



T.C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AĞMAŞAT YAYLASI (ZARA - SİVAS) ÇEVRESİNDEKİ
ALTERASYON ZONLARININ JEOLJİK, MİNERALJİK,
JEOKİMYASAL VE METALJENİK ÖZELLİKLERİ**

DOKTORA TEZİ

Oktay CANBAZ
(201292082005)

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet GÖKCE

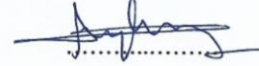
SİVAS
HAZİRAN 2018

Oktay CANBAZ'ın hazırladığı ve "AĞMAŞAT YAYLASI (ZARA - SİVAS) ÇEVRESİNDEKİ ALTERASYON ZONLARININ JEOLojİK, MİNERALojİK, JEOKİMYASAL VE METALojENİK ÖZELLİKLERİ" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı Prof. Dr. Ahmet GÖKÇE
Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ
Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Ahmet EFE
Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi Prof. Dr. Ömer BOZKAYA
Pamukkale Üniversitesi



Jüri Üyesi Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA
Pamukkale Üniversitesi



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından DOKTORA TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından M-613 Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Oktay CANBAZ, 2018



Eşim GAMZE ve Oğlum TOPRAK'a

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

20.06.2018

Oktay CANBAZ

ÖZET

AĞMAŞAT YAYLASI (ZARA - SİVAS) ÇEVRESİNDEKİ ALTERASYON ZONLARININ JEOLJİK, MİNERALJİK, JEOKİMYASAL VE METALJENİK ÖZELLİKLERİ

Oktay CANBAZ

Doktora Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet GÖKCE

2018, 180+xx sayfa

Bu tez çalışması, Çorum-Amasya-Tokat-Sivas hattı boyunca yüzlek veren Eosen yaşlı volkanik ve volkanosedimanter kayaçların doğu ucunda yüzeyleyen Eosen yaşlı Karataş Volkanitleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Karataş Volkanitleri, Ağmaşat Yaylası civarında yoğun hidrotermal alterasyon oluşumları göstermekte olup bu alterasyonların henüz bilinmeyen cevherleşmelerle ilişkili olabilecekleri düşünülerek tez konusu ve sahası olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, belirtilen alterasyon zonlarının bilinmeyen bir yer altı zenginliğine ait belirtiler olabilecekleri düşünülerek çeşitli jeolojik özellikleri incelenmeye ve olası cevherleşmeler belirlenmeye çalışılmıştır.

Karataş Volkanitleri, tabanda volkanik ara katkılı sedimanter kayaçlardan üst seviyelerinde ise andezitik ve bazaltik bileşimli lav ve piroklastik ardalanmasından oluşmaktadır. Mikroskopik ve jeokimyasal incelemeler bu volkaniklerin alkali karakteri yüksek bazaltik andezit bileşimli lav ve piroklastiklerden oluştuğunu göstermektedir. Veriler, bu volkanik kayaçların yaylarla ilişkili alanlarda, yitimle yaklaşan plaka sınırlarında üst kabuk malzemesinin erimesine bağlı olarak oluştuklarını ve fraksiyonel krsitallenme ve magma karışımı süreçlerinin etkili olduğunu göstermektedir. Diğer bölgelere göre, alkali karakterlerindeki yükseklik volkanizmanın üst seviyelerini temsil ettikleri ve/veya yitim zonu eğiminin bölgenin batısından doğusuna doğru azaldığı şeklinde yorumlanmıştır.

Hidrotermal alterasyon incelemelerinde, serizitleşme, karbonatlaşma, killeşme (kaolinit, illit, smektit), kloritleşme ve opaklaşma gibi alterasyon türleri mikroskopik ve XRD incelemeleri ile tespit edilmiş sahadaki yayılımları dikkate alınarak; propilitik, fillik, orta ve ileri killi olmak üzere 4 farklı alterasyon zonu ayırtlanmıştır. ASTER SWIR bantlarından yararlanılarak yapılmış uzaktan algılama çalışmalarından belirlenmiş

hidrotermal alterasyon minerallerinin ve alterasyon zonlarının yayılımının mikroskopik ve XRD yöntemleri ile belirlenmiş zonlarla örtüştüğü görülmüştür. Hidrotermal alterasyon zonlarının jeolojik harita ve kesitler üzerindeki yayılımları, alterasyon zonlarının inceleme alanı içinde; (i) fay zonlarına, (ii) Karataş Volkanitleri ile Köseadağ Siyeniti dokunağına ve (iii) piroklastik seviyelere bağlı olarak geliştiklerine işaret etmektedir.

Örneklerdeki Cu, Pb, Zn, Mo, W, Au, As, Sb, U ve Th içeriklerinin, kıtasal kabuk (KKO), andezit (AO) ve bazalt (BO) ortalama değerleri ile karşılaştırılması sonucu; yörede bu elementler açısından cevher oluşma potansiyelinin bulunduğu anlaşılmıştır. Örneklerden hazırlanmış parlatma bloklarında kılcal çatlaklar boyunca; pirit, kalkopirit, kübanit, bornit, kovellin, kalkosin, manyetit, galenit ve nabit altın oluşumları tespit edilmiştir. Sondaj karotlarından alınmış kuvars damarcıklı örneklerde gerçekleştirilmiş sıvı kapanım incelemelerinden; hidrotermal çözeltilerin NaCl+CaCl₂ tuzlarını içerdiği, tuzluluklarının % 12.4 ile 13.1 NaCl eşdeğeri arasında değiştiği ve sıcaklıklarının ise birincil kapanımlarda 303 °C ile 208 °C arasında (Ort. 259.5 °C), ikincil kapanımlarda 245°C ile 144.9 °C arasında (Ort. : 182.5 °C) değiştiği belirlenmiştir. Oksijen ve hidrojen izotopları jeokimyası incelemeleri, yöredeki hidrotermal mineral oluşumlarında ya magmatik ve meteorik kökenli suların karışımı sürecinin etkili olduğunu veya yöredeki magmatik kayalar içine sızan meteorik kökenli suların yöredeki magmatik kayalarla izotopsal etkileşim reaksiyonları sonucu oksijen izotopları bileşiminin değişmiş olabileceğine işaret etmektedir.

Bu bulgular ışığında; yöredeki Karataş Volkanikleri üzerinde gelişmiş alterasyonların hidrotermal çözeltiler etkisiyle geliştiği, özellikle fay zonlarına olmak üzere, Karataş Volkanikleri ile Köseadağ Siyeniti'nin dokunağına ve piroklastik seviyelere bağlılık gösterdiği, Cu, Pb, Zn, W, Mo, Au, As, Sb, U ve Th içeriklerinin zenginleşme gösterdiği, pirit, kalkopirit, kübanit, bornit, kovellin, kalkosin, manyetit, galenit ve nabit altın gibi cevher minerallerinin geliştiği, fay zonları içinde ve Karataş Volkanikleri ile Köseadağ Siyeniti'nin dokunağı boyunca damar tipi ve piroklastik seviyelerde stratabound tipi cevherleşmeler gelişmiş olabileceği, ancak porfiri ve stratiform (VHMS ve SEDEX) tipi cevher oluşumlarına ait izlerin gözlenemediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağmaşat Yaylası (Zara-SİVAS) Eosen Volkanikleri, Karataş Volkanitleri, Hidrotermal Alterasyon, Uzaktan Algılama, Eser Element Jeokimyası, Cevherleşme, Sıvı Kapanım, Kararlı İzotop Jeokimyası

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF GEOLOGICAL, MINERALOGICAL, GEOCHEMICAL AND METALLOGENIC OF HYDROTHERMAL ALTERATIONS ZONES ON SURROUND OF AĞMASAT PLATO (ZARA - SİVAS)

Oktay CANBAZ

Doctor of Philosophy Thesis

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet GÖKCE

2018, 180+xx page

This thesis study was carried out on Karataş Volcanics which is located at the eastern end of Eocene aged volcanic and volcanosedimentary rocks crop out along Çorum-Amasya-Tokat-Sivas line

Karataş volcanics show intensive hydrothermal alterations in the vicinity of Agmasat Plato and these alterations are considered to be related to unknown ore minerals. In this study, deals with the various geological features of these alteration zones and aims to determine possible related mineralizations

The Karataş Volcanics consist of sedimentary units with volcanic interbeds at the bottom levels while lava and pyroclastics of basaltic and andesitic compositions are dominated at the upper levels. Microscopic and geochemical investigations show that these volcanics are composed of basaltic andesitic lava and pyroclastics with high alkaline character. The geochemical data show that these volcanic rocks are associated with eruption of the upper crustal material at the plate boundaries with volcanic arc characteristics and fractional crystallization and magma mixing processes are effective in magma evolution. Comparing with the other regions, the height of the alkaline character is interpreted as representing the upper levels of the volcanism and / or declining of the slope of the subduction zone toward the east of the region.

Microscopic and XRD investigations of the samples representing these hydrothermal alteration zones showed that sericitization, carbonatation, argilisation (kaolinite, illite, smectite), chloritization and opacification are widespread and propylitic, phyllic, middle and advanced clay alteration zones were determined. It has been observed that the distribution of hydrothermal alteration minerals and alteration zones determined from remote sensing studies using ASTER SWIR bands overlaps with the zones determined by microscopic and XRD methods. The exposition of the hydrothermal alteration zones

on the geological map and cross-sections points out that these alteration zones were developed; (i) along fault zones, (ii) along the contact between Karataş Volcaites and Köseadağ Siyenite and (iii) within the pyroclastic levels of Karataş Volcanics.

Comparison of Cu, Pb, Zn, Mo, W, Au, As, Sb, U and Th contents in the samples with average values of continental crust (CCA), andesite (AA) and basalt (BA) interpreted that there is potential for ore formation in terms of these elements in the area. Pyrite, chalcopyrite, cubanite, bornite, covellite, chalcocite, magnetite, galenite and native gold occurrences were determined through the capillary cracks in the polished blocks prepared from the samples. It was understood from the fluid inclusion studies conducted in the quartz bearing samples taken from drilling cores; hydrothermal fluids contain NaCl and CaCl₂ as salt, the salinity is between 12,4 and 13,1 % NaCl equivalents and the temperatures of the fluids are in the range of 303 °C and 208 °C in the primary inclusions and range between 245 °C and 144,9 °C in the secondary inclusions. Oksijen and hydrogen isotope composition of the water in mineralizing hydrothermal fluids indicate that either mixing of the magmatic and meteoric water or changing of the oxygen isotope composition of meteoric water by isotopic interaction with surrounding magmatic rocks.

In the light of these findings; it is concluded that the alteration zones on the Karataş Volcanics were developed by the hydrothermal solutions especially along the fault zones, along the contact between Karataş Volcanics and Köseadağ Siyenite and within the pyroclastic levels in Karataş volcanics, there are possibilities of vein and strata-bound types of mineralisation for Cu, Pb, Zn, W, Mo, Au, As, Sb, U, and Th along the fault zones and within the pyroclastic levels of Karataş Volcanics but the evidence of porphyry type and stratiform (VHMS and SEDEX) ore formations were not observed.

Key Words: Ağmaşat Plato (Zara-SİVAS) Eocene Volcanics, Karataş Volcanics, Hydrothermal Alteration, Remote Sensing, Trace Element Geochemistry, Mineralization, Fluid Inclusion, Isotope Geochemistry

KATKI BELİRTME ve TEŞEKKÜR

Hayatımın en güzel yıllarını kapsayan bu çalışma döneminde, mesleki bilgi ve birikimlerinin yanı sıra, bilimdeki yeniliklere ve gelişmelere her zaman açık olan yönüyle çalışmama yapmış olduğu sonsuz katkılardan dolayı danışman hocam Prof. Dr. Ahmet GÖKCE'ye,

Arazi çalışmalarına izin ve imkân sağlayan Maden Tetkik Arama Genel Müdür Yardımcısı Dr. M. Emrah AYZA'ya (Önceki dönem MTA Orta Anadolu I. Bölge Müdürü), MTA çalışanlarından Jeoloji Yüksek Mühendisi Remzi ERYILMAZ ve Mete Fırat ÖNCÜ'ye,

Teze ait bölümlerde bilgi ve birikimlerini esirgemeyen Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ (Genel Jeoloji), Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN ve Prof. Dr. Ömer BOZKAYA (XRD analiz değerlendirme) Doç. Dr. Taner EKİCİ (Petrografi ve Jeokimya), Dr. Öğr. Üyesi Ahmet EFE (Cevher Mikroskopisi), Dr. Öğr. Üyesi Önder GÜRİSOY'a (Uzaktan Algılama),

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Deniz HOZATLIOĞLU'na, teknisyen Ufuk KUŞ ve Fatma YALÇIN, yüksek lisans öğrencilerinden F. Didem KRATİK TAVŞANOĞLU, M. Akif TAVŞANOĞLU, M. Selahattin ÖZDEMİR ve Orbay BAŞDELİOĞLU'na, stajyer öğrenciler Adem POLAT, Yüksel ULUK, Murat BULDU, Fatma ÖLÇER IŞIK, Hasan Ali KAZAN, Hüseyin BİRCAN, Hüseyin TANRIVERDİ, Enes AKBULUT, Yeşim ÖZDEMİR ve Şeyma BOLAT'a,

Bu süreçte desteklerini esirgemeyen ve bu yolda bütün imkânsızlıklara rağmen devam etmemi sağlayan Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA, Prof. Dr. Nazire ÖZGEN ERDEM ve Dr. Öğr. Üyesi Esra ÜNAL ÇAKIR'a

Doktora çalışmalarım sırasında kendisini çoğu zaman yalnız bırakmak zorunda kaldığım sevgili eşime ve öğrenim hayatım boyunca her zaman varlığını ve desteğini esirgemeyen değerli ailemin diğer fertlerine teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ETİK	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
KATKI BELİRTME ve TEŞEKKÜR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	1
1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri	2
1.3. Önceki Çalışmalar	4
1.4. Materyal ve Yöntem	7
2. GENEL JEOLJİK ÖZELLİKLER	10
2.1. Bölgesel Jeoloji	10
2.2. İnceleme Alanının Jeolojisi	14
2.2.1. Stratigrafi	15
2.2.2. Karataş Volkanitleri	18
2.2.3. Kösedag Siyeniti	22
2.4. Yapısal Jeoloji	23
3. KARATAŞ VOLKANİTLERİNİN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ	25
3.1. Ön Bilgi	25
3.2. Petrografik Özellikleri	25
3.2. Jeokimyasal Özellikleri	30
3.2.1. Jeokimyasal Sınıflandırma	30
3.2.2. Magmanın kristallenmesi, kökeni ve evrimi	36
3.2.2.1. Ön Bilgi	36
3.2.2.2. Ana element oksit, iz element ve nadir toprak elementleri değerlerinin dağılım ilişkileri	36
3.3. Bulgular ve Tartışma	50

4. HİDROTERMAL ALTERASYON İNCELEMELERİ	55
4.1. Ön Bilgi.....	55
4.2. Mikroskopik Yöntemlerle Alterasyon İncelemeleri	57
4.3. X- Işınları Difraktometre (XRD) Yöntemiyle Alterasyon İncelemeleri	57
4.3.1. Tüm Kayaç XRD incelemeleri	57
4.3.2. Kil Fraksiyonu XRD İncelemeleri (XRD-CF)	60
4.4. Jeokimyasal Verilerle Alterasyon İncelemesi.....	62
4.4. Yüzey Örneklerinde Alterasyon Bulguları	64
4.5. Sondajlardan Alınmış Karot Örneklerinde Alterasyon Bulguları	70
4.6. Uzaktan Algılama İle Alterasyon Zonlarının Bölgesel ve Yerel Yayılımlarının Belirlenmesi.....	79
4.6.1. Spektrometre Ölçümleri	79
4.6.2. Ana Bileşenler Dönüşümü.....	79
4.6.3. Dekorelasyon Gerilmesi	79
4.6.4. Bant oranı	81
4.6.5. Spektral sınıflama.....	83
4.7. Değerlendirme	83
5. ESER ELEMENT JEOKİMYASI	86
5.1. Ön Bilgi.....	86
5.2. Eser Elementlerin Major Oksitlerle Dağılım İlişkisi	86
5.2.1. Eser elementlerin SiO ₂ ile dağılım beraberlikleri.....	86
5.2.2. Eser elementlerin K ₂ O ile dağılım beraberlikleri.....	89
5.2.3. Eser elementlerin Na ₂ O ile dağılım beraberlikleri.....	89
5.2.4. Eser elementlerin MgO ve Fe ₂ O ₃ ile dağılım beraberlikleri	89
5.2.5. Eser elementlerin CaO ile dağılım beraberlikleri.....	89
5.2.6. Eser elementlerin MnO ile dağılım beraberlikleri	89
5.3. Karşılaştırma ve İstatistiksel Değerlendirme Diyagramları	97
5.3.1. Örneklerde altın zenginleşme durumu	97
5.3.2. Örneklerde bakır zenginleşme durumu	99

5.3.3. Örneklerde kurşun zenginleşme durumu	99
5.3.4. Örneklerde çinko zenginleşme durumu.....	102
5.3.5. Örneklerde molibden zenginleşme durumu	102
5.3.6. Örneklerde wolfram zenginleşme durumu	105
5.3.7. Örneklerde arsen zenginleşme durumu	105
5.3.8. Örneklerde antimon zenginleşme durumu	108
5.3.9. Örneklerde uranyum zenginleşme durumu	108
5.3.10. Örneklerde toryum zenginleşme durumu	111
5.4. Yüzeiden Alınmış Örneklerde Eser Elementlerin Dağılım Haritaları	111
5.5. Eser Elementlerin Sondajlarda Derinliğe Bağlı Dağılımı	121
5.5.1. SZK-2 numaralı sondajda eser elementlerin derinliğe bağlı dağılımı	121
5.5.2. SZK-3 numaralı sondajda eser elementlerin derinliğe bağlı dağılımı	121
5.5.3. SZK-4 numaralı sondajda eser elementlerin derinliğe bağlı dağılımı	126
5.5.4. SZK-5 numaralı sondajda eser elementlerin derinliğe bağlı dağılımı	126
5.6. Değerlendirme	131
6. CEVHERLEŞME İNCELEMELERİ	132
6.1. Ön Bilgi.....	132
6.2. Cevherleşme Belirtileri	132
6.3. Cevher Mikroskopisi.....	136
6.4. Değerlendirme	147
7. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ.....	148
7.1. Ön Bilgi.....	148
7.2. Morfolojik Özellikler	148
7.3. İlk Buz Ergime Sıcaklığı (T_{FM}) Ölçümleri.....	149
7.4. Son Buz Ergime (T_{MICE}) Ölçümleri	150
7.5. Homojenleşme Sıcaklığı (T_H) Ölçümleri.....	150
7.6. Değerlendirme	154
8.KARARLI İZOTOPLAR (O-H) JEOKİMYASI.....	155
8.1. Ön Bilgi.....	155

8.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	156
9.SONUÇLAR	158
KAYNAKLAR	161
EK Harita: Örnek ve sondaj yerleri haritası	168
EK Çizelge: Mineralojik ve petrografik incelemeler	169
ÖZGEÇMİŞ	178



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanı yerbulduru haritası	3
Şekil 2.1. İnceleme alanının Türkiye tektonik haritası üzerindeki konumu.....	11
Şekil 2.2. İnceleme alanı çevresinin bölgesel jeoloji haritası.	11
Şekil 2.3. İnceleme alanı çevresinde farklı araştırmacılar tarafından hazırlanmış dikme kesitler.	12
Şekil 2.4. İnceleme alanının jeoloji haritası.	16
Şekil 2.5. İnceleme alanı yakın çevresi için belirlenmiş yerel stratigrafik dikme kesiti.	17
Şekil 2.6. Karataş Volkanitleri'nin değişik seviyelerinden saha görüntüleri.....	19
Şekil 2.7. Karataş Volkanitleri'nin SZK-2 nolu sondajda yüzeyden derine doğru karotlarda gözlenen özellikleri.....	20
Şekil 2.8. a) Köseadağ Siyeniti arazi görünümü. (b) Fenokristalli makroskopik siyenit örneği, (c) Siyenit-volkanit dokunağı (d) Bazalt-siyenit sınırında gelişen pişme zonu.	22
Şekil 2.9. Karataş Volkanikleri içinde gelişmiş granitoyit tektoniğine benzer çatlak sistemleri.	24
Şekil 2.10. İnceleme alanında tespit edilen çizgisellikler ve çatlaklara ait doğrultu gül diyagramları.....	24
Şekil 3.1. Karataş Volkanitlerinin bazaltik seviyelerinden alınmış örneklerin mikroskopik özellikleri	27
Şekil 3.2. Karataş Volkanitlerinin andezitik ve trakitik seviyelerinden alınmış örneklerin mikroskopik özellikleri	28
Şekil 3.3. Karataş Volkanitleri'nin piroklastik seviyelerinden alınmış örneklerin mikroskopik özellikleri.	29
Şekil 3.4. (a ve b) Karataş volkanitlerinde plajiyoklaz fenokristallerinde gözlenen magma etkileşimi dokuları.....	29
Şekil 3.5. Karataş Volkanitleri' ne ait örneklerin SiO ₂ - Na ₂ O+K ₂ O jeokimyasal adlandırma diyagramı.	34
Şekil 3.6. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin NB/Y -Zr/TiO ₂ diyagramı	34
Şekil 3.7. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin SiO ₂ - K ₂ O diyagramı.....	35
Şekil 3.8. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Co-Th diyagramı	35
Şekil 3.9. Karataş Volkanitleri ana element içeriklerinin SiO ₂ 'ye karşı diyagramları.	37
Şekil 3.10. Karataş Volkanitleri'nin ana element içeriklerinin MgO'ya göre olan oran diyagramındaki konumları	38
Şekil 3.11. Karataş Volkanitleri eser element içeriklerinin SiO ₂ 'ye karşı diyagramları.	40
Şekil 3.12. Karataş Volkanitleri'nin, (a) CaO/Al ₂ O ₃ - MgO oran diyagramındaki konumları. (b) Al ₂ O ₃ - CaO oran diyagramındaki konumları. (c) Zr/Nb - MgO oran diyagramındaki konumları.....	41

Şekil 3.13. Karataş Volkanitleri'nin K/Sr - Ba/Rb oran diyagramındaki konumları	42
Şekil 3.14. Karataş Volkanitleri'nin Zr - La değişim diyagramındaki konumları.....	42
Şekil 3.15. Karataş Volkanitleri'nin Y/Nb - Zr/Nb oran diyagramındaki konumları	43
Şekil 3.16. Karataş Volkanitleri'ne ait iz element değişimlerinin farklı köken malzemeler ve farklı ortamlarda oluşmuş volkanik kayalarla İlksel Manto'ya göre normalize edilmiş çoklu element desen diyagramları üzerinde karşılaştırılması	44
Şekil 3.17. Karataş Volkanitleri'ne nadir toprak element değişimlerinin farklı köken malzemeler ve farklı ortamlarda oluşmuş volkanik kayalarla İlksel Manto'ya göre normalize edilmiş NTE desen diyagramı üzerinde karşılaştırılması	45
Şekil 3.18. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Ta/Yb-Th/Yb diyagramı (Pearce, 1983) üzerindeki konumları.....	46
Şekil 3.19. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin U - Th/U diyagramı üzerindeki konumları.....	46
Şekil 3.20. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Nb - Nb/Th diyagramı üzerindeki konumları.....	47
Şekil 3.21. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Th - Ba/Th diyagramı üzerinde konumları.....	48
Şekil 3.22. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Ba/La - Th/Yb diyagramı üzerindeki konumları	48
Şekil 3.23. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin; (a) Pearce ve Cann (1973) tarafından geliştirilen Zr - Ti/100 - 3*Y ve (b) Wood (1980) tarafından geliştirilmiş Th - Hf/3 - Ta tektonik ayırman diyagramlarındaki konumları.....	49
Şekil 3.24. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Hollocher vd. (2012) tarafından geliştirilmiş; La/Yb-Nb/La (a) ve La/Yb - Th/Nb (b) diyagramlarındaki konumları.....	49
Şekil 4.1. İnceleme alanında alterasyon alanları.....	55
Şekil 4.2. İnceleme alanında Maden Deresi batı yamaçlarında Karataş Volkanitleri'nin alterasyon geçirmiş kısımlarından görünümler	56
Şekil 4.3. Alterasyon zonlarını temsilen seçilmiş örnekler için XRD- tüm kayaç diyagramlarında tanımlanmış mineral pikleri	59
Şekil 4.4. XRD- kil fraksiyonu diyagramlarında belirlenmiş mineraller	61
Şekil 4.5. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Large vd. (2001) tarafından geliştirilen alterasyon diyagramı üzerindeki konumları	62
Şekil 4.6. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Nesbitt ve Young (1982) tarafından geliştirilmiş alterasyon diyagramları üzerindeki konumları.....	63
Şekil 4.7. İnceleme alanı içinde değişik alterasyon zonlarından görünümler.....	65
Şekil 4.8. İnceleme alanında alterasyon zonlarının dağılım haritası	66
Şekil 4.9. Yüzeyde propilitik alterasyon zonundan alınmış örneklerden mikroskopik görüntüler	67

Şekil 4.10. Yüzeyde fillik alterasyon zonundan alınmış örneklerden mikroskopik görüntüler	68
Şekil 4.11. Yüzeyde orta killi ve ileri killi alterasyon zonlarından alınmış örneklerden mikroskopik görünüm.....	69
Şekil 4.12. Sondaların sığ kesimlerinde kesilmiş propillitik alterasyon zonuna ait incekesitlerden mikroskopik görüntüler	72
Şekil 4.13. Sondajlarda orta derinliklerde tespit edilen fillik alterasyon zonundan alınmış örneklerden hazırlanmış incekesitlerden mikroskopik görüntüler	73
Şekil 4.14. Sondajlarda kesilmiş fillik alterasyon zonunun derin kesimlerinden alınmış örneklere ait incekesitlerden mikroskopik görüntüler	74
Şekil 4.15. Sondajların sonladırılan derinliklerine yakın kesimlerinden alınmış örneklerden hazırlanmış incekesitlerden mikroskopik görüntüler	75
Şekil 4.16. Saha gözlemleri ve sondaj verileri birlikte değerlendirilerek hazırlanmış jeolojik kesitler üzerinde alterasyon zonlarının konumları	77
Şekil 4.17. Alterasyon zonlarının blok diyagram üzerinde görünümü	78
Şekil 4.18. İnceleme alanından toplanan temsili kayaç gruplarına ait ortalama spektrometre ölçümleri.....	80
Şekil 4.19. Spektrometre ölçümlerin SWIR bant aralığına dönüştürülmesi.	80
Şekil 4.20. SWIR görüntülerine uygulanan ana bileşenler dönüşümü	81
Şekil 4.21. ASTER uydusunun SWIR bantlarından en düşük korelasyona sahip 9-7-4 nolu bantlarına dekorelasyon gerilmesi uygulaması ile inceleme alanı çevresindeki birimlerin ve killi alterasyon zonlarının ayırımı	82
Şekil 4.22. Bant oranlama yöntemiyle inceleme alanı çevresindeki birimlerin ve killi alterasyon alanlarının ayırımı.....	82
Şekil 4.23. Eşlenmiş filtreleme (Matched filtering) yöntemi ile alterasyon zonlarının ayırımı	84
Şekil 5.1. Eser element içeriklerinin SiO ₂ 'ye karşı hazırlanan ikili diyagramları	90
Şekil 5.2. Eser element içeriklerinin K ₂ O'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları	91
Şekil 5.3. Eser element içeriklerinin Na ₂ O'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları	92
Şekil 5.4. Eser element içeriklerinin MgO'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları	93
Şekil 5.5. Eser element içeriklerinin Fe ₂ O ₃ 'e karşı hazırlanan ikili diyagramları	94
Şekil 5.6. Eser element içeriklerinin CaO'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları	95
Şekil 5.7. Eser element içeriklerinin MnO'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları	96
Şekil 5.8. (a) Analiz edilen örneklerdeki Au içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Au içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	98
Şekil 5.9. (a) Analiz edilen örneklerdeki Cu içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Cu içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	100

Şekil 5.10. (a) Analiz edilen örneklerdeki Pb içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Pb içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	101
Şekil 5.11. (a) Analiz edilen örneklerdeki Zn içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Zn içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	103
Şekil 5.12. (a) Analiz edilen örneklerdeki Mo içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Mo içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	104
Şekil 5.13. (a) Analiz edilen örneklerdeki W içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki W içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	106
Şekil 5.14. (a) Analiz edilen örneklerdeki As içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki As içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	107
Şekil 5.15. (a) Analiz edilen örneklerdeki Sb içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Sb içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	109
Şekil 5.16. (a) Analiz edilen örneklerdeki U içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki U içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	110
Şekil 5.17. (a) Analiz edilen örneklerdeki Th içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Th içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi	112
Şekil 5.18. Altın topluluklarına ait dağılım haritası	113
Şekil 5.19. Bakır topluluklarına ait dağılım haritası	113
Şekil 5.20a. Çinko topluluklarına ait dağılım haritası (Anamoli topluluğu alt gruplara ayrılmamış).....	114
Şekil 5.20b. Çinko topluluklarına ait dağılım haritası (Anamoli topluluğu alt gruplara ayrılmış).....	114
Şekil 5.21. Kurşun topluluklarına ait dağılım haritası	116
Şekil 5.22. Molibden topluluklarına ait dağılım haritası	116
Şekil 5.23-a. Tungsten topluluklarına ait dağılım haritası (Anamoli topluluğu alt gruplara ayrılmamış)	117
Şekil 5.23-b. Tungsten topluluklarına ait dağılım haritası (Anomali topluluğu alt gruplara ayrılmış)	117
Şekil 5.24. Antimon topluluklarına ait dağılım haritası	118
Şekil 5.25. Uranyum topluluklarına ait dağılım haritası	118
Şekil 5.26a. Arsen topluluklarına ait dağılım haritası (Anamoli topluluğu alt gruplara ayrılmamış).....	119
Şekil 5.26b. Arsen topluluklarına ait dağılım haritası (Anomali topluluğu alt gruplara ayrılmış).....	119

Şekil 5.27. Toryum topluluklarına ait dağılım haritası	120
Şekil 5.28. Eser elementlerin SZK-2 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.	122
Şekil 5.28. Eser elementlerin SZK-2 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.	123
Şekil 5.29. Eser elementlerin SZK-3 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.	124
Şekil 5.29. Eser elementlerin SZK-3 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.	125
Şekil 5.30. Eser elementlerin SZK-4 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.	127
Şekil 5.31. Eser elementlerin SZK-5 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.	129
Şekil 5.31. Eser elementlerin SZK-5 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.	130
Şekil 6.1. (a) Yüzeyde bir mostrada , ağsı / stockwork yapılı limonit dolgulu damarcıklar (Ok-106 nolu örnek lokasyonu), (b) Limonit dolgulu damarcıkların şematik görünümü.....	133
Şekil 6.2. Yüzeyde bir mostradan alınmış el örneğinde ağsı (stockwork) yapılı, limonit (FeOx) dolgulu damarcıklar.	133
Şekil 6.3. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde ağsı yapılı kuvars (Qz), kalsit (Cal) ve jips (Gp) içeren damarcıklar	134
Şekil 6.4. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py), kalkopirit (Cpy), kuvars (Qz), jips (Gp) ve kalsit (Kal) içeren damarcıklar.	134
Şekil 6.5. Jips damarcığı ve pirit oluşumu	135
Şekil 6.6. Kalkopirit damarcığı.....	135
Şekil 6.7. Yüzeyden alınmış bir örnekte pirit (Py) ve maghemitleşmiş manyetitler ...	136
Şekil 6.8. Yüzeyden alınmış bir örnekte maghemitleşmiş manyetit (Mag) saçınımları.....	137
Şekil 6.9. Yüzeyden alınmış bir örnekte limonitleşmiş (Lm) pirit (Py)	137
Şekil 6.10. Yüzeyden alınmış bir örnekte tamamen limonite dönüşmüş sülfürlü mineral (Lm) ve nabit altın (Au).....	138
Şekil 6.11. Yüzeyden alınmış bir örnekte çatlak dolguları içinde nabit altın.	138
Şekil 6.12. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde ağsı (stockwork) yapılı damarcıklar ve mineral içeği	139
Şekil 6.13. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde ağsı (stockwork) yapılı damarcıklar ve mineral içeği	140
Şekil 6.14. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde kalkopirit (Cpy), kübanit (Cbn) ve bornit (Bo) kristalleri.	142
Şekil 6.15. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde kalkopirit (Cpy), pirit (Py), kalkosin (Ccy) ve bornit (Bn).	142
Şekil 6.16. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde galenit (Gn) ve kalkopirit (Cpy), oluşumları	143
Şekil 6.17. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py), kalkopirit (Cpy) ve spekülartik hematit (S.Hem) damarcıkları	143
Şekil 6.18. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde kalkopirit (Cpy), kovellin (Cv) ve kalkosin (Cct) damarcığı	144

Şekil 6.19. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py), bornit (Bn) ve kalkosin (Cct)	144
Şekil 6.20. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py), kalkosin (Cct) ve kovellin (Cv).....	145
Şekil 6.21. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde kılcal damarcık içinde nabit altın	146
Şekil 6.22. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py) damarcıkları	146
Şekil 6.23. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde bir mineralin çatlaklarında oluşmuş limonitleşmiş piritler (Lm-Py)	147
Şekil 7.1. Kuvars kristalleri içinde gözlenen sıvı kapanımlarından temsili görüntüler ..	149
Şekil 7.2. Kuvars kristallerindeki birincil kapanımlarda ölçülmüş son buz ergime sıcaklık değerlerine (T_{m-ICE}) ait istatistiksel dağılım grafiği.....	152
Şekil 7.3. Kuvars kristallerindeki ikincil kapanımlarda ölçülmüş son buz ergime sıcaklık değerlerine (T_{m-ICE}) ait istatistiksel dağılım grafiği.....	152
Şekil 7.4. Kuvars kristallerindeki birincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklık değerlerine (T_H) ait istatistiksel dağılım grafiği.....	153
Şekil 7.5. Kuvars kristallerindeki ikincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklık değerlerine (T_H) ait istatistiksel dağılım grafiği.....	153
Şekil 7.6. Kuvars kristallerindeki sıvı kapanımlarda ölçülmüş son buz ergime sıcaklığı (T_{m-ICE}) - homojenleşme sıcaklık değerleri (T_H) ilişkisi.....	154
Şekil 8.1. Örneklerde analiz edilmiş oksijen izotopları bileşimlerinin (kırmızı renkli alan) Hoefs (1987) tarafından belirlenmiş, çeşitli kayaç ve akışkan kaynakları ile karşılaştırılması	156
Şekil 8.2. Cevher oluşturuçu çözeltilerdeki suyun δD - $\delta^{18}O$ diyagramındaki konumları	157

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Karataş Volkanitleri'ni oluşturan kayaç örneklerinin ana element analiz sonuçları	31
Çizelge 3.2. Karataş Volkanitleri'ni oluşturan kayaç örneklerinin eser element analiz sonuçları	32
Çizelge 3.3. Karataş Volkanitleri'ni oluşturan kayaç örneklerinin nadir toprak element analiz sonuçları	33
Çizelge 4.1. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin XRD-tüm kayaç ve XRD-kil fraksiyonu incelemeleri ile belirlenmiş mineral içerikleri	58
Çizelge 5.1. Karataş Volkanitleri'ne ait eser element analiz sonuçları.	87
Çizelge 7.1. Kuvars kristallerindeki sıvı kapanımlarında ölçülmüş mikrotermometrik sıcaklık değerleri .	151
Çizelge 8.1. Analiz edilen kuvars örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD sonuçları ve denge halindeki suyun $\delta^{18}\text{O}$ değerleri	155

1. GİRİŞ

1.1. Amaç

Volkanik ve volkano sedimanter kayaçlar ile kaplı sahalarda; belirli seviyelerde stratiform (VHMS: Volkanik yankayaçlı masif sülfid ve SEDEX: Eksalatif-sedimanter) tip, fay zonları boyunca damar tipi ve derin kesimlerde yerleşmiş subvolkanik veya plütonik sokulumlar içinde veya çevresinde ise porfiri tip hidrotermal cevherleşmeler oluşabilmektedir. Volkanik kayaçların bileşimine ve oluştukları jeotektonik ortama bağlı olarak oluşan stratiform tip cevherleşmeler; primitif tip (asıl yay bölgesi veya yay ardı bölgesi), besshi tipi (hendek bölgesi), kuroko tipi (yaylarla ilişkili rift bölgesi), kıbrıs tipi (okyanus ortası sırt bölgesi veya yay ardı rift bölgeleri) şeklinde sınıflandırılmakta ve Cu, Pb, Zn, Au ve Ag içeren yataklar oluşabilmektedir. Damar tipi ve porfiri tip yataklar ise volkanik ve plütonik yan kayaçlar I- ve M- tipi iseler Cu, Mo, Au bakımından zengin, S- ve A- tipi iseler Sn, W, U, Th, NTE, F ve Ba bakımından zengin cevherleşmeleri içerebilmektedirler.

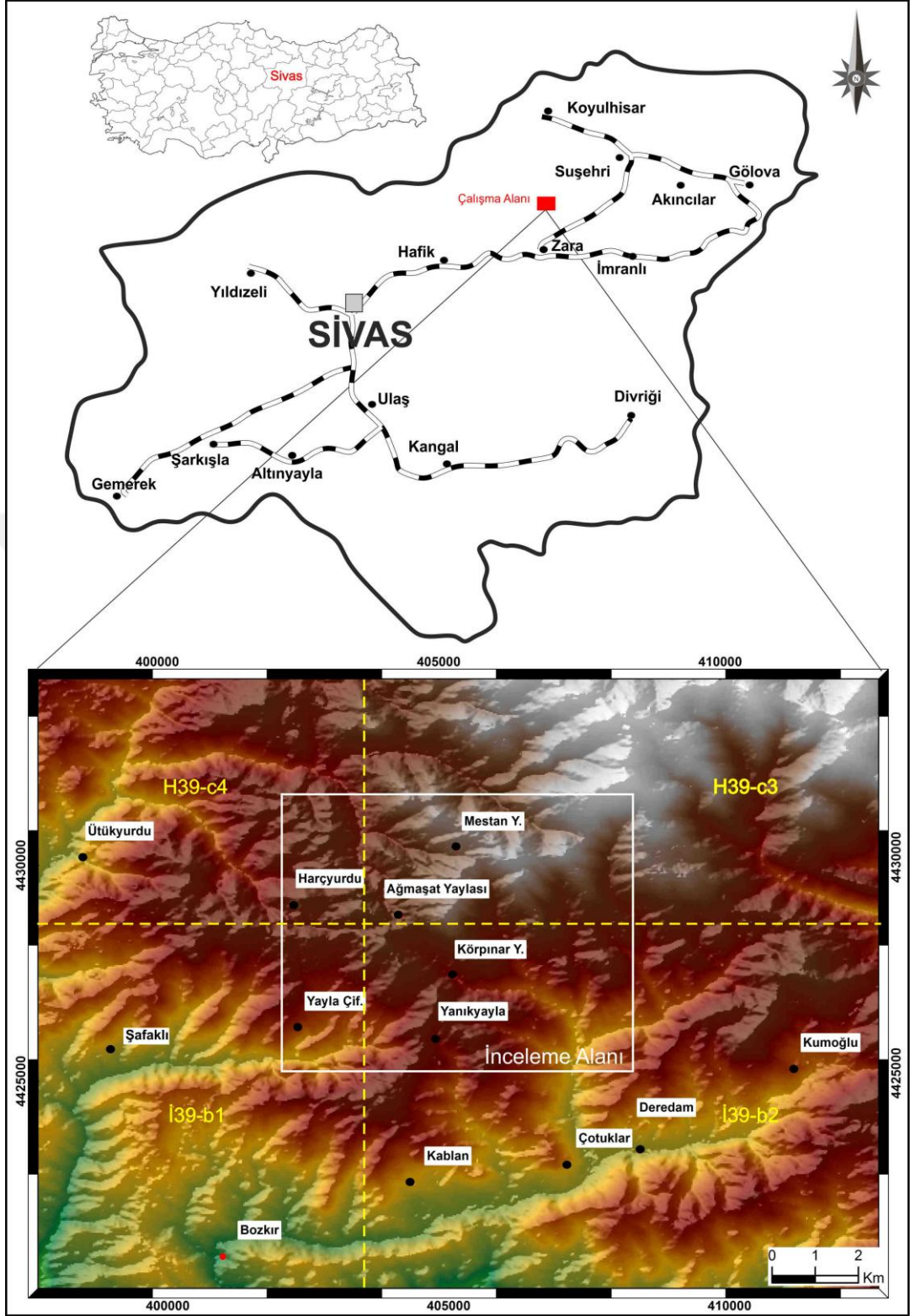
Bu yatakların tamamı, çevrelerinde gelişmiş hidrotermal alterasyon zonları ile karakteristik olup bu alterasyon zonları cevherleşmelerin varlığına işaret etmekte ve aranmalarında yararlı ipuçları olarak değerlendirilmektedirler. İnceleme alanında (Ağmaşat Yaylası çevresinde) yüzeyleyen Eosen yaşlı Karataş Volkanitleri'ni içinde de hidrotermal alterasyon zonları gelişmiş olup bu yöre yukarıda belirtilen cevherleşme tiplerinden herhangi birisinin bulunabileceği potansiyel saha durumundadır.

Bu çalışmada inceleme alanında yukarıda belirtilen cevherleşme tiplerinden herhangi birisinin varlığını belirlemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Karataş Volkanitleri'nin stratigrafik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek bu birimin bileşim, köken ve oluştukları jeotektonik ortamın belirlenmesine çalışılmış; alterasyon zonlarının yayılımı haritalanmış; mineralojik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek mineral ve eser element içerikleri belirlenmiş; uygun örneklerde sıvı kapanım ve kararlı izotop jeokimyası ($\delta^{18}O$ ve δD) incelemeleri ile alterasyon zonlarını ve olası cevherleşmeleri oluşturan hidrotermal çözeltilerin bileşimi ve sıcaklığı gibi özellikleri ile çözeltiler içindeki suyun kökeni ortaya konulmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçların, inceleme alanında ve çevresinde henüz bulunmamış yatakların tespit edilmesine ve bulunmuş olanların geliştirilmesine ışık tutacağı ve ülke ekonomisine katkıda bulunulacağı umulmaktadır.

1.2. İnceleme Alanın Coğrafi Konumu ve Özellikleri

İnceleme alanı, Sivas İli'nin kuzeydoğusunda yer alan Zara İlçesi'nin kuzeyinde Ağmaşat Yaylası çevresinde, 1/25.000 ölçekli H39-c3, c4 ve İ39-b1, b2 paftaları içinde yer almaktadır (Şekil 1). Kablan, Şafaklı, Haçyurdu, Deredam, Çotuklu, Avşar, Ütükürdu, Çorak ve Söğütlü Köyleri ile Körpınar, Yanık, Mestan ve Boncukluseki Yaylaları inceleme alanı içindeki ve yakınındaki yerleşim alanlarını oluşturmaktadır. İnceleme alanına, Zara - Suşehri arasındaki karayolu (asfalt) ile Kaplan ve Şafaklı Köylerine ve yaylalara giden yollar kullanılarak ulaşılabilir.

Ortalama 2000m rakıma sahip olan inceleme alanı, kışları yoğun kar yağışı almakta, yazları ise genellikle kurak fakat serin geçmektedir. Yörede ağaç türü bitki örtüsü yok denecek kadar az olup mera türü otlaklar halindedir. Yüksek bir rakıma sahip olması ve kış ve ilkbahar aylarında yağışın fazla olması nedeniyle inceleme alanına ulaşım sadece yaz aylarının sıcak dönemlerinde sağlanabilmiş, bu nedenle arazi çalışmaları ancak sınırlı olarak yaz aylarında yapılabilmektedir.



Şekil 1.1. İnceleme alanı yerbuldurı haritası

1.3. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve yakın çevresinde çoğunlukla bölgesel ölçekli genel jeoloji (Aktimur vd., 1990; Çubuk ve İnan 1998; Gökten ve Kelling 1991; Kurtman 1961a, 1961b, 1973, Nebert 1956, 1961; Üşümezsoy ve Ulakoğlu 1988; Uysal vd. 1995; Yılmaz 1981a, 1985) ve magmatik petroloji (Boztuğ vd., 1994; Eyuboglu vd., 2017; Kalkancı 1974, 1978; Tokel 1977; Yılmaz 1981b) amaçlı, az sayıda da metalik cevherleşmelerle ilişkili maden jeolojisi (Efe ve Gökce 1999) ve hidrotermal alterasyonla ilişkili kil oluşumlarını konu alan mineraloji-petrografi ve jeokimya (Başbüyük, 2006) amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Belirtilen araştırmalardan inceleme alanını ve tez çalışmasının amacını yakından ilgilendirenleri aşağıda tarih sırasına göre özetlenmeye çalışılmıştır.

Nebert (1961); Kelkit çayı ve Kızılırmak arasında yaptığı çalışmada, Eosen yaşlı fliş dizisinin kumtaşı, konglomera, marn, kumlu marn, kalkerli marndan ve aynı zamanda inisiyal volkanitlerden (bazalt, andezit ve bunların piroklastikleri) oluştuğunu ve Refahiye serpantin zonu üzerine uyumsuzlukla geldiğini belirtmiştir. Ayrıca, İmranlı volkanik bölgesi olarak isimlendirdiği Eosen yaşlı volkanitlerin litoloji, stratigrafi ve yapı tarihçesi bakımından Pontidlere ait olduğunu ve burada da yaygın andezit ve bazaltların bulunduğu, Eosen flişinin erozyon pencereleri halinde, volkanik masifler arasından adalar halinde yükseldiğini ileri sürmüştür.

Tokel (1977); Doğu Karadeniz Bölgesi'nde (Gümüşhane-Alucra-Şebinkarahisar-Gölköy) Tersiyer volkanizması ürünlerinin andezit, dasit ve piroklastiklerden oluştuğunu ve Lütesiyen yaşında olduklarını belirtmiştir. Volkanik dizinin kalk-alkalen sınıfın kalsik ucunda yer aldığını ve volkaniklerin silisyuma doymuş, sodik ($\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$) ve genellikle Al_2O_3 bakımından zengin olduğunu saptamıştır. Yapılan analizlerden elde edilen AFM, alkali zenginleşmesi ve toplam demir oksit-MgO oranı diyagramlarına dayanarak, Doğu Karadeniz Bölgesi Eosen volkaniklerinin kimyasal bileşimleri ile güncel litosfer yitim zonları boyunca oluşan volkaniklerin bileşimleri arasında büyük bir benzerlik olduğunu ileri sürmüştür.

Kalkancı (1978); Zara-Suşehri (Sivas) arasındaki bölgede yaptığı çalışmada tabanda Alt Kretase yaşlı serpantinleşmiş ofiyolit ve ultrabazik masifin yer aldığı ve bu birimin üzerinde Lütesiyen'den, Priaboniyen'e kadar çökelmiş fliş fasiyesli kalın bir volkano-sedimanter dizinin çökelişini Priaboniyen'de andezitik volkanizmanın izlediği ve bu volkanik faaliyetten sonra, siyenitik bir sokulumla sonuçlanan plütonik aktivitenin gerçekleşmiş olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı bu siyenitik ürünleri üç ayrı fasiyese ayırmıştır: 1-Kenar fasiyesi: Siyenitik batolitin yerleşimi sırasında porfirik andezitlerin yeniden kristalleşmesi ile meydana gelmiş olan monzonitik 2-Kuvarslı siyenit: Köseadağ'ını meydana getiren esas fasiyes. 3- Batolitin merkez kısmını oluşturan biyotitli siyenit. Bu çalışmada, Rb-Sr yaş tayini analizleri sonucunda kuvars siyenit için 42 ± 4 m.a., Pegmatitik biyotitli siyenit için $37 \pm 2,6$ m.a. yaşı bulunmuştur. Araştırmacı Priaboniyen yaşlı porfirik andezitlerin magma kökeninin üst manto,

kuvarslı siyenitin magma kökeninin üst manto-kabuk sınırı, pegmatitik biyotitli siyenitin magma kökeninin ise kabuk olduğunu ve buna göre magma kökenlerinde zamanla üst manto → manto-kabuk sınırı → kabuk yönünde bir gelişme olduğunu açıklamıştır. Araştırmacı bölgedeki magmatik aktivitenin büyük kırıklar boyunca yerleşen keratofirik ve riyolitik karakterli volkanizma ile devam ettiğini ve Priaboniyen'de önemsiz gösel sedimanların çökeldiğini belirtmiştir. Yazar bölgede siyenitik batolite bağlı olarak, çatlakları dolduran hidrotermal karakterli, blend+pirit+galen+kalkopirit mineralleri ile zaman zaman stibnit ve pirolüsit içeren kuvars, barit ve limonit ganglı filonlar bulunduğunu ve porfirik andezitlerde çatlakları dolduran bakır (nabit bakır+tenorit+küprit+malakit+azürit) zuhurlarının bulunduğunu belirtmiştir.

Yılmaz (1981b); Tokat-Sivas arasındaki bölgede bazı volkanitlerin petrokimyasal özelliklerinin incelendiği çalışmada, bölgedeki volkaniklerden ofiyolitik karışık içinde yer alanların (I. Grup volkanitler), okyanus ortası sırtlarda oluşan toleyitik kayaların özelliklerini taşıdıklarını, Üst Kretase yaşlı volkanitler (II. Grup volkanitler), yitim kuşaklarında oluşan volkanitlerle özdeş görüldüğünü ve bunların ada yayı oluşumunun ilk aşamasını ve devamını belirleyen kalkalkalin volkanit niteliğinde olduklarını, Eosen ya da büyük olasılıkla daha genç yaşta olan volkanitlerin (III. Grup volkanitler) ise kalkalkalin kayaların farklılaşmasının son ürününü olduğunu belirtmektedir.

Üşümezsoy ve Ulakoğlu (1987/1988); Suşehri (Sivas) dolayında yaptığı çalışmada Suşehri ön çukur çanağının Tokat-Erzincan kenet kuşağının güneyinde yer aldığını ve temelde ofiyolit napları ve onları üzerleyen ofiyolit türevli Eosen yaşlı kumtaşı ve bazik volkanitleri kapsadığını belirtmektedir. Bu çalışmaya göre, alkali bazik volkanitler Neo-Tetis'in Tokat Erzincan kesiminin daralması sonucu okyanusal kabuğun ve yitim zonu kompleksinin üzerlenmesini izleyen evrede kalık okyanusal kabuğun çarpışma sonrası yitimi ile türemişlerdir. Köseadağ siyenitik plütonu önçukur çanağı Eosen yaşlı kumtaşı volkanitler içine yerleşmiştir ve Köseadağ siyenitinin Eosen yaşlı volkan magmasının evrimleşmiş ürünü olduğunu kabul etmiştir.

Boztuğ vd. (1994); Köseadağ (Suşehri-Sivas) doğu kesiminde yaptıkları çalışmada, plütonu orta-kaba ve ince taneli olmak üzere iki fasiyese ayırmışlardır. Ana kütleli oluşturan orta-kaba taneli fasiyesin, çoğunlukla kuvars-siyenit, siyenit ve ender olarak da monzonitik kayalardan oluştuğunu: ince taneli fasiyesin ise diğerinin içerisinde küçük sokulumlar halinde gözlendiğini ve başlıca siyenitik kayalardan oluştuğunu belirtmektedirler. Ana mafik minerallerin amfibol (hornblend-kersutit), klinopiroksen (öjit ve ender olarak egirin ojit) ve biyotitten oluştuğunu, siyenitik ve monzonitik kayaların kafemik (CAFEM), metalümina, katyonik (Na+K)<Al parametresi olan ve silis bakımından doymuş alkalin (ALKS) özellik gösteren bir magma tipine sahip olduğunu, R1-R2 parametrelerine göre "geç orojenik", Y-SiO₂, Nb-SiO₂, Rb-SiO₂, Nb-Y ve Nb+Y-Rb eser element verilerine göre de "levha içi

granitoidleri (WPG)" karakteri gösterdiğini, bu özelliklerinin çarpışma sonrası (POST-COLG) bir jeodinamik ortama bağlı olarak geliştiğini ve Köseadağ plütonunun, Neo-Tetisin kuzey kolunun kuzeye doğru yitimiyle ilgili çarpışmaya bağlı kabuk kalınlaşmasının sonlarında, pasif kenarda meydana gelen gerilme rejimi ile gelişebilecek olan manto yükseliminden malzeme alan ve alt kabuktan da kirlenen bir petrojenez mekanizmasına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Uysal vd. (1995); Koyulhisar (Sivas) dolayında yaptıkları çalışmada Orta Eosen yaşlı volkaniklerin çarpışma sonrası geliştiğini ve yer yer kalkalkalen, yer yer de alkalen özellik gösterdiğini belirtmiş ve bu volkanitlerin Üst Eosen yaşlı Köseadağ plütonu tarafından ve daha sonraki dönemde de yine Üst Eosen sonlarında andezit ve tüflerden oluşan dayklarla kesildiğini ve çarpışma sonrası olarak yorumlanan bu daykların genellikle kalkalkalen ve seyrek olarak da alkalen özellik gösterdiğini açıklamıştır.

Efe ve Gökçe (1999); Maden köyü (İmranlı-Sivas) çevresindeki Pb-Zn yataklarında yaptıkları çalışmada, bölgedeki kurşun-çinko yataklarının Eosen Maden Volkanitleri'ni ve Köseadağ Siyeniti' ni kesen fay zonları boyunca, K45-50°B, 80-85°KD konumlu damar tipi cevherleşmeler şeklinde olduğunu, damarların cevher minerali olarak sfalerit, galenit, kalkopirit, fahlerz, polibasit-pearseit, pirit, arsenopirit, bornit, molibdenit, manyetit ve hematit; gang minerali olarak ise kuvars ve barit içerdiğini belirtmişlerdir. Kuvars kristallerinde yapılan sıvı kapanım incelemeleri sonucunda ilk buz ergime sıcaklığı değerleri çözeltilerin bileşiminde çözülme tuz olarak yalnızca NaCl bulunduğunu, son buz ergime sıcaklığı değerleri çözeltilerin tuzluluğunun birinci grup kapanımların oluşumu sırasında düşük olduğunu (ortalama % 3.61 NaCl eşdeğeri), ikinci grup kapanımların oluşumu sırasında belirgin bir şekilde yükseldiğini (ortalama % 8.76 NaCl eşdeğeri), üçüncü grup kapanımların oluşumları sırasında ise tekrar düştüğünü (ortalama % 3,03 NaCl eşdeğeri) belirtmektedirler. Homojenleşme sıcaklığı değerleri, çözeltilerin sıcaklığının birinci grup kapanımların oluşumu sırasında maksimum 388,5 °C'ye kadar yükseldiğini (ortalama 338,1°C), daha sonra ikinci grup kapanımların oluşumu sırasında ortalama 247.8°C civarında olduğunu, üçüncü grup kapanımların oluşumu sırasında ise 182 °C'ye kadar (ortalama 205.6 °C) kademeli bir şekilde düştüğünü belirtmektedirler.

Başbüyük (2006), inceleme alanını kapsayan Zara-İmranlı-Suşehri-Şerefiye dörtgenindeki Eosen yaşlı siyenit ve volkanikler içerisinde hidrotermal bozuşma ile ilişkili kaolin oluşumlarını konu alan ayrıntılı mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemeler gerçekleştirmişlerdir. Yazara göre hidrotermal bozuşma yalnızca Orta-Üst Eosen yaşlı Karataş volkanitleri ile Köseadağ siyenitini etkilemiş olup, bozuşmanın yaşı alunite mineralinden itibaren K/Ar radyometrik yaş tayini ile 38,0±0,9 milyon yıl olarak bulunmuştur. Kaolinit yatakları; keskin sınırlarla ayrılmamakla birlikte, demir oksitli, alunitli ve diğer kil

minerallerince (çoğunlukla I-S) zengin seviyeler içermekte olup, üst kesimleri silis bir şapka tarafından örtülmüştür. Siyenit ve volkanik kayalarda piropilitik, fillik/serizitik ve arjilitik olmak üzere üç tür hidrotermal bozuşma ayırt edilmiştir. Yazarlar Orta-Üst Eosen yaşlı magmatiklerin alkali karaktere sahip, büyük ölçüde üst kıtasal kabuksal kirlenmeye uğramış üst manto malzemesinin fraksiyonel kristalleşmesi ile oluşmuş, çarpışma ile eş zamanlı veya çarpışma sonrası levha içi magmatizmayı temsil ettiğini belirtmişlerdir.

Eyüboğlu vd. (2017), Pontid kuşağında Eosen yaşlı granitoyitler üzerinde yaptıkları jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmaların sonucunda bu kuşak üzerindeki Erken Senozoyik yaşlı intrüzyonları, Geç Paleosen - Erken Eosen adakitik, orta ve felsik, Eosen mafik ve Eosen adakitik olmayan intrüzyonlar şeklinde üç alt gruba ayırmışlardır. İnceleme alanının doğusundaki Köseadağ Siyeniti'nin, şoşonitik karakterde ve Zirkon U-Pb yaşlandırması sonucunda ise 47 ve 42Ma (Lütesiyen) aralığında yerleşme yaşına sahip olduğunu belirlemişlerdir.

1.4. Materyal ve Yöntem

Bu doktora tezi kapsamında yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Arazi çalışmaları sırasında, MTA tarafından hazırlanmış 1/100.000 ve 1/500.000 ölçekli jeoloji haritalarından yararlanılmış olup kayaç türlerine ait dokunaklar revize edilerek 1/10.000 ölçekli yeni bir jeoloji haritası hazırlanmıştır. Bu çalışmalar sırasında; jeolog pusulası, el tipi GPS ve topoğrafik haritalardan yararlanılmıştır. Haritaların ve ilişkili şekillerin hazırlanmasında Corel DRAW, ARCGIS, Google Earth, Global Mapper, Surfer gibi çizim programları kullanılmıştır. Petrografik ve jeokimyasal incelemeler için yüzeyden, önce Karataş Volkanitleri'nin genel özelliklerini incelemek amacıyla yaklaşık 500m aralıklarla, daha sonra da Ağmaşat Yaylası civarında alterasyon özelliklerini ve eser element dağılımlarını incelemek amacıyla; 50 m eşyükselti çizgileri üzerinde yaklaşık 50 m aralıklarla kayaç örnekleri (213 adet) toplanmıştır. Ayrıca, MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış sondaj karotlarından yaklaşık 10 m aralıklarla ve alterasyon özelliklerinin değiştiği ve cevherleşme belirtilerinin bulunduğu kesimlerinden (253 adet) temsili örnekler alınmıştır.

Arazi çalışmalarında derlenen temsili örneklerden petrografik incelemeler için (215 adet) incekesit yapımı ve alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop yöntemleri ile incelenmesi, cevher mikroskopisi incelemeleri için (118 adet) parlatma bloklarının hazırlanması ve üstten aydınlatmalı polarizan mikroskop yöntemleri ile incelenmesi, jeokimyasal analizler ve XRD incelemeleri için (72 adet) örneklerin öğütülmesi ve toz numuneler hazırlanması, uzaktan algılama yöntemlerinde kullanılmak üzere spektral yansımaların ölçülmesi ve değerlendirilmesi, sıvı kapanım incelemeleri için (45 adet) iki yüzeyi parlatılmış kesitler hazırlanması ve mikrotermometrik yöntemlerle incelenmesi ve izotop jeokimyası incelemeleri için (5 adet) mineral ayırma işlemleri için hazırlanmıştır.

İncekesitleri yapılabilecek kadar sağlam, bozunmamış ve az bozunmuş örneklerin incekesitleri, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlanmış olup elmas diskli kesici cihazlarda kesilerek ince levhalar alınmış, bir yüzü aşındırıldıktan sonra sıvı kanada balzamu lam üzerine yapıştırılmış, kalınlığı 0.030 mm'nin altına ininceye kadar diğer yüzü de aşındırıldıktan sonra üzerleri lamel ile kapatılmıştır. Aşındırma işlemlerinde farklı tane boyutlarında aşındırıcı silisyum karbür tozları kullanılmıştır. Hazırlanmış incekesitlerin petrografik incelemeleri Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarlarında bulunan Leica Marka DM2500P tipi mikroskop altında gerçekleştirilmiş olup örneklere ait görüntüler mikroskoba monte edilmiş Leica kamera yardımıyla fotoğraflanmıştır.

XRD incelemeleri, incekesitleri yapılamayacak kadar dayanıksız örneklerde tüm kayaç incelemeleri için ve kil boyu malzemelerin mineral tanımlamalarının yapılabilmesi için kullanılmıştır. Örnekler kırılıp öğütülerek toz haline getirildikten sonra tüm kayaç olarak veya kil mineralleri ayrılıp gerekli plakette hazırlandıktan sonra XRD çekimleri yapılmıştır. Kil ayırma işlemleri; örneklerden hazırlanmış tozlar kimsiyal çözme, santrifüjleme-dekantasyon / dinlendirme ve yıkama, süspansiyonlama-sedimentasyon-sifonlama-santrifüjleme ve şişeleme işlemleriyle gerçekleştirildikten sonra ayrılan kil malzemelerinden her bir örnek için üç adet yönlendirilmiş lam preparat hazırlanmış olup bunlar kil fraksiyonu için normal (oda sıcaklığında kurutulmuş), glükollü (Yaklaşık 60°C'de desikatör içerisinde etilen glikol buharında bekletme) ve fırınlama (490 °C'de yaklaşık 4 saat ısıtma) işlemlerine tabi tutulmuştur. Kırma, öğütme, kil mineral ayırma işlemleri ve XRD çekimleri Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü kırma-öğütme, kil ayırma ve XRD laboratuvarında yapılmıştır. XRD çekimleri, Rigaku marka DMAX IIIC model X-ışınları difraktometresinde (Anot = 1.541871Å), Filtre = Ni, Gerilim = 35 kV, Akım = 15 mA, Gonyometre hızı = 2°/dak., Kağıt hızı = 2cm/dak., Zaman sabiti = 1 sn, Yarıklar = 1° 0.15 mm 1° 0.30 mm, Kağıt aralığı = 2θ = 5-35°) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Diyagramların çözümlemesinde, yarı nicel yüzde hesaplamaları için (Brindley ve Wardle, 1970) yöntemi esas alınmıştır. Bu yöntemde, tüm kayaç için dolomit, kil fraksiyonu için glükollü çekimlerden itibaren kaolinit referans olarak alınmıştır (Yalçın ve Bozkaya, 2002).

Uzaktan algılama çalışmalarında, ASTER SWIR bantlarında kullanılmak üzere, inceleme alanında kayaç gruplarından toplanan temsili örneklerin spektral ölçümleri 350-2500nm dalga boyu aralığında, Cumhuriyet Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Laboratuvarında yer alan Analytical Spectral Devices (ASD) Fieldspec Pro spektrometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan ASTER SWIR uydu verilerine, görüntülerin kullanılabilirliğini artırmak için çapraz karışma (crosstalk) düzeltmesi (Iwasaki vd., 2001), spektrometre ölçümlerinin görüntülere uygulanabilmesi ve uygulanabilirliği artırmak için radyans kalibrasyonu ve yansıma dönüşümü uygulanmıştır (Iwasaki ve Tonaka, 2005; Abrams ve Hook 1995; Gürsoy vd., 2017). Ayrıca görüntü değerlerinin hesaplanmasında

Moderate Resolution Transmittance (MODTRAN) algorithm (Thome vd., 2001) algoritması kullanılmıştır. Spektral verilerle gerçekleştirilen ana bileşenler dönüşümü, dekorelasyon gerilmesi ve bant oranlama işlemleri ile litolojik farklılıkların ortaya çıkarılması için kullanılmıştır. Kaolinit, illit ve serizit oluşumlarının haritalanmasında eşleşen filtreleme (Matched filtering) yöntemi kullanılmıştır.

Karataş Volkanitleri'nin jeokimyasal özelliklerini ve eser element içeriklerini belirlemek amacıyla seçilmiş temsili örnekler, kırılıp öğütülerek toz haline getirildikten sonra Kanada'da bulunan ACME laboratuvarlarında X-Işını Florans Spektrometresi (XRF) ve fuzyon, lityum borat fuzyon ve indüktif olarak eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi (ICP-MS) yöntemleri kullanılarak ücretli olarak yaptırılmıştır. Sonuçlar, Microsoft Office Excel ve GCD Kit programları kullanılarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Altta aydınlatmalı polarizan mikroskop incelemelerinde opak mineral tespit edilen örneklerden parlatma blokları hazırlanmış ve üstten aydınlatmalı polarizan mikroskopta incelenmiştir. Örneklerin parçalanmaya karşı dayanıklı olabilmesi için belirli ölçütlere sahip kaplar içerisinde polyster (epoksi) malzemesi ile kalıba dökülmüştür. Kaba aşındırıcıdan geçirilen örnekler, daha sonra silisyum karbür toz ile yüzeyleri pürüzsüz hale getirildikten sonra farklı incelikte alümina pasta malzemeleri ile parlatılmışlardır.

Sıvı kapanım incelemeleri, kuvars damarcıkları içeren karot örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Kaba aşındırıcıdan geçirildikten sonra silisyum karbür tozlar yardımıyla yüzeyleri pürüzsüz hale getirilerek inceltmiş örneklerden, farklı incelikte alümina pastalar kullanılarak her iki yüzü parlatılmış kesitler hazırlanmıştır. Örnekleri camdan ayırmak için aseton kullanılmıştır. Sıvı kapanım ölçümleri, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan ve Leica Dm-2500P tipi mikroskopa monte edilmiş, LINKAM THMS-600 ve TMS-92 tipi ısıtma - soğutma sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İncelemelerde, ilk ergime sıcaklığı (T_{FM}), son buz erime sıcaklığı (T_{MICE}) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) ölçümleri yapılmış olup soğutma ve dondurma işlemlerinde sıvı azot gazı kullanılmıştır.

Duraylı izotop analizleri, cevherleşme ile eş yaşlı olan damarcıklar içindeki kuvars kristallerinin mineral ayırımı yapıldıktan sonra oksijen izotop analizleri ($\delta^{18}O$) doğrudan kuvars kristallerinde, hidrojen (δD) izotop analizleri ise bu kristallerdeki sıvı kapanımlarında hapsolmuş su serbestleştirilerek yapılmıştır. Belirtilen izotop analizleri University of Cape Town (Güney Afrika) İzotop Jeokimyası Laboratuvarlarında ücretli olarak yaptırılmıştır. Kuvarslarda analiz edilmiş $\delta^{18}O$ değerlerinden ve aynı örneklerde ölçülmüş homojenleşme sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak kuvarslarla denge halindeki suyun $\delta^{18}O$ değerleri hesaplanmıştır.

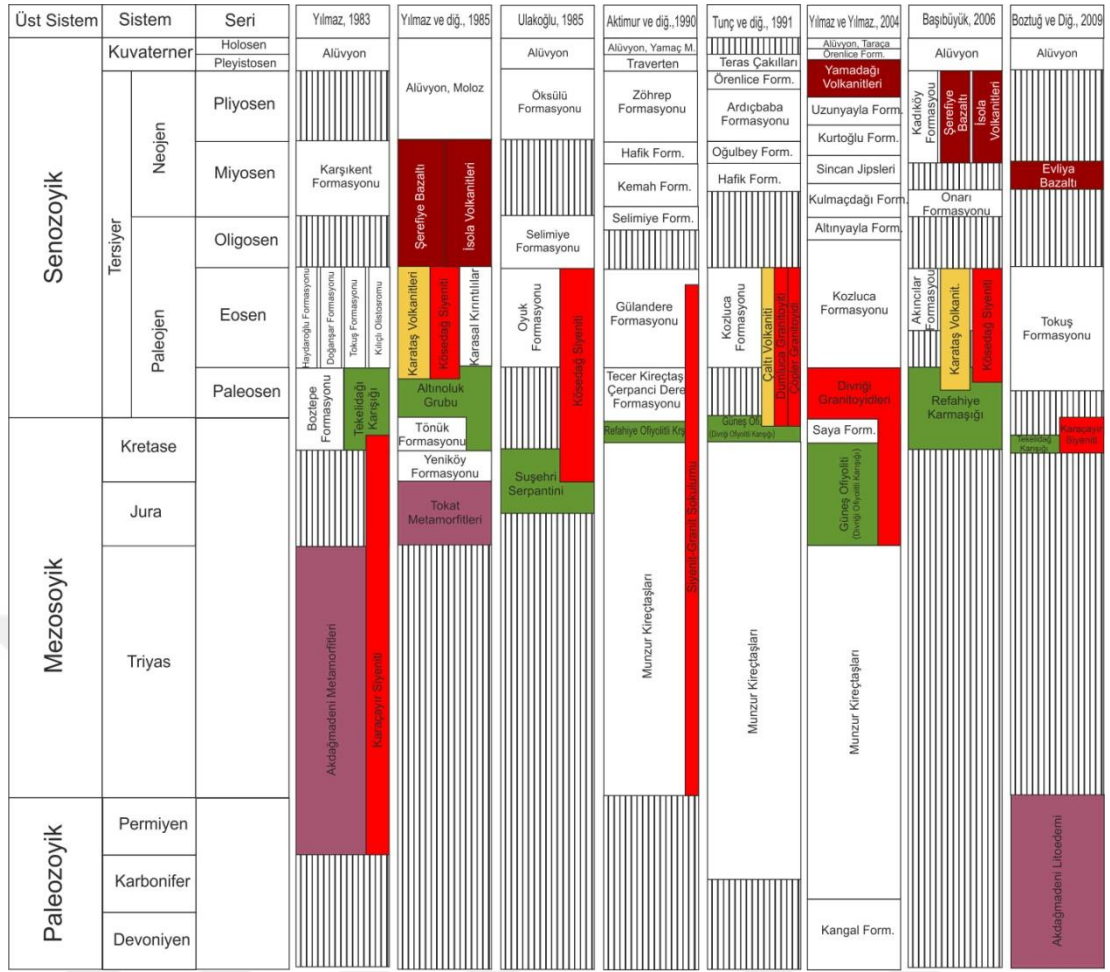
2. GENEL JEOLJİK ÖZELLİKLER

2.1. Bölgesel Jeoloji

Bu çalışmanın konusunu oluşturan Karataş Volkanitleri (Yılmaz vd., 1985 tarafından adlandırılmıştır), Sivas İli'ne bağlı Zara ve Suşehri İlçeleri arasında, Köseadağ'ın batı yamaçlarında yüzeylemektedir. Birim Türkiye'nin Ketin (1966) tarafından yapılmış tektonik sınıflamasında; Pontidler ve Anatolitler tektonik birliklerinin sınırında, Sengör ve Yılmaz (1981) tarafından yapılmış sınıflamaya göre; Anatolid-Torid platformu üzerinde, (Şengör vd. (1984)'ün Türkiye Kenet Kuşakları Haritası'nda Erzincan Kenedi'nin hemen güneyinde, önceki sınıflamaların kapsamlı bir sentezini sunan Okay ve Tüysüz (1999) tarafından yapılan sınıflamada Kırşehir Masifinin en doğu ucunda İzmir - Ankara - Erzincan ve İç Torid kenetleri arasında (Şekil 2.1), Türkiye'nin çok sayıda Alpin tektonostratigrafik birlikten (terrane) kurulu olduğunu ileri süren Göncüoğlu'nun (2010) sınıflamasında ise Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin en doğu ucunda ve İzmir-Ankara-Erzincan ofiyolit kuşağının hemen güneyinde ve Eyuboglu vd., (2006,2017) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesinde tanımlanmış göre güney zon içinde yer almaktadır.

Yukarda belirtilen sınıflamalarda İzmir-Ankara-Erzincan ofiyolit kuşağı; Geç Kretase'de kuzeye dalarak yiten Neo-Tetis Okyanusunun ürünleri olarak kabul edilmekte Sakarya Kitası ya da Pontidlerdeki magmatik faaliyetlerin ise bu yitimin ürünleri olduğu ileri sürülmektedir. İnceleme alanının güneyinde yer alan ofiyolit kuşağı kimi araştırmacılar tarafından Geç Kretase-Erken Senozoyik zaman aralığında kuzeye dalarak yiten İç Toros Okyanusu'nun kalıntıları olarak kabul edilip bu zon İç Toros Kenedi (Görür vd. 1984; Gorur ve Tuysuz, 2001; Şengör vd., 1982; Whitney ve Hamilton, 2004) olarak adlandırılmaktadır. Buna göre; Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (Kırşehir Masifi) kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan kenedi ve güneyde ise İç Torid Kenedi ile sınırlanmaktadır. Bazı araştırmacılar ise (örneğin; (Poisson vd., 1996; Yalınız vd., 2000) İç Torid Kenedini kabul etmemekte ve Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin Anatolid-Torid Platformunun (Anatolid-Torid Bloğu) kuzey bölümünün metamorfizmaya uğramış kesimine karşılık geldiğini ve bu kuşaktaki ofiyolit dilimlerinin ise Neo-Tetis'in taşınmış dilimleri olduğunu ileri sürmektedirler.

Yukarda belirtilen sınıflamalardan çok farklı olarak kimi araştırmacılar (Bektaş, 1981; Bektaş vd., 1999; Bektaş vd., 1984; Eyuboglu vd., 2006; Eyuboglu vd., 2017) Doğu Pontidlerde Tetis Okyanusunun (Günümüzdeki kalıntısı Karadeniz) sürekli kuzeyden güneye doğru yitime uğradığını ileri sürerek inceleme alanındaki ofiyolitik birimlerin doğuya doğru uzanımlarını yay gerisi havza açılımı ile ilişkilendirmektedirler. Bu modelde Doğu Pontidler kuzeyden güneye Mesozoyik-Senozoyik yaşlı volkanitlerin egemen olduğu Kuzey Zon; Mesozoyik-Senozoyik yaşlı tortul birimlerden oluşan Güney Zon ve Üst Kretase şoşonitik-yüksek potasyumlu volkanikleri, üst manto peridotitleri ve olistostromal melanjlardan oluşan



Şekil 2.3. İnceleme alanı çevresinde farklı araştırmacılar tarafından hazırlanmış dikme kesitler.

İnceleme alanının yakın çevresinde yüzeyleyen birimler Şekil 2.2 ve 2.3' te olduğu gibi sunulmuş olup Mesozoyik yaşlı ofiyolitler ile kuzeyinde ve güneyinde bulunan metamorfik kayalar bölgenin temelini oluşturmaktadır. Kuzeyde (Tokat Metamorfittleri) ve güneyde (Akdağmadeni Metamorfittleri) bulunan metamorfittler Paleozoyik – Mesozoyik (Kretase Öncesi) yaşlı olarak kabul edilmektedirler (Şekil, 2.3). Mesozoyik yaşlı ofiyolitler, bölgenin değişik kesimlerinde, farklı isimlerle adlanmış (Şekil 2.3) olup birimin yaşı Üst Kretase-Paleosen (Yılmaz vd., 1985) ve Alt Kampaniyen – Alt Maastrichtiyen (Özgül, 1981 ve Aktimur, 1986) olarak belirlenmiştir. Ayrıca yatay yönde hareketliliğin de Alt Miyosen dönemine kadar kesitler şeklinde tekrarlandığı farklı araştırmacılar tarafından öne sürülmüştür (Aktimur 1986; Arpat ve Tütüncü 1978; Tütüncü ve Aktimur 1988). Yılmaz (1985), çalışmasında birimin birbirleri ile tektonik ilişkili serpantinit, peridotit, gabro ve Tokat Grubu Metamorfittlerinden türemiş mermer, yeşilist ve metavolkanitlerden oluştuğunu belirtmiştir. Çalışma alanı yakın civarında birime ait peridotit ve serpantinitler gözlenmekte olup, genellikle yeşilin tonlarında masif bir görünüme sahiptirler.

Birim çeşitli araştırmacılar tarafından naplar şeklinde de tanımlanmıştır [(Karayaprak Napı; Bergougnan 1975, 1976), Karayaprak Karışığı; Yılmaz 1981a, Erzincan Napı; Yılmaz 1981b)]. Buket (1982) bölgedeki ofiyolitlerin Kuzey Anadolu Ofiyolitleri içerisinde değerlendirilebileceği ve içerdiği volkanitlerin karakterine göre okyanus ortası sirtlarda; ya da Bektaş'ın (1981) ifade ettiği gibi bu okyanusun bir kenar denizi konumunda oluşabileceğini ifade etmektedir.

Bu birim üzerine uyumsuz olarak gelen Akıncılar Formasyonu, bölgesel jeoloji haritasında, Eosen yaşlı volkanik ve sedimanlardan oluşan biriminin sedimanter grubunu oluşturmaktadır. İnceleme alanı yakın çevresinde gözlenen bu birime fosil içeriğine bağlı olarak araştırmacılar tarafından; Kurtman (1973) Lütésiyen, Yılmaz vd. (1985) Eosen, Ulakoğlu (1985, 1986) Lütésiyen ve Aktimur (1986) Alt -Orta Eosen şeklinde yaşlandırılmıştır. Son olarak, Başbüyük (2006) çalışmasında kumtaşları içerisinde Globorotalia sp ve globigerina sp fosillerini saptamış olup birime Orta-Üst Eosen yaşını vermiştir. Araştırmacı birimin, kalın katmanlı taban konglomerası ile başlayıp, ince-orta katmanlı kumtaşı, siltaşı, tüflü kumtaşı, kumlu kumtaşı ve tüflü siltaşı ardalanması, üst seviyelerinde ise volkanik aglomera ve breşlerden oluşan bir istif olduğu belirtmiştir. Birimin yaklaşık kalınlığı Yılmaz vd.'ne (1985) göre 250m ve Başbüyük'e (2006) göre ise 170 m'dir. Ayrıca, Başbüyük (2006) inceleme alanındaki volkanizmanın parçalı ürünlerini temsil eden bu birimin bölgedeki ilk volkanik evreye karşılık geldiğini, ender olarak belirlediği kumlu dolomitlerin ise volkanizmanın yer yer kesikliğe uğrayarak karbonat sedimantasyonuna imkân tanıdığını öne sürmüştür.

Karataş Volkanitleri, bölgesel jeoloji haritasında Eosen Volkaniklerini temsil etmekte olup Akıncılar Formasyonu'nu keserek bu birimin üzerine lav akıntıları şeklinde gelmektedir. Birim ilk kez Yılmaz vd. (1985) tarafından adlandırılmıştır. Bölgesel ölçekte geniş alanlar kaplayan bu birime, Kalkancı (1978) ve Yılmaz vd. (1985) yankayaçlarla stratigrafik ilişkilerine bağlı olarak sırasıyla Üst Eosen ve Orta-Üst Eosen yaşlarını vermişlerdir. Başbüyük (2006), çalışmasında volkaniklerde ki hidrotermal alterasyon içeren örnekte yaptıkları K/Ar yöntemiyle $38 \pm 0,9$ Ma (Bartoniyen; Orta Eosen' in üst katı) bozuşma yaşı elde etmiş olup Köseadağ siyenitleri ile sıcak sıcak dokunak ilişkisine olduğu ve aynı yaşta olduklarını ileri sürmüşlerdir. Ayrıca bazaltik trakiandezitten trakite kadar değişen bileşime sahip olan birimin (Başbüyük 2006; Boztuğ vd. 1994) yaklaşık 250m görünür kalınlığa sahip olduğu belirtilmiştir (Yılmaz vd. 1985). Bu çalışmada, taban seviyelerindeki volkanik/sedimanter birimler ile üst seviyelerdeki andezitik/bazaltik ve piroklastik seviyeler birlikte değerlendirildiği için birimin yaşı Eosen olarak kullanılmıştır.

Bölgesel jeoloji haritasında Paleosen-Eosen granitoyitleri içerisinde gösterilen derinlik kayaçları, ilk kez Yılmaz ve Boztuğ (1991) tarafından Köseadağ Siyeniti olarak adlandırılmıştır. Birim, Karataş volkaniklerini sıcak dokunakla keserek bölgeye yerleşmektedir. Birime yönelik yaşlandırma çalışmalarında; Kalkancı (1974), tüm kayaç Rb-

Sr radyometrik yaş tayininde, ana kütlede 42 ± 4 MY, damar kayaçlar fasiyesinde $37 \pm 2,6$ MY elde etmiş olup siyenitin Priyoboniyen (Üst Eosen) yaşlı olduğunu; Boztuğ vd. (2006) tek zirkon Pb/Pb yöntemi ile evaporasyon yaşını $52,1 \pm 6,4$ M.Y. olarak belirlemiş olup, siyenitin İpresiyen (Alt Eosen) yaşlı ve Eyuboglu vd. (2017) zirkon U-Pb yöntemi ile 42-47Ma (Lütesiyen) yaşında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Boztuğ vd. (1994) Köseadağ Siyeniti'ni, ana kütleli oluşturan faneritik ve orta-kaba taneli kayaçlar ile bunlar içerisinde intrüzif olarak gözlenen ince taneli fasiyesten; Başibüyük (2006) ise alkali feldispat siyenit, kuvarslı alkali feldispat siyenit, kuvarslı siyenit, siyenit ve gri renkli monzonitlerden meydana geldiğini belirtmişlerdir.

İnceleme alanının yakın çevresinde yüzeyleyen Onarı Formasyonu, Yılmaz vd. (1985) tarafından adlandırılmış olup kendisinden yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Birime, mercan ve alglerin yanı sıra Miolepidocyclina sp., Elphidium sp., Miyogypsina sp. ve Bryozoa gibi fosilleri içermesinden dolayı Alt Miyosen yaşı verilmiştir (Yılmaz vd., 1985; Başibüyük, 2006). Yaklaşık 500m kalınlığa sahip formasyonun, taban seviyelerinde çakıltaşı içerisinde kömür oluşumlarının varlığı, tavan seviyelerindeki denizel kireçtaşlarına geçmesi ve jipsli seviyelerin konumu dikkate alınarak birimin çökelim ortamının karasal, taban kesimlerinin karasal ve tavan seviyelerinin sığ ve duraylı olmayan denizel olduğu belirtilmiştir (Yılmaz vd., 1985).

