,40	0,19	0,36	0,26	0,40
BaO	0,04	0,04	0,06	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06
SrO	0,10	0,14	0,12	0,17	0,19	0,19	0,09	0,11	0,13	0,10	0,03	0,17	0,15	0,17
Toplam	97,82	97,68	98,01	97,90	98,20	98,10	97,24	97,36	98,10	97,50	97,36	96,30	97,59	97,44
Si	2,531	2,509	2,624	2,474	2,541	2,502	2,522	2,511	2,531	2,514	2,347	2,476	2,404	2,535
Al	1,460	1,481	1,367	1,520	1,448	1,487	1,470	1,481	1,460	1,479	1,646	1,515	1,589	1,458
Fe ⁺²	0,010	0,010	0,009	0,010	0,010	0,013	0,010	0,012	0,008	0,010	0,011	0,012	0,011	0,010
Ca	0,472	0,500	0,390	0,532	0,467	0,495	0,485	0,471	0,471	0,480	0,657	0,499	0,584	0,459
Na	0,505	0,475	0,568	0,434	0,504	0,483	0,487	0,519	0,505	0,498	0,323	0,500	0,400	0,516
K	0,021	0,018	0,029	0,017	0,020	0,021	0,020	0,024	0,022	0,024	0,011	0,022	0,015	0,024
Ba	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Sr	0,003	0,004	0,003	0,005	0,005	0,005	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001	0,005	0,004	0,005
Toplam	5,002	4,997	4,991	4,991	4,997	5,007	4,996	5,020	5,002	5,007	4,997	5,028	5,009	5,006
An	47,30	50,37	39,46	54,10	47,11	49,53	48,92	46,48	47,21	47,92	66,24	48,88	58,39	45,97
Ab	50,58	47,79	57,58	44,17	50,83	48,35	49,11	51,19	50,62	49,72	32,62	49,00	40,06	51,66
Or	2,12	1,84	2,96	1,74	2,06	2,12	1,97	2,33	2,17	2,36	1,14	2,11	1,54	2,36

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir. Yapısal formüller 8 oksijene göre hesaplanmıştır. An, Ab ve Or: sırasıyla Anortit, Albit ve Ortaklas yüzdeleri. Fe⁺² toplam Fe olarak alınmıştır

Ek Tablo 1. (devamı, amfibol)

TiO ₂	1,38	1,21	1,39	1,34	1,23	1,26	1,34	1,22	1,27	1,43	1,08	1,11	1,12	1,24	1,16	1,35	1,29	1,19	1,34	1,21
Al ₂ O ₃	6,98	6,66	7,04	7,37	6,50	7,01	6,78	6,77	6,88	8,27	6,32	6,65	6,59	7,13	6,60	7,28	6,91	6,65	7,18	6,86
FeO	12,58	11,86	12,48	12,44	12,18	12,41	12,09	11,84	11,97	13,04	11,65	11,80	11,93	12,04	11,95	12,33	12,44	11,93	12,35	12,05
MnO	0,55	0,54	0,58	0,59	0,55	0,54	0,54	0,56	0,52	0,45	0,51	0,57	0,55	0,51	0,52	0,51	0,55	0,55	0,54	0,53
MgO	14,65	15,25	14,83	15,19	15,42	14,99	15,13	15,26	15,57	14,28	16,01	15,80	15,84	15,05	15,82	15,08	15,36	15,73	15,41	15,4
CaO	11,39	11,12	11,28	11,31	11,31	11,29	11,19	11,09	11,08	11,35	11,14	11,11	11,17	11,23	11,20	11,22	11,06	10,98	11,02	11,23
Na ₂ O	1,11	1,11	1,13	1,20	1,10	1,09	1,45	1,14	1,16	1,38	1,09	1,19	1,01	1,14	1,13	1,25	1,15	1,21	1,25	1,2
K ₂ O	0,46	0,40	0,45	0,45	0,41	0,49	0,42	0,39	0,38	0,64	0,40	0,39	0,41	0,49	0,42	0,45	0,42	0,38	0,4	0,45
F	0,19	0,19	0,31	0,20	0,12	0,23	0,36	0,21	0,07	0,12	0,13	0,15	0,04	0,07	0,13	0,19	0,10	0,26	0,04	0,23
Cl	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05	0,07	0,06	0,05	0,06	0,07
H ₂ O	1,91	1,95	1,86	1,91	1,96	1,88	1,82	1,91	1,95	1,92	1,95	1,96	2,00	1,96	1,96	1,91	1,94	1,9	1,99	1,88
Toplam	98,36	99,39	98,55	98,88	98,66	97,98	97,94	98,06	97,30	98,23	98,19	99,03	98,63	97,46	98,83	98,33	97,60	98,75	98,53	97,7
Si	6,865	7,013	6,847	6,757	6,905	6,816	6,841	6,904	6,766	6,637	6,901	6,906	6,875	6,813	6,875	6,781	6,751	6,880	6,768	6,800
Al iv	1,135	0,987	1,153	1,243	1,095	1,184	1,159	1,096	1,183	1,363	1,074	1,094	1,115	1,187	1,117	1,219	1,187	1,120	1,220	1,180
Al vi	0,064	0,135	0,052	0,011	0,010	0,022	0,009	0,061	0,000	0,066	0,000	0,028	0,000	0,043	0,000	0,027	0,000	0,005	0,000	0,000
Al tot	1,199	1,122	1,205	1,254	1,106	1,205	1,168	1,157	1,183	1,429	1,074	1,122	1,115	1,230	1,117	1,246	1,187	1,125	1,220	1,180
Ti	0,151	0,130	0,152	0,146	0,134	0,138	0,147	0,133	0,139	0,158	0,117	0,119	0,121	0,137	0,125	0,147	0,141	0,129	0,145	0,133
Fe ³⁺	0,709	0,706	0,732	0,918	0,867	0,836	0,679	0,817	1,099	0,828	0,998	0,936	1,068	0,885	0,976	0,865	0,068	0,944	1,094	0,895
Fe ²⁺	0,824	0,712	0,783	0,584	0,603	0,677	0,800	0,619	0,362	0,771	0,406	0,476	0,364	0,589	0,459	0,632	0,404	0,489	0,395	0,575
Mn	0,068	0,065	0,071	0,072	0,067	0,067	0,067	0,069	0,064	0,056	0,062	0,069	0,067	0,063	0,063	0,063	3,337	0,067	0,066	0,066
Mg	3,183	3,251	3,210	3,270	3,319	3,260	3,298	3,300	3,387	3,121	3,441	3,371	3,390	3,284	3,386	3,265	1,727	3,367	3,312	3,351
Ca	1,779	1,704	1,755	1,749	1,749	1,764	1,753	1,724	1,732	1,783	1,721	1,704	1,718	1,761	1,722	1,746	0,325	1,689	1,702	1,756
Na	0,314	0,308	0,318	0,336	0,308	0,308	0,411	0,321	0,328	0,392	0,305	0,330	0,281	0,323	0,314	0,352	0,078	0,337	0,349	0,340
K	0,086	0,073	0,083	0,083	0,075	0,091	0,078	0,072	0,071	0,120	0,074	0,071	0,075	0,091	0,077	0,083	0,000	0,070	0,074	0,084
Toplam	15,178	15,084	15,156	15,168	15,132	15,164	15,242	15,116	15,131	15,295	15,099	15,105	15,074	15,176	15,114	15,181	15,130	15,096	15,125	15,179
XMg	0,67	0,70	0,68	0,69	0,69	0,68	0,69	0,70	0,70	0,66	0,71	0,70	0,70	0,69	0,70	0,69	0,79	0,70	0,69	0,69

