T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALNIZDAM (BERGAMA-İZMİR) Au ve Pb-Zn CEVHERLEŞMELERİNİN İNCELENMESİ

Serdar ÇALGIN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Nurullah HANİLÇİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 8.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Nurullah HANİLÇİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin ..... numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, ... numaralı ..... projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda "Yalnızdam (Bergama-İzmir) Au ve Pb-Zn Cevherleşmelerinin İncelenmesi" konulu yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın başlangıç aşamasından bitimine kadar, gerek saha çalışmalarında, gerek laboratuvar ortamında yaptığım çalışmalarda karşılaştığım sorunlarda bana fikir ve tavsiyeleriyle yön veren, yardımını ve desteğini esirgemeyen sayın danışmanım Doç. Dr. Nurullah HANİLÇİ'ye,

Bu tezin çalışmalarının tamamını finanse eden ve her türlü desteği sorgulamaksızın sunan ESAN ECZACIBAŞI ENDÜSTRİYEL HAM MADDELER SANAYİ TİC. A.Ş'ye,

Tezin çeşitli aşamalarında katkılarını esirgemeyen, Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK ve Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ'ye,

Özellikle mineralojik-petrografik çalışmalar kısmında eleştirileri, önerileri ve desteklerini sunan Dr.Öğr.Üyesi Davut LAÇİN'e,

Sıvı kapanım incelemelerinde yardımcı olan Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA'ya,

Çalışmanın çeşitli aşamalarındaki katkılarından dolayı değerli meslektaşım Sercan Bozan, çalışma arkadaşlarım Ramazan ÇİMEN ve Mehmet TOPYURT ve Serdar AY'a,

Hayata dair her alanda bana varlıkları ile destek olan anneme, babama, kardeşlerime;

Sevgili eşim Nurdan ÇALGIN ve canım oğlum Toprak ÇALGIN'a,

Saygılarımı, sevgilerimi ve şükranlarımı sunarım.

Haziran 2019 Serdar ÇALGIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **x**
ÖZET ..... **xi**
SUMMARY ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **2**
2.1. KONUM VE ULAŞIM 2
2.2. TOPOGRAFYA, İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ 3
2.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MALZEME VE YÖNTEM **5**
3.1. SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI 5
3.2. MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR 5
3.3. XRD ÇALIŞMALARI 5
3.4. JEOKİMYASAL ANALİZLER 6
3.5. PIMA ÇALIŞMALARI 6
4. BULGULAR **8**
4.1. BÖLGESEL JEOLOJİ 8
4.2. İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ 11
4.2.1. Permiyen 12
4.2.1.1. Çaldağ Kireçtaşı Üyesi 12
4.2.2. Tersiyer 12
4.2.2.1. Yuntdağı volkanitler (Tyu) 12
4.2.2.2. Soma Formasyonu (Ts) 15
4.2.2.3. Rahmanlar Aglomerası (Tr) 16
4.2.3. Kuvaterner 16
4.2.3.1. Dededağ bazaltı (Qd) 16
4.2.3.2. Alüvyon (Qa) 17

4.3. YALNIZDAM AU VE PB-ZN±AG CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİSİ 18
4.3.1. Au Cevherleşmesi 18
4.3.2. Pb-Zn±Ag Cevherleşmesi 21
4.3.3. Cevher Mineralojisi 23
4.3.4. Alterasyon 28
4.3.5. Jeokimya 29
4.3.5.1. Toprak ve Kaya Jeokimyası 29
4.3.5.2. Au Anomalisi 31
4.3.5.3. Pb-Zn±Ag Cevher Zonunun Jeokimyası 35
4.3.6. Sıvı Kapanım Çalışmaları 38
4.3.6.1. İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM}) 39
4.3.6.2. Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (Tm_{ICE}) 40
4.3.6.3. Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H) 40
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 44
KAYNAKLAR 47
EKLER 50
5.1.1. EK 1. Çalışma alanının jeoloji haritası 50
ÖZGEÇMİŞ 51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2. 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası. 2

Şekil 3.1: Kanal numunelerinin hassas GPS ile ölçümü. 6

Şekil 3.2: PIMA çalışmalarında kullanılan ASD firmasına ait Terraspec cihazı ve el ünitesi. 7

Şekil 4.1: Çalışma alanının Türkiye tektonik birliklerine göre konumunu (Okay ve Tüysüz, 1999). 8

Şekil 4.2: Batı Anadolu'da bulunan maden yatakları (Yılmazer, 2013'den değiştirilerek). 10

Şekil 4.3: Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti. 11

Şekil 4.4: Çalışma alanındaki örneklerin petrografik kesitleri incelendiğinde biyotitçe ve plajioklasça (a-b-c) zengin andezit-trakiandezit ve kuvarsça zengin yer yer litik parçalar da içeren tüflerin (d-e-f) hakim litoloji oldukları gözlenmiştir. 13

Şekil 4.5: İncelenen örneklerin hamurunda ve fenokristallerinde karbonatlaşmalar ve dolomitleşmeler gözlenmiştir (a). Trakiandezit bileşimli kayaçlarda daha çok klorit, epidot, kalsit gibi alterasyonlar gözlenirken tüflerde bu durum daha çok serizitleşmeyle beraber ikincil karbonat damarları şeklinde izlenmiştir (b). Kayaçlardaki karbonatlaşma bazen tüm fenokristalleri etkileyebiliyor (c). Pirit ve sfalerit gibi opak cevher mineralleri kalsit damarları içerisinde kümelenmiş ve dissemine olarak izlenmiştir (d). 14

Şekil 4.6: Soma formasyonu ile Yuntdağı volkanitlerine ait kontak zonu. 15

Şekil 4.7: a) Demiroksit matriksli, breşleşmiş, riyodasitik tüf ve b) Silika matriksli, sülfit içeren breşik mostra. 19

Şekil 4.8: Koğukkaya Tepe'nin genel görünümü. 19

Şekil 4.9: Toprak numunelerinden elde edilen Au anomali haritası 20

Şekil 4.10: Altere volkanitler içerisindeki Ana Pb-Zn±Ag damarı. 22

Şekil 4.11: Maden Deresi çevresinde gözlenen baritli Pb-Zn±Ag cevherleşmesi (2m @ % 4 Pb+Zn). 22

Şekil 4.12: Cevher mikroskobunda yapılan incelemelerde, piritler dissemine ve öz şekilli (b) gözlenebilirken bazılarının iç kısımlarında bozuşmalar (a) ve bu bozuşmalar sonucu oluştuğu düşünülen galen (d) ve sfaleritler (c) gözlenmiştir. 24

Şekil 4.13: a) Breşik halde gözlenen sfaleritler b-c) Simitsonite dönüşmüş sfaleritler d) Sfaleritler içerisinde yaygın pirit kapanımları. 25

Şekil 4.14: a) Tek nikolde galenlerin etrafında mavimsi renkteki serüzitleşmeler b) Çift nikolde galen ve kalsit birlikteliği. 26

Şekil 4.15: Çatlakları dolduran hematit mineralleri, örnek no:26 tek ve çift nikol görüntüleri. 27

Şekil 4.16: Montmorillonit, kristobalit ve albitin varlığını gösteren X-ışını kırınım grafiği. 28

Şekil 4.17: İllit ve potasum feldispat varlığını gösterir X-ışını kırınım grafiği. 29

Şekil 4.18: Toprak numuneleri analiz sonuçlarından elde edilen Pb-Zn anomali haritası üzerinde Au ve Ag dağılımı. 31

Şekil 4.19: Toprak numunelerinden oluşturulan Pb-Zn anomali haritası üstünde Ba ve Ag dağılımı. 32

Şekil 4.20: Çalışma alanından alınmış kanal numunelerinin yerlerini gösterir örnek alım haritası. 33

Şekil 4.21: Kanal numunelerinden oluşturulmuş Au (ppb) histogramı ve değerleri. 33

Şekil 4.22: Kanal numunelerine ait Au (ppb) değerlerinden oluşturulmuş tematik harita. 34

Şekil 4.23: Sfalerit kristali içerisinde gözlenen kapanımlardan görünümler. (Örnek No: 21 (a, b), 27 (c, d)). 41