İsola Volkanitleri, bölgesel jeoloji haritasında işaretlenmeyecek kadar küçük yayılım göstermekte ve Köseadağ Siyenitinin merkezinde yer almaktadır. Birim ilk kez Kalkancı (1974) tarafından keratofir olarak tanımlanmış olup Yılmaz vd. (1985) tarafından birime İsola Volkanitleri adı verilmiştir. Yan kayaçlarla olan ilişkisine bağlı olarak Yılmaz vd. (1985) tarafından birimin Miyosen ya da daha genç yaşlı olduğunu belirtilmiştir.

Şerefiye Bazaltı, inceleme alanının kuzeyinde kalan Şerefiye bölgesinde yüzeylemekte olup ilk kez Uysal vd. (1995) tarafından tanımlanmıştır. Karataş Volkanitleri, Akıncılar ve Onarı Formasyonları üzerinde lav akıntısı şeklinde gözlenen birim Üst Miyosen-Pliyosen yaşındadır (Uysal vd. 1995). Yüzey kesimlerinde gaz boşluklarının hâkim olduğu birim, siyah, gri ve sarımsı renktedir.

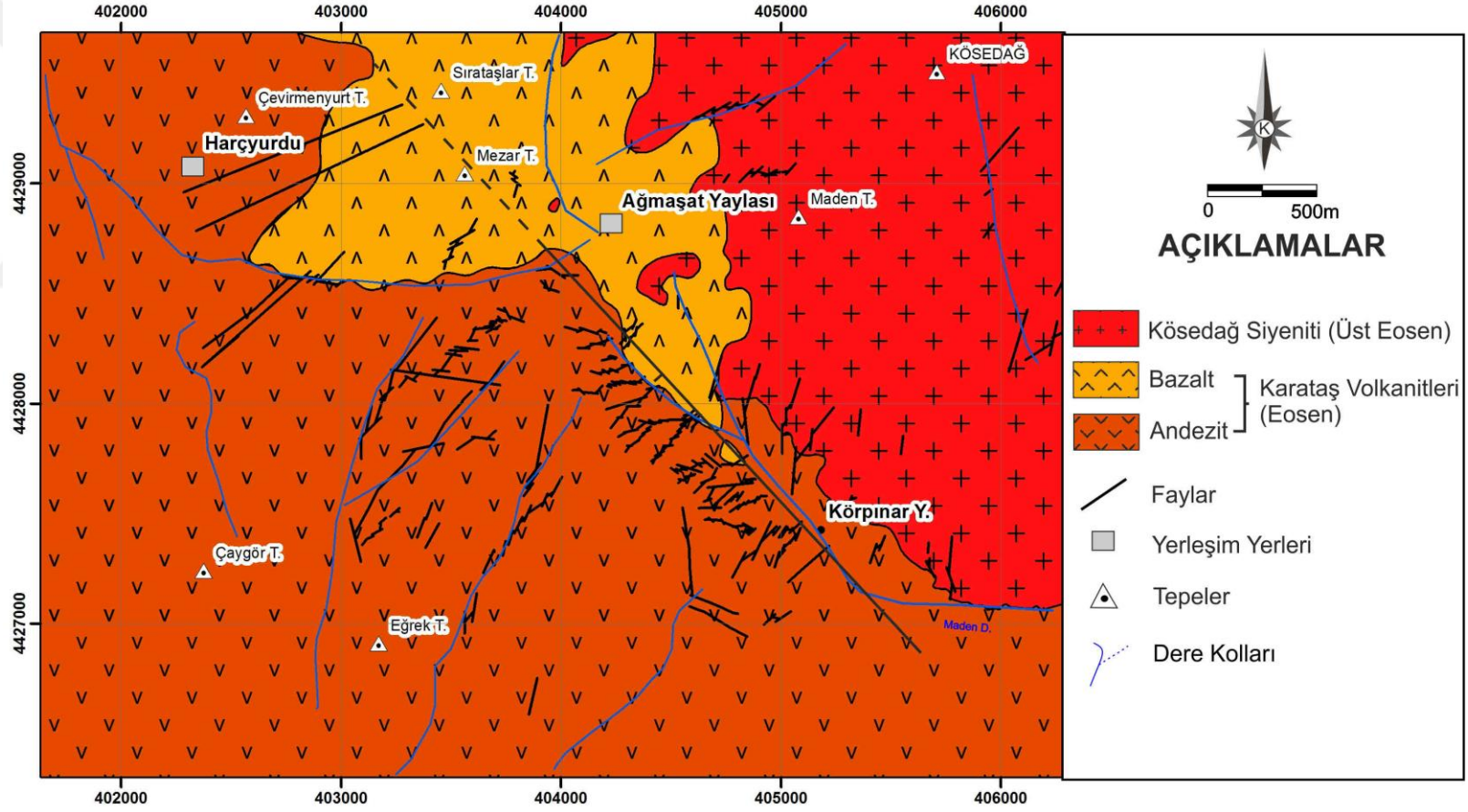
2.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanında Mesozoyik yaşlı ofiyolitik birimler, Eosen yaşlı sedimanter ve magmatik birimler ve Neojen yaşlı volkanik ve sedimanter birimler yüzeylemektedir (Şekil 2.4 ve 2.5). Bu birimlerin özellikleri ve ilişkileri aşağıda ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

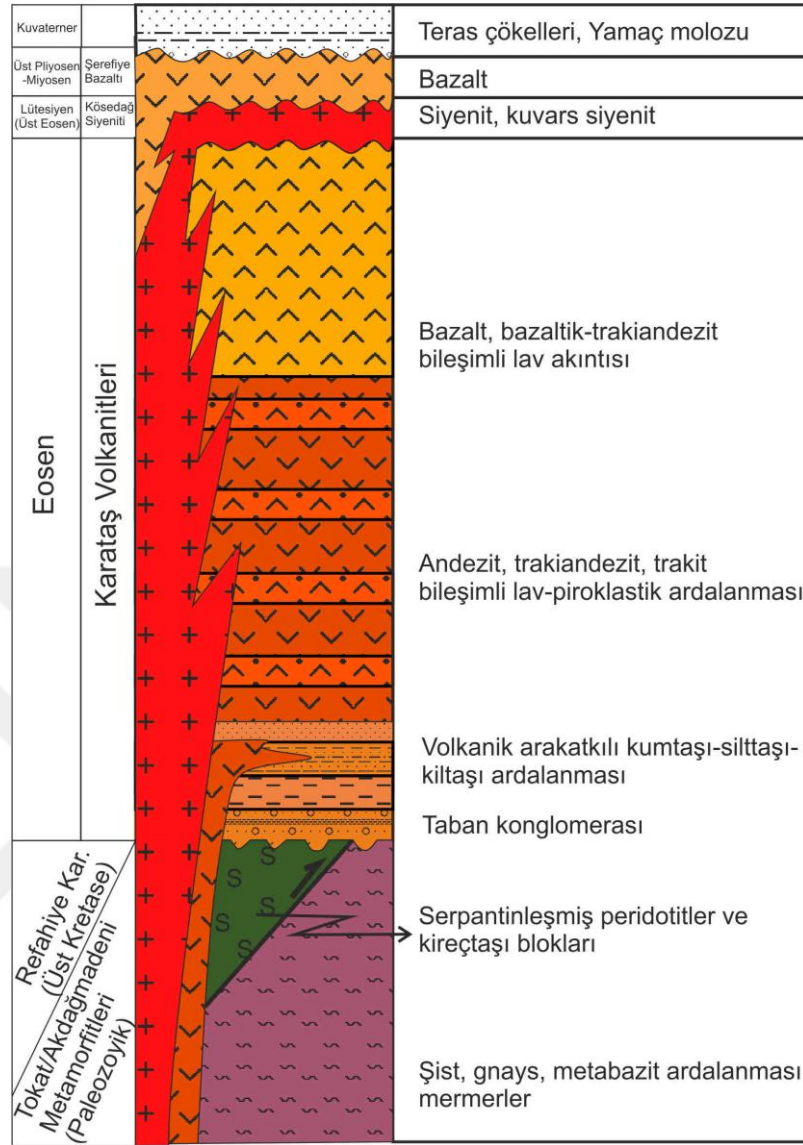
2.2.1. Stratigrafi

Çalışma sahasında, temeli inceleme alanı dışında Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (Tokat ve Akdağmadeni Metamorfikleri) ve bu birimleri tektonik olarak üzerleyen Mesozoyik yaşlı ofiyolitik kayalar (Refahiye Ofiyolitli Karışığı) oluşturmaktadır. Bu temel üzerinde, tabanda kırıntılı kayalardan oluşan ve üste doğru volkaniklerin egemen olduğu Eosen yaşlı Karataş Volkanitleri uyumsuz olarak yer almaktadır. Bütün bu birimleri kesen Üst Eosen yaşlı Köseadağ Siyeniti ise yer yer Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Şerefiye Bazaltı tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2.4 ve 2.5). İnceleme alanındaki en genç birimleri oluşturan haritalanamayacak boyutlardaki Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve teras çökelleri ise daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.





Şekil 2.4. İnceleme alanının jeoloji haritası.



Şekil 2.5. İnceleme alanı yakın çevresi için belirlenmiş yerel stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz).

2.2.2. Karataş Volkanitleri

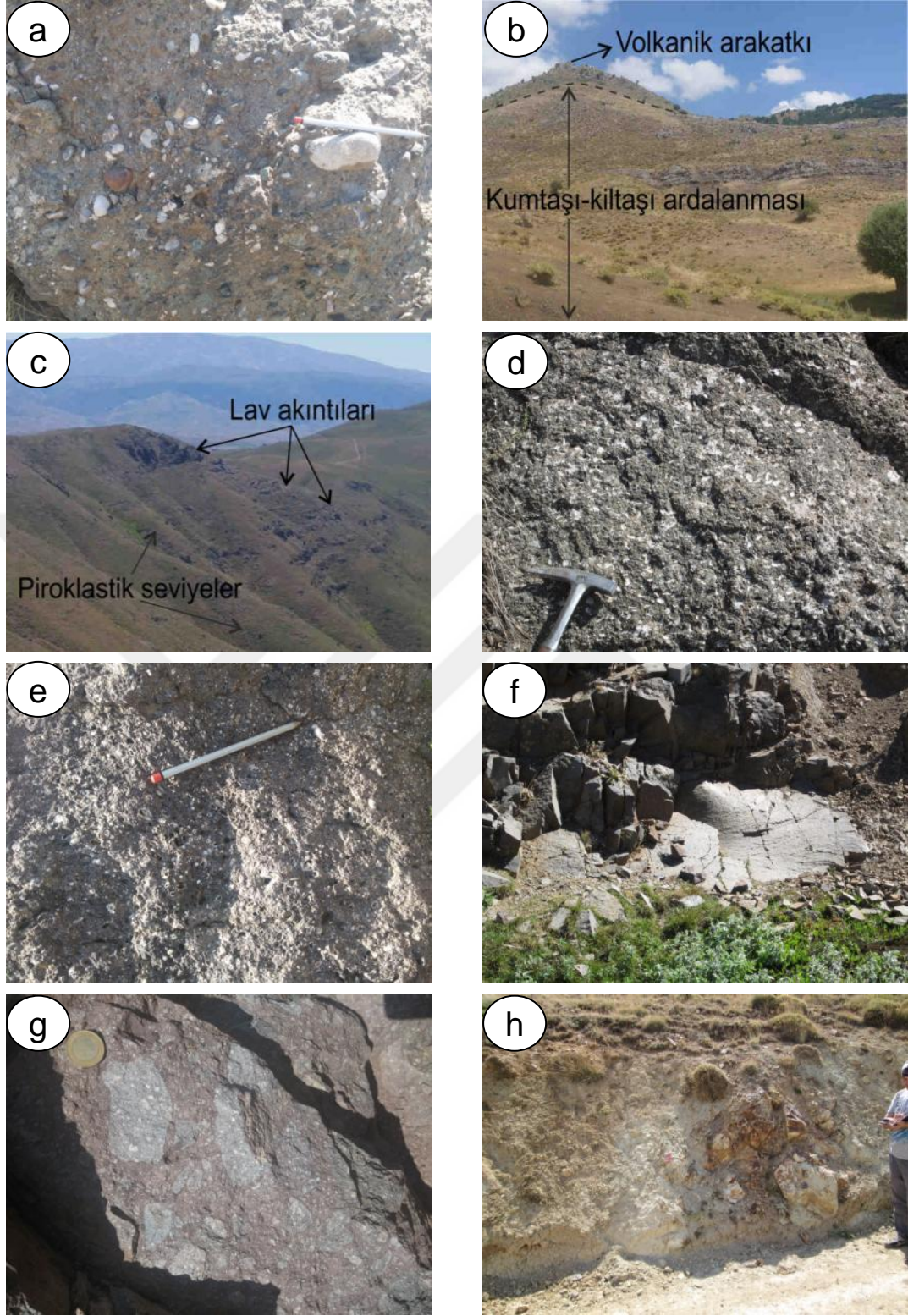
Eosen yaşlı volkanikler, bölgesel ölçekte bazalt, trakibazalt, bazaltik andezit, trakit, andezit, trakiandezit bileşimli lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Birimin yaklaşık kalınlığı 1000m'ye ulaşmaktadır. İstifin, tabanda 200m'lik volkanik arakatkılı sedimanlardan, üst kısımlarda ise kalınlıkları 5m ile 20m arasında değişen andezitik-bazaltik bileşimli lav ve piroklastik araldanması şeklinde olduğu gözlenmiştir. Birimin tabanındaki volkanik arakatkılı sedimanter kısımlar; ofiyolitik, sedimanter ve volkanik kayaç parçacıkları içeren taban konglomerası, kumtaşı-kiltaşı araldanması ve volkanik arakatkılardan oluşturmaktadır (Şekil 2.6a, 2.6b ve 2.6c). Volkaniklerin andezitik bileşimli bozunmamış kısımları, genellikle yeşilimsi siyah, alterasyona uğramış kısımları ise sarımsı, kirli beyaz renklerde olup bol çatlaklı bir yapıya sahiptir. Ayrıca istifin üst kısımlarında gözlenen andezitik bileşimli kısımlarda da gaz boşlukları (Vesiküler doku) makroskopik olarak gözlenmektedir (Şekil 2.6d ve 2.6e). Bazaltik bileşimli kısımlar genellikle masif ve grimsi siyah renklidir. Alterasyona uğramış kısımları ise sarımsı renkte olup yer yer akma yapıları göstermektedir (Şekil 2.6f). Piroklastik seviyeler, genellikle breşik karakterde (Şekil 2.6g) olup alt seviyelerde açık yeşil renkli ve tıkHz yapılı iken istifin orta - üst seviyelerinde grimsi renklerde ve kolay dağılılabilen özellikler göstermektedir.

Karataş Volkanitleri, inceleme alanında yapılan arazi gözlemlerinde lav ve piroklastik kısımların ayrı ayrı haritalanması mümkün olamamış, andezit ve bazalt şeklinde kaya türü ayrımı yapılmıştır. Ağmaşat Yaylası civarında, MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış sondajlara ait karot örneklerinde de piroklastik kayaçların hâkim olduğu ve yer yer masif lav özelliğinde arakatkıların kesildiği görülmüştür.

Ayrıca sahada, hidrotermal çözelti faaliyetleri nedeniyle ve yüzeysel koşullar etkisiyle gelişmiş alterasyonlar yaygın bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 2.6h). Makroskopik olarak; beyazımsı renkli kısımlar killi alterasyon zonları olarak tanımlanabilecek özellikte olup yer yer limonitik damarcıklar ve/veya çatlak dolguları içermektedirler. Kloritleşme, epidot ve pirit içeren altere kısımlar propilitik alterasyon olarak adlanabilecek özelliktedirler. Ayrıca çok ince damarcıklar silisleşmeler ve ve boşluk dolguları halinde zeolitleşmeler de makroskopik olarak izlenebilmektedirler.

Sondajlardan alınmış karot örneklerinde de ince damarcıklar halinde veya gaz boşluk dolguları halinde; kalsit, kuvars, jips, epidot ve zeolit oluşumları gözlenmiştir (Şekil 2.7).

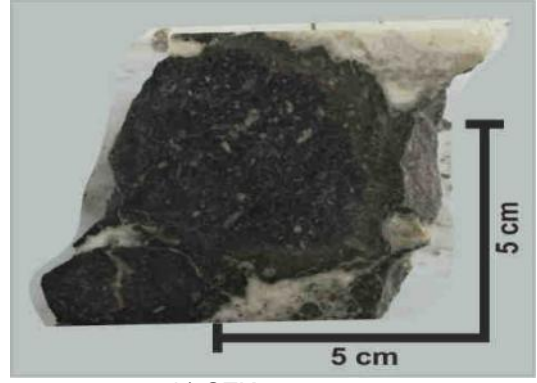
Bu alterasyonların mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ileriki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.



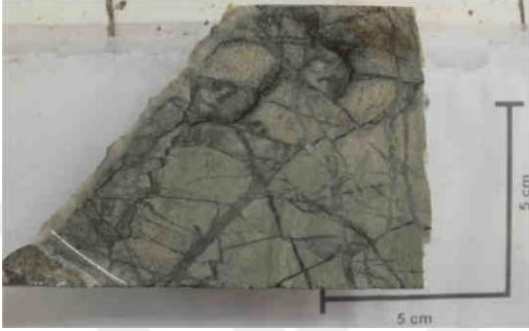
Şekil 2.6. Karataş Volkanitleri'nin değişik seviyelerinden saha görüntüleri; (a) Taban konglomeraları, (b) Filiş içinde volkanik arakatlılar (Aluclubel Köyü yolu), (c) Orta ve üst seviyelerde lav-piroklastik ardalanması (güneydoğuya bakış). (d) Andezitik bileşimli kesimlerin yakından görünümü, (e) Andezitlerde vesiküler dokulu kısımlar (f) Bazaltik bileşimli lav akıntısı, (g) Breşik proklastik seviye (h) Alterasyon geçirmiş kısımlardan görünüm.



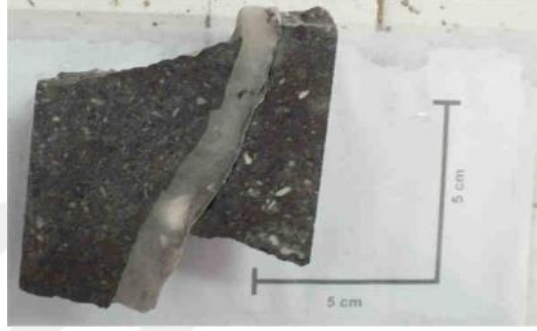
a) SZK-2, 99.m



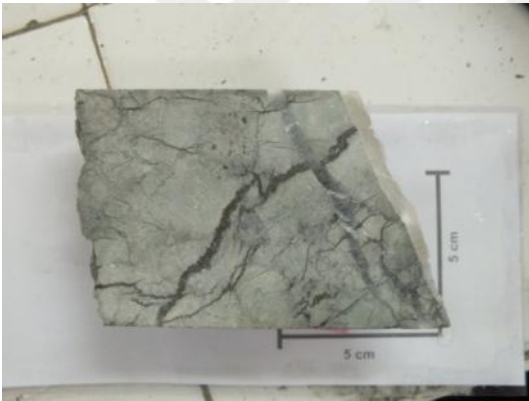
b) SZK-2, 182.m



c) SZK-2, 221.m



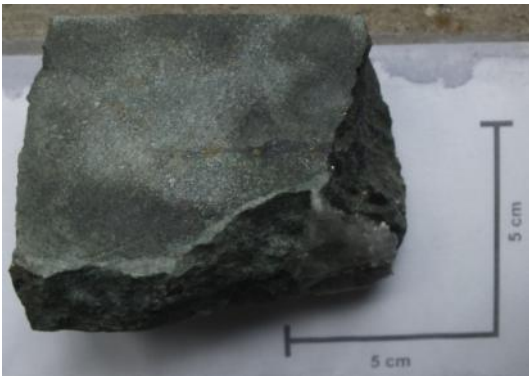
d) SZK-2, 230.m



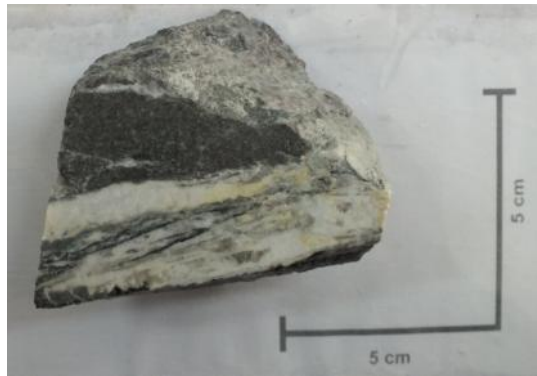
e) SZK-2, 242.m



f) SZK-2, 259.m



g) SZK-2, 271.m



h) SZK-2, 281.m

Şekil 2.7. Karataş Volkanitleri'nin SZK-2 nolu sondajda yüzyeyden derine doğru karotlarda gözlenen özellikleri



i) SZK-2, 290.m



j) SZK-2, 298.m



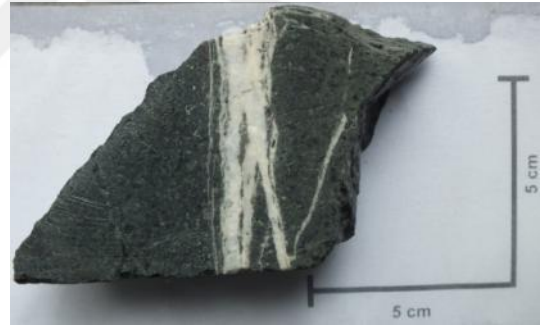
k) SZK-2, 306.m



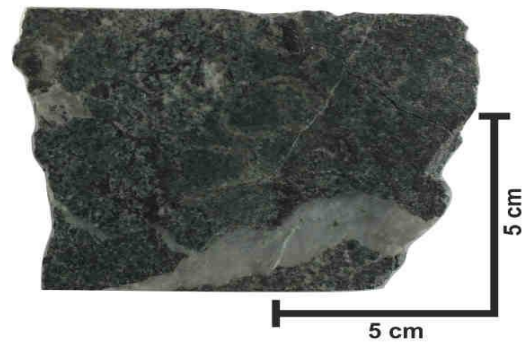
l) SZK-2, 327.m



m) SZK-2, 338.m



n) SZK-2, 342.m



o) SZK-2, 352.m

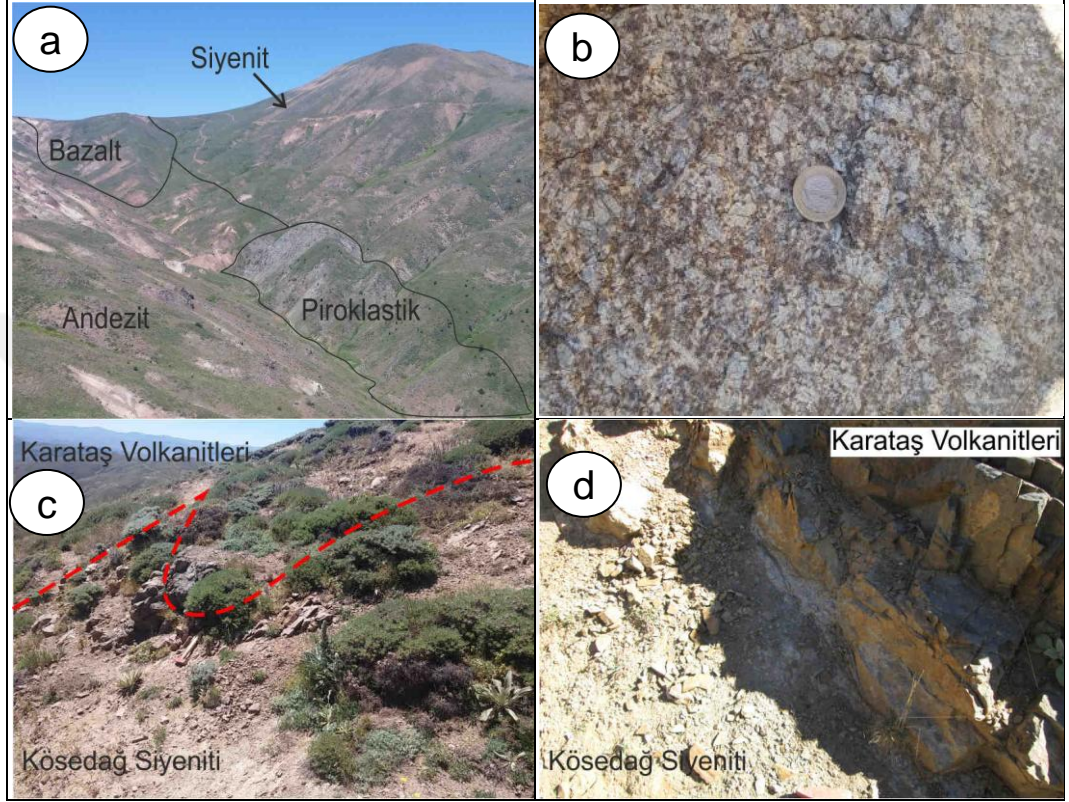


p) SZK-2, 356.m

Şekil 2.7 (devam ediyor)

2.2.3. Kösedag Siyeniti

İnceleme alanının doğu bölümünde yer alan birimin, taze yüzeyleri sarımsı pembemsi renkte olup altere olmuş bölümleri beyazımsı sarımsı renktedir. İri fenokristalli, sert ve tıkkız özelliklere sahip olması nedeniyle bölgenin en yüksek tepelerini oluşturmaktadır. Kösedag Siyeniti'nin, Karataş Volkanitlerini kestiğini kesimlerde pişme zonları gözlenmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. a) Kösedag Siyeniti arazi görünümü. (b) Fenokristalli makroskopik siyenit örneği, (c) Siyenit-volkanit dokunağı (d) Bazalt-siyenit sınırında gelişen pişme zonu.

2.4. Yapısal Jeoloji

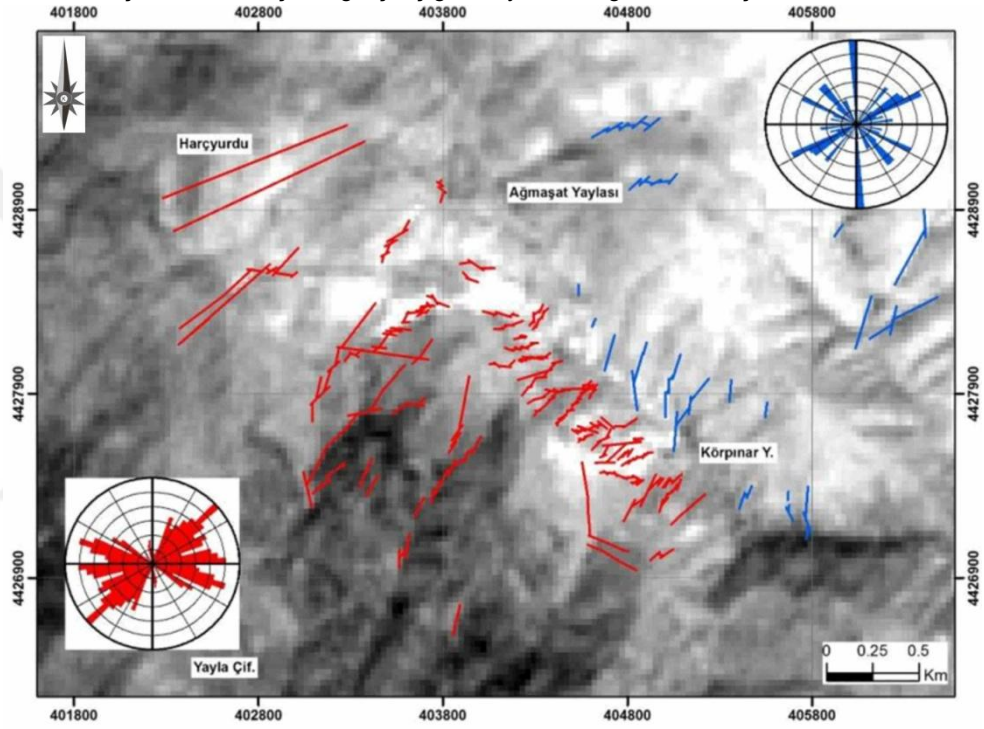
İnceleme alanı, bölgede Üst Kretase sonundan itibaren Neotetis kuzey kolunun (Sengör ve Yılmaz, 1981) ve Tersiyer başlarında İç Toros Okyanusunun kapanması (Parlak vd. 2013) sonrası gelişen çarpışma sonrası tektoniğin etkisinde kalmış olmalıdır. Üst Eosen' de siyenitin sokulumu ile ilişkili tektonizma ve Miyosen'den itibaren (Bozkurt, 2001) ise kuzeydeki Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun (KAFZ) doğrultu atım tektoniği çalışma alanını etkilemiştir. Görüldüğü gibi inceleme alanında değişik tektonik rejimler birbirini izlemiştir. Bu durum yöredeki tektonik unsurların anlamlandırılmasını güçleştirmektedir. Bu karmaşıklığa rağmen Boztuğ vd. (2006), Köseadağ ve çevresindeki KD-GB doğrultulu normal fayları Orta-Üst Eosen döneminde meydana gelmiş gerilme (açılma) tektoniği ile ilişkilendirmişlerdir. Başbüyük (2006) ise bu verileri destekleyen sonuçlar elde etmiş ve Suşehri-Zara ilçeleri arasında kalan Geminbeli mevkinde yer alan alterasyonları bu KD-GB doğrultulu faylarla ilişkilendirmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında volkanik kayalarda yaygın çatlak sistemlerinin geliştiği ve bu çatlakların FeOx minerallerince doldurulduğu gözlenmiştir (Şekil 2.9). Bu çatlaklara ait gül diyagramlarının hazırlanılması amacıyla saha çalışmaları sırasında ve uydu görüntüleri yardımıyla Karataş Volkanitleri' nde 330 ve Köseadağ Siyeniti' nde ise 79 adet çizgiselliğin azimut değerleri ölçülmüştür (Şekil 2.10). Karataş Volkanitlerinde KDD-GBB ve KBB-GDD doğrultulu iki sistem, Köseadağ Siyeniti' nde ise K-G, KD-GB ve KB-GD doğrultulu üç sistem belirlenmiştir.

Karataş Volkanitleri' nde ve Köseadağ Siyeniti' nde ki çatlak sistemleri K-G sisteminin dışında birbirine çok benzerdir. Bu durum, inceleme alanında Üst Eosen' de granit sokulumuyla ilişkili tektonik rejimin belirgin olduğunu ve daha önceki tektonik rejimlerin izlerinin silik olduğu ve gözlenemediğini göstermektedir. Köseadağ Siyeniti' nde cevherleşmeler daha çok KD-GB doğrultulu çizgisellikleri izlemektedirler. Boztuğ vd. (2006)' nin Köseadağ ve çevresindeki KD-GB doğrultulu normal faylarıyla paralel olmaları bu doğrultudaki çatlakların tansiyon çatlakları olarak yorumlanabilesine olanak vermektedir. Miyosen sonrasında KAFZ'nunu da kapsayan Neotektonik dönem unsurları ise cevherleşme sonrasında oluştukları için cevherli zonların konumlarını değiştiren bir etkiye sahiptirler.



Şekil 2.9. Karataş Volkanikleri içinde gelişmiş granitoyit tektoniğine benzer çatlak sistemleri.



Şekil 2.10. İnceleme alanında tespit edilen çizgisellikler ve çatlaklara ait doğrultu gül diyagramları (Kırmızı: Karataş Volkanitleri içinde gelişmiş olanlar, Mavi: Köseadağ Sieniti içinde gelişmiş olanlar).

3. KARATAŞ VOLKANİTLERİNİN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

3.1. Ön Bilgi

Karataş Volkanitleri'nin mineralojik-petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla, yüzeyden ve sondaj karotlarından alınmış örnekleri temsil edecek şekilde 120 adet örneğin incekesitleri hazırlanmış ve alttan aydınlatmalı polarizan mikroskoplar ile incelenmişlerdir. Bozunmamış ve/veya az bozunmuş örnekler kayaç adlamalarını yapmak amacıyla, bozunma gösteren örnekler ise alterasyon türlerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır (EK Çizelge 1). Kayaç adlamalarında, fenokristallerin bollukları dikkate alınarak Streckeisen (1976, 1979) tarafından geliştirilmiş üçgen diyagramları kullanılmıştır.

Karataş Volkanitleri'nin bileşimini, magmatik evrimini, kökenini ve oluştukları jeotektonik ortamı belirleyebilmek için toplanmış örnekler arasından seçilmiş 24 adet temsili örneğin ana, iz ve nadir toprak element içerikleri analiz edilmiş olup sonuçlar Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3'te görülmektedir.

3.2. Petrografik Özellikleri

Genel jeoloji bölümünde belirtildiği gibi makroskopik olarak Karataş Volkanitleri; andezitik, bazaltik ve trakiandezitik lav ve piroklastik ardalanmasından oluşmaktadır. Makroskopik olarak bazaltik seviyeler siyaha yakın koyu renkleri ile, andezitik seviyeler grimsi renk tonları ile trakiandezitik seviyeler ise morumsu ve koyu kahverengimsi renkleri ile ayırt edilebilmektedirler. Ardalanma içinde andezitik kısımlar daha yaygındır. Kullanılan ölçek düzeyinde bu ardalanma içinde belirtilen kayaç türlerinin ayrılarak haritalanması pek mümkün olamamış, yalnızca Mezar Tepe üzerinde biraz kalın ve kısmen geniş olarak yüzeylemiş bazalt seviyesi ve Maden Deresi içinde bir piroklastik seviye haritalanabilmiştir.

Mikroskopik incelemeler sırasında, bazaltik ve andezitik kısımlardan alınan örnekler arasında önemli bir farklılık bulunmadığı gözlenmiş olup bazalt ve andezit ayırımında; polisentetik ikizli plajiyoklaz fenokristallerinde zor da olsa ölçülebilen sönme açısı değerlerinden ve koyu renkli mineral içeriklerinden yararlanılmıştır. Anortit içeriği yüksek plajiyoklaz fenokristalleri ile olivin ve piroksen içeren örnekler bazalt olarak, anortit içeriği düşük plajiyoklaz fenokristalleri ile piroksen yanısıra amfibol ve az miktarda da olsa biyotit içeren, olivin içermeyen, örnekler ise andezit olarak adlanmıştır.

Bazaltik kısımlardan alınmış örneklerde; plajiyoklaz fenokristalleri yanı sıra olivin, piroksen ve az miktarlarda hornblend fenokristalleri gözlenmiştir. Andezitik kısımlardan alınmış örneklerde ise plajiyoklaz fenokristalleri yanı sıra amfibol, piroksen ve biyotit fenokristalleri belirlenmiştir. Sanidin içeren az sayıdaki örnekler ise trakit ve trakiandezit olarak adlanmıştır. Kuvars fenokristalleri andezitik örneklerde çok ender olarak gözlenmiştir. Ayrıca, altere örneklerde; klorit, epidot, serisit, kil mineraleri gibi dönüşüm mineralleri ile kılcal damarlar ve boşluk dolguları halinde kuvars, kalsit, jips ve zeolit oluşumları belirlenmiştir. Matrikste ise

plajiyoklaz mikrolitleri, ileri derecede kloritleşmiş mafik mineral mikrolitleri ve volkanik cam gözlenmiştir.

Bazaltik seviyelerden alınan örneklerde; hipokristalin porfirik doku hakim olup genel olarak polisentetik ikizlenme, zonlanma ve elek dokusu gösteren plajiyoklaz fenokristalleri ve mikrolitler gözlenmiştir (Şekil 3.1a-b). Ağsı dokulu ve genellikle bozunma gösteren olivin kristallerine, genellikle yarı özşekilli piroksenler eşlik etmektedir (Şekil 3.1b-c). Ayrıca altere olmuş bölümler; klorit, epidot, serizit ve opak mineraller içermektedir.

Andezit bileşimli kısımlardan alınmış örnekler; holokristalin ve hipokristalin porfirik dokuya sahip olup plajiyoklaz fenokristalleri ve mikrolitleri ile hornblend, piroksen ve biyotit içermektedir (Şekil 3.2a-b). Ayrıca plajiyoklaz fenokristallerinin boyutları 3 cm'ye kadar ulaşmaktadır. Altere olmuş kesimlerdeki örneklerde serizit, kaolinit, jips, klorit, kuvars ve opak mineralleri içermektedir.

Trakit tanımlaması yapılan örneklerin sayısı oldukça az olup inceleme alanında küçük bir alanı oluşturmaktadır. Holokristalin porfirik dokuya sahip olup plajiyoklaz ve sanidin fenokristalleri ve mikrolitleri içermektedir (Şekil 3.2b-c).

Piroklastik kayaçların petrografik incelemelerinde, hamur içerisinde volkanik kayaç parçacıkları, volkan camı, plajiyoklaz fenokristalleri ve mikrolitlerinin yanısıra bol miktarda opak mineraller gözlenmiştir (Şekil 3.3a-b).

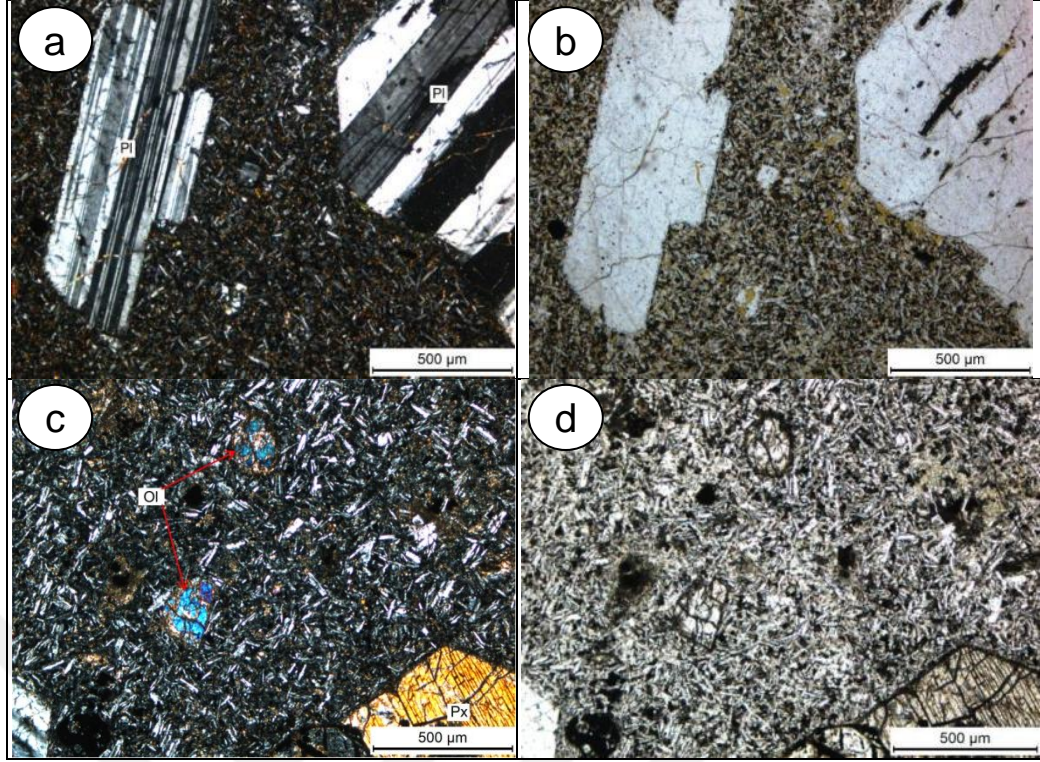
Kayaç türlerinde gözlenen plajiyoklazlar, renksiz olup genellikle çubuğumsu prizmatik şekilli birbirine paralel lamellar halinde polisentetik ikizlenme göstermekte olup mikrolit ve fenokristaller halinde gözlenmiştir. Alterasyonlardan etkilenen plajiyoklazlarda karbonatlaşma ve serizitleşme hâkimdir.

Olivinler, mikrolit ve fenokristaller şeklinde olup yüksek optik engebeli, bol çatlaklı ve renksiz gözlenmiştir. Örneklere ait kesitlerde gözlenen olivinlerin bazılarında çevresinde ya da bünyesindeki çatlaklarda demir kusması olarak adlandırılan iddingsitleşme türü bozunmalar tespit edilmiştir.

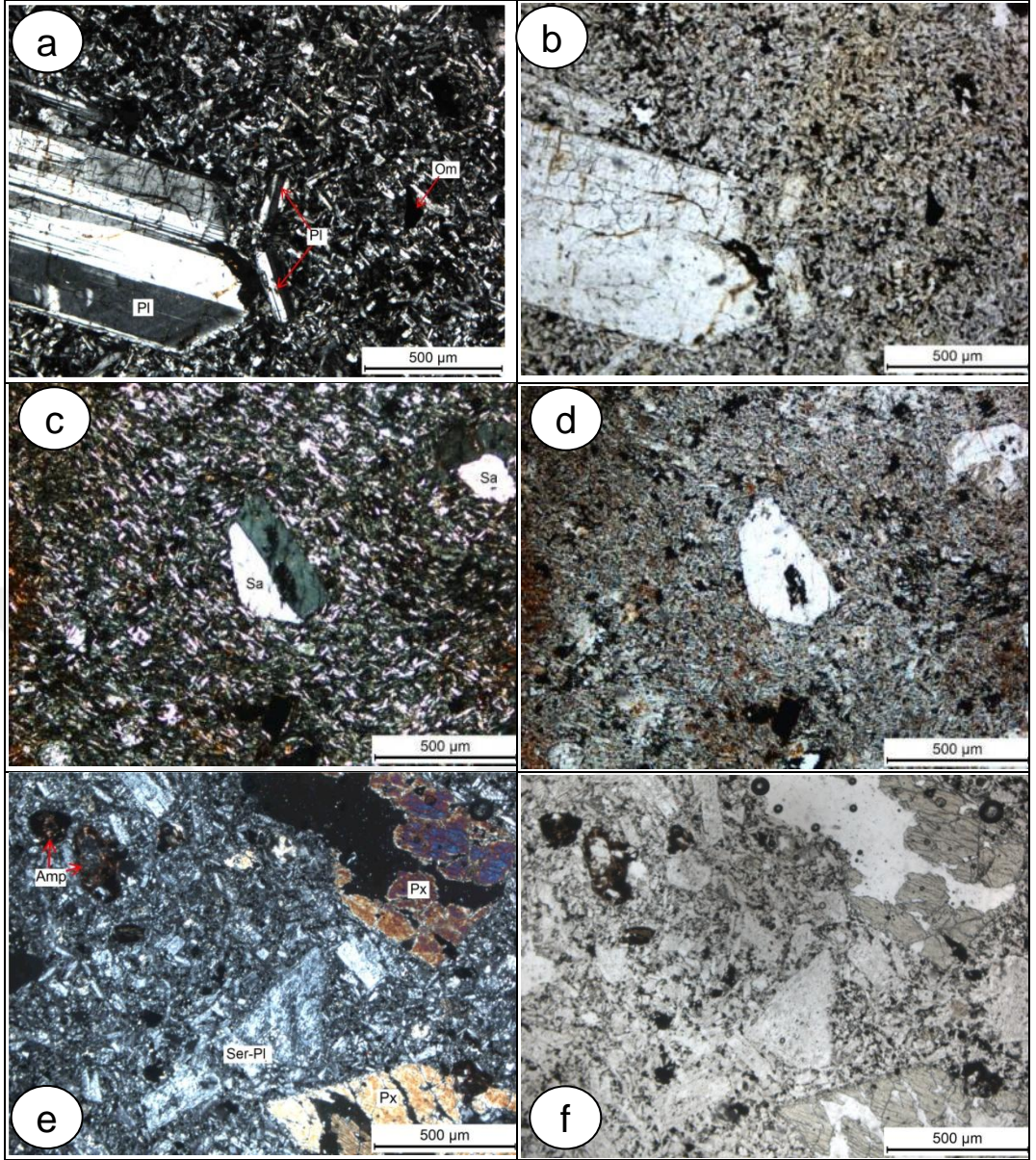
Piroksenler, grimsi yeşil renkli ve tek yönlü dilinimler şeklinde olup genellikle fenokristaller halinde gözlenmiştir.

Amfiboller, çoğunlukla piroklastik bileşimli kayaçlarda tespit edilmiş olup kahverengi renkli ve tek yönlü dilinime sahiptirler.

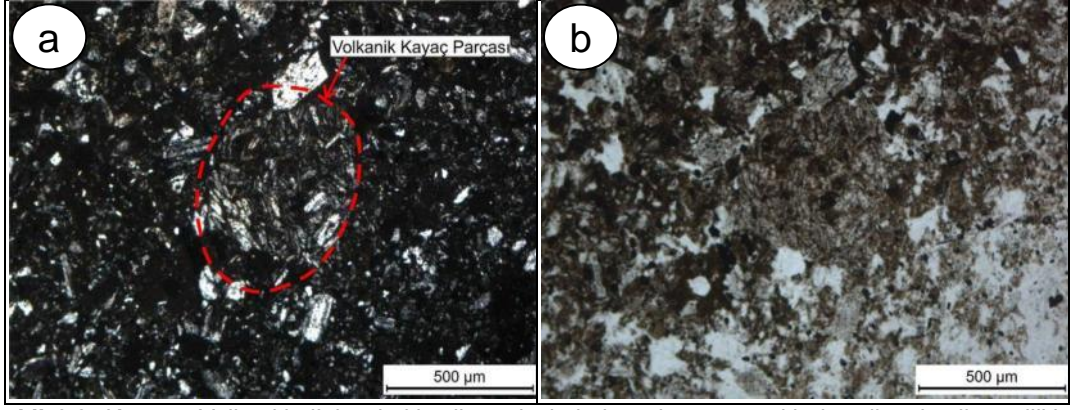
Ayrıca plajiyoklaz kristallerinde magma etkileşimine işaret eden kenar dönüşümleri ve magma karışımına işaret eden iri plajiyoklaz kristalleri içinde farklı konumlu küçük plajiyoklaz kristalleri gözlenmiştir (Şekil 3.4).



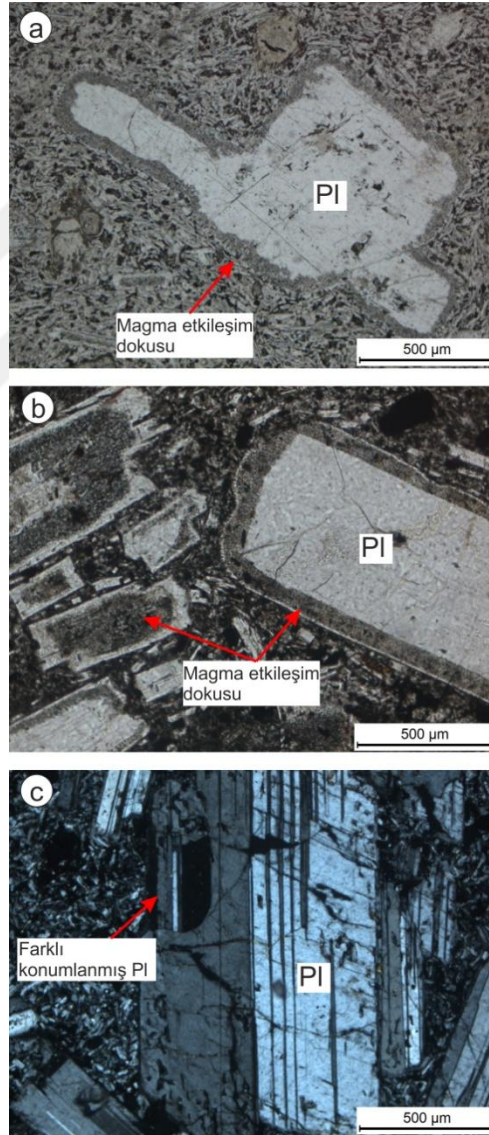
Şekil 3.1. Karataş Volkanitlerinin bazaltik seviyelerinden alınmış örneklerin mikroskopik özellikleri (a ve b) Plajiyoklaz fenokristal ve mikrolitleri içeren bazalt (Örnek No: OK-205a, a: ÇN, B: TN). (c ve d) Bazalt içerisinde olivin ve piroksen kristalleri (Örnek No: OK-108, c: ÇN, d: TN),(PI= Plajiyoklaz, Px= Piroksen, Ol= Olivin).



Şekil 3.2. Karataş Volkanitlerinin andezitik ve trakitik seviyelerinden alınmış örneklerin mikroskopik özellikleri: a ve b; andezitik bileşimli kayada plajiyoklaz fenokristalleri ve mikrolitleri (Örnek No: OK-35, a: ÇN, b: TN), c ve d; trakit bileşimli kesimlerde sanidin fenokristali ile sanidin ve plajiyoklaz mikrolitleri (Örnek No: OK-7, c: ÇN d: TN). e ve f; Andezitik bileşimli kayada amfibol ve piroksen fenokristalleri (Örnek No: OS-201, e: ÇN f: TN). Pl= Plajiyoklaz, Sa= Sanidin, Om= Opak mineral, Amp= Amfibol, Px= Piroksen, Ser-Pl= Serizitlemiş Plajiyoklaz)



Şekil 3.3. Karataş Volkanitleri'nin piroklastik seviyelerinden alınmış örneklerin mikroskopik özellikleri (Örnek no: OK-237b, a: ÇN ve b: TN).



Şekil 3.4. (a ve b) Karataş volkanitlerinde plajiyoklaz fenokristallerinde gözlenen magma etkileşimi dokuları (Örnek No:Ok-109 / Ok-247 , TN) (c) Plajiyoklaz fenokristali içerisinde gözlenen farklı yönlerde konumlanmış plajiyoklaz kristalleri (Örnek No: Ok-35, ÇN).

3.2. Jeokimyasal Özellikleri

3.2.1. Jeokimyasal Sınıflandırma

İnceleme alanında Karataş Volkanitlerin' den toplanan örnekler, saha çalışmaları sırasında makroskopik olarak; andezit, bazalt ve trakiandezit olarak ayırtlanmış, mikroskopik incelemeler sonucunda da benzer adlamalar yapılmıştır. Bu bölümde örnekler, trakitik, andezitik ve bazaltik bileşimli olmak üzere üç grup halinde değerlendirilmiştir.

Bozunmamış ve/veya az bozunmuş oldukları petrografik incelemelerde belirlenen örneklerin kimyasal analiz sonuçları, LeMaitre vd. (1989) tarafından önerilmiş silis - alkali diyagramında değerlendirildiğinde; örneklerin bazaltik trakiandezit, trakiandezit ve trakit alanlarında konumlandıkları görülmüştür (Şekil 3.5). Aynı diyagram üzerinde, kayaçların jeokimyasal karakterlerini belirlemek amaçlı çizilmiş eğriye (Irvine ve Baragar, 1971) göre, kayaçların çoğunlukla alkali karaktere sahip oldukları, 4 adet örneğin ise yarı alkali alan içinde konumlandıkları görülmüştür.

Örneklerin çoğunluğunun alkali karaktere ait alana düşmeleri nedeniyle, K_2O ve Na_2O değerlerinin alterasyon nedeniyle zenginleşmiş olma olasılığı dikkate alınarak; hareketlilikleri düşük olan Nb, Zr, Ti ve Y gibi (Barrett ve MacLean 1991; Huston 1993) elementlerin kullanıldığı ve Winchester ve Floyd (1977) tarafından geliştirilmiş Nb/Y- Zr/TiO₂ sınıflama diyagramı hazırlanmış olup örneklerin genellikle andezit alanında kısmen ise andezit-bazalt ve riyodasit alanlarında konumlandığı görülmüştür (Şekil 3.6).

Karataş Volkanitleri'ne ait analiz sonuçları, jeokimyasal karakterleri ve kayaç sınıflandırmasının bir arada bulunduğu oksitler ve elementlerle hazırlanmış LeMaitre vd. (1989) ve Hastie vd. (2007) tarafından önerilen diyagramlarda da değerlendirilmiştir. LeMaitre vd. (1989) tarafından önerilen SiO₂-K₂O ikili diyagramına göre; andezit grubu örnekler; bazalt, bazaltik andezit ve andezit alanlarına düşmekte olup bazalt grubuna ait örnekler ise; bazaltik andezit alanına düşmektedir (Şekil 3.7). Ayrıca örneklerin tamamı yüksek- K alanına düşmektedir. Hastie vd. (2007) tarafından önerilen Co-Th ikili diyagramında; andezit grubuna ait örnekler, bazaltik andezit / andezit ve dasit/riyolit/latit/trakit alanlarına düşmekte olup kalk-alkalin ve yüksek K'lu / şoşonitik karakter; bazalt grubuna ait örnekler ise, bazalt ve bazaltik andezit / andezit alanlarına düşmekte olup yüksek-K'lu / şoşonitik karakter göstermektedir (Şekil 3.8).

Çizelge 3.1. Karataş Volkanitleri'ni oluşturan kayaç örneklerinin ana element analiz sonuçları (%ağırlık).

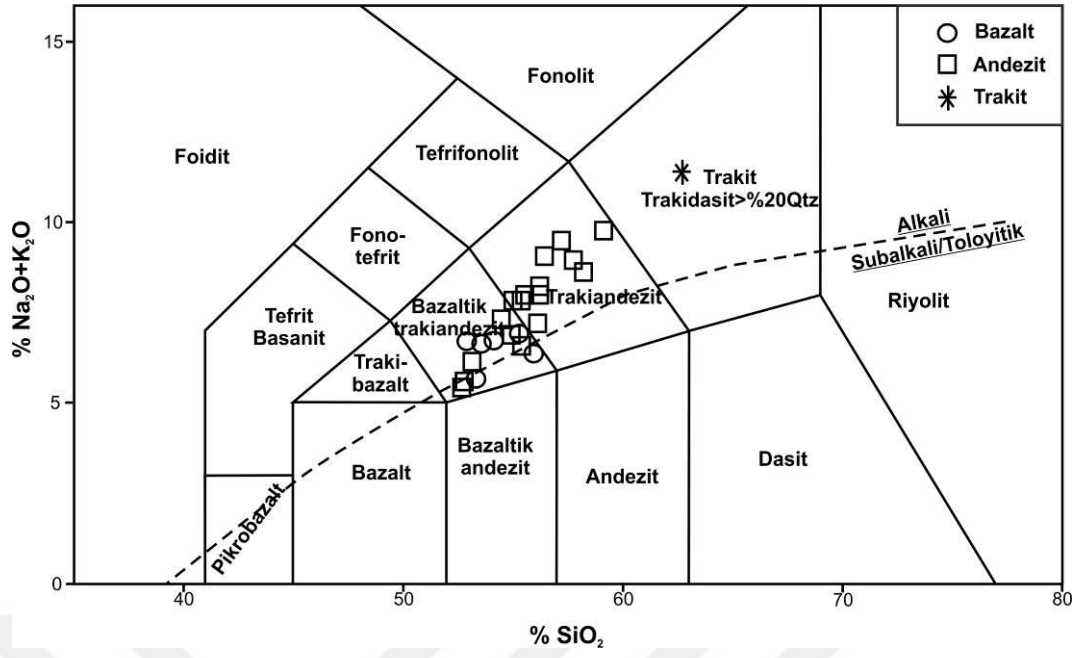
Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Ateşte Kayıp	Toplam
Ok-109	52.4	15.9	7.9	7.4	5.1	3.1	3.2	0.1	0.8	0.3	3.2	99.4
Ok-114	51.2	17.2	8.5	7.8	4.2	3.2	2.7	0.1	0.9	0.3	3.0	99.7
Ok-120	53.7	19.3	6.7	6.9	2.7	3.5	2.8	0.1	0.7	0.4	2.5	100.4
Ok-124	52.6	17.6	8.7	9.0	4.6	3.3	2.0	0.1	0.8	0.2	1.0	99.9
Ok-193	52.8	17.7	8.9	7.5	3.4	3.5	3.0	0.1	0.8	0.4	1.4	99.9
Ok-205A	54.6	18.9	6.0	7.8	2.8	3.4	2.9	0.1	0.7	0.4	2.0	100.1
Ok-206A	52.5	17.3	9.5	7.4	4.9	3.1	2.4	0.1	0.8	0.3	1.5	99.7
Ok-210	54.3	19.0	7.5	6.2	2.6	3.7	2.9	0.2	0.7	0.4	1.7	100.5
Ok-215B	52.3	17.8	9.1	6.4	4.7	4.3	2.2	0.1	0.8	0.3	2.0	100.2
Ok-247	51.8	18.1	8.8	7.9	4.3	3.3	2.0	0.1	0.8	0.2	2.5	100.3
Ok-248	53.0	16.9	8.5	6.1	4.3	4.1	2.9	0.1	0.8	0.3	3.0	99.9
Ok-255C	54.6	19.0	6.9	7.7	3.0	3.8	3.0	0.1	0.8	0.4	0.3	99.3
Ok-35	54.0	19.3	5.3	6.8	1.5	4.0	3.8	0.1	0.7	0.4	3.1	99.5
Ok-57	58.1	18.6	6.9	2.9	0.6	4.0	5.6	0.2	0.8	0.4	1.1	99.4
Ok-58	57.3	20.6	5.7	4.4	0.1	4.2	4.2	0.1	0.7	0.5	1.1	99.7
Ok-84	54.5	18.7	9.9	6.0	1.1	3.9	3.7	0.0	0.7	0.4	0.5	98.6
Ok-99	55.5	17.7	5.5	5.0	2.0	3.9	4.5	0.0	0.7	0.4	2.9	99.8
Ok-131A	54.2	19.5	6.4	7.3	1.5	3.9	3.7	0.1	0.7	0.4	1.8	99.6
Ok-141	55.5	19.4	8.0	5.6	1.1	4.0	3.8	0.0	0.7	0.4	0.8	99.8
Ok-222	54.6	19.9	6.7	6.4	2.4	4.0	3.6	0.0	0.7	0.4	0.7	100.0
Ok-223	54.7	18.9	6.6	5.7	3.0	3.6	3.3	0.2	0.7	0.4	2.5	99.7
Ok-244	54.7	19.5	5.7	5.6	1.34	4.07	4.6	0.0	0.6	0.4	2.8	100.4
Ok-253	56.6	20.4	6.0	4.5	1.17	4.39	4.8	0.0	0.7	0.5	1.0	99.6
Ok-7	61.8	16.6	6.3	1.3	0.20	4.13	7.0	0.2	0.7	0.2	0.9	100.3

Çizelge 3.2. Karataş Volkanitleri'ni oluşturan kayaç örneklerinin eser element analiz sonuçları (ppm, *=ppb).

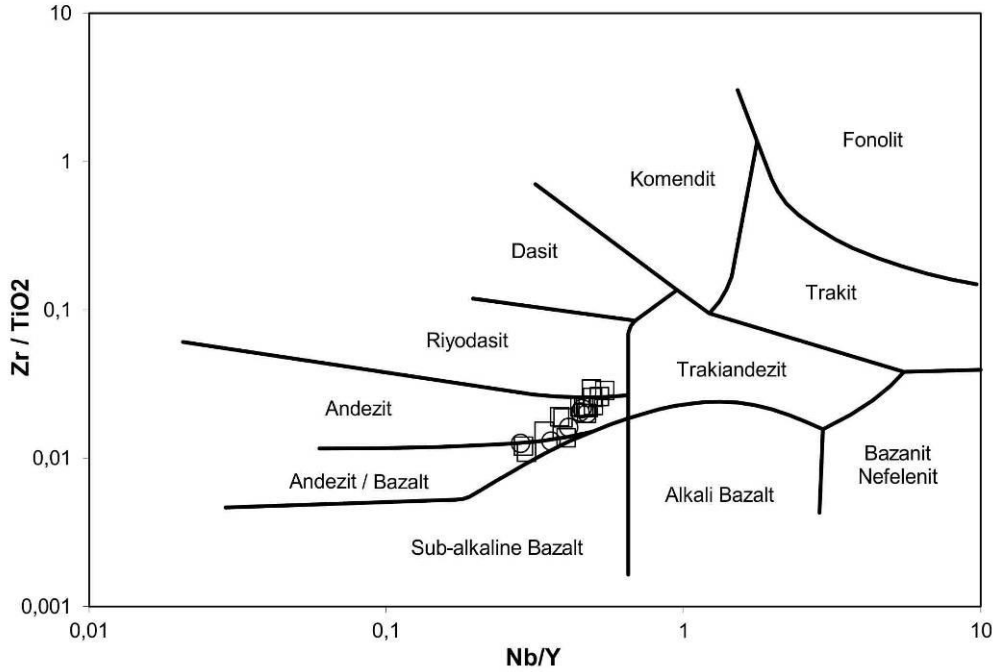
Örnek No	Ba	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Th	U	V	Zr	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	As	Sb	Hg	Au*
Ok-109	510	26.1	1.4	12.3	4.3	10.3	83.2	529.2	10.4	3.4	203	172.7	129.0	3.3	92	2.2	58.8	35.6	0.1	0.05	1.2
Ok-114	558	24.3	0.7	14.2	3.6	8.5	55.3	591.8	6.5	2.4	256	133.2	205.4	9.0	85	1.7	16.3	5.7	0.1	0.03	2.7
Ok-120	766	15.5	0.5	15.5	3.9	10.0	54.3	742.2	8.7	3.2	158	154.3	238.9	5.3	73	1.9	11.1	3.5	0.2	0.04	1.9
Ok-124	516	23.8	0.6	14.0	2.8	5.5	46.8	645.7	5.0	1.7	255	98.8	66.3	2.7	52	1.7	15.4	1.4	0.2	0.04	<0.5
Ok-193	608	21.4	0.6	15.7	3.7	9.2	74.0	708.8	7.7	3.2	236	143.5	140.0	8.6	50	4.7	10.6	8.7	0.4	0.02	7.4
Ok-205A	765	18.1	0.3	15.7	3.7	9.9	53.9	775.6	8.8	3.3	167	156.4	22.7	3.3	58	1.7	12.5	14.2	0.3	0.02	2.9
Ok-206A	1377	27.1	0.8	14.8	2.7	5.8	45.6	635.8	5.4	2.2	260	105.7	122.9	1.6	20	1.5	12.5	5.5	1.2	0.02	1.2
Ok-210	691	36.6	0.9	16.0	3.8	9.6	76.5	752.2	9.2	3.2	171	157.5	19.3	2.8	38	2.2	17.0	4.3	<0.1	0.01	0.8
Ok-215B	627	27.9	4.4	15.1	2.8	6.7	49.7	565.7	6.4	2.5	251	110.7	177.1	5.3	39	1.9	12.0	33.9	1.2	0.02	2.2
Ok-247	526	26.4	0.8	14.4	2.4	4.8	42.0	627.4	4.5	1.9	277	87.7	228.0	4.4	30	1.7	10.7	5.6	0.1	0.02	1.4
Ok-248	609	24.3	2.1	15.7	3.3	7.2	66.9	556.5	6.7	2.3	235	127.7	235.8	2.1	19	1.6	14.2	18.2	0.3	0.01	1.5
Ok-255C	715	18.2	0.8	17.6	3.5	9.9	81.5	767.6	8.3	3.0	194	146.4	262.9	2.0	54	2.3	9.7	6.3	0.6	0.03	2.6
Ok-35	705	12.8	0.9	15.3	4.0	10.3	99.3	762.3	9.3	3.7	169	162.9	11.1	4.1	34	2.2	8.9	4.0	0.3	0.01	3.9
Ok-57	826	13.2	1.5	14.9	5.8	14.9	138.3	390.7	13.8	5.3	137	234.1	11.3	5.0	67	1.8	8.7	7.6	1.1	0.06	0.7
Ok-58	911	9.1	1.2	15.9	4.3	10.2	113.3	648.5	9.4	3.6	177	171.0	123.8	5.6	69	1.8	7.4	15.2	0.3	0.01	1.6
Ok-84	666	9.2	0.6	14.4	3.9	9.8	96.7	733.7	9.3	3.3	172	160.1	52.5	7.6	59	3.6	5.5	29.1	0.9	0.04	2.6
Ok-99	704	12.2	1.2	13.9	5.6	13.2	127.0	523.2	13.1	5.2	146	217.4	19.2	5.2	150	3.1	6.4	9.0	1.8	0.04	2.8
Ok-131A	692	10.1	0.8	15.9	3.9	9.6	97.5	784.5	9.1	3.7	160	158.3	25.5	4.8	56	3.8	7.5	8.6	0.3	0.02	5.8
Ok-141	793	10.0	1.2	15.1	4.0	9.9	102.7	743.9	9.3	3.7	173	162.3	14.0	9.6	55	2.2	6.7	18.0	0.2	0.03	5.8
Ok-222	734	15.1	1.7	15.9	3.6	8.3	91.3	859.3	7.6	3.0	218	140.2	43.2	7.2	104	2.3	14.6	7.1	0.2	<0.01	2.0
Ok-223	1013	16.1	1.7	15.4	3.4	8.2	82.4	774.9	7.5	4.0	242	134.9	733.8	4.2	38	1.9	9.9	6.0	0.3	0.04	1.1
Ok-244	600	12.0	2.0	15.4	4.1	11.1	112.9	673.5	9.0	2.7	104	174.3	55.8	2.9	64	1.3	4.8	6.4	0.8	0.03	<0.5
Ok-253	780	8.5	3.2	18.7	4.7	12.7	131.0	742.9	10.3	3.3	173	197.8	224.0	4.3	44	1.8	3.8	6.1	0.1	0.03	5.2
Ok-7	977	12.5	2.6	17.3	7.9	21.4	203.3	156.0	20.0	7.7	109	331.9	62.5	11.4	74	4.9	4.5	11.8	0.1	0.01	3.6

Çizelge 3.3. Karataş Volkanitleri'ni oluşturan kayalık örneklerinin nadir toprak element analiz sonuçları (ppm).

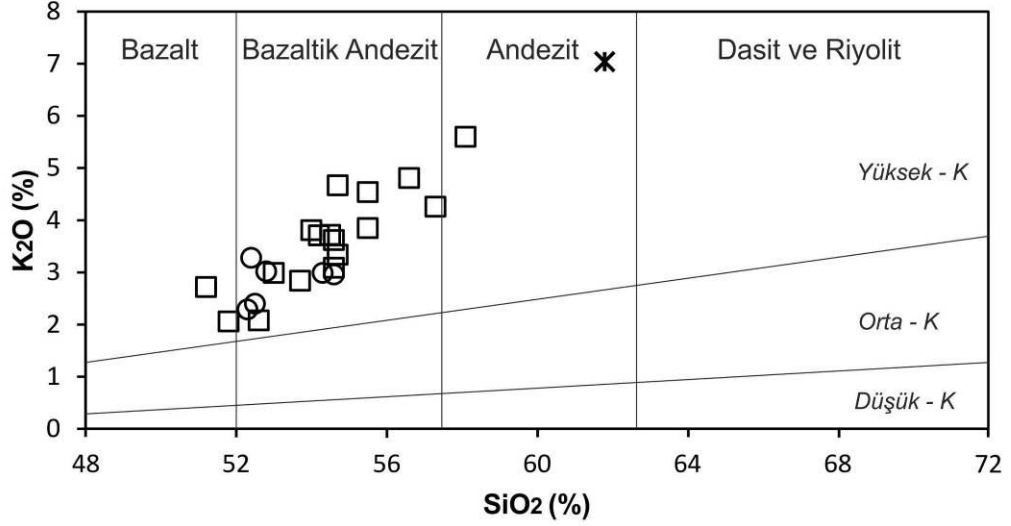
Örnek No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ok-109	25.0	47.4	5.57	22.5	4.71	1.18	4.48	0.66	3.76	0.84	2.54	0.37	2.46	0.37
Ok-114	23.0	45.1	5.19	21.4	4.69	1.22	4.28	0.63	3.69	0.76	2.36	0.32	2.24	0.34
Ok-120	27.3	52.8	5.83	23.3	4.47	1.27	4.24	0.63	3.49	0.77	2.33	0.33	2.14	0.36
Ok-124	18.1	35.0	4.08	17.6	3.57	1.07	3.72	0.58	3.38	0.72	2.08	0.30	1.81	0.31
Ok-193	24.6	48.9	5.56	21.5	4.69	1.31	4.72	0.69	3.91	0.84	2.45	0.35	2.42	0.37
Ok-205A	27.2	52.9	5.96	24.2	4.58	1.29	4.50	0.68	3.87	0.79	2.33	0.32	2.19	0.34
Ok-206A	19.9	36.2	4.47	18.7	4.21	1.18	4.20	0.61	3.58	0.74	2.17	0.31	2.06	0.31
Ok-210	28.1	53.3	6.08	25.4	4.94	1.30	4.59	0.67	3.77	0.71	2.41	0.33	2.21	0.35
Ok-215B	21.1	39.3	4.62	19.4	4.00	1.14	3.90	0.59	3.48	0.73	2.11	0.29	1.96	0.28
Ok-247	16.4	31.4	3.62	15.0	3.22	1.03	3.41	0.51	2.95	0.62	1.80	0.24	1.74	0.28
Ok-248	20.9	41.0	4.69	19.3	3.97	1.15	4.18	0.63	3.84	0.77	2.30	0.32	2.14	0.34
Ok-255C	26.8	53.1	5.89	23.6	4.58	1.31	4.38	0.65	3.65	0.77	2.34	0.36	2.32	0.35
Ok-35	27.2	52.7	5.90	23.0	4.72	1.26	4.33	0.63	3.73	0.76	2.32	0.35	2.24	0.35
Ok-57	37.6	67.9	7.76	31.0	6.10	1.47	5.60	0.82	4.89	1.07	3.01	0.46	3.01	0.46
Ok-58	29.8	53.2	6.41	26.1	4.90	1.40	4.65	0.70	3.98	0.77	2.59	0.33	2.30	0.37
Ok-84	26.3	50.7	5.73	21.7	4.49	1.22	4.19	0.65	3.77	0.77	2.41	0.34	2.40	0.36
Ok-99	33.4	62.6	7.03	28.0	5.56	1.27	4.85	0.72	4.22	0.89	2.73	0.42	2.63	0.46
Ok-131A	26.9	50.9	5.84	23.9	4.49	1.23	4.22	0.64	3.49	0.76	2.32	0.32	2.20	0.36
Ok-141	27.3	52.8	6.03	23.5	4.79	1.30	4.30	0.65	3.81	0.79	2.27	0.34	2.26	0.35
Ok-222	27.4	49.4	5.76	22.9	4.74	1.35	4.36	0.64	4.00	0.74	2.29	0.32	2.20	0.34
Ok-223	25.2	47.6	5.50	22.0	4.46	1.27	4.18	0.61	3.65	0.67	2.18	0.30	1.98	0.32
Ok-244	28.6	55.0	6.07	24.5	4.37	1.21	4.19	0.63	3.69	0.77	2.29	0.35	2.35	0.37
Ok-253	36.0	63.6	7.28	27.8	5.22	1.40	5.00	0.74	4.40	0.94	2.82	0.41	2.64	0.44
Ok-7	40.9	75.6	8.18	30.6	5.97	1.17	5.45	0.84	5.05	1.09	3.40	0.52	3.53	0.56



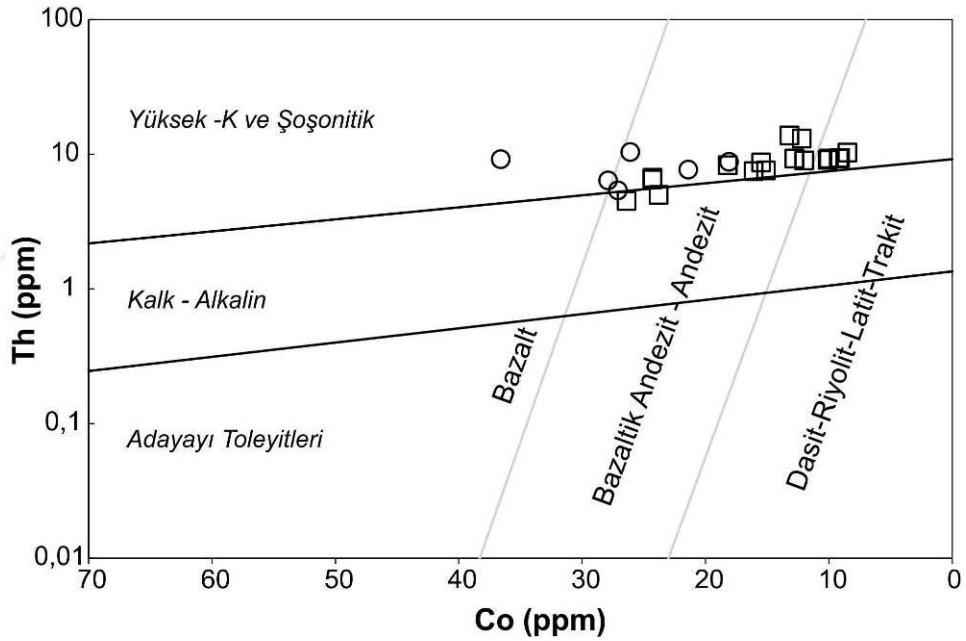
Şekil 3.5. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin SiO_2 - $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ jeokimyasal adlandırma diyagramı (LeMaitre vd., 1989) üzerindeki konumları (Alkali – yarı alkali ayırım çizgisi; Irvine ve Baragar (1971' dan) alınmıştır).



Şekil 3.6. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Nb/Y - Zr/TiO_2 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) üzerindeki konumları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir)



Şekil 3.7. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin SiO₂ - K₂O diyagramı (Le Maitre vd., 2002) (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir)



Şekil 3.8. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Co-Th diyagramı (Hastie vd., 2007) üzerindeki konumları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir)

Karataş volkanitlerinden alınmış örneklerin yukarıda irdelenmiş diyagramlar üzerindeki konumları; genellikle bazaltik andezit bileşiminde olduklarını, az sayıda örneklerin ise bazalt ve riyodasit / dasit-riyolit-latit-trakit alanlarına düştüklerini göstermekte olup jeokimyasal olarak “alkali karakteri yüksek bazaltik andezit” adlamasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

3.2.2. Magmanın kristallenmesi, kökeni ve evrimi

3.2.2.1. Ön Bilgi

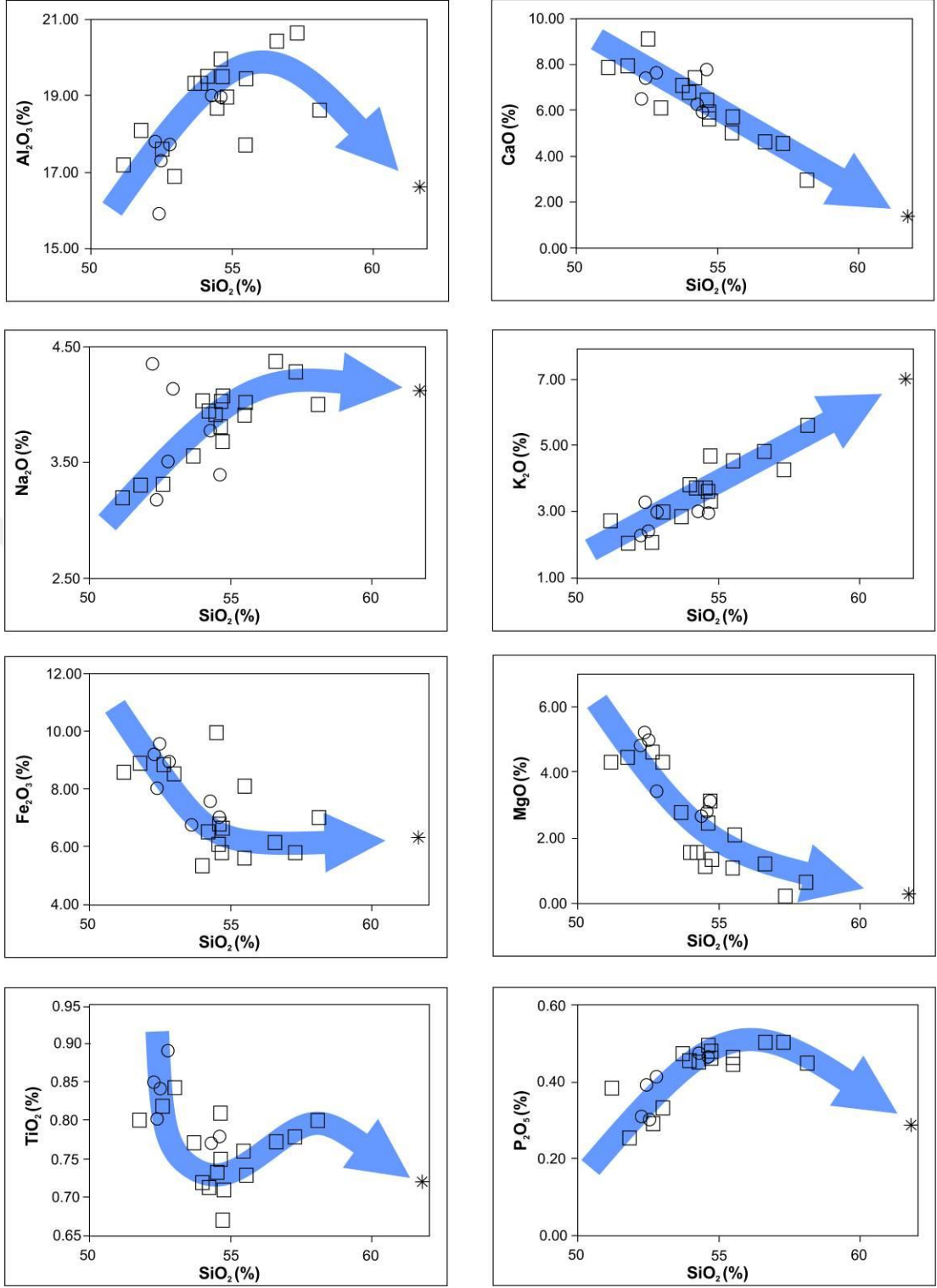
Magmatik kayaçların bileşimini; erimeye uğramış köken malzemenin bileşimi ve eriyen miktarı (erime oranı) ile kristallenme süreci ve diğer malzemelerle olan etkileşimi gibi karmaşık olaylar belirlemektedir. Kayaçlardan alınmış temsili örneklerin ana element oksit, iz ve nadir toprak element içerikleri, birbirleri ile ilişkileri ve kökenleri ve oluşum ortamları bilinen diğer malzemelerle olan benzerlikleri incelenerek köken ve oluşum ortamları belirlenmeye çalışılmaktadır.

3.2.2.2. Ana element oksit, iz element ve nadir toprak elementleri değerlerinin dağılım ilişkileri

Normal koşullar altında fraksiyonel kristallenme sürecinde; eriyikten ilk ayrılan mineraller olivin, kalsiyumca zengin plajiyoklaz (Ca-Plajiyoklaz) ve opak mineraller olacağından eriyik ilk olarak bu minerallerin bünyesine giren MgO, Fe₂O₃, CaO ve TiO₂ bakımından fakirleşecektir. Kristallenme ilerledikçe kristal oluşum sırasında olan amfibol oluşumuna bağlı olarak eriyik MnO ve P₂O₅ açısından da fakirleşmeye başlayacaktır. Kristallenmenin ilerlemesi ile eriyik SiO₂, Na₂O, K₂O ve Al₂O₃ bakımından zenginleşecek ve kristallenmenin son aşamalarına doğru sodyumca zengin plajiyoklazların (Na-plajiyoklaz), alkali feldispatların, mika minerallerinin ve kuvarsın kristallenmesi ile kristallenmesi ile kristallenme son bulacaktır. Dolayısıyla olağan fraksiyonel kristallenme süreci boyunca SiO₂ artışına bağlı olarak MgO, Fe₂O₃, CaO ve TiO₂ değerlerinde azalma (negatif ilişki), Na₂O, K₂O ve Al₂O₃ değerlerinde ise artış beklenir. Ancak bu değişimler bazen hidrotermal ve yüzeysel alterasyonların etkisiyle farklılaşmalar gözlenebilmektedir.

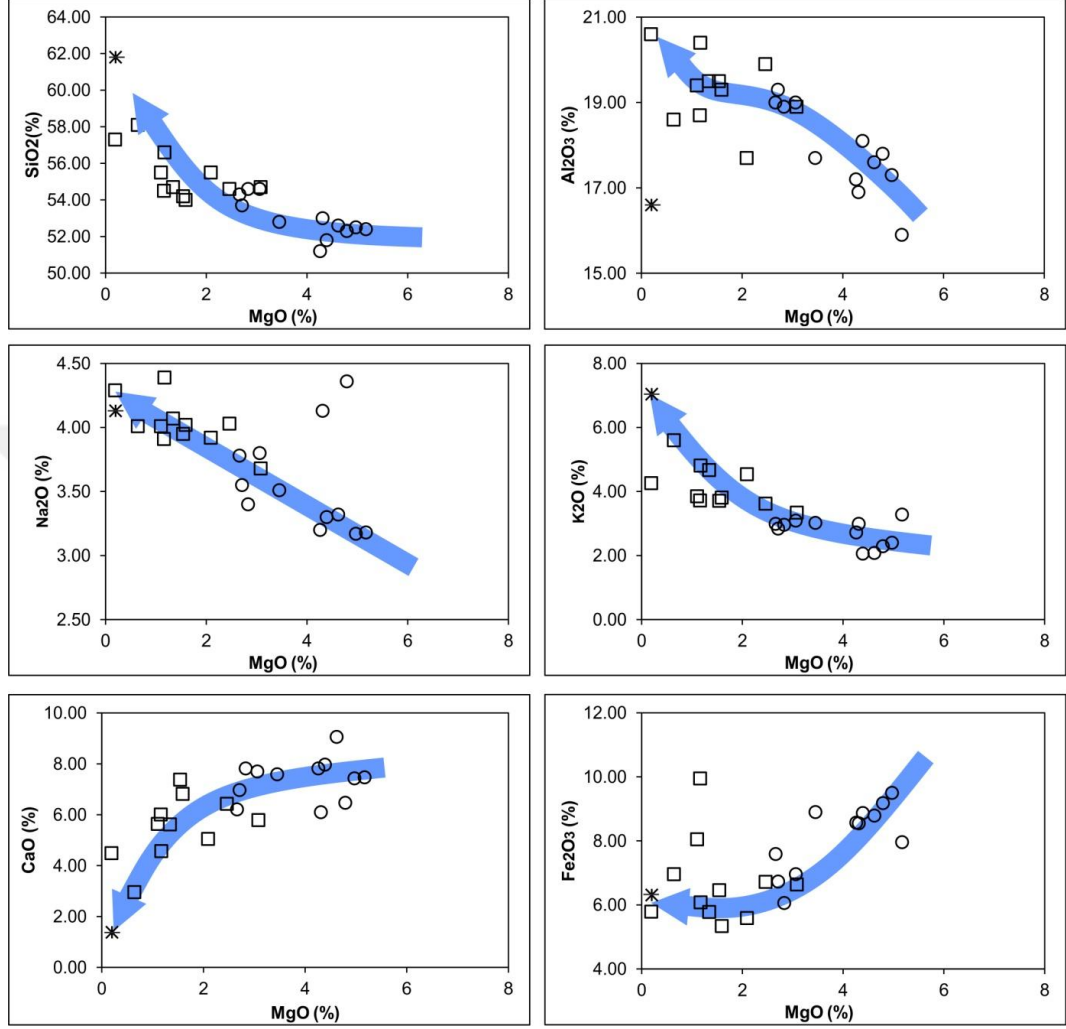
Karataş Volkanitleri'ne ait ana ve iz element içeriklerinin SiO₂'ye karşı değişim diyagramlarında (Harker diyagramları); yukarıda açıklanmış beklentilere uygun olarak; MgO ve CaO içeriklerinde düzenli bir azalma, Fe₂O₃ içeriğinde önce azalma sonra yataylaşma, TiO₂ içeriğinde ise önce hızlı azalma sonra yataylaşma ve biraz artış, K₂O içeriğinde düzenli bir artış, Na₂O içeriğinde önce artış sonra yataylaşma, Al₂O₃ içeriğinde ise önce artış sonra yataylaşma ve kısmen azalma izlenmektedir (Şekil 3.9).