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir. Yapısal formüller 23 oksijene göre hesaplanmıştır. $XMg = Mg / (Mg + Fe^{+2} + Fe^{+3})$. $Fe^{+2} - Fe^{+3}$ ayrımı Leakevd. (1977)'ne göre yapılmıştır.

Ek Tablo 1. (devamı, Fe-Ti oksit)

Mineral	Fe-Ti Oksit					
Örnek No	T12	T12	T12	T12	T12	T12
Analiz No	T12-06	T12-07	T12-38	T12-39	T12-40	T12-41
SiO ₂	0,23	0,08	0,36	0,03	0,14	0,08
TiO ₂	0,41	0,56	0,48	0,60	9,32	0,47
Al ₂ O ₃	0,30	2,15	0,60	0,89	0,89	0,89
Cr ₂ O ₃	0,04	0,05	0,07	0,04	0,04	0,05
FeO	86,66	86,66	84,78	87,81	78,37	88,58
MnO	0,37	1,11	0,12	0,90	0,19	0,95
MgO	0,09	1,21	0,36	0,82	0,37	0,51
CaO	0,05	0,00	0,06	0,01	0,01	0,01
Toplam	88,15	91,81	86,84	91,10	89,33	91,53
Si	0,009	0,003	0,015	0,001	0,006	0,003
Ti	0,013	0,016	0,015	0,018	0,282	0,014
Al	0,014	0,097	0,029	0,042	0,042	0,041
Cr	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002
Fe ³⁺	1,941	1,863	1,910	1,891	1,381	1,924
Fe ²⁺	1,001	0,914	1,001	0,978	1,259	0,956
Mn	0,013	0,036	0,004	0,031	0,006	0,031
Mg	0,005	0,069	0,022	0,049	0,022	0,030
Toplam	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
XMg	0,005	0,070	0,022	0,048	0,017	0,030

Not: Ana oksit değerleri % ağırlık cinsindendir. Yapısal formüller 4 oksijene göre, Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı stokiometrik olarak hesaplanmıştır. XMg=Mg/(Mg+ Fe⁺² + Fe⁺³).

Ek Tablo 2. Eosen yaşlı volkanik kayaların ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları.

Canca-Aktutan Alterasyon Sahası							
Örnek No	B1	B3	G1	G3	A10	A8	A9
Ana oksitler (%)							
SiO ₂	56.07	56.48	56.87	55.54	53.73	54.61	53.88
Al ₂ O ₃	18.38	17.72	16.81	16.13	16.15	16.36	16.29
Fe ₂ O ₃ *	7.15	7.14	6.43	6.42	7.25	6.60	7.07
MgO	2.52	2.65	3.61	1.05	4.18	3.80	3.95
CaO	7.30	6.62	6.24	8.44	2.83	3.87	2.27
Na ₂ O	3.69	3.84	3.07	3.48	0.81	2.60	1.60
K ₂ O	2.13	2.28	2.83	2.48	8.61	6.37	9.16
TiO ₂	0.70	0.67	0.60	0.54	0.63	0.65	0.64
P ₂ O ₅	0.22	0.21	0.18	0.13	0.17	0.17	0.16
MnO	0.12	0.09	0.14	0.07	0.19	0.16	0.15
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004
A.K.	1.4	2	2.9	5.5	5.2	4.5	4.6
Toplam	99.72	99.73	99.72	99.79	99.71	99.73	99.75
İz elementler (ppm)							
Sc	19	18	20	19	20	21	21
Ba	788	773	816	750	1043	852	825
Be	1	1	<1	1	<1	2	2
Co	20.5	18.5	16.6	16.6	15.7	18.2	18
Cs	0.6	0.8	2.2	1	3.2	2.2	2.1
Ga	17.6	17	14.9	14.4	14.8	15.4	14.7
Hf	2.7	2.9	3.3	2.7	3.4	3.3	3.2
Nb	4.2	4.3	4.2	3.9	4.7	4.6	4.6
Rb	50.8	59.2	72.3	59.3	294.6	203.8	279.9
Sn	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sr	664	638.2	505.5	445.1	253.9	342.9	255
Ta	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1
Th	5.6	5.6	8.3	7.2	7.3	7.1	7
U	1.5	1.6	2.4	2	1.9	1.9	1.8
V	224	210	196	165	186	198	196
W	0.7	0.8	1.2	3.6	1.1	0.8	1.7
Zr	102.9	107.4	110	99.3	121.1	121	118.8
Y	17.5	19.1	17.8	16.4	17.5	18.8	19.3
Mg#	26.06	27.07	35.96	14.06	36.57	36.54	35.84
Nadir Toprak elementler (ppm)							
La	20.6	20.3	21.4	18	19.9	21.5	22.1
Ce	36.3	37.5	39.2	33.4	39.3	40	41.4
Pr	4.49	4.45	4.63	3.93	4.6	4.86	4.9
Nd	17.7	18.6	18.1	16.6	18.6	20.1	18.8
Sm	3.68	3.65	3.57	3.15	3.73	3.77	3.83
Eu	1.06	1.06	1	0.88	0.96	1.02	1.06
Gd	3.41	3.58	3.51	3.07	3.55	3.68	3.58
Tb	0.54	0.56	0.53	0.47	0.54	0.55	0.56
Dy	3.44	3.2	3.17	2.92	3.04	3.28	3.28
Ho	0.64	0.7	0.63	0.57	0.58	0.69	0.66
Er	1.64	1.77	1.69	1.65	1.78	1.82	1.87
Tm	0.28	0.29	0.27	0.26	0.29	0.28	0.3
Yb	1.86	1.93	1.83	1.76	1.89	1.86	1.84
Lu	0.29	0.3	0.3	0.29	0.3	0.3	0.29