Şekil 4.24: Kalsit kristali içerisinde gözlenen kapanımlardan görünüm.(Örnek No: 26). 42

Şekil 4.25: Sfalerit ve kalsitlerdeki kapanımlarda ölçülen son buz ergime sıcaklığı (Tm_{ice}) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği. 42

Şekil 4.26: Sfalerit ve kalsitlerdeki kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği. 43

Şekil 4.27: Kapanımlarda ölçülmüş tuzluluk- homojenleşme sıcaklığı değerlendirme grafiği. 43

Şekil 5.1: Tuzluluk/homojenleşme sıcaklığı grafiğine göre sıvı kapanım ölçümleri (mavi noktalar) Epitermal sistem alanına düşmüştür (Wilkinson, 2001'den değiştirilerek alınmıştır). 45

Şekil 5.2: Sıvı kapanım örneklerinin dünyadaki ortaç sülfidasyon tipi yataklardan yapılan örnekler ile karşılaştırılması (Bodnar, 2014'ten değiştirilerek). 46

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4. 1: Toprak numunelerinden elde edilen verilere göre Au'nun diğer elementler ile koraleasyonu. 21

Tablo 4. 2: Pb-Zn±Ag cevherlerine ait mineral parajenez ve süksesyonu. 23

Tablo 4. 3: İnceleme alanından alınan toprak numunelerine ait analiz sonuçlarından elde edilen element korelasyon tablosu. 30

Tablo 4. 4: Maden Deresi civarından alınan 101-110 no'lu örneklerin ICP-MS analiz sonuçları. 36

Tablo 4. 5: Kalsit ve sfalerit kristallerindeki kapanımlardan elde edilen mikrotermometrik ölçüm değerleri 38

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Ag	: Gümüş
Au	: Altın
Ba	: Baryum
Bi	: Bizmut
Cd	: Kadmiyum
Hg	: Civa
In	: İndiyum
Mo	: Molibden
Pb	: Kurşun
Sb	: Antimon
Te	: Tellür
Zn	: Çinko

Kısaltmalar	Açıklama
Bt	: Biyotit
Cal	: Kalsit
gr/t	: gram/ton
Gl	: Galen
KB	: Kuzeybatı
km	: kilometre
ppb	: parts per billion
ppm	: parts per million
Py	: Pirit
Sp	: Sfalerit

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALNIZDAM (BERGAMA-İZMİR) Au ve Pb-Zn CEVHERLEŞMELERİNİN İNCELENMESİ

Serdar ÇALGIN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Nurullah HANİLÇİ

Yalnızdam köyü Koğukkaya tepe Au ve Maden deresi Pb-Zn±Ag cevherleşmeleri İzmir ilinin KD'sunda, Batı Anadolu polimetalik provinsi içinde yer alır. İnceleme alanında temel kayaçlar olarak Üst Permiyen yaşlı, Çamoba formasyonunun Çaldağ Kireçtaşı üyesine ait kireçtaşları bulunmaktadır. Yuntdağı volkanitlerine (Tyu) ait tüf ve piroklastikler, Soma formasyonuna (Ts) ait gölsel kireçtaşları ve çökeller ile Rahmanlar aglomerası (Tr) inceleme alanındaki Tersiyer yaşlı birimlerdir. Kuvaterner, Dededağ bazaltı (Qd) ve alüvyonlar (Qa) ile temsil edilmektedir.

Yalnızdam köyü Koğukkaya Tepe Au cevherleşmesi K75B ve K10D doğrultulu iki kırık hattı üzerinde, yaklaşık 2 km boyunca takip edilmektedir. Cevherleşme yüzeyde silisleşmiş bir zon içerisinde, yapısal kontrollü olarak gözlenmektedir. Cevher zonu boyunca yoğun arjilik alterasyon gelişmiştir. Bu cevherleşme zonundan alınan kanal numunelerinde 45 g/t'a kadar Au değerleri alınmıştır.

Yalnızdam köyü Maden deresi mevkisinde yer alan Pb-Zn±Ag cevherleşmeleri; D-B ve K-G yönlü olmak üzere iki farklı kırık hattında; 1 km'lik bir alanda gözlenmektedir. Cevher zonu maksimum 20 metre olarak gözlenmiştir. Cevherli kırık hatlarında yoğun arjilik alterasyon gözlenirken, daha geniş alanda zayıf propillitik alterasyon gözlenmektedir.

Alterasyon mineralojisi çalışmalarında, kaolinit, illit, montmorillonit tespit edilmiştir. Bu mineral birliktelikleri arjilik alterasyon varlığına işaret etmektedir. Ayrıca kayaçlarda klorit, epidot, kalsit ve dolomit birlikteliği propillitik alterasyon varlığına işaret etmektedir.

Yalnızdam köyü Koğukkaya Tepe mevkisindeki Au cevherleşmeleride yapılan incelemelerde herhangi bir altın mineraline rastlanılmamıştır. Maden Deresi mevkisindeki Pb-Zn±Ag cevherleşmelerinde yapılan cevher mikroskobisi çalışmalarında ise ilksel parajenezde pirit, sfalerit, galen, barit ve ikincil olarak da hemtatit, serüzit ve simitsonit tespit edilmiştir.

İnceleme alanından derlenen toprak numunelerinin jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Pb elementi Ag, Zn, Cd, Ba elementleri ile pozitif korelasyon göstermektedir. Au elementi ise Ag, Cu, Te, Bi elementleri ile pozitif korelasyon gözlenmektedir.

Maden deresi mevkisindeki Pb-Zn±Ag cevherleşmesine ait sfalerit ve kalsit mineralleri içinde sıvı kapanım çalışmaları yapılmıştır. Sfaleritlerde ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ortalama 204°C, kalsitlerde ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ortalama 182°C'dir. Sıvı kapanım topluluklarında ölçülen son buz ergime sıcaklıklarından itibaren hesaplanan tuzluluk değerleri ise sfalerit ve kalsit için sırasıyla %4 ve %1 NaCl eşdeğerine karşılık gelmektedir. Ölçümlerde tuzluluğun azalırken sıcaklığın değişmediği gözlenmiştir ve bu da aynı sıcaklıktaki düşük tuzluluktaki bir meteorik suyun karışımı ile açıklanabilir.

Jeolojik, jeokimyasal ve oluşum sıcaklıkları verileri bu cevherleşmelerin ortaç sülfidasyon tipi epitermal sistemde oluştuğuna işaret etmektedir. Daha derin kesimlerde baz metallerin bulunduğu Maden deresi mevkisi Pb-Zn±Ag cevherleşmesi yer alırken daha üst kesimlerde ise Koğukkaya tepe Au cevherleşmesi yer almaktadır. Bunların derinde porfiri bir sistem ile olası ilişkisi araştırılmalıdır.

Haziran 2019, 65 sayfa.

Anahtar kelimeler: Batı Anadolu, Epitermal, Koğukkaya, Pb-Zn, Sıvı kapanımı, Yalnızdam,

SUMMARY

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF FORMATION OF THE YALNIZDAM (BERGAMA-IZMIR) Au, Pb-Zn MINERALİZATIONS

Serdar ÇALGIN

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nurullah HANİLÇİ

Maden Deresi Pb-Zn±Ag mineralizations and Koğukkaya Tepe Au mineralization of Yalnızdam village are located in the polymetallic provence of Western Anatolia in the NE of İzmir province. In the study area, limestones belonging to Çaldağ Limestone member of Çamoba formation are Upper Permian aged. The tuff and pyroclastics of the Yuntdağı volcanics (Tyu), lacustrine limestones and sediments of the Soma formation (Ts) and the Rahmanlar agglomerate (Tr) are Tertiary aged units in the study area. Quaternary is represented by Dededağ basalt (Qd) and alluvials (Qa).

Koğukkaya Tepe Au mineralization of Yalnızdam village is followed about 2 km on two fracture lines in the directions of N75W and N10E. The mineralization is observed in a silicified zone on the surface with structural control. Intense argillic alteration has developed along the ore zone. Au grades up to 45 g/t were taken from channel samples taken from this mineralization zone.