Bu değişimler, magmadan olivin, piroksen, amfibol ve Ca'ca zengin plajiyoklazlar gibi SiO₂ içeriği düşük minerallerin ve Fe ve Ti içeren manyetit, titanomanyetit ve titanit gibi minerallerin öncelikle kristallendiğini, geride kalan eriyiğin SiO₂, Al₂O₃, Na₂O ve K₂O bakımından zenginleştiğini, Na'lı plajiyoklazların oluşumu ile Na₂O ve Al₂O₃ değişiminin yataylaştığını, K-feldispatların ve kuvarsın oluşumu ile magmanın kristallenmesinin tamamlandığını göstermektedir.



Şekil 3.9. Karataş Volkanitleri ana element içeriklerinin SiO₂'ye karşı diyagramları. (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir)

Benzer değişimler, MgO' e karşı ana element oksit değişim diyagramlarında da gözlenmekte (Şekil 3.10) olup Karataş Volkanitleri'nin oluşumunda fraksiyonel kristallenmenin çok iyi işlediği söylenebilir.



Şekil 3.10. Karataş Volkanitleri'nin ana element içeriklerinin MgO'ya göre olan oran diyagramındaki konumları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).

İz elementlerinin SiO₂' ye karşı dağılımlarında ise SiO₂ artışına bağlı olarak; Ba, Rb, Nb, Zr, Th, La ve Ce değerlerinde artış Sr değerlerinde ise azalma görülmektedir (Şekil 3.11). Ba, Rb, Th ve Hf genellikle feldispatların ve hornblendlerin bünyesine girdikleri ve ayrımlaşma sırasında geç evrelerde kristallendikleri için pozitif bir ilişki göstermektedirler. Klinopiroksenlerin yapısında yer alan Mg, Fe, ve Al' un yerini alarak tutuklanan Ni ve Co değerlerinde gözlenen fakirleşme bu düşünceyi desteklemektedir. Ayrıca, Zr 'un pozitif ilişki göstermesi manyetit ayrımlaşmasına da işaret etmektedir. Y, SiO₂'ye karşı ikili diyagramında pozitif ilişki göstermekte olup apatit oluşumları ile ilişkilendirilebilir.

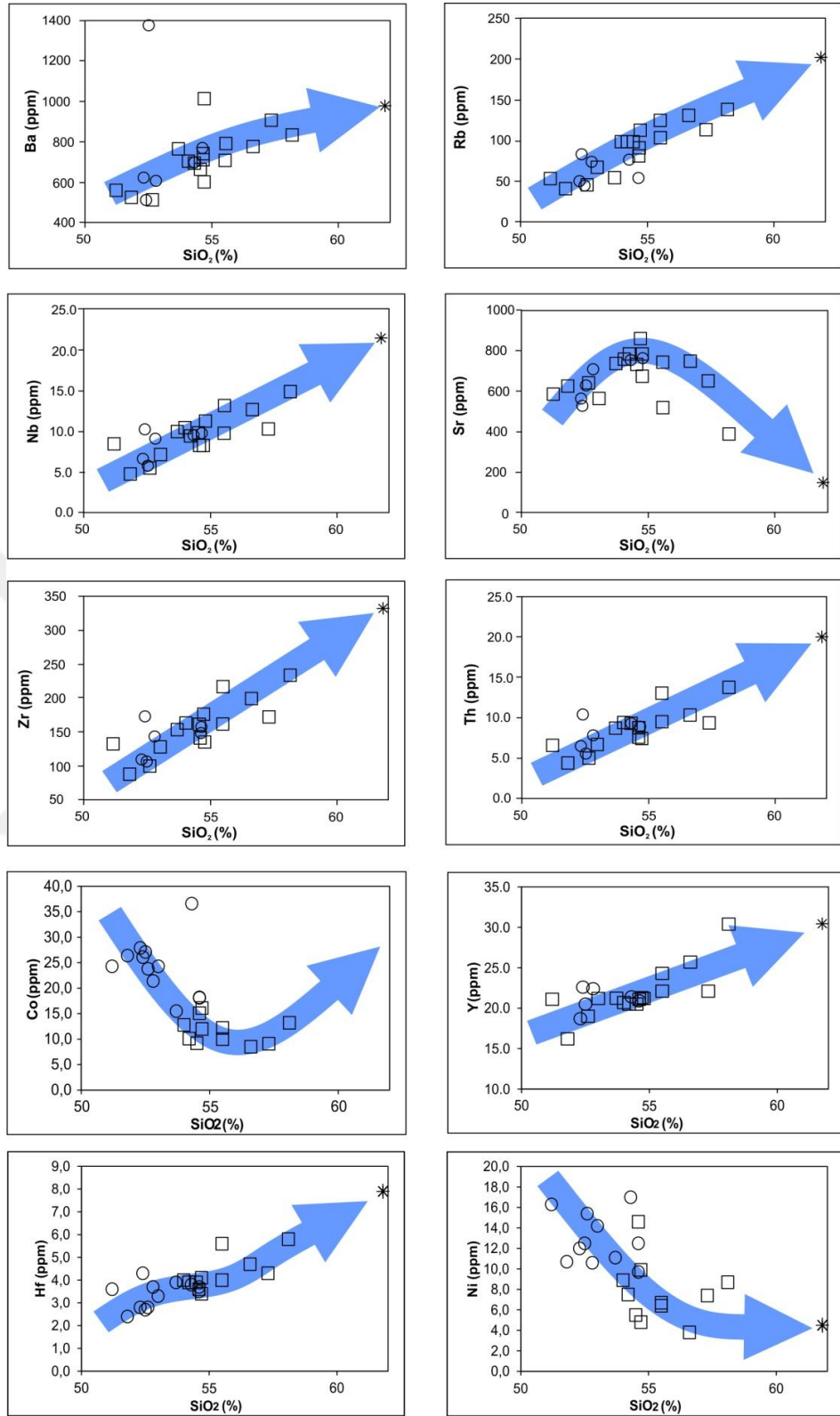
Harker diyagramlarında gözlenen ana ve iz elementlerdeki SiO₂'ye karşı değişimler; fraksiyonel kristallenmenin çok iyi geliştiğine işaret etmekte olup kayaç oluşumunda klinopiroksen, hornblend, Fe-Ti oksit ve plajiyoklaz minerallerinin fraksiyonel kristallenmesi önemli rol oynamıştır. Petrografik incelemeler bölümünde, kayaç gruplarının mineral parajenezlerinde bu mineraller yoğun olarak tespit edilmiş olup jeokimyasal değerlendirmeleri desteklemektedir.

Ayrıca, Karataş Volkanitleri'nde bazik magmadan asidik magmaya doğru olivin, klinopiroksen, amfibol ve plajiyoklaz fraksiyonlanmalarının izleri; CaO/Al₂O₃ - MgO, Al₂O₃ - CaO ve Zr/Nb - MgO değişim diyagramlarında da izlenmektedir (Şekil 3.12a, b, c).

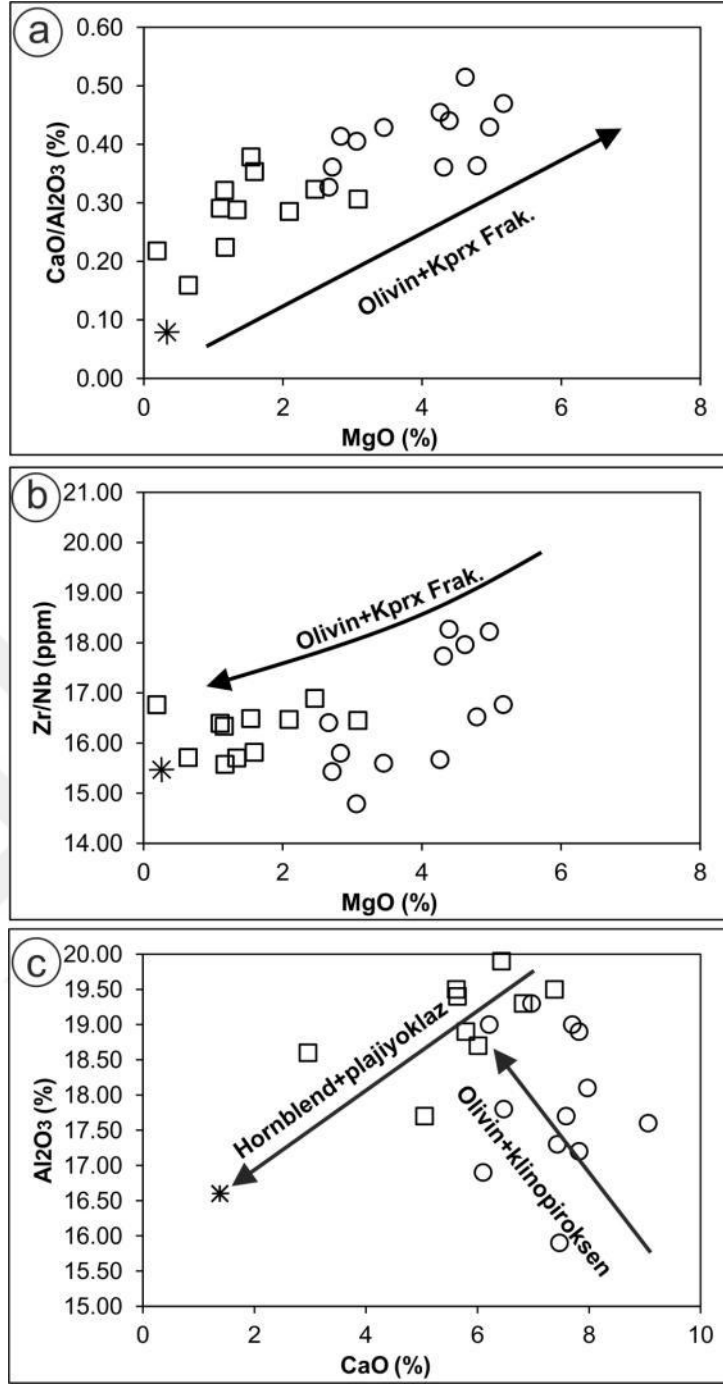
Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin K/Sr – Ba/Rb diyagramı üzerindeki konumları, mafik ve felsik karakterli iki farklı bileşimde magmaların karışımına işaret etmektedir (Şekil 3.13). Bu durum petrografi bölümünde açıklanmış, plajiyoklaz fenokristalleri içinde farklı sönme konumlu küçük plajiyoklaz kristallerinin varlığı bulgusu ile uyum göstermektedir. Bu petrografik ve jeokimyasal veriler beraber değerlendirildiğinde bazik karakterli bazaltik ve asidik karakterli trakit/trakidasitik magmaların homojen karışımı ile bazaltik andezit ve andezitlerin oluşmuş olabileceği düşünülebilir.

Volkanik kayaçlardaki MgO içeriğindeki yüksekliği; köken malzemenin kısmi erime derecesi hakkında bilgi verdiği düşünülmektedir (Tiryaki ve Ekici, 2012). Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin MgO içerikleri; bazaltlarda %6,09, bazaltik trakiandezitlerde %5,17-2,66 aralığında, trakiandezitlerde %3,08-0,19 aralığında ve trakit/trakidasitlerde %1,38 şeklinde olup bazik karakterdeki volkanik kayaçların kaynaklandığı magmada kısmi ergime oranının felsik karakterdeki volkanik kayaçların kaynaklandığı magmaya göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır..

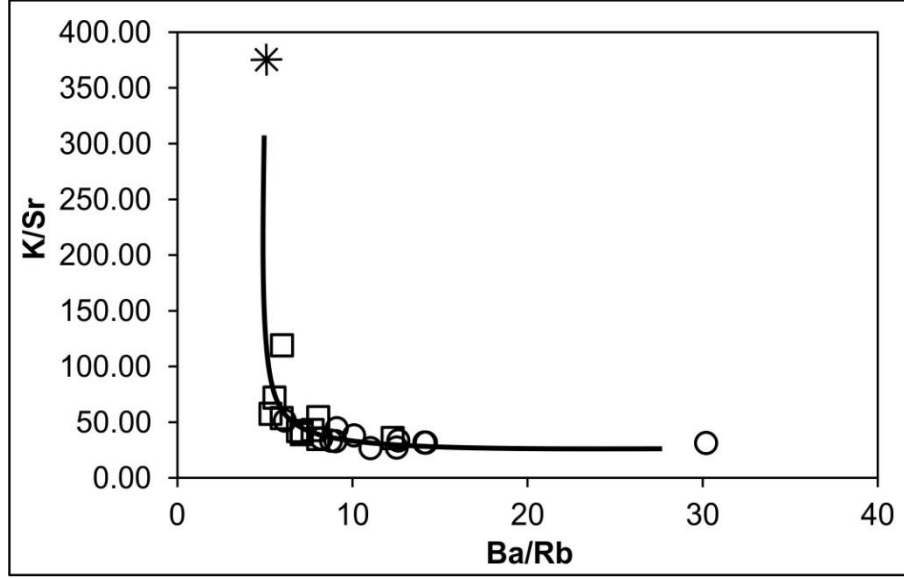
Yine kısmi erime derecesi için gösterge olarak kullanılan Zr - La değişim diyagramı üzerinde Karataş Volkanikleri'ne ait örneklerin dağılımı; bazalta doğru kısmi ergime derecesinde göreceli bir artışa işaret etmektedir (Şekil 3.14).



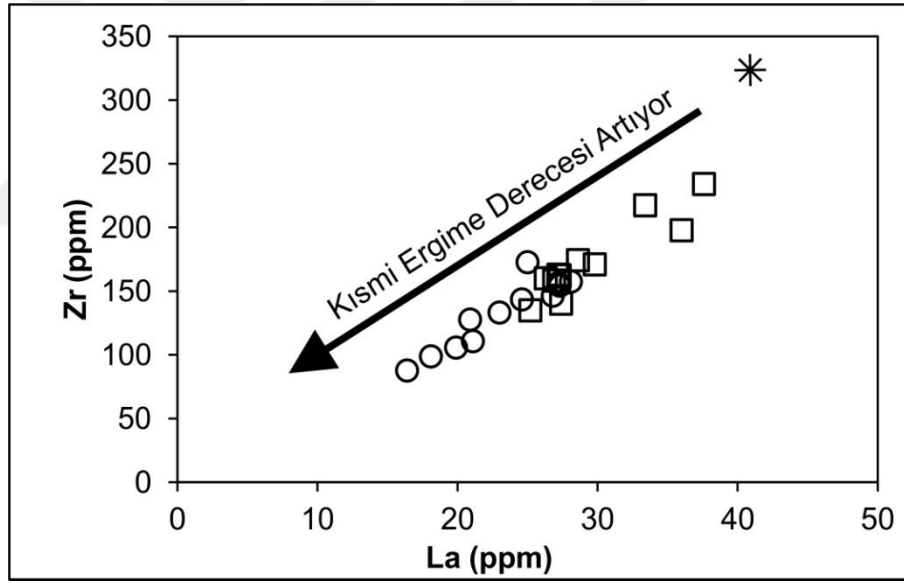
Şekil 3.11. Karataş Volkanitleri eser element içeriklerinin SiO₂'ye karşı diyagramları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).



Şekil 3.12. Karataş Volkanitleri'nin, **(a)** CaO/Al₂O₃ - MgO oran diyagramındaki konumları. **(b)** Al₂O₃ - CaO oran diyagramındaki konumları. **(c)** Zr/Nb - MgO oran diyagramındaki konumları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).

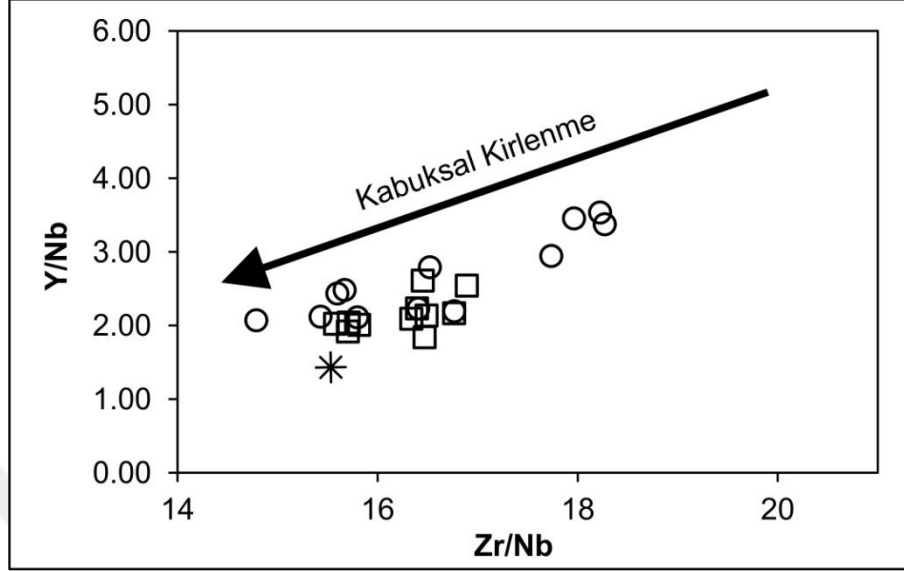


Şekil 3.13. Karataş Volkanitleri'nin Albarade (1996) tarafından önerilen K/Sr - Ba/Rb oran diyagramındaki konumları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).



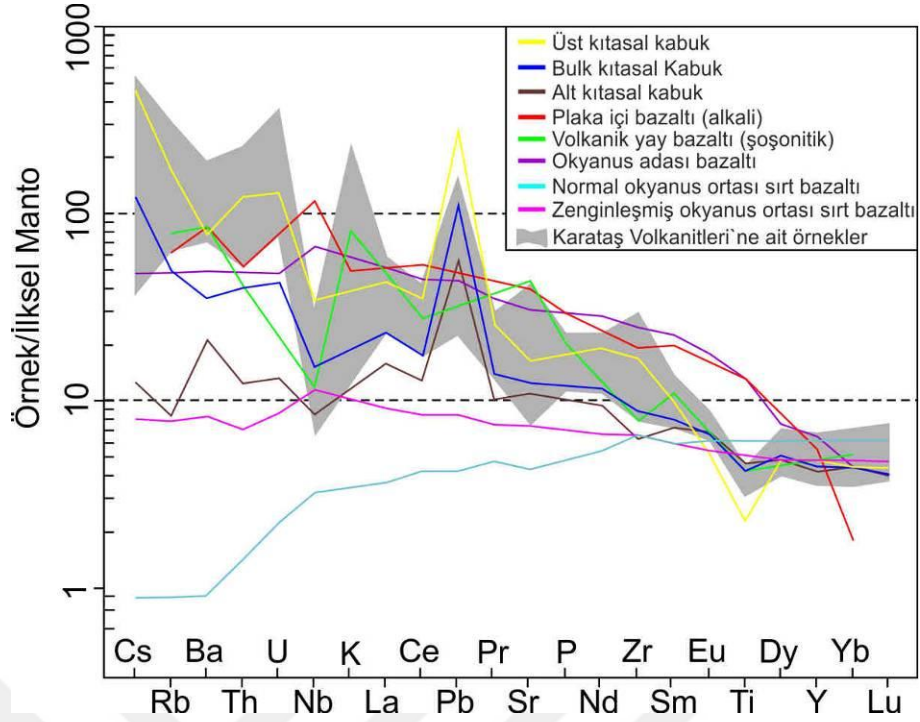
Şekil 3.14. Karataş Volkanitleri'nin Zr - La değişim diyagramındaki konumları (Semboller, Şekil 3.5' teki gibidir).

Karataş volkanitlerine ait örneklerin, kabuksal kirlenmenin etkilerini gösterdiği düşünülen Y/Nb – Zr/Nb diyagramındaki (Genshaft vd. 2006) konumlarına bakıldığında; bazaltik kayalardan trakit / trakidasitlere doğru belirgin bir şekilde kabuksal kirlenme etkisinin arttığı görülmektedir (Şekil 3.15).



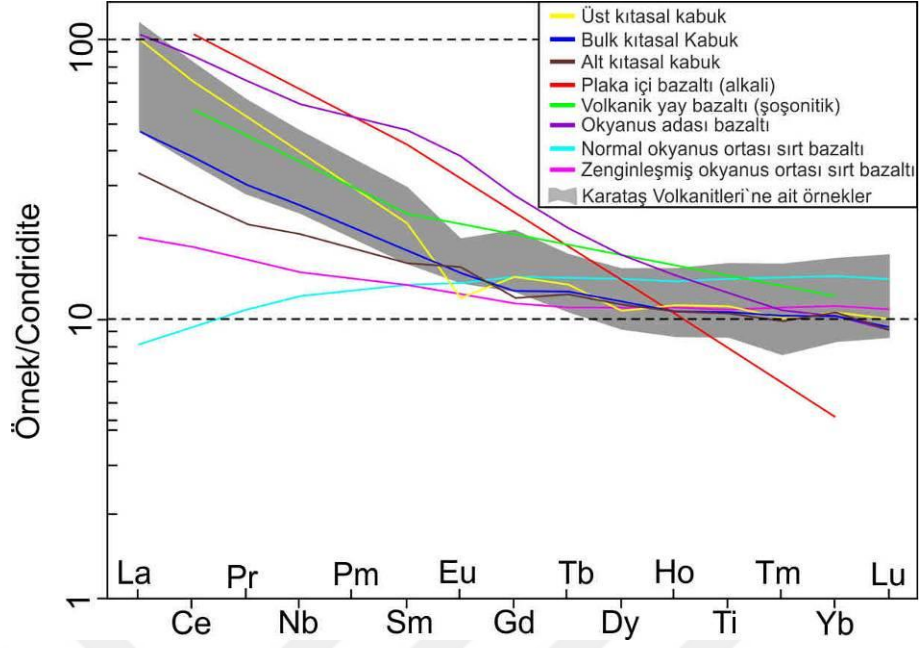
Şekil 3.15. Karataş Volkanitleri'nin Y/Nb - Zr/Nb oran diyagramındaki konumları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).

Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerinin, hangi köken malzeme ile benzerlik gösterdiği ve/veya hangi tektonik ortamda oluştuğuna dair yaklaşımlarda bulunmak amacıyla, Karataş volkaniklerine ait değerler farklı tektonik ortamları temsil eden kayaç gruplarına ait değerler ile iz element örümcek diyagramı hazırlanarak karşılaştırılmaya çalışılmıştır (Şekil 3.16). Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerde, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerden (LIL) Ba, Sr, K, Rb, Cs ile yüksek çekim alanlı elementlerden (HFSE) Zr, U, Th, Y zenginleşme gösterirken Nb, Ce, Ti fakirleşme göstermektedir. Eu anomalisinde ileri derecede farkedilebilir bir anomalinin olmaması kayaç oluşumları sırasında plajiyoklaz fraksiyonlaşmasının fazla etkisi olmadığını gösterir. Negatif Ti anomalisi, Ti-manyetit gibi oksitlerin daha önce kristalleşmesi ile ilişkilendirilmektedir (Kerrick ve Wyman, 1997). Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin, bu diyagram üzerinde özellikle Üst Kıtasal Kabuk malzemesinininkine benzer bir desen oluşturduğu görülmekte olup Üst kabuk malzemesinin erimesi sonucu oluşmuş bir malzemedan kaynaklandığı düşünülebilir. Aynı diyagram üzerinde, volkanik yay bazaltlarına ait desenin yöre volkanitlerine ait dağılım alanı ile diğer ortam volkaniklerine göre daha yakın uyum göstermesi; yöre volkaniklerinin volkanik yay ortamında oluştukları şeklinde de yorumlanabilir.



Şekil 3.16. Karataş Volkanitleri'ne ait iz element değişimlerinin farklı köken malzemeler ve farklı ortamlarda oluşmuş volkanik kayalarla İlksel Manto'ya göre normalize edilmiş çoklu element desen diyagramları üzerinde karşılaştırılması (İlksel Manto değerleri Sun ve McDonough (1989)'dan, Üst Kıtasal Kabuk (ÜKK), Bulk Kıtasal Kabuk (BKK) ve Alt Kıtasal Kabuk değerleri Taylor ve McLennan (1985)' ten, Okyanus Adası Bazaltı (OAB), Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (N-OOSB) ve Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (E-OOSB) değerleri Sun ve McDonough (1989)' dan, Plaka İçi Alkali Bazalt (PIB) ve Şoşonotik Volkanik Yay Bazaltı (VYB) değerleri Pearce (1982)' den alınmıştır).

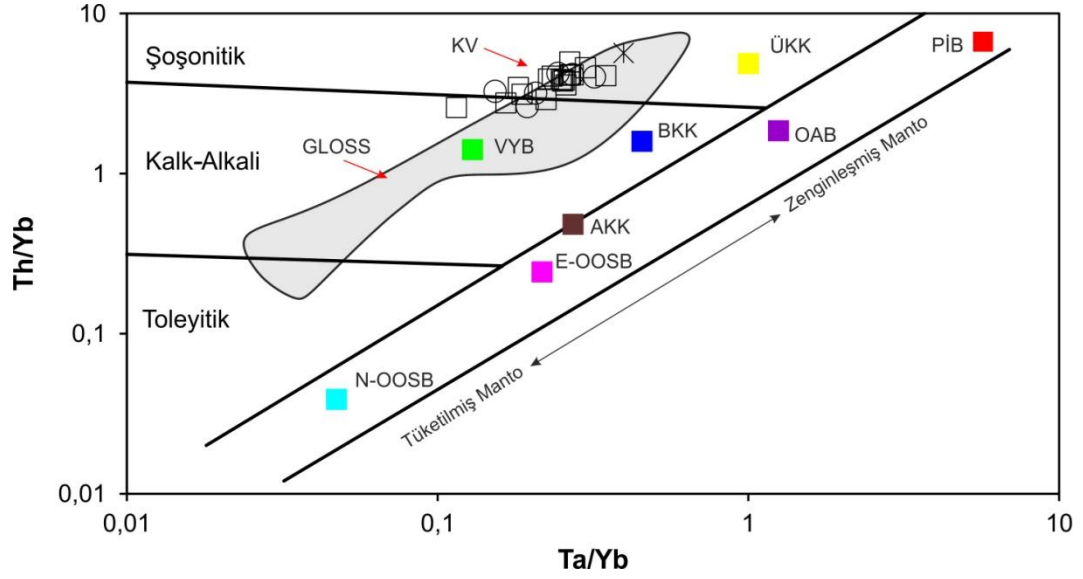
Karataş Volkanikleri'ne ait örnekler kaya türü dikkate alınmadan, NTE değişim diyagramı üzerinde farklı kökenli ve farklı ortamlarda oluşmuş jeolojik malzemelerle karşılaştıklarında; genel olarak tüm elementlerde belirgin zenginleşmeler gözlenmekte olup hafif nadir toprak elementlerinin ağır toprak elementlerine göre daha fazla zenginleştiği görülmektedir (Şekil 3.17). Hafif elementlerin daha fazla zenginleşmesi, magmanın iz elementler bakımından zengin olduğu ya da düşük dereceli kısmi ergimeye uğramış eriyikten itibaren geliştiğine işaret etmekte olup bu zenginleşmenin özellikle kıtasal kabuk kökenli malzemelerde bol bulunması Karataş volkanitleri'nin Kıtasal Kabuk kökenli bir malzemedan türediğine veya bu volkanikleri oluşturan magmanın kıtasal kabuk malzemesi ile ileri derecede kirlendiğine işaret etmektedir. Aynı diyagram üzerinde, Karataş Volkanik'lerine ait dağılım alanı ile Üst Kıtasal Kabuk deseni arasındaki uyum da bu yorumu desteklemektedir. Diyagram üzerinde, Volkanik Yay Bazaltları'nın deseni ile yöre volkanitlerinin dağılım alanı arasındaki yakınlık, yöre volkaniklerinin volkanik yay ortamında oluştuğu şeklinde de yorumlanabilir.



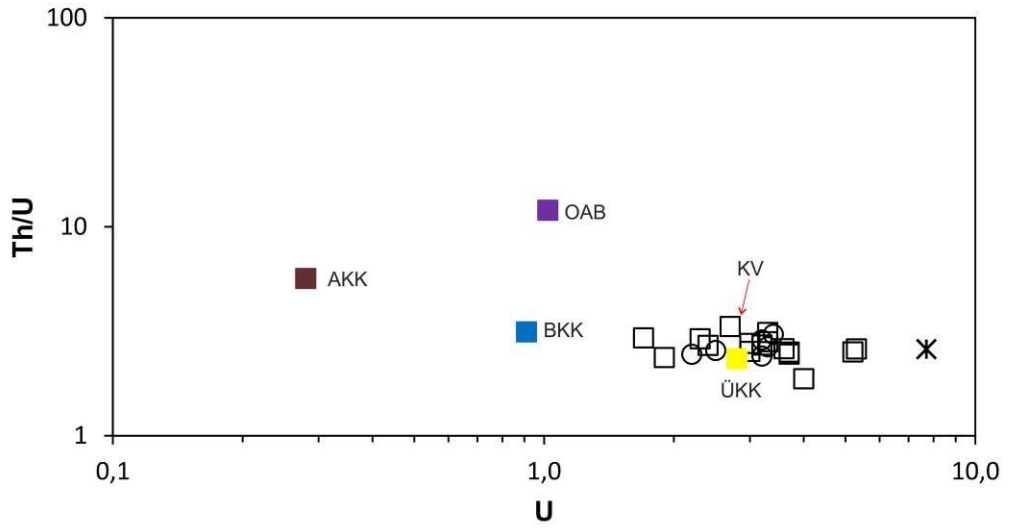
Şekil 3.17. Karataş Volkanitleri'ne nadir toprak element değişimlerinin farklı köken malzemeler ve farklı ortamlarda oluşmuş volkanik kayalarla İksel Manto'ya göre normalize edilmiş NTE desen diyagramı üzerinde karşılaştırılması (NTE değerleri Boynton (1984)' e göre normalize edilmiştir. Diğer malzemelere ait değerler Şekil 3.16' da belirtilen kaynaklardan alınmıştır.

Karataş Volkaniklerine ait örnekler, farklı kökenli ve farklı ortamlarda oluşmuş malzemelere ait değerler ile birlikte Pearce (1983) tarafından geliştirilmiş Ta/Yb - Th/Yb diyagram üzerinde değerlendirildiğinde; Karataş Volkanikleri'ne ait örneklerin olası manto malzemelerinden uzak bir yerde, ancak zenginleşmiş manto malzemesi hizasında, genellikle GLOSS alanı içerisinde veya çok yakınında, ayrıca ÜKK ve BKK değerlerine yakın bir yerde konumlandığı görülmektedir (Şekil 3.18). Bu durum yöre volkaniklerinin manto kökenli olmaktan daha çok kısmi erimeye uğramış kıtasal kabuk malzemesinden veya yitim veya çarpışma sırasında kısmi erimeye uğramış mafik arakatkılar içeren sedimanter bir malzemeden kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

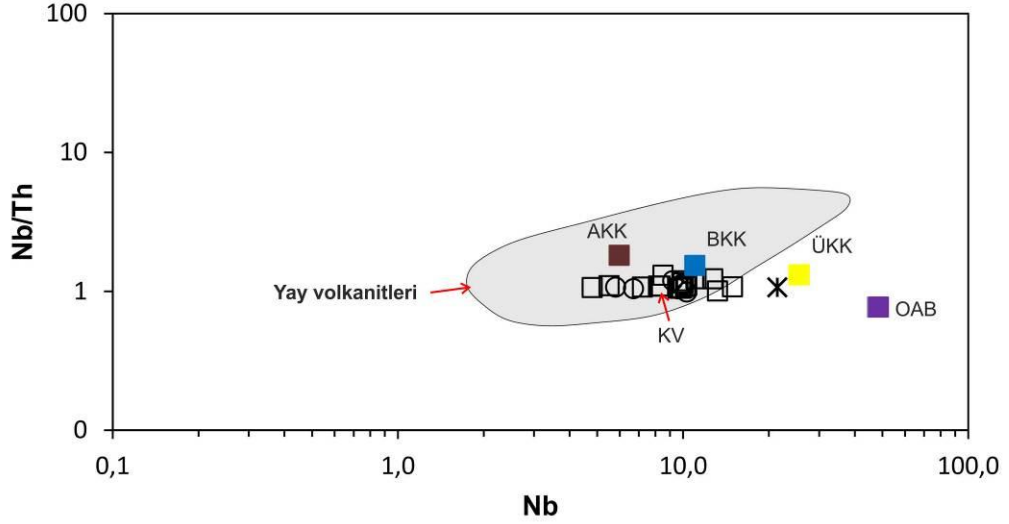
Ayrıca Karataş Volkanikleri'ne ait örnekler; U - Th/U diyagramında ÜKK ve BKK değerleri arasında, Nb - Nb/Th diyagramında ise AKK ve BKK değerlerine yakın bir alanda konumlanmakta olup konumlanmakta olup Kıtasal Kabuk malzemesinin kısmi erimesi düşüncesi desteklenmektedir (Şekil 3.19 ve Şekil 3.20).



Şekil 3.18. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Ta/Yb-Th/Yb diyagramı (Pearce, 1983) üzerindeki konumları (Üst Kıtasal Kabuk (ÜKK), Bulk Kıtasal Kabuk (BKK) ve Alt Kıtasal Kabuk değerleri Taylor ve McLennan (1985)' ten, Okyanus Adası Bazaltı (OAB), Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (N-OOSB) ve Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı (E-OOSB) değerleri Sun ve McDonough (1989)' dan, Plaka İçi Alkali Bazalt (PİB) ve Şoşonitik Volkanik Yay Bazaltı (VAB) değerleri Pearce (1982)' den, Global Yitim Zonu Sedimanları Alanı (GLOSS) Plank ve Langmuir (1998)' den alınmıştır).



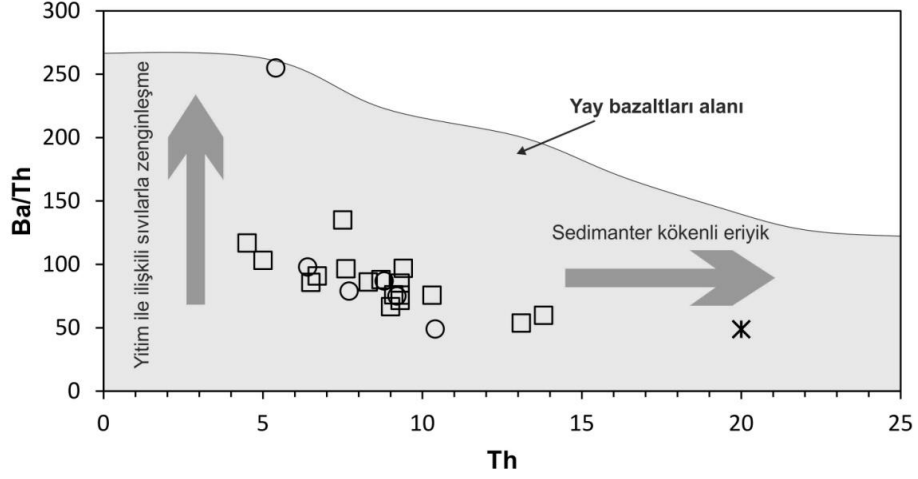
Şekil 3.19. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin U - Th/U diyagramı üzerindeki konumları.



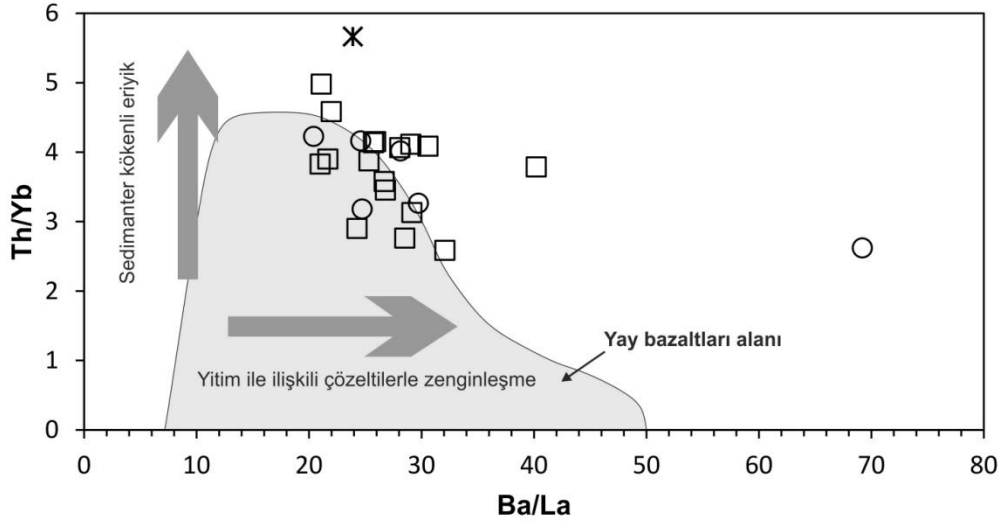
Şekil 3.20. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Nb - Nb/Th diyagramı üzerindeki konumları (Yay volkanitleri alanı Schmidberger ve Hegner, 1999'dan alınmıştır).

Karataş Volkanitleri'ne ait örnekler, mantonun sedimanter kökenli eriyikler ve/veya yitim zonu ile ilişkili sıvılardan etkilenip etkilenmediği belirlemek amacıyla hazırlanmış Th - Ba/Th ve Ba/La - Th/Yb diyagramlarında değerlendirildiğinde; örneklerin hem sedimanter kökenli eriyik, hem de yitim ile ilişkili sıvılarla zenginleşme yönelimleri görülmektedir (Şekil 3.21 ve Şekil 3.22).

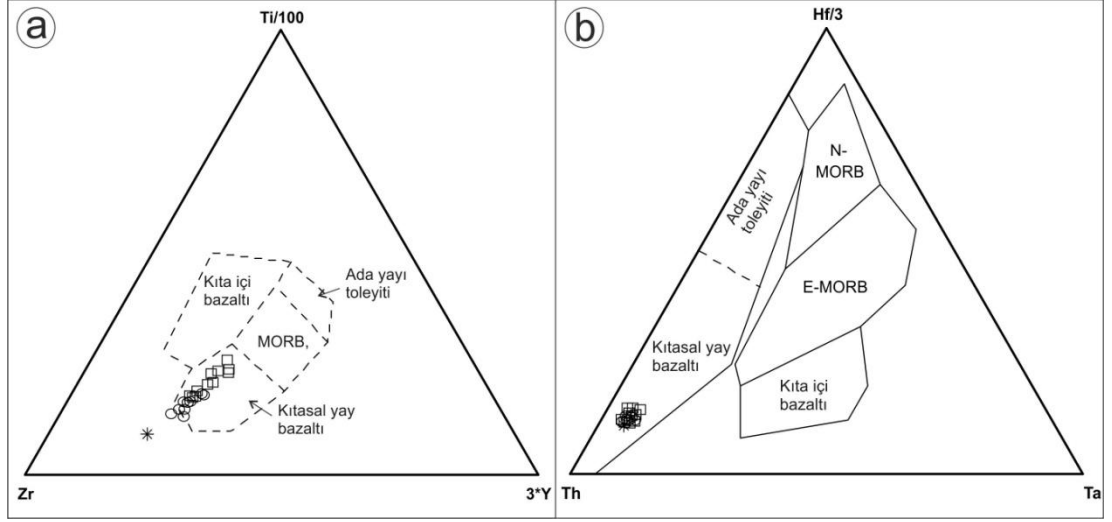
Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin; Şekil 3.20, Şekil 3.21 ve Şekil 3.22 üzerinde yay volkanitleri için belirlenmiş alan içinde konumlanmaları, yay bölgelerinde oluştuklarını göstermektedir. Ancak, yay volkanikleri; okyanusal yay, kıtasal yay ve kıtasal yay ardı ortamlarında oluşabilmekte olup olası yay tipini belirleyebilmek için Karataş Volkaniklerine ait örnekler; Pearce ve Cann (1973) tarafından geliştirilmiş Zr - Ti/100 - 3*Y ve Wood (1980) tarafından geliştirilmiş Th - Hf/3 - Ta tektonik ayırtman diyagramlarında değerlendirildiğinde kıtasal yay bazaltı alanlarında konumlanmaktadır (Şekil 3.23a, 3.23b). Benzer şekilde, Karataş Volkanitleri'ne ait örnekler, Hollocher vd. (2012) tarafından geliştirilmiş La/Yb - Nb/La diyagramında çoğunlukla alkalın yaylar, kısmen de kıtasal yaylar alanlarında, La/Yb - Th/Nb diyagramında ise çoğunlukla kıtasal yaylar kısmen de alkalın yaylar alanlarında yer almaktadırlar (Şekil 3.24a ve 3.24b).



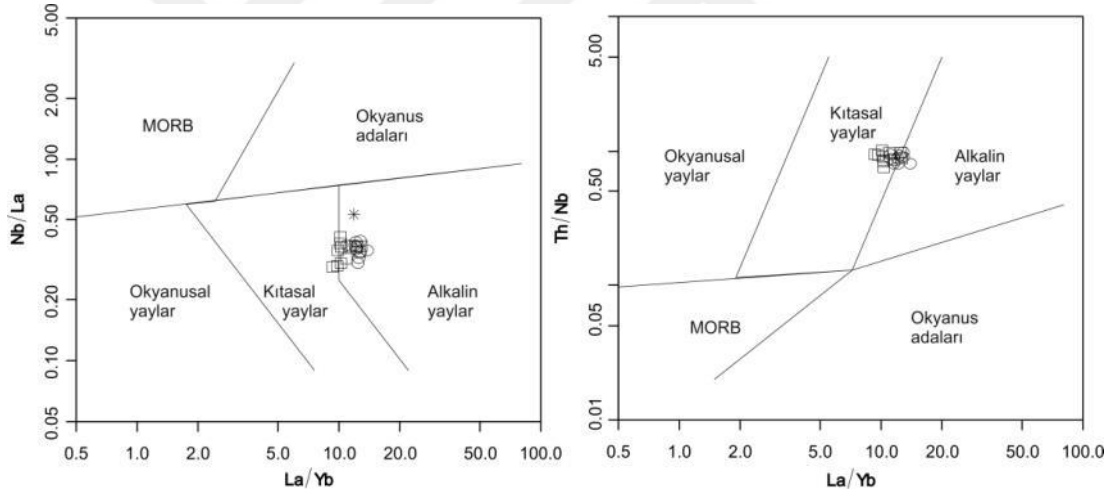
Şekil 3.21. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Th - Ba/Th diyagramı üzerinde konumları (Yay bazaltları ile sedimanter kökenli eriyik ve dalma ile ilişkili sıvılarla zenginleşme gidişleri Hawkesworth vd., 1997'den alınmıştır) (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).



Şekil 3.22. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Ba/La - Th/Yb diyagramı üzerindeki konumları (Yay bazaltları ile sedimanter kökenli eriyik ve dalma ile ilişkili sıvılarla zenginleşme gidişleri Kirchenbaur vd., 2012'den alınmıştır), (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).



Şekil 3.23. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin; (a) Pearce ve Cann (1973) tarafından geliştirilen Zr - Ti/100 - 3*Y ve (b) Wood (1980) tarafından geliştirilmiş Th - Hf/3 - Ta tektonik ayırtma diyagramlarındaki konumları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).



Şekil 3.24. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Hollocher vd. (2012) tarafından geliştirilmiş; La/Yb - Nb/La (a) ve La/Yb - Th/Nb (b) diyagramlarındaki konumları (Semboller Şekil 3.5' teki gibidir).

3.3. Bulgular ve Tartışma

Magmatik kayaların bileşimini; erimeye uğramış köken malzemenin bileşimi, eriyen miktarı (erime oranı), kristallenme süreci ve diğer malzemelerle etkileşimi gibi karmaşık olaylar belirlemektedir. Karataş Volkanitleri'ni oluşturan magmanın bileşiminde etkili olan olaylar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Saha gözlemleri sırasında yapılan makroskopik incelemeler; Karataş volkanitleri'nin genellikle andezitik bileşimli yer yer ise bazaltik bileşimli lav ve proklastik seviyelerin araldanması şeklinde olduğunu göstermiştir. İnce kesitlerde yapılan mikroskopik incelemelerde ise örneklerin genellikle andezit, bazaltik andezit bileşimli oldukları üst seviyelerden alınmış bazı örneklerin bazalt bileşimli oldukları belirlenmiştir. Sanidin içeren çok az sayıdaki örnekte ise trakit ve/veya trakiandezit adlanması yapılmıştır. Jeokimyasal sınıflama diyagramlarında da makroskopik ve mikroskopik incelemelere paralel tanımlamalar ortaya çıkmış olup bazaltik trakiandezit ve trakiandezit (LeMaitre vd. 1989), andezit ve bazaltik andezit (Winchester ve Floyd, 1977), bazaltik andezit (LeMaitre vd. 2002) ve yüksek K'lu / şoşonitik bazaltik andezit (Hastie vd. 2007) adlamaları yapılmıştır. Makroskopik, mikroskopik ve jeokimyasal özellikler dikkate alınarak Karataş Volkaniklerinin hakim olarak alkali karakteri yüksek bazaltik andezit bileşimli lav ve piroklastiklerden oluştuğu anlaşılmıştır.

Karataş Volkanitleri'nden alınmış örneklerin; SiO₂' ye karşı ana oksit ve iz element değişim diyagramları ve MgO' ya karşı ana element oksit diyagramları (Harker diyagramları); yöredeki volkaniklerin oluşumu sırasında fraksiyonel kristalleşmenin çok iyi geliştiğini göstermektedir.

Plajiyoklaz fenokristalleri çevresinde gelişmiş reaksiyon kuşakları; oluşan kristallerin magma ile etkileşim halinde olduğuna, plajiyoklaz kristalleri içinde gözlenen farklı sönme açılı küçük plajiyoklaz kristalleri ve kimyasal analiz sonuçlarının bazı diyagramlar üzerindeki konumları ise; yöre volkaniklerinin oluşumunda bazaltik ve trakitik bileşimli magmaların karışımı sürecinin de etkili olduğuna ve bu karışımın çok iyi homojenleşme sağlayacak şekilde geliştiğine işaret etmektedir.

Karataş Volkanitleri'nden alınmış örneklerde MgO içeriğinin yüksek oluşu ve bazalt – andezit – trakit yönünde kademeli bir şekilde azalması ayrıca örneklerin Zr - La değişim diyagramı üzerindeki konumları; yöredeki volkaniklerin oluşumunda kaynak malzeme içinde kısmi ergime olayının da etkili olduğunu ve bazalta doğru kısmi ergime derecesinin göreceli bir şekilde arttığını göstermektedir.

Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin iz element ve NTE değerleri çeşitli diyagramlar (Şekil 3.18, 3.19 ve 3.20) üzerindeki konumları; ÜKK, AKK, BKK ve GLOSS gibi kıtasal kabuk malzemelerine ve sedimanter malzemelere yakın noktalarda konumlandıklarını göstermekte olup büyük olasılıkla kıtasal kabuk malzemelerinin ve/veya mafik seviyeler içeren sedimanter malzemelerin erimesi sonucu oluştuklarını düşündürmektedir. Belirlenen jeokimyasal veriler, köken malzemenin N-MORB, E-MORB, OAB ve PİB gibi olası manto malzemeleri'ne benzer bileşimde olmadığına işaret etmekte olup köken malzeme manto kökenli olsa dahi, kabuk malzemesi ile kirlenme, yitim ile ilişkili sıvılardan ve sedimanlardan etkilenme gibi olaylardan ilksel özellikleri büyük ölçüde silinecek derecede etkilenmiş olmalıdır.

Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin bazı jeotektonik ortam ayırtman diyagramları üzerinde (Şekil 3.20 - 3.24) yay volkanikleri, özellikle de "kıtasal yay bazaltları (asıl yay bölgesi)" ve/veya "alkali yay bazaltları (yay ardı bölgesi)" alanlarında konumlanmış olmaları; jeotektonik ortam olarak okyanusal kabuğun kıtasal kabuk altına daldığı yitimli yaklaşan plaka sınırlarında yiten plakadan serbestleşen suyun karşı plakanın üst kabuk seviyelerinde kısmi erime neden olması sonucu oluşan eriyiklerin kıtasal plaka içine doğru yükselerek yöre volkaniklerini oluşturduğuna işaret niteliğindedir.

Bu bulguların bölgesel jeolojik evrim süreci ile uyumunu ve içindeki yerini belirleyebilmek için bölgesel jeolojik evrim ile ilgili görüşlere göz atmakta yarar bulunmakta olup Bölüm 2.1' de (Bölgesel Jeoloji) değinildiği gibi inceleme alanının içinde bulunduğu bölgenin jeolojik evrimi ve bölgede gözlenen ofiyolitik kayaların yerleşimi ile ilgili olarak öne sürülmüş iki farklı model bulunmaktadır. Bunlardan birincisine göre bölgedeki ofiyolit yerleşimi güneydeki Arap plakasının Torid ve Anatolid plakaları altına dalımı olayları etkisiyle gelişen sıkışma tektoniğine bağlı olarak Tetis Okyanusu'nun güney ve kuzey kollarının kapanması sonucu ofiyolitler bölgeye yerleşmekte, bu kapanma bölgenin güneyinde bulunan Torid ve Anatolid plakaları ile kuzeyinde bulunan Sakarya plakalarının Üst Kretase Eosen arası bir dönemde çarpışması ile son bulmakta ve ofiyolitik kayaların yüzelediği güney kuşak İç Torid Keneti, kuzey kuşak ise İzmir – Ankara – Erzincan Sütur Zonu (İAESZ) olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.1) (Okay ve Tüysüz, 1999 ve değinilen kaynaklar). İkinci modelde ise; Doğu Pontidlerde Tetis Okyanusunun (Günümüzdeki kalıntısı Karadeniz) sürekli kuzeyden güneye doğru yitime uğradığı ileri sürülerek inceleme alanının içinde bulunduğu bölgedeki ofiyolitik birimlerin yerleşimi yay gerisi havza açılımı ile ilişkilendirilmektedir (Bektaş 1981b; Bektaş vd. 1999; Bektaş vd. 1984; Eyuboglu vd. 2006, 2017). Bu modelde Doğu Pontidler kuzeyden güneye Mesozoyik-Senozoyik yaşlı volkanitlerin egemen olduğu Kuzey Zon; Mesozoyik-Senozoyik yaşlı tortul birimlerden oluşan Güney Zon ve Üst Kretase şoşonitik- yüksek potasyumlu volkanikleri, üst manto peridotitleri ve olistostromal melanjlardan oluşan yay gerisi ya da eksenel zon şeklinde 3 zona ayrılmaktadır.

İnceleme alanı yakın çevresinde bulunan volkanik ve granitoyitik kayaçların jeokimyasal ve petrolojik özellikleri ile ilgili yapılmış çalışmalarda; özellikle birinci model etkisi hakim olup yöredeki ofiyolitik kayaçların İAESZ ofiyolitleri olarak tanımlandığı ve plütonik ve volkanik kayaçların bu zonun oluşumu (çarpışma) sonrasında gelişmiş gerilme tektoniği içinde oluşmuş kırık zonları boyunca gelişmiş magmatik faaliyetlerle ilişkili (çarpışma sonrası) ifade edilmektedir (Alpaslan 2000; Boztuğ vd.1994; Göçmengil vd. 2018; Göçmengil vd. 2016, 2018; Keskin vd. 2008; Topbay 2016 gibi). Bu çalışmalardan yalnızca, Keskin vd. (2008) 'ce bölgedeki volkanik faaliyetlerde yitim ilişkisinin belirgin olduğunu ifade edilmektedir.

Yöredeki Köseadağ plütonunun petrografik ve jeokimyasal özelliklerini inceleyen Boztuğ vd. (1994) plütonik kütlelerin çoğunlukla siyenitik ve kuvars siyenitik, çok az olarak ta monzonitik bileşimde olduğunu, "levha içi granitoyidler (WPG)" karakteri gösterdiğini, bu özelliklerinin çarpışma sonrası (POST-COLG) bir jeodinamik ortama bağlı olarak geliştiğini ve Köseadağ plütonunun, Neo-Tetisin kuzey kolunun kuzeye doğru yitimiyle ilgili çarpışmaya bağlı kabuk kalınlaşmasının sonlarında, pasif kenarda meydana gelen gerilme rejimi ile gelişebilecek olan manto yükseliminden malzeme alan ve alt kabuktan da kirlenen bir petrojenez mekanizmasına sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Karataş Volkanikleri'nin batıya doğru devamı sayılabilecek Pazarcık Volkanikleri'ni (Sivas Yıldızeli civarı) inceleyen Alpaslan (2000), bu volkaniklerin ana ve iz element verilerine göre plaka içi ortam karakteri gösterdiğini, Pontidler ve Anatolidler arasındaki çarpışma sonrası bölgede oluşan gerilmeli tektonik rejim altında üst mantonun düşük dereceli bölümsel ergimesiyle oluşan magmanın yüzeye çıkarken kalınlaşma gösteren kıtasal kabuk ile kirlenmesi sonucu oluştuğunu öne sürmüştür.

Amasya ve Çorum civarında benzer tektono-stratigrafik konumlu Eosen yaşlı volkanikleri inceleyen Keskin vd. (2008), volkaniklerin; bazalttan riyolite kadar değişen bileşime sahip olduklarını ve üst seviyelerdeki alkalin - orta alkalin seviyelerin haricinde kalk-alkalen karaktere sahip olduklarını, bütün kayaların belirgin bir şekilde dalma (subduction) izi gösterdiğini, kalk-alkalen kayaların dalım sırasında zenginleşmiş kaynaktan, alkalin - orta alkalin kayaların ise son aşamada zenginleşmiş manto kaynağından geldiklerini belirtmektedirler.

Topbay (2016), Yıldızeli (Sivas) batısında Eosen yaşlı volkano - sedimanter kayaların bileşimlerinin bazalttan - trakiandezite kadar değiştiğini, genellikle kalk-alkalen karakterde ve orta K'lı (potasyumlu) olduğunu, bu volkaniklerin çarpışma sonrası, önceki bir yitim ile zenginleşmiş kıta altı manto kaynağının kısmi ergimesiyle türemiş olduğunu ve ayrıca kıtasal kabuk ile kirlendiğini öne sürmüştür.

Göçmengil vd.(2016), Yıldızeli (Sivas) ve Almus (Tokat) bölgesindeki volkaniklerde yaptıkları çalışmalarında; Almus bölgesindeki volkaniklerin yüksek K'lı (potasyumlu) ve kalk-alkalen/hafif alkali özellikte, Yıldızeli bölgesindeki volkaniklerin orta K'lı ve benzer alkanlinitiyeye sahip karakterde olduğunu belirtmişlerdir. Volkanik kayaların, N-MORB kaynağından türemiş olduğu ve zenginleşmiş kıtasal bir kaynağın da erimeye katılarak volkanizmanın bileşimini etkilediğini öne sürmüşlerdir. Aynı araştırmacılar daha sonraki yayınlarında (Göçmengil vd., 2018a ve 2018b)) ise Yıldızeli (Sivas) ve Almus (Tokat) bölgesindeki Orta Eosen dönemine ait volkaniklerin eş zamanlı olarak çarpışma sonrası ve delaminasyon veya litosferik ayrılma süreçleri ile kontrol edilen magmatizmaya geliştiğini öne sürmüşlerdir.

Akçay ve Beyazpirinç (2017), Sorgun (Yozgat) ile Yıldızeli (Sivas) arasında yapmış oldukları çalışmalarında; bazik, ortaç ve asidik bileşimli, yitim ve/veya çarpışmayla ilişkili üç farklı volkanizmanın eşliğine türbiditik bir istifin havza iç kesimlerinde çökeldiği belirtmişlerdir. Pazarcık Volkanit Üyesi (kalkalkalen karakterli bazalt - bazaltik andezit bileşimli lav ve piroklastikler), Sarayözü Volkanit Üyesi (dasit, riyolit bileşimli lav ve piroklastikler) ve Kiremitlik Volkanit Üyesi (kalk-alkalen karakterli andezit, trakiandezit bileşimli lav ve piroklastikler) olmak üzere üç üyeye ayırtlamışlardır. Volkanizma ürünlerini, tüketilmekte olan okyanusal kabuğun son uzantılarının Orta Eosen'de kopması (Slab breakoff) sonucunda, rahatlayan masifin hızla yükselmesi ve devamında gerilmeli tektonik rejim kontrolünde açılmaya başlayan çarpışma sonrası havzada geliştiğini öne sürmüşlerdir.

Ancak, bu çalışmada ağırlıklı olarak ortaya çıkmış yitim zonu ile ilişkili kıtasal yay ve/veya yay ardı volkanizması verileri yukarıda açıklanmış ve yaygın kabul görmüş birinci model ile uyuşmamaktadır. Bölgenin jeolojik evrimi sürecinde, bölgedeki ofiyolitik kayaçlar ile kuzey ve güney kenarındaki metamorfik kayaçların (kuzeyde Tokat Metamorfikleri, güneyde Akdağmadeni Metamorfikleri) bölgeye yerleşiminden sonra; bölgenin güneyinde bir yerden kuzeye doğru eğimli (birinci model ile uyumlu) veya bölgenin kuzeyinde bir yerden güneye doğru eğimli (ikinci model ile uyumlu) yitim zonunun gelişmesi ve yiten plaka malzemesinden serbestleşen suyun karşı plaka içinde iç basıncı yükseltip üst kabuk seviyesinde kısmi erimelere neden olarak Karataş Volkanitleri'ni oluşturan magmayı oluşturması gerekmektedir. Ancak, günümüzde, Eosen yaşlı volkaniklerin yayılım gösterdiği yerlerde yitim zonu ve yay gelişiminin işaretlenebileceği kesin jeolojik veriler bulunmamıştır.

Yukarıda belirtilen çalışmalardan, Keskin vd. (2008)' de Amasya ve Çorum civarındaki Eosen yaşlı volkaniklerin kalkalkali ağırlıklı bileşimleri nedeniyle yitim izinin belirgin olduğu ifade edilmekte ve bu özellikler güneyden kuzeye doğru gelişen bir yitim sonrası Sakarya ve Kırşehir kıtalarının çarpışması sonrasında gelişen rahatlama döneminde yiten plakanın kopması (slub breakoff) sonucu açılan kanaldan yükselen manto malzemesinin çarpışma zonunda yığılmış malzemeyi eritmesi ile çarpışma sonrası bir magmatizmanın geliştiği şeklinde açıklanmaya çalışılmıştır. Göçmengil vd. (2016, 2018a ve 2018b)' nin çalışmalarında da benzer yaklaşımlar ifade edilmeye çalışılmış olup delaminasyon veya litosferik ayrılma, kıta altı litosferinin aşınması ile alt kıta kabuğunda ergime ve buna bağlı geniş bir bölgede eş zamanlı magmatizmanın gelişmesi gibi açıklamalar yapılmıştır.

Karataş Volkanitleri'nin alkali karakterinin Keskin vd. (2008), Topbay (2016) ve Göçmengil vd. (2016, 2018a ve 2018b) tarafından belirlenmiş kalkalkali ağırlıklı karaktere göre daha yüksek olması; yöre volkaniklerinin bölgesel olarak gelişmiş volkanik faaliyetin üst seviyelerini ve/veya geç evrelerini temsil ettiği veya yitim zonu eğiminin bölgenin batısından doğusuna doğru geldikçe arttığı veya asıl yay bölgesinde değil yay ardı bölgesinde olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4. HİDROTERMAL ALTERASYON İNCELEMELERİ

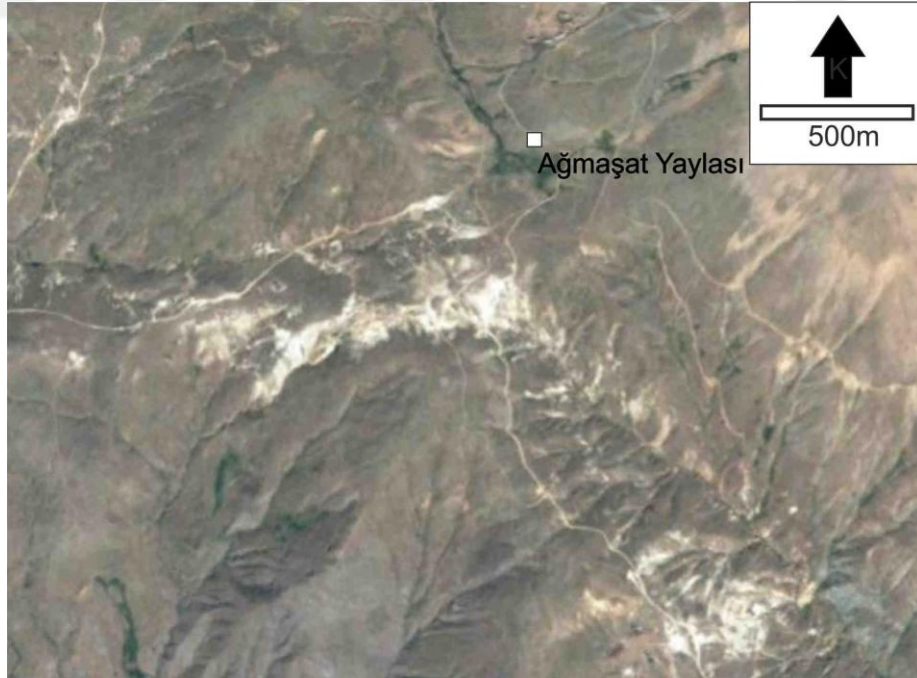
4.1. Ön Bilgi

Kayaçlar, hidrotermal çözeltilerin ve yüzey sularının etkisiyle değişikliklere uğramakta olup hidrotermal çözeltiler etkisiyle yan kayaçlarda; mineralojik bileşim, kimyasal bileşim, yapı, doku ve renk bakımından meydana gelen tüm değişiklikler hidrotermal alterasyon, yüzey sularının etkisiyle meydana gelen değişiklikler ise yüzeysel alterasyon olarak tanımlanmaktadır.

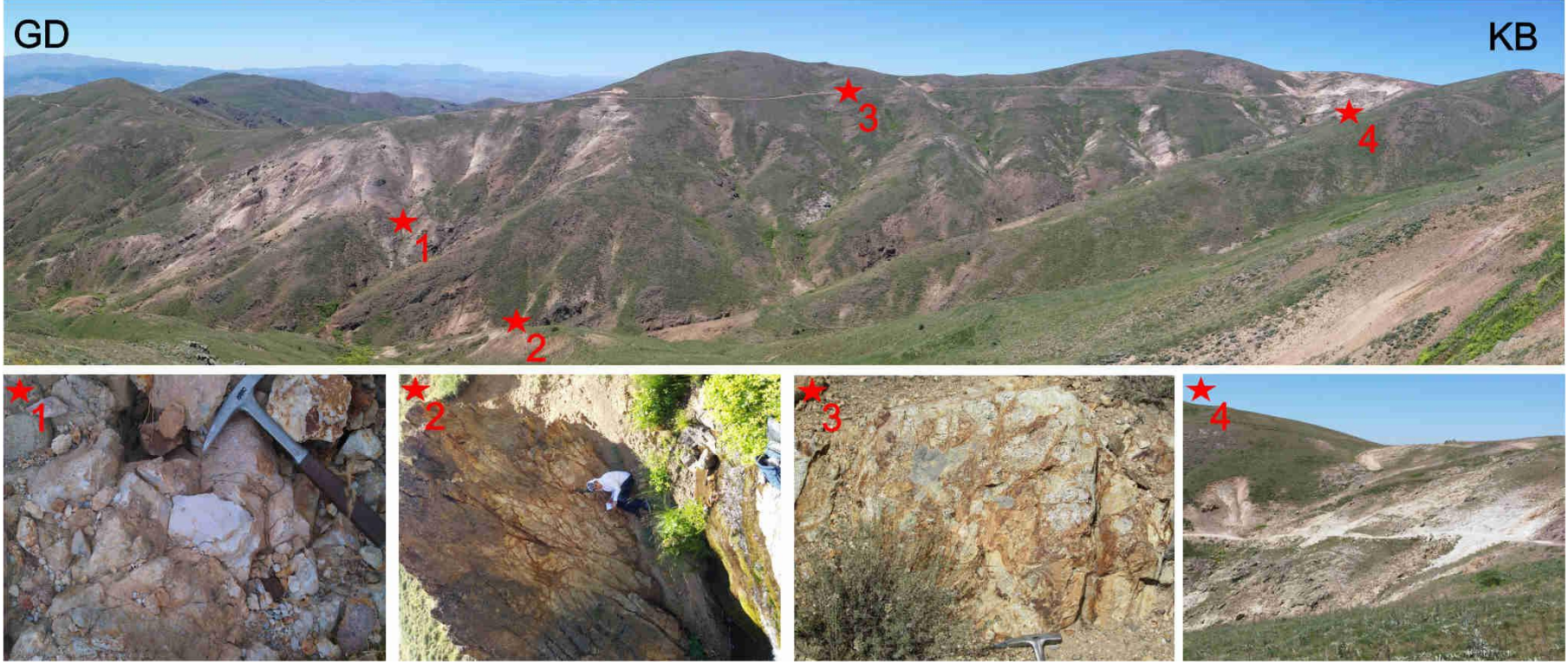
Hidrotermal çözeltiler sıcak oluşlarının yanı sıra pH'larının genellikle asidik oluşu, Eh'larının indirgen oluşu ve içlerinde çözülü iyonların bulunması gibi özellikleri ile kayaç oluşturan minerallerde; çözme, yeniden kristallenme ve iyon ilavesi ile yeni minerallerin oluşumu şeklinde alterasyonlara neden olabilmektedirler. Hidrotermal alterasyonlar, hidrotermal süreçlerle oluşmuş cevherleşmelerin aranmasında oldukça yararlı olmaktadır.

İnceleme alanı içinde ve çevresinde, sahada ve uydu görüntüleri üzerinde gözlemlenecek derecede yoğun alterasyon alanları bulunmaktadır (Şekil 4.1 ve 4.2).

Bu bölümde alterasyon türlerini ve dağılım alanlarını belirleyebilmek için saha çalışmalarına ilave olarak; yüzeyden ve sondaj karotlarından alınmış temsili örnekler üzerinde mikroskopik ve XRD yöntemleriyle yapılan incelemelerden (Çizelge 4.1 ve EK Çizelge), ayrıca uydu görüntülerinden de yararlanılmıştır.



Şekil 4.1. İnceleme alanında alterasyon alanları (19.08.2016 tarihli Google Earth uydu görüntüsü).



Şekil 4.2. İnceleme alanında Maden Deresi batı yamaçlarında Karataş Volkanitleri'nin alterasyon geçirmiş kısımlarından görünüm (Maden Tepe eteklerinden batıya bakış)

4.2. Mikroskopik Yöntemlerle Alterasyon İncelemeleri

Örneklerden hazırlanmış incekesitlerin polarizan mikroskop yöntemleri ile incelenmesi sırasında; plajiyoklazlarda serisitleşme, karbonatlaşma, montmorillonitleşme ve kaolenleşme şeklinde, koyu renkli minerallerde ise kloritleşme ve kısmen opaklaşma şeklinde dönüşümler ile gözlenen diğer alterasyon mineralleri dikkate alınarak alterasyon türleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda; propilitik, fillik, orta killi ve ileri killi alterasyon zonları belirlenmiştir. Hidrotermal çözeltiler etkisiyle bozunmamış kısımlar ile propilitik alterasyon zonların ayırımında epidotlaşma ölçüt olarak kullanılmış olup epidotlaşmanın gözleendiği örnekler diğer alterasyon mineralleri de dikkate alınarak "propilitik alterasyon zonu" olarak tanımlanmıştır. Feldispatlarda serizitleşmenin % 25'i aştığı ve epidotlaşmanın kaybolduğu veya çok azaldığı örneklerin bulunduğu yerler "fillik alterasyon zonu" olarak, feldispatlarda killeşmenin % 50 den fazla olduğu örneklerin bulunduğu yerler "killi alterasyon zonu" olarak tanımlanmıştır. Örneklerin kil içeriklerinin ve kil mineral türlerinin belirlenmesinde XRD inceleme sonuçlarından da yararlanılmış olup illit ve simektitlerin fazla olduğu kaolinitin az olduğu örneklerin alındığı kısımlar "orta killi alterasyon zonu", kil mineralleri içinde kaolinit içeriğinin % 50'den fazla olduğu örneklerin alındığı kısımlar ise "ileri killi alterasyon zonu" olarak tanımlanmıştır.

4.3. X- Işınları Difraktometre (XRD) Yöntemiyle Alterasyon İncelemeleri

Arazi çalışmaları sırasında Karataş Volkanitleri'nden alınmış yüzey ve sondaj örnekleri arasından seçilmiş 62 adet örnekte tüm kayaç (XRD-TK) ve bunların içinden kil elde edilebilen 10 adet örnekte ise kil fraksiyonları ayrılarak (XRD-CF) XRD diyagramları çekilmiş ve mineral içerikleri belirlenmeye çalışılmıştır. İncelemelerin sonuçları Çizelge 4.1' de verilmiştir.

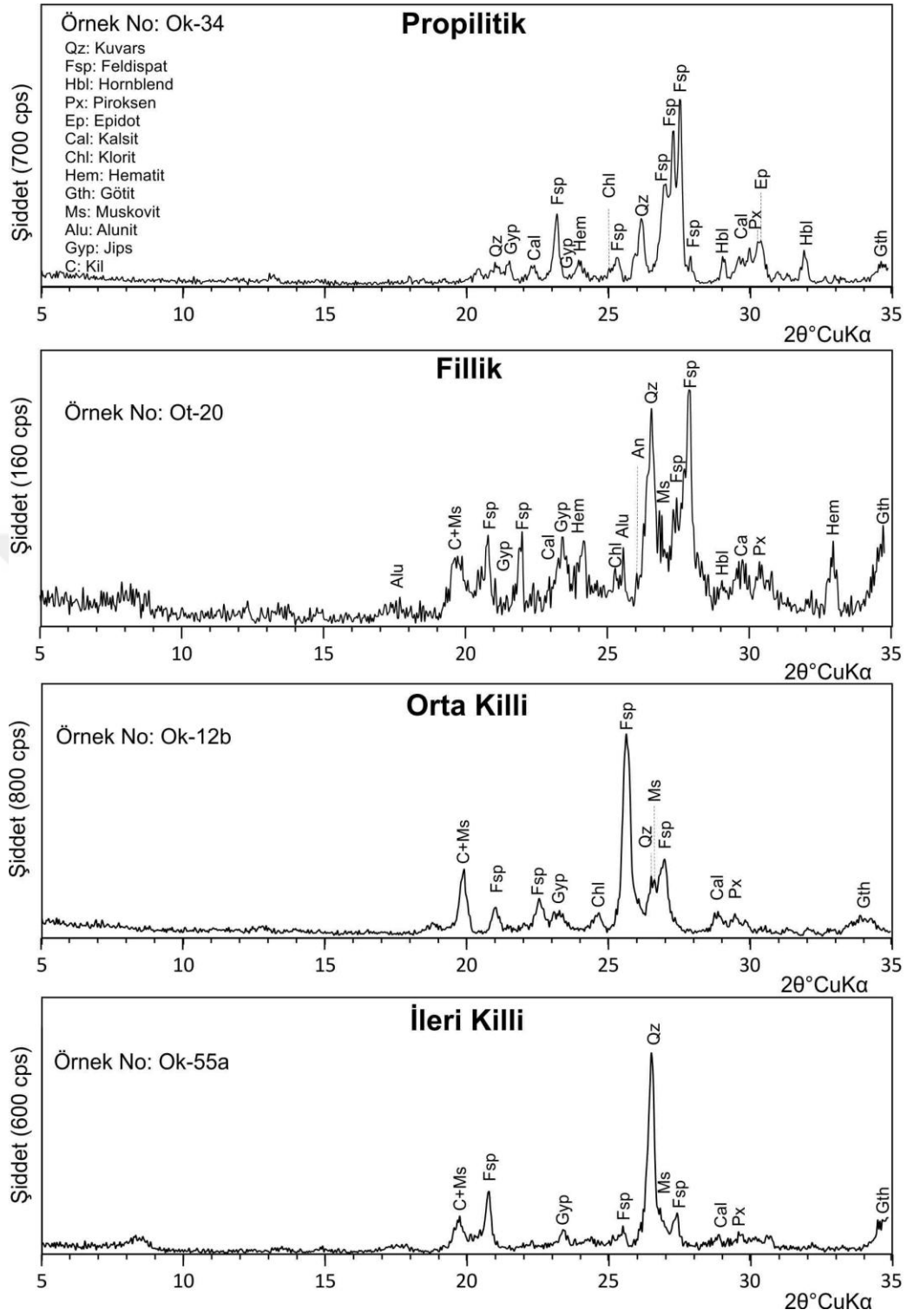
4.3.1. Tüm Kayaç XRD incelemeleri

İncelenen örneklerde kayaç oluşturan birincil mineraller olarak; feldispat, hornblend ve piroksen, alterasyon sonucu olarak oluşmuş ikincil mineraller olarak; kuvars, kalsit, serizit, epidot, dolomit, klorit, analsim (zeolit grubu), alünit, hematit, pirit, götit ve turmalin belirlenmiştir (Şekil 4.3). Analizlerde tespit edilen mineral yüzdeleri, her örnek için ayrı ayrı değerlendirilerek belirlenmiştir. Birincil minerallerden feldispatların bolluğu, iki örnek dışında (OK-206b ve OD-90) tüm örneklerde %1 ile %96 arasında değişmektedir. Hornblend ve piroksen, örneklerin çoğunluğunda tespit edilmiş olup bollukları sırasıyla %1 - %10 ve %1 - %13 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.1. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin XRD-tüm kayaç ve XRD-kil fraksiyonu incelemeleri ile belirlenmiş mineral içerikleri

% İçeriği	TÜM KAYAÇ															KİL FRAKSİYONU					
	Feldispat	Kuars	Hornbled	Piroksen	Epidot	Kalsit	Dolomit	Klorit	Analsim	Serpantin	Alunit	Serizit	Kil (*)	Hematit	Pirit	Götit	Turmalin	Kaolinit	İllit	Klorit	Smektit
Örnek No																					
OK-7	37	5	4	7	8	1	2	10	-	6	-	-	12	4	4	-	-				
OK-12b	8	2	-	3	3	-	-	6	3	5	-	37	29	2	3	-	-				
OK-34	43	-	4	12	11	2	1	6	5	3	7	-	4	2	7	-					
OK-35	40	3	4	11	8	1	2	7	2	8	-	-	8	5	-	-					
OK-41b	13	4	5	3	-	1	1	5	2	4	-	23	20	5	8	6	-				
OK-47b	22	1	1	2	2	-	-	-	3	2	-	34	24	-	2	-	-				
OK-55a	13	17	-	6	-	2	-	-	-	-	-	-	50	-	-	12	-	-	100	-	-
OK-59	18	5	1	4	2	1	-	6	-	3	-	44	6	2	2	5	-				
OK-68b	26	18	-	5	-	1	-	9	-	-	-	-	34	-	-	8	-				
OK-88	26	4	2	5	3	1	1	6	-	4	-	31	6	5	2	3	-				
OK-108	48	2	-	13	4	3	1	10	-	8	-	-	-	4	-	7	-				
OK-111a	7	3	5	3	2	1	1	-	10	3	1	36	13	2	7	7	-				
OK-118	16	3	5	3	2	1	-	13	10	4	2	-	22	2	9	8	-				
OK-134	14	1	2	4	-	1	-	6	-	3	2	25	32	1	3	5	-				
OK-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
OK-149	3	19	-	-	-	-	-	7	-	-	-	48	4	7	12	-	19	14	9	59	
OK-153	19	6	-	6	-	1	2	10	2	6	1	19	10	12	3	3	-				
OK-193	53	2	3	9	4	1	1	6	-	9	-	-	-	5	-	6	-				
OK-198	45	2	5	12	-	2	-	-	-	3	20	-	-	-	-	6	-				
OK-201	56	3	-	8	-	2	-	7	7	-	4	-	-	3	-	9	-				
OK-202	26	5	6	7	5	-	1	10	-	10	2	-	10	7	3	4	-				
OK-206b	-	-	6	4	-	1	-	13	14	4	1	25	24	2	-	6	-				
OK-215a	16	8	3	4	3	1	-	8	2	5	1	-	30	7	4	9	-				
OK-215b	16	1	5	5	5	1	1	6	1	6	2	35	9	5	-	3	-				
OK-216	72	1	5	6	6	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-				
OK-224	40	5	-	-	3	-	-	13	7	3	-	-	12	-	-	5	-				
OK-225	25	3	10	8	11	-	-	-	-	9	2	-	9	-	-	-	-				
OK-228	59	6	-	4	-	1	-	13	4	-	-	-	-	-	-	13	-				
SZ-90	34	5	-	5	4	1	-	14	8	3	-	-	13	-	8	5	-				
SZ-99	23	4	3	2	4	1	1	7	-	6	1	24	17	5	-	3	-				
SZ-182	7	1	2	1	8	1	-	7	1	5	1	54	7	2	1	2	-				
SZ-206-2	13	6	5	4	11	1	-	19	1	16	1	-	14	3	2	3	-	15	7	78	78
SZ-342																		14	8	77	77
SZ-385	13	5	4	3		1	6	20		4	2	14	17	4	2	4	-	23	34	44	44
OS-8	32	1	-	6	3	1	1	9	5	9	3	-	21	4	-	6	-	23	-	77	77
OS-92	24	3	2	4	6	6	10	5	1	4	1	23	15	5	2	3	-				
OS-136	11	6	3	-	9	-	2	10	-	-	2	31	20	5	-	2	-	11	21	68	68
OS-177	13	6	5	2	18	3	3	9	1	-	1	16	12	5	2	3	+				
OT-20	11	3	2	5	3	1	1	6	2	-	1	37	20	4	2	3	-				
OT-80	7	9	2	-	-	1	-	6	2	-	1	25	35	3	3	5	-				
OT-100	7	9	3	-	-	1	-	6	2	-	1	24	35	3	3	5	-	18	6	75	75
OT-160	7	8	2	2	7	5	1	8	2	4		21	21	3	3	5	-				
OT-222	18	5	4	4	4	2	1	7	3	5	2	24	17	-	3	4	-				
OT-262	21	4	4	5	3	3	1	6	1	15	1	24	7	3	-	3	-				
OT-305	19	4	5	4	4	1	-	5	2	7	2	33	7	-	4	2	-				
OT-334	9	6	4	5	2	1	1	-	2	-	2	17	35	7	3	5	-				
SK-191	11	18	-	8	-	-	-	14	-	8	2	-	27	3	-	9	-				
SK-264	18	2	3	6	3	1	1	10	2	7	1	23	11	6	5	3	-	16	49	35	35
OD-90	-	1	-	-	15	-	4	-	-	2	-	69	9	-	-	-	-				
OD-160	10	2	1	1	5	-	-	3	1	2	1	61	9	3	2	1	-				
OD-243	5	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	36	-	-	6	-				
OD-251	1	8	-	6	6	-	-	-	-	-	-	13	52	-	-	5	-				

(*) Ayrılmamış toplam kil içeriği



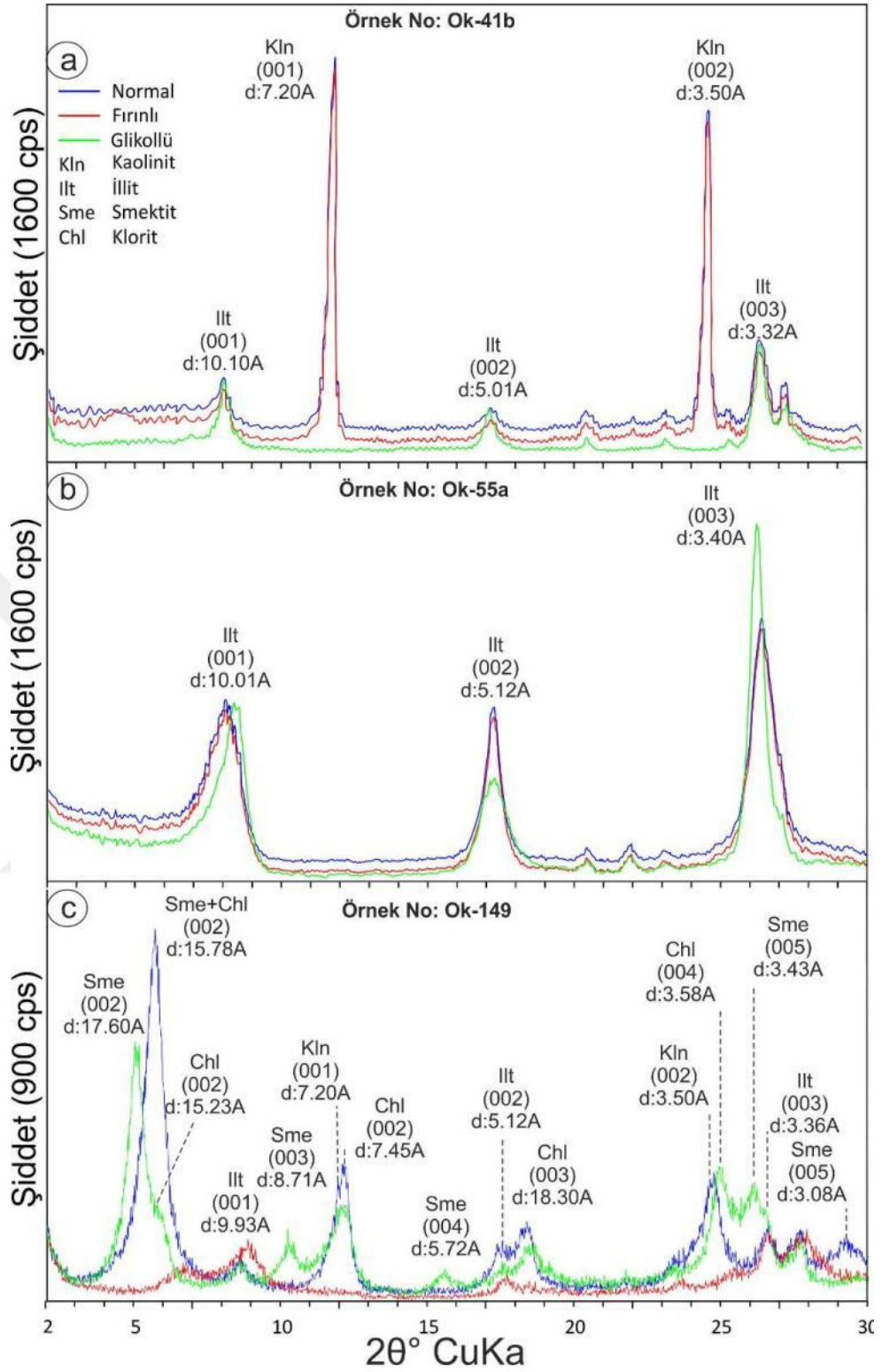
Şekil. 4.3. Alterasyon zonlarını temsilen seçilmiş örneklere ait XRD- tüm kayaç diyagramlarında tanımlanmış mineral pikleri; a. Propilitik alterasyon zonu, b. Fillik alterasyon zonu, c. Orta killi alterasyon zonu, d. İleri killi alterasyon zonu.