Ek Tablo 2 (devamı)

Yitirmez (Leriköy) – Dölek Alterasyon Sahası					
Örnek No	Y3	Y4	Y5	T1	G11
Ana oksitler (%)					
SiO ₂	60.68	58.64	60.84	48.83	57.83
Al ₂ O ₃	17.36	18.76	17.2	12.41	16.29
Fe ₂ O ₃ *	5.14	6.06	5.33	5.64	5.83
MgO	2.63	2.62	2.26	4.08	2.95
CaO	5.45	1.79	5.93	11.16	5.39
Na ₂ O	3.57	5.96	3.34	0.99	3.18
K ₂ O	1.8	1.46	1.58	3.52	3.3
TiO ₂	0.44	0.51	0.44	0.82	0.54
P ₂ O ₅	0.16	0.18	0.16	0.11	0.19
MnO	0.11	0.1	0.13	0.12	0.1
Cr ₂ O ₃	<0.002	0.003	<0.002	0.022	<0.002
A.K.	2.4	3.7	2.6	12.1	4.1
Toplam	99.76	99.79	99.76	99.8	99.73
İz elementler (ppm)					
Sc	11	13	11	17	18
Ba	734	478	761	474	988
Be	1	<1	<1	<1	3
Co	10.6	11.6	10.3	18.1	13.3
Cs	0.9	0.7	1	2.9	1.4
Ga	14.4	14.4	14.2	11.2	12.5
Hf	2.2	2.5	2.5	2.1	3.1
Nb	6.2	6.2	6	9.4	5.2
Rb	37.5	44.1	36.5	84.7	78.6
Sn	2	1	<1	2	1
Sr	603.9	592	609.9	181.7	426.5
Ta	2	1	0.3	0.5	0.4
Th	4.8	5.6	5.4	5.3	8.3
U	1.4	1	1.5	1.2	2.1
V	110	107	114	143	161
W	0.6	0.6	0.6	0.8	1.2
Zr	96.3	101.9	96.1	97.6	114.3
Y	12.2	11.6	12.5	14.9	17.2
Nadir Toprak elementler (ppm)					
La	23.3	23.2	24.4	18	24.3
Ce	41.6	41.4	41.5	34.6	43.9
Pr	4.21	4.7	4.37	3.99	4.81
Nd	15.5	17.1	16.3	15.4	18.7
Sm	2.79	3.19	2.82	3.34	3.9
Eu	0.94	0.93	0.93	0.9	1.06
Gd	2.6	2.68	2.76	3.12	3.61
Tb	0.4	0.38	0.39	0.49	0.51
Dy	2.26	2.05	2.38	2.82	2.99
Ho	0.42	0.4	0.48	0.53	0.61
Er	1.32	1.15	1.36	1.63	1.69
Tm	0.17	0.21	0.19	0.22	0.27
Yb	1.3	1.26	1.4	1.53	1.87
Lu	0.21	0.2	0.23	0.24	0.28