Maden Deresi Pb-Zn±Ag mineralizations of Yalnızdam village are being observed in an area of 1 km and located in two different fracture line which are trending in E-W and N-S directions. Ore zone was observed as maximum 20 meters. Intense argillic alteration is observed in mineralized fracture lines and weak propillitic alteration is observed in larger area.

In the alteration mineralogy studies, kaolinite, illite and montmorillonite were determined. These mineral associations indicate the presence of argillic alteration. In addition, chlorite, epidote, calcite and dolomite association in the rocks indicate the presence of propillitic alteration.

No gold mineral was found in Au mineralizations in the Koğukkaya Tepe area of Yalnızdam village. Pyrite, sphalerite, galena, barite and secondly hemtatite, serusite and simitsonite were detected in the ore microscopy studies in Pb-Zn ± Ag mineralizations in Maden Deresi.

According to geochemical analysis results of soil samples collected from the study area, Pb element shows positive correlation with Ag, Zn, Cd, Ba elements. Au element has positive correlation with Ag, Cu, Te, Bi elements.

Fluid inclusion studies were carried out in the sphalerite and calcite minerals of Pb-Zn±Ag mineralization at Maden Deresi. Average of homogenization temperature measured in sphalerites is 204 °C and average of calcite homogenization temperatures is 182°C. Salinity values calculated from the last ice melting temperatures measured in the fluid inclusion assemblages correspond to 4% NaCl equivalent for sphalerite and and 1% NaCl equivalent for calcite. It was observed in the measurements that the temperature did not dramatically change while the salinity distincly decreased, and this could be explained by a mixture of low salinity meteoric water at the same temperature.

Geological, geochemical and formation temperatures indicate that these mineralizations are formed in the intermediate sulfidation type epithermal system. Maden Deresi Pb-Zn±Ag mineralizations where base metals are found in deeper parts, while Koğukkaya Tepe Au mineralization occurs in the upper parts. Their possible relationship with a deep porphyry system should be investigated.

June 2019, 65. pages.

Keywords: Epithermal, Fluid inclusion, Koğukkaya, Pb-Zn, West Anatolia, Yalnızdam,

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, İzmir ili Bergama ilçesi ile Manisa ili Soma ilçesi sınırlarında yer alan Yalnızdam, Muratlar, Kozluca, Kaplan ve Alhatlı arasındaki ve çevresindeki bölgeyi kapsamaktadır. Arazi ve ofis çalışmaları 2014 senesinden beri süren çalışma alanında yüzeyden yaklaşık 1109 adet toprak ve 1066 adet fazla kayaç (kanal ve parça) numunesi alınmış, alterasyon ve litoloji haritaları oluşturulmuş, jeofizik çalışmaları yapılmış ve akabinde sondaj çalışmaları ile mineralizasyonun derine doğru devamlılığı test edilmiştir.

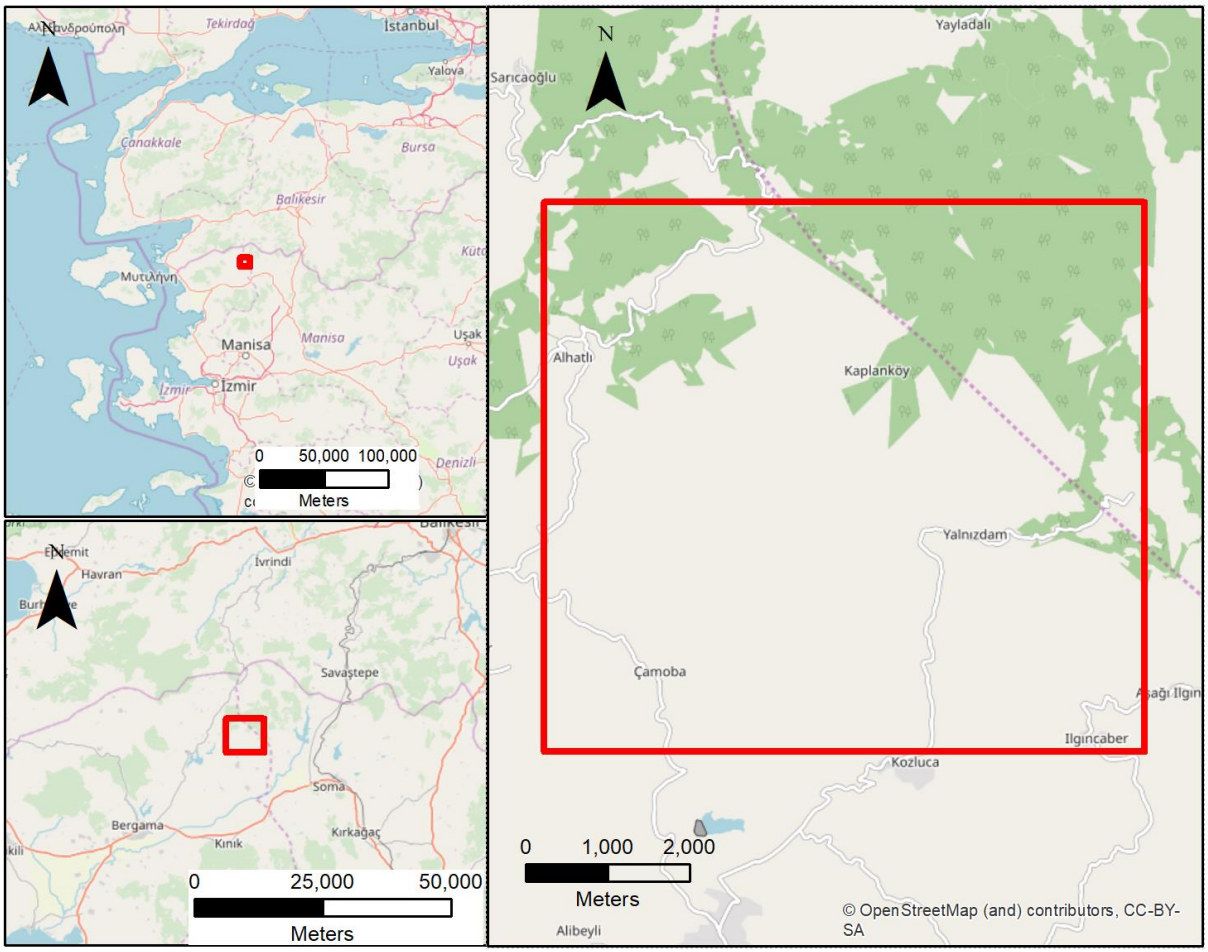
Sondajlardan ve araziden derlenen numuneler üzerinde, inceleme alanında tespit edilen değerli ve baz metal zonlarının oluşumlarını yorumlamak adına petrografi, cevher mikroskobisi ve sıvı kapanım çalışmaları yürütülmüştür.

2. GENEL KISIMLAR

2.1.KONUM VE ULAŞIM

İnceleme alanı, İzmir iline yaklaşık 140 km ve Bergama ilçesine ise yaklaşık 37 km uzaklıktadır. İnceleme alanının doğusunda Muratlar köyü, batısında Alhatlı köyü, kuzeyinde Kaplan köyü, güneyinde Yalnızdam ve Muratlar köyü bulunmaktadır (Şekil 2.1).

Sahaya, D550 İzmir-Çanakkale yolu üzerinden D240 Aliağa-Dikili-Bergama yoluna saptıktan sonra Göçbeyli köyü-Tufanlı yolunu takip ederek Alhatlı köyünden ulaşılmaktadır.



Şekil 2. 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

2.2.TOPOGRAFYA, İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ

İnceleme alanı genel olarak dağlıktır. İnceleme alanında ortalama rakım 350-400 m aralarında değişmektedir. Sahada 588 m rakımlı Yıldırım Tepe, 608 m rakımlı Kocameten Tepe ve 674 m rakımlı Çal Tepe bulunmaktadır.

Bergama ilçesinde genellikle Akdeniz iklimi hakim olsa da çalışma alanında kışları sert geçmektedir. Genellikle sıcak ve nemli batı rüzgârları etkilidir. Yıllık yağış miktarı 700 - 850 mm. kadardır. Yağışlar daha çok sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde görülür. İlçede ölçülen en yüksek sıcaklık +36 °C, en düşük sıcaklık ise -2 °C'dir.