İkincil minerallerin varlığı ve miktarları hidrotermal alterasyon derecesine bağlı olarak değişmekte olup örneklerin geneline bakıldığında; serizitleşme ve killeşme artıka feldispat miktarında, kloritleşme ve hematitleşme (FeOH türevleri) artıka hornblend ve piroksen gibi mafik minerallerin miktarlarında azalmalar gözlenmektedir. Kayaç oluşturan mineraller arasında kuvars feno kristalleri bulunmamakta olup belirlenmiş kuvars içeriklerinin mikroskopik ve makroskopik incelemeler sırasında gözlemlenememiş kuvars damarcıklarından kaynaklandığı ve ikincil oluşumlar oldukları kabul edilmiştir. Epidot, kalsit, dolomit ve zeolit (analsim) oluşumları tespit edilmiş olup makroskopik ve mikroskopik olarak kayaç oluşturan minerallerin dönüşüm ürünleri olarak ve kılcal çatlaklar içinde damarcıklar şeklinde de gözlenmektedirler. Alunit, yüzeyden alınan örneklerde düşük miktarlarda az miktarlarda, sondajlardan alınmış örneklerde ise bol miktarda bulunmakta ve derine doğru gidildikçe miktarlarında artış gözlenmektedir. Hematit oluşumları saha çalışmalarında ve petrografik çalışmalarda örneklerin genelinde damarcıklar ve/veya boyamalar şeklinde gözlenirken, pirit oluşumları fillik ve killi alterasyon zonlarından alınmış örneklerde makroskopik olarak bile tespit edilebilmektedir. Turmalin oluşumları sondaj örneklerinin derin kısımlarında kuvars-jips-anhidrit damarcıklarının içerisinde tespit edilmiştir.

4.3.2. Kil Fraksiyonu XRD İncelemeleri (XRD-CF)

Tüm kayaç XRD sonuçlarında kil minerallerinin varlığı belirlenmiş örnekler arasından seçilmiş 20 adet örnekte kil ayırma işlemleri yapılmış, bunlardan yalnızca 10 tanesinde incelemeler için yeterli miktarda kil fraksiyonu elde edilebilmiş ve XRD diyagramları çekilmiştir. Bu örneklerde kil mineralleri olarak; kaolinit, illit, klorit ve smektit tespit edilmiştir.

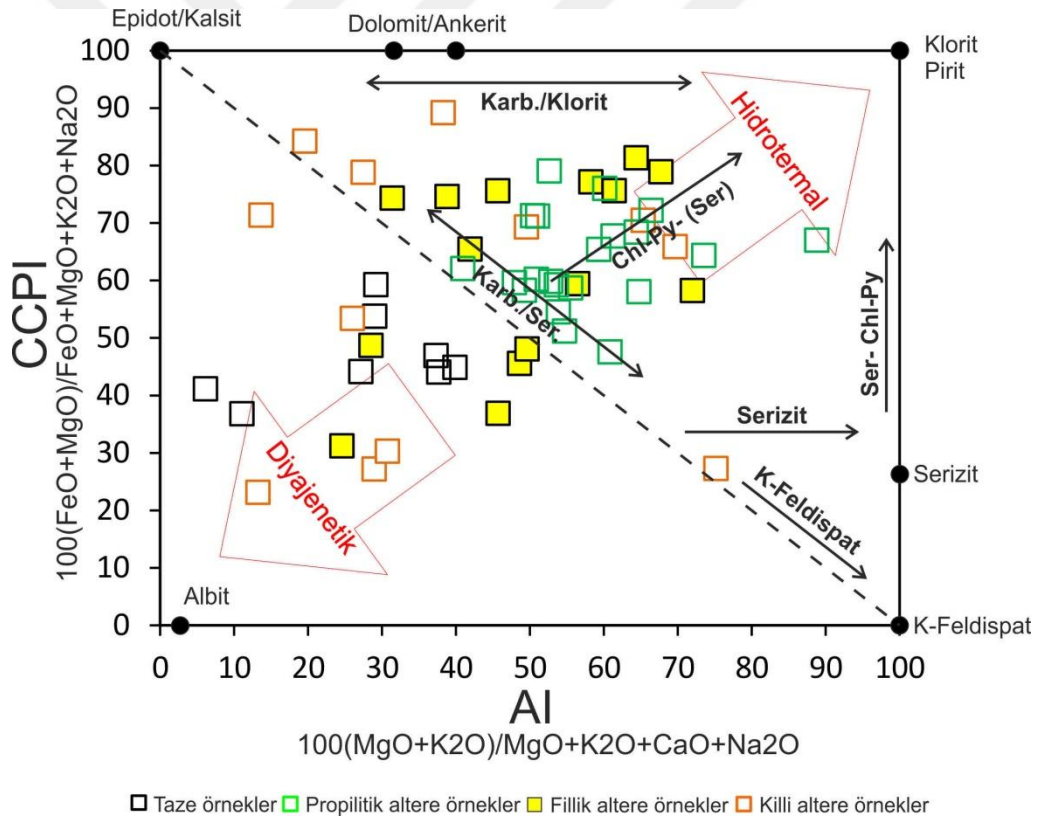
Yüzeyde, ileri killi (arjillik) alterasyon alanları olarak tanımlanmış alanlardan alınmış örneklerde kaolinit ve illit, sondajların farklı derinliklerinden alınmış örneklerde ise kaolinit ve illitlerin yanısıra klorit ve smektit belirlenmiştir (Şekil 4.4)



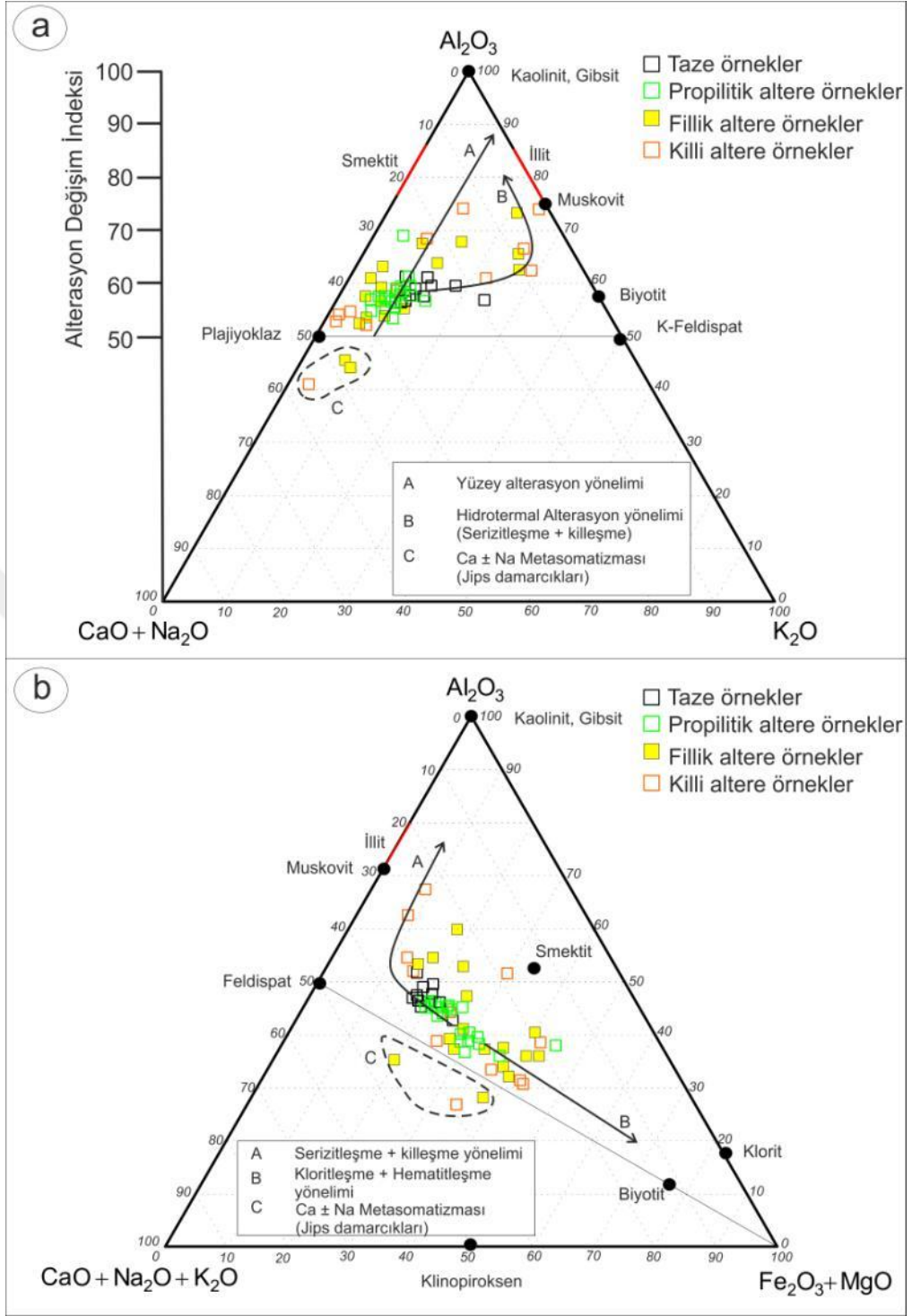
Şekil 4.4. XRD- kil fraksiyonu diyagramlarında belirlenmiş mineraller (Kln:kaolen, Illit: illit, Sme: simektit, Chl: klorit pikleri) (a ve b: İleri killi alterasayon, c: Orta killi alterasyonlu örnek).

4.4. Jeokimyasal Verilerle Alterasyon İncelemesi

Alterasyon türlerinin belirlenmesinde ve nedenlerinin incelenmesinde jeokimyasal verilerden de yaygın bir şekilde yararlanılmaktadır. Karataş Volkanitleri'nden alınmış örnekler için kimyasal analiz sonuçları (Large vd. 2001) tarafından geliştirilmiş Al - CCPI ikili diyagramı üzerinde değerlendirildiğinde örneklerin büyük çoğunluğu hidrotermal alterasyon alanı içerisinde düşmektedir (Şekil 4.5). Nesbitt ve Young, (1982) tarafından geliştirilen alterasyonun kimyasal indeksi diyagramlarında hidrotermal alterasyon yönelimi (serizitleşme + killeşme) ve kloritleşme - hematitleşme yönelimi şeklinde iki farklı yönelim gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 4.6). Diyagramlara göre, inceleme alanından toplanan bazı killi ve serizitli örneklerin diyajenetik alanlara düşmesi bu örneklerin hidrotermal alterasyonun yanısıra volkanizmanın geliştiği sulu ortam içinde ve sonrasında gelişen diyajenetik evrede gelişen alterasyondan da etkilendiği şeklinde yorumlanabilir. Gaz boşluklarında mikroskopik incelemeler sırasında belirlenmiş klorit ve zeolit oluşumları bu olasılığı desteklemektedir.



Şekil 4.5. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Large vd. (2001) tarafından geliştirilen alterasyon diyagramı üzerindeki konumları.



Şekil 4.6. Karataş Volkanitleri'ne ait örneklerin Nesbitt ve Young (1982) tarafından geliştirilmiş alterasyon diyagramları üzerindeki konumları.

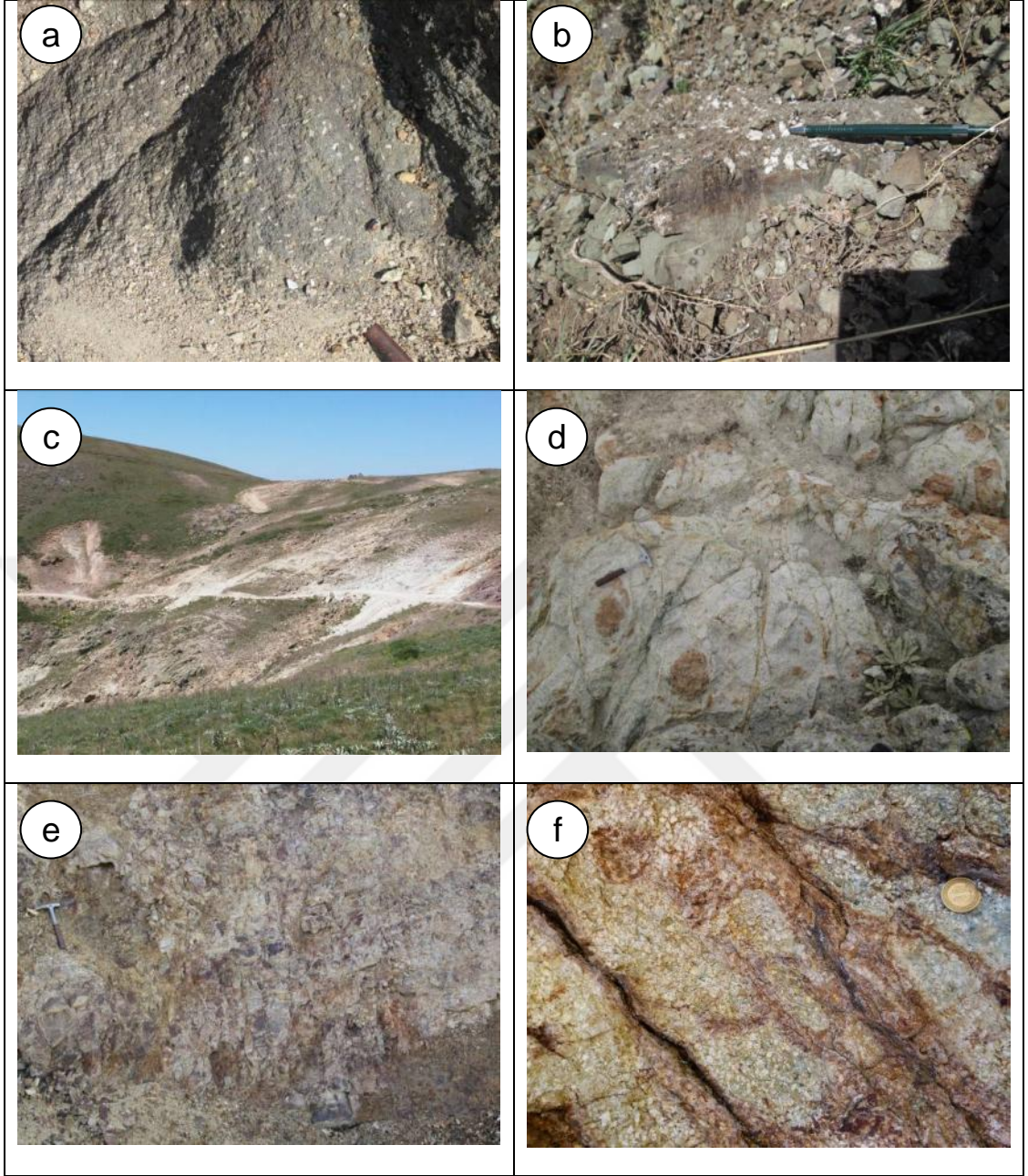
4.4. Yüzey Örneklerinde Alterasyon Bulguları

Önceki bölümlerde anlatıldığı gibi; inceleme alanı içinde Karataş Volkanikleri ve Köseadağ Siyeniti yüzeylemekte olup bozunmamış yüzlelerde; Köseadağ Siyeniti, iri alkali feldispat ortoklaz kristalleri nedeniyle pembemsi gri renk tonlarında, Karataş Volkanitleri'nin bazaltik ve bazaltik andezitik kesimleri ise koyu gri – siyah renk tonlarında, andezitik ve trakiandezitik kısımları ise gri – morumsu gri renk tonlarında, gözlenmektedirler. Belirtilen volkanik kayaç türleri, Ağmaşat Yaylası çevresinde, hidrotermal çözeltiler ve yüzeysel koşullar etkisiyle alterasyon geçirmiş olup yeşilimsi gri (propilitik alterasyon zonu), açık gri - kirli beyaz (killi alterasyon zonu) ve killi altersyon zonu içinde sarımsı – kahverengi tonlarında (limonitli ve hematitli alterasyonlar) alterasyon damarcıkları / dolguları gelişmiştir (Şekil 4.7).

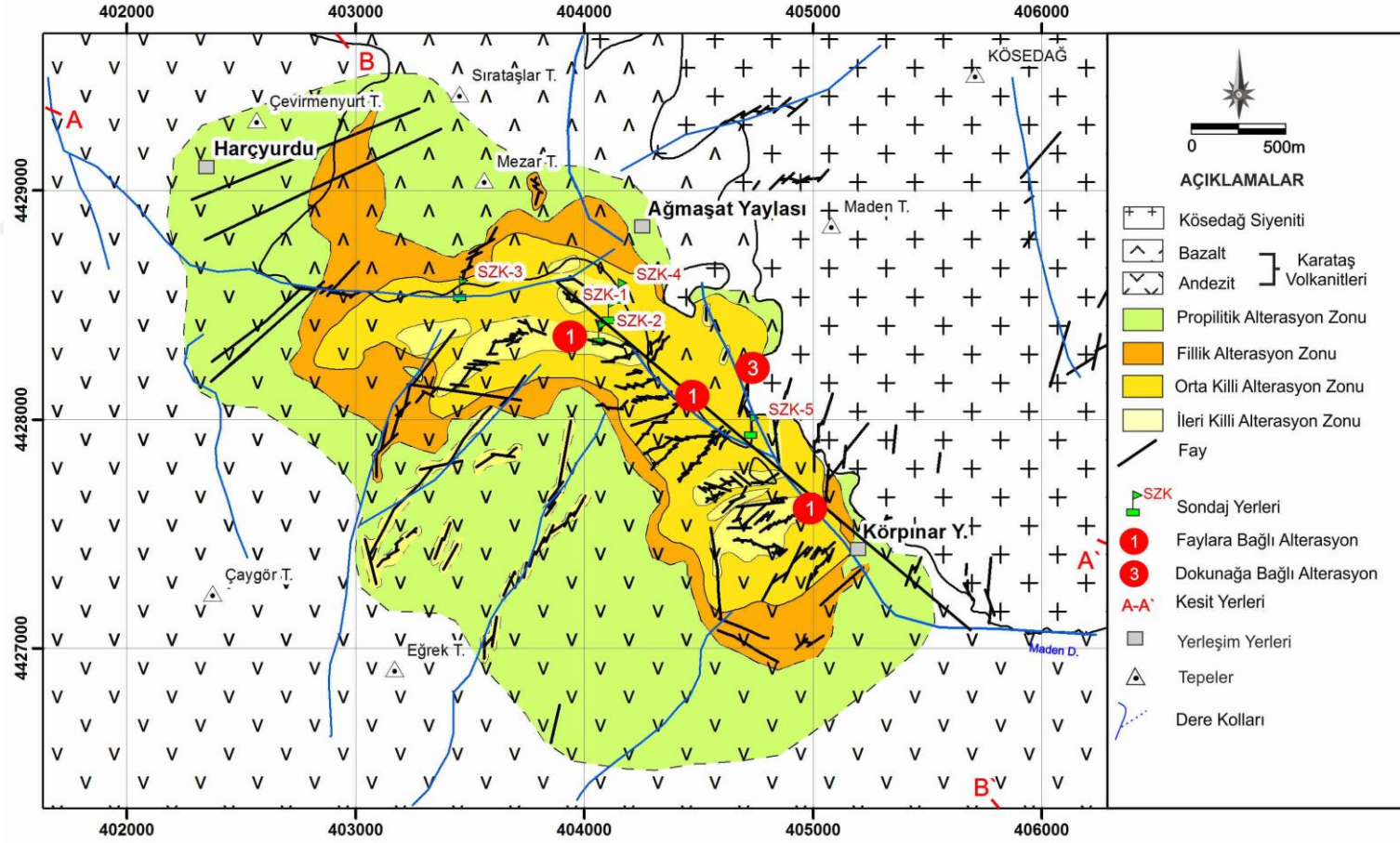
Alterasyon zonlarının yayılımını belirleyebilmek ve sınırlarını çizilebilmek için merkezden başlayarak dışa doğru, topoğrafik harita üzerinde 50m aralıklı eş yükseklik eğrileri üzerinde yürünerek ve yerel değişiklikler dikkate alınarak mümkün olduğu kadar sık aralıklı olacak şekilde örnekler toplanmıştır.

Yüzeyden alınmış örneklerde yapılan incelemelerle belirlenmiş alterasyon zonlarının sahadaki yayılımları Şekil 4.8 'de görüldüğü şekilde haritalanmış olup alterasyon zonlarının hem andezitik hem de bazaltik kayaçları etkilediği, Karataş Volkanikleri ile Köseadağ Siyeniti'nin dokunağına yakın yerlerde geliştiği ve özellikle de fay zonlarının yakınlarında miktar olarak artış, derece olarak ta ilerleme gösterdiği görülmektedir.

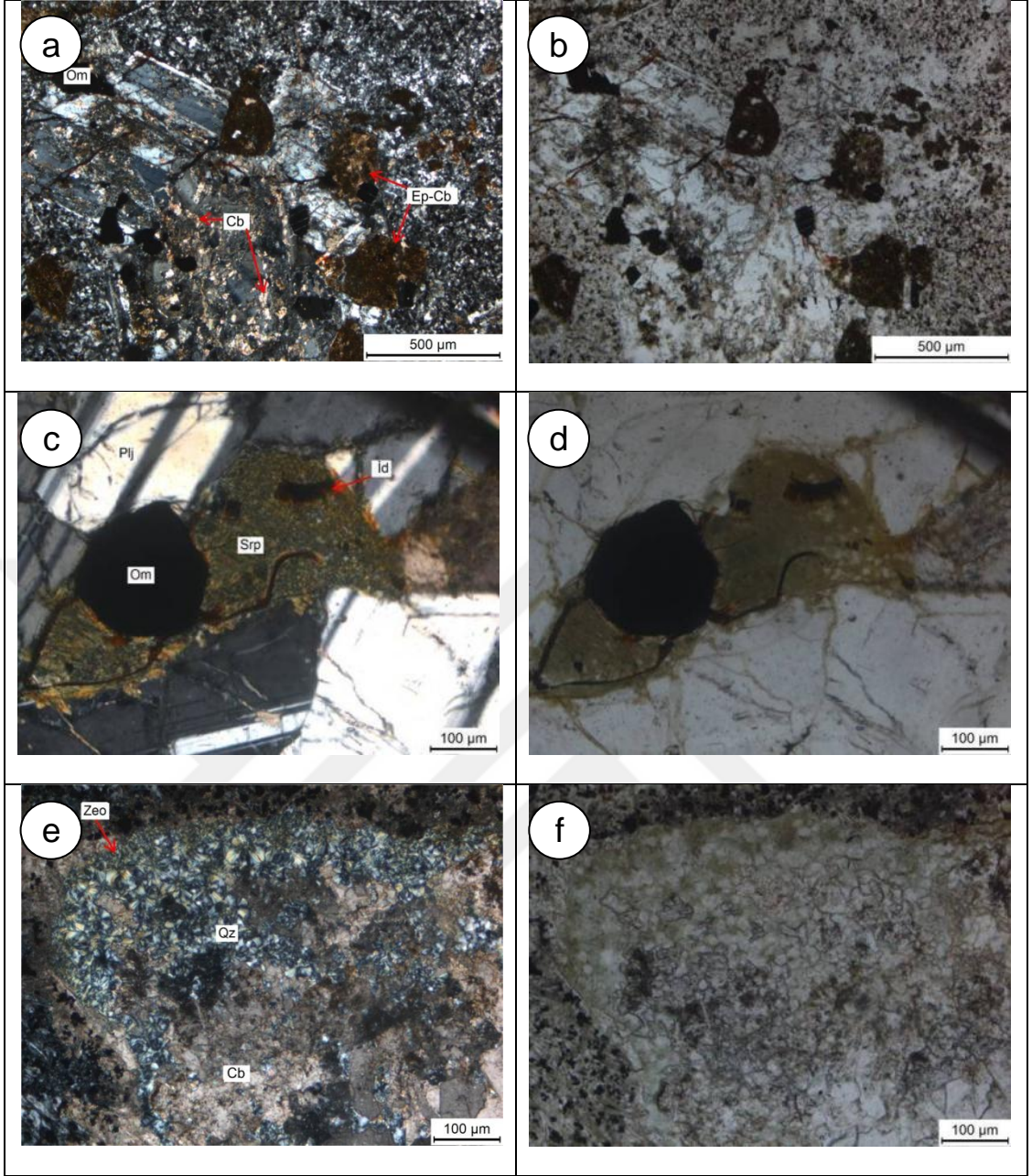
Propilitik alterasyon zonu, sahada geniş bir alan kaplamakta olup yeşilimsi gri renk tonları ile karakteristiktirler. Yeşilimsi renk tonu dıştan içe doğru artmaktadır. Özellikle, kloritik alterasyon nedeniyle bu renk tonunun geliştiği görülmektedir. Belirtilen kayaçların bileşimlerinde bulunan mafik minerallerin kloritleşmesi yüzeysel koşullar etkisi ile de gelişebildiği için makroskopik olarak sahada ayırım zor olmuş mikroskopik incelemeler ile epidot içeren örneklerin alındığı kısımlar propilitik alterasyon zonu olarak tanımlanmıştır. Bu zondan alınmış örneklerde; plajiyoklazlarda karbonatlaşma ve epidotlaşma, koyu renkli minerallerde kloritleşme, serpantinleşme, iddingsitleşme, opasitleşme, gaz boşlukları içinde zeolit, ikincil kuvars (silisleşme) ve karbonat oluşumları gözlenmiştir. Ayrıca bu zon içinde gelişmiş fay zonları içinden ve yakınlarından alınmış örneklerde orta ve ileri derecede killeşmeler ile kılcal damarcıklar halinde ikincil kuvars oluşumları gözlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.7. İnceleme alanı içinde değişik alterasyon zonlarından görünüşler; (a-b) Yeşilimsi gri renkli propilitik alterasyon zonu (c-d) Açık gri beyaz renkli killi alterasyon zonu (e-f) Killi alterasyon zonu içinde sarımsı kahverengimsi hematit/limonit alterasyon damarcıkları

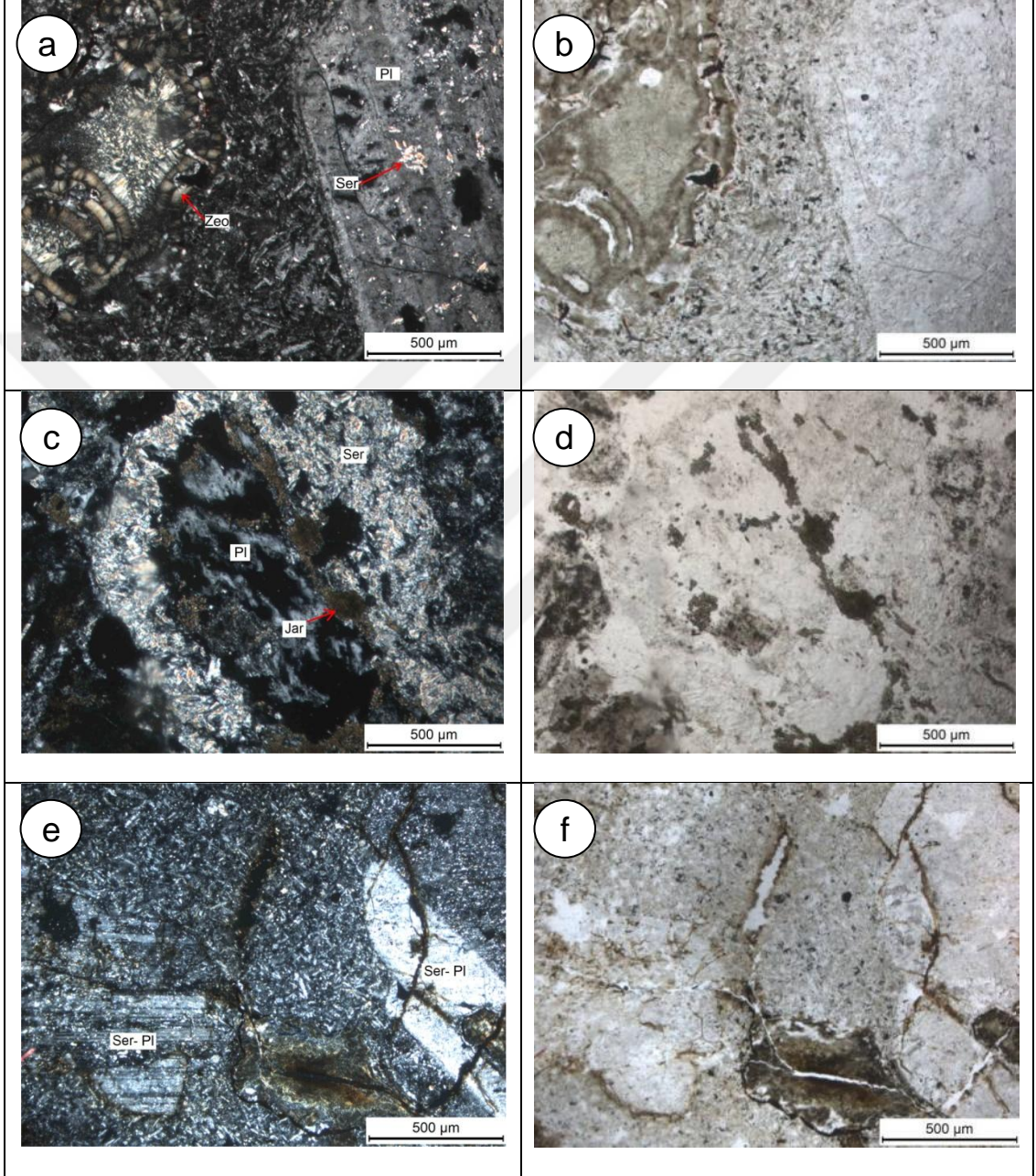


Şekil 4.8. İnceleme alanında alterasyon zonlarının dağılım haritası.



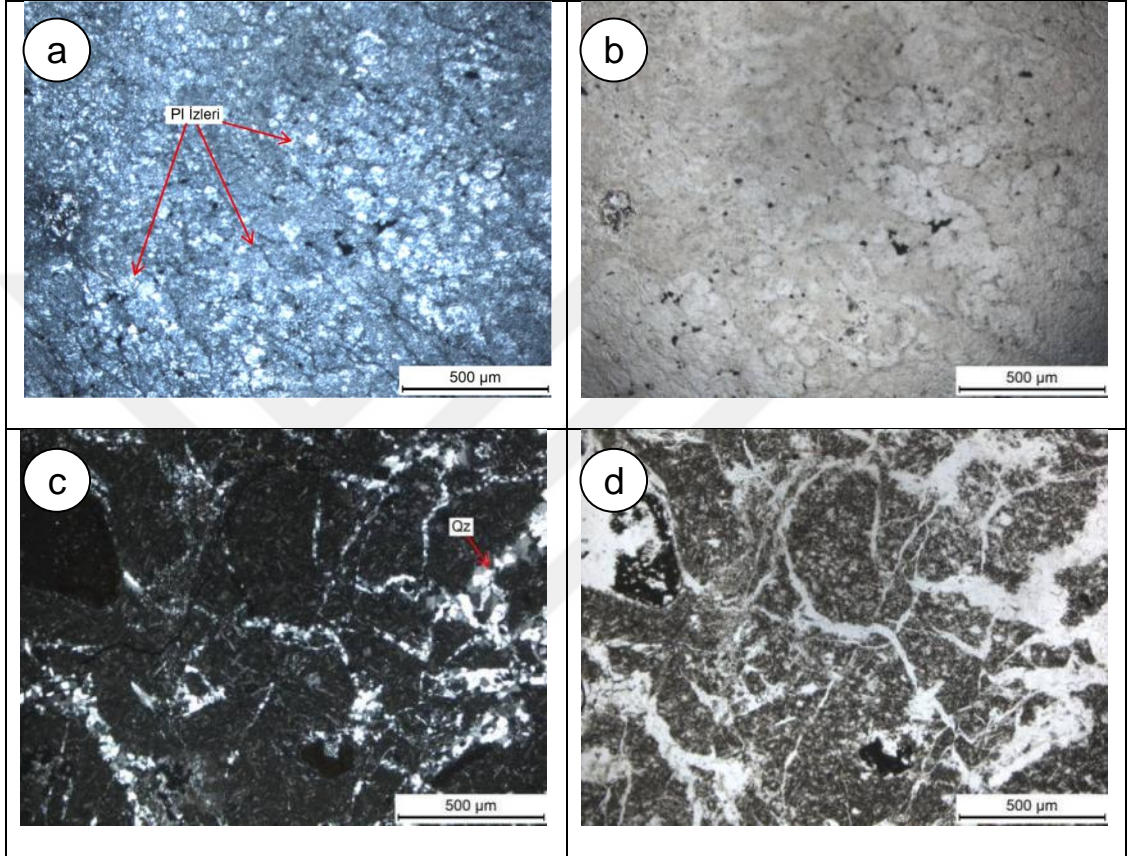
Şekil 4.9. Yüzye propilitik alterasyon zonundan alınmış örneklerden mikroskopik görüntüler; (a-b) Karbonatlaşma ve epidotlaşma (Örnek No: OK-227, ÇN-TN), (c-d) Olivinlerde serpantinleşme ve iddingsitleşme (Örnek No: OK-225, ÇN-TN), (e-f) Gaz boşluklarında oluşmuş zeolit ve silisleşme ve karbonatlaşma (Örnek No: OK-225, ÇN-TN) (Om= Opak mineral; Ep= Epidotlaşma; Cb= Karbonat; İd= İddingsitleşme; Srp= Serpantinleşme; Zeo=Zeolitleşme; Qz= Kuvars)

Dıştan içe doğru gidildikçe epidotların azalması ile daha açık renkli fillik zona geçilmektedir. Bu zon özellikle plajiyoklaz kristallerinin değişik derecelerde serisitleşmesi ile karakteristik olup yer yer ise killeşme ve gaz boşlukları içinde zeolit oluşumları da görülmektedir (Şekil 4.10). Bu zonda da fay zonlarına yaklaştıkça ve fay zonları içinde alterasyon ilerlemekte ve killeşme oranı artmaktadır.



Şekil 4.10. Yüzeyle fillik alterasyon zonundan alınmış örneklerden mikroskopik görüntüler; (a-b) Serisitleşmiş plajiyoklazlar ve boşluklarda zeolit oluşumları (Örnek No:Ok-209, İnce kesit, ÇN-TN), (c-d) Serizitleşmiş plajiyoklazlar ve ve jarosit oluşumları (Örnek No: OK-33, İncekesit, ÇN-TN), (e-f) Serizitleşmiş plajiyoklazlar (Örnek No: OK-205b, İncekesit, ÇN-TN) (Pl= Plajiyoklaz; Ser= Serizitleşme; Zeo= Zeolitlenme; Jar= Jarosit)

Plajiyoklazlarda killeşme derecesinin % 50 yi geçtiği ve montmorillonit ve illitlerin hakim olduğu örneklerin alındığı yerler orta killi, kaolenleşmenin % 50'den fazla olduğu yerler ise ileri killi alterasyon zonları olarak ayrılmışlardır. Bu zonlar, sahada, grimsi ve sarımsı kirlili beyaz renklerde gözükmetedirler. Bu zonlardan alınmış örneklerde fenokristallerin ve hamurun ileri derecede bozunduğu, bozunma sırasında açığa çıkan silisin yer yer ikincil kuvars ve kalsedonlar şeklinde gaz boşlukları ve kılcal çatlaklar içinde çöktüğü görülmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Yüzeyde orta killi ve ileri killi alterasyon zonlarından alınmış örneklerden mikroskopik görünüşler; (a-b) Tamamen killeşmiş matriks, plajiyoklaz feno kristal izleri (Örnek No: OK-24, İncekesit, ÇN-TN), (c-d) Boşluk ve kılcal çatlaklar içinde gelişmiş kuvars zenginleşmeleri (Örnek No: OK-47a, İnce kesit, ÇN-TN) (Pl= Plajiyoklaz; Qz= Kuvars)

Orta ve ileri killi alterasyon zonları, Karataş Volkanikleri ile Köseadağ Siyeniti dokunağı boyunca ve özellikle fay zonları yakınlarında yoğunlaşmakta olup Körpınar Yaylası ile Ağmaşat Yaylası arasındaki Maden Deresi vadisinin batı yamacı boyunca, güneyden kuzeye doğru yaklaşık 1500m uzunlukta ve 500m genişlikte bir zon halinde konumlandığı ve SZK-2 Nolu sondaj noktasından itibaren batıya doğru yönelerek 1500m kadar daha devam ettiği görülmektedir. Belirtilen, orta ve ileri killi alterasyon zonlarının hidrotermal çözeltiler etkisiyle gelişmiş ve fillik alterasyon zonuna göre daha ileri bir alterasyon zonumu (daha iç bir alterasyon zonumu) olduğu yoksa propillitik ve fillik alterasyon zonu minerallerinin yüzey sularının etkisiyle bozunması sonucu oluşmuş yüzeysel alterasyon ürünlerimi (örtü şeklinde mi) olduğu tam olarak anlayamamıştır. Bu zonların yayılımı ve sarı – kahverengi renkli limonitik ve hematitik bantlar ve dolgular (piritlerin ve mafik minerallerin ileri derecede bozunması ürünü) içermeleri. ikinci olasılığı artırmaktadır. Bir sonraki bölümde değinileceği gibi, yüzeyde killi alterasyon zonlarında başlayan sondajların birkaç metre sonra fillik alterasyon zonlarına girmeleri de bu olasılığı desteklemektedir. En azından, bu zonlar hidrotermal çözeltiler etkisiyle oluşmuş olsalar dahi yüzeysel koşulların etkisiyle bozunmanın ilerlediği söylenebilir.

4.5. Sondajlardan Alınmış Karot Örneklerinde Alterasyon Bulguları

Alterasyonun yoğun olarak gözlemlendiği killeşme zonu içerisinde MTA Genel Müdürlüğü elemanları tarafından 5 farklı noktada ve derinlikleri 200-387 m arasında değişen sondajlar yapılmış (SZK-1, -2, -3, -4 ve -5 Nolu) olup bu sondajlara ait karotlardan yaklaşık olarak 10 m. aralıklarla ve özelliklerin değiştiği noktalar dikkete alınarak temsili örnekler alınmıştır. Bu örneklerden temsili olarak 117 adet incekesit hazırlanmış ve polarizan mikroskop yöntemleri ile incelenerek ve bazılarının XRD diyagramları çekilerek alterasyon özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Sondajlar, yüzeyde killi alterasyon zonları içinde başlamış, propillitik ve fillik alterasyon zonlarını keserek devam etmiştir. Sondajların, fillik alterasyon zonu içinde kalan kısımlarında değişik seviyelerde ve farklı kalınlıklarda orta ve ileri killi alterasyon zonlarını kestiği görülmüştür. Orta ve ileri killi alterasyon zonlarının konumları komşu sondajlar arasında yapılan korelasyonlarla yorumlanmaya ve yüzeyde belirlenmiş fay zonları ile deneştirilmeye çalışılmış olup bu zonların yataya yakın konumlu ardalanmalar şeklinde oldukları, fay zonları ile eşleştirilemeyecekleri ve volkanikler içindeki; geçirimsizliği daha yüksek ve hidrotermal çözeltilerden daha çok etkilenmiş piroklastik seviyelere karşılık geldiği değerlendirilmiştir.

Karot örneklerinde; kayaç türlerine, fiziksel ve kimyasal alterasyonlara dayanımlarına göre renk, doku ve kimyasal bileşimlerinde değişimler meydana gelmiştir. Sondaj karotlarında bu makroskopik özellikler petrografi bölümünde resimlerle detaylı olarak anlatılmıştır. Kayaç grupları içerisindeki kırık - çatlak sistemleri ve gaz boşlukları, hidrotermal çözeltiler tarafından hem iyonlar halinde getirilen hemde alterasyonlara bağlı serbestleşen kuvars, karbonat, zeolit, epidot, klorit ve jipsler tarafından doldurulmuştur.

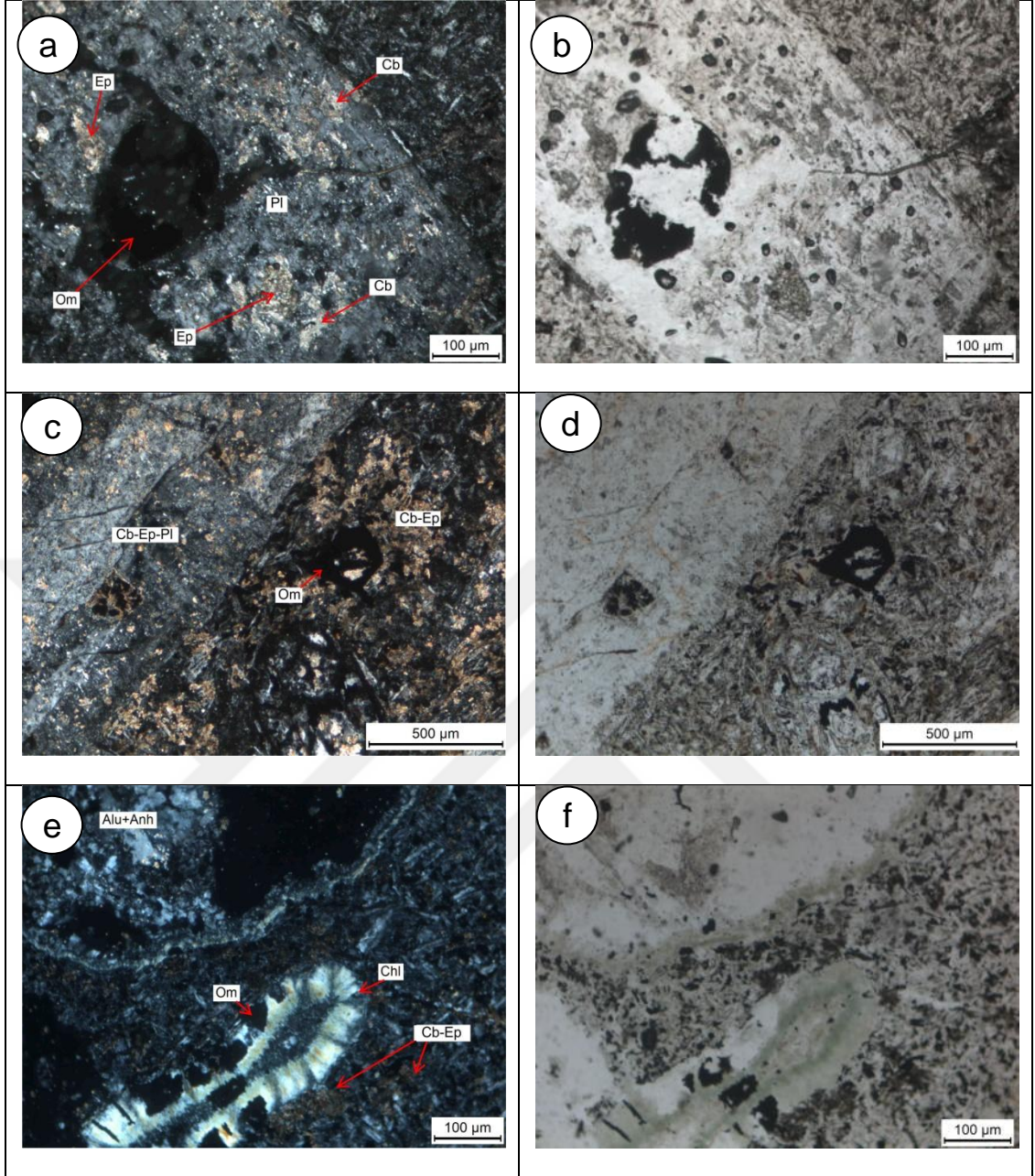
Sondajların propilitik alterasyon zonundan alınmış örneklerde plajiyoklaz fenokristallerinde ve mikrolitlerinde karbonatlaşma ve epidotlaşma hakim olup kırık-çatlak sistemlerinde ve gaz boşluklarında klorit, epidot ve jips oluşumları gözlenmiştir (Şekil 4.12).

Sondajların fillik alterasyon zonunu kestiği kesimlerde; plajiyoklazların serisitleştikleri, karbonatlaştıkları ve kısmen killeştikleri, koyu renkli minerallerin ise kloritleştikleri, matrisin karbonatlaştığı ve kloritleştiği, ayrıca ikincil jips oluşumlarının geliştiği görülmüştür (Şekil 4.13). Fillik alterasyon zonu içinde derine doğru inildikçe; ikincil kuvars, jips, anhidrit, turmalin ve opak mineral oluşumlarının yaygınlaştığı, çok az miktarlarda da olsa düşük dereceli potasik alterasyon zonu olarak tanımlanabilecek bir zona işaret eden ikincil ortoklaz (adularya?) ve ikincil biyotit (genellikle kloritleşmişler) oluşumlarının varlığı gözlenmiştir (Şekil 4.14 ve 4.15).

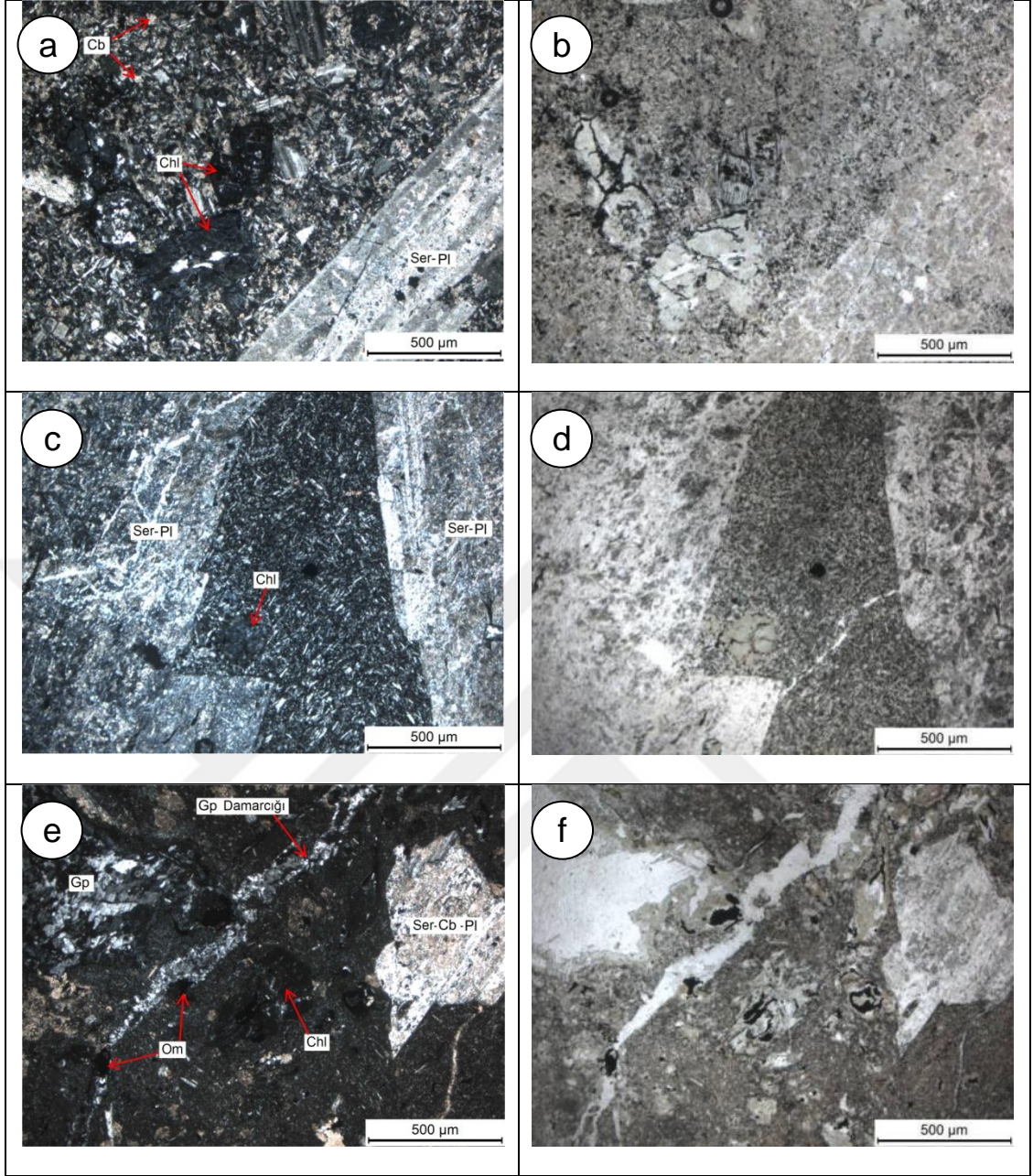
Alterasyon türlerinin yüzeydeki yayılımları daha önce Şekil 4.6 üzerinde gösterilmiş olup sondajlardan alınmış karot örneklerinde belirlenmiş özellikler yardımıyla Şekil 4.16' da görülen jeolojik kesitler hazırlanmıştır.

Jeolojik kesitler üzerinde; propilitik ve fillik alterasyon zonlarının sınırları Şekil 4.6'tan yararlanılarak çizilmiş olup hidrotermal çözelti faaliyetlerinin etkilerinin fazla olduğu iç kesimlerde fillik alterasyon zonu, az olduğu dış kesimlerde ise propilitik alterasyon zonu yer almaktadır.

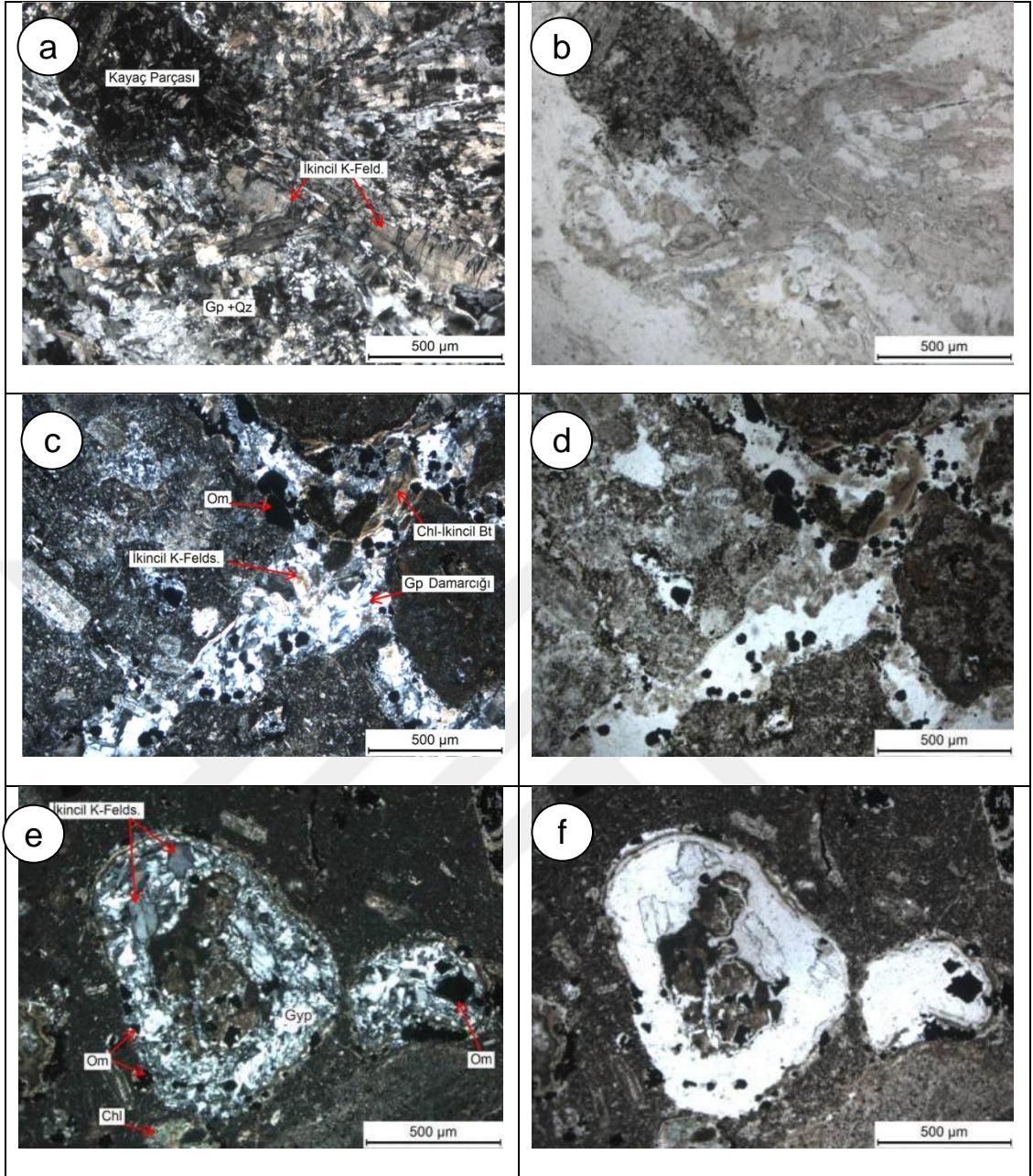
Diğer yandan, yukarıda belirtildiği gibi; sondajların, fillik alterasyon zonu içinde kalan kısımlarında değişik seviyelerde ve farklı kalınlıklarda orta ve ileri killi alterasyon zonlarını kestiği görülmüştür. Orta ve ileri killi alterasyon zonlarının konumları komşu sondajlar arasında yapılan korelasyonlarla yorumlanmaya ve yüzeyde belirlenmiş fay zonları ile deneştirilmeye çalışılmış olup bu zonların yataya yakın konumlu aralanmalar şeklinde oldukları, fay zonları ile eşleştirilemeyecekleri ve volkanikler içindeki; geçirimliliği daha yüksek ve hidrotermal çözeltilerden daha çok etkilenmiş piroklastik seviyelere karşılık geldiği değerlendirilmiştir.



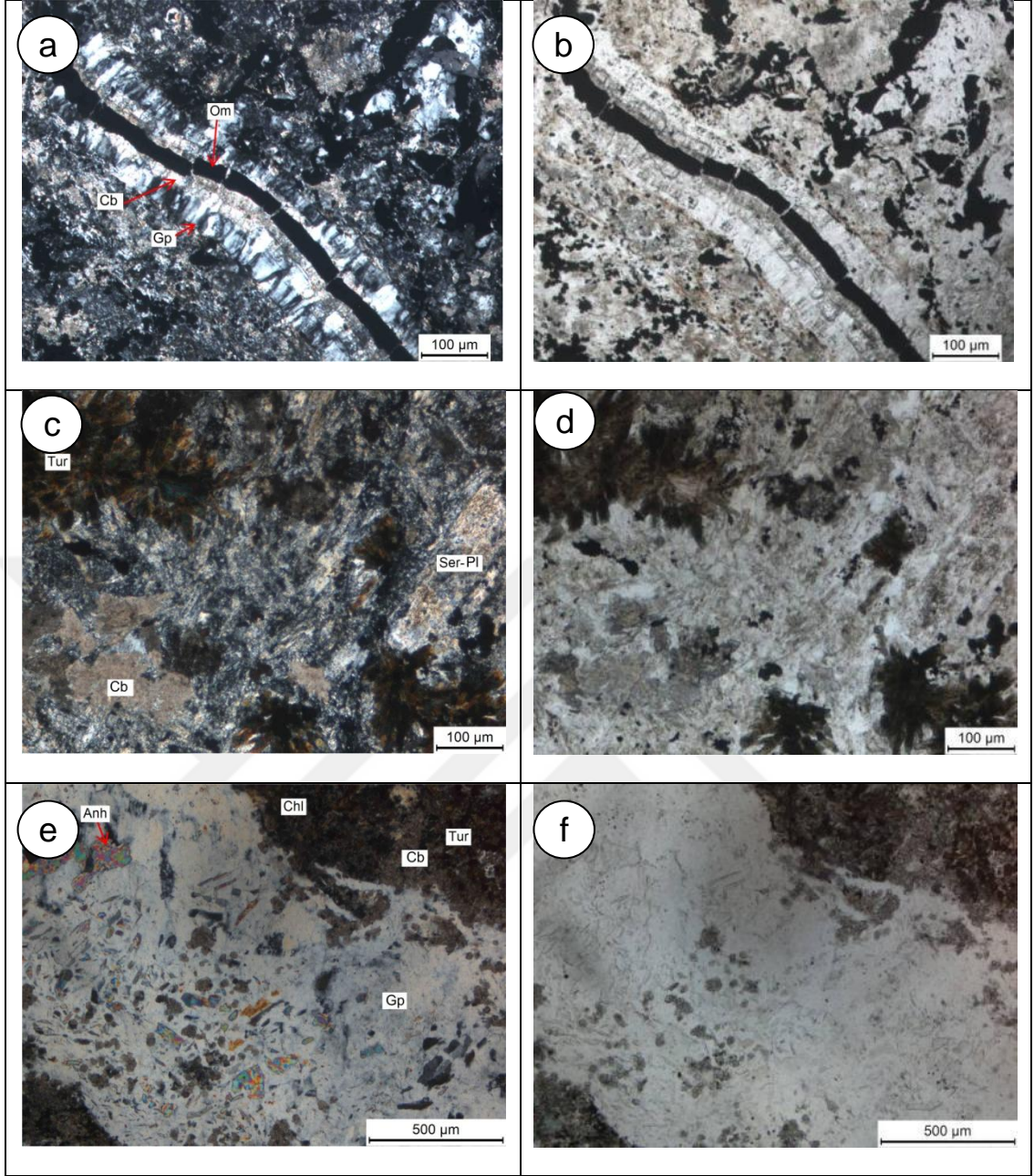
Şekil 4.12. Sondaların sığ kesimlerinde kesilmiş propilitik alterasyon zonuna ait incekesitlerden mikroskopik görüntüleri; (a-b) Karbonatlaşmış ve epidotlaşmış plajiyoklazlar (Örnek No: SZK-3-60 (OD-60), ÇN-TN), (c-d) Karbonatlaşmış ve epidotlaşmış plajiyoklazlar ve hamur içinde karbonat ve epidot oluşumları (Örnek No: SZK-2-87, ÇN-TN), (e-f) Hamur içinde karbonat ve epidot oluşumları ile boşluklarda jips klorit ve opak mineral dolguları (Örnek No: SZK-2-152 / OK152, ÇN-TN), (Pl=Plajiyoklaz; Cb= Karbonat; Ep= Epidot, Chl= Klorit; Gy= Jips; Om= Opak Mineral)



Şekil 4.13. Sondajlarda orta derinliklerde tespit edilen fillik alterasyon zonundan alınmış örneklerden hazırlanmış incekesitlerden mikroskopik görüntüler; (a-b) Serisitleşmiş plajiyoklazlar, kloritleşmiş mafik mineraller ve matrikste karbonatlaşmalar (Örnek No: Os-50-2, ÇN-TN), (c-d) Fillik alterasyon zonunda serisitleşmiş plajiyoklazlar ve kloritleşmiş mafik mineraller (Örnek No: Ot-124, ÇN-TN), (e-f) Serisitleşmiş plajiyoklazlar, kloritleşmiş mafik mineraller ve jips oluşumları (Örnek No: Ot-195, ÇN-TN) (Ser-Pi=Serizitleşmiş plajiyoklaz; Cb= Karbonat; Ep= Epidot, Chl= Klorit; Gp= Jips; Om= Opak Mineral)



Şekil 4.14. Sondajlarda kesilmiş fillik alterasyon zonunun derin kesimlerinden alınmış örneklere ait incekesitlerden mikroskopik görüntüleri; (a-b) Jips-kuvars damarcığı içerisinde ikincil feldispat oluşumları (Örnek No: OS-192, ÇN-TN), (c-d) Düşük dereceli potasik alterasyon zonu olarak tanımlanabilecek seviyelerden alınmış örneklerde jips , ikincil K-feldispat, ikincil biyotit ve opak mineral oluşumları (Örnek No: Ot-215, ÇN-TN), (e-f) Gaz boşluklarında jips, ikincil K-Feldispat, klorit ve opak mineral oluşumları (Örnek No: Ot-282, ÇN-TN) (Chl= Klorit; Gp= Jips; Bt= Biyotit, Qz= Kuvars, Om= Opak Mineral)



Şekil 4.15. Sondajların sonladırılan derinliklerine yakın kesimlerinden alınmış örneklerden hazırlanmış incekesitlerden mikroskopik görüntüleri; (a-b) Jips, kalsit ve opak mineral içeren damarcıklar (Örnek No: Ot-323, ÇN-TN), (c-d) Turmalin içeren seviye (Örnek No: SZK-385, ÇN-TN), (e-f) Turmalin oluşumları (Örnek No: SZK-355, ÇN-TN). (Tur= Turmalin, Anh= Anhidrit, Chl= Klorit; Gp= Jips, Cb: Karbonat, Om= Opak Mineral)

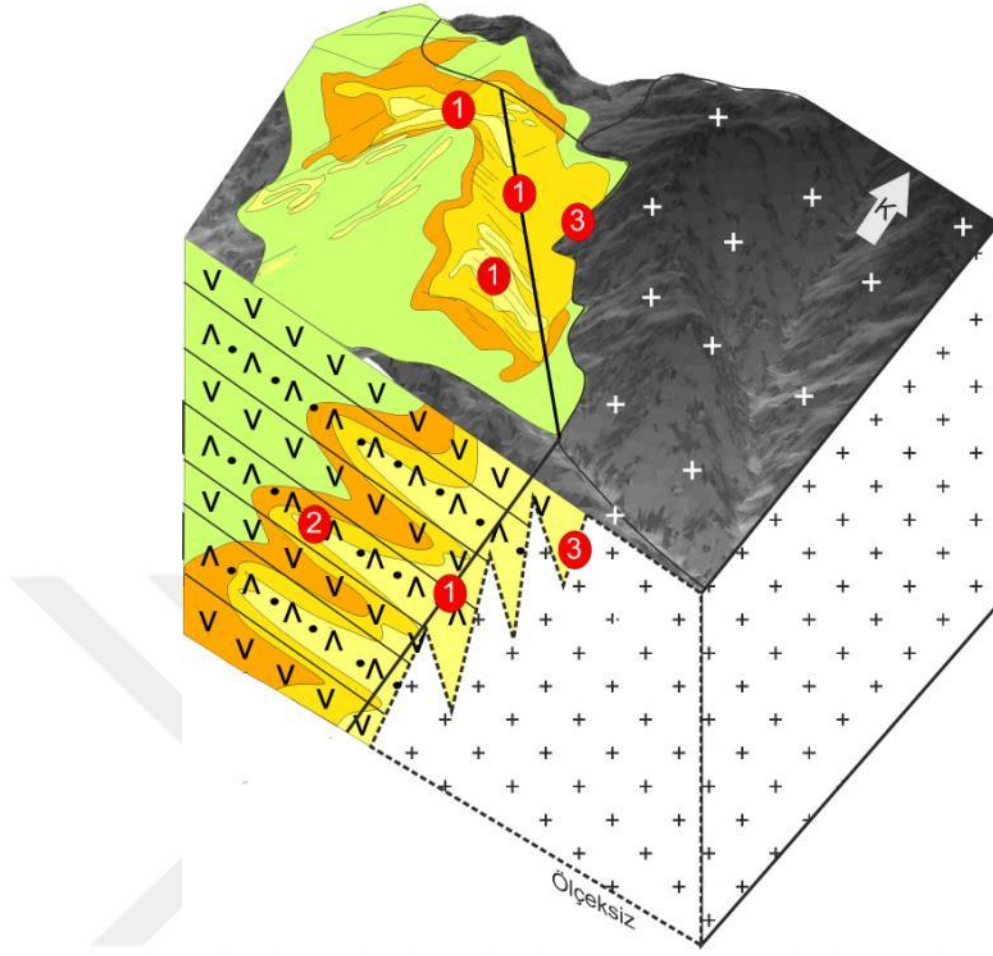
Ayrıca, fay zonlarının fillik ve propilitik alterasyon zonları içinde kalan kısımlarında alterasyon derecesinin orta ve ileri killi alterasyon derecesine ilerlediği gözlenmiş olup bu durum hidrotermal çözeltilerin alterasyon etkisinin fay zonları boyunca daha fazla olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca mikroskopik incelemeler kısmında belirtildiği gibi kılcal çatlaklar içinde kuvars, kalsit, jips, turmalin ve opak mineral içeren damarcıklar oluşmuştur.

Şekil 4.8' de sunulmuş alterasyon haritasından ve Şekil 4.16'da sunulmuş jeolojik kesitlerden yararlanılarak Şekil 4.17'de görülen blok diyagram hazırlanmış olup alterasyon zonlarının hem yatay hem de düşey yöndeki dağılımları bir arada gösterilmeye çalışılmıştır.

Bu bulgular ışığında alterasyona ve olası cevherleşmelere neden olan hidrotermal çözeltilerin, Karataş Volkanitleri ile Köseadağ Siyeniti dokunağı ve dokunağa yaklaşık paralel KB-GD doğrultulu bir fay boyunca geldikleri, bu dokunağa ve faya yaklaşık dik doğrultuda gelişen faylar boyunca volkaniklerin içine doğru yayıldıkları ve özellikle piroklastik / breşik seviyelerde yoğun alterasyona neden oldukları anlaşılmaktadır. Yörede gelişen hidrotermal alterasyon ürünlerini; (1) Fay zonları boyunca gelişmiş (fay kontrollü) alterasyon, (2) Geçirimliliği yüksek piroklastik / breşik seviyelerde gelişmiş (litoloji kontrollü) alterasyon ve (3) Karataş Volkanitleri ile Köseadağ Siyeniti dokunağı boyunca gelişmiş (dokunak kontrollü) alterasyon şeklinde üç farklı gruba ayırmak mümkündür.

Hidrotermal çözeltilerin akış kanalları üzerinde alterasyonun ileri ve orta killi alterasyon derecesinde ilerlediği dışı doğru ise fillik ve propilitik alterasyon derecelerine doğru azaldığı ve en dışta az bozunmuş ve/veya bozunmamış volkanik kayalara geçildiği görülmektedir.

Sondajlardan alınmış karot örneklerinde yapılan incelemeler derine doğru fillik alterasyonun hâkim olduğunu, geçirimliliği yüksek piroklastik / breşik seviyelerde orta ve ileri killi alterasyona derecesinde ilerlediğini göstermektedir. Sondajların derin kısımlarında gözlenen ikincil biyotit, ikincil K-Feldispat ve turmalin oluşumları volkaniklerin derin kısımlarında porfiri sistemlere özgü potasik alterasyon zonlarının da gelişmiş olabileceğine işaret etmektedir. Bu durumda, yörede belirlenmiş hidrotermal alterasyon oluşumlarının yüzeye yakın seviyelerde gelişmiş epitermal sistemlere özgü alterasyonlar oldukları düşünülebilir. İleriki bölümlerde tartışılacak olan sıvı kapanım verileri de bu düşüncüyü desteklemektedir.



Şekil 4.17. Alterasyon zonlarının blok diyagram üzerinde görünümü (1: Faylara bağlı gelişmiş (fay kontrollü) alterasyon zonları, 2: Piroklastik seviyelerde artacak şekilde gelişmiş (litoloji kontrollü) alterasyon zonları, 3: Karataş Volkanitleri ile Kösedag Siyeniti dokunağında gelişmiş (dokunak kontrollü) alterasyon zonu

4.6. Uzaktan Algılama İle Alterasyon Zonlarının Bölgesel ve Yerel Yayılımlarının Belirlenmesi

4.6.1. Spektrometre Ölçümleri

Arazi çalışmaları, petrografik ve jeokimyasal incelemeler sonucunda belirlenen alterasyon mineralleri ve ait oldukları alterasyon zonları (propilitik, fillik, killi gibi) uzaktan algılama yöntemleri ile desteklenmeye çalışılmıştır. Alterasyon zonlarına ait temsili örnekler üzerinde spektrometrik ölçümler alındıktan sonra ARCGIS ve ENVİ programlarının desteğiyle görüntüler üzerinde farklı yöntemlerle alterasyon alanları tespit edilmeye çalışılmıştır.

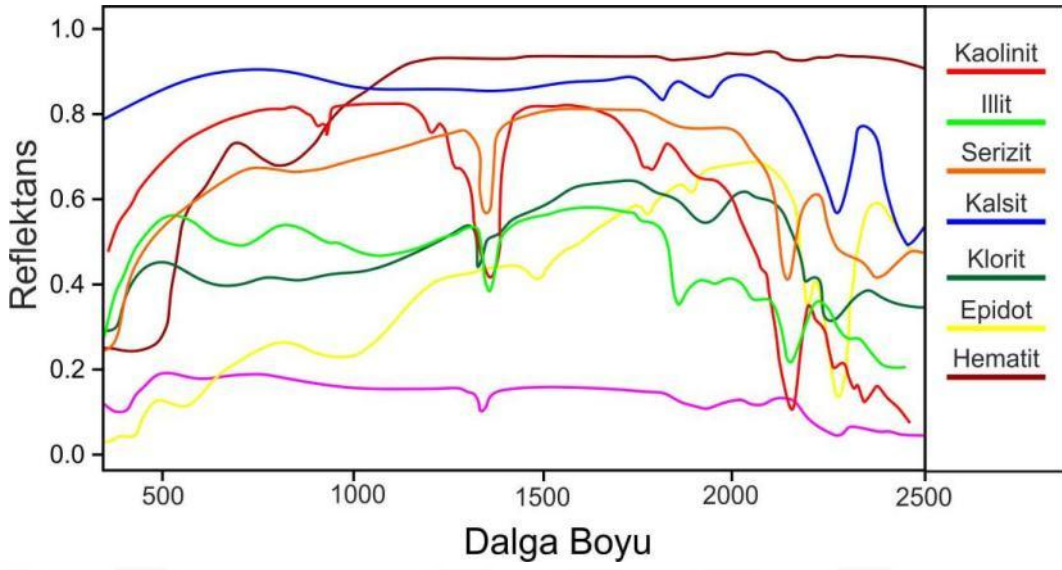
İncelemeler sonucunda alterasyon alanlarını temsil eden örneklere ait 10 ar adet örneğin ASD spektrometre ile her bir örneğin 3 farklı yüzeyinden en az 5 ölçüm alarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri, her kayaç grubuna göre kendi içerisinde ortalamaları alınmıştır (Şekil 4.18). Ayrıca ölçüm sonuçları USGS kütüphanesindeki mineral yansımaları ile karşılaştırılarak mineral tayinleri yapılmıştır. Ortalamaları alınan ölçümler görüntülerde kullanılabilmesi için ASTER SWIR bant aralığına (1600-2430nm) dönüştürülmüştür (Şekil 4.19).

4.6.2. Ana Bileşenler Dönüşümü

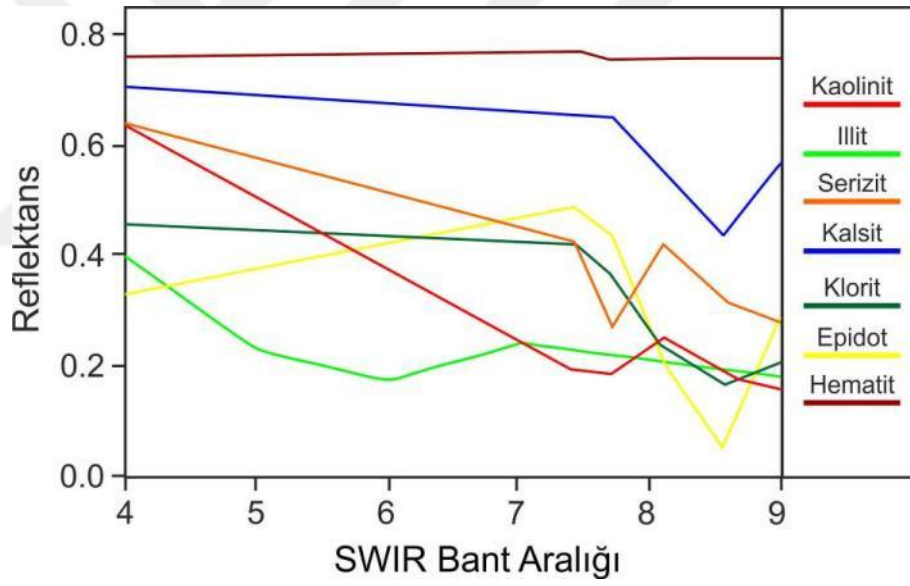
Ana bileşenler dönüşümü, bantlar arasındaki yüksek korelasyonu azaltarak, görüntülerin görsel yorumlanabilirliğini artırmak için görüntüdeki toplam bilgiyi mevcut bant sayısından daha az sayıda yeni bileşende toplamaktadır (Kaya, 1999). Bu çalışmada 6 bant içeren SWIR görüntülerine uygulanan dönüşüm sonrasında 1., 2. ve 3. bileşenleri kullanılarak elde edilen görüntüde, killeşme gösteren alanların kırmızımsı tonlarında, Köseadağ Siyeniti yeşil ve Karataş Volkaniklerinin mavi tonda renklerle birbirinden ayrıldığı görülmektedir (Şekil 4.20).

4.6.3. Dekorelasyon Gerilmesi

Ana bileşenler yönteminde olduğu gibi dekorelasyon gerilmesi, yüksek korelasyona sahip çok bantlı görüntülerde renk zenginleştirme yapan bir yöntemdir. Renklerde meydana gelen yoğunlaşma ile görsel yorumlanabilirliğin artırılmasını sağlamaktadır (Gillespie vd., 1986). Bu çalışma kapsamında, ASTER uydusunun SWIR bantlarından en düşük korelasyona sahip 9-7-4 nolu bantlarına dekorelasyon gerilmesi uygulanmıştır. Elde edilen görüntüde; sarımsı renkli alanların Karataş Volkanitlerini, menekşe renkli kısımların Köseadağ Siyenitini ve açık mavi renk tonlarının ise killeşme alanlarını gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.21).



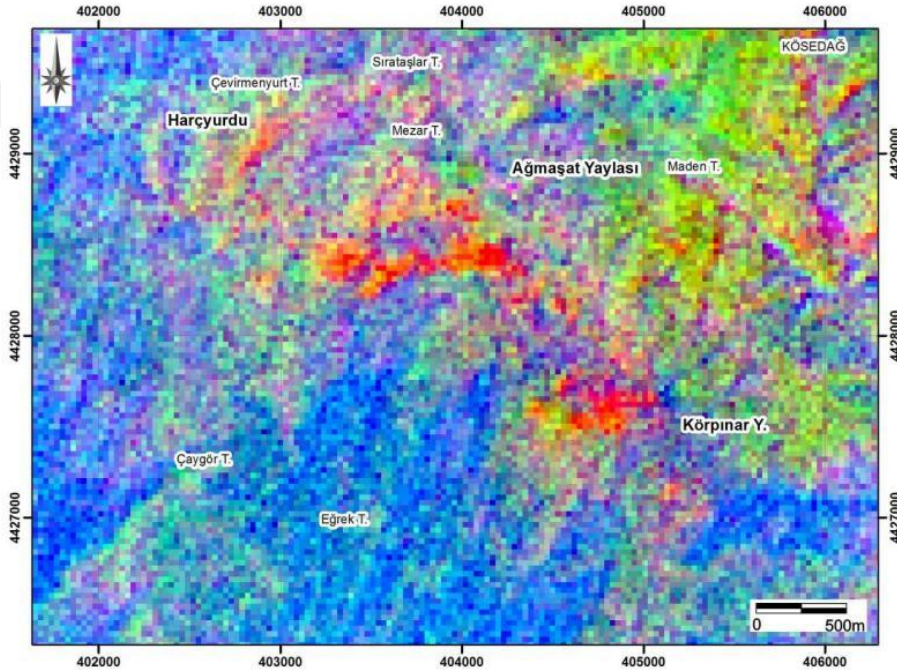
Şekil 4.18. İnceleme alanından toplanan temsili kayaç gruplarına ait ortalama spektrometre ölçümleri.



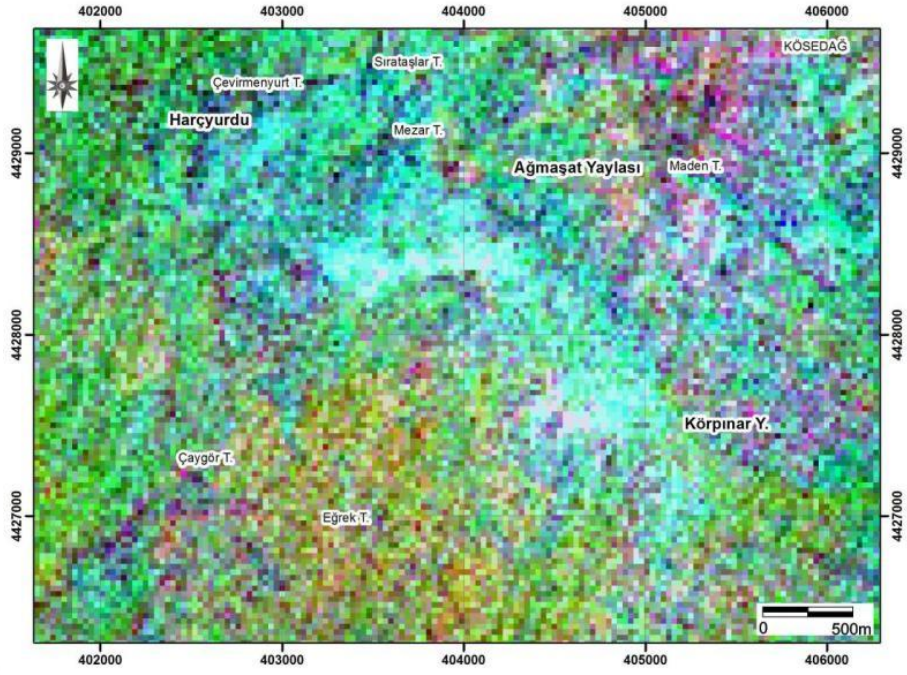
Şekil 4.19. Spektrometre ölçümlerin SWIR bant aralığına dönüştürülmesi.