Ek Tablo 3. Canca-Aktutan alterasyon sahasında kırıklara dik bir hat boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	C5	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
SiO ₂	52.79	60.46	65.91	61.74	58.58	58.7	72.76	62.15	65.27
Al ₂ O ₃	20.26	12.14	14.64	16.11	15.57	15.94	14.72	27.21	18.51
Fe ₂ O ₃	6.69	13.63	5.71	7.94	11.6	6.15	1.13	0.38	1.65
MgO	5.17	0.83	1.36	0.59	0.58	3.27	0.49	0.06	1.62
CaO	2.55	0.09	0.36	0.38	0.29	2.17	0.09	0.06	0.1
Na ₂ O	5.22	0.78	2.01	2.05	1.09	3.31	0.1	0.13	0.18
K ₂ O	1.62	1.66	0.51	1.31	2.16	0.92	3.46	0.05	2.78
TiO ₂	0.71	0.7	0.88	0.79	0.84	0.62	0.68	1.13	0.72
P ₂ O ₅	0.15	0.03	0.1	0.05	0.08	0.06	0.06	0.24	0.08
MnO	0.18	0.01	0.05	0.01	<0.01	0.17	<0.01	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.K.	4.4	9.5	8.3	8.9	9	8.5	6.4	8.1	8.9
Toplam	99.7	99.84	99.85	99.83	99.85	99.79	99.86	99.53	99.81
Ba	619	571	339	731	584	455	506	759	865
Co	14.1	0.5	1.6	0.9	0.8	19.5	0.7	0.6	1.2
Cs	0.6	1.2	1	0.6	0.8	0.8	0.6	<0.1	1.2
Ga	19.7	17.6	16.6	15.1	15.4	12.6	13.1	22.4	14.6
Hf	2.9	3.6	4.9	4.6	3.1	3.6	3.6	5.7	3.8
Nb	3.9	4.9	6.2	6	4.3	4.6	4.5	6.7	4.7
Rb	40.4	41.7	19.5	47.5	69.8	26.6	58.7	1.3	72.6
Sr	560.9	59.7	220.5	207.3	136.3	403.9	199.8	2346.3	54.4
Ta	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2
Th	5.4	6.6	8.3	6.9	5.9	6.2	6.2	10.1	6.7
U	1.4	1.7	2	2.1	1.7	1.5	2.3	3.1	2.5
V	252	186	191	178	238	152	217	460	259
Zr	109.3	133.6	178.7	158.4	117.1	132.1	127.5	195.6	136.5
Y	26.1	14.9	17.5	14.5	8.5	14.2	88.2	7	49.1
Mo	9.3	2.2	2.2	0.3	2.2	1.3	0.7	1	0.5
Cu	175.6	321.8	70.4	135.5	149.4	184.7	5.8	5.3	18.8
Pb	2.8	9.8	9.3	4.9	5.8	10.2	8.7	23.6	19.1
Zn	105	4	33	10	8	41	10	5	5
As	4.2	19.1	9.7	3.3	3.3	4.1	4.1	1.2	1.5
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.3	<0.1	<0.1
Au	<0.5	0.5	4	1.8	1	1.3	2.4	<0.5	2.4
Hg	0.02	0.05	0.01	0.03	0.03	0.02	0.1	0.01	0.01
La	16.6	9.8	9.5	5.3	7.9	10	16.7	34.5	17.7
Ce	33.5	19.6	17.9	7.8	12.7	20.1	33.6	83.8	38.1
Pr	4.51	2.28	2.01	0.87	1.39	2.21	4.35	12.9	5.14
Nd	19.2	8.9	7.5	3.4	4.8	8	20.2	53.6	22.7
Sm	4.66	1.81	1.42	0.77	0.89	1.91	6.85	8.57	5.82
Eu	1.21	0.41	0.25	0.2	0.19	0.63	1.71	1.68	1.55
Gd	4.48	1.88	1.6	1.14	0.93	2.03	11.5	4.05	6.84
Tb	0.77	0.35	0.33	0.25	0.17	0.38	2.29	0.38	1.33
Dy	4.6	2.17	2.28	1.96	1.18	2.53	13.6	1.72	8.74
Ho	0.93	0.51	0.6	0.5	0.27	0.52	2.7	0.29	1.81
Er	2.6	1.59	1.94	1.73	0.94	1.63	6.95	1.1	5.2
Tm	0.4	0.25	0.33	0.29	0.17	0.28	0.92	0.23	0.8
Yb	2.63	1.89	2.42	2.12	1.25	1.87	5.48	1.78	5.44
Lu	0.42	0.29	0.41	0.37	0.24	0.3	0.84	0.29	0.85

Ek Tablo 3 (devamı)

Örnek No	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25
SiO ₂	61.7	64.24	73.01	65.58	66.23	65.09	13.47	52.54
Al ₂ O ₃	2.91	12.44	17.97	16.42	14.83	10.56	27.78	17.4
Fe ₂ O ₃	14.37	4.4	0.42	3.81	4.96	4	5.76	2.2
MgO	0.03	4.8	0.04	0.75	1.3	0.05	0.03	0.01
CaO	0.02	1.81	0.42	0.67	0.99	0.14	0.05	0.17
Na ₂ O	1.23	0.04	0.07	2.65	3.25	1.13	1.85	1.48
K ₂ O	1.25	2.1	0.04	1.68	0.73	1.79	6.12	2.65
TiO ₂	1.31	0.51	0.82	0.87	0.74	0.61	0.96	0.77
P ₂ O ₅	0.1	0.08	0.19	0.07	0.09	0.17	0.16	0.23
MnO	<0.01	0.24	<0.01	0.03	0.06	<0.01	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.K.	16.5	9.2	6.9	7.3	6.6	16.3	37.8	22.4
Toplam	99.43	99.82	99.86	99.82	99.81	99.81	93.94	99.81
Ba	3668	560	365	719	700	645	1547	516
Co	0.4	8.2	0.3	1.3	1.7	<0.2	0.2	0.2
Cs	<0.1	0.8	<0.1	0.9	0.8	<0.1	<0.1	<0.1
Ga	4.9	11.7	10.9	18.5	13.2	9.7	53.5	12.8
Hf	6.6	2.8	4.2	5.2	4.3	2.7	4.9	3.4
Nb	7.2	3.3	5.2	5.9	5.1	3.7	5.2	3.9
Rb	1.9	71.5	0.5	59.4	18.8	5.3	2.2	3.3
Sr	694.9	30.7	464.7	323.1	325.8	742.8	1344	594.1
Ta	0.6	0.2	0.4	0.5	0.3	0.2	0.6	0.3
Th	6.1	4.7	7.9	8.7	7.3	3.9	4.3	5.2
U	3.6	1.2	1.7	2.7	2.1	1.3	1.2	1.1
V	51	141	194	254	190	155	329	245
Zr	237.4	93.5	153.2	176.5	147.2	101.7	150.4	122
Y	6.2	12.9	8.6	14.9	15.4	8.6	2.7	8.7
Mo	4.7	1.7	0.5	1.3	0.5	1.2	2.9	0.7
Cu	7.3	65	2	39.6	66.8	3.4	2.9	8.1
Pb	371.2	9.4	6.7	20.1	30.7	10.8	29	8.2
Zn	7	17	2	11	15	5	1	8
As	19.5	1	0.8	2	1.9	1.9	19.2	42.4
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	17.8	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	1.4	<0.1
Au	83.4	2.8	1.1	2	<0.5	0.9	13.8	10.9
Hg	0.83	0.03	<0.01	<0.01	0.03	0.03	0.41	0.01
La	5.4	13.7	21.2	9.6	7.7	17.7	14.3	15
Ce	7.5	25.9	39.4	16.8	11.8	37.2	20.1	30.7
Pr	0.77	3.29	4.87	1.69	1.41	4.66	1.7	3.86
Nd	2.4	13.8	19.7	5.6	5.9	17.8	5	14.6
Sm	0.51	2.73	4.05	0.93	1.37	3.62	0.42	2.45
Eu	0.08	0.54	1.01	0.31	0.31	0.82	0.04	0.48
Gd	0.46	2.17	3.21	1.33	1.67	2.06	0.39	1.87
Tb	0.12	0.34	0.4	0.28	0.32	0.22	0.05	0.26
Dy	0.94	2.14	1.64	2.05	2.35	1.24	0.39	1.5
Ho	0.25	0.48	0.34	0.52	0.56	0.3	0.13	0.36
Er	0.96	1.49	1.02	1.81	1.88	1.14	0.5	1.21
Tm	0.19	0.23	0.19	0.31	0.3	0.22	0.09	0.22
Yb	1.48	1.66	1.48	2.26	1.99	1.68	0.68	1.63
Lu	0.26	0.24	0.27	0.38	0.35	0.3	0.12	0.29