Bölgenin coğrafik şartları göz önüne alındığı zaman yılda toplam 8 ay çalışmaya elverişlidir. İnceleme alanının bulunduğu alanın topoğrafyası arazi çalışmaları için elverişlidir.

2.3.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanını kapsayan, maden yatakları konusunda, detaylı bir çalışma daha önce gerçekleştirilmemiştir. Diğer alanlardaki çalışmalar kısıtlı olmakla birlikte daha çok bölgenin jeolojisi çalışılmıştır. Bunlar sırasıyla aşağıda özetlenmiştir;

Bingöl (1974), bölgede gerçekleştirdiği çalışmalarda Batı Anadolu'nun jeodinamiğini ele almış ve Batı Anadolu ile beraber Yunanistan ve Ege denizindeki adaların Üst Tersiyer'e kadar aynı evrimi geçirdiğini saptamıştır. Çok genel biçimde Manisa-Balıkesir-Eskişehir hattının Üst Kretase'de bir yitim zonuna karşılık geldiğini, Pliyokuvaternerde Batı Anadolu'nun Ege adalarıyla birlikte Yunanistan doğusundan geçen bir hat boyunca güneye doğru hareket etme olasılığını gündeme taşımıştır.

İzdar (1975), Batı Anadolu'nun jeotektonik gelişimini inceleyerek Ege Denizi çevresine ilişkin birimler ile karşılaştırılmasını yapmış ve Alpin orojenez kuşağı içinde bulunan Batı Anadolu'da son yapılan çalışmalarla ortaya çıkarılan farklı yapısal sentezleri, magmatik gelişim ve jeosenklinal oluşumlarını ve daralma ile genişleme hareketlerini açıklamaya çalışmıştır.

Akyürek ve Soysal (1978), Savaştepe Ayvalık arasındaki çalışma alanını da kapsayan bölgede ayrıntılı stratigrafik çalışmalar yaparak, 1/50.000 ve 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarını hazırlamışlardır.

Sarı ve diğ. (1996), Bölgede mostra vermeyen cevherleşme olanakları araştırılmış; granodiyorit sokulumu, volkanik kayaçlar ve graben tektoniğinin hakim olduğu yörelerde epitermal Au olanakları araştırılmasını amaçlanmış ve bölgedeki çeşitli paftalardaki değerli ve baz metal anomali alanları ortaya koymuştur.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında, sahadan derlenen cevher ve yankayaç örneklerinden, amacına uygun örnek hazırlama işlemleri yapılarak sıvı kapanım çalışmaları, mineralojik-petrografik incelemeler, jeokimyasal analizler ve XRD-PIMA çalışmaları yapılmıştır.

3.1.SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Sıvı kapanım çalışmaları inceleme alanında yapılan karotlu sondajlardan derlenen örneklerden yapılmıştır. Çalışmanın amacı sondaj karotlarında kesilen sfalerit ve kalsit minerallerinin oluşum koşulları hakkında bilgi edinmektir. Bu ölçümler sayesinde sistemin vektörel olarak dağılımı hakkında daha sağlıklı yorum yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, sıvı kapanım kesitlerinin mikrotermometrik incelemeleri Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Sıvı Kapanım ve Cevher Mikroskopisi Laboratuvarındaki Olympus Labophot-Pol tipi polarizan araştırma mikroskobuna monte edilmiş LINKAM THMS-600 ve TMS 92 tipi soğutma ve ısıtma sistemleri ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerde ilk erime (T_{FM}), son erime (Tm_{ICE}) ve homojenleşme (T_H) sıcaklığı ölçümleri belirlenmiş olup, her üç ölçümde de hata payı ± 0.5 °C'den daha azdır.

3.2.MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR

Optik mikroskobi çalışmaları İstanbul Teknik Üniversitesi İnce Kesit Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Hazırlanan ince ve parlak kesitler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında incelenmiştir. İnce kesitler üzerinde Leica marka, alttan aydınlatmalı binoküler polarizan mikroskopta yapılmıştır. Bu metot sayesinde kayacı oluşturan bileşenler ile bu bileşenlerin doku ve mikro-yapı özellikleri tanımlanarak kayaçların tanımlanmalarının yanı sıra; alterasyon ve alterasyon ürünleri de aydınlatılmaya çalışılmıştır.

3.3.XRD ÇALIŞMALARI

Optik mikroskobi yöntemi ile incelenemeyecek kadar ufak kristal-amorf kayaçların, mineralojik bileşimleri ile kil boyutundaki bileşenlerinin, minerallerdeki polimorf farklılaşmaların tespit edilmesi amacıyla XRD en çok tercih edilen yöntem halini almıştır.

3.4.JEOKİMYASAL ANALİZLER

Ayrıca bu çalışmada yüzeyden alınan örneklerin analiz sonuçları da kullanılmıştır. Ana, eser ve nadir toprak elementleri analizleri Kanada'daki ALS Laboratuvarlarında ICP-MS41 ve AA-Au24 yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Alınan tüm kanal numuneleri hassas GPS ile ölçülmüş ve böylece haritada yerleri kesinleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Kanal numunelerinin hassas GPS ile ölçümü.

3.5.PIMA ÇALIŞMALARI

Yüzeyden alınan kayaç ve toprak numunelerin yakın kızılötesi (NIR) spektroskopi mineral tanıma ölçümleri, ASD firmasının Terraspec cihazı kullanılarak; daha önceden kimyasal analizleri yapılmış numunelerin öğütülmüş şahitlerinden ve birebir arazide ölçülmek suretiyle yapılmıştır (Şekil 3.2).

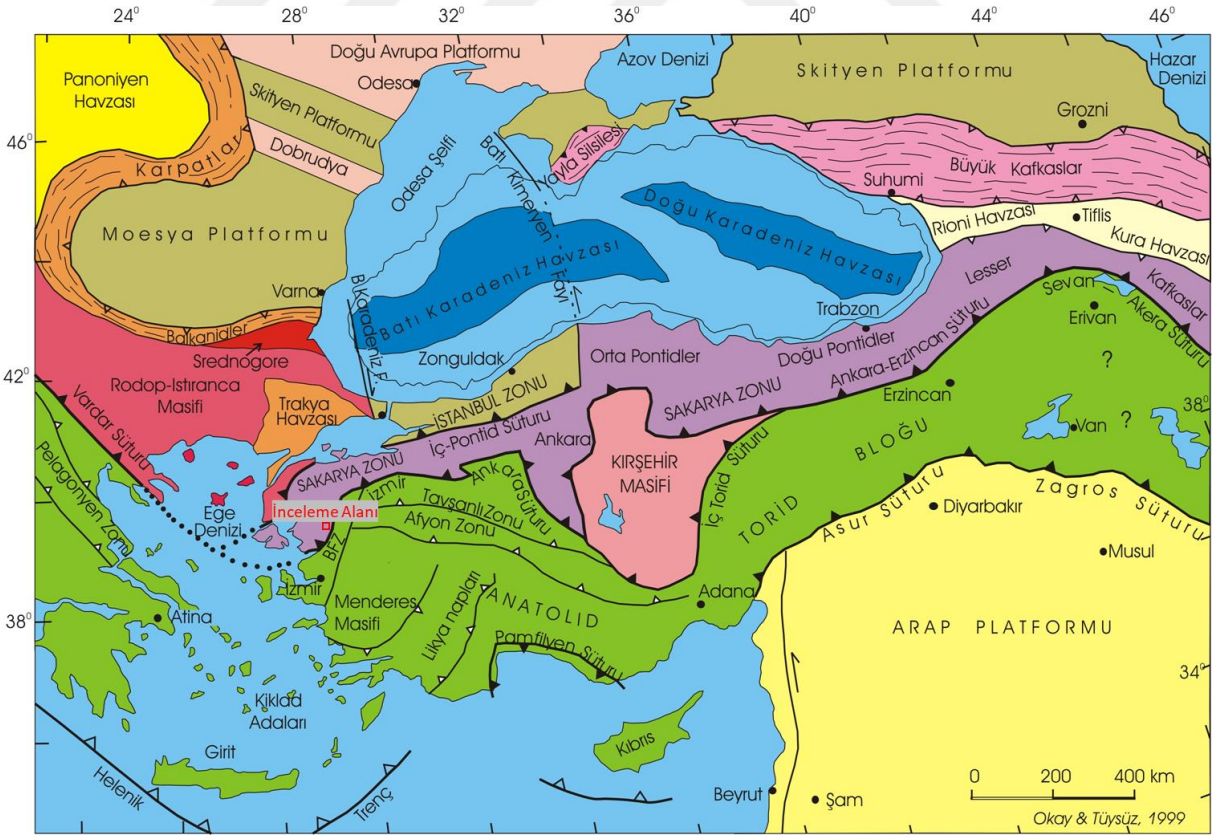


Şekil 3.2: PIMA çalışmalarında kullanılan ASD firmasına ait Terraspec cihazı ve el ünitesi.