4.6.4. Bant oranı

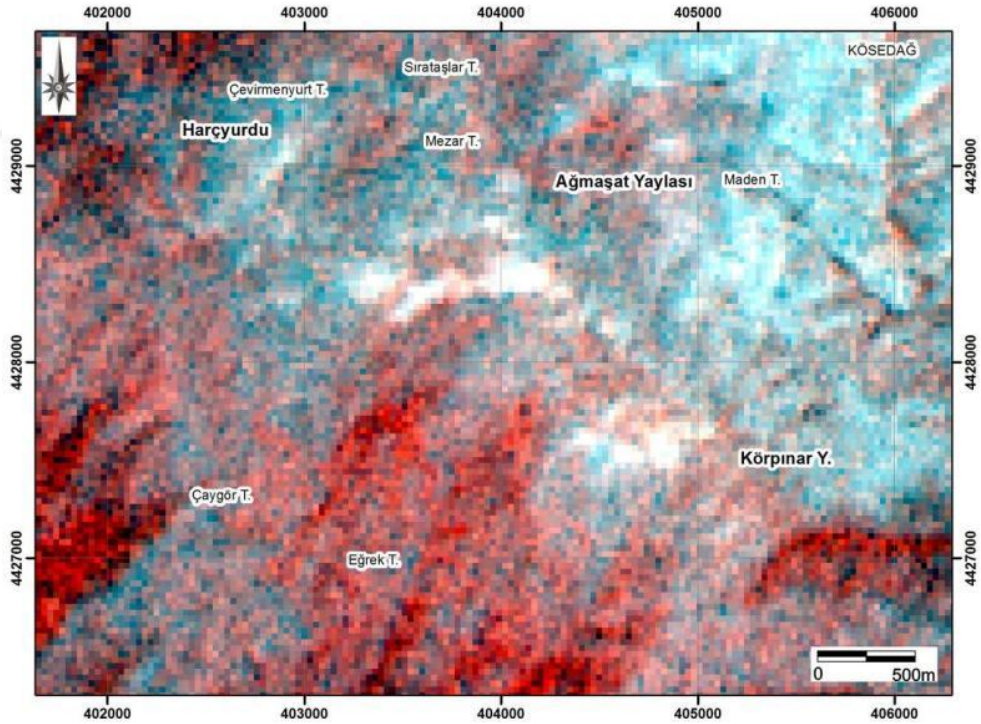
Uzaktan algılama yöntemlerinin en basit ve güçlü olduğu kabul edilen band oranlama yöntemi, hedef alanlarının anomalisi vurgulamak veya abartmak için kullanılmaktadır (Abrams vd., 1983). Band oranlama, litolojik birimleri ve hidrotermal alterasyon minerallerini tespit etmek için nesnelere absorpsiyon ve yansımaya özelliklerinin spektral kontrastını görüntülemek için tasarlanmıştır (Abdeen vd. 2001; Bedell, 2001; Gad ve Kusky, 2007; Gürsoy ve Kaya, 2017; Hewson vd., 2005; Hewson vd., 2001; Mustard ve Sunshine, 1999; Okada ve Ishii, 1993; Rowan ve Mars, 2003; Rowan vd., 2005; Velosky vd., 2003; Yamaguchi vd., 2001; Yamaguchi vd., 1998). Bu çalışmada, spektrometre ölçümlerine göre (Şekil 4.17), hidrotermal killeşme, Karataş Volkanikleri ve Köseadağ Siyeniti birimlerinin yansımalarını vurgulamak için band oranı uygulanmıştır. Maksimum yansıtma, killeşme için SWIR5-SWIR7, Karataş Volkanikleri için SWIR5-SWIR8, Köseadağ Siyeniti için SWIR7-SWIR9, maksimum absorpsiyon ise killeşme ve Karataş Volkanikleri için SWIR6, Köseadağ Siyeniti için SWIR8 olarak belirlenmiştir. Rasyonel görüntülerin (R: $[(SWIR5 * SWIR8) / (SWIR6^2)]$, G: $[(SWIR5 * SWIR7) / SWIR6]$, B: $[(SWIR7 * SWIR9) / SWIR8]$) RGB renk kombinasyonunda beyaz renkli alanlar killeşme gösteren alanları, kırmızı renkli alanlar Karataş Volkaniklerini ve Mavi renkli alanlar ise Köseadağ Siyenitini göstermektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.20. SWIR görüntülerine uygulanan ana bileşenler dönüşümü (R:SWIR 3, G: SWIR 5, B:SWIR 6) uygulamasında inceleme alanı çevresindeki birimlerin ayırımı (Karataş Volkanikleri; mavi tonlarında, Köseadağ Siyeniti; yeşil tonlarında, ve killeşme alanları; kırmızı tonlarında).



Şekil 4.21. ASTER uydusunun SWIR bantlarından en düşük korelasyona sahip 9-7-4 nolu bantlarına dekorelasyon gerilmesi uygulaması ile inceleme alanı çevresindeki birimlerin ve killi alterasyon zonlarının ayırımı (Karataş volkanikleri; sarı tonlarında, Köşedağ Siyeni; menekşe tonlarında ve killeşme alanları; açık mavi tonlarında).



Şekil 4.22. Bant oranlama yöntemiyle inceleme alanı çevresindeki birimlerin ve killi alterasyon alanlarının ayırımı (Karataş volkanikleri; kırmızı tonlarında, Köşedağ Siyeni; mavi tonlarında ve Killeşme alanları; beyaz tonlarda)

4.6.5. Spektral sınıflama

İnceleme alanında, hidrotermal alterasyon alanları ve mineralojik dağılımları tanımlamak için spektrometre ölçümleri ile uydu görüntüsünden elde edilen veriler kullanılmıştır. Eşlenmiş filtreleme (Matched filtering) yöntemi, referans olarak gösterilen minerallere ait spektral yansıma ölçümlerinin bolluk oranına göre sınıflama yapmakta olup referans yansımaları en üst düzeye çıkarırken görüntüdeki ilgisiz yansıtımları ise bastırarak sonuç elde etmektedir (Canbaz vd., 2017, 2018; Gürsoy vd., 2017; Gürsoy ve Kaya, 2017). Bu çalışma da, hidrotermal alterasyon minerallerinden kalsit, klorit, epidot, serizit, hematit, illit ve kaolinit içeren örneklerden elde edilen spektral ölçümlere eşlenmiş filtreleme yöntemi uygulanarak mineral haritası elde edilmiştir (Şekil 4.23). Alterasyon zonlarını temsil eden mineraller gruplandırılarak haritaya aktarılmıştır.

4.7. Değerlendirme

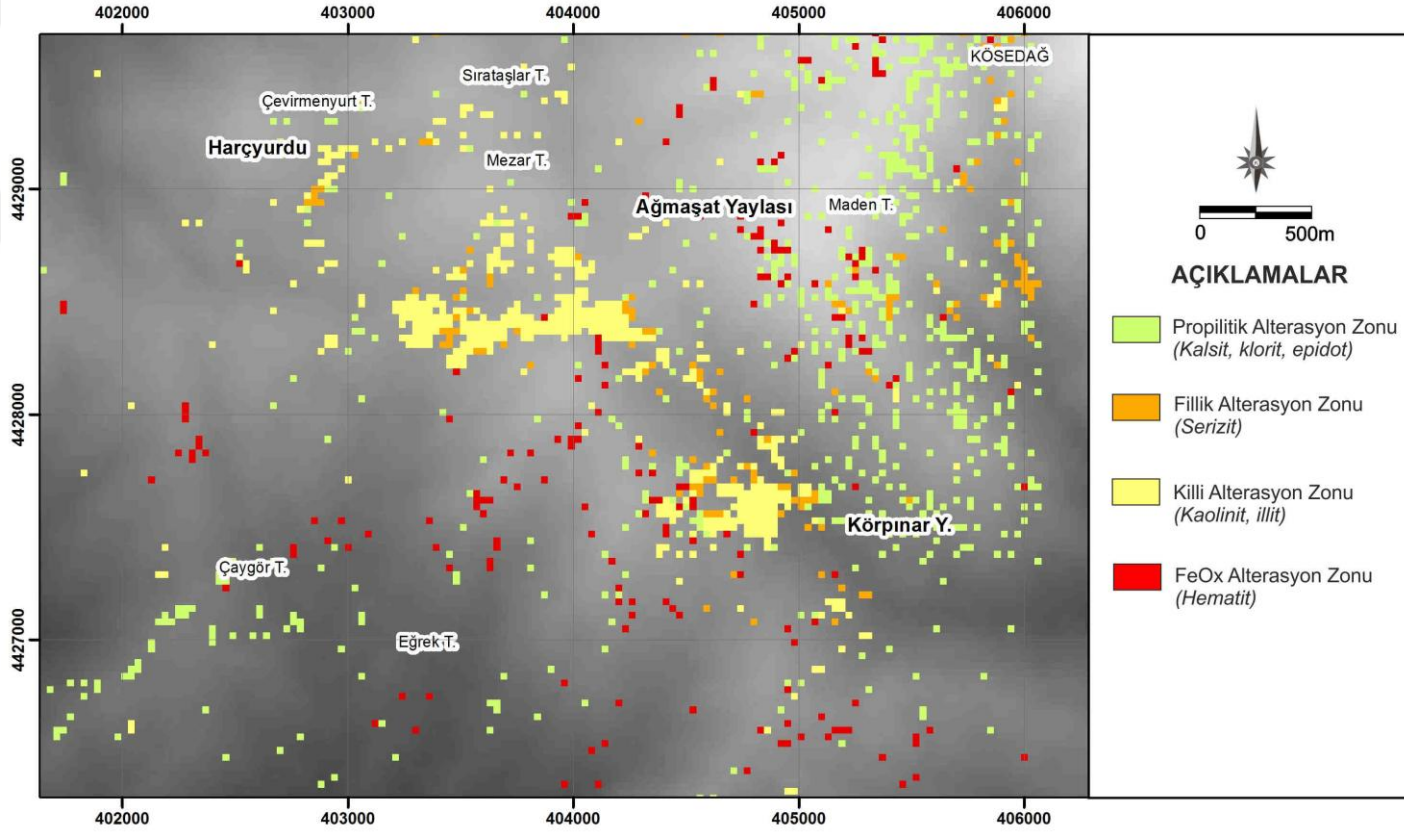
İnceleme alanında saha ve uydu görüntüleri ile tespit edilebilecek derecede yoğun alterasyon alanları bulunmaktadır. Bu alterasyonlar hidrotermal çözeltiler ve atmosferik koşulların birlikte etkisiyle gelişmişlerdir. Sahada alterasyona yönelik olan çalışmalar mikroskopik, XRD, jeokimya ve uydu görüntü incelemeleri ile gerçekleştirilmiştir.

Alterasyonları temsil eden örneklerden hazırlanan incekesitlerde, plajiyoklaz minerallerinde serizitleşme, karbonatlaşma, montmorillonitleşme ve kaolinleşme, koyu renkli minerallerde ise kloritleşme ve yer yer opaklaşma tespit edilmiştir. XRD-Tüm kayaç diyagramlarında mikroskopik incelemelerde tespit edilen minerallere ek olarak dolomit, götit ve alunit mineralleri tespit edilmiştir. XRD-Kil mineral fraksiyon diyagramlarında ise kaolinit, illit, klorit ve smektit türü killeri belirlenmiştir.

Jeokimyasal alterasyon değerlendirmesinde, örneklerin diyagramları üzerinde çoğunlukla hidrotermal alterasyon alanlarına, bazı örneklerin ise diagenetik alterasyon alanlarına düştüğü görülmüştür.

Saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda alterasyon içeren alan alterasyon mineral parajenezlerine göre propilitik, fillik, orta killi ve ileri killi olmak üzere 4 alt gruba ayrılmıştır.

Uzaktan algılama incelemeleri ile kullanılan ASTER SWIR görüntüleri üzerinde ana bileşenler dönüşümü, dekorelasyon gerilmesi ve bant oranlama yöntemleri uygulanarak litolojik farklılıklar, eşlenmiş filtreleme ile hidrotermal alterasyon minerallerinin dağılımları ortaya konulmuş olup alterasyon zonlarının araştırılmasında başarılı bir şekilde kullanılabilecekleri anlaşılmıştır. Elde edilen bu görüntülerdeki litolojik farklılıklar arazi çalışmaları sırasında hazırlanan jeolojik harita ile petrografik ve XRD incelemeleri ile karşılaştırıldığında yüksek oranda örtüştüğü gözlenmiştir.



Şekil 4.23. Eşlenmiş filtreleme (Matched filtering) yöntemi ile alterasyon zonlarının ayırımı (Yeşil: Propilitik alterasyon mineralleri (kalsit, klorit, epidot) Turuncu: Fillik alterasyon minerali (serizit); Sarı: Killi alterasyon zonu mineralleri (kaolinit, illit); Kırmızı: FeOx alterasyon minerali (hematit))

Benzer alışmalar ile bölgede belirlenebilecek diğer hidrotermal alterasyon alanları ve mineral dağılımları sayesinde yeni endüstriyel hammadde ve metalik maden (altın, bakır, kurşun, çinko gibi) sahalarının belirlenmesi mümkün olabilecektir.

Sonuç olarak, inceleme alanında gelişen hidrotermal alterasyonlar, fay zonları boyunca gelişmiş (fay kontrollü) alterasyon, geirirmliliği yüksek piroklastik / breşik seviyelerde gelişmiş (litoloji kontrollü) alterasyonlar ve Karataş Volkanitleri ile Ksedağ Siyeniti dokunağı boyunca gelişmiş (dokunak kontrollü) alterasyonlar olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır.

Gelişen hidrotermal alterasyonların, sığ derinliklerde, epitermal bir sistemde geliştiği düşünülmektedir. Sondajların derin kısımlarından alınan örneklerde tespit edilen ikincil biyotit, feldispat ve turmalin oluşumları porfiri sistemlere özgü potasik alterasyon zonu mineralleri olup derinlerde porfiri tip cevherleşmelerin de bulunabileceğine işaret sayılabilir. Ancak, incelemeler sırasında yörede volkanik kayalar kesen daykların ve porfirik dokulu subvolkanik kayaların gözlenememesi bu olasılığı azaltmaktadır.

5. ESER ELEMENT JEOKİMYASI

5.1. Ön Bilgi

İnceleme alanı içinde yoğun hidrotermal alterasyona uğramış Karataş Volkanitleri'ne ait kayaçlardan toplanmış temsili yüzey (36 adet) ve sondaj karot (24 adet) örneklerine ait eser element içerikleri Çizelge 5.1' de gösterilmiştir.

Öncelikle, eser elementlerin major element oksitlerinden SiO₂, K₂O, Na₂O, Fe₂O₃, MgO, CaO ve MnO₂' ya karşı değişim diyagramları hazırlanarak birlikte dağılım ilişkileri ve magmatik kristallenme ve hidrotermal alterasyon olaylarıyla herhangi bir zenginleşme olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Daha sonra; analiz sonuçlarına ait element değerleri, kıtasal kabuk ortalaması (KKO), bazalt (BO) ve andezit (AO; düşük kalsiyumlu granit değerleri kullanılmıştır) ortalama değerleri ile karşılaştırılarak zenginleşme durumları incelenmeye çalışılmıştır. KKO değerleri Taylor ve McLennan (1985), andezit AO değerleri Turekian ve Wedepohl (1961) ve bazalt BO değerleri Turekian ve Wedepohl (1961) ve Vinogradov'dan (1962) alınmıştır.

Ayrıca eser elementlerin dağılımında anomali olarak tanımlanabilecek gruplaşmalar olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla; sınıf aralığı - %frekans diyagramları hazırlanarak ve ortalama ± 1 standart sapma (Ortalama $\pm 1S$) ile ortalama ± 2 standart sapma (Ortalama $\pm 2S$) değerleri hesaplanarak anomali ve normal dağılım toplulukları ayrılmaya ve irdelenmeye çalışılmıştır.

5.2. Eser Elementlerin Major Oksitlerle Dağılım İlişkisi

İnceleme alanı içerisinde zenginleşme beklenen Au, Cu, Pb, Zn, Mo, W, As, Sb, U ve Th elementlerinin SiO₂, K₂O, Na₂O, MgO, Fe₂O₃, CaO ve MnO major oksitleri ile olan ilişkilerini tespit etmek amaçlı ikili diyagramlarda yüzey ve sondaj örnekleri ayrı ayrı değerlendirilmeye çalışılmıştır.

5.2.1. Eser elementlerin SiO₂ ile dağılım beraberlikleri

Eser elementlerin SiO₂' ye karşı hazırlanan ikili diyagramlarında (Şekil 5.1); hem yüzeyden hem de sondajlardan alınmış karot örneklerinde W, U ve Th' nin belirgin olarak, Pb' nin ise sondajlardan alınan örneklerde pozitif bir ilişki gösterdiği, Zn ve Mo'nun özellikle sondajlardan alınmış örneklerde negatif ilişki gösterdiği görülmektedir. Au' nun ise sondajlardan alınmış örneklerde pozitif ilişki sunarken yüzeyden alınmış örneklerde artan veya azalan ilişki göstermediği anlaşılmaktadır. As ve Sb sondaj örneklerinde negatif bir ilişki sunmaktadır. İncelenen elementlerin, yüzeyden alınan örneklerde SiO₂' ye karşı artan veya azalan bir ilişki göstermemeleri analiz edilmiş örneklerin yüzeysel alterasyonu sırasında bu elementlerin SiO₂' den farklı davranışlar gösterdikleri ve kısmen zenginleştikleri şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 5.1. Karataş Volkanitleri'ne ait eser element analiz sonuçları.

Örnekler	Cu	Pb	Zn	Mo	W	Au	As	Sb	U	Th
Ok-7	62,5	11,4	74	4,9	3,7	3,6	11,8	0,8	7,7	20,0
Ok-12B	24,6	8,2	3	1,4	1,8	0,5	2,5	0,2	4,4	15,3
Ok-33	70,2	11,6	3	1,5	1,1	1,6	6,8	<0.1	4,1	11,9
Ok-34	15,3	10,0	85	3,1	0,8	5,1	3,1	0,2	3,5	9,0
Ok-35	11,1	4,1	34	2,2	1,3	3,9	4,0	0,3	3,7	9,3
Ok-41B	29,2	16,0	1	1,2	1,1	3,7	14,1	0,1	3,2	8,5
Ok-47A	16,8	16,3	7	2,3	3,9	3,4	6,7	0,5	6,4	17,7
Ok-54	62,4	12,7	3	4,9	3,8	0,9	15,5	0,2	7,1	19,6
Ok-55A	14,5	9,1	1	5,7	4,8	0,5	142,3	10,4	8,6	24,3
Ok-57	11,3	5,0	67	1,8	1,5	0,7	7,6	0,6	5,3	13,8
Ok-58	123,8	5,6	69	1,8	1,9	1,6	15,2	0,3	3,6	9,4
Ok-68B	10,7	12,8	1	7,1	2,8	1,4	11,0	<0.1	3,3	11,6
Ok-69A	26,0	15,5	6	1,1	3,1	8,8	8,4	<0.1	6,4	14,1
Ok-84	52,5	7,6	59	3,6	1,9	2,6	29,1	1,1	3,3	9,3
Ok-99	19,2	5,2	150	3,1	1,5	2,8	9,0	0,3	5,2	13,1
Ok-109	129,0	3,3	92	2,2	1,7	1,2	35,6	1,0	3,4	10,4
Ok-114	205,4	9,0	85	1,7	1,3	2,7	5,7	0,2	2,4	6,5
Ok-120	238,9	5,3	73	1,9	1,6	1,9	3,5	0,1	3,2	8,7
Ok-124	66,3	2,7	52	1,7	0,7	0,5	1,4	0,1	1,7	5,0
Ok-131A	25,5	4,8	56	3,8	2,1	5,8	8,6	0,9	3,7	9,1
Ok-130B	15,1	8,7	2	0,9	2,2	0,6	5,6	<0.1	2,8	11,7
Ok-141	14,0	9,6	55	2,2	1,7	5,8	18,0	1,8	3,7	9,3
Ok-165	12,7	2,5	38	1,9	0,6	1,5	12,5	0,8	1,0	2,6
Ok-193	140,0	8,6	50	4,7	1,2	7,4	8,7	0,2	3,2	7,7
Ok-205A	22,7	3,3	58	1,7	1,3	2,9	14,2	0,2	3,3	8,8
Ok-206A	122,9	1,6	20	1,5	0,7	1,2	5,5	0,4	2,2	5,4
Ok-210	19,3	2,8	38	2,2	1,2	0,8	4,3	0,3	3,2	9,2
Ok-212	11,0	4,9	42	4,1	0,8	2,8	9,8	0,2	3,3	8,8
Ok-215B	177,1	5,3	39	1,9	1,1	2,2	33,9	1,2	2,5	6,4
Ok-222	43,2	7,2	104	2,3	1,3	2,0	7,1	0,3	3,0	7,6
Ok-223	733,8	4,2	38	1,9	1,2	1,1	6,0	0,2	4,0	7,5
Ok-224	50,0	3,9	90	1,8	1,2	2,2	4,1	0,3	2,6	7,4
Ok-237B	100,7	13,4	111	1,6	<0.5	1,1	53,0	0,1	1,0	2,2
Ok-244	55,8	2,9	64	1,3	0,7	0,5	6,4	0,2	2,7	9,0
Ok-247	228,0	4,4	30	1,7	1,7	1,4	5,6	<0.1	1,9	4,5
Ok-248	235,8	2,1	19	1,6	0,9	1,5	18,2	1,2	2,3	6,7
Ok-253	224,0	4,3	44	1,8	1,9	5,2	6,1	0,3	3,3	10,3
Ok-255C	262,9	2,0	54	2,3	1,5	2,6	6,3	0,1	3,0	8,3
Ot-215	125,0	23,2	20	2,9	0,7	3,8	26,6	0,2	1,8	5,4
Ot-282	137,7	12,7	5	3,2	1,0	1,4	22,7	0,1	2,5	6,0
Sz-90	245,7	5,7	88	1,5	1,5	2,7	8,4	0,2	3,6	10,0
Sz-158	1,4	3,1	68	0,7	<0.5	0,5	30,8	0,5	0,8	2,3
Sz-182	24,1	1,2	152	0,5	<0.5	0,5	10,4	0,5	1,0	2,6

Çizelge 5.1. Devam ediyor.

Sz-206	3,4	2,8	65	0,6	1,0	2,4	25,8	4,2	0,9	2,4
Sz-222	120,7	4,6	16	0,6	0,5	2,5	18,6	0,2	0,9	2,5
Sz-254	7,1	1,9	50	0,6	<0.5	0,5	17,6	0,1	1,1	3,3
Sz-294	121,6	5,9	145	2,1	1,0	1,2	72,4	16,8	1,3	3,0
Sz-306	8,4	5,3	135	1,2	<0.5	0,5	49,0	1,0	1,0	3,0
Sz-385	7,3	1,5	31	0,4	<0.5	0,5	31,8	0,3	0,5	2,0
Od-90	88,6	10,3	12	2,2	1,8	3,6	11,7	0,2	3,9	9,3
Od-160	218,2	10,9	14	1,2	0,9	7,1	62,8	2,4	2,4	6,6
Od-200	162,5	20,8	16	3,5	1,4	6,7	37,5	1,0	7,5	5,0
Od-222	13,5	18,4	3	2,6	0,9	2,8	136,0	4,3	2,2	5,4
Od-267	197,2	11,1	26	1,8	0,9	10,9	285,5	2,3	1,3	4,8
Od-281	64,7	1,4	18	9,2	1,5	6,7	23,9	0,2	2,4	6,4
Os-80	182,9	6,6	86	1,2	<0.5	34,8	52,6	<0.1	0,7	1,5
Os-136	25,5	1,7	79	0,4	<0.5	10,4	20,5	0,1	0,5	1,6
Os-177	16,7	1,2	56	0,7	<0.5	4,1	33,3	<0.1	0,7	1,8
Os-201	73,4	4,8	38	2,0	<0.5	3,2	12,8	<0.1	0,9	2,1
Os-192	10,1	1,3	76	0,8	<0.5	4,9	53,6	0,1	0,9	2,8

5.2.2. Eser elementlerin K₂O ile dağılım beraberlikleri

K₂O'ya karşı hazırlanan ikili diyagramlarda (Şekil 5.2); sondajdan alınan örneklerde Pb, W, U ve Th hem yüzeyden alınmış örneklerde hem de sondajlardan alınmış örneklerde artan ilişki gösterirken diğer elementler (Au, Cu, Zn, Mo, As ve Sb) ise K₂O'ya karşı artan veya azalan bir ilişki göstermemektedirler. Bu durum da yine alterasyon sırasında belirtilen eser elementlerin K₂O ile benzer davranış göstermedikleri şeklinde yorumlanabilir.

5.2.3. Eser elementlerin Na₂O ile dağılım beraberlikleri

Na₂O'ya karşı hazırlanan ikili diyagramlarda (Şekil 5.3); yüzeyden alınan örneklerde, W, U ve Th azalan ilişki gösterirken diğer elementlerde herhangi bir artan veya azalan ilişki göstermemektedir.

5.2.4. Eser elementlerin MgO ve Fe₂O₃ ile dağılım beraberlikleri

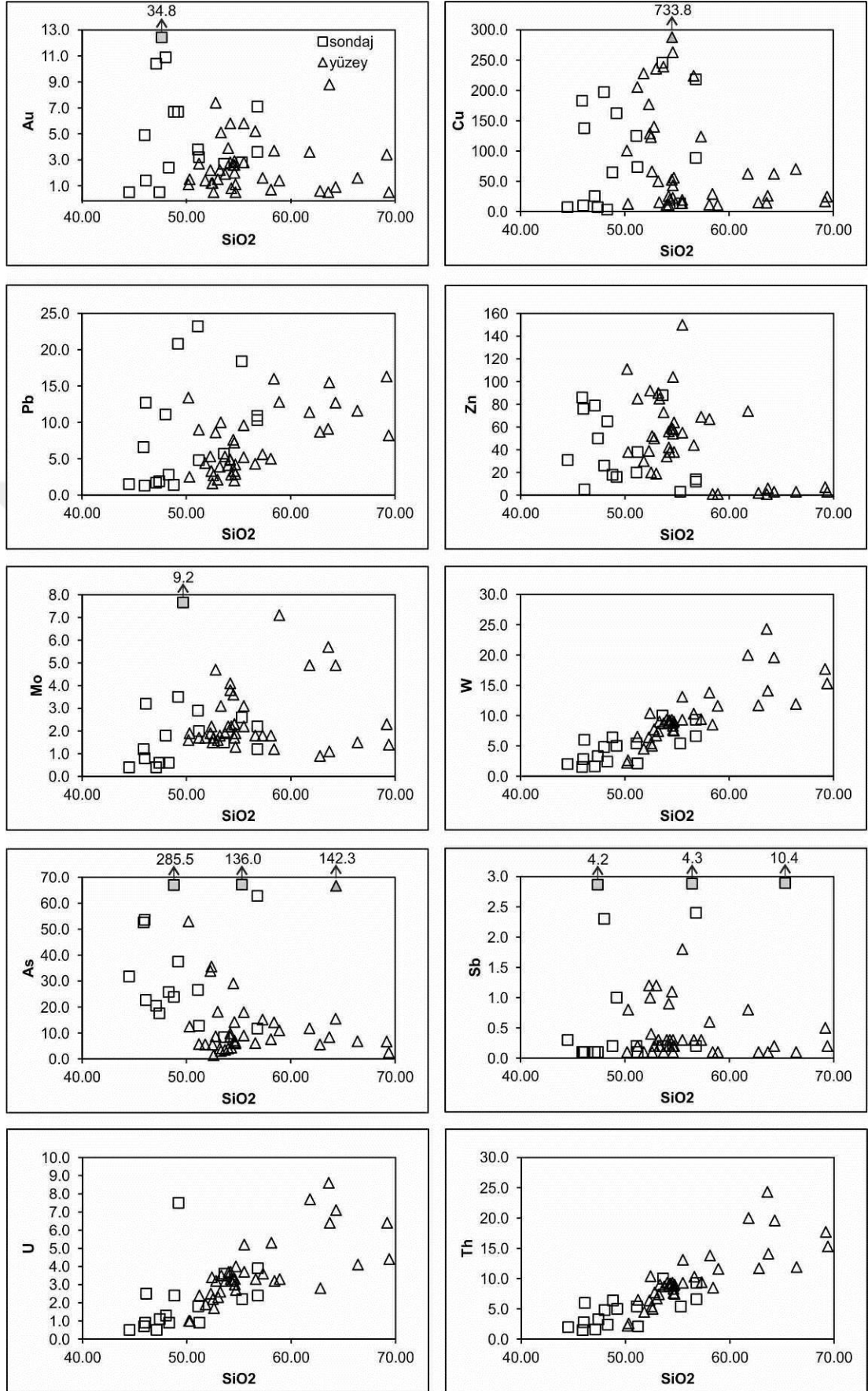
MgO ve Fe₂O₃'e karşı hazırlanan ikili diyagramlarda (Şekil 5.4 ve 5.5); yüzey ve sondaj örneklerinde Pb, Mo, W, U ve Th eser element içerikleri azalan ilişki gösterirken Zn içereği pozitif ilişki göstermektedir. Diğer eser elementler (Au, Cu, As ve Sb) düzenli artan ve azalan bir ilişki göstermemektedir.

5.2.5. Eser elementlerin CaO ile dağılım beraberlikleri

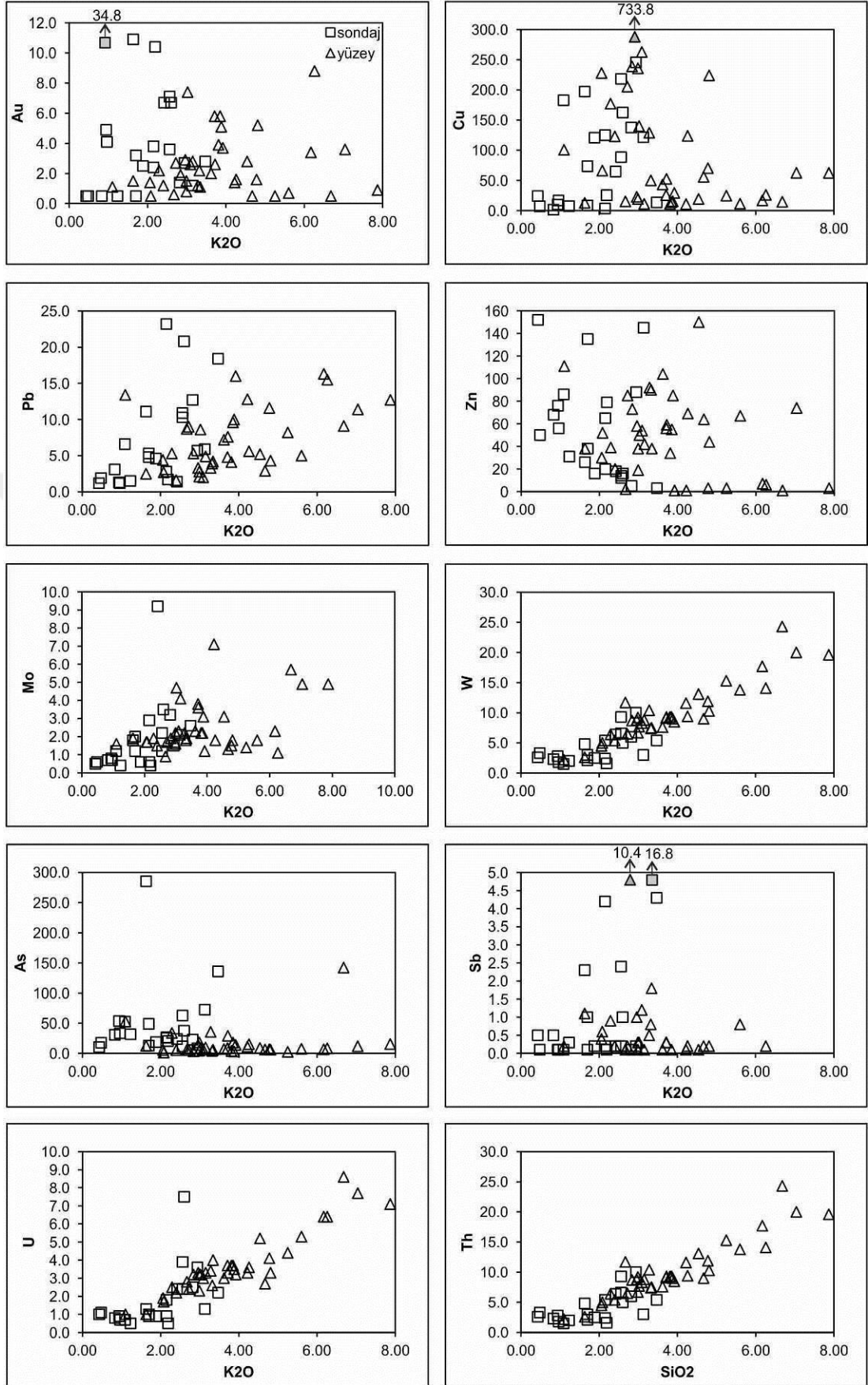
CaO'ya karşı hazırlanan ikili diyagramlarda (Şekil 5.6); Au, Cu, Pb, Zn ve As element içerikleri yüzey ve sondaj örneklerinde hem pozitif hem de negatif ilişkiler birlikte gözlenmektedir. W, U ve Th eser element içerikleri negatif ilişki gösterirken Mo ve Sb içerikleri herhangi bir ilişki göstermemektedir.

5.2.6. Eser elementlerin MnO ile dağılım beraberlikleri

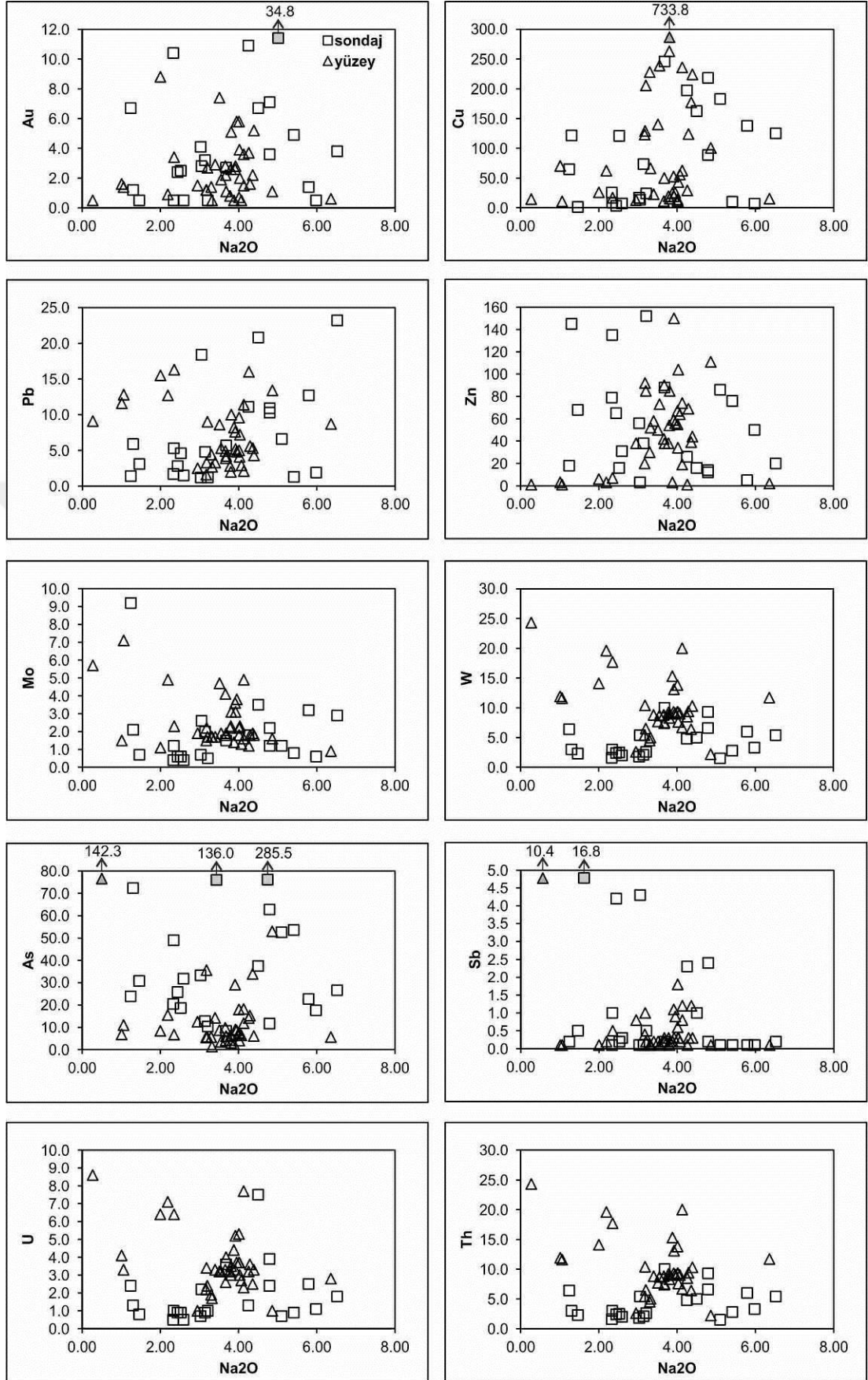
MnO'ya karşı hazırlanan ikili diyagramlarda (Şekil 5.7); yüzeyden alınan örneklerin eser element içerikleri herhangi bir pozitif ya da negatif ilişki göstermemektedir. Sondaj örneklerinde, Zn ve As element içerikleri pozitif ilişki gösterirken Au, Cu, Pb, Mo, W, U ve Th eser element içerikleri azalan ilişki göstermektedir.



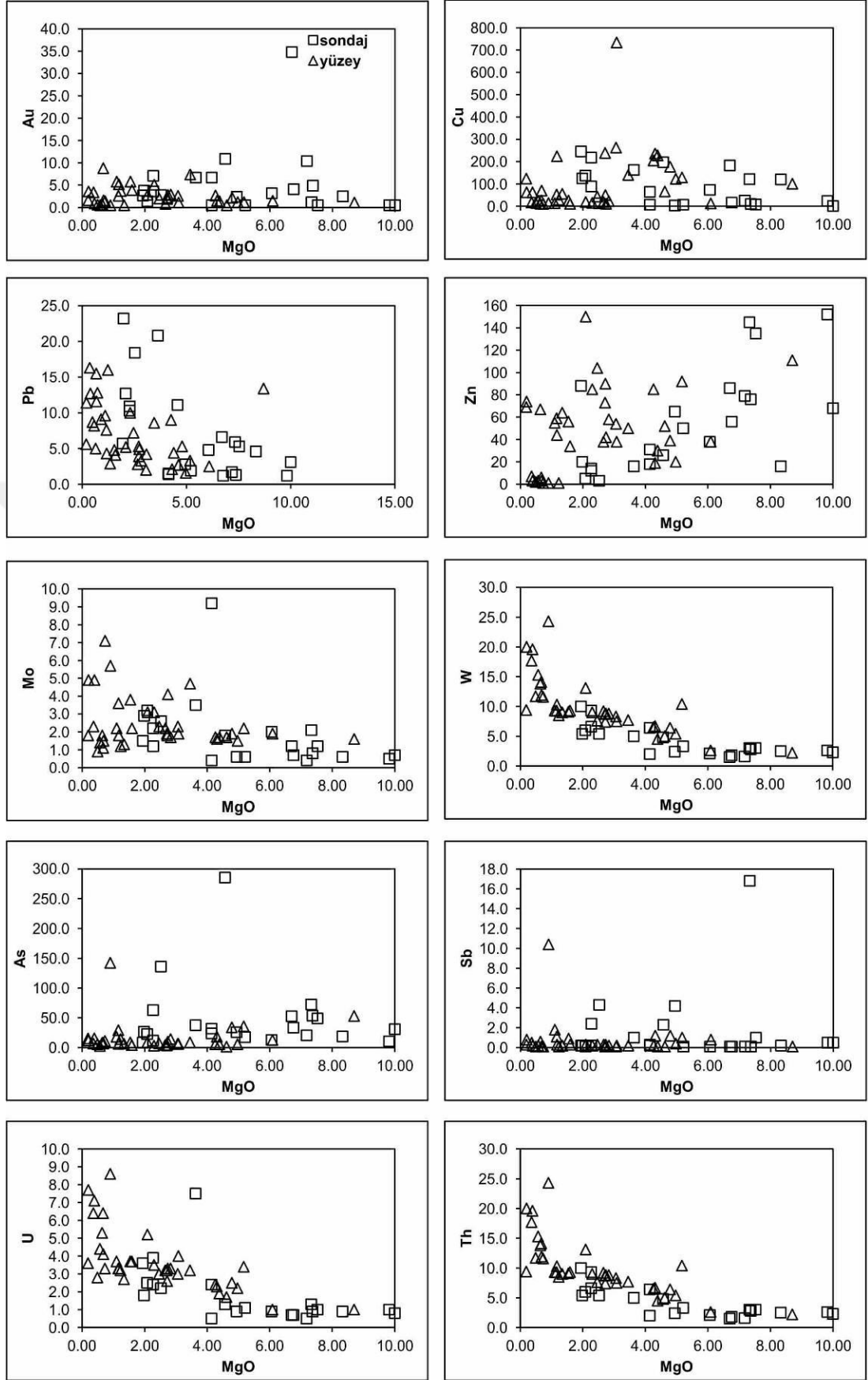
Şekil 5.1. Eser element içeriklerinin SiO₂'ye karşı hazırlanan ikili diyagramları



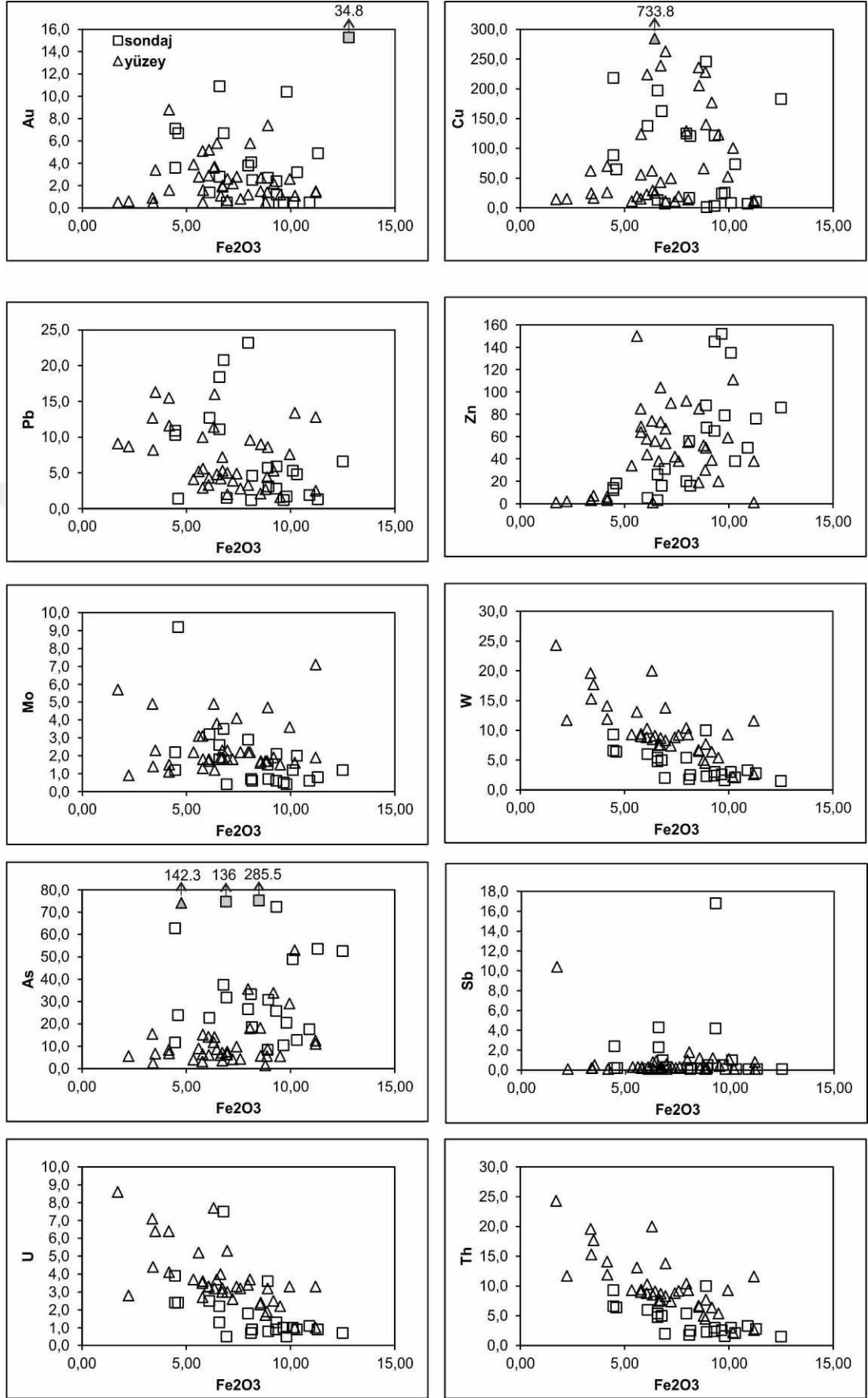
Şekil 5.2. Eser element içeriklerinin K₂O'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları



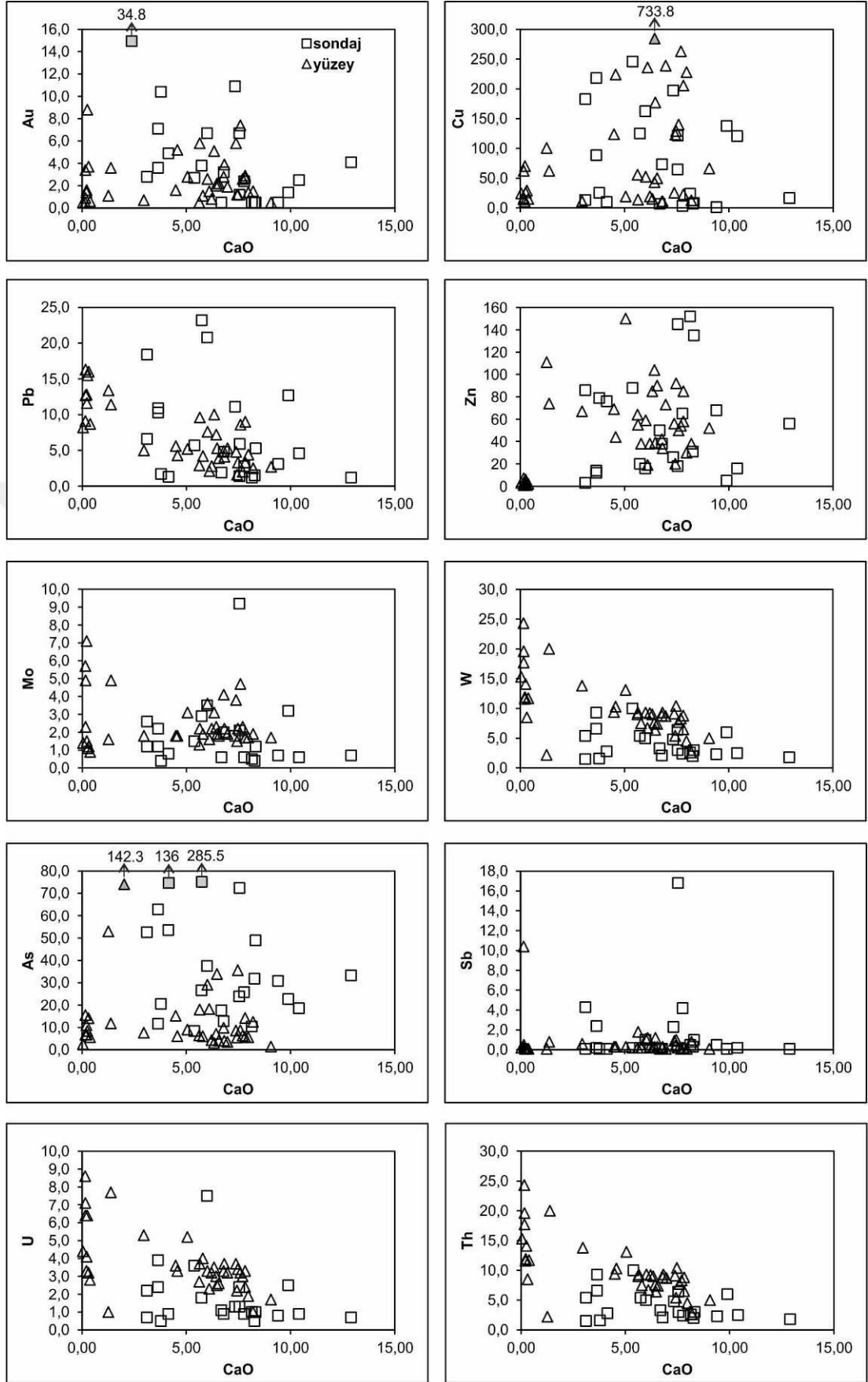
Şekil 5.3. Eser element içeriklerinin Na₂O'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları



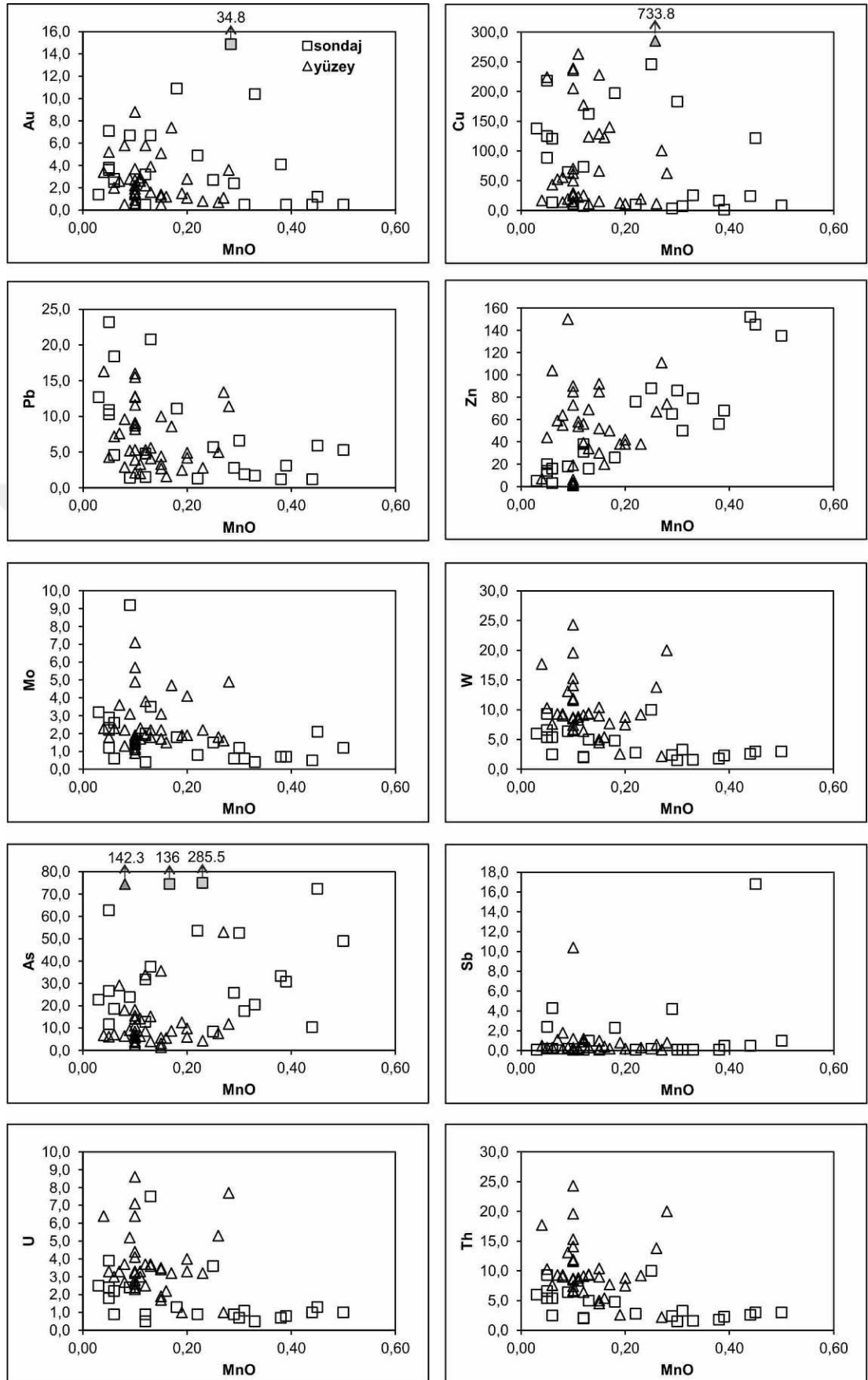
Şekil 5.4. Eser element içeriklerinin MgO'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları



Şekil 5.5. Eser element içeriklerinin Fe₂O₃'e karşı hazırlanan ikili diyagramları



Şekil 5.6. Eser element içeriklerinin CaO'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları



Şekil 5.7. Eser element içeriklerinin MnO'ya karşı hazırlanan ikili diyagramları

5.3. Karşılaştırma ve İstatistiksel Değerlendirme Diyagramları

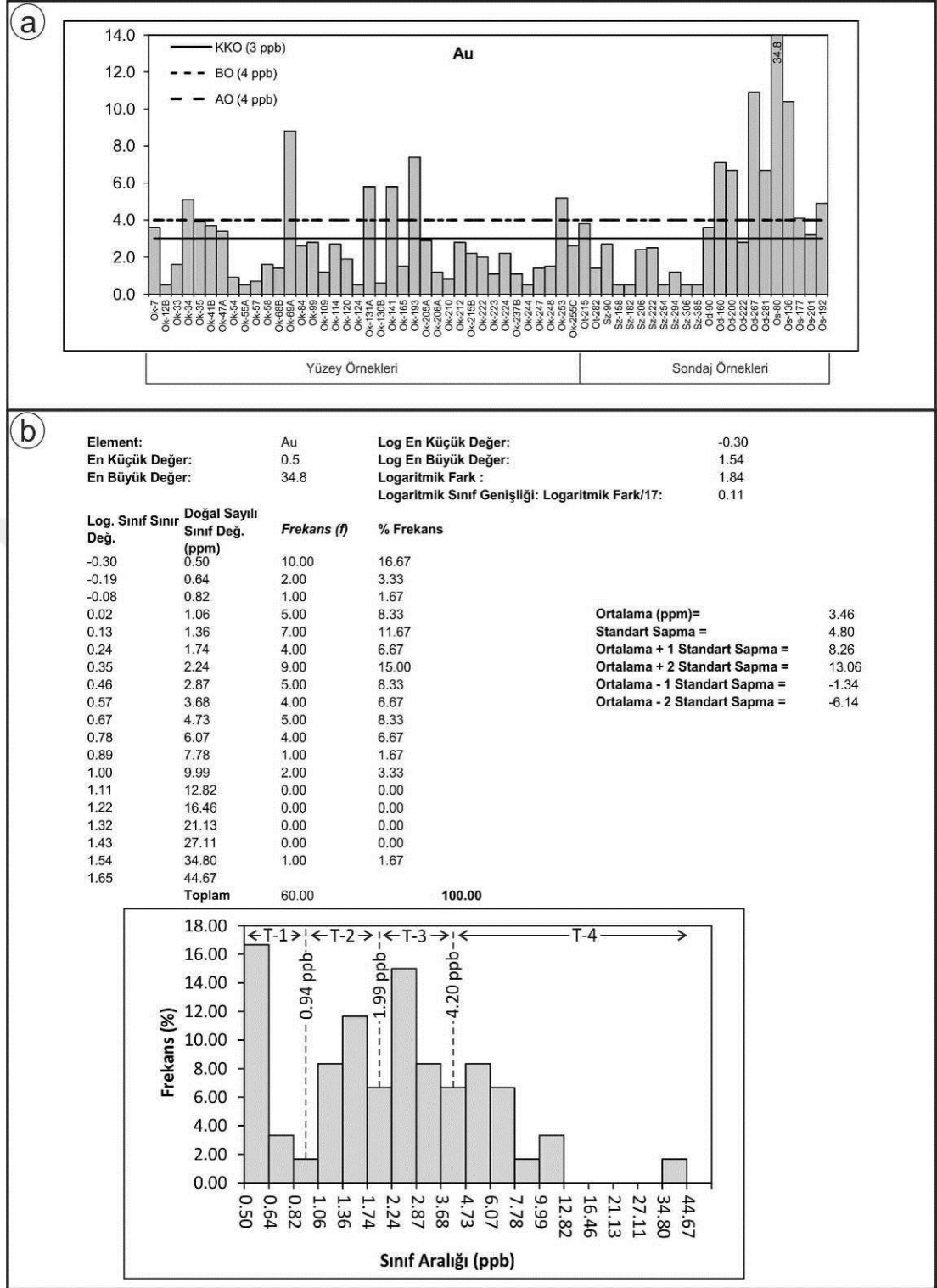
5.3.1. Örneklerde altın zenginleşme durumu

Analiz edilmiş örneklerde Au içerikleri ppb düzeyinde olup en yüksek değer 34.8 ppb olarak analiz edilmiştir. Zenginleşmelere ait yüksek değerlerin çoğunlukla sondaj örneklerine ait olduğu görülmektedir.

Yüzeiden alınmış örneklerin bir kısmının, sondajlardan alınmış örneklerin ise çoğunluğunun Au içeriklerinin, KKO (3 ppb), BO (4 ppb) ve AO (4 ppb) ortalama Au değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 5.8a). Bazı örneklerin Au içeriklerinin AO ve BO değerlerine göre biraz düşük olmaları; hidrotermal çözelti faaliyetleri sırasında altının yöredeki andezitik ve bazaltik kayalardan çözüldüğü ve bazı yerlerde yeniden çöktülerek zenginleştirildiği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca, bazı örneklerde Au zenginleşmesinin çok yüksek olması yan kayaçtan yıkanmaya ilave olarak hidrotermal çözeltilerle dışarıdan da Au getirildiği şeklinde değerlendirilebilir.

Sınıf aralığı - % frekans diyagramında; birbirine karışmış 4 farklı topluluk varmış gibi gözükmemektedir (Şekil 5.8b). Birinci topluluğu; Au içeriği 0.94 ppb'den daha düşük olan değerler oluşturmakta olup KKO, BO ve AO ortalama değerlerinden daha düşük bir topluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu toplulukta, uygulanan kimyasal analiz yönteminin dedeksiyon limiti olan 0.5 ppb den küçük değerler analiz edilemediği için 0.5 – 0.64 ppb aralığında bir yığılma olmuştur. 0.94 ppb ile 1.99 ppb arasında kalan değerler ikinci topluluğu, 1.99 ppb ile 4.2 ppb arasında kalan değerler üçüncü topluluğu, 4.2 ppb'den yüksek değerler ise dördüncü topluluğu oluşturmaktadırlar. Ancak, birinci ve ikinci toplulukları oluşturan değerlerin andezitik kısımlardan ve sedimanter katkılı ara seviyelerden alınmış örneklere ait olduğu, üçüncü topluluğun bazaltik kayalardan alınmış örneklere ait olduğu, dördüncü topluluğu oluşturan değerlerin ise hidrotermal çözelti faaliyetleri ile gelişmiş anomali topluluğu oluşturduğu kabul edilmiştir.

Diğer yandan; Ortalama+1S değerinden (8.26 ppb) yüksek örnek sayısı; 4, Ortalama+2S değerinden (13.6 ppb) yüksek örnek sayısı ise; 1 olup sondajlardan alınan örneklere ait olduğu belirlenmiştir..



Şekil 5.8. (a) Analiz edilen örneklerdeki Au içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Au içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi

5.3.2. Örneklerde bakır zenginleşme durumu

Örneklerde en yüksek Cu değeri 733.8 ppm olup zenginleşmenin sondaj örneklerinden daha çok yüzey örneklerinde yoğunlaştığı gözlenmektedir.

Cu değerleri, 23 adet örnekte KKO (75 ppm) ve BO (94 ppm) ortalama değerlerinin, 33 adet örnekte ise AO (30 ppm) ortalama değerinin üzerinde zenginleşme göstermektedir (Şekil 5.9a). Yöredeki andezitik ve bazaltik kayaların Cu içeriklerinin AO ve BO değerlerine göre biraz düşük olmaları; hidrotermal çözelti faaliyetleri sırasında bakırın bu kayalardan çözüldüğü ve bazı yerlerde yeniden çökeltiyerek zenginleştirildiği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca, bazı örneklerde bakır zenginleşmesinin çok yüksek olması ve zenginleşmiş örnek sayısının fazlalığı, yan kayaktan yıkanmaya ilave olarak hidrotermal çözellilerce dışarıdan da Cu getirildiği şeklinde değerlendirilebilir.

Sınıf aralığı - % frekans diyagramında; eşik değerlerden birisi 33 ppm, diğeri 99 ppm olan 3 farklı topluluk gözükmemektedir (Şekil 5.9b). Bu durum, sahadaki andezitik ve bazaltik kısımlardan alınmış örneklerin Cu içeriklerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir ve 33 ppm den düşük değerleri andezitik örneklere, 33-99 ppm arası değerlerin bazaltik örneklere ait olması 99 ppm den yüksek değerlerin ise anomali topluluk olarak değerlendirilmesi mümkündür.

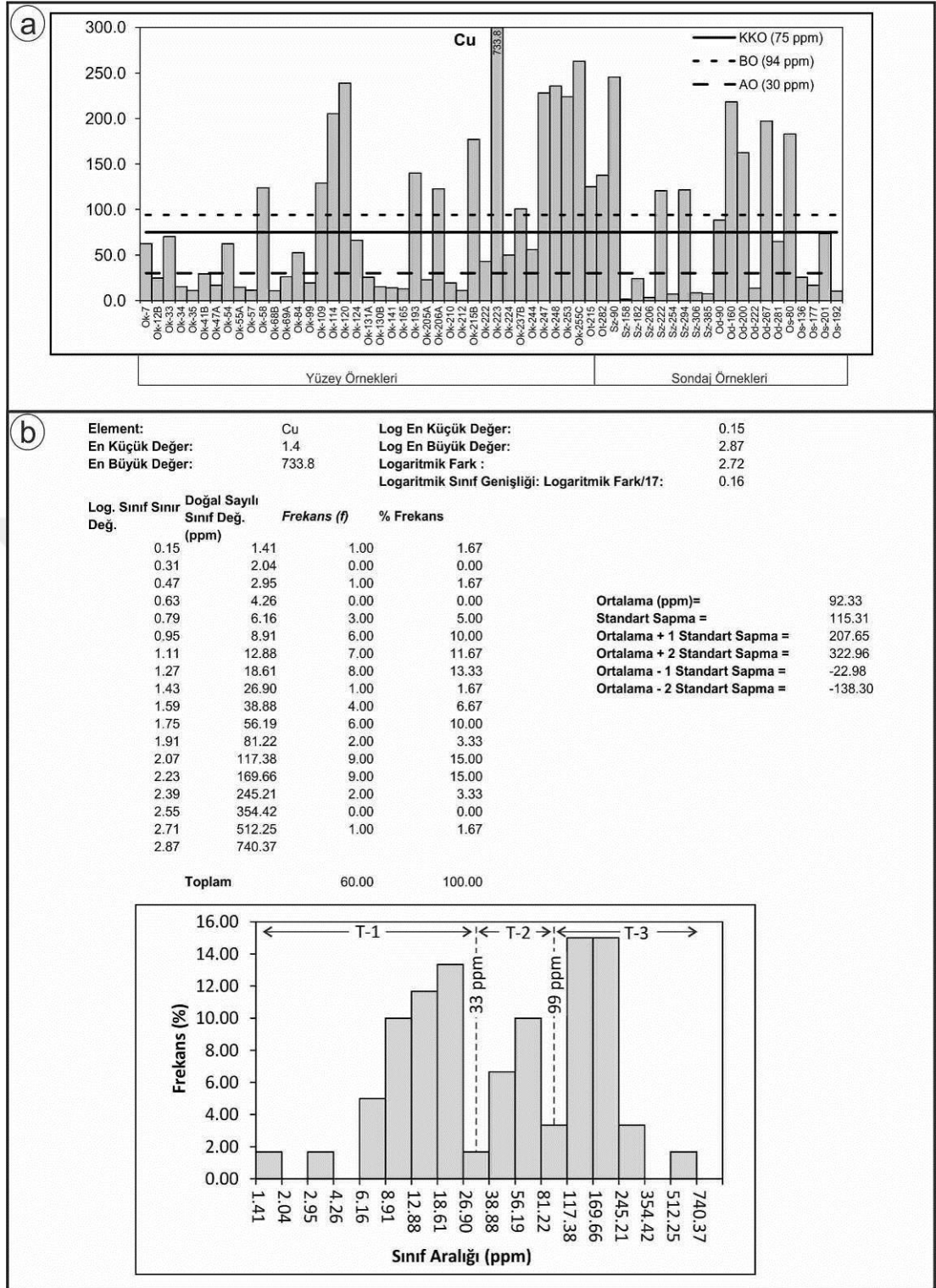
Ortalama+1S değerinden (207.65 ppm) yüksek örnek sayısı; 8, Ortalama+2S değerinden (322.96 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 1 olup bu örneklerin yüzeyden alınmış örnekler oldukları görülmektedir.

5.3.3. Örneklerde kurşun zenginleşme durumu

Analiz edilmiş örneklerin Pb içerikleri, 1.2 - 23.2 ppm değerleri arasında değişmekte olup hem yüzey hem de sondajlardan alınmış bazı örneklerde belirgin zenginleşmeler gözlenmektedir.

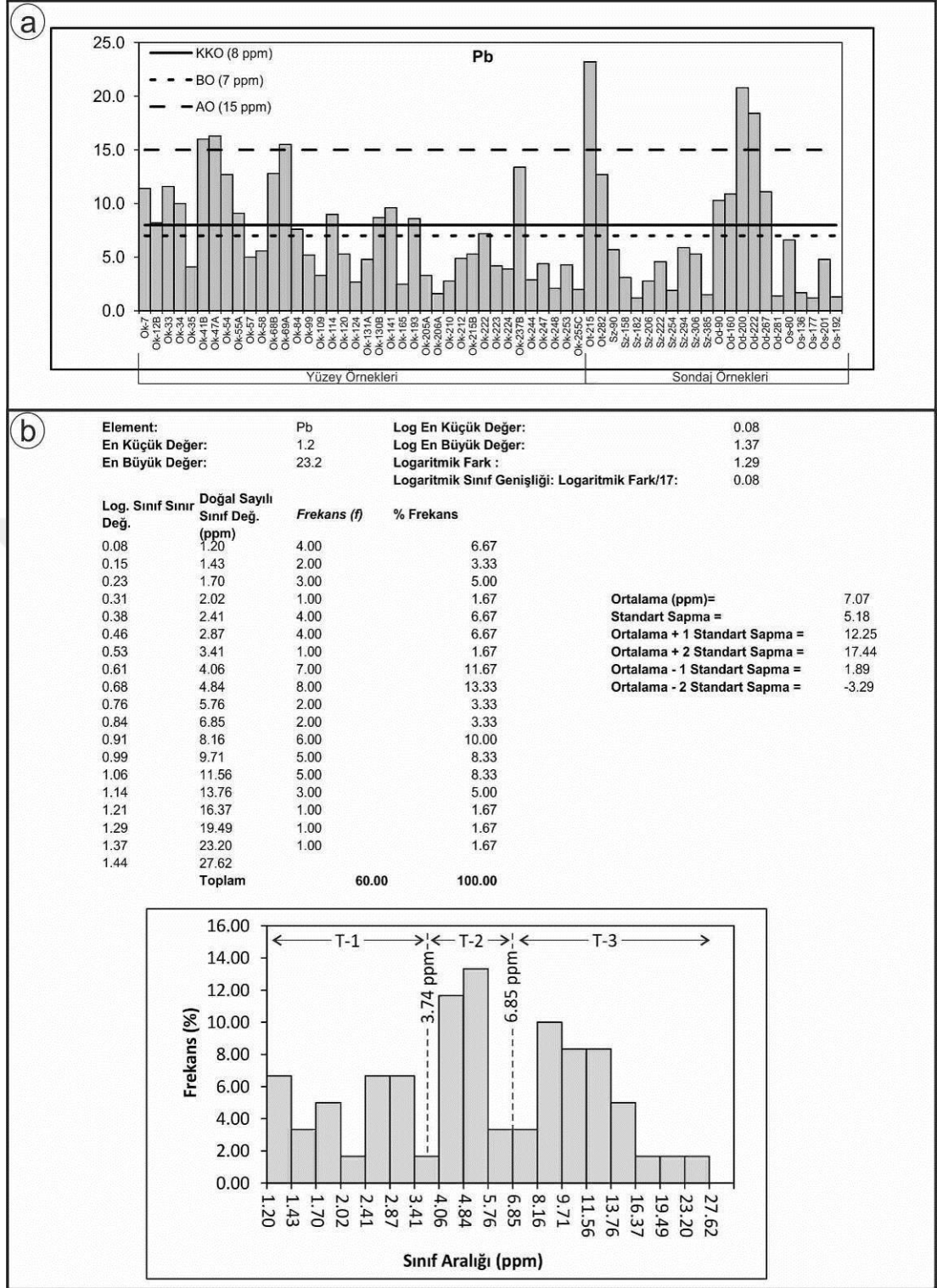
KKO (8 ppm) ve BO (7 ppm) değerlerinin üzerinde 22 adet yüzey ve sondaj örneği bulunmaktadır. AO (15 ppm) değerlerine göre zenginleşme gösteren örnek sayısı ise 6 ile sınırlanmaktadır (Şekil 5.10a). Yöredeki andezitik ve bazaltik kayaların Pb içeriklerinin AO ve BO değerlerine göre belirgin bir şekilde düşük olmaları; hidrotermal çözelti faaliyetleri sırasında kurşunun bu kayalardan çözüldüğü ve bazı yerlerde yeniden çökeltiyerek zenginleştirildiği şeklinde yorumlanabilir.

Sınıf aralığı - % frekans diyagramında; 3.74 ve 6.85 ppm eşik değerleri ile ayrılan 3 farklı topluluk gözükmemektedir (Şekil 5.10b). Düşük değerlikli birinci topluluğun bazaltik kayalardan alınmış örneklere ait olduğu, 3.74 – 6.85 ppm arası değerlerin andezitlere ait yerel olağan değerleri temsil ettiği, 6.85 ppm'den yüksek değerlikli topluluğun ise Pb'ca zengin andezitik örnekleri ve belkili olarak hidrotermal çözellilerce geliştirilmiş anomali değerleri temsil ettiği düşünülebilir. Az sayıda da olsalar, özellikle, 15 ppm (AO)'den yüksek değerlerin anomali topluluğu temsil ettiği söylenebilir. Bu topluluğa ait örneklerin genellikle yoğun alterasyona uğramış yüzey ve sondaj örneklerine ait olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.9. (a) Analiz edilen örneklerdeki Cu içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Cu içeriklerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Ortalama+1S değerinden (12.25 ppm) yüksek örnek sayısı; 10, Ortalama+2S değerinden (17.44 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 3 olup yüzey ve sondajlardan alınan örneklerle ait olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.10. (a) Analiz edilen örneklerdeki Pb içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Pb içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi

5.3.4. Örneklerde çinko zenginleşme durumu

Analiz sonuçlarına göre örneklerin Zn içerikleri 1 ile 152 ppm arasında değişim göstermektedir. Zenginleşmeler, sondaj örneklerinde yüzey örneklerine göre daha fazladır..

Karşılaştırma diyagramında; AO (60 ppm) değerlerinin üzerinde 21 adet, KKO (80 ppm) üzerinde 12 adet; BO (118 ppm) üzerinde 4 adet sondaj ve yüzey örneği zenginleşme göstermektedir (Şekil 5.11a). Yöredeki andezitik ve bazaltik kayalardan alınmış bazı örneklerin Zn içeriklerinin AO ve BO değerlerine göre belirgin bir şekilde düşük olmaları; hidrotermal çözeltili faaliyetleri sırasında çinkonun bu kayalardan çözüldüğü ve bazı yerlerde yeniden çökelti olarak zenginleştirildiği şeklinde yorumlanabilir.

Sınıf aralığı - % frekans diyagramı üzerinde; 9.31 ve 22.5 ppm eşik değerleri ile ayrılacak 3 farklı topluluk olduğu görülmektedir (Şekil 5.11b). 22.5 ppm değerinden küçük olan iki topluluğun kayalık türlerinin Zn içeriklerindeki farklılıktan kaynaklandığı, bu değerden büyük T-3 topluluğunun ise hidrotermal çözeltilerin ürünü olduğu kabul edilebilir.

Ortalama+1S değerinden (89.65 ppm) yüksek örnek sayısı; 8, Ortalama+2S değerinden (129.03 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 4 olarak belirlenmiştir.

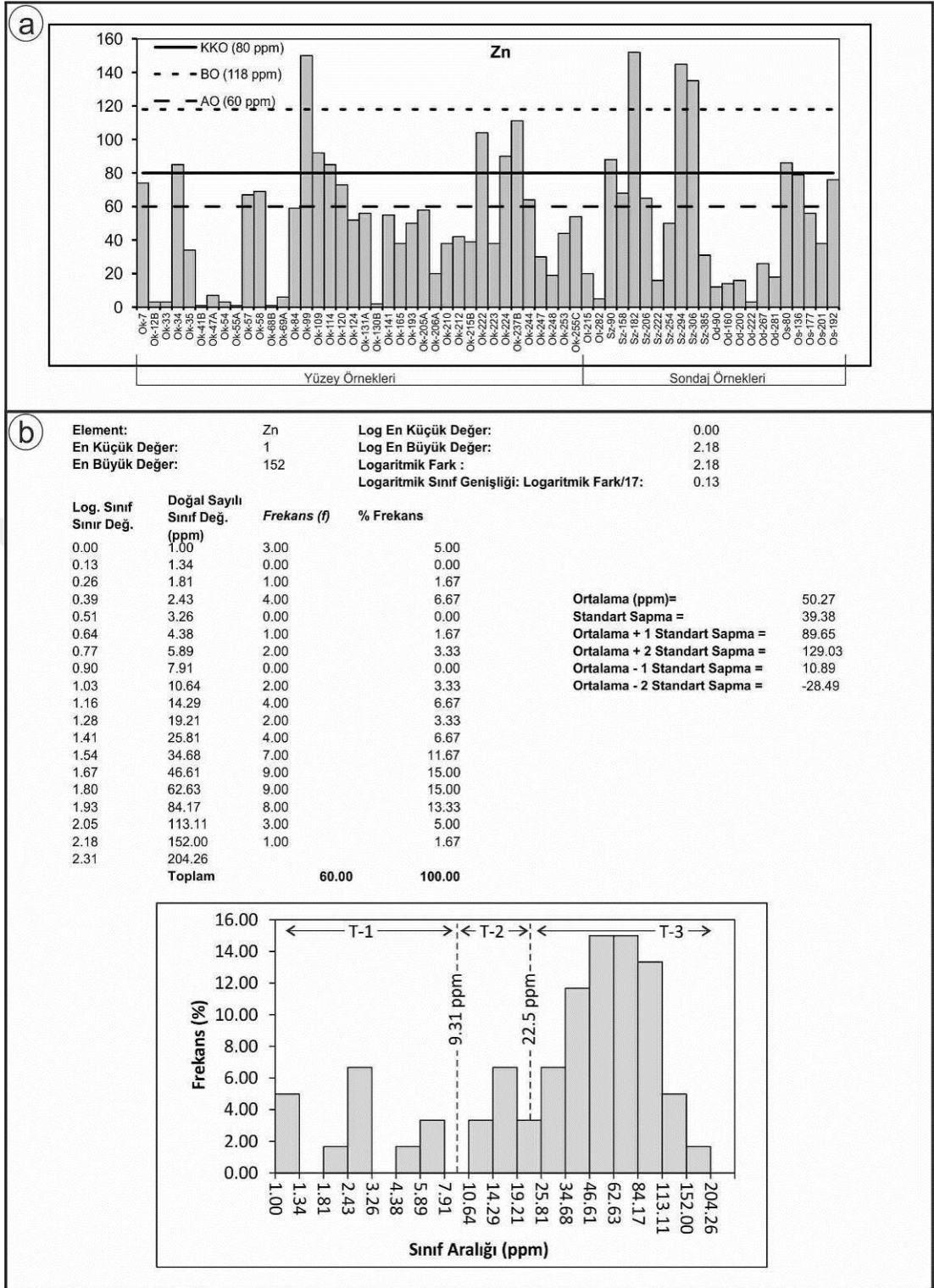
5.3.5. Örneklerde molibden zenginleşme durumu

Kimyasal analizi yapılan örneklerin Mo içerikleri 0.4 - 9.2 ppm arasında değişmekte olup yüzeyden alınan örneklerde daha yüksek değerler elde edilmiştir.

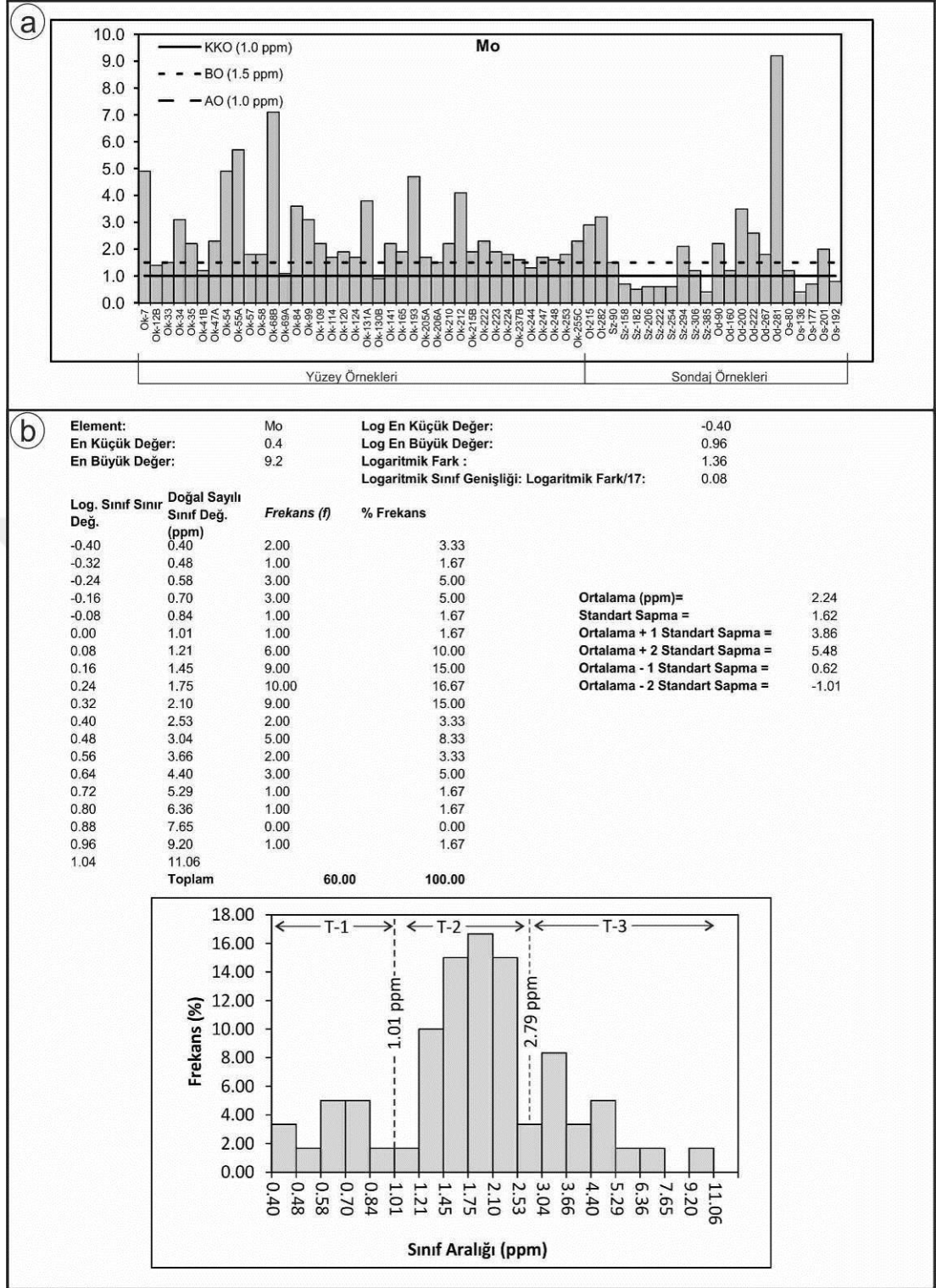
Ortalama değerler ile birlikte hazırlanan karşılaştırma diyagramında 9 örnek hariç bütün örneklerde Mo içeriği; KKO (1 ppm) ve AO (1 ppm) çizgisi üzerinde, 45 adet örnekte BO (1.5 ppm) çizgisi üzerinde zenginleşme göstermektedir (Şekil 5.12a)

Sınıf aralığı - % frekans diyagramında; 1.01 ve 2.79 ppm eşik değerleri ile birbirinden ayrılan 3 farklı topluluğun bulunduğu görülmektedir (Şekil 5.12b). 2.79 ppm den küçük Mo içerikli T-1 ve T-2 topluluklarının yöredeki kayalık türlerinin Mo içeriklerindeki farklılıktan kaynaklanmış olabileceği, 2.79 ppm'den yüksek Mo değerlerini kapsayan T-3 topluluğunun ise hidrotermal çözeltili faaliyetlerine bağlı olarak gelişmiş anomali dağılım topluluğu olduğu kabul edilebilir. Yüksek değerlerin, yüzeyden ve sondajlardan alınmış yoğun alterasyonlu örneklerle ait olduğu tespit edilmiştir.

Ortalama+1S değerinden (3.86 ppm) yüksek örnek sayısı; 7, Ortalama+2S değerinden (5.48 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.11. (a) Analiz edilen örneklerdeki Zn içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Zn içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi



Şekil 5.12. (a) Analiz edilen örneklerdeki Mo içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Mo içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi

5.3.6. Örneklerde wolfram zenginleşme durumu

Örneklerde en yüksek W analiz değeri 4.8 ppm olup zenginleşmenin yüzey örneklerinde yoğunlaştığı gözlenmektedir.

Yöredeki kayaçların W içerikleri, KKO, AO ve BO değerlerine yakın veya yüksek olup; 23 adet örneğin W içeriğinin AO (1.3 ppm) değerinin üzerinde, 34 adet örneğin W içeriğinin KKO (1 ppm) ve BO (0.9 ppm) değerlerinin üzerinde zenginleşmiş olduğu görülmektedir (Şekil 5.13a). Bu zenginleşme, bazı örneklerde oldukça belirgin olup hidrotermal çözeltilerce ortama dışarıdan W ilave edildiği şeklinde yorumlanabilir.