Ek Tablo 4. Yitirmez (Leriköy) - Dölek alterasyon sahasında kırıklara dik bir hat boyunca alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek no	YD1	YD2	YD3	YD4	YD5	YD6	YD7	YD8
SiO ₂	59.79	64.73	64.69	75.81	74.27	73.54	76.51	69.62
Al ₂ O ₃	15.9	21.23	21.27	13.71	14.43	16.04	14.3	17.63
Fe ₂ O ₃	11.03	0.81	1.35	0.96	1.26	0.67	0.5	0.84
MgO	0.03	0.27	0.24	0.5	0.61	0.59	0.38	0.7
CaO	0.09	0.29	0.22	0.17	0.1	0.04	0.1	0.21
Na ₂ O	0.13	2.69	2.13	0.06	0.06	0.08	0.07	3.24
K ₂ O	2.85	1.83	1.57	3.57	4.05	4.59	3.72	3.59
TiO ₂	0.61	0.63	0.58	0.57	0.5	0.53	0.51	0.63
P ₂ O ₅	0.05	0.08	0.1	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01
MnO	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.K.	9.4	7.1	7.5	4.5	4.6	3.7	3.8	3.4
Toplam	99.9	99.71	99.68	99.87	99.86	99.81	99.86	99.86
Ba	223	1854	2079	560	826	1150	788	575
Co	11	0.3	0.6	0.4	0.7	0.2	0.2	0.6
Cs	0.6	1.9	1.9	1.6	2.2	1.3	1.3	2
Ga	6.6	15.6	14.5	13.3	14.2	12.9	15.8	14.6
Hf	3	4.1	3.8	4.4	3.7	3.9	3.7	3.9
Nb	5.4	6.6	6.2	8.1	6.4	7.4	7.8	7
Rb	74.9	49.7	43.5	96.5	119.6	137.2	90.7	111.6
Sr	291.9	281.6	240	65.1	25	21.4	21.6	185.1
Ta	2.1	1	0.6	1.5	0.4	1.3	1.5	1.9
Th	10.2	8.4	8.6	9	6.5	7.3	6.7	6.8
U	1.8	2	2.2	2.8	1.8	2.3	2.4	2.1
V	98	167	141	112	116	107	116	167
Zr	110.4	141.2	149.4	166.6	142.3	149.7	147.2	143.7
Y	8.5	8.4	10.1	18.3	12.5	15.6	10.4	9.3
Mo	6.3	0.3	0.4	2.2	12.9	0.5	5	0.4
Cu	17	5	14.2	5	4.2	1.5	2.6	1.7
Pb	9.2	5.8	5	6.9	11.6	3.7	12.2	4.4
Zn	2	3	6	3	3	1	2	2
Ni	6.6	0.3	0.3	0.6	0.6	0.3	0.6	0.3
As	2.1	6.2	4	0.5	1.5	0.5	1.3	0.5
Sb	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
Au	9.9	2.3	1.1	4.2	9.9	4.4	6.1	1.8
La	23.7	25.8	24.3	30.6	13.7	24.7	10.7	8.5
Ce	47.1	49.6	47.4	56.2	25.9	45.9	19.7	14.7
Pr	4.95	5.48	5.32	6.42	2.73	4.7	2.13	1.54
Nd	18.9	22.2	20.5	24.8	9.8	15.9	8	5.5
Sm	3.18	4.14	3.88	4.95	1.69	2.81	1.5	0.89
Eu	0.82	1.06	0.95	0.99	0.45	0.78	0.38	0.3
Gd	2.46	3.54	3.21	3.81	2.03	2.85	1.65	0.97
Tb	0.27	0.41	0.44	0.56	0.36	0.43	0.28	0.18
Dy	1.57	1.9	2.17	3.31	2.06	2.78	1.93	1.34
Ho	0.33	0.36	0.45	0.61	0.48	0.61	0.44	0.33
Er	1.16	1.09	1.2	1.88	1.48	1.73	1.37	1.15
Tm	0.19	0.16	0.2	0.3	0.22	0.3	0.2	0.18
Yb	1.64	1.32	1.28	2.03	1.49	1.8	1.41	1.32
Lu	0.27	0.26	0.22	0.34	0.26	0.31	0.25	0.25

Ek Tablo 4 (devamı)