4. BULGULAR

4.1.BÖLGESEL JEOLOJİ

İnceleme alanı, Türkiye'nin tektonik birliklerinden Sakarya Zonu'nda yer almaktadır (Şekil 4.1). Batı Anadolu'nun tektonik evrimi büyük oranda iki büyük tektonik olay ile ilişkilidir. Bunlar, a) Geç Kretase'den başlayıp orta Eosen'e kadar uzanan Vardar-İzmir-Ankara okyanusu boyunca olan dalma-batma ve çarpışma ve b) Geç Oligosen-Erken Miyosen'den beri Ege-Kıbrıs Yayı boyunca olan dalma-batmadır (Bozkurt ve Mittwede, 2001; Bozkurt ve Oberhansli, 2001; Okay ve Tüysüz, 1999; Okay ve diğ.,1996). Bu olaylar, Batı Anadolu'nun ana zonlarını oluşturan çeşitli kıtasal parçaların bir araya gelmesi ile sonuçlanmıştır. Bunlar kuzeyden güneye, 1) Sakarya Zonu (Sakarya kıtası Şengör ve Yılmaz (1981)), 2) Bornova Fliş Zonu, 3) Tavşanlı Zonu, 4) Afyon Zonu ve 5) Menderes Masifi. Son dört zon aynı zamanda Torid-Anatolid platformunun ya da Ketin (1966) tarafından tanımlanan Anatolidlerin ayrılmaz parçalarını temsil etmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Çalışma alanının Türkiye tektonik birliklerine göre konumunu (Okay ve Tüysüz, 1999).

Bu kıtasal parçaların sınırları, ofiyolitik karmaşıklar ve melanjlar ile karakterize sütur zonlarıdır. Batı Anadolu'nun jeolojik evrimi ve metalojenik provensinin gelişimi büyük ölçüde genişleme olayları ve beraberindeki genişleme ile ilişkili magmatizma tarafından kontrol edilmektedir. Batı Anadolu Genişleme Bölgesi'nin yayılma ve oluşumunun başlangıcı esas olarak, Geç Oligosen' den bu yana, Ege-Kıbrıs Yayı boyunca Neotetis okyanusal kabuğunun kalıntılarının Anadolu plakasının altına dalması ile bağlantılıdır. Bu dönem, büyük D-B ve KD-GB trendli grabenler ve yaygın magmatizma ile karakterize edilir (Yılmazer, 2013).

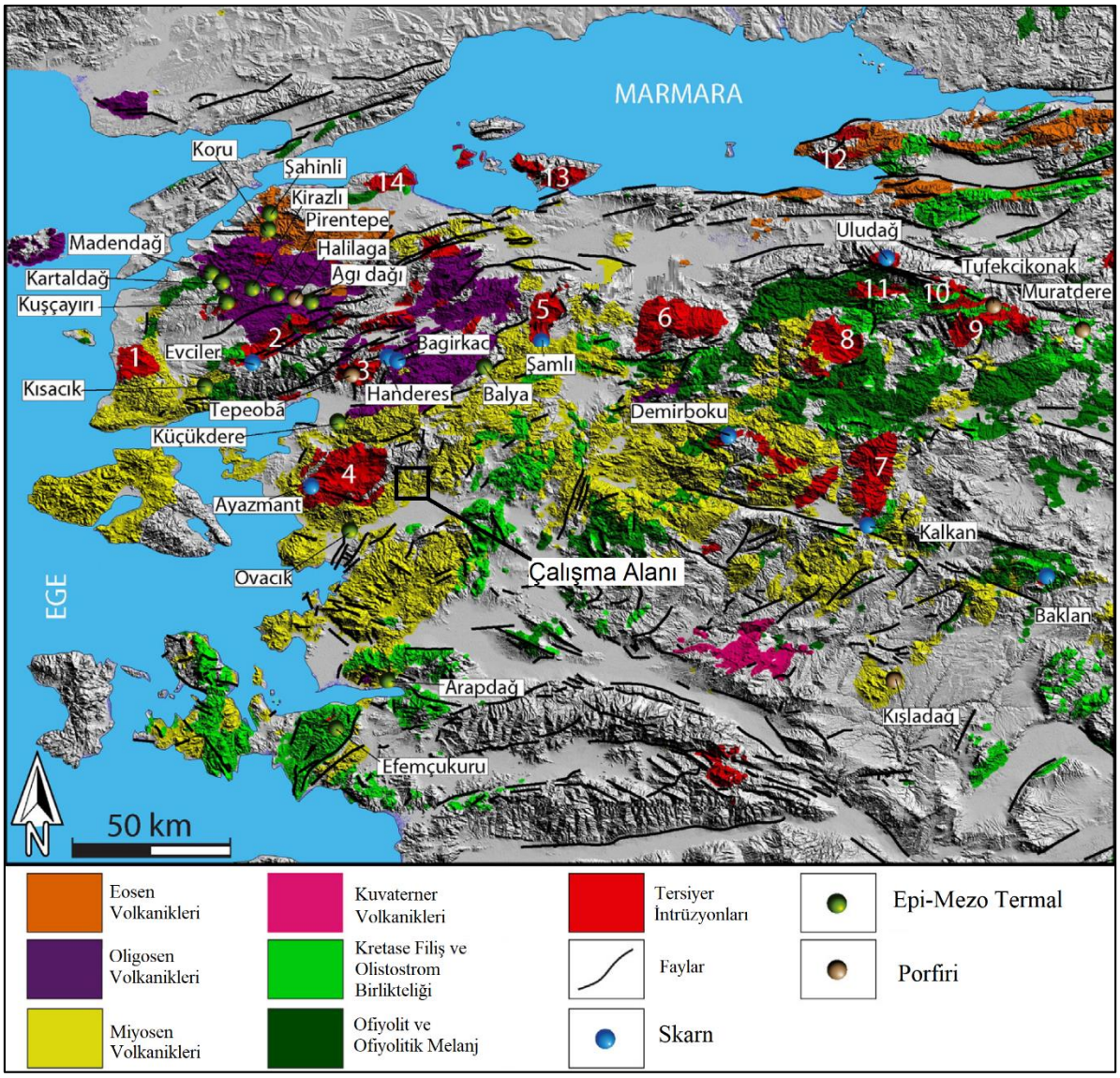
Batı Anadolu'daki ekstrüzif magmatizma, büyük ölçüde, Oligosen-Orta Miyosen'de kalk-alkalin karakterli, Geç Miyosen-Kuvaterner dönemleri boyunca ultrapotasikten sodik alkaline kadar belirgin petrojenetik değişim ile karakteristiktir. Bu benzerlikler, kuzeyden güneye göç etmiş gibi görünen sıkışmalı tektonik rejimden genişlemeli tektonik rejim değişimine cevap olarak zaman içinde bir kayma ve genel olarak güneye doğru gençleşen bir trend göstermektedir (Aldanmaz ve diğ. 2000; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998, 1999; Ercan ve diğ., 1995; Genç, 1998; Genç ve Yılmaz, 1997; Güleç, 1991; Harris ve diğ., 1994; Karacık ve Yılmaz, 1998; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Seyitoğlu ve Scott, 1992, 1996; Yılmaz ve Polat, 1998).