Sınıf aralığı - % frekans diyagramında; 0.80 ve 1.19 ppm eşik değerleri ile birbirinden ayrılan 3 farklı topluluğun bulunduğu görülmektedir (Şekil 5.13b). 1.19 ppm den küçük W içerikli T-1 ve T-2 topluluklarının yöredeki kayaç türlerinin W içeriklerindeki farklılıktan kaynaklanmış olabileceği, 1.19 ppm'den yüksek W değerlerini kapsayan T-3 topluluğunun ise hidrotermal çözelti faaliyetlerine bağlı olarak gelişmiş anomali dağılım topluluğu olduğu kabul edilebilir. Yüksek değerlerin, yüzeyden alınmış yoğun alterasyonlu örneklerle ait olduğu tespit edilmiştir.

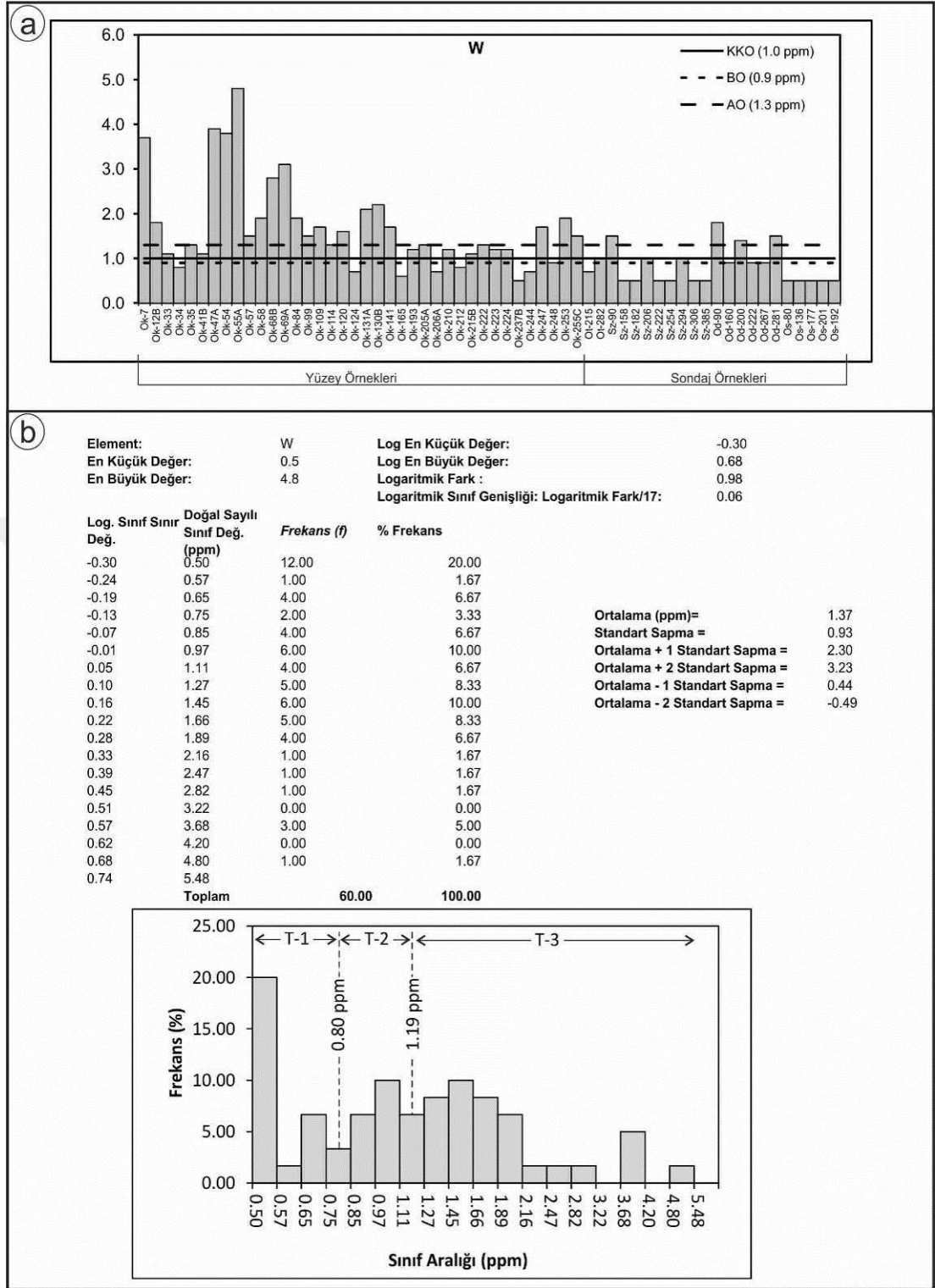
Ortalama+1S (2.30 ppm) yüksek örnek sayısı; 6, Ortalama+2S değerinden (3.23 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 4 olup yüzey ve sondajlardan alınan örneklerle ait olduğu gözlenmektedir.

5.3.7. Örneklerde arsen zenginleşme durumu

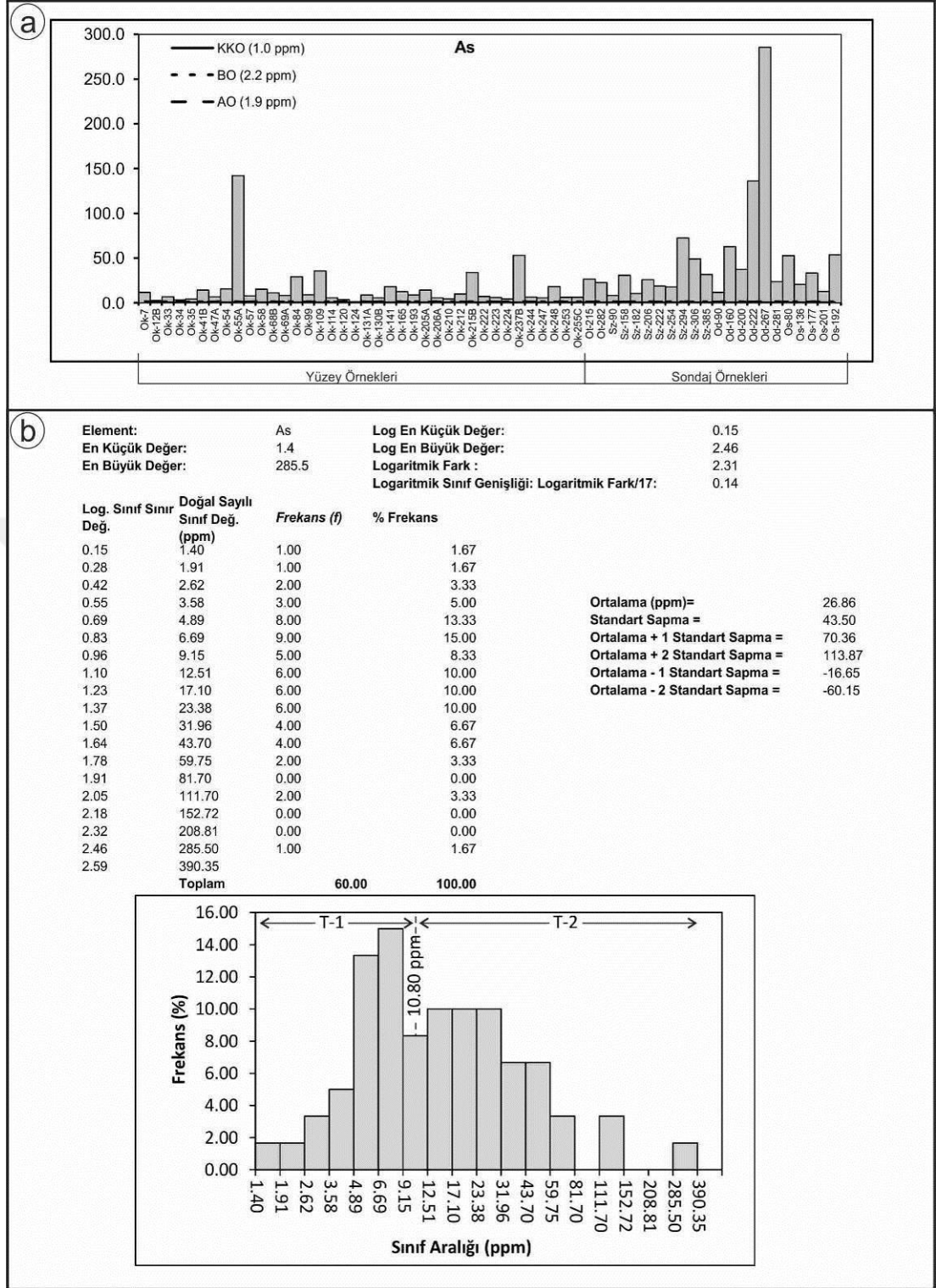
Kimyasal analizi yapılan örneklerin As içerikleri 1.4 ile 285.5 ppm arasında değişmektedir. KKO (1 ppm), BO (2.2 ppm) ve AO (1.9 ppm) değerleri ile yapılan karşılaştırma diyagramında örneklerin tamamına yakın bir kısmının bu değerlere ait çizgilerin üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 5.14a).

Sınıf aralığı - % frekans diyagramında ise; sağa doğru genişlemiş bir çan eğrisi ortaya çıkmış olup KKO, BO ve AO değerlerinin çok küçük olması nedeniyle bu değerlerin tamamını anomali topluluk olarak değerlendirmek veya 10.8 ppm eşik değeri ile 2 topluluğa ayırmak mümkündür (Şekil 5.14b). Ancak, tek topluluk olarak tamamını anomali olarak değerlendirmek ve hidrotermal çözelti faaliyetlerinin ürünü olarak düşünmek daha uygun gözükmektedir. Diğer yandan, As'nin özellikle Au ve Sb ile olmak üzere diğer elementlerle birlikte sülfürlü cevherleşmelerde birlikte zenginleşme durumları dikkate alındığında As değerlerinin yöredeki olası cevherleşme yerlerinin belirlenmesinde yol gösterici / kılavuz element olarak kullanılması olası gözükmektedir.

Ortalama+1S (70.36 ppm) yüksek örnek sayısı; 4, Ortalama+2S değerinden (113.87 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 3 olup yüksek değerlikli örneklerden 1 tanesinin yüzeyden alınmış, diğerlerinin ise sondajlardan alınmış örnekler olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.13. (a) Analiz edilen örneklerdeki W içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki W içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi



Şekil 5.14. (a) Analiz edilen örneklerdeki As içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki As içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi

5.3.8. Örneklerde antimon zenginleşme durumu

Analiz sonuçlarına göre örneklerin Sb içerikleri 0.1 ile 16.8 ppm arasında değişim göstermektedir. KKO (0.2 ppm), BO (0.6 ppm) ve AO (0.2 ppm) değerleri ile yapılan karşılaştırma diyagramında 28 adet örneğin KKO ve AO çizgilerinin üzerine çıktığı, 16 adet örneğin ise BO çizgisinin de üzerine çıktığı görülmektedir (Şekil 5.15a).

Sınıf aralığı - % frekans diyagramında; küçük değerlerin analiz edilebilme zorluğu nedeniyle 0.33 ppm den düşük sınıf aralıklarında yığılma görülmektedir. Diyagramın 0.33 ppm den yüksek değerli kısımlarında ise; 0.70 ve 1.78 ppm eşik değerleri ile 3 farklı topluluğun ayrılabilmesi görülmektedir (Şekil 5.15b). 1.78 ppm eşik değerinden küçük değerlikli T-1 ve T-2 topluluklarının yöredeki kayaç türlerinin olağan Sb içeriklerinden kaynaklanmış olabileceği 1.78'den büyük değerlikli topluluğun ise yörede gelişmiş hidrotermal çözelti faaliyetleri ile ilişkili olabileceği kabul edilebilir. Belirgin derecede yüksek değerlerden 1 tanesinin yüzeyden alınmış bir örneğe ait olduğu diğerlerinin ise sondajlardan alınmış örneklere ait olduğu belirlenmiştir.

Ortalama+1S değerinden (3.59 ppm) yüksek örnek sayısı; 4, Ortalama+2S değerinden (6.16 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 2 olarak belirlenmiştir.

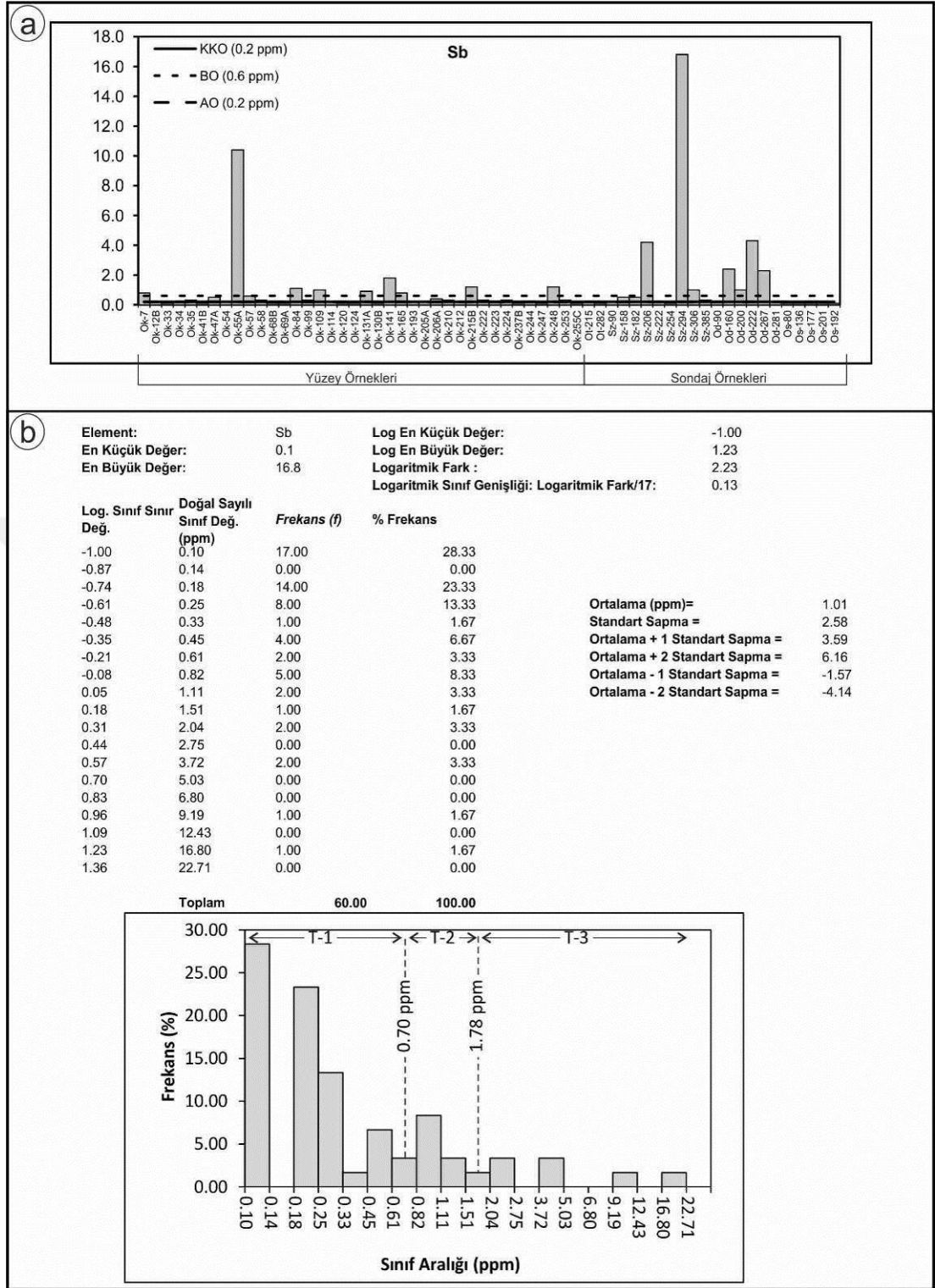
5.3.9. Örneklerde uranyum zenginleşme durumu

Kimyasal analizi yapılan örneklerin U içerikleri 0.5 - 8.6 ppm arasında değişmektedir.

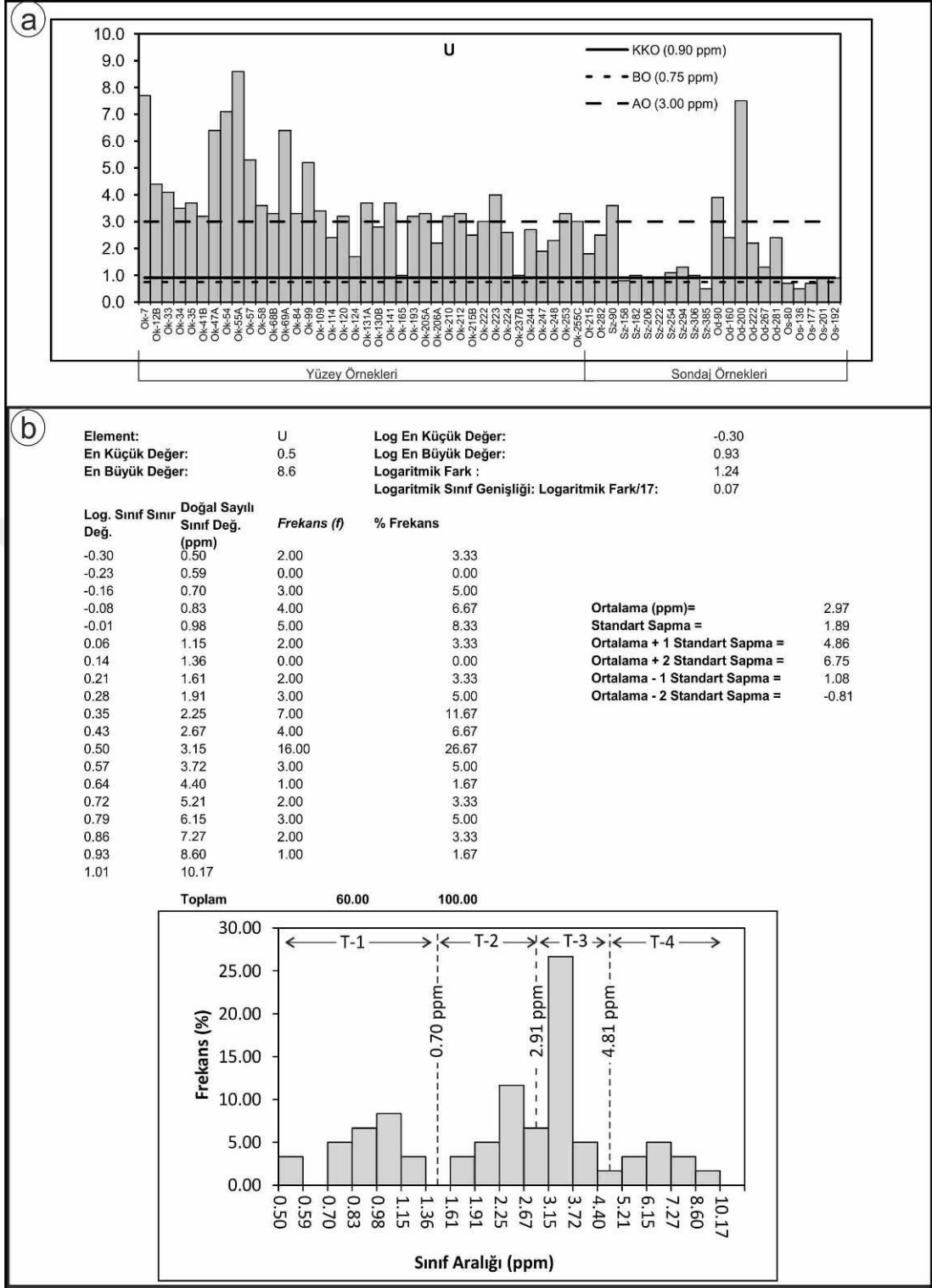
Analiz sonuçları; KKO (0.9 ppm), BO (0.75 ppm) ve AO (3 ppm) değerleri ile karşılaştırıldıklarında; örneklerin U içeriklerinin çoğunlukla KKO ve BO değerlerine göre belirgin bir şekilde yüksek olduğu, 15 kadar örneğin ise AO değerinden de yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5.16a).

Sınıf aralığı - % frekans diyagramı üzerinde; 0.70, 2.91 ve 4.81 ppm eşik değerleri ile birbirinden ayrılmış 4 farklı topluluğun bulunduğu görülmektedir (Şekil 5.16b). 2.91 ppm'den küçük değerli T-1 ve T-2 topluluklarının yöredeki bazaltik ve andezitik kayaçların U içeriklerindeki farklılıktan kaynaklanmış olabileceği, daha büyük değerleri kapsayan T-3 ve T-4 topluluklarının ise hidrotermal çözelti faaliyetleri ile gelişmiş olabileceği kabul edilmiştir. Yüksek değerler, özellikle yüzeyden alınmış örneklere aittirler.

Ortalama +1S değerinden (4.86 ppm) yüksek örnek sayısı; 8, Ortalama+2S değerinden (6.75 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 4 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.15. (a) Analiz edilen örneklerdeki Sb içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Sb içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi



Şekil 5.16. (a) Analiz edilen örneklerdeki U içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki U içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi

5.3.10. Örneklerde toryum zenginleşme durumu

Analiz sonuçlarına göre örneklerin Th içerikleri 1.5 - 24.3 ppm arası değişim göstermektedir..

Analiz sonuçları; KKO, BO ve AO değerleri ile karşılaştırıldığında; 46 adet örneğin Th değerlerinin KKO (3.5 ppm) ve BO (3.5 ppm) değerlerinden yüksek olduğu, 32 adet örneğin Th değerlerinin ise AO (8.5 ppm) çizgisinin de üzerine çıktığı görülmüştür (Şekil 5.17a).

Sınıf aralığı - % frekans diyagramı üzerinde; 3.70, 6.0 ve 16.2 ppm eşik değerleri ile birbirlerinden ayrılan 4 olası topluluk bulunduğu görülmektedir (Şekil 5.17b). 6.0 ppm'den düşük değerleri kapsayan T-1 ve T-2 topluluklarının yöredeki kayaç türlerinin olağan Th değerlerini temsil ettikleri, 6.0 ppm'den yüksek değerleri kapsayan T-3 ve T-4 topluluklarının ise anomali topluluklar oldukları düşünülebilir.

Ortalama+1S (12.72 ppm) değerinden yüksek örnek sayısı; 8, Ortalama+2S değerinden (17.62 ppm) yüksek örnek sayısı ise; 4 olup yüksek değerlerin yüzeyden alınan örneklere ait olduğu gözlenmektedir.

5.4. Yüzeyden Alınmış Örneklerde Eser Elementlerin Dağılım Haritaları

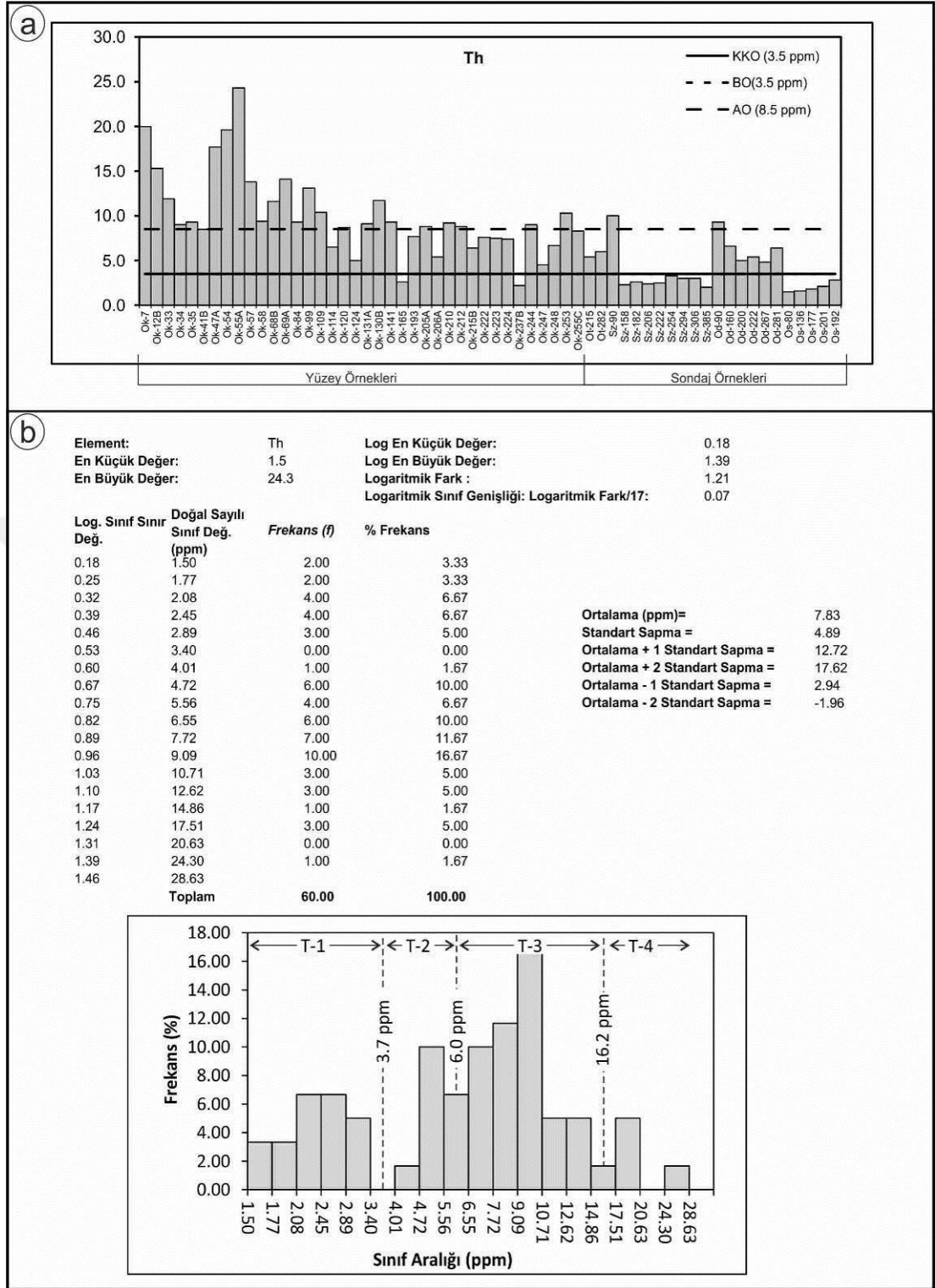
Yüzeyden alınan örneklerde eser element içerikleri her bir element için ayrı ayrı değerlendirilerek dağılım haritaları elde edilmiştir. Haritaları elde etmek için ARCGIS programında Doğal Komşuluk (Natural Neighbor), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (Inverse Distance Weighting-IDW) ve Kriging Enterpolasyon yöntemleri kullanılmış olup bu çalışma için en iyi sonuçlar IDW yönteminde elde edilmiştir.

Dağılım topluluklarının ayrılmasında; olarak sınıf aralığı - % frekans diyagramlarında belirlenmiş "eşik değerler ve sınıf sınır değerleri" ile ortalama + standart hesaplamalarıyla belirlenmiş "ortalama, ortalama+1S ve ortalama+2S değerleri" kullanılarak iki farklı yöntemle ön değerlendirmeler yapılmış ve sınıf aralığı - % frekans diyagramlarında belirlenmiş eşik değerlerin ve sınıf sınır değerlerinin kullanıldığı dağılım haritalarının daha anlamlı olduğu düşünülmüş ve kullanılmaları tercih edilmiştir.

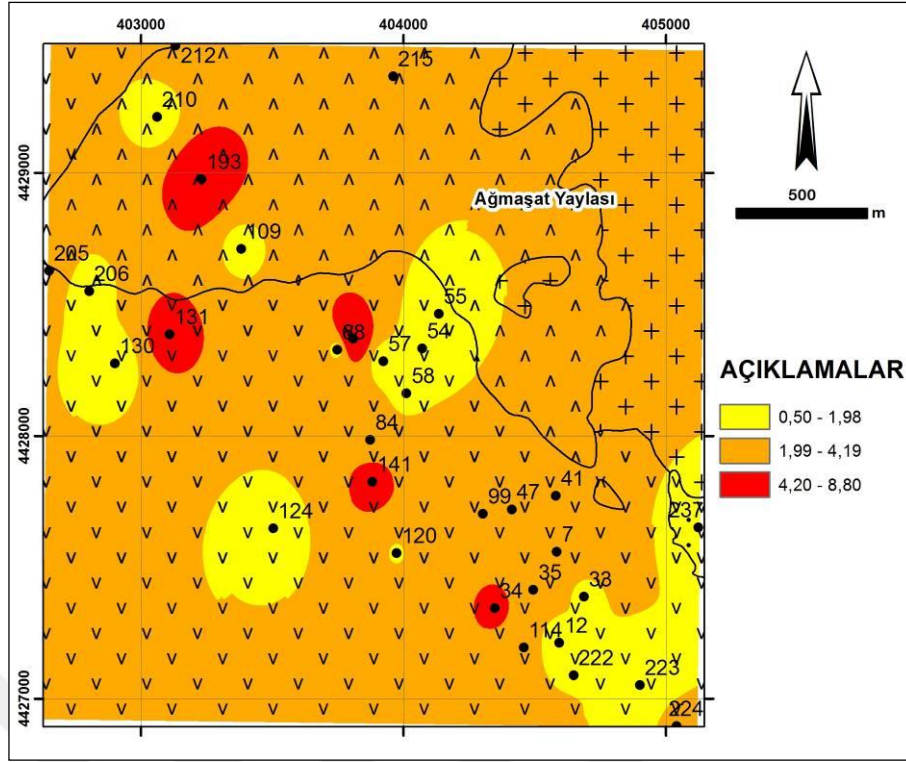
Örneklerde altın dağılımı; sınıf aralığı - % frekans diyagramında belirlenmiş eşik değerler dikkate alınarak 4 farklı topluluk ayrılmıştır (T-1 - T-4). Düşük değerlikli topluluklar kayaç türlerine bağlı topluluklar olarak değerlendirilmiş olup 4.20 ppb den yüksek değerlikli T-4 topluluğu anomali olarak kabul edilmiştir. Bu toplulukların harita üzerinde ki dağılımları Şekil 5.18 üzerinde görülmekte olup 5 farklı noktada anomali topluluğu ortaya çıkmıştır.

Örneklerde bakır dağılımı toplulukları Şekil 5.19 üzerinde görüldüğü gibi ayrılmış olup 99 ppm değerinden yüksek olan anomali topluluğu harita üzerinde geniş alanlar kaplamaktadır.

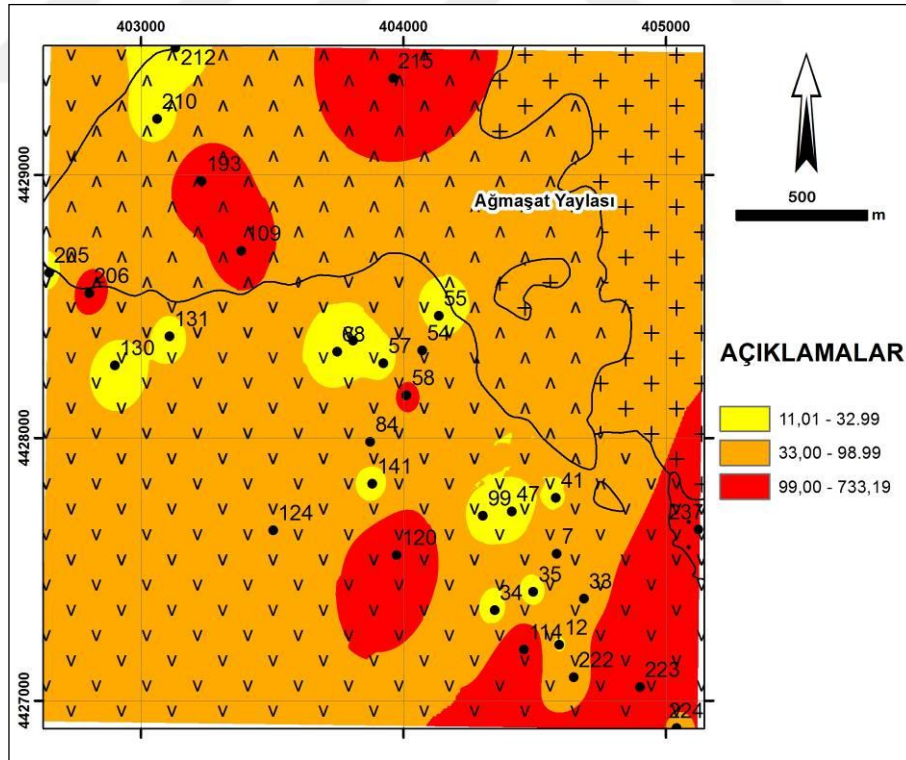
Örneklerde çinko dağılımı toplulukları Şekil 5.20 üzerinde görülmekte olup belirlenen eşik değerlere (9,31 ppm - 22,50 ppm) göre yapılan değerlendirmede anomali topluluğu çok geniş alan kaplamış (Şekil 5.20a) olup anomali topluluk; 46,61 ppm - 84,17 ppm değerlerinden alt topluluklara ayrılmıştır (Şekil 5.20b).



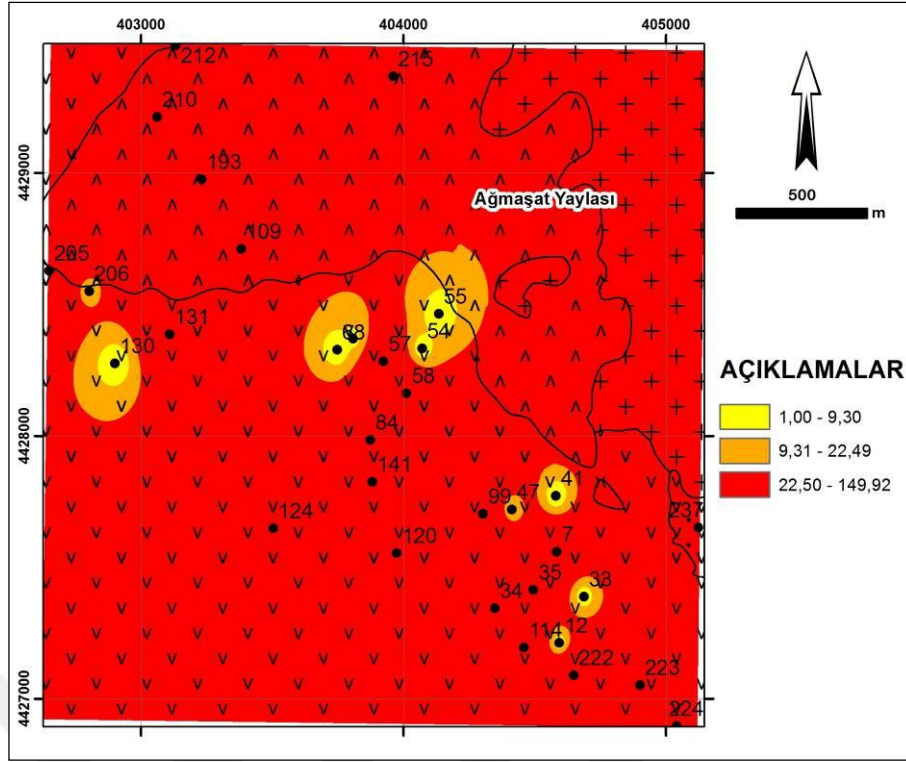
Şekil 5.17. (a) Analiz edilen örneklerdeki Th içeriklerinin KKO, BO ve AO değerleriyle karşılaştırma diyagramı (b) Analiz edilen örneklerdeki Th içeriklerinin istatistiksel değerlendirmesi



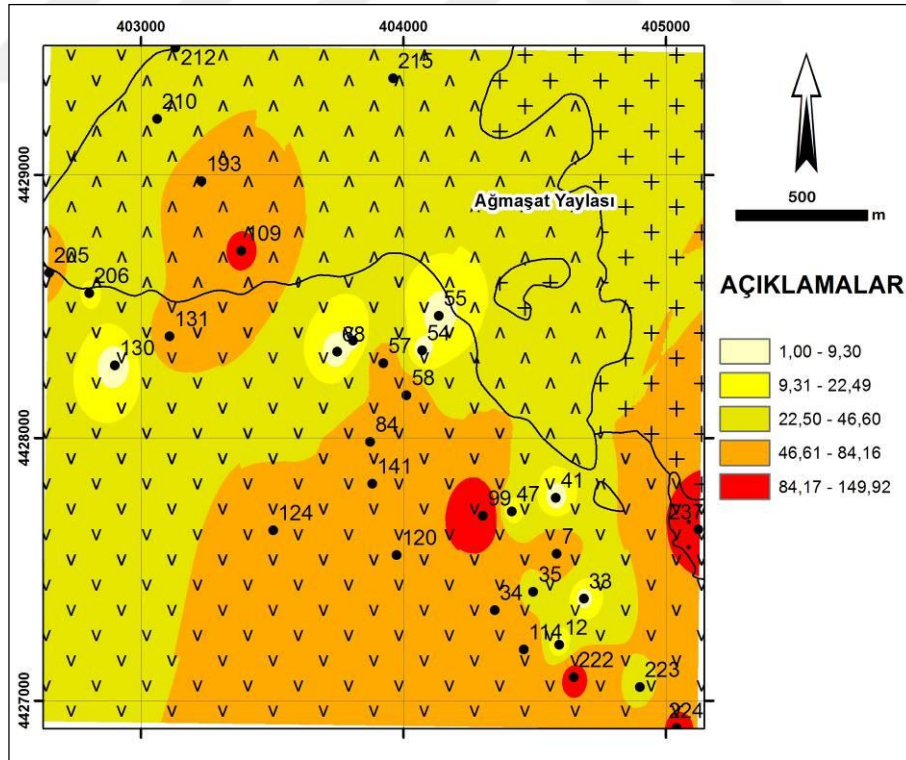
Şekil 5.18. Altın topluluklarına ait dağılım haritası



Şekil 5.19. Bakır topluluklarına ait dağılım haritası



Şekil 5.20a. Çinko topluluklarına ait dağılım haritası (Anamoli topluluğu alt gruplara ayrılmamış)



Şekil 5.20b. Çinko topluluklarına ait dağılım haritası (Anamoli topluluğu alt gruplara ayrılmış)

Şekil 5.21 üzerinde kurşun dağılım toplulukları gözlenmekte olup anomali topluluğu olarak belirlenen 6.85 ppm değeri ve üzerinde kalan değerler, inceleme alanının doğu bölümde oldukça geniş alan kaplamaktadır.

Molibden dağılım toplulukları Şekil 5.22 üzerinde gözlenmekte olup anomali topluluğu alt sınırı olarak belirlenen 2.79 ppm değerinin üzerinde kalan alan inceleme alanının kuzey bölümünü kaplamaktadır.

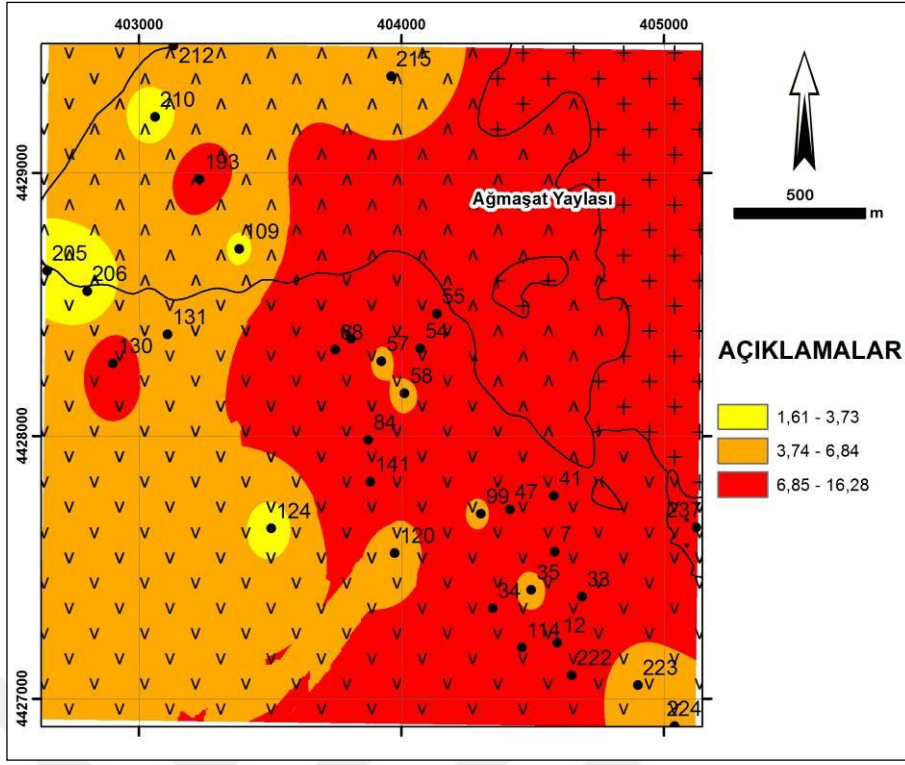
Örneklere tungsten dağılım topluluklarına ait haritası 1.19 ppm eşik değeri dikkate alınarak hazırlandığında anomali topluluğunun çok geniş alan kapladığı görülmüş (Şekil 5.23a) olup anomali topluluğu 1.66 ppm - 2.16 ppm değerlerinden alt topluluklara ayrılarak ikinci bir harita hazırlanmıştır (Şekil 5.23.b).

Örneklere ait antimon dağılım topluluklarında 1.78 ppm olarak belirlenen anomali topluluğu inceleme alanının kuzeydoğusunda gözlenmektedir (Şekil 5.24).

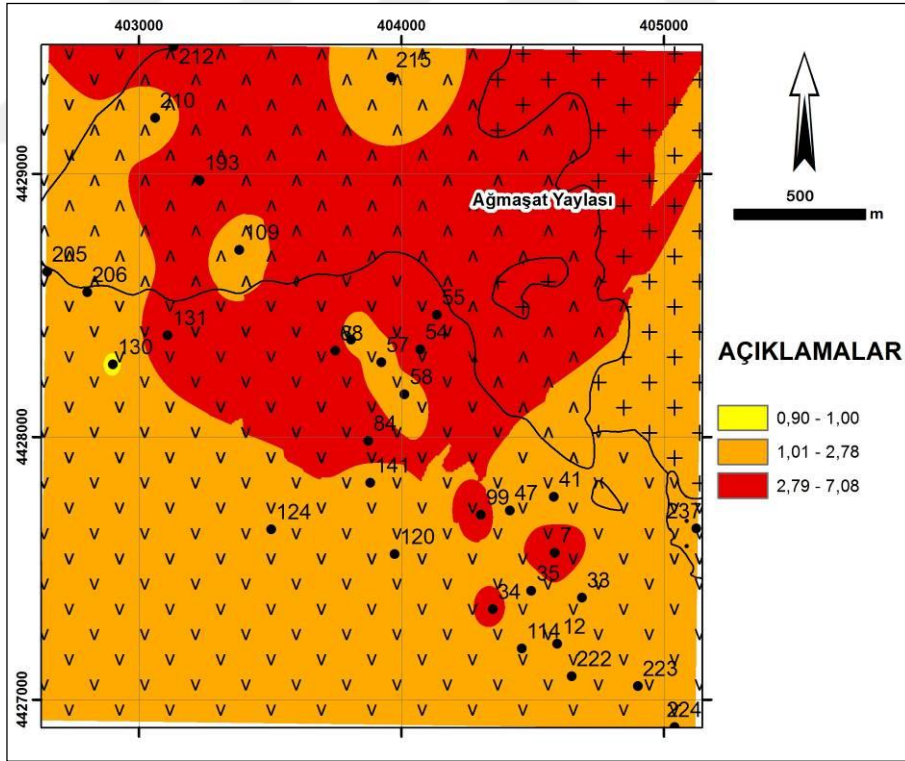
Uranyum dağılım toplulukları 4.80 ppm anomali topluluğuna ait alt sınır değerinde inceleme sahasının kuzeydoğu bölgesinde geniş alan kaplamaktadır (Şekil 5.25).

Arsen dağılım toplulukları için hesaplamalar sonucunda elde edilen 10.80 ppm anomali topluluk değerine göre hazırlanan dağılım haritasında (Şekil 5.26a) anomali topluluğuna ait saha çok geniş alanlar kapladığı için anomali topluluğu 23.38 ppm - 43.70 ppm değerlerinde alt topluluklara ayrılmıştır (Şekil 5.26b).

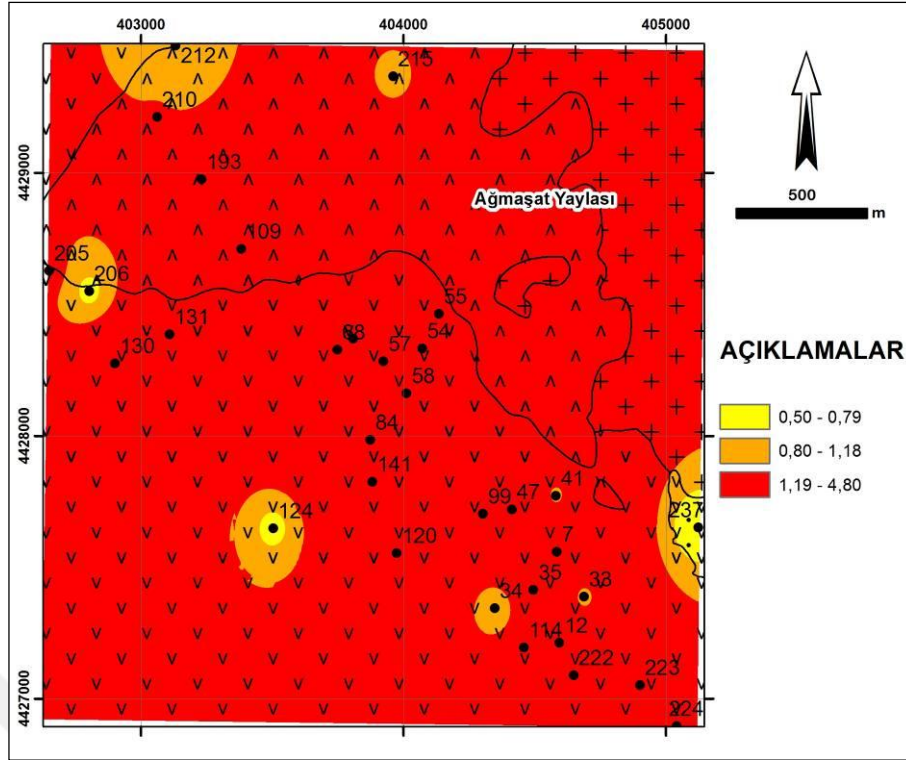
Örneklere ait toryum toplulukları benzerlik sunmakta olup 7, 47 ve 55 numaralı örneklerin etrafında 16.20 ppm olan anomali topluluğunu göstermektedir (Şekil 5.27).



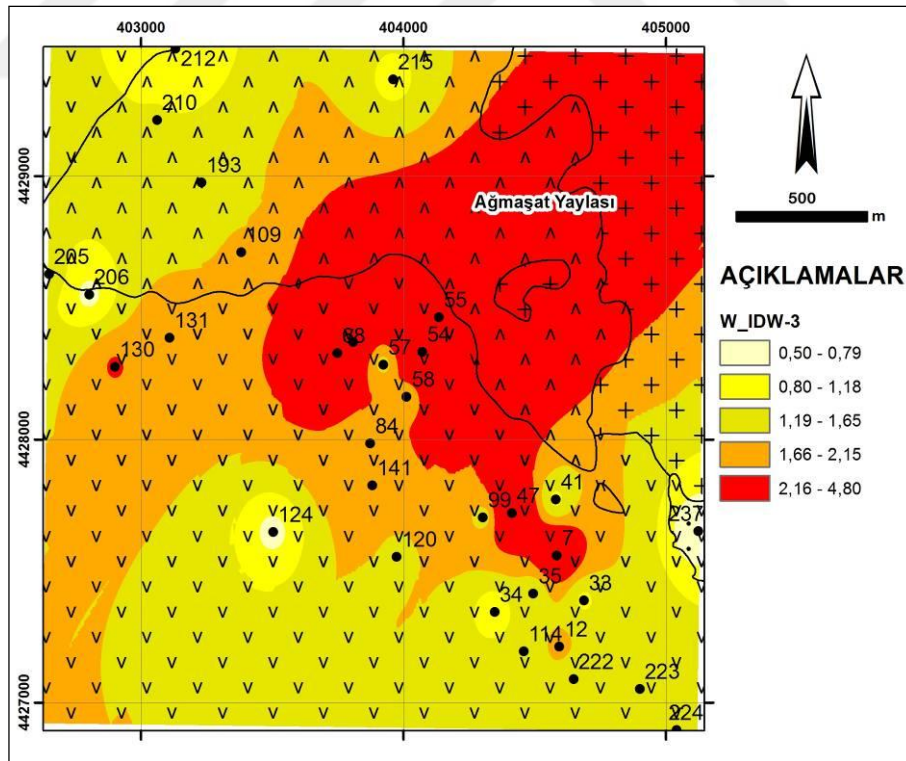
Şekil 5.21. Kurşun topluluklarına ait dağılım haritası



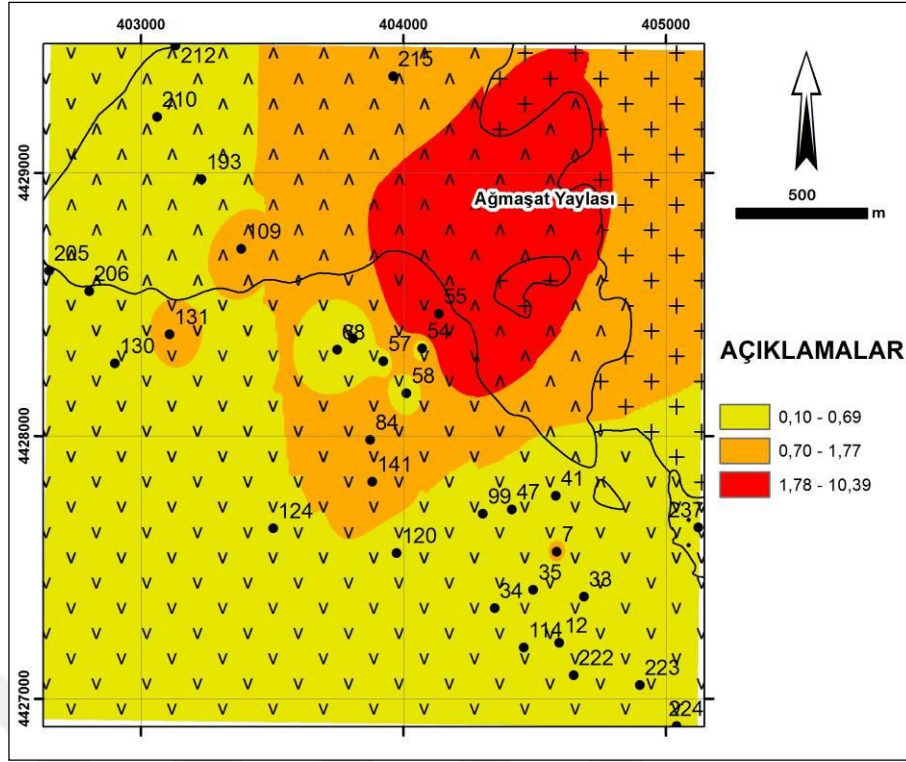
Şekil 5.22. Molibden topluluklarına ait dağılım haritası



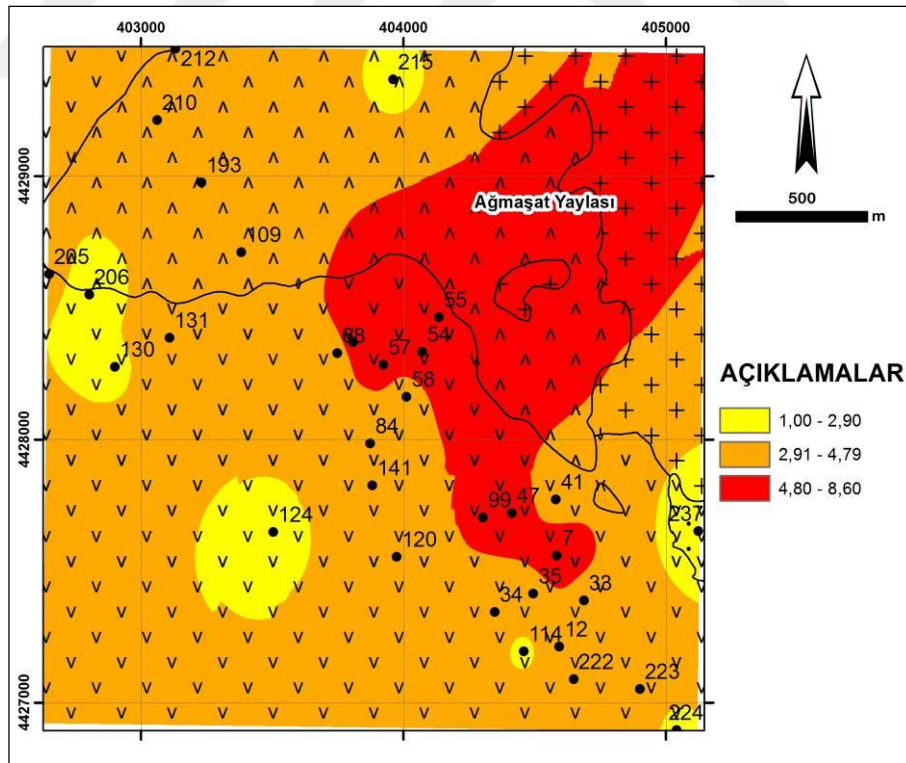
Şekil 5.23-a. Tungsten topluluklarına ait dağılım haritası (Anomali topluluğu alt gruplara ayrılmamış)



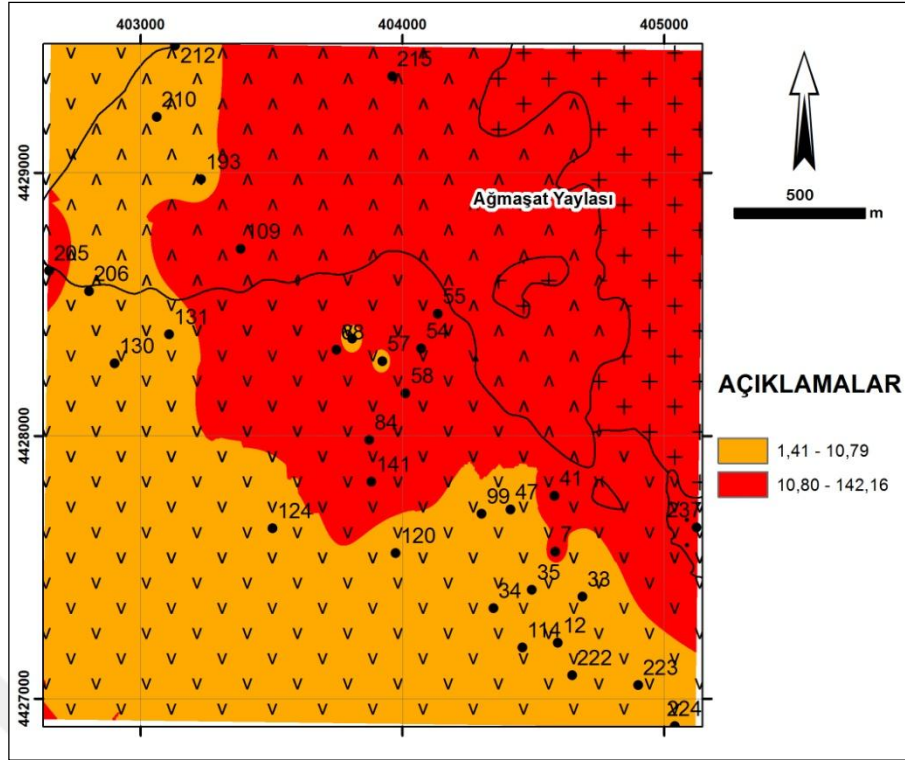
Şekil 5.23-b. Tungsten topluluklarına ait dağılım haritası (Anomali topluluğu alt gruplara ayrılmış)



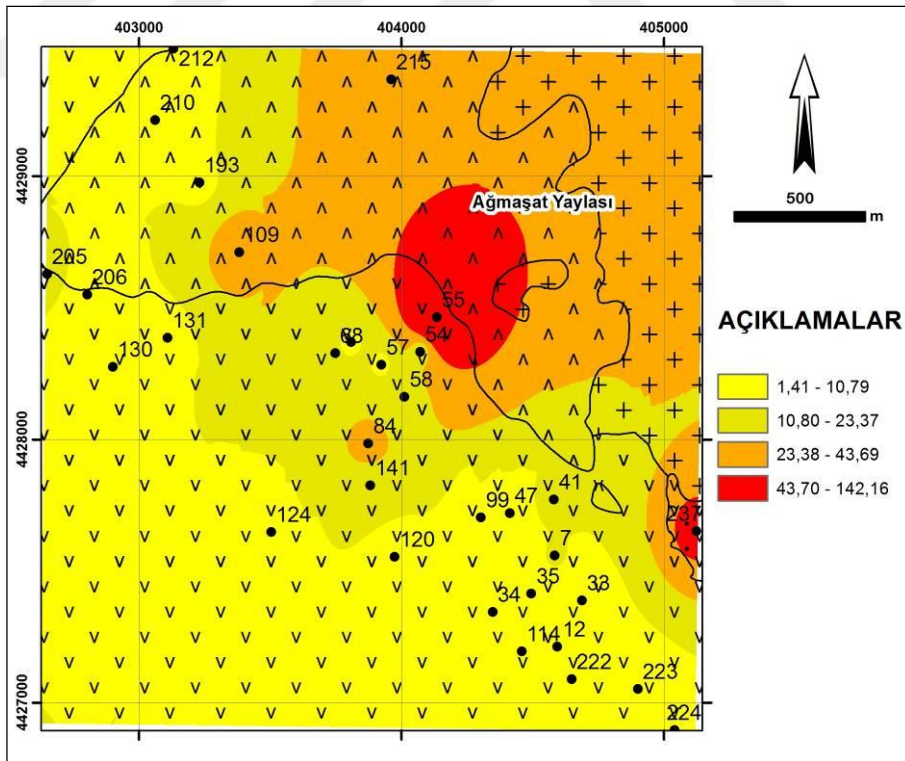
Şekil 5.24. Antimon topluluklarına ait dağılım haritası



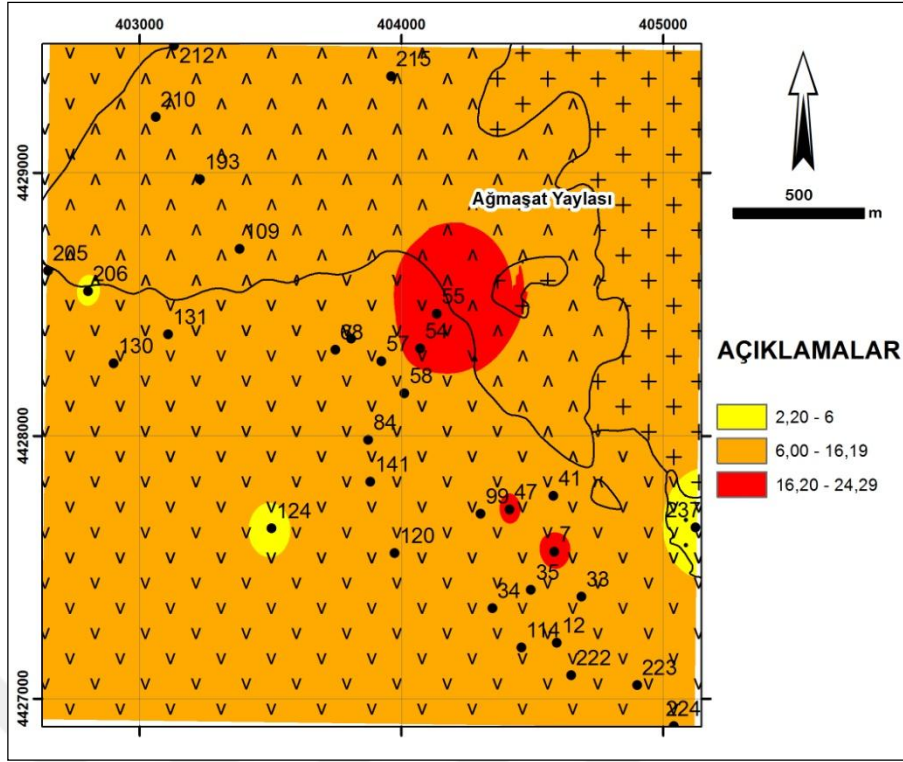
Şekil 5.25. Uranyum topluluklarına ait dağılım haritası



Şekil 5.26a. Arsen topluluklarına ait dağılım haritası (Anomali topluluğu alt gruplara ayrılmamış)



Şekil 5.26b. Arsen topluluklarına ait dağılım haritası (Anomali topluluğu alt gruplara ayrılmış)



Şekil 5.27. Toryum topluluklarına ait dağılım haritası

5.5. Eser Elementlerin Sondajlarda Derinliğe Bağlı Dağılımı

SZK-2, SZK-3, SZK-4 ve SZK-5 numaralı sondajlara ait karotlardan farklı kayaç ve alterasyon türlerini temsil edecek şekilde seçilmiş örneklerin eser element içerikleri analiz edilmiştir. Analizi yapılan örneklerin derinlikleri ve eser element içerikleri, ölçekli olarak çıkarılmış kesit diyagramlar üzerinde değerlendirilmeye çalışılmıştır.

5.5.1. SZK-2 numaralı sondajda eser elementlerin derinliğe bağlı dağılımı

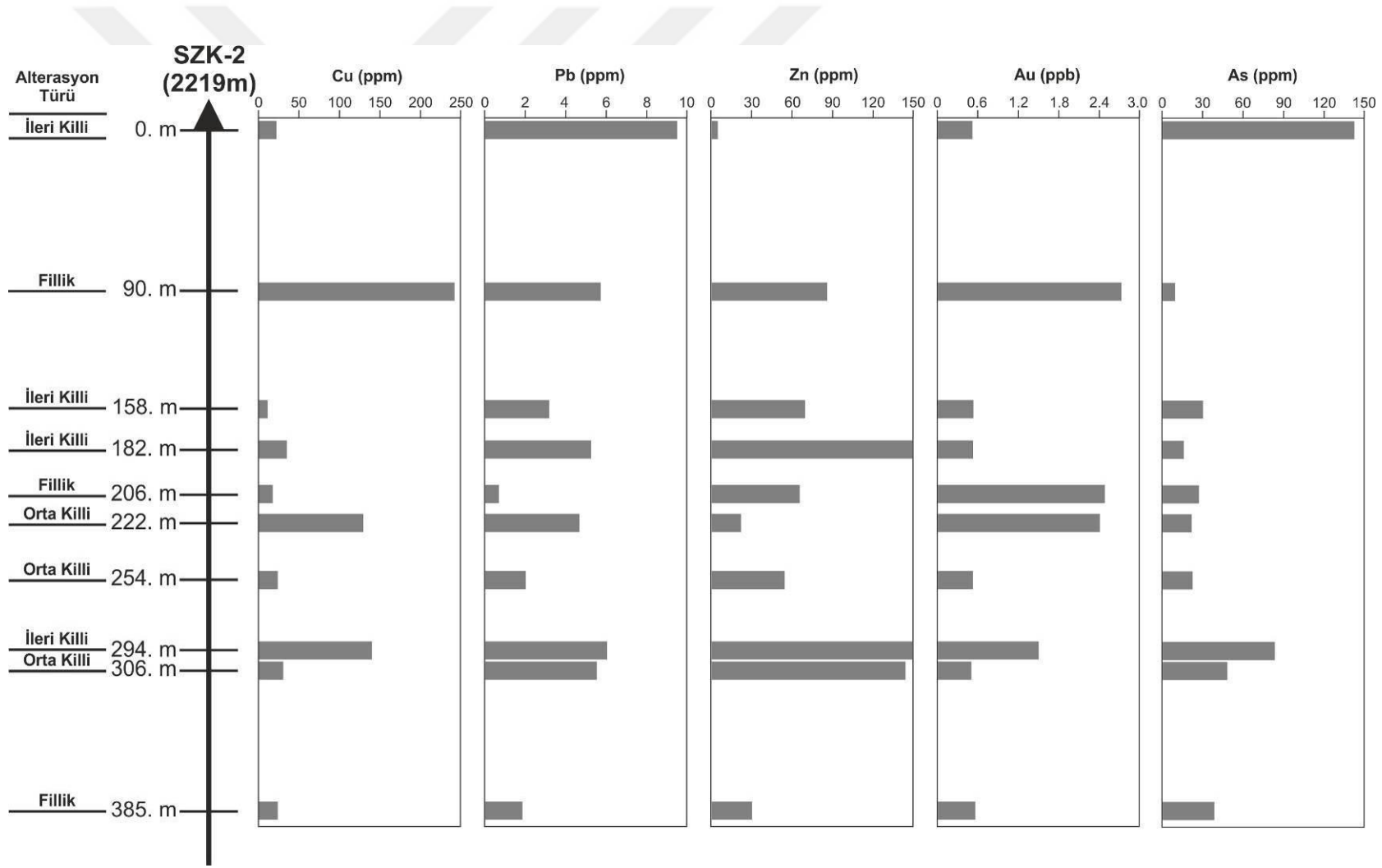
SZK-2 numaralı sondaj, 2219m kotundan başlayıp 389.10 m devam ederek 1829.90 m kotuna kadar inmiş olup dik olarak yapılmıştır. Yüzeyden itibaren; andezitik ve bazaltik bileşimli lav ve piroklastik kayaçlar aralanmalı şekilde kesilmiş olup değişik seviyelerde fillik, orta killi ve ileri killi alterasyon türleri belirlenmiştir. Temsili örneklerde belirlenmiş eser element değişimleri Şekil 5.28'te görülmektedir.

Element dağılımında; derine doğru düzenli bir artış veya azalma olmadığı, belirli seviyelerde (90., 182., 222., 294. ve 306. metreler) Cu, Pb, Zn, Au W, As ve Sb değerlerinin birlikte zenginleştikleri görülmektedir. Bu durum, hidrotermal çözelti faaliyetlerinin belirli seviyelerde daha etkili olduğu ve eser element zenginleşmesinin bu seviyelerde fazlaştığı şeklinde yorumlanabilir.

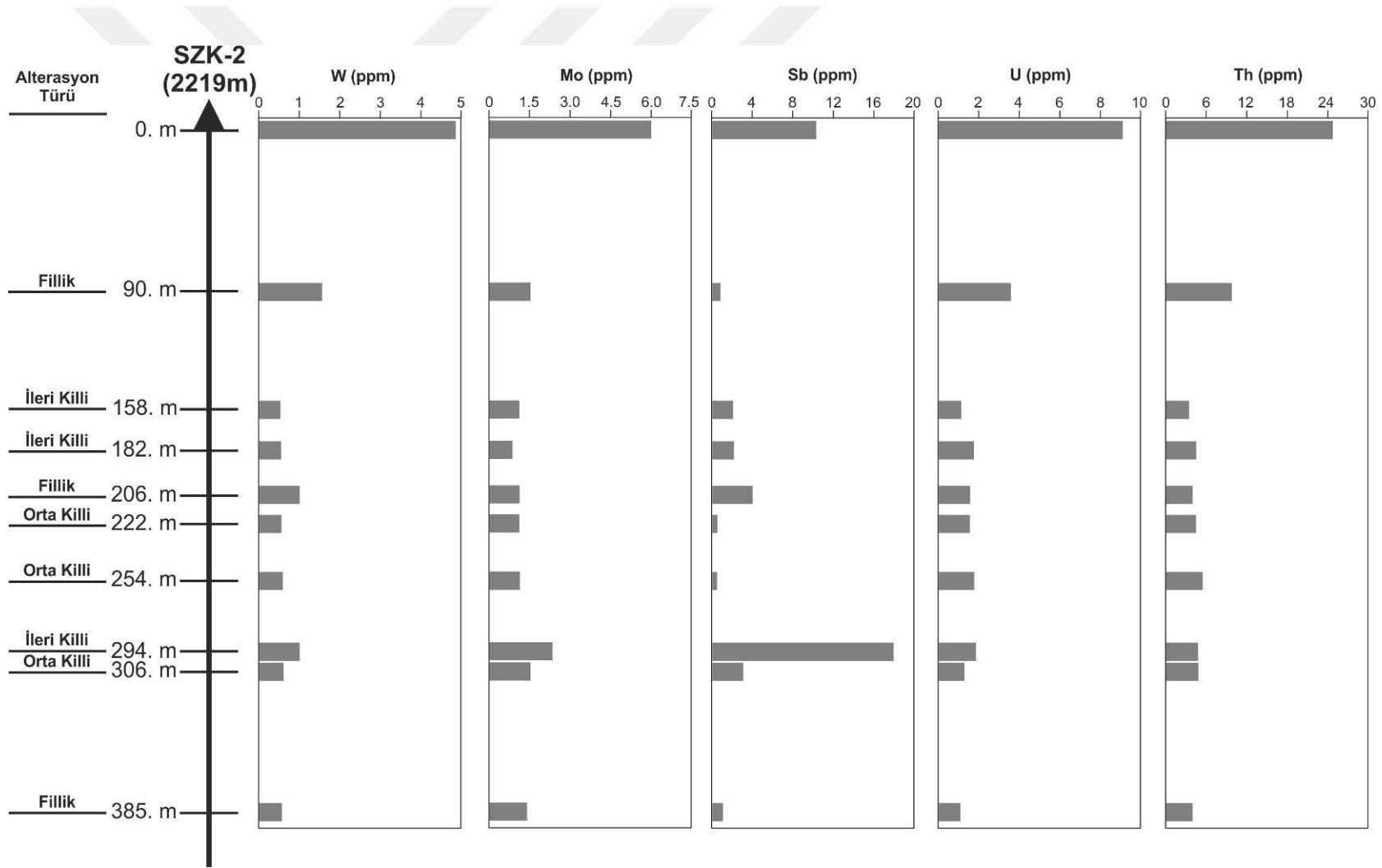
5.5.2. SZK-3 numaralı sondajda eser elementlerin derinliğe bağlı dağılımı

SZK-3 numaralı sondaj, 2186m kotundan başlayıp 303.80 m devam ederek 1882.20 m kotuna kadar inmiş olup eğimli yapılmıştır (eğime göre kot hesplaması yeniden yapılmalı ?). Yüzeyden itibaren; andezitik ve bazaltik bileşimli lav ve piroklastik kayaçlar aralanmalı şekilde kesilmiş olup fillik ve orta killi alterasyon türleri belirlenmiştir. Temsili örneklerde belirlenmiş element değişimleri Şekil 5.29'te görülmektedir.

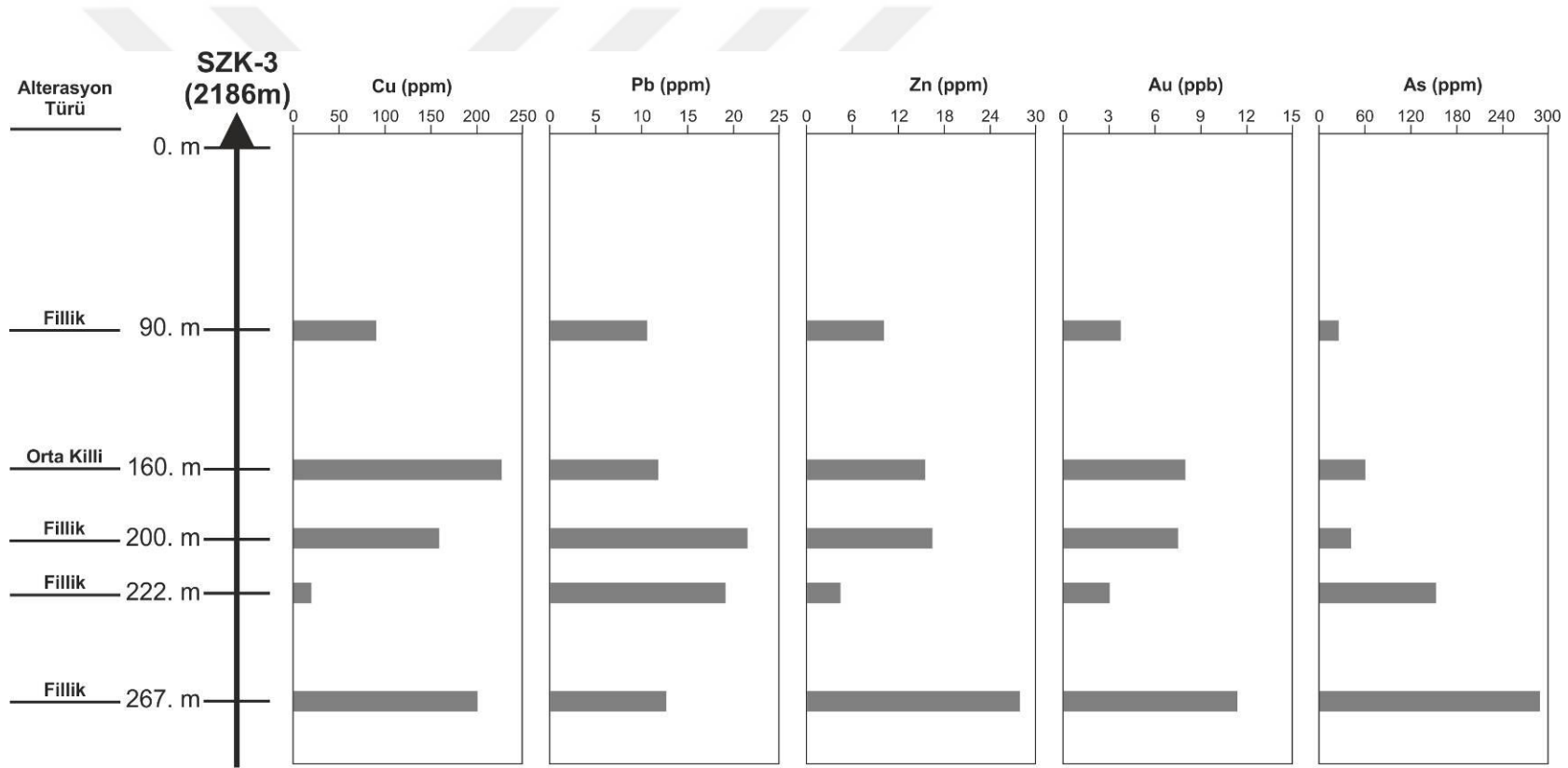
Element dağılımında; Cu, Pb, Zn, Au, As ve Sb değerlerinde artış, W, Mo, U ve Th değerlerinde ise derine doğru kısmen azalma olduğu söylenebilir.



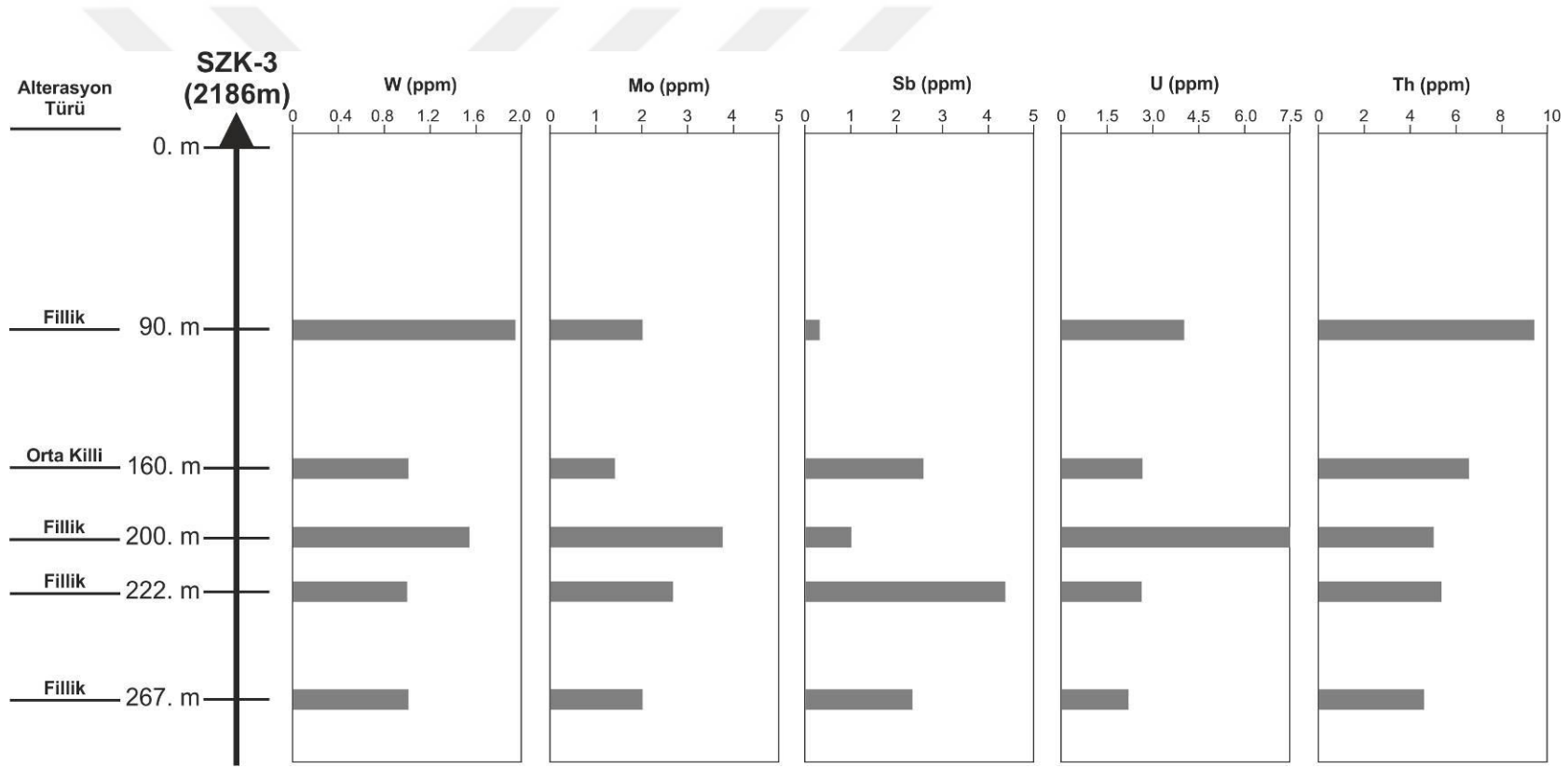
Şekil 5.28. Eser elementlerin SZK-2 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.



Şekil 5.28. Eser elementlerin SZK-2 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.



Şekil 5.29. Eser elementlerin SZK-3 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.



Şekil 5.29. Eser elementlerin SZK-3 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.

5.5.3. SZK-4 numaralı sondajda eser elementlerin derinliğe bağlı dağılımı

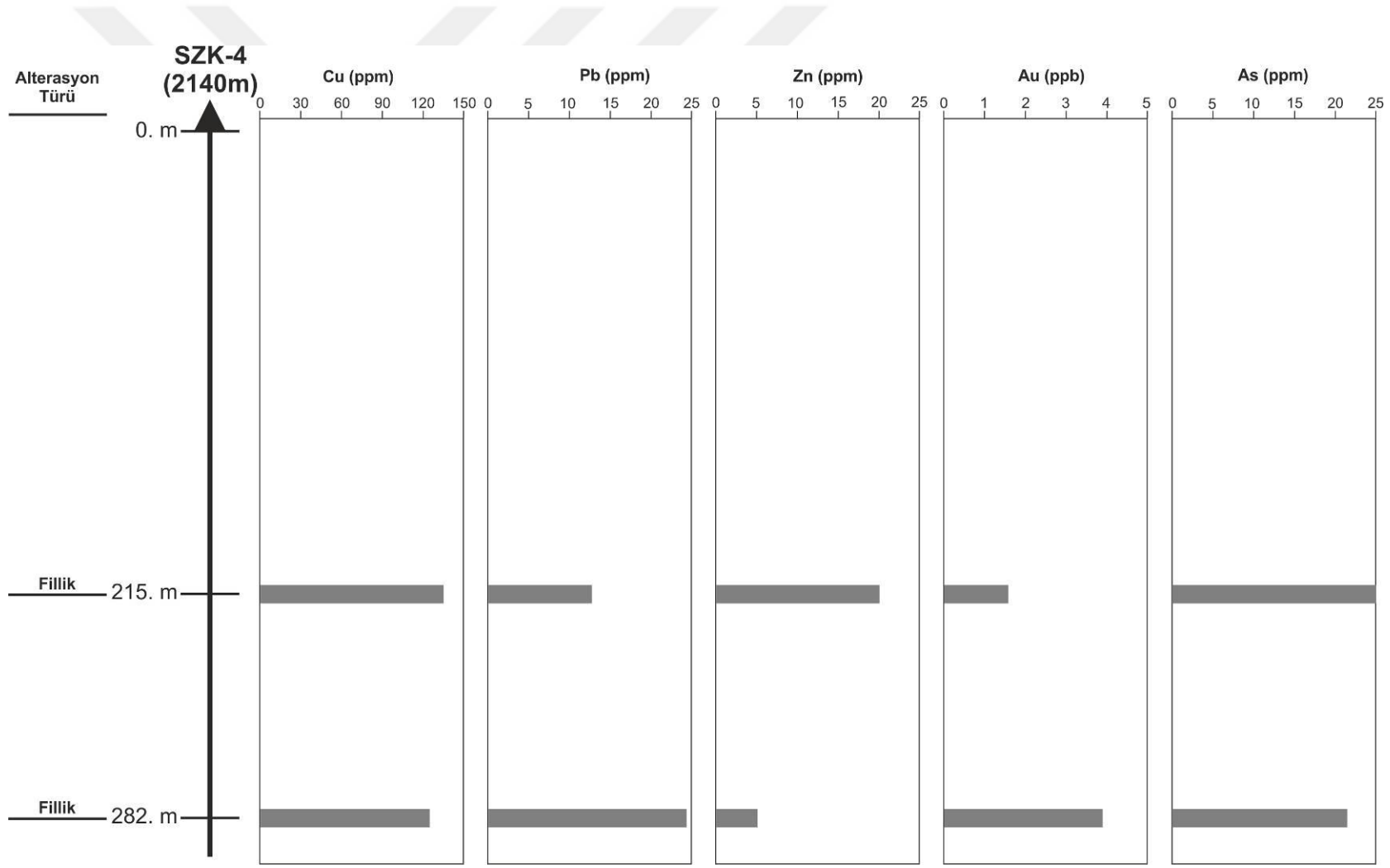
SZK-2 numaralı sondaj, 2140 m kotundan başlayıp 344.50 m devam ederek 1795.50 m kotuna kadar inmiş olup dik olarak yapılmıştır. Yüzeiden itibaren; andezitik ve bazaltik bileşimli lav ve piroklastik kayalar aralanmalı şekilde kesilmiş olup fillik alterasyon türü belirlenmiştir. Temsili örneklerde gözlenen eser element değişimleri Şekil 5.30'da görülmektedir.