Örnek no	YD9	YD10	YD11	YD12	YD13	YD14	YD15	YD16
SiO ₂	58.92	64.36	68.63	71.88	67.15	61.46	65.58	65.94
Al ₂ O ₃	16.6	15.29	14.07	14.39	17.06	15.86	15.4	22.51
Fe ₂ O ₃	7.06	7.68	5.76	2.93	3.28	6.51	4.94	0.44
MgO	3.57	0.73	0.52	0.7	0.41	3.35	2.47	0.17
CaO	2.43	0.27	0.38	0.08	0.1	0.3	1.32	0.05
Na ₂ O	2.32	2.35	3.28	0.51	4.22	2.58	2.5	0.29
K ₂ O	4.03	3.11	2.33	3.95	2.41	3.21	2.38	5.52
TiO ₂	0.61	0.57	0.55	0.66	0.61	0.57	0.57	0.73
P ₂ O ₅	0.29	0.03	0.09	0.01	0.02	0.12	0.12	0.02
MnO	0.15	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.13	0.08	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.K.	3.7	5.4	4.2	4.6	4.6	5.6	4.4	4.2
Toplam	99.71	99.78	99.84	99.69	99.81	99.67	99.74	99.89
Ba	1063	1170	738	2067	953	1518	1080	146
Co	20.4	0.9	0.4	0.2	6.8	11.5	7.8	0.4
Cs	0.7	1.9	1.1	1	1.8	1.3	0.6	1.3
Ga	13.7	14.7	12.5	12.9	12.7	13.4	11.8	14.7
Hf	3.8	2.9	2.9	3.5	3.4	2.9	2.9	4.2
Nb	6.6	5	5	6.1	5.8	4.4	4.9	6.5
Rb	105.3	102.2	93.8	126.9	58.4	71.1	51.6	133.7
Sr	346.8	212.9	191.4	69.7	169.2	291.8	335.9	54.2
Ta	3.6	0.4	0.5	0.7	0.4	0.3	0.5	1
Th	8	5.7	5.2	6.9	6.5	5.6	6	6.6
U	3	1.6	1.5	1.8	1.9	1.6	1.6	2
V	158	183	159	150	152	163	145	329
Zr	138.7	114.9	108.1	136.2	124.5	111.9	110.4	163.1
Y	18.4	6.3	7.2	17.9	9.4	22.7	11.7	6.1
Mo	0.4	0.6	5.4	1.9	0.7	0.7	0.2	0.8
Cu	4.7	85.6	54.2	8.9	18.3	31	77	4.1
Pb	5	9.1	10.4	16.5	21.2	12	3.1	1.8
Zn	131	9	4	2	5	83	60	2
Ni	8.5	0.5	0.3	0.2	2.1	4.5	3.7	0.3
As	1.8	4.7	2.7	2.7	15.8	3.3	0.6	0.5
Sb	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Au	0.5	0.5	7.4	10.4	5	2.6	0.5	18.3
La	27.5	8.3	11.8	30.4	23.1	21.8	20.4	23.8
Ce	52.7	14.3	21.3	54.6	46.9	42.8	39	41
Pr	5.91	1.48	2.13	6.15	4.79	4.7	4.2	4.18
Nd	24.2	4.4	7.5	24.1	17.9	19.3	15.3	15.3
Sm	4.73	0.91	1.26	3.94	2.54	3.91	3.36	2.89
Eu	1.29	0.24	0.38	0.76	0.63	1.4	0.88	0.61
Gd	4.3	0.87	1.23	3.39	2.3	3.97	2.93	2.03
Tb	0.6	0.15	0.21	0.5	0.31	0.66	0.47	0.19
Dy	3.38	1.14	1.37	2.83	2.16	4.02	2.58	1.01
Ho	0.63	0.25	0.3	0.65	0.4	0.8	0.49	0.21
Er	1.94	0.92	1.03	2.2	1.28	2.43	1.63	0.87
Tm	0.29	0.15	0.15	0.35	0.2	0.35	0.22	0.14
Yb	2.03	1.1	1.16	2.56	1.45	2.27	1.43	1.07
Lu	0.32	0.21	0.18	0.44	0.24	0.34	0.24	0.19

Ek Tablo 5. Canca-Aktutan cevherleşmesine dik bir hat boyunca alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimler (%).

Örnek no	C5	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25
Kuvars	3.75	39.41	39.89	32.52	32.08	31.00	49.15	30.10	36.30	51.07	56.48	51.93	32.52	34.60	54.77	0.00	37.94
K'lu Feldspat	8.37	8.50	1.76	4.92	8.78	0.00	14.41	0.00	16.26	6.77	0.00	0.00	7.21	2.47	0.26	0.00	0.00
Albit	44.26	6.62	17.06	17.38	9.25	27.79	0.03	0.03	0.03	9.08	0.17	0.63	22.50	27.60	9.59	12.54	12.56
Serizit	1.79	1.88	1.79	4.05	5.70	0.00	8.62	0.17	0.48	0.00	0.66	0.00	3.89	2.65	0.00	0.00	0.00
Fe Klorit	3.27	28.88	9.99	16.27	23.97	0.00	0.62	0.33	0.71	0.00	0.00	0.00	6.22	7.13	1.85	2.66	0.00
Mg Klorit	23.50	0.00	4.58	0.00	0.00	13.51	2.12	0.00	7.06	0.00	18.67	0.29	2.40	4.80	0.00	0.00	0.00
Kalsit	0.09	0.05	0.09	0.08	0.05	0.32	0.17	0.10	0.07	0.00	0.06	0.09	0.07	0.11	0.07	0.08	0.21
Epidot	10.58	0.20	1.26	1.35	1.08	7.32	0.00	0.00	0.32	0.00	5.19	1.52	2.66	3.91	0.43	0.00	0.00
Kaolinit	2.77	7.39	17.89	17.19	12.81	4.47	20.71	68.12	34.40	0.00	0.09	42.95	17.35	11.67	6.37	9.31	12.80
Barit	0.04	0.04	0.09	0.10	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.62	0.00	0.05	0.12	0.11	0.11	0.26	0.21
Pirit	0.03	0.04	0.18	0.19	0.28	4.97	0.73	0.13	0.28	8.80	1.45	0.27	0.25	0.51	4.62	6.76	3.65
Kalkopirit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Galen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Rutil	0.66	0.66	0.86	0.76	0.80	10.59	0.68	1.00	0.70	8.51	17.20	1.23	0.86	0.72	15.32	56.85	26.76
Toplam	99.11	93.67	95.45	94.82	94.89	100.00	97.27	100.00	96.63	84.90	100.00	99.01	96.05	96.31	93.39	88.47	94.19
Rezidüel	0.08	0.24	0.03	0.04	0.19	1.01	0.02	0.19	0.08	1.77	2.28	0.72	0.01	0.02	0.40	1.24	0.97

Ek Tablo 6. Yitirmez (Leriköy) - Dölek cevherleşmesine dik bir hat boyunca alınan örneklerin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimler (%).