Erken-Orta Miyosen magmatizması, özellikle Batı Anadolu'nun metalojenezi için önemlidir, çünkü epitermal sistemler ve bunlar ile ilişkili skarn ve porfiri sistemler, zamansal ve mekânsal olarak bu dönemde oluşan volkan-plütonik kayaçlar ile ilişkilidir (Kuşcu ve diğ., 2011) (Şekil 4.2).

Erken - Orta Miyosen magmatizması fraksiyonel kristalleşmeyle birlikte kabuk asimilasyonu ile evrimleşmiş ve asimilasyonun etkileri Erken Miyosenden Orta Miyosene doğru kademeli olarak azalmıştır. Bu, Erken Miyosen'den itibaren baskın olan, genişlemeli tektonik rejimin sürme eğilimini gösterebilir (Aldanmaz ve diğ., 2000).

Alkali magmatikler seyrek olarak izlenirken orojenik benzerliklere sahip olan kalk-alkali magmatik kayaçlar bölgedeki baskın tiptir. Kalk-alkalin volkanik kayaçların orojenik benzerlikleri, en azından bir dalma-batma ile değişmiş litosferik mantodan türemeleri açısından kökensel olarak bağlantılıdır. Ancak, bu dalma-batma bileşenlerinin a) Vardar-İzmir-Ankara kapanması ile (volkanikler geç ya da çarpışma sonrası ürünler sunuyor) ya da b) güncel Ege-Kıbrıs dalma-batması (direk olarak Neojenden beri ya da zaman içinde bu dalma-batma

sisteminin güneye göçü ile) ile ilişkili olup olmadığı, bu faz volkanizmanın gelişiminin sıkışmalı (örneğin, Altunkaynak ve Genç, 2008; Güleç, 1991; Yılmaz, 1990) ya da genişlemeli (Seyitoğlu ve Scott, 1992) tektonik rejimle ilişkisi gibi süregelen bir mesele olmuştur (Yılmazer, 2013).

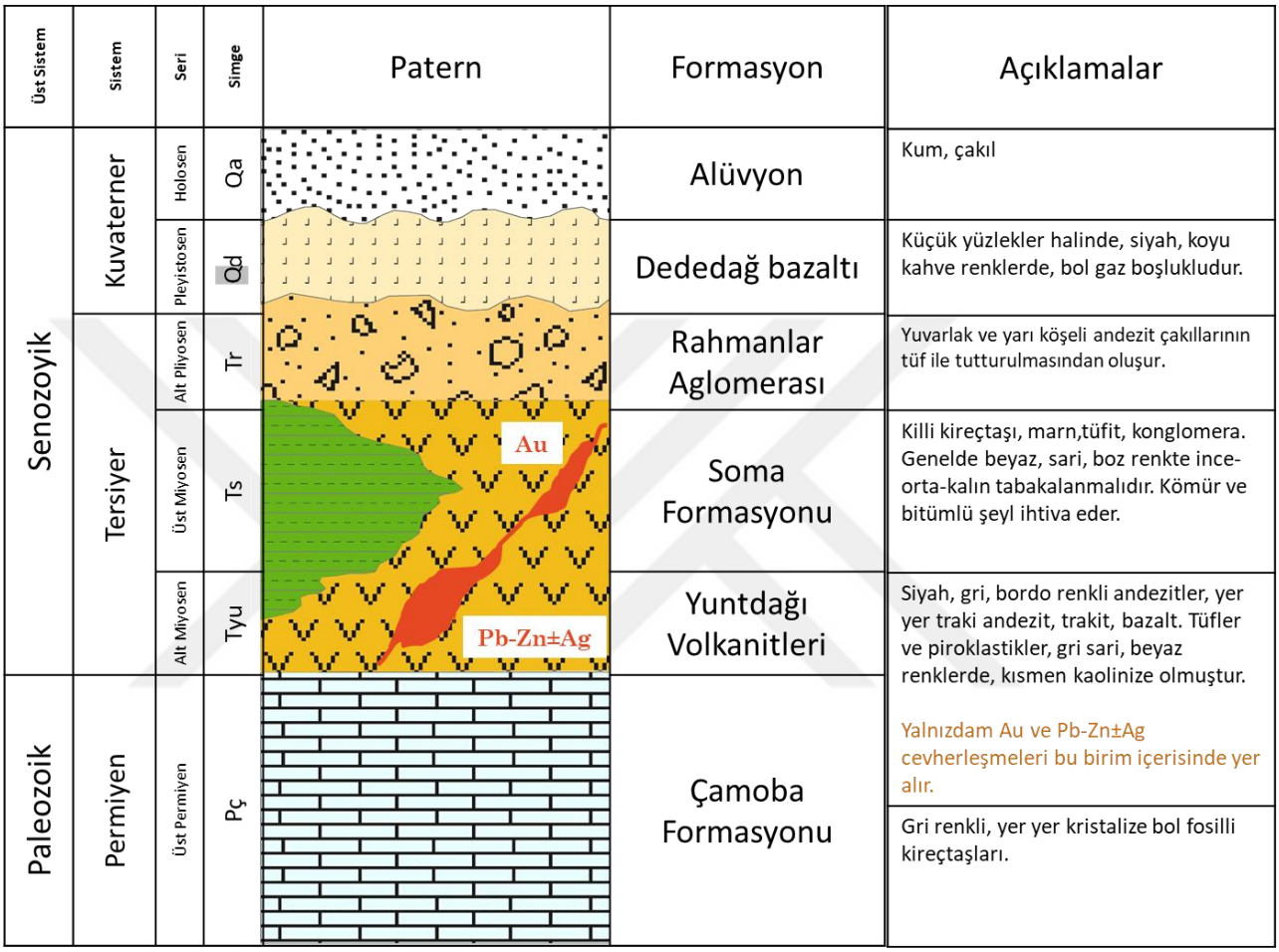


Şekil 4.2: Batı Anadolu'da bulunan maden yatakları (Yılmazer, 2013'den değiştirilerek).

Alkali magmatizmanın kökeni hakkında, - ultrapotasik veya sodik olsun - alkali ürünler levha içi özellikleriyle şu anki aktif genişleme ile açıkça bağlantılı olduğuna şüphe yoktur. (Aldanmaz, 2002; Aldanmaz ve diğ, 2000; Alıcı ve diğ, 2002). Güleç, 1991).

4.2.İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ

İnceleme alanının temelinde yer alan Permiyen yaşlı Çamoba Fm; Tersiyer yaşlı Yuntdağı volkanitleri, Rahmanlar Aglomerası ve Soma Fm. tarafından uyumsuzlukla örtülür (EK-1).



Şekil 4.3: Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

4.2.1. Permiyen

Permiyen, sahada Çamoba Formasyonuna ait Çaldağ Kireçtaşı üyesi ile temsil edilir.

4.2.1.1.Çaldağ Kireçtaşı Üyesi

Birimin adını aldığı Çaldağ, inceleme alanının güneybatısında kalmaktadır. Birim gri renkli, sert, yer yer kristalize, çatlaklı ve çatlakları kalsit dolgulu, orta tabakalanmalı, tabakalanması her yerde açık izlenemeyen bol fosil içeren kireçtaşından oluşur. Çamoba köyü dolayında, yaklaşık 5,5 km^2 alan kaplar (EK-1). Akyürek tarafından adlandırılan birim, inceleme alanının dışında Hacıyusuf kumtaşı üyesi ile geçişlidir. Üzerine çok dar bir alanda Şekerağa silttaşı üyesi gelir. Birim yanal yönde Kırtaş kireçtaşı üyesi ile giriktir. Bol mikrofosilli olan Çaldağ Kireçtaşı Üyesi'nde, Dunbarula tumida SKINNER, Verbeekina Verbeecki GEINTZ, Neoschwagerina craticulifera SCHWAGER, Staffellasp., Nankinellasp.,Chusenella sp., Reichelina sp., Neoendothyra sp., Globivalvulina graeca, Hemıgordiopsis renzi REICHEL, Pachyphlora sp., Geinitzina sp., Colaniella sp., Pseudovermiporella sp., Gymnocodiuy sp. Fosilleri bulunmuştur. İçerdiği faunaya göre yaşı Üst Permiyen olarak saptanmıştır (Akyürek, 1978).