Element dağılımında; 215. m derinlikte Cu, Pb, Zn ve As içerikleri yüksek, Au, W, Mo, Sb ve U içerikleri ise düşük değerlerde gözlenmektedir. 282. m derinlikte, Cu, Pb, Au, As, W, Mo ve Th içerikleri yüksek değerlerde, Zn, Sb ve U içerikleri düşük değerlerde gözlenmektedir.

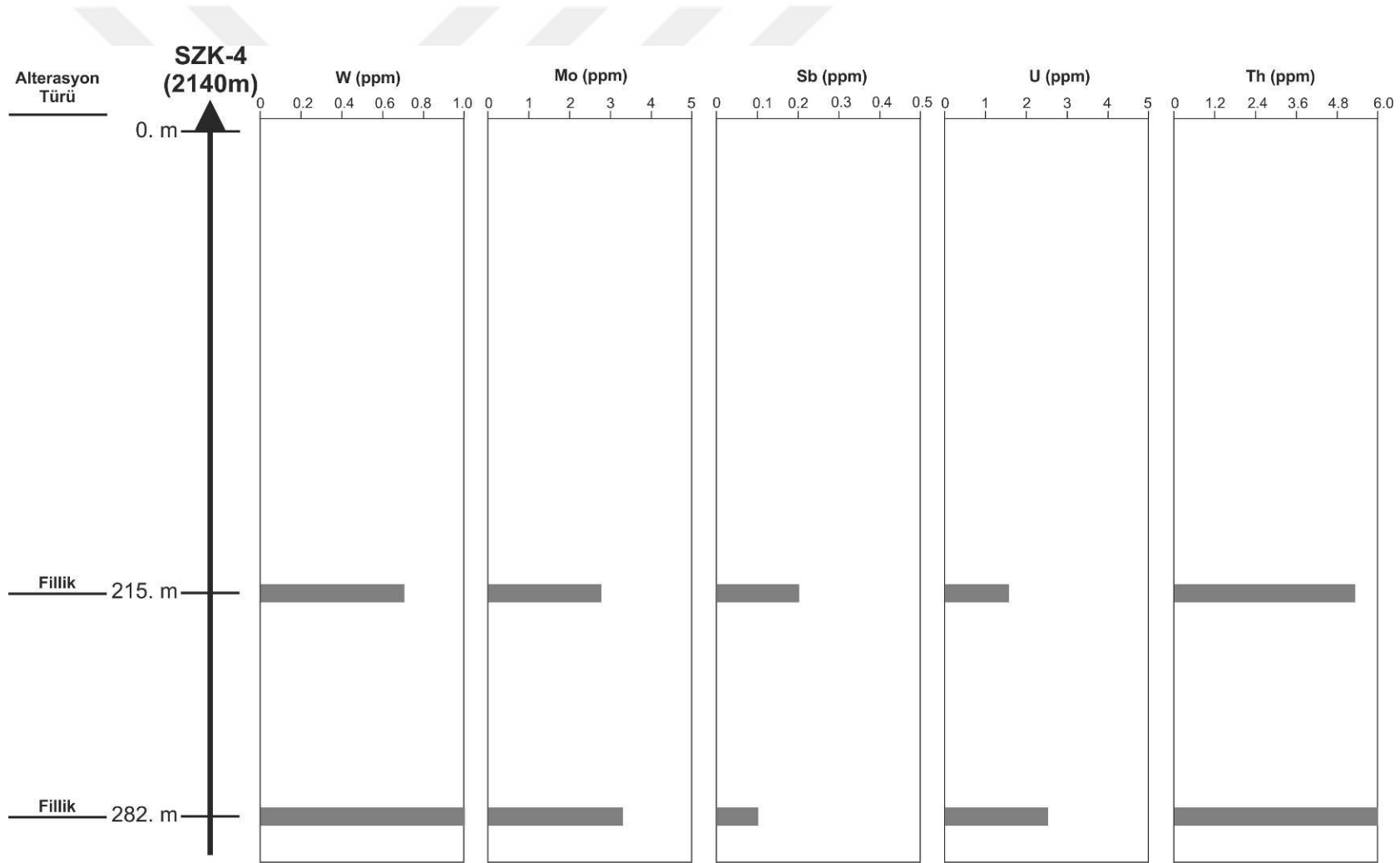
5.5.4. SZK-5 numaralı sondajda eser elementlerin derinliğe bağlı dağılımı

SZK-5 numaralı sondaj, 2049m kotundan başlayıp 202 m devam ederek 1847 m kotuna kadar inmiş olup eğimli yapılmıştır (eğim nedeniyle kot hesabını kontrol edelim). Yüzeiden itibaren; andezitik ve bazaltik bileşimli lav ve piroklastik kayaları aralanmalı şekilde kesilmiş olup fillik ve ileri killi alterasyon türleri belirlenmiştir. Temsili örneklerde gözlenen element içeriklerindeki değişimler Şekil 5.31'de görülmektedir.

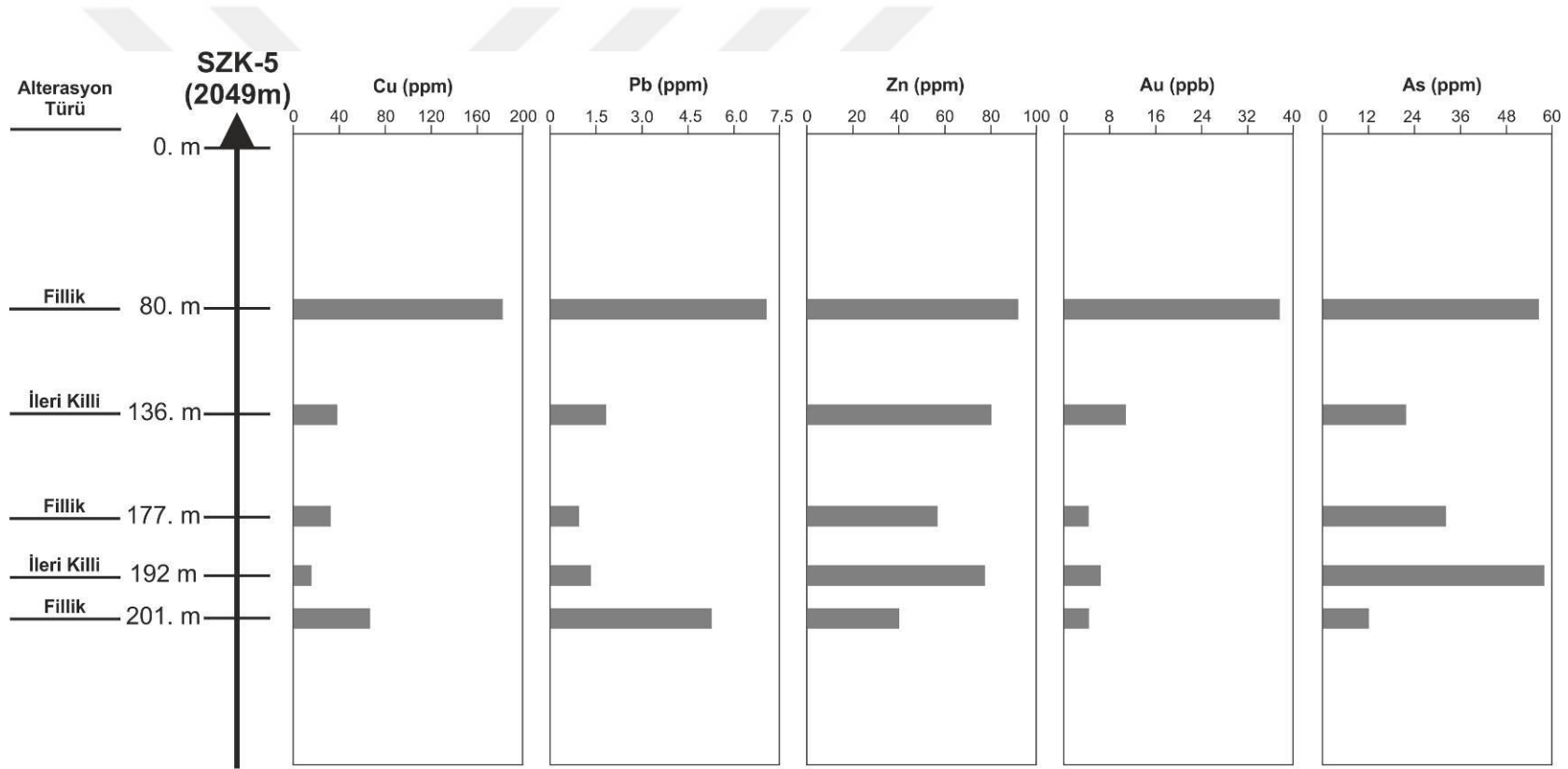
Element dağılımında; Cu içerikleri 80. m derinlikte; yüksek, derine doğru düşük, Pb içerikleri; 80. ve 201. m derinlikte yüksek, 136., 177., ve 192., m derinliklerde düşük, Zn içerikleri; 80. m derinlikte yüksek, 201. m'ye doğru düşüş gösteren değerlerdedirler. Au ve As içeriklerindeki değişim benzerlik göstermekte olur 80. m derinlikte yüksek olup derine doğru düşüş sergilemektedir. Mo, U ve Th içerikleri 136. m derinlik haricinde yüksek değerler göstermekte olup W ve Sb içeriklerinde derine doğru bir değişiklik gözlenmemektedir.



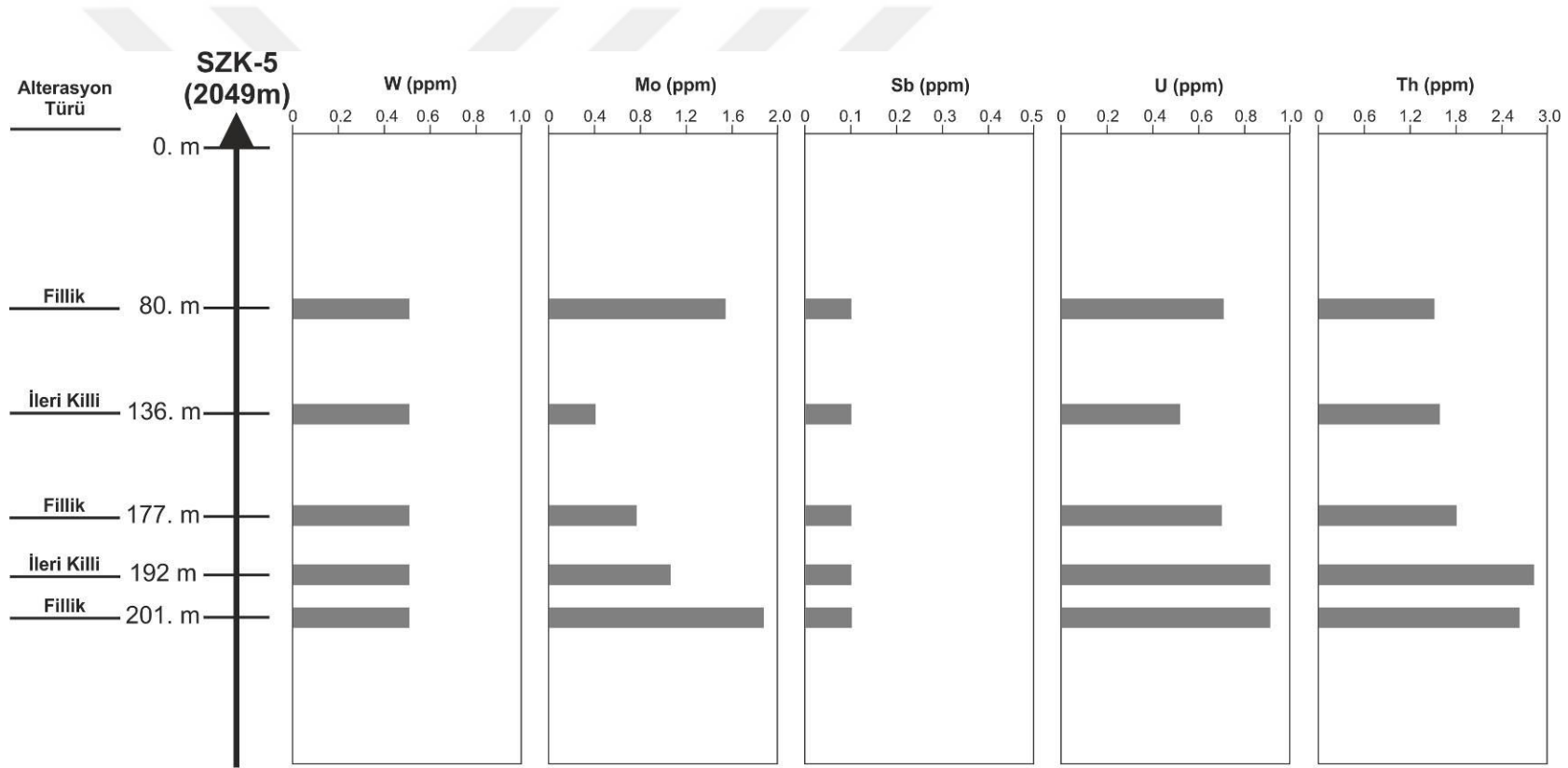
Şekil 5.30. Eser elementlerin SZK-4 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.



Şekil 5.30. Eser elementlerin SZK-4 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.



Şekil 5.31. Eser elementlerin SZK-5 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.



Şekil 5.31. Eser elementlerin SZK-5 nolu sondajda derinliğe bağlı değişimleri.

5.6. Değerlendirme

Bu bölümde 36 adet yüzey ve 24 adet sondaj olmak üzere toplam 60 örneğe ait eser element içerikleri değerlendirilmiştir.

Kıtasa Kabuk (KKO), Andezit (AO) ve Bazalt (BO) Ortalamalarına ait değerler ile örnekler ait eser element içerikleri karşılaştırılarak inceleme alanı içerisindeki volkanik kayaların maden yatağı oluşturma potansiyelleri belirlenmeye çalışılmıştır. İncelemeler sonucunda yüzey örneklerinde ve sondaj örneklerinde eser element içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiş olup inceleme alanı içerisinde ki kayaların maden yatağı oluşturma açısından potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

Eser element içeriklerinin major oksitlere karşı ikili diyagramları hazırlanarak aralarında ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Altın içeriklerinin major oksitlere karşı ilişkileri; SiO₂ ile sondaj örneklerinde artan ilişki iken yüzey örneklerinde artan ve azalan ilişki tespit edilmiştir. CaO ile yüzey ve sondaj örneklerinde artan ve azalan ilişki birlikte gözlenmektedir. MnO' ya karşı hazırlanan diyagramlarda azalan ilişki gözlenirken K₂O, Na₂O, MgO ve Fe₂O₃ arasında artan ya da azalan bir ilişki belirlenmemiştir. Bakır içeriklerinin major oksitlere karşı ilişkileri; SiO₂ ile yüzey örneklerinde azalma gösterirken sondaj örneklerinde artan ilişki tespit edilmiştir. CaO ile yüzey ve sondaj örneklerinde artan ve azalan ilişkiler gözlenirken MnO ile azalan ilişki belirlenmiştir. K₂O, Na₂O, MgO ve Fe₂O₃ ile artan ve azalan ilişki belirlenmemiştir. Diğer eser elementlerin major oksitlere karşı ikili diyagramlarında; SiO₂ ile Pb, W, U ve Th elementleri pozitif ilişki gösterirken Zn, Mo, As ve Sb elementlerinin azalan ilişki sunmaktadır. K₂O ile Pb, W, U ve Th elementleri pozitif ilişki gösterirken Zn, Mo, azalan, As ve Sb elementleri ise herhangi bir ilişki göstermemektedir. Na₂O ile W, U ve Th azalan ilişki gösterirken Pb, Zn, Mo, As ve Sb azalan veya artan ilişki göstermemektedir. MgO ve Fe₂O₃ ile Zn artan ilişki, Pb, Zn, Mo, W, U, Th azalan ilişki göstermekte olup As ve Sb azalan veya artan ilişki göstermemektedir. CaO ile Pb, Zn, Mo ve As elementlerinde artan ve azalan ilişkiler birlikte gözlenirken W, U, Th ve Sb elementleri ile herhangi bir ilişki gözlenmemektedir. MnO ile Zn ve As elementleri artan, Pb, Mo, W, U ve Th azalan ilişki gözlenmekte olup Sb ile herhangi bir ilişki tespit edilememiştir.

Yüzey örneklerine ait eser element içerikleri ile yapılan istatistiksel hesaplamalar sonucunda hazırlanan sınıf aralığı - % frekans histogram diyagramlarında tespit edilen eşik değerler IDW yönteminde oluşturulan haritalarda eğri değerleri olarak kullanılmış olup anomali topluluklarının sahadaki dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır.

Zenginleşmenin fazla olduğu seviyelerin; özellikle piroklastik kayaların bulunduğu ve kuvars, kalsit ve jips damarcıklarının gözlemlendiği seviyelere (geçirimsizliği fazla olduğu için) karşılık geldiği söylenebilir.

6. CEVHERLEŞME İNCELEMELERİ

6.1. Ön Bilgi

İnceleme alanının yakın çevresinde hidrotermal çözeltili faaliyetleri ile gelişmiş; Maden Köy Pb-Zn ± Au Cevherleşmesi, Camili Köyü Sb cevherleşmesi ve Geminbeli Kaolen oluşumları bilinmektedir..

Maden Köy Pb-Zn ± Au Cevherleşmesi, inceleme alanının güneyinde bulunan Maden Köyü Mezrası civarında yer almakta olup Eosen yaşlı volkanitleri ve siyenitik kütleli kesen faylar boyunca gelişmiş damar tipi cevherleşmelerdir (Efe ve Gökce, 1999).

Camili Köyü Sb cevherleşmesi de siyenitik kütleli kesen damar şeklindedir.

Zara-Suşehri ilçeleri arasında kalan Geminbeli Geçiti üzerinde yer alan kaolin sahası ÇİMSA isimli firma tarafından 1999 yılında işletilmeye başlanmış ve birkaç yıl çimento hammaddesi olarak üretimi yapılmıştır. Günümüzde sahada işletilme yapılmamaktadır.

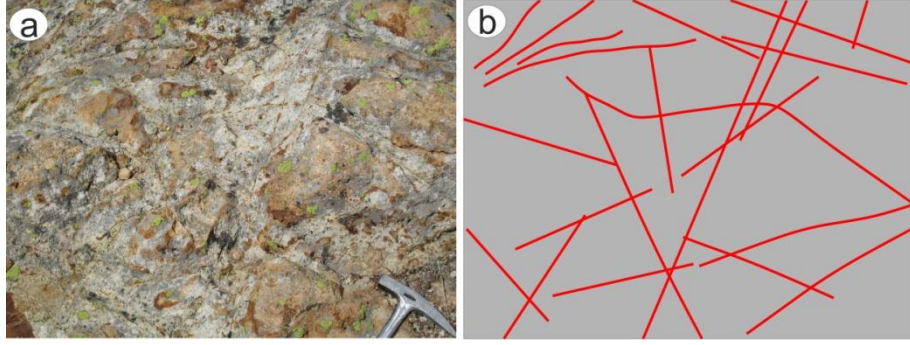
İnceleme alanı içinde Karataş Volkanitleri ile Köseadağ Siyeniti'nin dokunağı boyunca ve Karataş volkanikleri içinde gelişmiş alterasyon zonlarının cevher içerip içermediğini belirlemek amacıyla MTA Genel Müdürlüğü elemanlarınca yapılan ön incelemelerde alınan bazı örneklerde Au içeriğinin belirlenmesi nedeniyle 2015 ve 2016 yıllarında 7 ayrı noktada sondajlı arama çalışmaları yapılmıştır. Şu anda herhangi bir işletme faaliyeti bulunmamaktadır.

6.2. Cevherleşme Belirtileri

Köseadağ Siyeniti'nin Eosen yaşlı Karataş Volkanitleri'ni kestiği dokunak boyunca ve Karataş Volkanitleri içinde gelişmiş fay zonları boyunca ileri derece hidrotermal alterasyon zonları gelişmiştir. Bu alterasyon zonlarının özellikleri "Alterasyon" bölümü içinde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Fay zonları boyunca ileri derecede killeşmeler ve bol miktarda pirit kristalleri gözlenmiştir. Ayrıca Karataş Volkanitleri içinde yer yer ağsı yapıllı kılcal çatlaklar içinde kalsit, kuvars ve limonit damarcıkları gelişmiştir (Şekil 6.1, 6.2, 6.3). Bu kılcal çatlakların hidrotermal çözeltili faaliyetleri sırasında iç basınç nedeniyle oluşturulduğu (hidrotermal breşleşme) ve içlerinin doldurulduğu düşünülmüştür. Maden Deresi içinde de yer yer pirit oluşumları gözlenmiştir.

MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış sondajlara ait karot örneklerinde yer yer kalınlıkları birkaç cm'ye kadar ulaşan kuvars, kalsit ve jips damarcıkları kesilmiş olup bu damarcıklar içinde pirit, kalkopirit, kübanit, bornit, kalkosin, kovellin, galenit, manyetit ve nabit altın oluşumları belirlenmiş olup özellikleri cevher mikroskopisi bölümünde incelenmiştir (Şekil 6.4 - 6.6). Bu damarcıkların dağılımı sondajlar boyunca homojen olmayıp belirli seviyelerde yaygınlaşmaktadırlar.



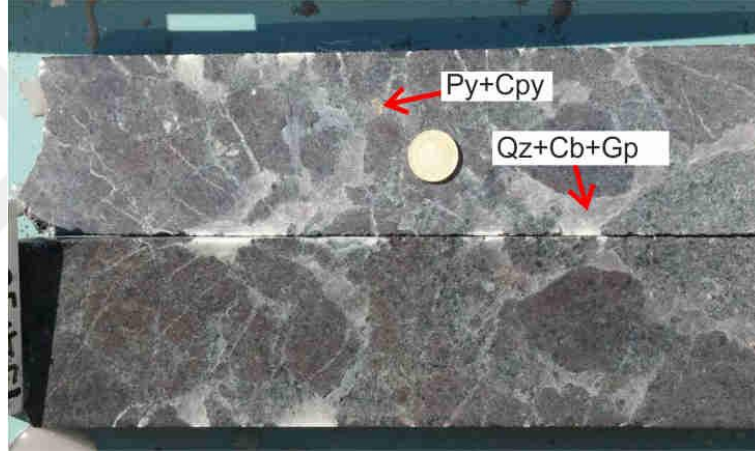
Şekil 6.1. (a) Yüzeyde bir mostrada , ağsı / stockwork yapılı limonit dolgulu damarcıklar (Ok-106 nolu örnek lokasyonu), (b) Limonit dolgulu damarcıkların şematik görünümü.



Şekil 6.2. Yüzeyde bir mostradan alınmış el örneğinde ağsı (stockwork) yapılı, limonit ($FeOx$) dolgulu damarcıklar.



Şekil 6.3. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde ağsı yapılı kuvars (Qz), kalsit (Cal) ve jips (Gp) içeren damarcıklar (Sondaj No: SZK-2 , 221. m; Örnek No: Sz-221)



Şekil 6.4. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py), kalkopirit (Cpy), kuvars (Qz), jips (Gp) ve kalsit (Kal) içeren damarcıklar (Sondaj No: Szk-2, 196.m).



Şekil 6.5. Jips damarcığı ve pirit oluşumu (Sondaj No: SZK-2,230.9.m)



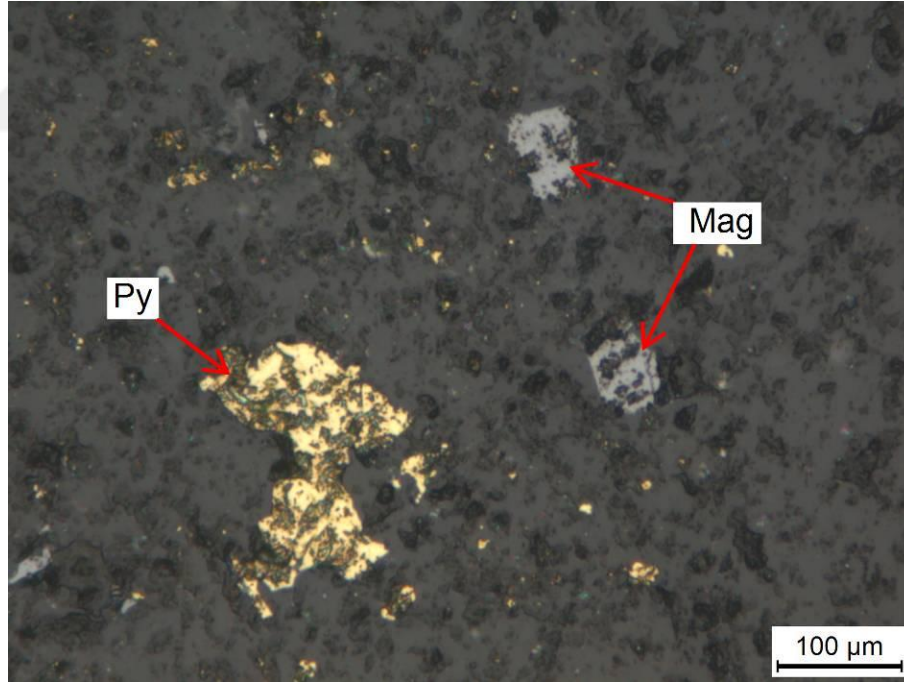
Şekil 6.6. Kalkopirit damarcığı (Sondaj No: SZK-5,18.m)

6.3. Cevher Mikroskopisi

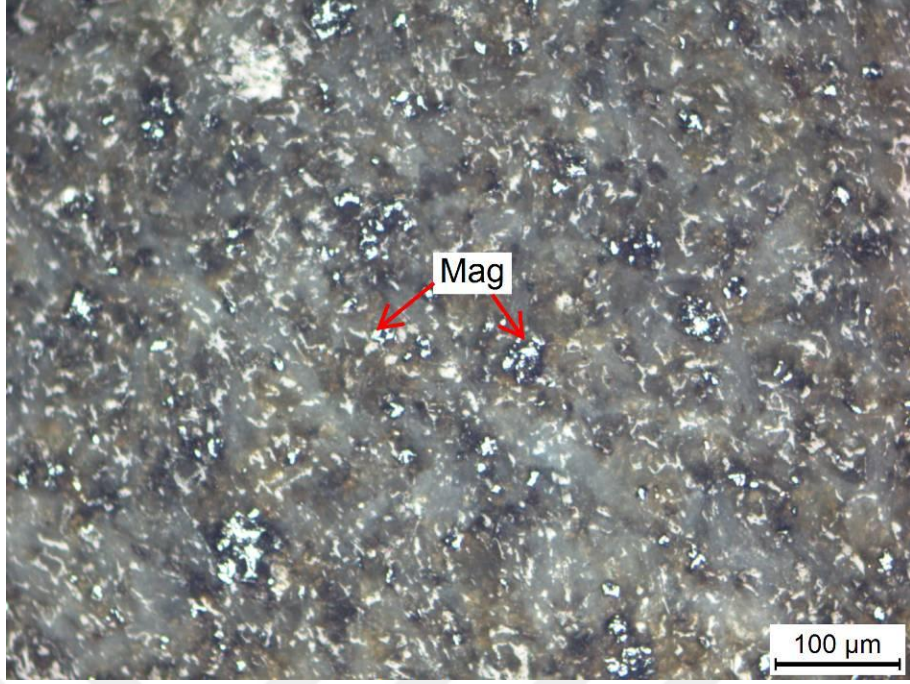
İnceleme alanı içinde yüzeyleyen Karataş Volkanitleri'nden, alterasyon zonlarından ve sondajlara ait karot örneklerinde çok sayıda parlatma bloku hazırlanarak ve petrografik incelemeler için hazırlanmış incekesitler gözden geçirilerek üstten ve alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop yöntemleri ile incelenmiş ve cevher ve gang mineralleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Yüzeyden alınmış taze örneklerde; pirit, manyetit ve kalkopirit gibi cevher mineralleri, alterasyonlardan etkilenmiş yerlerden alınmış örneklerde ise genellikle limonitleşmiş pirit, maghemitleşmiş manyetit, limonit, kalkopirit ve az miktarda nabit altın belirlenmiştir (Şekil 6.7, 6.8, 6.9 ve 6.10). Bu mineraller bazen kayaç içinde bağımsız saçınımlar halinde iken bazen kılcal kuvars ve kalsit damarcıkları içinde gözlenmektedirler.

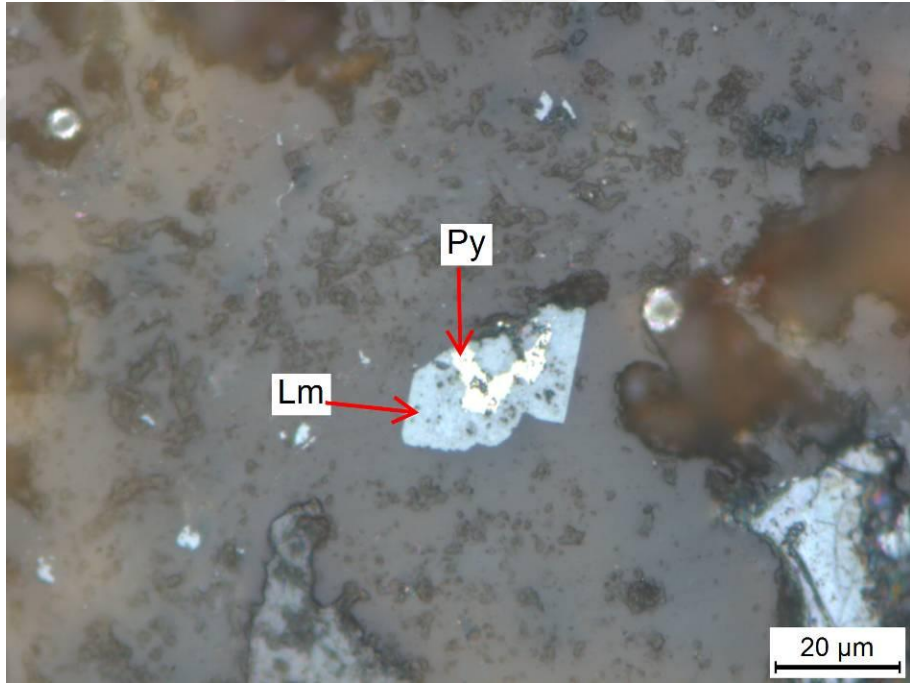
Sondajlara ait karotlardan alınmış örneklerde ise; pirit, manyetit, maghemit, limonit, speküler hematit, bornit, kübanit, kalkosin, kovellin, nabit altın ve elektrik gibi mineraller tespit edilmiştir (Şekil 6.11 ve 6.12). Karotlardan alınmış örneklerde de cevher mineralleri yer yer kayaç içinde bağımsız saçınımlar halinde gözlenebilmekle birlikte genellikle kuvars ve kalsit damarcıkları içinde gözlenmektedirler.



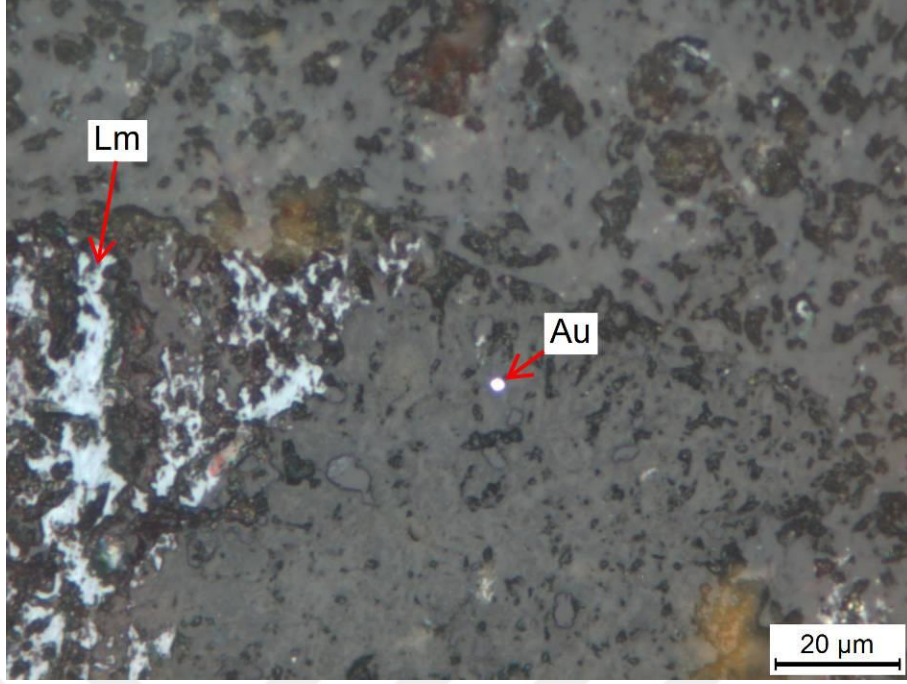
Şekil 6.7. Yüzeyden alınmış bir örnekte pirit (Py) ve maghemitleşmiş manyetitler (Mag) (Örnek No: Ok-110-B, TN) (Py= Pirit, Mag= Manyetit)



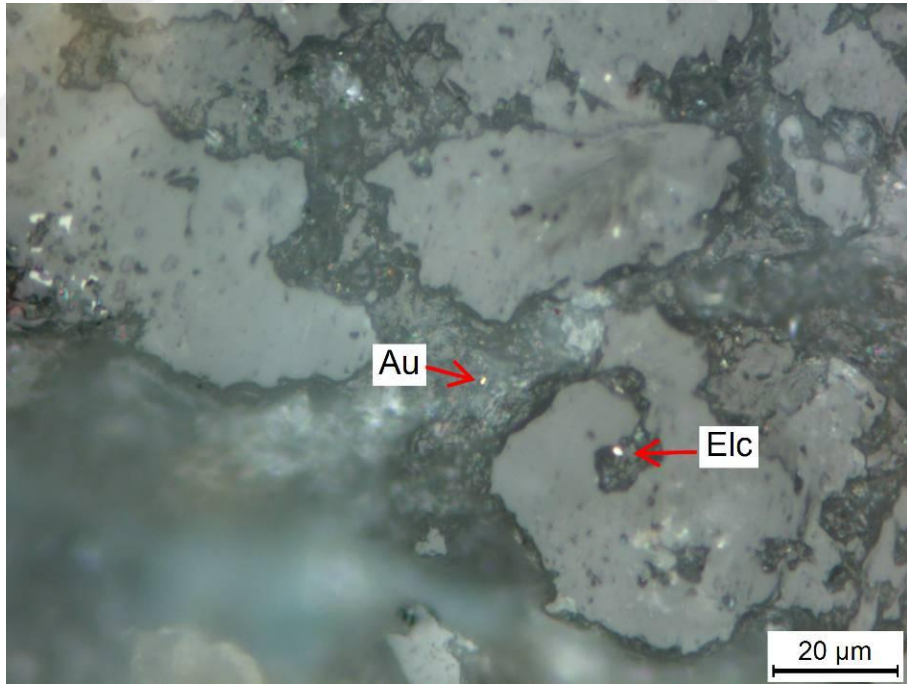
Şekil 6.8. Yüzeyden alınmış bir örnekte maghemitleşmiş manyetit (Mag) saçınımları (Örnek No: Ok-117, TN). (Mag=Manyetit)



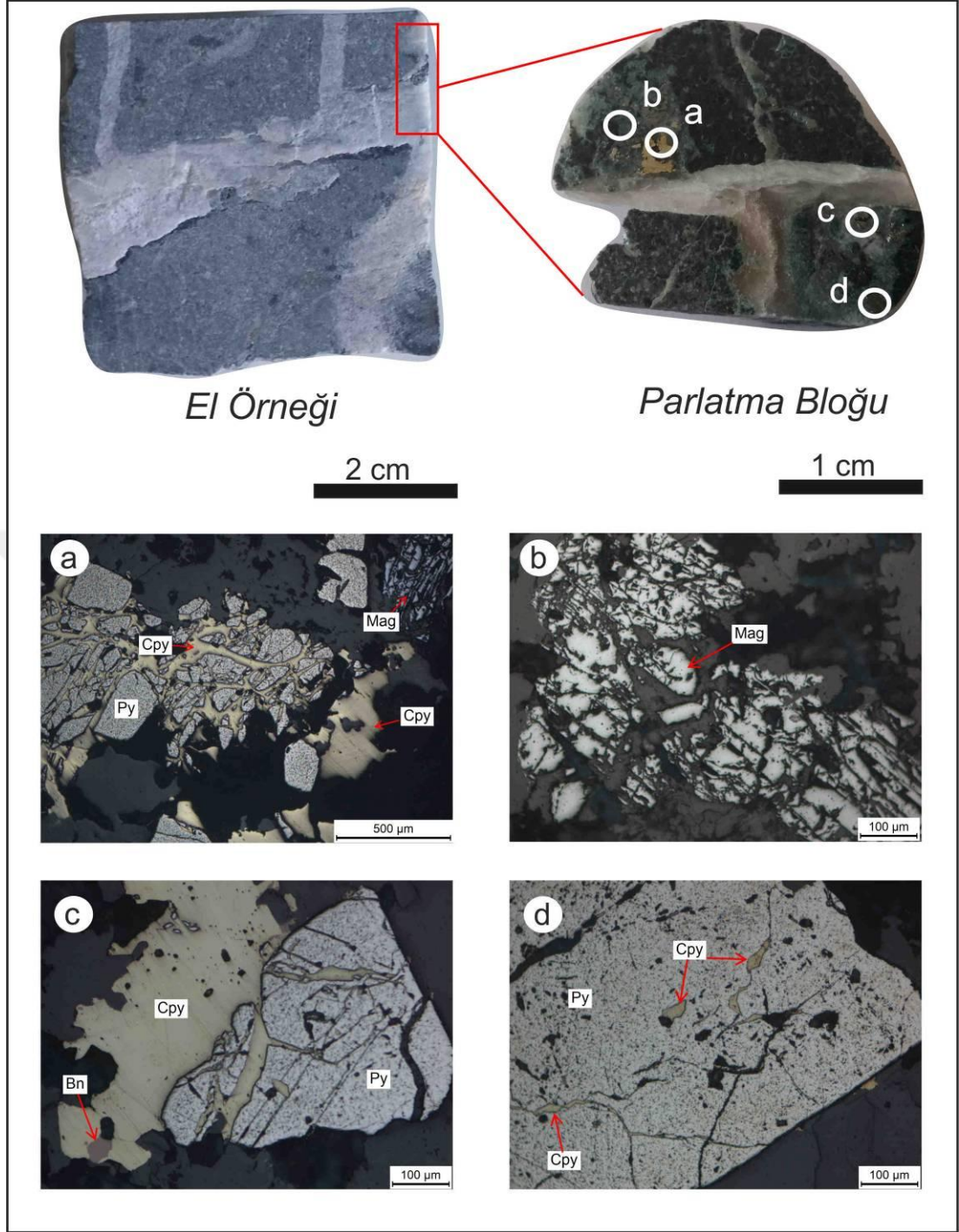
Şekil 6.9. Yüzeyden alınmış bir örnekte limonitleşmiş (Lm) pirit (Py) (Örnek No: Ok-80b, TN) (Lm= Limonit, Py= Pirit)



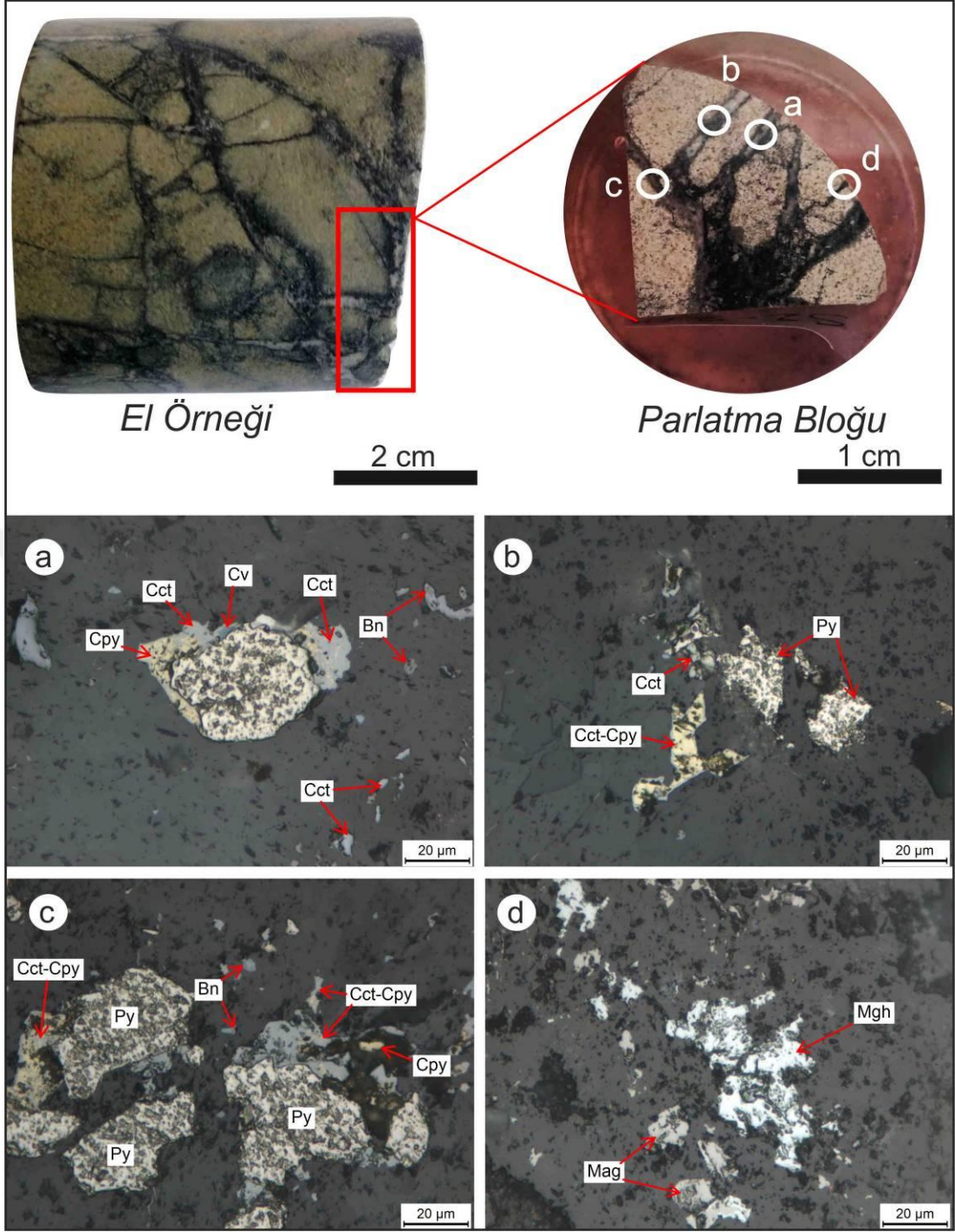
Şekil 6.10. Yüzeiden alınmış bir örnekte tamamen limonite dönüşmüş sülfürlü mineral (Lm) ve nabit altın (Au) (Örnek no: Ok-107a, TN) (Lm= Limonit, Au= Nabit altın)



Şekil 6.11. Yüzeiden alınmış bir örnekte çatlak dolguları içinde nabit altın (Örnek no: Ok-186, TN) (Au=Nabit altın, Elc= Elektrum).



Şekil 6.12. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde ağsı (stockwork) yapıllı damarcıklar ve mineral içeriği (Sondaj No: SZK-2, 280.m, Örnek No: SZ-280, TN; (Py=Pirit, Cpy=Kalkopirit, Mag=Manyetit, Bn= Bornit)



Şekil 6.13. Bir sondajdan alınmış kart örneğinde ağsı (stockwork) yapılı damarcıklar ve mineral içeriği (Sondaj No: SZK-2, 318.m., Örnek No: SZ-318, TN; (Py=Pirit, Cpy=Kalkopirit, Mag=Manyetit, Bn= Bornit, Cct= Kalkosin, Cv= Kovellin, Mgh= Maghemit)

Belirtilen minerallerin mikroskopik incelemeler sırasında belirlenmiş özellikleri aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Bornit (Cu₅FeS₄); özşekilsiz kristaller halinde olup bakır kırmızısı ve bronz renk halinde gözlenmektedir. Derin sondaj örneklerinde kalkopirit, kübanit, kalkosin ve kovellin mineralleri ile birlikte zenginleşme göstermektedir (Şekil 6.14 - Şekil 6.15).

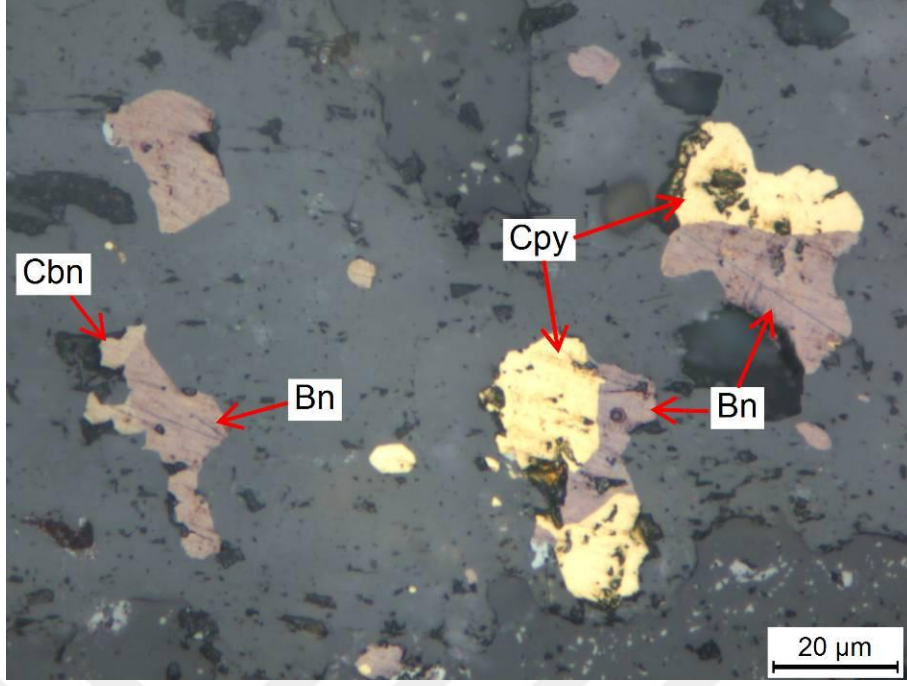
Galenit (PbS); örneklerde eser miktarlarda gözlenmiş olup parlak beyaz - gri renkte, öz şekilsiz kristaller halindedirler. Kristallerden bir tanesinde kalkopirit saçınımları tespit edilmiş olup galenitin kalkopiritleri ornatarak olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Şekil 6.16).

Kalkopirit (CuFeS₂); öz şekilsiz sarı renkli kristaller halinde gözlenmekte olup damarcıklarda ve gaz boşluklarında zenginleşme göstermektedir. Özellikle sondaj örneklerinde derinliğe bağlı olarak kalkopirit içeriğinde artış tespit edilmiştir. Damarcıklarda ve gaz boşluklarında, kübanit ve bornit ile birlikte gözlenmektedir (Şekil 6.14 - Şekil 6.15 - Şekil 6.17). Bazı örneklerde kalkopiritlerin piritlerin içerisinde boşluklarda ve çatlakları içerisine girerek zenginleştiği tespit edilmiştir (Şekil 6.12a,c,d). Alterasyona bağlı olarak bazı örneklerde malahit, azurit, kalkosin ve kovellin minerallerine dönüşmüşlerdir (Şekil 6.13a,b,c - Şekil 6.18).

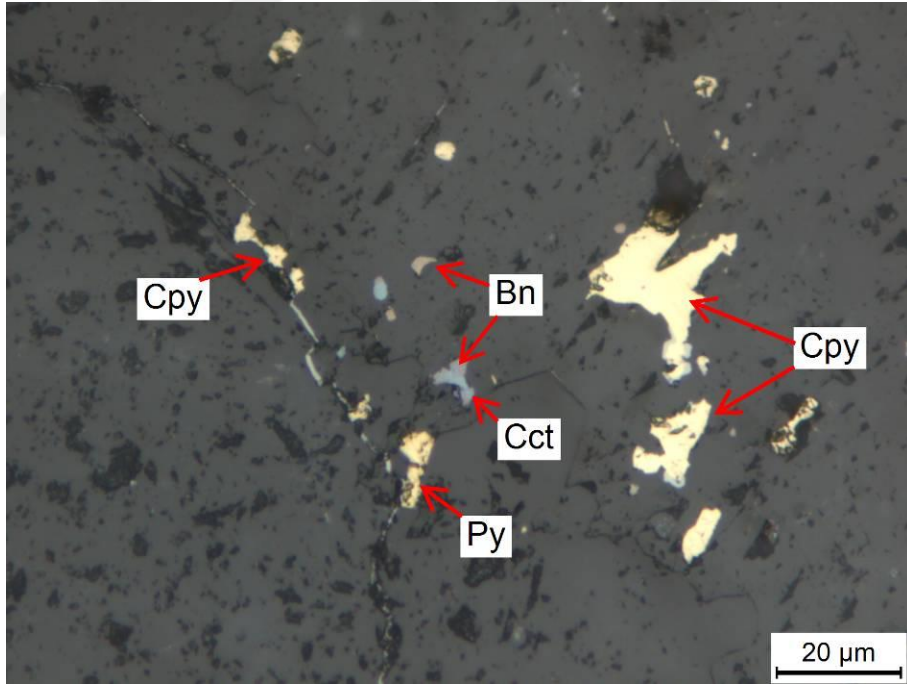
Kalkosin (Cu₂S); koyu kurşun grisi renkte olup bakır içeren yataklarda yeraltı suyu seviyesinin altında kalan sementasyon zonunu temsil eden tipik bakır sülfür minerallerinden bir tanesidir. SZK-2 nolu sondaja ait örneklerde 153. metreden itibaren görülmekte olup derinliğe bağlı bakır içeren minerallerin artışıyla doğru orantılı artış göstermiştir. Özellikle, kalkopirit ve bornit mineralleri çevresinde gelişmişlerdir (Şekil 6.19).

Kovellin (CuS); açık kotu çivit mavisi renkte gözlenmekte olup kalkosin ile birlikte zenginleşmektedirler. Dilinimi sayesinde bornit minerallerinden ayırt edilebilirler. Kalkosin minerali gibi sementasyon zonunda zenginleşme gösterir. Sondaj örneklerinde kalkosin ile birlikte gözlenmekte olup sondajlardaki derinlikle doğru orantılı bolluk göstermektedir (Şekil 6.20).

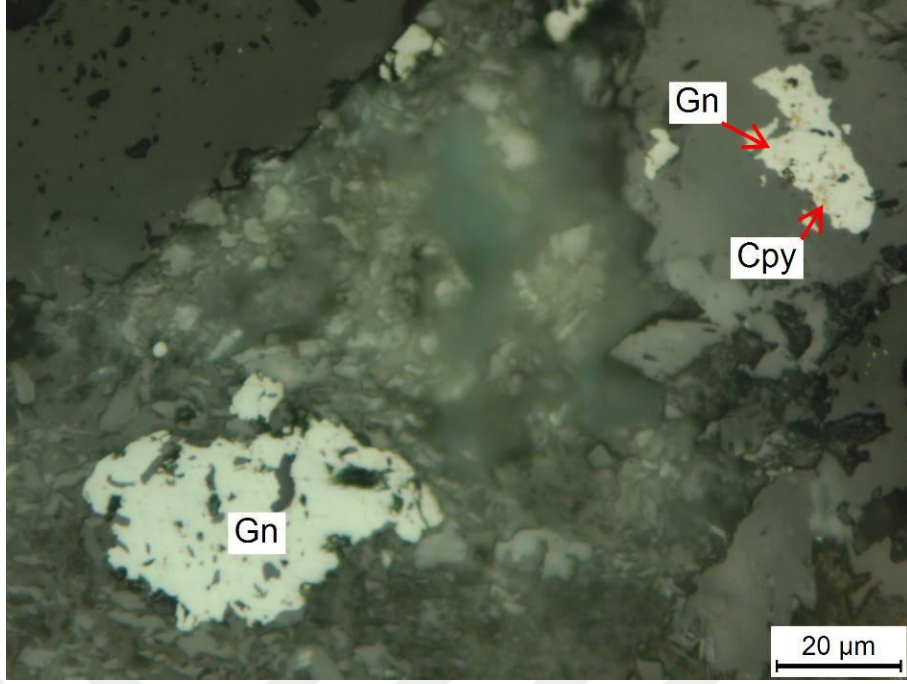
Kübanit (CuFe₂S₃); pirinç sarısından bronz sarısı değişen renklerde olup öz şekilsiz kristaller halinde gözlenmektedir. Yüksek sıcaklıktaki hidrotermal yataklarda kalkopiritler ile iç içe olarak zenginleşirler. İnceleme alanında sondajların derin kısımlarından örneklerde yaygın bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 6.21).



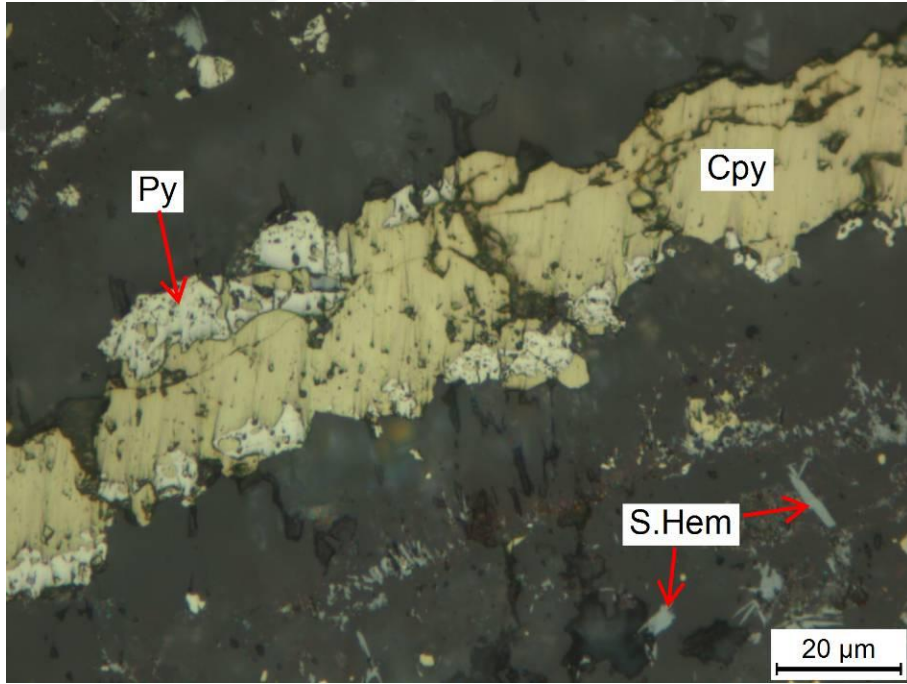
Şekil 6.14. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde kalkopirit (Cpy), kübanit (Cbn) ve bornit (Bo) kristalleri (Sondaj No: SZK-2, 363.m, Örnek No: Sz-363, TN).



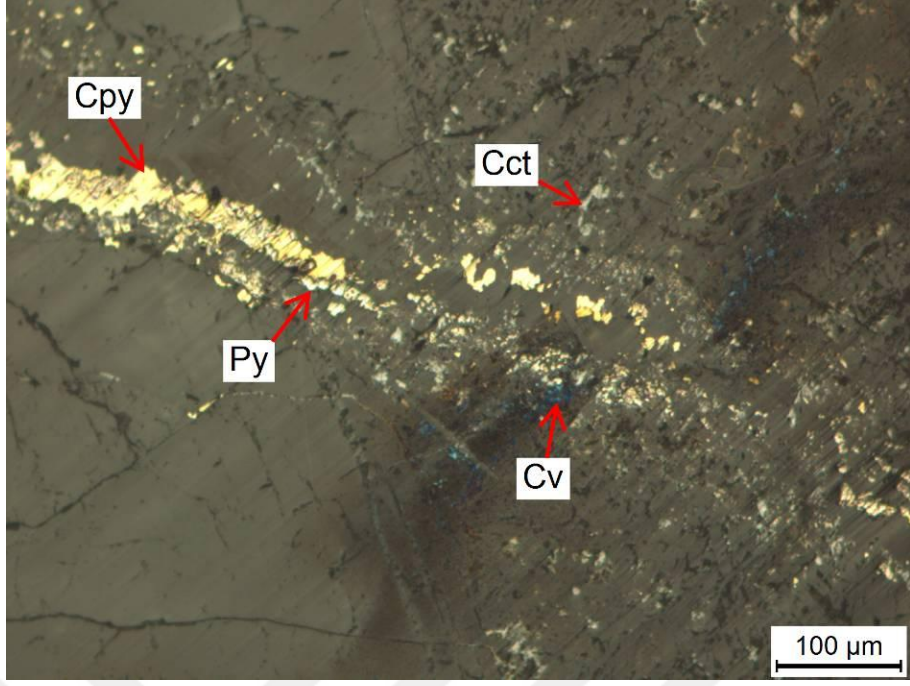
Şekil 6.15. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde kalkopirit (Cpy), pirit (Py), kalkosin (Ccy) ve bornit (Bn) (Sondaj No: SZK-2, 318m, Örnek No: Sz-318, TN).



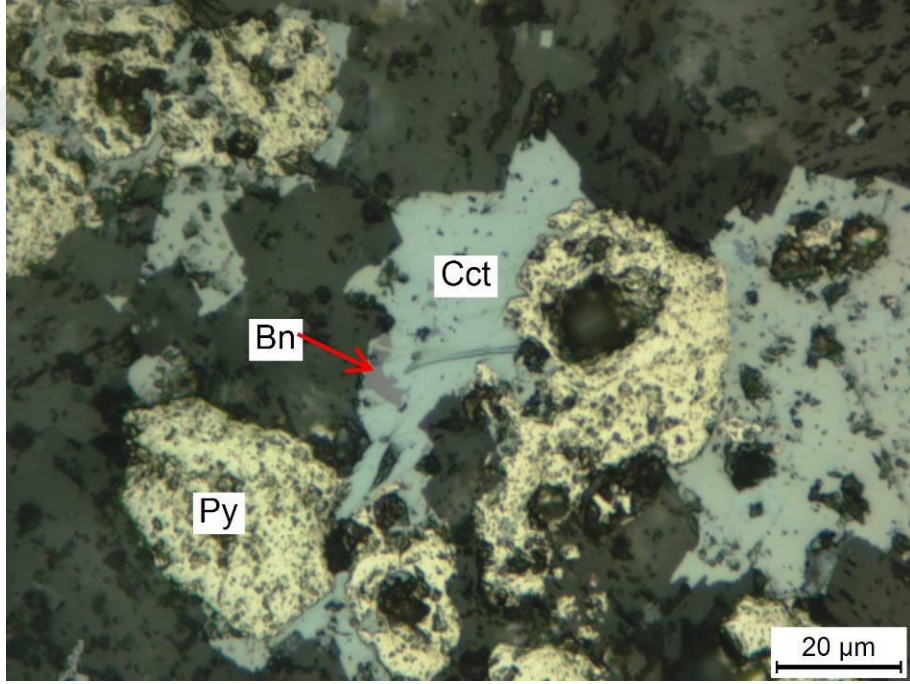
Şekil 6.16. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde galenit (Gn) ve kalkopirit (Cpy), oluşumları (Sondaj No: SZK-2, 363.m., Örnek No: Sz-363, TN).



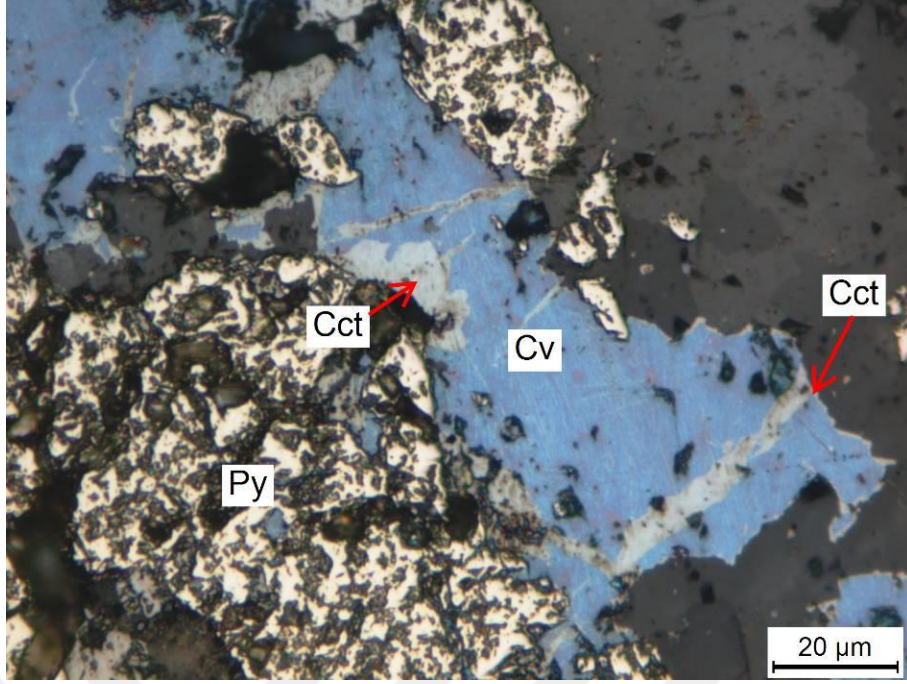
Şekil 6.17. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py), kalkopirit (Cpy) ve spekülartik hematit (S.Hem) damarcıkları (Sondaj No: SZK-2 , 145.m, Örnek No: Sz-145, TN).



Şekil 6.18. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde kalkopirit (Cpy), kovellin (Cv) ve kalkosin (Cct) damarcığı (Sondaj No: SZK-2, 55.m, Örnek No: Sz-55, TN)



Şekil 6.19. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py), bornit (Bn) ve kalkosin (Cct) (Sondaj No: SZK-2, 363.m, Örnek No: Sz-363, TN).



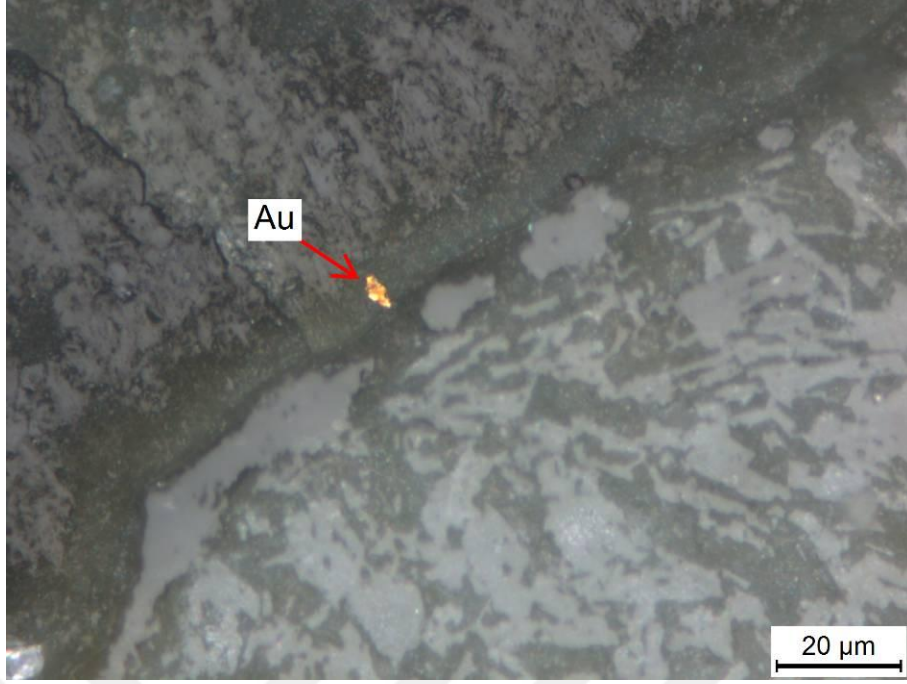
Şekil 6.20. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py), kalkosin (Cct) ve kovellin (Cv) (Sondaj No: SZK-2, 186.m, Örnek No: Sz-186, TN).

Manyetit (Fe_3O_4): sütlü kahve renkli özşekilsiz kristaller halinde , yankayaç içinde saçınımlar halinde gözlenmektedir (Şekil 6.7 - Şekil 6.8 - Şekil 6.12b - Şekil 6.13d). Bazı örneklerde, alterasyonun etkisiyle maghemitleşme şeklinde bozunmalar tespit edilmiş olup yer yer manyetitler tamamen maghemit ve limonitlere dönüşmüşlerdir.

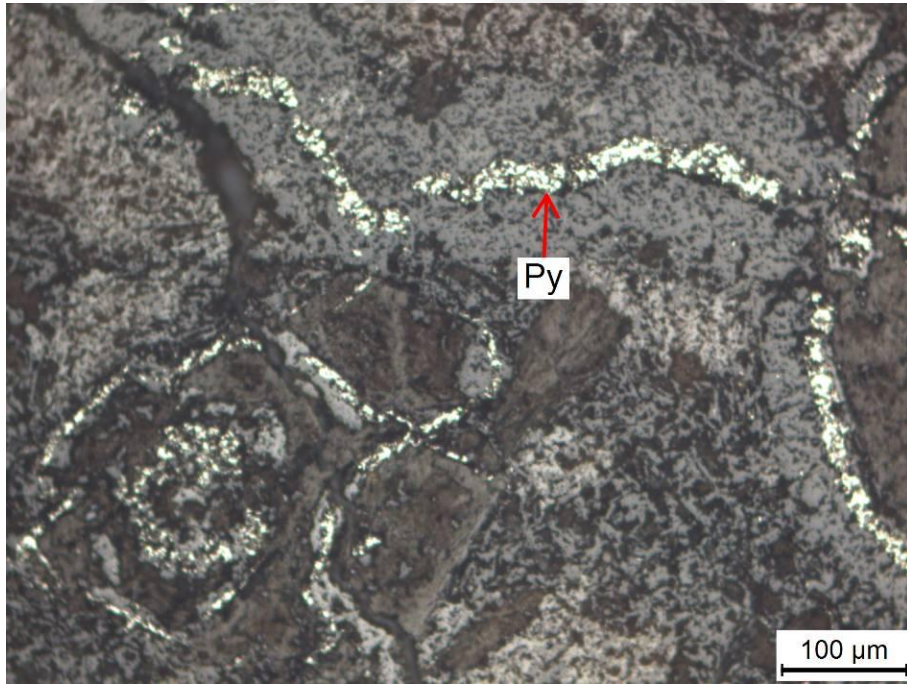
Nabit altın (Au): örneklere ait parlatmalarda, özşekilsiz ve çok küçük kristaller halinde, damarcıklarda ve yan kayaç içerisindeki gaz boşluklarında elektrik ile birlikte tespit edilmiştir (Şekil 6.10 - Şekil 6.12 - Şekil 6.21)

Pirit (FeS_2): Bazı örneklerde gözle görülebilecek kadar yaygın olup beyazımsı sarı renktedir. Yarı özşekilli ve özşekilsiz küçük kristaller halinde yan kayaçta saçınımlar ve damarcıklar halinde gözlenmektedir (Şekil 6.7 - Şekil 6.12a,c,d - Şekil 6.22). Bunlara ilave olarak yan kayaçta Fe içeren mafik minerallerin hidrotermal çözelti etkisiyle bozunmasına bağlı olarak piritlerin oluştuğu ve bozulan mineralin sınırları içerisinde zenginleştiği gözlenmektedir (Şekil 6.23). Alterasyonun derecesine bağlı olarak bazı piritler limonitleşmişlerdir (Şekil 6.9). Ayrıca gaz boşluklarında vuggy dokulu pirit oluşumları birçok parlatma örneğinde gözlenmektedir.

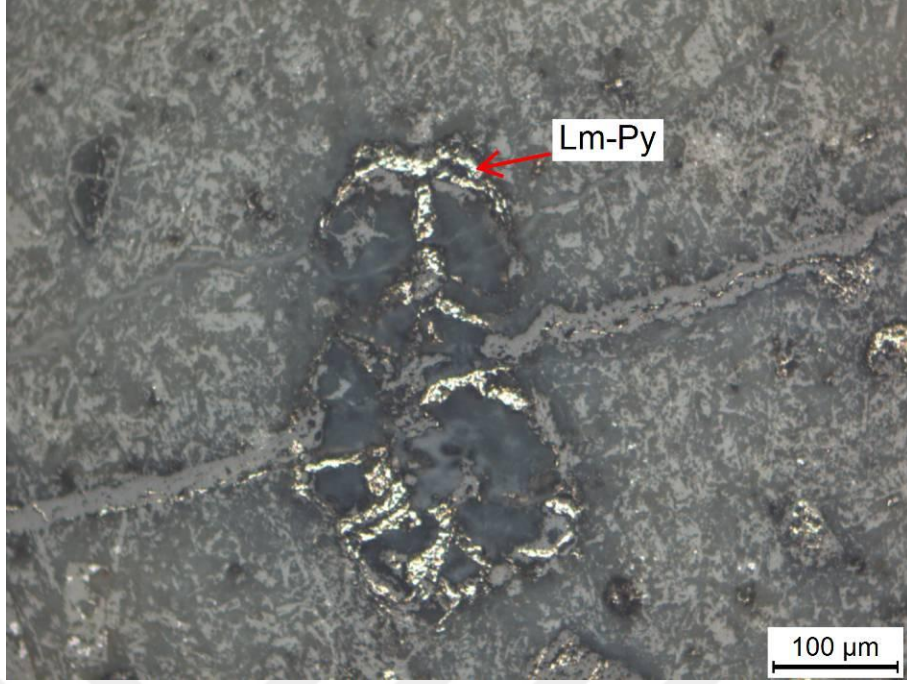
Spekülar Hematit (Fe_2O_3): mavi-gri renkli küçük kristaller halinde olup parlak metalik yansıması ile tanınmaktadır. Sondajdan alınan bir örnekte kalkopirit-pirit damarcığına paralellik gösteren damarcık içerisinde oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 6.17).



Şekil 6.21. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde kılcal damarcık içinde nabit altın (Sondaj No: SZK-2, 55.m, Örnek no: Sz-55, TN)



Şekil 6.22. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde pirit (Py) damarcıkları (Sondaj No: SZK-2, 130.m., Örnek No: Sz-130, TN).



Şekil 6.23. Bir sondajdan alınmış karot örneğinde bir mineralin çatlaklarında oluşmuş limonitleşmiş piritler (Lm-Py) (Sondaj No: SZK-3, 213.m, Örnek No: Od-213, TN).

6.4. Değerlendirme

İnceleme alanında, fay zonları ve volkanitlerin içinde yer yer ağsı yapılı kılcal çatlaklarda kalsit, kuvars ve limonit damarcıkları tespit edilmiş olup yoğun killeşme gözlenen alanlarda pirit kristalleri hâkimdir. Sondaj örneklerine ait parlatmalarda pirit, kalkopirit, kübanit, bornit, kovellin, kalkosin, galenit, manyetit, nabit altın mineralleri tespit edilmiştir.

Alterasyon zonlarının çoğunlukla fay zonlarına bağlı olması nedeniyle faylara bağlı damar tipi cevherleşmeler bulunabileceğini düşündürmektedir. Fay zonlarının detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

7. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

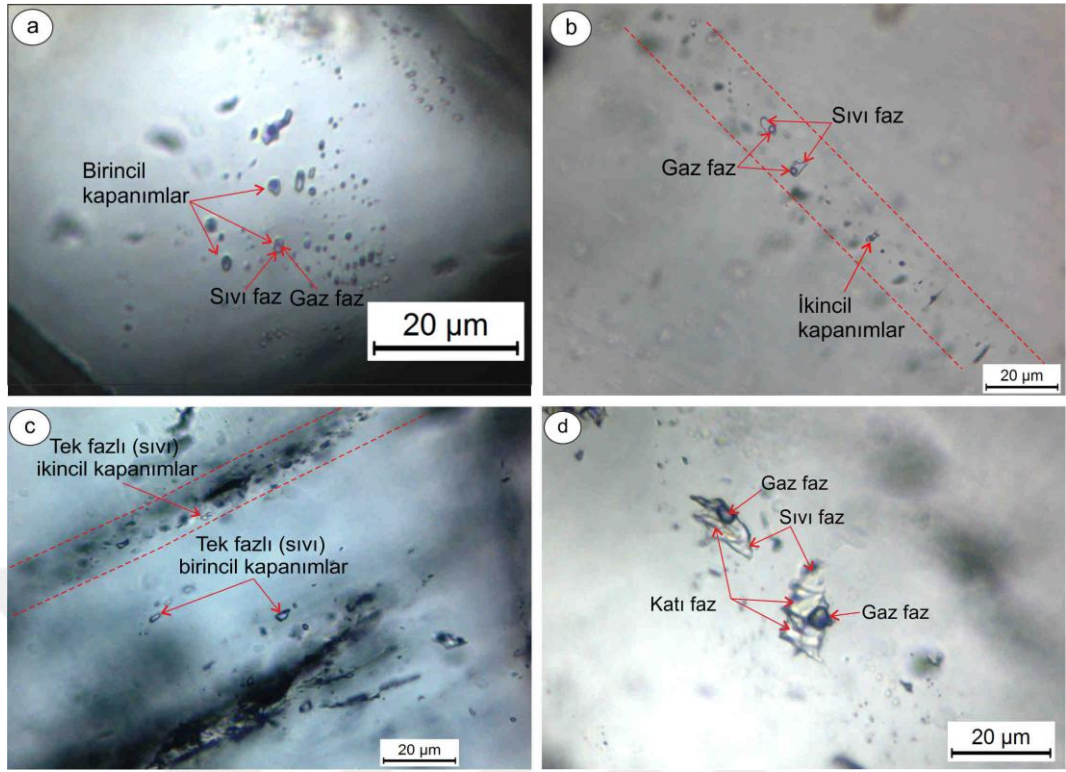
7.1. Ön Bilgi

Sıvı kapanımları, minerallerin oluşumu sırasında kristal yapıları içinde hapsolmuş çözelti damlacıklarıdır. İçlerinde sıvı, gaz ve katı fazlar bulunabilmektedir. Sıvı faz su ve içinde çözülü iyonlardan, gaz faz CO₂ ve CH₄ gibi gazlardan oluşmaktadır. Katı fazlar ise genellikle NaCl gibi tuz ve diğer mineral kristalleri şeklinde olup kız kristaller (daughter minerals) olarak adlanmaktadır. Kuvars, kalsit, florit, barit, apatit, topaz, epidot ve sfalerit gibi mikroskop incelemelerinde ışığı geçiren mineraller içerisinde birincil, ikincil ve yalancı ikincil olmak üzere 3 farklı tipte gözlenebilirler. Birincil kapanımlar, kristallerin oluşumu sırasında oluşmakta ve kristal yapı içinde ya düzensiz olarak veya kristal büyüme yüzeylerine paralel dizilmiş halde gözlenmektedirler. İkincil kapanımlar; mineral oluşumundan sonra kılcal çatlaklar boyunca dizilerek oluşurlar ve kristal kenarlarından dışarı çıkan dizilimler halinde olmaları ile karakteristiktirler. Kristal kenarlarından dışarı çıkmayacak şekilde kılcal çatlaklar boyunca dizilmiş kapanımlar ise yalancı ikincil kapanımlar olarak tanımlanmaktadır. . Isıtma ve soğutma işlemleri ile gerçekleştirilen mikrotermometrik ölçümler sırasında ölçülen ilk erime sıcaklığı (T_{FM}) verileri çeşitli su-tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırılarak kapanım içinde çözülü tuz cinsleri belirlenmekte, son erime sıcaklığı (T_{son} / T_{mice} veya $T_{m_{tuz}}$) verileri çözeltilerin tuzluluğu hakkında bilgi vermekte, homojenleşme sıcaklığı (T_H) verileri ile mineral oluşturuç çözeltilerin sıcaklığı tahmin edilmeye çalışılmaktadır.

Bu çalışmada, Karataş Volkanitleri'nde yapılan sondajlardan, cevher mineralleri ile birliktelik sunan kuvars ve kalsit damarcıklarının olduğu temsili örneklerden mikrotermometrik ölçümlerde kullanılmak üzere iki yüzü parlatılmış özel kesitler hazırlanmıştır. Yapılan incelemelerde, kapanımların morfolojik özellikleri, ilk buz ergime sıcaklığı (T_{FM}), son buz ergime sıcaklığı (T_{mice}) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) verilerinden yararlanarak cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

7.2. Morfolojik Özellikler

İki yüzü parlatılmış kesitlerde yapılan incelmelerde birincil ve ikincil kapanımlar tespit edilmiştir. Birincil kapanımlar, kuvars kristallerinin büyüme sınırları ile üzerinde gelişigüzel dağılım göstermekte olup ikincil kapanımlar ise kuvars kristallerini keser biçimde gözlenen çatlaklarda dağılım göstermektedir (Şekil 7.1a –7.1b). Kapanımlar tek fazlı (sıvı), iki fazlı (sıvı + gaz) ve üç fazlı (sıvı + gaz + katı) olmak üzere üç farklı şekilde gözlenmektedirler. Tek fazlı kapanımlarda ve çok düzensiz şekilli oldukları için üç fazlı kapanımlarda (Şekil 7.1c ve 7.1d) mikrotermometrik ölçümler yapılamamıştır. Ölçüm yapılabilen kapanımların boyutları 2 μ ile 8 μ arasında değişmekte olup genellikle elipsoidal şekillerde gözlenmektedirler. İki fazlı kapanımlarda gaz oranı genellikle %10 ile %25 arasında değişmektedir.



Şekil 7.1. Kuvars kristalleri içinde gözlenen sıvı kapanımlarından temsili görüntüler: (a) Örnek no: Sz-349, sondaj No: Szk-2, 349.m, (b) Örnek no: Sk-312, sondaj No: Szk-1, 312.m, (c) ve (d) Örnek no: Sk-348, sondaj No: Szk-1, 348.m

7.3. İlk Buz Ergime Sıcaklığı (T_{FM}) Ölçümleri

Soğutma işlemleri ile dondurulan kapanımlarda ölçülen ilk buz ergime sıcaklığı değerleri, çeşitli tuz - su sistemlerine ait ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırılarak, çözelti içerisindeki tuzun cinsi, çözeltilerin kökeni, metal iyonlarını taşıyan kompleks iyon türleri ve çözeltilerin hangi kayaç türleri içinden geçtiği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Gökce, 2013).

Karataş Volkanitleri'ne ait kuvars kristallerindeki birincil ve ikincil sıvı kapanımlarda yapılan ilk buz ergime sıcaklık değerleri -55.0°C olarak ölçülmüştür (Çizelge 7.1). Elde edilen sıcaklık değerleri su - tuz sistemlerine ait ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldığında $\text{H}_2\text{O} - \text{NaCl} - \text{CaCl}_2$ sistemlerine ait ötektik sıcaklıklar ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiş ve cevherleşmeyi oluşturan çözeltiler içinde NaCl ile birlikte CaCl_2 gibi tuzların bulabileceği şekilde yorumlanmıştır.

7.4. Son Buz Ergime (T_{mICE}) Ölçümleri

Kapanımları oluşturan çözeltilerin içerdiği tuzların etkisiyle donma sıcaklıkları saf suyun donma sıcaklığına (0 C) göre düşmektedir. Bu sıcaklık düşmesinden yararlanılarak kapanımlarda hapsolmuş çözeltilerin tuzlulukları NaCl eş değeri olarak belirlenebilmekte olup ölçülmüş T_{mICE} değerleri aşağıda yazılı eşitlikte (Bodnar (1993) değerlendirilerek bu değerlere karşılık gelen tuzluluk değerleri hesaplanabilmektedir (Gökce, 2013).

$$\text{Tuzluluk \% NaCl} = (-1.78 \times T_m) - (0.0442 \times (T_m)^2) - (0.000557 \times (T_m)^3)$$

Tuz içeriğinin su-tuz sisteminin ötektik bileşiminden fazla olması halinde ise T_{mTuz} değerleri ölçülmekte ve benzer şekilde değerlendirilerek tuzluluk hesaplamaları yapılmaktadır.