Örnek no	YD1	YD2	YD3	YD4	YD5	YD6	YD7	YD8	YD9	YD10	YD11	YD12	YD13	YD14	YD15	YD16
Kuvars	38.10	24.45	27.24	50.24	46.63	42.67	49.86	27.01	18.92	29.15	33.19	42.81	24.46	24.25	31.11	24.98
K’lu Feldspat	6.52	10.81	9.28	21.10	23.94	27.02	21.99	21.21	23.82	18.38	13.77	23.35	14.22	18.97	14.07	31.87
Albit	0.27	22.84	18.08	0.51	0.51	0.61	0.59	27.51	19.69	19.95	27.84	4.33	35.80	21.90	21.22	1.73
Serizit	14.63	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
Fe Klorit	0.78	0.92	2.33	0.64	1.08	0.40	0.32	0.58	7.04	15.58	11.50	4.84	0.83	0.00	5.79	0.48
Mg Klorit	0.00	1.11	0.71	2.22	2.65	2.49	1.75	3.15	15.40	0.65	0.39	2.41	1.76	15.62	10.49	0.00
Kalsit	0.11	0.06	0.04	0.11	0.05	0.00	0.12	0.19	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.01	0.59	0.00
Epidot	0.05	1.09	0.82	0.45	0.29	0.08	0.09	0.17	10.04	0.91	1.38	0.11	0.11	1.22	4.16	0.00
Kaolinit	22.47	35.75	38.61	22.85	23.00	26.05	24.54	19.12	3.14	11.79	8.82	19.69	17.52	11.15	10.81	40.42
Barit	0.00	0.01	0.35	0.10	0.14	0.12	0.16	0.11	0.18	0.20	0.12	0.35	0.24	0.26	0.18	0.00
Pirit	15.98	0.09	0.06	0.36	0.43	0.06	0.09	0.06	0.00	0.22	0.18	0.38	3.89	5.74	0.00	0.00
Kalkopirit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Galen	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rutil	0.61	0.63	0.58	0.57	0.49	0.50	0.50	0.62	0.58	0.55	0.53	0.65	0.63	0.55	0.55	0.52
Toplam	99.53	97.77	98.10	99.15	99.22	100.00	100.00	99.74	98.89	97.45	97.82	99.00	99.55	99.67	98.96	100.00
Rezidüel	0.01	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.10	0.04	0.03	0.01	0.00	0.02	0.03	0.26

Ek Tablo 7. Canca-Aktutan alterasyon sahasında damara dik bit hat boyunca alınan örneklerin ana ve iz elementler arasındaki korelasyon katsayıları

[illegible]

Ek Tablo 8. Canca-Aktutan alterasyon sahasında propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için Huston (1993)'e göre hesaplanan C_i^S , nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri

Element	ni	C_i^S			Nispi (%) kütle değişimi			Net (g/100g) kütle değişimi		
		Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat	Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat	Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat
MgO	1	0.08	0.31	0.19	-93.33	-63.32	-82.88	-0.37	0.12	-0.48
Rb	2	1.11	1.22	1.55	-54.02	-29.58	-34.57	-4.74	25.01	6.00
CaO	3	0.15	0.88	0.57	-95.55	-68.12	-83.42	-0.12	-0.23	-0.26
Co	4	0.10	0.84	0.68	-97.91	-76.25	-85.11	-0.34	-1.09	-0.60
Cu	5	4.70	0.71	1.93	-22.82	-84.57	-68.45	76.91	-15.28	-11.09
Ni	6	0.16	0.76	0.84	-97.64	-86.19	-88.33	-0.24	-0.78	-0.66
K ₂ O	7	9.31	4.88	7.89	15.68	-36.72	-7.16	0.49	0.09	0.89
Zn	8	0.46	0.66	0.87	-95.01	-92.17	-91.45	-5.66	-7.51	-9.57
Y	9	4.07	3.18	6.29	-61.59	-69.12	-43.41	-7.01	-5.83	6.09
Al ₂ O ₃	10	7.29	5.48	7.87	-36.76	-52.60	-38.84	-5.06	-4.25	-5.29
Na ₂ O	11	2.38	0.94	2.81	-81.10	-95.76	-80.83	-0.89	-0.40	-0.92
NTE	12	7.84	7.83	8.90	-43.29	-44.32	-41.70	-1.85	-1.35	-1.09
Mo	13	2.03	3.22	2.09	-86.91	-83.79	-88.03	-1.21	-1.81	-1.24
Ga	14	10.80	6.51	11.66	-34.12	-59.71	-35.98	-5.01	-4.82	-2.22
SiO ₂	15	16.05	18.84	17.18	-8.23	-1.40	-9.99	-4.57	-0.54	-3.53
V	16	13.68	8.17	13.65	-25.96	-56.62	-34.23	-51.94	-60.58	-57.29
P ₂ O ₅	17	14.73	13.98	12.68	-22.73	-38.69	-42.09	0.03	-0.04	-0.03
As	18	131.79	30.43	36.16	541.12	-14.81	53.97	197.66	6.94	28.47
Fe ₂ O ₃	19	22.48	18.17	15.64	-1.69	-39.72	-37.10	3.79	-0.51	-0.20
Sc	20	15.77	11.28	19.86	-33.03	-55.37	-25.13	-5.95	-8.05	-3.11
Sr	21	12.24	14.85	19.07	-47.93	-59.10	-35.67	-40.84	-172.20	170.13
Se	22	88.00	1004.67	262.90	234.37	2826.55	716.79	6.97	974.27	188.85
W	23	29.90	150.27	64.11	12.24	312.79	97.59	0.09	14.97	3.30
Hg	24	36.00	348.00	121.50	24.98	608.21	214.56	0.02	5.02	1.32
Au	25	285.00	1455.00	404.06	922.97	2734.20	842.58	101.54	2114.51	428.09
Th	26	28.41	30.01	31.60	-6.53	-13.68	-8.28	-0.34	-0.82	-0.42
Pb	27	86.79	1244.89	348.05	175.36	2125.05	635.92	15.87	7446.31	1444.41
Ba	28	24.58	69.25	38.25	-24.64	40.54	-3.72	-133.87	2057.69	379.43
Ta	29	43.50	58.00	48.94	29.04	32.92	23.44	0.09	0.15	0.11
U	30	30.00	46.43	42.59	-14.84	2.02	4.70	-0.16	0.15	0.20
TiO ₂	31	32.09	38.42	35.34	-10.74	-15.99	-14.63	-0.08	-0.14	-0.12
Nb	32	36.10	42.94	41.74	-3.46	-6.71	-2.33	-0.12	-0.45	-0.14
Hf	33	39.83	51.59	47.65	3.69	7.31	7.19	0.13	0.28	0.32
Zr	34	39.75	50.20	45.91	0.37	0.28	0.41	0.47	0.33	0.58
Eğim		1.16	1.47	1.35						