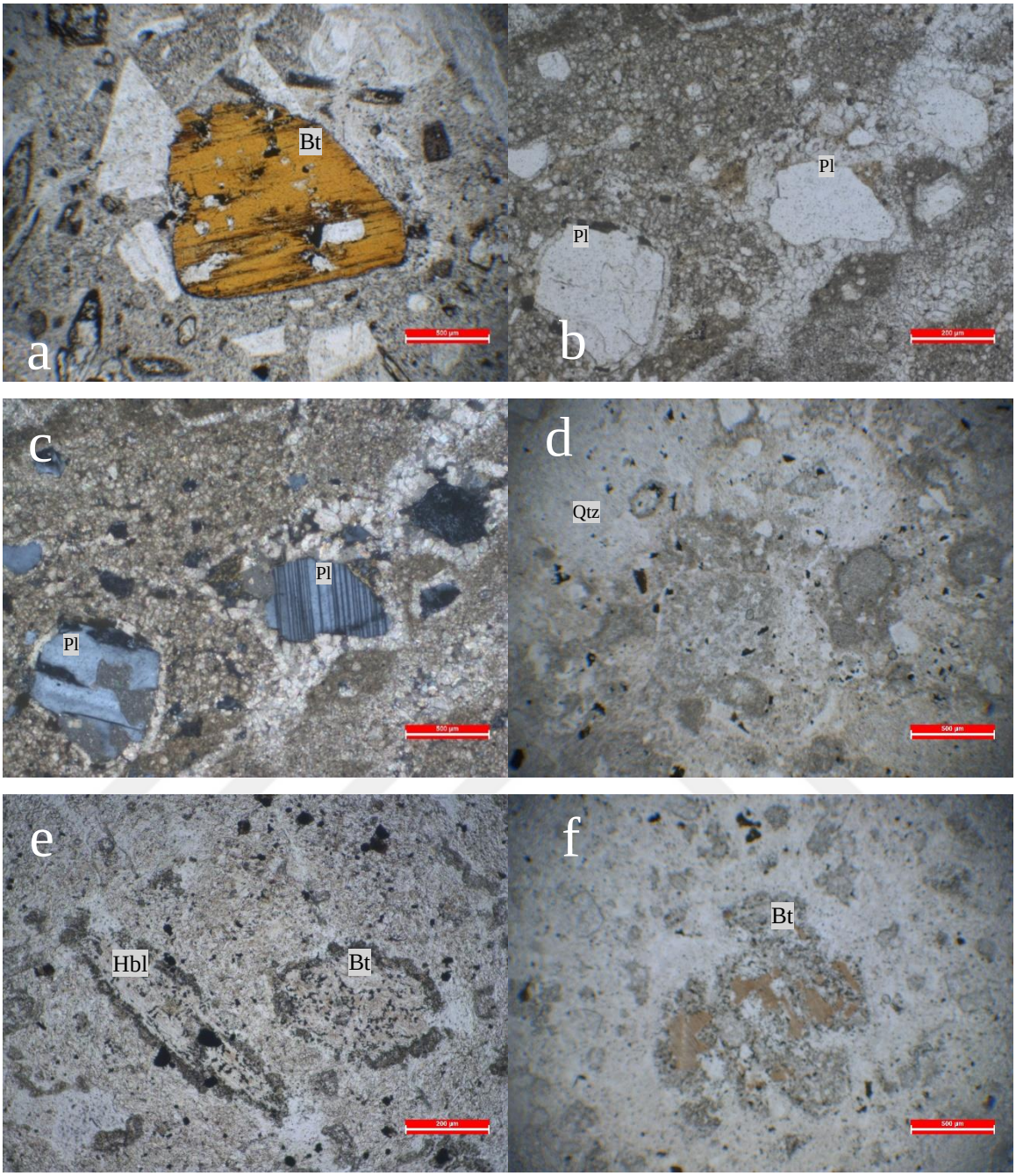
4.2.2. Tersiyer

İnceleme alanındaki Tersiyer yaşlı birimler, Yuntdağı volkanitleri (Tyu), Soma Formasyonu (Ts) ve Rahmanlar Aglomerası (Tr)'dir (Şekil 4.3).

4.2.2.1. Yuntdağı volkanitler (Tyu)

Yuntdağı volkanitleri inceleme alanının 2/3'lik kısmını kapsamakta, geniş bir alanda yüzlek vermektedir.

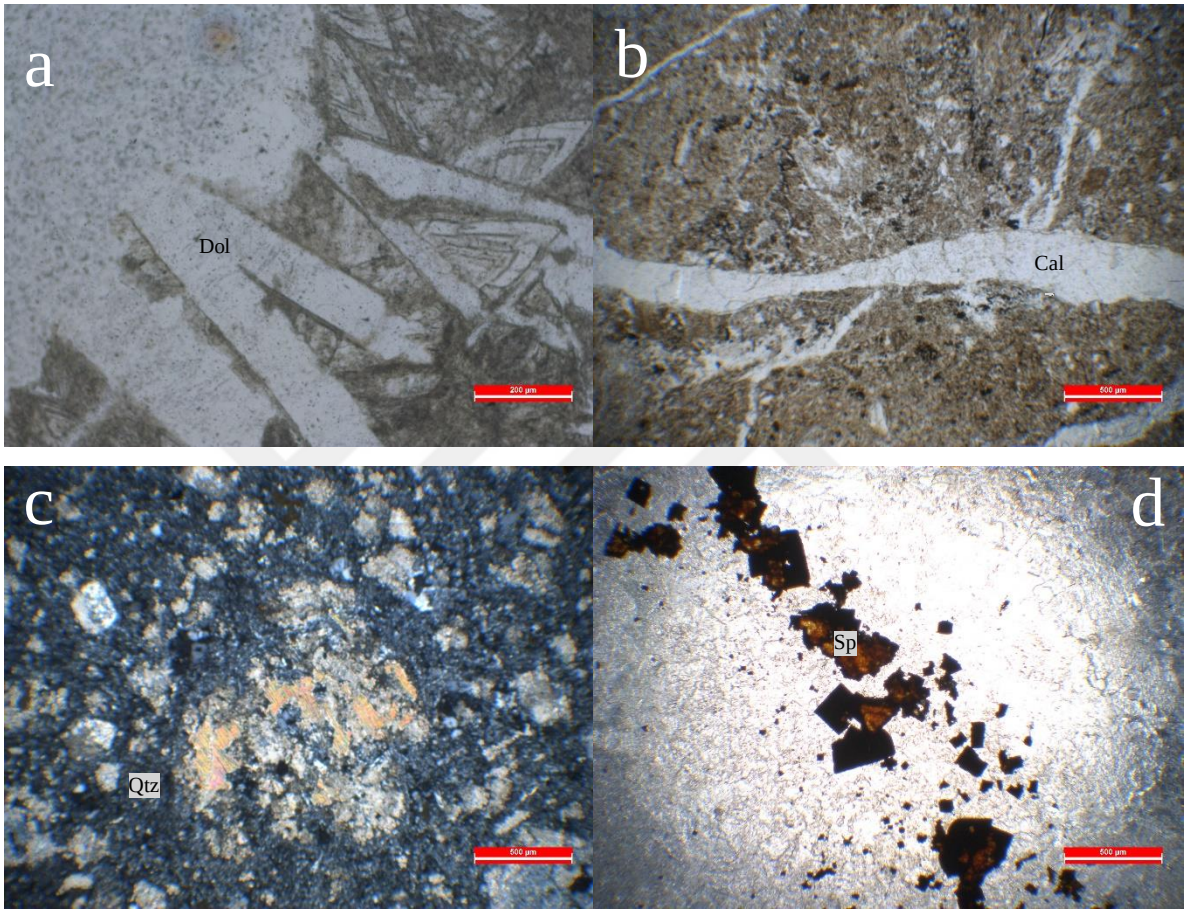
Yuntdağı Volkanitleri inceleme alanında, andezitik tüf ve piroklastikler olarak gözlenmektedir. Arazide gri, sarı bordo olmak üzere çeşitli renklerde izlenir. Yer yer çok sert, porfiritik dokulu, bol çatlaklı, genellikle iri plajiyoklaz fenokristalleri içermekle birlikte, camsı görünümünde olan örneklere de rastlanır. Bazı yerlerde tüfler tamamen silisleşimiş ve kaolinitleşmiştir. Andezitlerde bazen ilksel akıntı izleri korunmuştur. Andezitlerin petrografik incelemesinde; porfiritik dokulu, kloritleşmiş, killeşmiş ve karbonatlaşmış plajioklas mikrolitleri, hamur içinde plajioklas fenokristalleri (andezin), biyotit ve opak mineraller bulundurduğu saptanmıştır (Şekil 4.4-4.5).