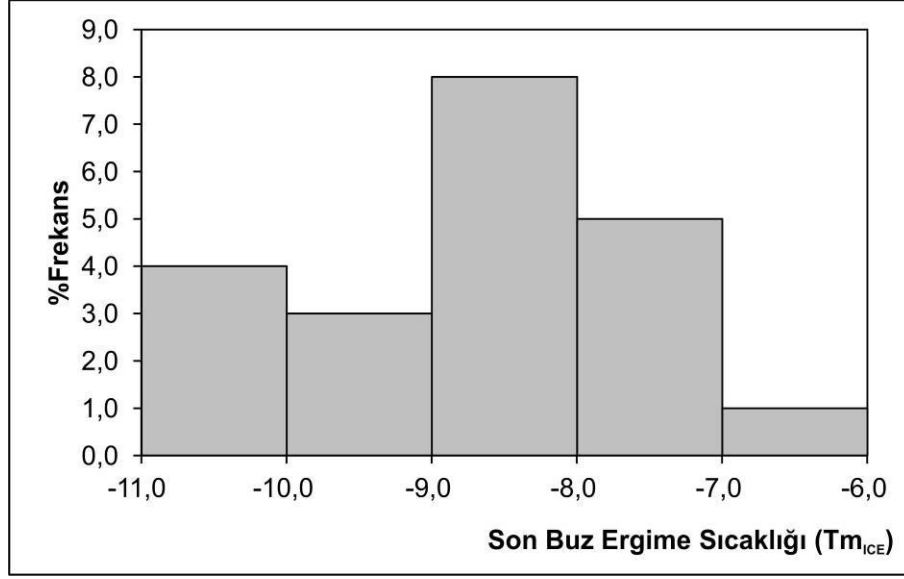
Yapılan ölçümlerde, birincil kapanımlara ait son buz ergime sıcaklıkları -7.0°C ile -10.5°C arasında (Ort. -8.6°C), ikincil kapanımlara ait son buz ergime sıcaklığı -5.3°C ile 14.0°C arasında (Ort. -9.4°C) olarak ölçülmüş olup bu sıcaklıklara karşılık gelen tuzluluk değerleri % NaCl eşdeğeri olarak yukarıda belirtilen eşitlik yardımıyla birincil kapanımlar için %10.4 ile %14.5 arasında (ort. %12.4), ikincil kapanımlarda %8.3 ile %17.8 arasında (Ort.%13.1) şeklinde hesaplanmıştır. Kapanımlara ait son buz ergime sıcaklıklarının istatistiksel dağılım grafikleri Şekil 7.2 ve 7.3' te gösterilmiştir.

7.5. Homojenleşme Sıcaklığı (T_H) Ölçümleri

Kuars kristallerindeki iki fazlı kapanımlarda ölçülmüş T_H değerleri; birincil kapanımlarda 208.0°C ile 303.0°C arasında (ort. 259.5°C), ikincil kapanımlarda 144.9°C ile 245.0°C arasında (Ort. 182.5°C) değişmekte olup ölçümlere ait istatistiksel değerlendirmeler Şekil 7.4 ve Şekil 7.5 'de görülmektedir. Basınç düzeltilmesi yapılmadan tespit edilen homojenleşme sıcaklık verileri, cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının epitermal ve mezotermal koşullarda oluştuğuna işaret etmektedir.

Çizelge 7.1. Kuvars kristallerindeki sıvı kapanımlarında ölçülmüş mikrotermometrik sıcaklık değerleri.

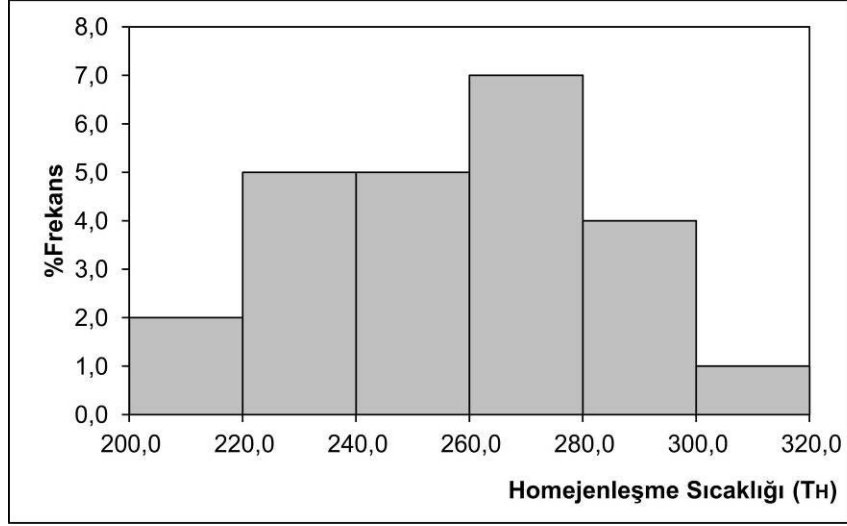
Birincil Kapanımlar				İkincil Kapanımlar			
ÖRNEK NO	T _{FM}	T _{MICE}	T _H	ÖRNEK NO	T _{FM}	T _{MICE}	T _H
SK-348	-55.0		274.0	SK-348	-55.0	-14.0	245.0
	-55.0	-10.0	234.5				221.0
	-55.0	-7.0	303.0				180.0
	-55.0	-8.2	268.0		-55.0	-7.8	190.5
	-55.0	-8.5	288.0		-55.0	-8.0	185.0
	-55.0	-8.2	290.0				
	-55.0		285.0				
SK-195	-55.0	-8.3	270.0	SK-195	-55.0	-10.4	184.5
	-55.0	-7.6	230.0				
	-55.0	-9.0	250.0				
SZ-349	-55.0	-8.6	272.0	SZ-349			163.0
	-55.0	-9.6	260.0				
	-55.0	-10.0	235.0				
SK-312	-55.0	-9.4	260.5	SK-312	-55.0	-12.0	180.0
	-55.0	-7.6	272.0		-55.0	-7.8	179.0
	-55.0	-8.0	255.0		-55.0	-10.0	169.9
	-55.0	-8.8	274.8				153.6
	-55.0	-7.8	238.0		-55.0		144.9
SZ-365 (387)	-55.0	-10.5	208.0	SZ-365			
	-55.0	-10.3	220.0				
					-55.0	-5.3	176.0
SZ-342	-55.0	-8.7	260.0				
	-55.0	-7.4	285.0				
	-55.0	-6.9	240.0				



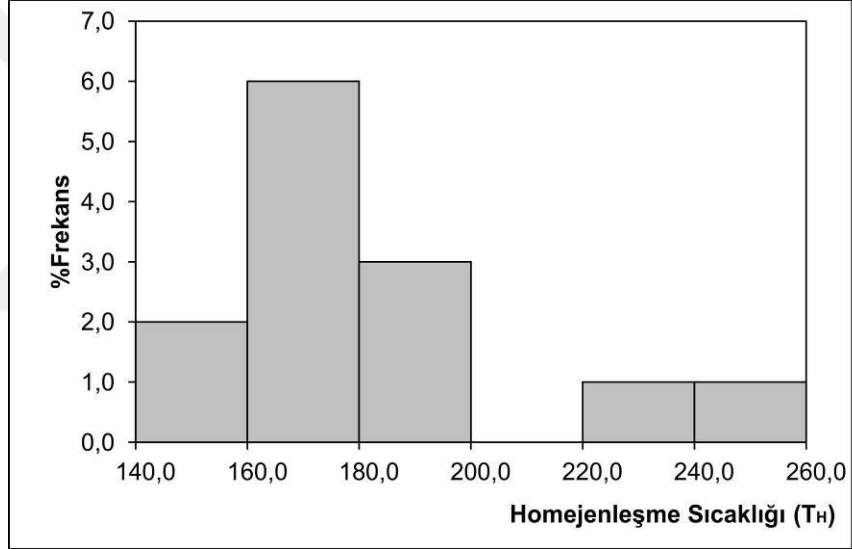
Şekil 7.2. Kuvars kristallerindeki birincil kapanımlarda ölçülmüş son buz ergime sıcaklık değerlerine (T_{m_ICE}) ait istatistiksel dağılım grafiği.



Şekil 7.3. Kuvars kristallerindeki ikincil kapanımlarda ölçülmüş son buz ergime sıcaklık değerlerine (T_{m_ICE}) ait istatistiksel dağılım grafiği.



Şekil 7.4. Kuvars kristallerindeki birincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklık değerlerine (T_H) ait istatistiksel dağılım grafiği.

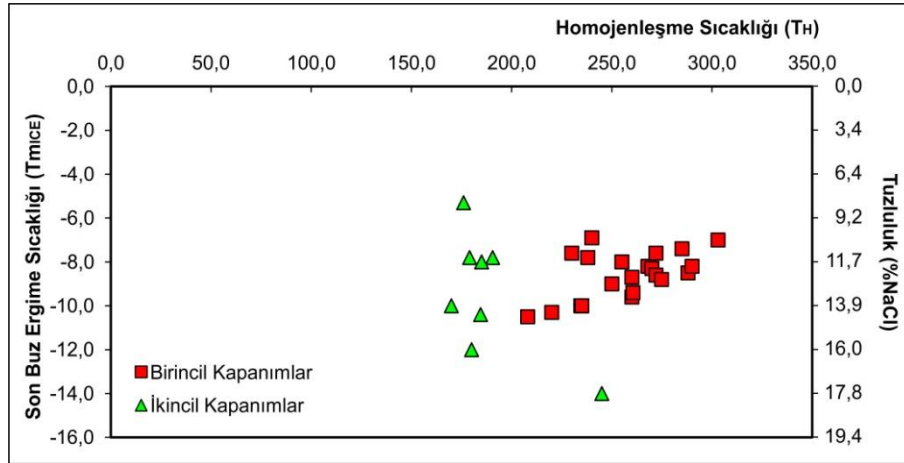


Şekil 7.5. Kuvars kristallerindeki ikincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklık değerlerine (T_H) ait istatistiksel dağılım grafiği.

7.6. Değerlendirme

Sıvı kapanım incelemeleri, sondaj karotlarından alınan kuvars damarcıklı örneklerde kuvars kristallerinde gerçekleştirilmiş olup birincil ve ikincil kapanımlar olmak üzere iki tip kapanım tespit edilmiştir. Bu kapanımlar tek fazlı (sıvı), iki fazlı (sıvı+gaz) ve üç fazlı (sıvı+gaz+katı) olmak üç farklı özellikte gözlenmiştir. Ölçümler, iki fazlı olan birincil ve ikincil kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Birincil ve ikincil kapanımlarda ilk buz ergime sıcaklığı -55°C , son buz ergime sıcaklığı birincil kapanımlarda sıcaklıkları -7.0°C ile -10.5°C arasında (Ort. -8.6°C), ikincil kapanımlara ait son buz ergime sıcaklığı -5.3°C ile 14.0°C arasında (Ort. -9.4°C) olarak ölçülmüştür. Elde edilen sıcaklık verileri, Bodnar (1993) tarafından önerilen eşitlikte kullanılarak tuzluluk hesaplamaları yapılmış olup birincil kapanımlarda %10.4 ile %14.5 arasında (ort. %12.4), ikincil kapanımlarda %8.3 ile %17.8 arasında (Ort.%13.1) olduğu hesaplanmıştır. Kuvars kristallerindeki iki fazlı kapanımlarda ölçülmüş T_H değerleri; birincil kapanımlarda 208.0°C ile 303.0°C arasında (ort. 259.5°C), ikincil kapanımlarda 144.9°C ile 245.0°C arasında (Ort. 182.5°C) belirlenmiştir. Son buz ergime sıcaklığı ile homojenleşme sıcaklıklarının her ikisi birlikte ölçülmüş kapanımlara ait değerlerin dağılım ilişkileri Şekil 7.6'da görülmektedir.

Bu şekilden; Birincil kapanımlarda sıcaklık düştükçe tuzluluğun arttığı, ikincil kapanımlarda ise sıcaklık değişimi ile tuzluluk arasında herhangi bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, birisi sıcaklığı yüksek, tuzluluğu düşük, diğeri sıcaklığı düşük ama tuzluluğu yüksek iki farklı çözeltinin karıştığına işaret etmektedir.



Şekil 7.6. Kuvars kristallerindeki sıvı kapanımlarda ölçülmüş son buz ergime sıcaklığı (T_{m-ICE}) - homojenleşme sıcaklık değerleri (T_H) ilişkisi (Her iki ölçümü bulunan kapanımlara ait değerler kullanılmıştır).

8.KARARLI İZOTOPLAR (O-H) JEOKİMYASI

8.1. Ön Bilgi

Kararlı izotoplar jeokimyası incelemeleri, minerallerin bileşiminde bulunan elementlerin kökeni, cevherleşmeleri ve ilişkili alterasyonları oluşturan hidrotermal çözeltilerdeki suyun kökeni ve evrimi hakkında bilgiler sunmaktadır. Bu tür çalışmalarda, kükürt (S), karbon (C), oksijen (O) ve hidrojen (H) en yaygın kullanılan kararlı izotoplardır.

Bu çalışmada, yeteri miktarda sülfürlü ve sülfatlı mineraller ayırlamadığı için kükürt izotopları analizleri yapılmamış, yöredeki hidrotermal oluşumlarda gözlenen kuvars kristalleri ayrılarak kristal yapı içindeki oksijen izotopları bileşimi ve sıvı kapanımları içinde hapsolmuş suyun hidrojen izotopları bileşimi analiz edilmiştir. Daha sonra, oksijen izotopları analiz sonuçlarından ve sıvı kapanımlarında ölçülmüş ortalama homojenleşme sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak kuvars kristalleri ile denge halindeki suyun oksijen izotopları bileşimleri hesaplanmıştır. Belirlenmiş hidrojen ve oksijen izotop değerleri, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD diyagramı üzerinde değerlendirilerek hidrotermal çözeltiler içindeki suyun kökeni belirlenmeye çalışılmıştır.

Analiz sonuçları, Çizelge 8.1'de toplu halde verilmiş olup V-SMOW standartından sapma değerleri ($\delta^{18}\text{O}$ ve δD) şeklinde ifade edilmiştir. Kuvarslarda analiz edilmiş oksijen izotopları değerlerinden ve sıvı kapanımlarında ölçülmüş homojenleşme sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak denge halindeki suyun izotopsal bileşimlerinin hesaplanmasında Zheng (1993) tarafından geliştirilmiş fraksiyonel ayırılma eşitliği kullanılmıştır.

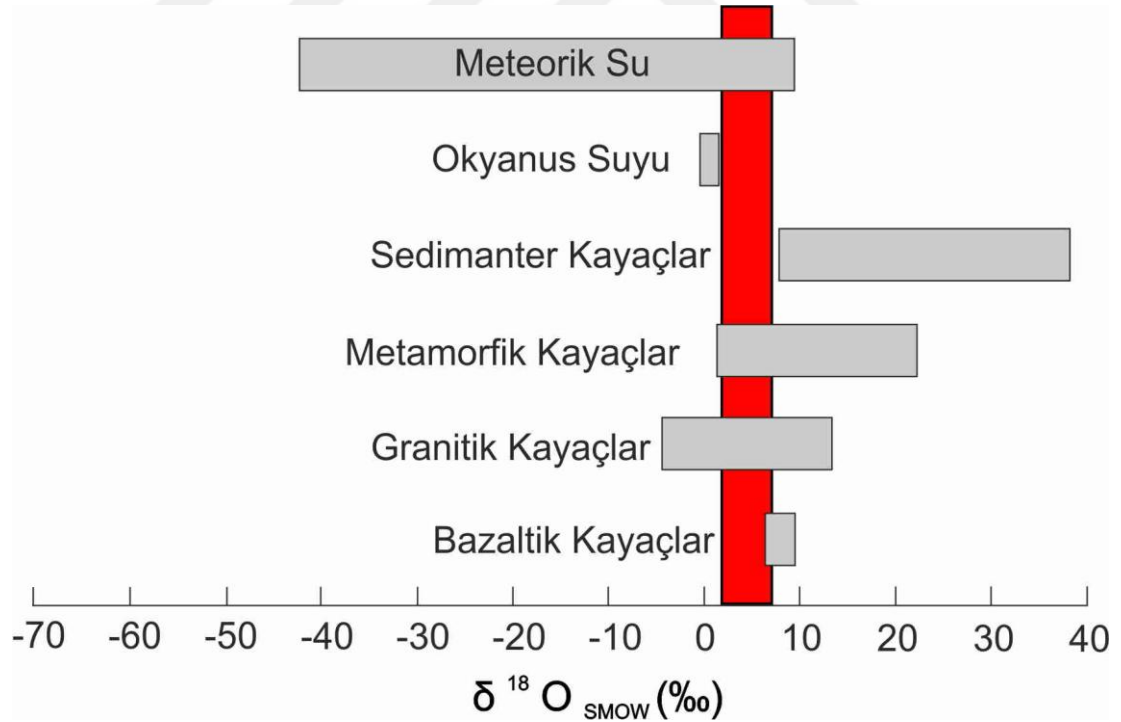
Çizelge 8.1. Analiz edilen kuvars örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD sonuçları ve denge halindeki suyun $\delta^{18}\text{O}$ değerleri (* işaretli örneklerden hidrojen izotopları analizleri için yeterli miktarda su elde edilememiş, bu örneklerin diyagrama yerleştirilmesinde diğer örneklerde analiz edilmiş δD değerlerinin ortalaması kullanılmıştır)

Örnek No	Sondaj No	Derinlik	$\delta^{18}\text{O}$ Kuvars	TH ort. C	1000 ln α	$\delta^{18}\text{O}$ su	δD su
SK-195	SZK-1	195.m	16.9	250.00	9.0	7.9	-47
SK-348	SZK-1	348.m	10.2	274.70	7.9	2.3	-80
SZ-342	SZK-2	342.m	15.3	261.70	8.5	6.8	*
SZ-349	SZK-2	349.m	15.1	255.70	8.7	6.4	*
SZ-387	SZK-2	387.m	15.3	214.00	10.8	4.5	-65

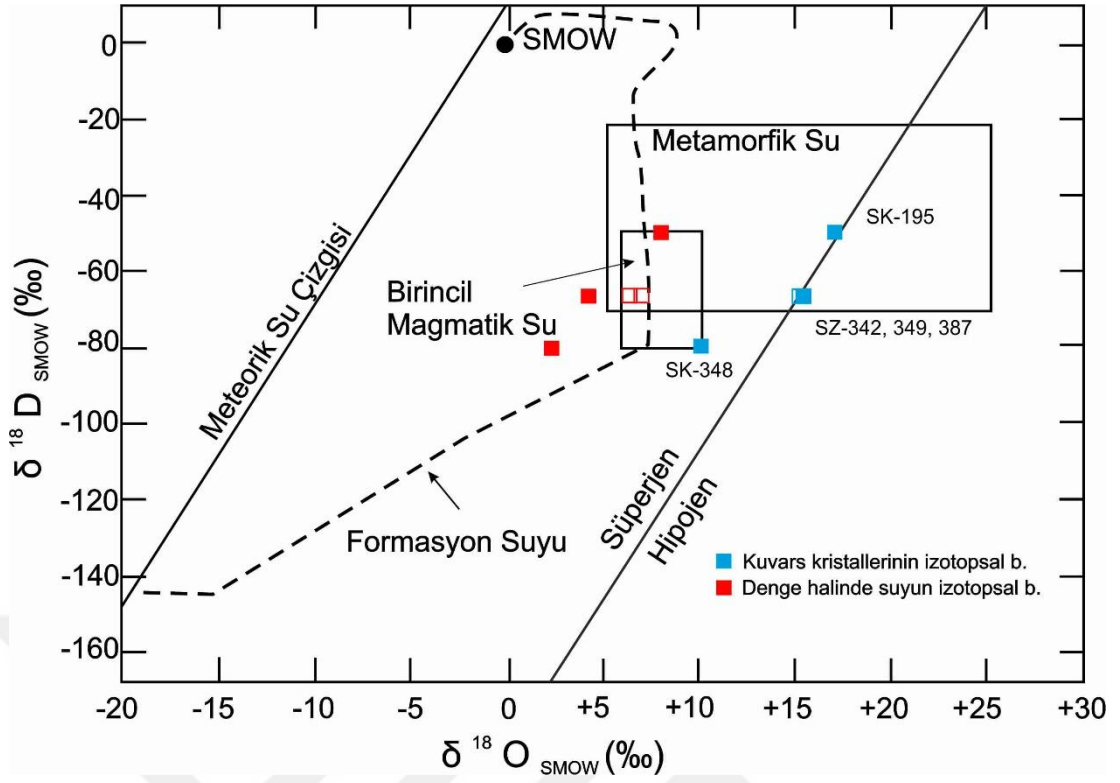
8.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Hesaplamalarla elde edilen $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ değerleri, çeşitli kayaç ve akışkanlara ait kaynaklar ile karşılaştırıldığında örneklerin meteorik su ile magmatik kayaçların izotopsal değerleri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 8.1).

Kuvarsların δD ve $\delta^{18}\text{O}$ değerleri, $\delta^{18}\text{O} - \delta\text{D}$ diyagramı üzerine yerleştirildiğinde, örneklerin süperjen hipojen sınırına yakın konumlandıkları ve genellikle süperjen koşulları temsil ettikleri gözlenmiştir (Şekil 8.2). Sıvı kapanımlardan ölçülen homojenleşme sıcaklıklarından itibaren elde edilen suların $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ ile $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ değerleri, çoğunlukla birincil magmatik suları işaret etmekte, iki örneğin ise formasyon suyu alanında yer aldığı görülmektedir (Şekil 8.2). Bu durum; Karataş Volkanitleri'nde alterasyonlara ve cevherleşmelere neden olan hidrotermal çözeltilerdeki suyun ya çoğunlukla magmatik sulardan kaynaklandığı ve meteorik kökenli suların sisteme karıştığı veya tamamen meteorik kökenli yüzey sularının derinlere inerek ısındığı ve yöredeki volkanik kayaçlar içinden geçerken oksijen içeren minerallerle temas ederek oksijen izotopları bileşiminin formasyon suyu bileşimine hatta magmatik su alanına doğru değiştirdiği şeklinde yorumlanabilir. Sıvı kapanımlarında belirlenmiş tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı değerlerindeki dağılım alanlarının genişliği yöredeki mineral oluşumlarında magmatik ve meteorik kökenli suların karışımını şeklindeki yaklaşımı desteklemektedir.



Şekil 8.1. Örneklerde analiz edilmiş oksijen izotopları bileşimlerinin (kırmızı renkli alan) Hoefs (1987) tarafından belirlenmiş, çeşitli kayaç ve akışkan kaynakları ile karşılaştırılması.



Şekil 8.2. Cevher oluşturuvcu çözellilerdeki suyun $\delta D - \delta^{18}O$ diyagramındaki konumları (diyagram Sheppard, 1986' dan alınmıştır. İçi dolu kareler $\delta D - \delta^{18}O$ değerleri analiz edilmiş örnekleri, içi boş kareler ise δD değerleri analiz edilememiş ve diğer örneklere ait ortalama δD değerleri kullanılmış örnekleri göstermektedir.)

9.SONUÇLAR

İnceleme alanının temelini Üst Kretase-Paleosen yaşlı Refahiye Karmaşığı ve kuzeyinde ve güneyinde bulunan metamorfik kayalar (kuzeyde Tokat Metamorfileri, güneyde ise Akdağmadeni Metamorfileri) oluşturmaktadır. Eosen yaşlı Karataş Volkanitleri Refahiye Karmaşığı üzerine uyumsuz olarak yayılmaktadır. Lütésiyen (Üst Eosen) yaşlı Köseadağ Siyeniti bu birimleri kesmekte olup akarsu ve teras çökelleri gibi sedimanter birimler tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedirler.

Bu çalışmanın konusunu oluşturan Karataş Volkanitleri; altta taban konglomeraları ve volkanik ara katkılı kumtaşı ve sittaşları ile başlamakta üst seviyelerinde ise andezitik ve bazaltik bileşimli lav ve piroklastik aralanmaları şeklinde devam etmekte olup kalınlığı yaklaşık olarak 1000m' ye ulaşmaktadır.

İnceleme alanı içerisinde bazaltik ve andezitik seviyelerden 330 adet ve Köseadağ Siyeniti içerisinde 79 adet kırık ve çatlak ölçüsü alınmış olup volkanitlerde ana doğrultu yönü KD-GB olmak üzere KDD-GBB ve KBB-GDD doğrultularının, Köseadağ Siyenitinde ise ana doğrultu yönü K-G olmak üzere KD-GB ve KB-GD doğrultularının varlığı diyagramlar üzerinde belirlenmiştir.

Karataş Volkanitleri'nin petrografik ve jeokimyasal incelemeleri sonucunda; alkali karakteri yüksek bazaltik andezit bileşimli lav ve piroklastiklerden oluştuğı belirlenmiştir. Ana ve iz elementler, SiO₂ ve MgO'lere karşı hazırlanan diyagramlarda fraksiyonel kristalleşmenin çok iyi geliştiğini gösteren değişimler sergilemişlerdir. Ayrıca, plajiyoklaz fenokristallerinde; magma karışımını ve etkileşimlerini işaret eden veriler tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında, volkaniklerin oluşumu sırasında bazaltik ve trakitik bileşimli magmaların homojen karışımının etkili olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Yöre volkaniklerinin iz ve nadir toprak elementleri ile hazırlanan çeşitli diyagramlarda; ÜKK, AKK, BKK ve GLOSS gibi kıtasal kabuk ve sedimanter köken malzemelere yakın konumlanmaları, bu volkaniklerin büyük olasılıkla kıtasal kabuk malzemesinin ya/ya da sedimanter kökenli malzemelerin erimesi sonucu oluştuğı şeklinde yorumlanmıştır. Çeşitli araştırmacıların önerdiği jeotektonik ortam ayırtman diyagramları üzerinde; yaylarla ilişkili alanlarda konumlandıkları görülmekte olup bu durum yöredeki volkaniklerin jeotektonik ortam olarak okyanusal kabuğun kıtasal kabuk altına daldığı yitimli yaklaşan plaka sınırlarında üst kabuk malzemesinin erimesiyle oluştuklarına işaret etmektedir. Ancak, Eosen yaşlı volkaniklerin yayılım gösterdiği yerlerde yitim zonu ve yay gelişiminin işaretlenebileceği kesin jeolojik veriler bulunmamaktadır. Karataş Volkanitleri'nin, inceleme alanının batısına uzanan bölümlerine göre yüksek alkali karakterde olması, yöredeki kayaların volkanik faaliyetlerin üst (geç) evrelerini temsil ettiği ya da yitim zonu eğiminin bölgenin batısından doğusuna doğru azalmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.

Hidrotermal alterasyon zonlarına ait örneklerin mikroskopik ve XRD incelemelerinde, serizitleşme, karbonatlaşma, killeşme (kaolinleşme, montmorillonitleşme), kloritleşme ve opaklaşma belirlenmiş olup XRD-tüm kayaç incelemelerinde mikroskopik incelemelerde tespit edilen minerallere ilave olarak dolomit, götüt ve alunit; XRD-Kil fraksiyonlarında ise kaolinit, illit, klorit ve smektit türü kil minerallerinin varlığı saptanmıştır. Jeokimyasal alterasyon değerlendirme diyagramlarında örneklerin büyük çoğunluğunun hidrotermal alterasyon alanlarına düştüğü tespit edilmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda inceleme alanı içindeki hidrotermal alterasyon alanları; propilitik, fillik, orta killi ve ileri killi olmak üzere 4 alt gruba ayrılmış ve haritalanmıştır. Ayrıca, hidrotermal alterasyonların yayılımları dikkate alındığında; (i) fay zonlarına bağlı (fay kontrollü), (iii) Karataş Volkanitleri içindeki piroklastik seviyelere bağlı (litolojik) kontrollü ve Karataş Volkanitleri ile Köseadağ Siyeniği'ni dokunağına bağlı (dokunal kontrollü) oluşumlar sergiledikleri görülmüştür.

İnceleme alanındaki hidrotermal alterasyonlu alanlar, son yıllarda jeolojide kullanım alanı genişlemekte uzaktan algılama yöntemleri ile incelenmiştir. Çalışmada ASTER uydusu SWIR bantları kullanılmış olup görüntü zenginleştirme ve spektral sınıflama yöntemleri ile inceleme alanında ki alterasyon grupları ayırtlanmıştır. Uydu görüntüsü ile elde edilen verilerin, saha ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen hidrotermal alterasyon alanları gösteren harita ile büyük oranda örtüştüğü gözlenmiştir.

Eser element içerikleri Kitasal Kabuk (KKO), Andezit (AO) ve Bazalt (BO) ortalama değerleri ile karşılaştırılmış olup inceleme alanı içerisinde yüzeyleyen volkanik kayaçların Cu, Pb, Zn, Mo, Au, Sb, As, Sb \pm W, \pm U ve \pm Th gibi elementler için maden yatağı oluşturma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Major oksitlerle hazırlanan ikili diyagramlarda Au, Cu, Pb, Zn, Mo, W, Th ve U gibi elementlerin derine doğru ve yüzeyde ki artış ve azalış eğilimleri tespit edilmiştir. Au, Cu, Pb, W, U ve Th içeriklerinin SiO₂ ile artan bir ilişki gösterirken Zn, Mo, As, ve Sb değerlerinde azalan ilişki tespit edilmiştir. Yüzeyden toplanan örneklerle ait eser element içeriklerinin istatistiksel hesaplamalarla elde edilen eşik değerleri, Ortalama+1standart sapma ve Ortalama+2standart sapma değerleri Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW) yönteminde kullanılarak sahadaki anomali dağılımları belirlenmiştir. Yüzey ve sondaj örneklerindeki eser element içerikleri değerlendirildiğinde, geçirimsizliği yüksek piroklastik kayaçların bulunduğu ve kuvars, kalsit, jips damarcıklarının gözlemlendiği seviyelerde zenginleşmenin fazla olduğu şeklinde değerlendirilmiştir.

Maden jeolojisine yönelik yapılan çalışmalarda, fay zonları boyunca gelişmiş killi seviyelerde bol miktarda pirit kristalleri tespit edilmiş olup volkanikler içinde yer yer ağsı yapılar kılcal çatlaklar içerisinde kalsit, kuvars, jips ve limonit damarcıkları tespit edilmiştir. Bu yapıların hidrotermal faaliyetler sırasında artan iç basınca bağlı geliştiği ve içlerinin bu çözeltiler tarafından doldurulduğu şeklinde yorumlanmıştır. Sondaj örneklerinden alınan temsili örneklerde pirit, kalkopirit, bornit, kübanit, kalkosin, kovellin, manyetit, galenit ve nabit altın oluşumları mikroskopik çalışmalarda tespit edilmiştir. Volkanik kayalar içinde gelişen faylar boyunca gözlenen yoğun alterasyonlar ve pirit oluşumları nedeniyle inceleme alanında faylara bağlı damar tipi bir cevherleşmenin bulunabileceği yönünde işaretler taşımaktadır.

Kuvars kristallerinde birincil ve ikincil kapanımlarda ilk buz ergime sıcaklığı -55°C , son buz ergime sıcaklığı birincil kapanımlarda sıcaklıkları -7.0°C ile -10.5°C arasında (Ort. -8.6°C), ikincil kapanımlara ait son buz ergime sıcaklığı -5.3°C ile 14.0°C arasında (Ort. -9.4°C) olarak ölçülmüş olup son buz erime sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak birincil kapanımlarda %10.4 ile %14.5 arasında (ort. %12.4), ikincil kapanımlarda %8.3 ile %17.8 arasında (Ort.%13.1) tuzluluk değerleri hesaplanmıştır. Kuvars kristallerindeki iki fazlı kapanımlarda ölçülmüş T_H değerleri; birincil kapanımlarda 208.0°C ile 303.0°C arasında (ort. 259.5°C), ikincil kapanımlarda 144.9°C ile 245.0°C arasında (Ort. 182.5°C) belirlenmiştir. Birincil ve ikincil kapanımlarda elde edilen mikrotermometrik ölçüm sonuçları, birisi sıcaklığı yüksek ve tuzluluğu düşük, diğeri ise sıcaklığı düşük ama tuzluluğu yüksek iki farklı çözeltinin karıştığına işaret etmektedir.

Kararlı izotoplar jeokimyası incelemelerinde, kuvarslardan elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri, Karataş Volkanitleri'nde alterasyonlara ve cevherleşmelere neden olan hidrotermal çözeltilerdeki suyun ya magmatik ve meteorik kökenli suların karışımı sonucu ortaya çıktığı veya meteorik kökenli yüzey sularının derinlere inerek ısındığı ve yöredeki volkanik kayalar içinden geçerken oksijen içeren minerallerle temas ederek oksijen izotopları bileşiminin değiştiği şeklinde yorumlanmıştır. Sıvı kapanımlarında belirlenmiş tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı değerlerindeki dağılım alanlarının genişliği yöredeki mineral oluşumlarında magmatik ve meteorik kökenli suların karışımı şeklindeki yaklaşımı desteklemektedir.

Yukarıda özetlenmiş bulgular ışığında; Maden Deresi içindeki ana fay zonu ve Karataş Volkanitleri ile Köseadağ Siyeniti arasındaki dokunak boyunca yükselen hidrotermal çözeltilerin yaklaşık D-B doğrultulu ve G eğimli fay zonları boyunca veya Karataş Volkanitleri içindeki piroklastik seviyeler içinde yayılarak hem alterasyonlara neden oldukları hem de olası cevherleşmeleri oluşturdıkları sonucuna varılmıştır. Çözeltilerin özellikleri ve alterasyon zonlarının yayılımı; epitermal koşullarda ve çoğunlukla fay kontrollü hidrotermal çözelti faaliyetine işaret etmektedir. Yörede; faylara bağlı damar tipi ve piroklastik seviyelere bağlı stata-bound tipi hidrotermal cevherleşmelerin bulunması mümkün gözükmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdeen, M.M., T.K. Allison, M.G. Abdelsalam, ve R.J. Stern. (2001).** "Application of ASTER band-ratio images for geological mapping in arid regions; the Neoproterozoic Allaqi Suture, Egypt." İçinde *Abstract with Program, Geol. Soc. Amer* ,v.3(3), , 289.
- Abrams, M. J., D. Brown, L. Lepley, ve R. Sadowski. (1983).** "Remote sensing for porphyry copper deposits in southern Arizona." *Economic Geology* 78(4): 591–604.
- Akçay, A. E., ve M. Beyazpırınç. (2017).** "Sorgun (Yozgat)-Yıldızeli (Sivas) Önülke Havzasının Jeolojik Evrimi, Havzada Etkin Olan Volkanizmanın Petrografik, Jeokimyasal Özellikleri Ve Jeokronolojisi". *Maden Tetkik Arama Dergisi* 155: 1–32.
- Aktimur, H.T., M.E. Tekirli, ve M.E. Yurdakul. (1990).** "Sivas-Erzincan Tersiyer havzasının jeolojisi". *MTA Dergisi* 111: 25–36.
- Aktimur, H.T. (1986).** *Erzincan, Refahiye ve Kemah dolayının jeolojisi. MTA Rapor No:7932, (Yayınlanmamış).*
- Albarade, F. (1996).** *Introduction to geochemical modelling.* Cambridge: Cambridge: Cambridge University Press.
- Alpaslan, M. (2000).** "Pazarcık Volkanitinin (Yıldızeli - Sivas) Mineralojik Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri". *Türkiye Jeoloji Bülteni* 43(2): 49–60.
- Arpat, E., ve K. Tütüncü. (1978).** "Gürlevik ve Tecer dağları yöresinde serpantin yerleşimi sorunu". İçinde *TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, , 56–57.
- Barrett, T. J., ve W. H. MacLean. (1991).** "Chemical, mass, and oxygen isotope changes during extreme hydrothermal alteration of an archean rhyolite, Noranda, Quebec". *Economic Geology* 86(2): 406–14.
- Başıbüyük, Z. (2006).** "Hydrothermal alteration mineralogy-petrography and geochemistry of Eocene volcanics: an example from quadrangle of Zara - Imranlı-Susehri-Serefiye (Northeast of Sivas, Central Eastern Anatolia, Turkey)." *Cumhuriyet University PhD. Thesis.*
- Bedell, R.D. (2001).** "Geological mapping with ASTER satellite: new global satellite data that is a significant leap in remote sensing geologic and alteration mapping". *Spec. Publ., Geol. Soc. Nevada* 33: 329–34.
- Bektaş, O. (1981a).** "Kuzey Anaadolu Fay Zonu'nun Erzincan Tanyeri Bucağı yöresindeki jeolojik özellikleri ve yerel ofiyolit sorunları. Doktora Tezi". KTÜ Yerbilimleri Fakültesi.
- Bektaş, O. (1981b).** "Kuzey Anadolu Fay Zonunun Erzincan-Tanyeri bucağı yöresindeki jeolojik özellikleri ve yerel ofiyolit sorunları". *Karadeniz Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, Trabzon* 32: 196.
- Bektaş, O., S. Pelin, ve S. Korkmaz. (1984).** "Doğu Pontid yay gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiyolitik olgusu". İçinde *TJK Ketin Simpozyumu*, , 175–88.
- Bektaş, O, C Sen, Y Atici, ve N Koprubasi. (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.
- Bergougnan, H. (1975).** "Presence de troid unités charriées a la bordure sud des Pontides dans le Haut-Kelkit, Ages et misas en place". *C.R.Acad* 280: 2199–2201.
- Bergougnan, H. (1976).** "Structure de le chaine pontique dans le Haut-Kelkit". *Bull. Soc. Geol. France* t XVII(3): 675–86.
- Bodnar, R. J. (1993).** "Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions". *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57(3): 683–84.

- Boynnton, W.V. (1984).** "Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In Handerson P, editor. Rare Earth Element Geochemistry". İçinde *1st ed. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier*, , 63–114.
- Bozkurt, E. (2001).** "Neotectonics of Turkey – a synthesis". *Geodinamica Acta* 14(1–3): 3–30. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S098531110101066X>.
- Boztuğ, D., S. Yılmaz, ve Y. Keskin. (1994).** "İç -Doğu Anadolu alkalin provelisindeki Kösedag plütunu (Suşehri-KD Sivas) doğu kesiminin petrografisi, petrokimyası ve petrojenezi". *Türkiye Jeoloji Bülteni* 2: 1–14.
- Boztuğ, D., Erçin, A. I., Kuruçelik, M. K., Göç, D., Kömür, I., & Iskenderoğlu, A. (2006).** "Geochemical characteristics of the composite Kaçkar batholith generated in a Neo-Tethyan convergence system, Eastern Pontides, Turkey". *Journal of Asian Earth Sciences* 27(3): 286–302.
- Brindley, G W, ve R Wardle. (1970).** "Monoclinic and triclinic forms of pyrophyllite and pyrophyllite anhydride". *American Mineralogist* 55: 1259. [d:/TEMP/AmMin%5CnTOC1/AmMin%5CnTOC1\(5031\).pdf](d:/TEMP/AmMin%5CnTOC1/AmMin%5CnTOC1(5031).pdf).
- Buket, E. (1982).** "Erzincan-Refahiye ultramafik ve mafik kayaçlarının petrokimyasal karakterleri ve diğer oluşumlarla denştirilmesi". *Yerbilimleri* 9: 43–56.
- Canbaz, O., Ö. Gürsoy, ve A. Gökce. (2017).** "Cumhuriyet Science Journal CSJ". *Cumhuriyet Science Journal CSJ* 38: 813–21.
- Canbaz, O., Ö. Gürsoy, ve A. Gökce. (2018).** "Detecting Clay Minerals in Hydrothermal Alteration Areas with Integration of ASTER Image and Spectral Data in Kösedag-Zara (Sivas), Turkey". *Journal of Geological Society of India* 91(4): 389–516.
- Çubuk, Y., ve S. İnan. (1998).** "İmranlı ve Hafik güneyinde (Sivas) Miyosen havzasının stratigrafik ve tektonik özellikleri". *MTA Dergisi* 120: 45–60.
- Efe, A., ve A. Gökce. (1999).** "Geology and fluid inclusion studies of the Maden Village (Imranlı-Sivas) Pb-Zn deposits". *Bulletin of faculty of engineering of Cumhuriyet University, Serie S-Earth Sciences* 16: 29–38.
- Eyuboglu, Y., Bektas, O., Seren, A., Maden, N., Ozer, R., & Jacoby, W. R. (2006)** "Three-directional extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey)". *Geologica Carpathica* 57(5): 337–46.
- Eyuboglu, Y., Dudas, F. O., Thorkelson, D., Zhu, D. C., Liu, Z., Chatterjee, N., ... Santosh, M. (2017).** "Eocene granitoids of northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc-slab window system". *Gondwana Research* 50: 311–45.
- Gad, S., ve T. Kusky. (2007).** "ASTER spectral ratioing for lithological mapping in the Arabian-Nubian shield, the Neoproterozoic Wadi Kid area, Sinai, Egypt". *Gondwana Research* 11(3): 326–35.
- Genshaft, Yu. S., A. F. Grachev, ve A. Ya. Saltykovskii. (2006).** "Geochemistry of Cenozoic Basalts of Mongolia: the Problem of Genesis of Mantle Sources". *Russ. Geol. Geophys.* 47(3): 378–90.
- Gillespie, A. R., A. B. Kahle, ve R. E. Walker. (1986).** "Color enhancement of highly correlated images. I. Decorrelation and HSI contrast stretches". *Remote Sensing of Environment* 20(3): 209–35.
- Göçmengil, G., Z. Karacik, C. Genç, ve M. Z. Billor. (2018).** "40Ar-39Ar geochronology and petrogenesis of postcollisional trachytic volcanism along the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (NE, Turkey)". *Turkish Journal of Earth Sciences* 27(1): 1–31.

- Göçmengil, G., Z. Karacık, ve Ş. C. Genç. (2016).** “Çarpışma sonrası ortamda kalk-alkali/alkali volkanizmadan- şoşonitik volkanizmaya geçişe bir örnek: Almus(Tokat) ve Yıldızeli (Sivas) orta Eosen volkanikleri”. İçinde 1. *Volkanoloji Kurultayı*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara / Türkiye.
- Göçmengil, G., Z. Karacık, ve Ş. C. Genç. (2018).** “İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu (KD, Türkiye) Boyunca Gelişen Çarpışma Sonrası Orta Eosen Magmatizmasının Volkano-Stratigrafik Olarak Araştırılması”. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 61: 131–62.
- Gökce, A. (2013).** *Maden Yatakları*. Cumhuriyet Üniversitesi Matbaası.
- Gökten, E., ve G. Kelling. (1991).** “Hafik kuzeyindeki Senozoyik istifinin stratigrafisi ve tektoniği: Sivas-Refahiye Havzası kuzey sınırında tektonik kontrol”. İçinde A. *Acar Jeoloji Sempozyumu Bildirileri*, , 113–23.
- Göncüoğlu, M.C. (2010).** “Introduction to the Geology of Turkey: Geodynamic evolution of the pre-Alpine and Alpine Terranes”. *MTA Dergisi*: 1–69.
- Görür, N., F.Y. Oktay, İ. Seymen, ve A. M. C. Şengör. (1984).** “Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure”. *Geological Society, London, Special Publications* 17(1): 467–82. <http://sp.lyellcollection.org/lookup/doi/10.1144/GSL.SP.1984.017.01.34>.
- Gorur, N., ve O. Tuysuz. (2001).** “Cretaceous to miocene palaeogeographic evolution of Turkey: Implications for hydrocarbon potential”. *Journal of Petroleum Geology* 24(2): 119–46.
- Gürsoy, Ö., O. Canbaz, A. Gökce, ve R. Atun. (2017).** “Cumhuriyet Science Journal CSJ”. *Cumhuriyet Science Journal CSJ* 38: 813–21.
- Gürsoy, Ö., ve Ş. Kaya. (2017).** “Detecting of Lithological Units by Using Terrestrial Spectral Data and Remote Sensing Image”. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 45(2).
- Hastie, A. R., A. C. Kerr, J. A. Pearce, ve S. F. Mitchell. (2007).** “Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: Development of the Th-Co discrimination diagram”. *Journal of Petrology* 48(12): 2341–57.
- Hawkesworth, C. J. vd. (1997).** “U-Th isotopes in arc magmas: Implications for element transfer from the subducted crust”. *Science* 276(5312): 551–55.
- Hewson, R. D. vd. (2005).** “Seamless geological map generation using ASTER in the Broken Hill-Curnamona province of Australia”. *Remote Sensing of Environment* 99(1–2): 159–72.
- Hewson, R.D., T.J. Cudahy, ve J.f. Huntington. (2001).** “Geologic and alteration mapping at Mt Fitton, South Australia, using ASTER satellite-borne data”. İçinde *Internat. Geosci. Remote Sensing Symposium 2*, , 724–26.
- Hoefs, Jochen. (2009).** 6 Springer *Stable Isotope Geochemistry*.
- Hollocher, K., P. Robinson, E. Walsh, ve D. Roberts. (2012).** “Geochemistry of amphibolite-facies volcanics and gabbros of the støren nappe in extensions west and southwest of Trondheim, Western Gneiss Region, Norway: A key to correlations and paleotectonic settings”. *American Journal of Science* 312(4): 357–416.
- Huston, D. L. (1993).** “The effect of alteration and metamorphism on wall rocks to the Balcooma and Dry River South volcanic-hosted massive sulfide deposits, Queensland, Australia”. *Journal of Geochemical Exploration* 48(3): 277–307.
- Irvine, T. N., ve W. R. A. Baragar. 1971.** “A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks”. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8(5): 523–48. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/e71-055>.

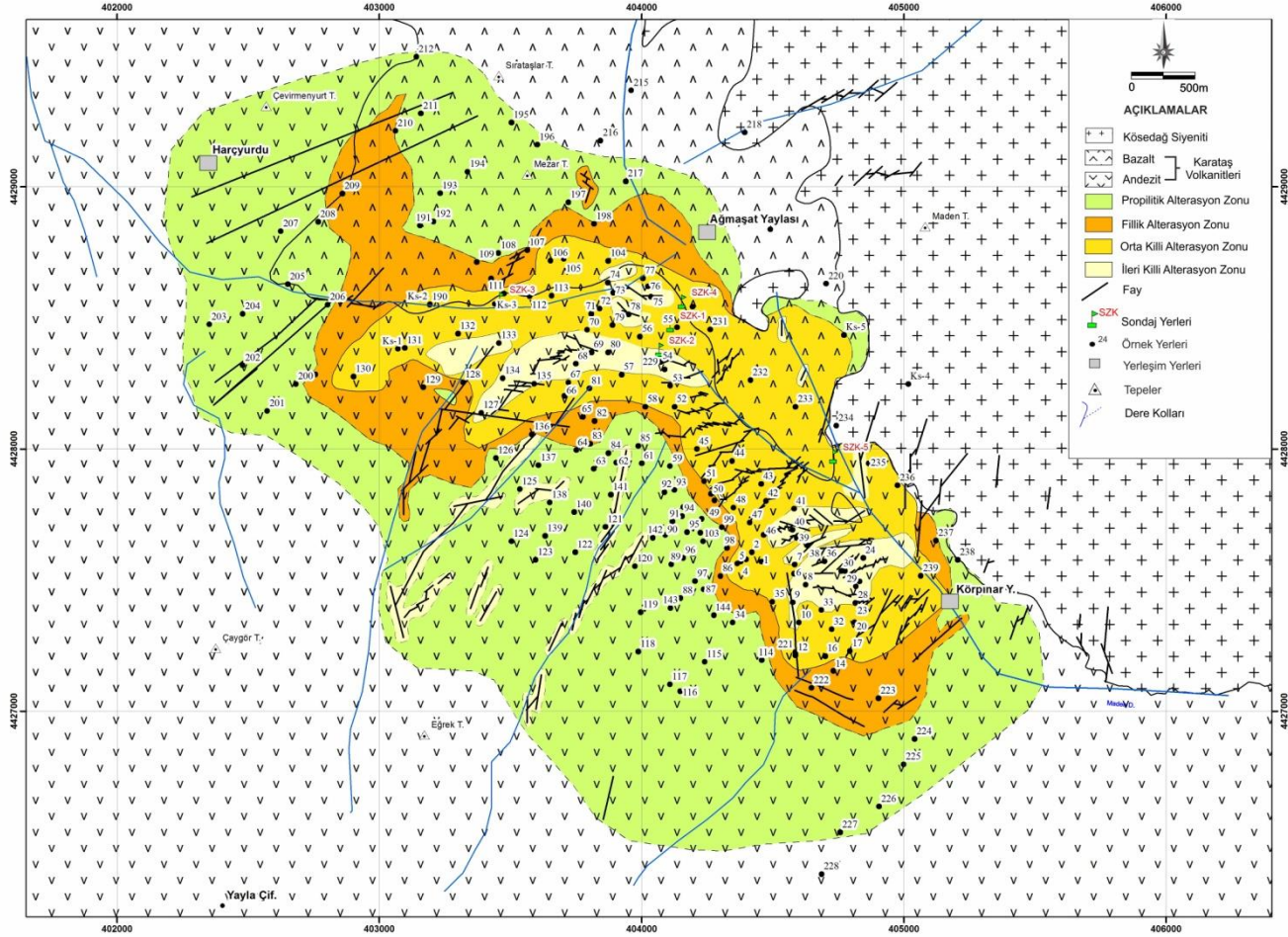
- Iwasaki, A. vd. (2001).** "Enhancement of spectral separation performance for ASTER/SWIR. Proceedings of SPIE". İçinde *International Society for Optical Engineering*.
- Kalkancı, Ş. (1974).** "Etüde géologique et pétrochimique du sud de la région de Suşehri. Géochronologie du massif syénitique de Köseadağ (Sivas Turquie)". These de doctoral de 3 e cycle, L'université de Grenoble.
- Kalkancı, Ş. (1978).** "Suşehri güneyinin jeolojik ve petrokimyasal etüdü. Köseadağ siyenitik masifinin jeokronolojisi (NE Sivas-Türkiye)". İçinde *TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, , 33–34.
- Kaya, Ş. (1999).** "Uydu Görüntüleri ve Sayısal Arazi Modeli Kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı Gelibolu-Işıklar Dağı Kesiminin Jeomorfolojik-Jeolojik Özelliklerinin İncelenmesi". Doktora Tezi, İTÜ, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ.
- Kerrich, R., ve D. A. Wyman. (1997).** "Review of developments in trace-element fingerprinting of geodynamic settings and their implications for mineral exploration". *Australian Journal of Earth Sciences* 44(4): 465–87.
- Keskin, M., Ş. C. Genç, ve O. Tüysüz. (2008).** "Petrology and geochemistry of post-collisional Middle Eocene volcanic units in North-Central Turkey: Evidence for magma generation by slab breakoff following the closure of the Northern Neotethys Ocean". *Lithos* 104(1–4): 267–305.
- Ketin, İ. (1966).** "Anadolu'nun tektonik birlikleri". *MTA Dergisi* 66: 20–34.
- Kirchenbaur, M., Münker, C., Schuth, S., Garbe-schönberg, D., & Marchev, P. (2012).** "Tectonomagmatic constraints on the sources of Eastern Mediterranean K-rich lavas". *Journal of Petrology* 53(1): 27–65.
- Kurtman, F. (1961a).** "Sivas-Divriği arasındaki sahanın jeolojisi ve jipsli seri hakkında müşahedeler". *MTA Dergisi* 56: 14–25.
- Kurtman, F. (1961b).** "Sivas civarındaki jips serisinin stratigrafik durumu". *MTA Dergisi* 56: 26–30.
- Kurtman, F. (1973).** "Sivas-hafik-zara ve imranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı". *MTA Dergisi* 80: 1–32.
- Large, R. R., J. B. Gemmill, ve H. Paulick. (2001).** "The alternation box plot: A simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and lithogeochemistry associated with volcanic-hosted massive sulfide deposits". *Economic Geology* 96(5): 957–71.
- LeMaitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., LeBas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., ... Woolley, A. R. (1989).** "Igneous Rocks: A classification and glossary of terms". *International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*: 32–39.
- LeMaitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B. B. P., Bellieni, G., ... Woolley, A. R. (2002).** Cambridge University Press *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission of the Systematics of Igneous Rocks*.
- Mustard, J.F., ve J.M. Sunshine. (1999).** 3 Remote Sensing for the Earth Sciences *Spectral Analysis for Earth Science: Investigations Using Remote Sensing Data*.
- Nebert, K. (1956).** "Sivas Vilayeti'nin Zara-İmranlı mıntikasındaki jips serisinin stratigrafik durumu hakkında". *MTA Dergisi* 48: 76–82.
- Nebert, K. (1961).** "Kelkit çayı ve Kızılırmak (Kuzeydoğu Anadolu) nehirleri mecrâ bölgelerinin jeolojik yapısı". *MTA Dergisi* 57: 1–49.
- Nesbitt, H. W., ve G. M. Young. (1982).** "Early proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites". *Nature* 299(5885): 715–17.

- Okada, K, ve M. Ishii. (1993).** "ASTER spectral ratioing for lithological mapping in the Arabian–Nubian shield, the Neoproterozoic Wadi Kid area, Sinai, Egypt". İçinde *International Geosciences and Remote Sensing Symposium "Better Understanding of Earth Environment"*, , Vol. 93, 126-128.
- Okay, A.I., ve O. Tüysüz. (1999).** "Tethyan sutures of northern Turkey". *Geological Society, London, Special Publications* 156(1): 475–515.
<http://sp.lyellcollection.org/lookup/doi/10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22>.
- Özgül, N. (1981).** *Munzur dağlarının jeolojisi. MTA Rapor No: 6995, (Yayınlanmamış)*.
- Parlak, O., Karaoğlan, F., Rizoğlu, T., Klötzli, U., Koller, F., & Billor, Z. (2013).** "U-Pb and⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology of the ophiolites and granitoids from the Tauride belt: Implications for the evolution of the Inner Tauride suture". *Journal of Geodynamics* 65: 22–37.
- Pearce, J. A. (1983).** "Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins". *Continental basalts and mantle xenoliths* (January): 230–49.
<http://orca.cf.ac.uk/8626/>.
- Pearce, J.A. (1982).** "Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries". İçinde *Orogenic Andesites and Related Rocks*, , 525–48.
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0002431471&partnerID=tZOtx3y1%5Cnhttp://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0019925644&partnerID=tZOtx3y1>.
- Plank, T., ve C. H. Langmuir. (1998).** "The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle". *Chemical Geology* 145(3–4): 325–94.
- Poisson, A., Guezou, J. C., Ozturk, A., Inan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., ... Özden, S. (1996).** "Tectonic setting and evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey". *International Geology Review* 38(9): 838–53.
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00206819709465366>.
- Rowan, L. C., J. C. Mars, ve C. J. Simpson. (2005).** "Lithologic mapping of the Mordor, NT, Australia ultramafic complex by using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)". *Remote Sensing of Environment* 99(1–2): 105–26.
- Rowan, L.C., ve J. C. Mars. (2003).** "Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data". *Remote Sensing of Environment* 84(3): 350–66.
- Schmidberger, S.S., ve E. Hegner. (1999).** "Geochemistry and isotope ststematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW Germany)- implications for Late Variscan orogenic development." *Contributions to Mineralogy and Petrology* 135: 373–85.
- Şengör, A. M. C., Y. Yılmaz, ve O. Sungurlu. (1984).** "Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys". *Geological Society, London, Special Publications* 17(1): 77–112.
<http://sp.lyellcollection.org/lookup/doi/10.1144/GSL.SP.1984.017.01.04>.
- Sengör, A. M.Celâl, ve Yücel Yılmaz. (1981).** "Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach". *Tectonophysics* 75(3–4).
- Şengör, A. M Celâl, Yücel Yılmaz, ve Ihsan Ketin. (1982).** "Remnants of a pre-Late Jurassic ocean in northern Turkey: Fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys?: Reply". *Bulletin of the Geological Society of America* 93(9): 932–36.

- Sheppard, Simon M F. (1986).** "Characterization and Isotopic Variations in Natural Waters." *Reviews in Mineralogy* 16: 165–83. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0022894233&partnerID=tZOtx3y1>.
- Streckeisen, A. (1976).** "Classification of Common Igneous Rocks by Mean of Their Chemical Composition. A Provisional Attempt". *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte* 1: 1–15.
- Streckeisen, A. (1979).** "Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites, and Melilitic Rocks: Recommendation and Suggestion of the IUGS, Subcommission on the Systematic of Igneous Rock". *Geology* 4: 331–35.
- Sun, S.S., ve W. F. McDonough. (1989).** "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes". *Geological Society, London, Special Publications* 42(1): 313–45. <http://sp.lyellcollection.org/lookup/doi/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>.
- Taylor, S. R., ve S. M. McLennan. (1985).** "The Continental Crust: Its Composition and Evolution". *Geological Magazine* 122(06): 673. http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0016756800032167.
- Tiryaki, C., ve T. Ekici. (2012).** "Çarpışma Sonrası Kalk-Alkalın Yozgat Volkaniklerinin Petrolojisi". *Türkiye Jeoloji Bülteni* 55(1): 19–42.
- Tokel, S. (1977).** "Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen yaşlı Kalk-alkalen andezitler ve jeotektonizma". *Türkiye Jeoloji Bülteni* 20: 49–54.
- Topbay, C. D. (2016).** "Yıldızeli (sivas) Batısında Yer Alan Eosen Yaşlı Volkanik Kayaların Jeokimyasal Özellikleri Ve Petrojenezi". İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Turekian, K.K., ve K.H. Wedepohl. (1961).** "Distribution of the elements in some major units of the earth's crust". *Bulletin of the Geological Society of America* 72(2): 175–92.
- Tütüncü, K., ve H.T Aktimur. (1988).** 1: 100 000 ölçekli açınısama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Divriği—F 25 paftası. Ankara.
- Ulakoğlu, S. (1985).** "Suşehri (Sivas) dolayının jeolojisi. İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi". *İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi* 5: 1–19.
- Ulakoğlu, S. (1986).** "Suşehri (Sivas) dolayının jeolojisi". *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi* 5: 1–19.
- Üşümezsoy, Ş., ve S. Ulakoğlu. (1988).** "Suşehri önçukur çanağının evrimi: Orta Anadolu'da çarpışma sonrası magmatik olgular". *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi* 6: 174–85.
- Uysal, Ş., Y. Bedi, İ Kurt, ve F. Kılınç. (1995).** *Koyulhisar (Sivas) dolayının jeolojisi. MTA Rapor No: 9838, (Yayınlanmamış)*.
- Velosky, J.C., R.J. Stern, ve P.R. Johnson. (2003).** "Geological control of massive sulfide mineralization in the Neoproterozoic Wadi Bidah shear zone, southwestern Saudi Arabia, inferences from orbital remote sensing and field studies". *Precambrian Res.* v.123(2–4): 235–47.
- Vinogradov, A.P. (1962).** "Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the Earth's crust". *Geochemistry* 7: 641–64.
- Whitney, D. L., ve M. A. Hamilton. (2004).** "Timing of high-grade metamorphism in central Turkey and the assembly of Anatolia". *Journal of the Geological Society* 161(5): 823–28. <http://jgs.lyellcollection.org/cgi/doi/10.1144/0016-764903-081>.
- Winchester, J. A., ve P. A. Floyd. (1977).** "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements". *Chemical Geology* 20(C): 325–43.

- Wood, D.A. (1980).** "The application of a Th{single bond}Hf{single bond}Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province". *Earth and Planetary Science Letters* 50(1): 11–30.
- Yalçın, H., ve Ö. Bozkaya. (2002).** "Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası: Denizsuyu-kayaç etkileşimine bir örnek". *C.Ü.Müh. Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri* 19: 81–98.
- Yaliniz, M. K., M. C. Göncüoğlu, ve S. Özkan-Altiner. (2000).** "Formation and emplacement ages of the SSZ-type Neotethyan ophiolites in Central Anatolia, Turkey: Palaeotectonic implications". *Geological Journal* 35(2): 53–68.
- Yamaguchi, Y., Kahle, A. B., Tsu, H., Kawakami, T., & Pniel, M. (1998).** "Overview of advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER)". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 36(4): 1062–71.
- Yamaguchi, Y., Fujisada, H., Tsu, H., Sato, I., Watanabe, H., Kato, M., ... Pniel, M. (2001).** "ASTER early image evaluation". *Adv. Space Res.*, v.28(1): 69–76.
- Yılmaz, A. (1981a).** "Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitli Karışığın iç Yapısı ve Yerleşme Yaşı". *Türkiye Jeoloji Bülteni* 24(Şubat): 31–36.
- Yılmaz, A. (1981b).** "Tokat ili Sivas arasındaki bölgede bazı volkanitlerin petrokimyasal özellikleri". *Türkiye Jeoloji Bülteni* 24(Ağustos): 51–58.
- Yılmaz, A. (1985).** "Yukarı Kelkit çayı ile Munzur dağları arasının temel jeoloji özellikleri ve yapısal evrimi". *Türkiye Jeoloji Bülteni* 28(Ağustos): 79–92.
- Yılmaz, A., A. Okay, ve T. Bilgiç. (1985).** "Yukarı Kelkit Çayı yöresi ve güneyinin temel jeoloji özellikleri ve sonuçları. MTA Rapor No: 7777." : 124.
- Yılmaz, S., ve D. Boztuğ. (1991).** "Petrology of the Hasaңelebi syenitic pluton from the 'Central-Eastern Anatolian Alkaline Province', Hekimhan-Malatya District, Turkey". İçinde *EUG VI, Terra Abstracts, Strasbourg*, 246.
- Zheng, Yong Fei. (1993).** "Calculation of oxygen isotope fractionation in hydroxyl-bearing silicates". *Earth and Planetary Science Letters* 120(3–4): 247–63.

EK Harita: Örnek ve sondaj yerleri haritası



EK Çizelge: Mineralojik ve petrografik incelemeler

			Alterasyon	
Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / İyon İlavesi Ürünü Mineraller
Ok-7	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Ki Pir → Hmt, Op	Qz
Ok-8	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Sa → Ki	Qz, Epi
Ok-10	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Sa → Ki Mm → Chl, Op	Qz, Epi
Ok-11	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Olv → İd Mm → Hmt, Op	Qz-Epi-
OK-12b	Plj-Sa-Ba-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Sa → Ki Mm → Op	Qz
Ok-24		Altere Kayaç	Plj, Sa → Ser, Ki Mm → Op	
Ok-26		Altere Kayaç	Plj, Sa → Ser, Ki Mm → Op	Qz
Ok-27	Plj-Sa-Ol-Jar-Om	Bazaltik Andezit	Plj, Sa → Ser, Ki Mm → Op	Qz-
Ok-33	Plj-Jar-Om	Altere Kayaç	Plj → Ser, Kar Mm → Op	Qz
Ok-34	Plj-Ol-Bio-Jar	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Olv → Tc, İd Bio → Chl Mm → Hmt-Op	Qz-Epi-
Ok-35	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar Mm → Hmt-Op	Qz-Epi-
Ok-41-A	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Olv → İd Mm → Chl, Hmt, Op	Qz-Epi-
Ok-43	Plj-Pir-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Pir → Chl Olv → Tc Pir → Op	Qz-Epi-
Ok-44b		Altere Kayaç	Plj, Sa → Ser, Ki	Qz
Ok-45b		Altere Kayaç	Plj, Sa → Ki	Qz
Ok-47a	Plj-Sa-Jar-Om	Altere Kayaç	Plj, Sa → Ki Mm → Hmt	Qz
Ok-52	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj, Sa → Ki Mm → Chl, Hmt, Op	
Ok-54		Altere Kayaç	Plj, Sa → Ki	Qz
Ok-57	Plj-Ol-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Sa → Ki Mm → Hmt, Op	Qz, Epi
Ok-58	Plj-Olv-Sa-Jar-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Sa → Ki Mm → Chl, Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-59	Plj-Ol-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Kao Sa → Kao Olv → İd Mm → Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-61	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj → Kar, Ki Mm → Chl, Op	Qz, ,Epi
Ok-67	Plj-Jar-Om	Altere Kayaç	Plj → Ki Mm → Chl, Op	Qz
Ok-69a	Plj-Jar-Om	Altere Kayaç	Plj → Ser, Ki Mm → Hmt, Op	Qz

Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Alterasyon	
			Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / Lyon İlavesi Ürünü Mineraller
Ok-79b	Plj-Sa-Bio-Pir-Jar-Om	Bazaltik Andezit	Plj, Sa→So, Ki, Mm→Hmt, Op	
Ok-80b	Plj-Ol-Amf?-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-84	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Pir→Chl, Hmt Mm→Op	Epi
Ok-90	Plj-Ol-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Olv→İd Mm→Chl, Hmt, Op	Epi
Ok-96	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-97	Plj-Ol-Bio-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Bio→Chl, Hmt, Op Mm→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-98	Plj-Ol-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Olv→İd Mm→Chl, Hmt, Op	Qz
Ok-100b	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-107a	Plj-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Pir→Chl, Hmt, Op Mm→Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-107b	Plj-Pr-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Pir→Hmt, Op Mm→Hmt, Op	Qz, Epi
Ok-108	Plj-Pir-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Pir→Chl, Hmt, Op Mm→Hmt, Op	Qz, Epi
Ok-109	Plj-Pir-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Pir→Chl, Hmt, Op Mm→Hmt, Op	Qz, Epi
Ok-110b	Plj-Pir-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Pir→Chl, Hmt, Op Mm→Hmt, Op	Qz, Epi
Ok-111b	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Epi
Ok-112b	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Epi
Ok-114	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ki Olv→Tc Mm→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-117	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	
Ok-118	Plj-Sa-Olv-Jar-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Sa→Ser, Ki Olv→İd, Tc Mm→Chl, Hmt, Op	Qz,
Ok-121	Plj-Sa-Ol-Jar-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Olv→Tc Mm→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-122	Plj-Olv-Pir-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, K, Olv→Tc Mm→Chl, Op	Qz,

Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Alterasyon	
			Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / Lyon İlavesi Ürünü Mineraller
Ok-126	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Pir→Chl, Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-130a	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→ İd Mm→ Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-130b	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→ Op	Gyp,
Ok-131a	Plj-Olv-Pir(ojit)-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→ Om	Epi,
Ok-131b		Altere Kayaç	Plj, Sa→Ser, Kar, Ki Mm→ Op	
Ok-132		Altere Kayaç	Plj, Sa → Ser Mm→ Hmt, Op	Qz
Ok-136	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→ İd, Tc Mm→ Chl, Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-139	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd, Tc Mm→ Chl, Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-141	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-143	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Tc Mm→ Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-147		Altere Kayaç	Plj, Sa → Ser, Ki Mm→ Op	Qz
Ok-148	Plj-Om	Altere andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→ Chl, Op	Qz
Ok-149	Plj-Om	Altere andezit	Plj→ Ser, Kar, Ki Mm→ Chl, Op	Qz, Tur
Ok-150	Plj-Jar-Om	Bazaltik Andezit	Plj→ Ser, Kar, Ki Mm→Chl, Srp, Op	Qz
Ok-151	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→ Ser, Kar, Ki Mm→Chl, Srp, Op	Epi
Ok-152	Plj-Pir?-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Srp,İd,Tc, Op	
Ok-153	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→So,Srp,İd,Tc, Op	Qz
Ok-154		Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Op	Qz
Ok-155	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Ki Mm→ Op	Qz, Tur
Ok-156	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→ Op	Qz
Ok-158		Altere Kayaç	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→ Op	Tur
Ok-160	Plj-Jar-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→ Op	Epi
Ok-162	Plj-Pir (Oji-Dio)-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ki Olv→Srp Pir→Op	
Ok-163	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Qz
Ok-165	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ki Olv→Srp, İd Pir→Op	
Ok-167	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Op	Qz
Ok-168	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Op	
Ok-169		Altere Kayaç	Plj,Sa→Ser Mm→Op	Qz

Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Alterasyon	
			Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / İyon İlavesi Ürünü Mineraller
Ok-174		Altere Kayaç	Plj→Ser Mm→Op	Qz
Ok-175	Plj-Olv-Pir (Oji-Dio)-	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Olv→İd Pir→Op	
Ok-176	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Qz, Gyp, Tur, Anh
Ok-177	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Qz, Tur
Ok-179	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Qz, Tur, Gyp
Ok-181a	Plj-Ru?-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Srp Mm→Op	Gyp
Ok-181b	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Gyp
Ok-183	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Op	Qz, Tur
Ok-184	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Srp Pir→Chl, Op	Qz, Tur
Ok-185?	Plj-Pir-Om	Altere Kayaç?	Plj→Kar, Ki Pir→Chl, Op	
Ok-186	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Gyp, Epi
Ok-188		Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Plj, Sa→Ser Mm→Op	Qz
Ok-191	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-193	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-195	Plj-Ol-Pir-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Sa→Ser, Ki Olv→İd, Tc Pir→Hmt, Op	
Ok-196	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-197	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Chl, Tc Mm→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-199	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-200	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-202	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Tc Mm→Hmt, Op	Epi,
Ok-205a	Plj-Pir-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Kao Pir→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-205b		Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Sa→Ser, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	
Ok-206a	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Gyp, Qz, Epi,
Ok-207a	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp, Qz, Epi,

Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Alterasyon	
			Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / Lyon İlavesi Ürünü Mineraller
Ok-209b	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, Tc Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp, Qz, Epi,
Ok-210	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Gyp, Qz, Epi,
Ok-212	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Gyp, Qz, Epi,
Ok-213a	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, Tc Pir→Chl, Hmt, Op	Gyp, Qz, Epi,
Ok-214a	Plj-Ol-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ser, Ki Olv→Chl, Tc Mm→Chl, Hmt, Op	
Ok-215b	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ser, Ki Olv→Chl, Tc Mm→Chl, Hmt, Op	
Ok-217		Siyenit		
Ok-218		Siyenit		
Ok-219a		Siyenit		
Ok-219b	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ser, Ki Olv→Chl, Tc Mm→Chl, Hmt, Op	
Ok-220		Siyenit		
Ok-222	Plj-Sa-Amf?-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj, Sa→Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-223	Plj-Sa-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-224	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Epi,
Ok-225	Plj-Sa-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-226	Plj-Sa-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Hmt, Op	Epi,
Ok-227	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Mm→Hmt, Op	Epi
Ok-228	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Mm→Hmt, Op	
Sz-87	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Amf→Chl, Hmt, Op	Qz, Epi
Sz-90	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl Pir→Chl, Hmt, Op	Qz, Gyp, Anh
Sz-108	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd Pir→Hmt, Op	Qz, Epi, Gyp

Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Alterasyon	
			Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / İyon İlavesi Ürünü Mineraller
Sz-182		Altere Kayaç	Plj→Ser, Kar, Ki Olv→Chl Pir→Chl, Hmt, Op	Qz
Sz-206	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Gyp, , Anh
Sz-213		Altere Kayaç	Plj→Ser, Kar, Ki Olv→ Chl Pir→Chl, Hmt, Op	Qz, Gyp, , Gyp
Sz-221		Bazaltik Andezit	Plj, Sa→Ser, Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Gyp, , Anh
Sz-242	Plj-Amf?-Om	Bazaltik Andezit	Plj, Sa→Ser, Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp, Anh
Sz-254	Plj-Olv-Pir-Amf-Om	Bazaltik Andezit	Plj, Sa→Ser, Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp, Anh
Sz-261	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Olv→ Chl, İd Pir, Amf→Chl, Hmt,Op	Qz, Gyp, Epi, , Anh
Sz-264		Altere Kayaç	Plj→Ser, Kar, Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Gyp, Epi, , Anh
Sz-294		Altere Kayaç	Plj, Sa→Ki Mm→Hmt, Op	Qz, Gyp
Sz-301		Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ser, Ki Mm→Op	Qz, Gyp,Tur, Anh
Sz-306		Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→ Chl, Op	Anh
Sz-316		Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Chl, Op	Qz, Tur, Gyp
Sz-338		Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Op	Tur, Anh
Sz-342		Altere Kayaç	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Chl, Op	Qz, Tur
Sz-355		Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Op-Chl-Si- Anh-Gyp-Tur-Ki-Op	Gyp, Tur, Anh
Sz-363		Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Op-Chl-Si- Anh-Gyp-Tur-Ki-Op	Gyp, Tur, Anh
Sz-370		Altere Kayaç	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Chl, Op	Tur
Sz-385		Altere Kayaç	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Chl, Op	Qz,Tur
Sz-387		Altere Kayaç	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Chl, Op	Qz,Tur
SK-60	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Qz,
SK-67		Altere Kayaç	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Hmt, Op	Qz, Gyp, Anh
SK-86	Plj-Ol-Bio-Om-Ru-	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Op	Qz
SK-94		Altere Kayaç	Plj→ Kar,Ki Mm→ Chl,Op	Qz, Epi
SK-125		Altere Kayaç	Plj→ Kar,Ki Mm→ Chl,Op	Qz, Epi
SK-135	Plj-Om		Plj→Ser,Kar,Ki Mm→ Op	Qz
SK-146	Plj-Om		Plj→Ser,Kar,Ki Mm→ Op	Qz
SK-159	Plj-Om		Plj→Ser,Kar,Ki Mm→ Op	Qz
SK-283	Plj-Om		Plj→Ser,Kar,Ki Mm→ Op	Qz

Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Alterasyon	
			Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / Lyon İlavesi Ürünü Mineraller
OS-28	Plj-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Chl, Op	Qz,
OS-38	Plj-Bo-Om	Damar Kayacı	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Chl, Op	
OS-50	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Chl, Op	Qz,
Os-73	Plj-Ol-Pir-Amf-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Olv→Chl Amf→Chl, Op	
OS-80	Plj-Om	Damar kayacı	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Chl, Op	
OS-92	Plj-Amf-Ol-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Olv→Chl Amf→Hmt,Chl, Op	
OS-98	Plj-Om	Damar kayacı	Plj→ Kar,Ki Mm→Chl, Op	
OS-107	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Op	Qz
OS-114	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→ Kar,Ki Mm→Chl, Op	Qz
OS-118	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→ Ser,Kar,Ki Mm→Op	Qz
OS-126	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Qz
OS-136	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Op	Qz, Epi, Gyp
OS-177	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Op	Qz, Gyp, Tur
OS-188	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Op	Qz, Gyp, Tur
OS-192	Plj-Ol-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl Pir→Chl, Op	Qz, Gyp, Tur
OS-196	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→ Kar, Ki Mm→Chl, Op	Qz, Gyp, Tur
OS-201	Plj-Olv-Pir-Amf-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar, Ki Olv→İd Pir, Amf→ Chl, Hmt, Op	
OD-60	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Op	Qz
OD-90	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Mm→Op	Qz, Epi
OD-100	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Hmt, Op	Qz, Epi
OD-118	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Hmt, Op	Qz, Epi
OD-130	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Hmt, Op	Qz,
OD-150	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Hmt, Op	Qz, Gyp,Kar, Anh,Epi
OD-160	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser,Kar,Ki Mm→Hmt, Op	Qz
OD-170	Plj-Olv-Pir-Om Ru?	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Gyp
OD-180	Plj-Om	Altere Kayaç	Plj→ Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Qz, Gyp, Epi
OD-190	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, İd Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp,
OD-200	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Op	

Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Alterasyon	
			Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / Lyon İlavesi Ürünü Mineraller
OD-220	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Op	Qz
OD-222	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Olv→Chl, Op Mm→Chl, Op	Qz
OD-235	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ser, Ki Mm→Op	Qz
OD-243	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Sa→Ser, Kao Mm→Chl, Op	Qz
OD-255	Plj-Olv-Pir-Amf-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Olv→Chl, Op Pir, Amf→Chl, Op	Qz,
OD-267	Plj-Sa-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Sa→Kao Pir→Chl, Op	Qz, Epi
OD-281		Altere Damar	Plj, Sa→Ki Mm→Chl, Op	Qz, Gyp, Epi
OD-295		Altere Damar	Plj, Sa→Ki Mm→Chl, Op	Qz, Gyp, Epi
OD-300	Plj-Amf-Om		Plj→Ser, Kar, Ki Amf→Chl, Hmt, Op Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp, Anh
OT-20		Piroklastik kayaç	Plj, Sa→Kar, Ki Mm→Op	Qz
OT-39	Plj-Pir-Om	Bazalt	Plj→Kar, Ki Pir→Hmt, Op	Epi
OT-63	Plj-Olv-Pir-Om	Bazalt	Plj→Kar, Ki Olv→Chl, Op Pir→Chl, Hmt, Op	
OT-80		Piroklastik Kayaç	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Op	Qz
OT-100	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Mm→Chl, Op	Qz
OT-124	Plj-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Ser, Kar, Ki Pir→Op	Qz, Epi,
OT-140	Plj-Sa-Amf-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Sa→Ser, Kao Amf→Chl, Hmt, Op Mm→Chl, Hmt, Op	Qz
OT-195	Plj-Olv-Amf-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→Srp, Chl, Op Amf→Chl, Op	Gyp,
OT-215	Plj-Om	Piroklastik	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp
OT-222	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Kao Olv→Srp, id, Chl, Op Mm→Chl, Op	Qz,
OT-242	Plj-Sa-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ser, Ki Olv→Srp, Op Pir→Hmt, Op	Qz, Gyp
OT-262	Plj-Olv-Pir-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv, Pir→Chl, Op	Qz, Gyp
OT-282	Plj-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv, Pir→Chl, Op	Qz, Gyp, ikincil feldspat
OT-290	Plj-Olv-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Olv→İd, Chl, Op Mm→Chl, Op	Qz, Gyp,
OT-292	Plj-Sa-Om	Bazaltik Andezit	Plj→Kar, Ki Sa→Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp

Kesit No	K. Oluşturan Min.	Kayaç Tanımlama	Alterasyon	
			Dönüşüm Ürünü Mineraller	Metasomatik / İyon İlavesi Ürünü Mineraller
OT-305		Piroklastik kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp
OT-323		Piroklastik kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp
OT-325		Piroklastik kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp
OT-334		Piroklastik kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp
OT-338		Piroklastik kayaç	Plj→Kar, Ki Mm→Chl, Hmt, Op	Gyp



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Oktay CANBAZ
Doğum Yeri ve Tarihi	Konya, 26.03.1986
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas
E-posta Adresi	ocanbaz@cumhuriyet.edu.tr / oktaycanbaz@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Cumhuriyet Yabancı Dil Ağırlıklı Lise (Çumra-Konya), 2004
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2009
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2012

İş Tecrübesi

Cumhuriyet Üniversitesi	Araştırma Görevlisi, 2012 - Devam ediyor
-------------------------	--

Yayınlar
Ulusal

1. GÜRSOY ÖNDER,CANBAZ OKTAY,GÖKCE AHMET,ATUN RUTKAY (2017). Spectral Classification in Lithological Mapping A Case Study of Matched Filtering. Cumhuriyet Science Journal, 38(4), 731-737., Doi: DOI: 10.17776/csj.349590

2. CANBAZ OKTAY,GÜRSOY ÖNDER,GÖKCE AHMET (2017). Determination of Hydrothermal Alteration Areas by Aster Satellitelimages: Ağmaşat Plato-Zara (Sivas) / Turkey Sample. Cumhuriyet Science Journal, 38(3), 419-426., Doi: 10.17776/csj.340473

Uluslararası

1. CANBAZ OKTAY,GÜRSOY ÖNDER,GÖKCE AHMET (2018). Detecting Clay Minerals in Hydrothermal Alteration Areas with Integration of ASTER Image and Spectral Data in Kösedag-Zara (Sivas), Turkey. Journal of the Geological Society of India, 91(4), 483-488., Doi: 10.1007/s12594-018-0882-1

2. GÜRSOY ÖNDER,KAYA ŞİNASI,ÇAKIR ZİYADİN,TATAR ORHAN,CANBAZ OKTAY (2017). Determining lateral offsets of rocks along the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) using spectral classification of satellite images and field measurements. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 1-13., Doi: 10.1080/19475705.2017.1318794

3. CANBAZ OKTAY,GÖKCE AHMET (2014). Microthermometric and stable isotopic O and H characteristics of fluid inclusions in the porphyry related Çöpler İliç Erzincan gold deposit central eastern Turkey. Open Geosciences, 6(2), Doi: 10.2478/s13533-012-0173-0

Kongre ve Bildiriler
Uluslararası

Canbaz, O., Atun, R., Gürsoy, Ö., Gökce, A., Türk, T., Birdal, A.C. (2018). COMPARISON OF LITHOLOGIC MAPPING WITH ASTER AND HYPERION DATA: A CASE STUDY IN THE NORTHERN OF ZARA (SİVAS), TURKEY. Internation Scientific Conference Geobalcanica.

Canbaz O., Gürsoy, Ö., Gökce, A. (2017). Determining the alteration zone by using integration of aster swirimages and spectral measurement data in spectral classification, a 1 case study: vein type deposits pb-zn in tutakdağı (şebinkarahisargiresun).. International symposium on gis applications in geography and geosciences, 244-244. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum

Canbaz O., Gürsoy, Ö., Gökce, A. (2016). Investigation of Hydrothermal Alteration in Ağmaşat Zara SİVAS Plato by ASTER SWIR Satellite Images. 1. International underground resources and energy conference, 87-87. (Özet Bildiri/)

Canbaz O., ve Gökce, A. (2016). DAVULALAN YILDIZELİ SİVAS GRANİTOYİTİ NİN HİDROTERMAL ALTERASYON JEOKİMYASI. Uluslararası Katılımlı 7.Jeokimya Sempozyumu, 24-25. (Özet Bildiri/)

Canbaz O., ve Gökce, A. (2015). Trace element and REE geochemistry of the Davulalan Granitoid southwestern of Central Anatolia Sivas Turkey. The World Disciplinary Earth Sciences Symposium, 251 (Özet Bildiri/)

Ünal-Çakır E., Gökce, A. ve Canbaz O. (2013). Geology and fluid inclusion characteristics of the Akçakışla Akdağmadeni Yozgat. 22ND Biennial Conference European Current Research on Fluid Inclusions (Özet Bildiri/)

Canbaz O., ve Gökce, A. (2013). Fluid inclusion studies of Çöpler İliç ERZİNCAN Gold Deposits Turkey. 22ND Biennial Conference European Current Research on Fluid Inclusions, 150 (Özet Bildiri/)

Ulusal

Canbaz O., ve Gökce, A. (2016). DAVULALAN YILDIZELİ SİVAS GRANİTOYİTİ NDE CEVHER OLUŞTURUCU ESER ELEMENTLERİN JEOKİMYASAL DAĞILIMI. 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı (Özet Bildiri).

Canbaz O., Gürsoy, Ö., Gökce, A. ve Atun, R., (2018). ASTER SWIR GÖRÜNTÜLERİNDE EŞLEŞEN FİLTRELEME YÖNTEMİ İLE HİDROTERMAL ALTERASYON ZONLARININ TESPİTİ: ZARA KUZEYİ (SİVAS/TÜRKİYE). 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı (Özet Bildiri).

Başdelioğlu,O., Canbaz O., ve Gökce, A. (2018), KARAPİR-ORTAKÖY (AKDAĞMADENİ-YOZGAT) GRANİTOYİTİNİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE ÇEVRESİNDEKİ Cu-Pb-Zn YATAKLARI İÇİN ÜRETKEN PLUTON OLMA OLASILIGI. 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı (Özet Bildiri)