Ek Tablo 10. Yitirmez (Leriköy) - Dölek alterasyon sahasında propilitik zon, cevherli zon ve tüm hat için Huston (1993)'e göre hesaplanan C_i^S , nispi (%) ve net (g/100g) kütle değişimleri

Element	ni	C_i^S			Nispi (%) kütle değişimi			Net (g/100g) kütle değişimi		
		Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat	Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat	Propilitik zon	Cevherli zon	Tüm hat
Fe ₂ O ₃	1	1.17	0.25	0.60	11.94	-80.07	-42.63	0.89	-1.05	0.26
Cu	2	3.69	0.38	1.60	87.15	-85.21	-21.56	85.14	-3.95	23.19
Sr	3	1.76	0.32	1.23	-45.21	-91.81	-62.57	-107.12	-40.71	-80.49
Na ₂ O	4	3.33	0.22	2.08	-19.08	-95.45	-52.51	-0.42	-0.16	-0.30
Ni	5	2.92	0.40	1.75	-50.69	-93.91	-67.67	0.68	-0.39	-0.15
Co	6	3.26	0.17	1.76	-54.43	-97.82	-72.60	1.41	-0.36	-0.56
Pb	7	4.80	5.69	5.07	-32.27	-35.36	-39.37	-2.08	-1.68	-1.09
MgO	8	4.36	1.63	2.58	-52.23	-84.13	-70.34	-0.32	-0.50	-0.30
As	9	15.33	6.50	15.22	67.22	-41.63	49.66	2.94	-0.15	8.45
Zn	10	9.60	0.45	3.98	-19.02	-96.54	-63.45	47.20	-2.16	11.51
P ₂ O ₅	11	7.91	1.45	3.76	-36.07	-90.52	-69.62	0.00	-0.02	-0.02
CaO	12	2.29	0.22	0.86	-83.44	-98.63	-93.67	-0.71	-0.10	-0.30
Sb	13	21.67	19.50	17.88	58.61	18.55	14.06	0.12	0.05	0.05
Ba	14	14.03	16.31	14.87	-4.68	-7.27	-6.46	-20.00	206.76	186.20
Mo	15	53.33	109.38	60.47	267.49	478.68	216.34	15.19	54.27	21.95
Y	16	9.89	14.95	11.21	-43.63	-27.96	-38.46	-3.38	-4.30	-3.62
W	17	12.75	15.94	19.57	-25.55	-26.63	-13.53	0.00	-0.25	0.60
TiO ₂	18	19.22	18.83	19.65	2.04	-18.85	-5.86	0.01	-0.10	-0.03
V	19	19.67	14.31	18.17	-0.43	-41.31	-18.36	0.48	-48.13	-16.59
Sc	20	17.78	14.17	16.74	-15.95	-44.70	-28.12	-2.44	-5.47	-3.47
Au	21	58.80	151.73	111.43	190.09	473.97	336.98	16.57	41.97	35.75
NTE	22	14.48	22.20	18.68	-40.29	-22.47	-25.16	-1.21	-1.35	-1.25
Ta	23	86.25	56.06	63.61	225.13	83.16	129.00	7.78	1.13	2.95
Al ₂ O ₃	24	22.57	21.57	24.47	-10.33	-30.38	-12.23	-1.61	-4.41	-1.88
Th	25	18.98	22.36	21.46	-28.57	-31.39	-26.27	-1.73	-2.30	-1.74
Cs	26	22.90	28.32	26.12	-13.42	-16.02	-15.01	0.03	-0.13	-0.07
Rb	27	34.50	41.24	31.49	22.12	18.93	1.69	22.00	25.67	6.71
K ₂ O	28	26.78	34.28	27.95	-10.17	-5.04	-14.38	-0.25	-0.16	-0.32
SiO ₂	29	32.08	37.05	33.94	6.81	-1.28	0.16	5.02	-1.01	0.37
Ga	30	32.72	31.98	32.09	4.48	-17.50	-9.91	0.65	-2.31	-0.98
U	31	30.02	32.11	29.89	-10.19	-20.98	-18.74	-0.07	-0.42	-0.34
Nb	32	34.05	43.08	38.15	0.75	3.29	0.34	0.06	0.26	0.10
Hf	33	34.06	41.25	37.92	-2.22	-3.90	-2.39	-0.06	-0.15	-0.09
Zr	34	35.86	44.23	40.13	0.12	0.09	-0.03	0.17	0.11	-0.05
Eğim		1.05	1.30	1.18						

Ek Tablo 11. Sıvı kapanım analiz sonuçları

Örnek no	T _h (°C)	T _e (°C)	T _{ice} (°C)	Tuzluluk (NaCl eşdeğeri)	Yoğunluk (d) g/cm ³
A9	142	-22.6	-0.5	0.9	0.94
	249	-23.7	-0.2	0.4	0.80
	256		-0.4	0.7	0.79
	146				
	153	-22.3	-0.1	0.2	0.92
	168				
			-0.5	0.9	
	208		-0.1	0.2	0.86
	198				
	238				
	264	-24.7	-0.5	0.9	0.78
	215				
	344				
	307				
	183				
A16	141	-23.7	-0.5	0.9	0.94
			-0.4	0.7	
	263		-0.1	0.2	0.77
			-0.3	0.5	
	168	-23.1	-1.1	1.9	0.92
	153	-23	-0.1	0.2	0.92
			-0.2	0.4	
	147		-0.1	0.2	0.93
	275				
	276		-0.3	0.5	0.75
Ortalama	180				
	219				

ÖZGEÇMİŞ

Furkan Kemal AKTAŞ, 2 Ocak 1992’de Gümüşhane’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Gümüşhane’de tamamladıktan sonra 2010 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı. 2015 yılında lisans öğrenimini tamamladıktan sonra aynı yıl Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladı. Furkan Kemal AKTAŞ, aynı zamanda Koza Altın İşletmeleri Mastra Altın Madeni’nde Maden Jeoloğu olarak mesleğini icra etmektedir.