Şekil 4.4: Çalışma alanındaki örneklerin petrografik kesitleri incelendiğinde biyotitçe ve plajioklasça (a-b-c) zengin andezit-trakiandezit ve kuvarsça zengin yer yer litik parçalar da içeren tüflerin (d-e-f) hakim litoloji oldukları gözlenmiştir.

Yuntdağı Volkanitleri, Soma Formasyonu ile düşey ve yanal ilişkilidir (Şekil 4.6). Yuntdağı Volkanitlerini, bazı yerlerde Soma Formasyonunun altında, bazen üstünde ve bazen de siller halinde içinde gözlenir (Şekil 4.3). Yuntdağı Volkanitleri, kendi içinde düşey ve yanal yayılımlarında andezit- trakit- trakiandezit gibi değişik mineralojik bileşimlerin geçişlerini

göstermektedir (Akyürek, 1978). Yuntdağı volkanitleri, Soma formasyonu ile yanal ve düşey geçişler gösterdiğinden Akyürek tarafından Eosen'den sonra, Üst Miyosen-Pliyosen'e kadar devam eden bir volkanik aktivite olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.5: İncelenen örneklerin hamurunda ve fenokristallerinde karbonatlaşmalar ve dolomitleşmeler gözlenmiştir (a). Trakiandezit bileşimli kayaçlarda daha çok klorit, epidot, kalsit gibi alterasyonlar gözlenirken tüflerde bu durum daha çok serizitleşmeyle beraber ikincil karbonat damarları şeklinde izlenmiştir (b). Kayaçlardaki karbonatlaşma bazen tüm fenokristalleri etkileyebiliyor (c). Pirit ve sfalerit gibi opak cevher mineralleri kalsit damarları içerisinde kümelenmiş ve dissemine olarak izlenmiştir (d).



Şekil 4.6: Soma formasyonu ile Yuntdağı volkanitlerine ait kontak zonu.

Dasidik tüf ve piroklastikleri keserek üzerleyen andezitik lav ve aglomeratik bileşimli andezitler, bölgedeki en genç volkanitleri oluştururlar. Genellikle geniş yüzlekler boyunca gözlenen birim, bazaltik andezitler ile geçiş göstermektedir. Bu birimler ile yanal ve düşey geçiş gösteren göl çökelleri bulunmaktadır (Şekil 4.6).

4.2.2.2.Soma Formasyonu (Ts)

Soma formasyonu inceleme alanının ortasında doğudan batıya doğru uzanan yaklaşık 1,5 km'lik bir alanda yer alır (EK-1).

Killi kireçtaşı, kil, marn, silttaşı, tüfit, kumtaşı, konglomera ardalanması ve/veya bu litolojilerin yalnızca bir veya birkaçının hakim olduğu litolojilerden oluşan birim inceleme alanında daha çok killi kireçtaşları şeklindedir. Beyaz sarı, boz, gri renkte ince orta ve kalın tabakalanmalı olan birimde, killi ve karbonatlı seviyeler, bazen laminalıdır. Akyürek tarafından adlandırılan Soma Formasyonu, ile Rahmanlar Aglomerası arasındaki ilişki karmaşık olup, yer yer aglomeralar, yer yer de Soma Formasyonu üstte olarak izlenebilmektedir (Şekil 4.3). Birim kendi içinde çeşitli litolojilerin yanal ve düşey geçişlerini içermektedir. Soma Formasyonu, küçük yayılım gösteren Dededağ Bazaltları tarafından örtülür (EK-1). Soma Formasyonu içerisinde Cypria cf. ophthalmica (JURINE), Candona neglecta SARS, Cyprinotus cf. Solinus

(BRADY), Caspiocypris sp., Cypridopsis sp., Miocyprideis sp., Cheikella sp., Lineocypris cf. trapezcidea ZALANYI, Candona angulata G.W. MUELLER, Ilyocypris brady SARS, Pyrgula cf. incisa incisa FUCHS fosilleri tayin edilmiştir. Buna göre Soma Formasyonu'nun yaşı Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı olup bu faunaya göre tatlı su-göl ortamını temsil etmektedir (Akyürek, 1978).

4.2.2.3.Rahmanlar Aglomerası (Tr)

Rahmanlar Aglomerası, inceleme alanının batı kesimini kuzeyden güneye kadar ortalama 1 km kalınlıkla örter (EK-1).

Rahmanlar Aglomerası, genellikle yuvarlak ve yarı köşeli, çoğunluğu andezit çakıl ve bloklarının andezitik tüf ile tutturulmasından oluşur. Rahmanlar Aglomerası, bazı yerlerde Yuntdağ Volkanitleri, bazı yerlerde de Soma Formasyonu üzerine gelmektedir (Şekil 4.3). Pliyosen sonu veya Kuvaterner başlangıcında Dededağ Bazaltları tarafından kesilmişlerdir. Akyürek tarafından adlandırılan Rahmanlar Aglomerası, Tersiyer volkanizması sonucu oluşmuştur. Aglomeralar, Soma Formasyonu'nun hemen üstünde, onlardan daha genç veya aynı yaşta olarak (Üst Miyosen-Pliyosen) kabul edilmiştir (Akyürek, 1978).

4.2.3. Kuvaterner

İnceleme alanında Kuvaterner, Dededağ bazaltları (Qd) ve alüvyonlar (Qa) temsil edilir.

4.2.3.1.Dededağ bazaltı (Qd)

Çalışma alanının güneyinde küçük bir yerde gözlenen Dededağ Bazaltı, volkanizmanın son ürünü olarak gelişmiştir. Soma Formasyonu'nu, Yuntdağı Volkanitleri'ni ve Rahmanlar Aglomerası'nı kesmiş ve bunları örtmektedir (EK-1). Dededağ Bazaltı, arazide koyu siyah renkli, sert, masif, ayrışması sarımsı, bol gaz boşluklu ve boşlukları kısmen dolu olarak gözlenir. Bazaltların petrografi incelemesi; hamur maddesi yer yer engellemeli doku, fakat aynı zamanda kuvvetli olmayan bir akma dokusuna sahip olduklarını göstermektedir. Hamur maddesi hyalokristalin olup, esas olarak labrador mikrolitleri, ojit mikrokristal ve çubukları, volkanik cam ve aksesuar opak mineralden oluşmuştur. Fenokristaller halinde ojit, olivin, biyotit ve plajiyoklazlar serpilmiş haldedir. Akyürek tarafından adlandırılmıştır. Yaşı Soma

formasyonunu kestiğinden bu birimden genç yani Üst Pliyosen-Pileyistosen olmalıdır (Şekil 4.3) (Akyürek, 1978).

4.2.3.2.Alüvyon (Qa)

Alüvyonlar küçük dere yatakları boyunca kısıtlı alanlarda gözlenmiştir.

Yapılan petrografik incelemelerde, hakim litolojinin trakiandezit-andezit ve dasitik tüfler olduğu gözlenmiştir. Andezit ve trakiandezitlerin matriksinde ve fenokristallerinde yoğun karbonatlaşma (sosuritleşme) ve dolomitleşme, yer yer kına rengi ve yamalı bohça şeklinde görünen epidotlaşma ve kloritleşmeler gözlenmiştir. Bu durum tüflerde daha az seyredilirken tüflerde ise karbonatlaşma ve serizitleşmenin hakim olduğu gözlenmiştir. Alterasyonların şiddeti her örnekte değişken olup opak cevher minerallerine, kırık çatlakları dolduran karbonatlarda, kuvars içerisinde ve kayacın matriksinde rastlanmıştır.

4.3. YALNIZDAM AU VE PB-ZN±AG CEVHERLEŞMESİNİN JEOLOJİSİ

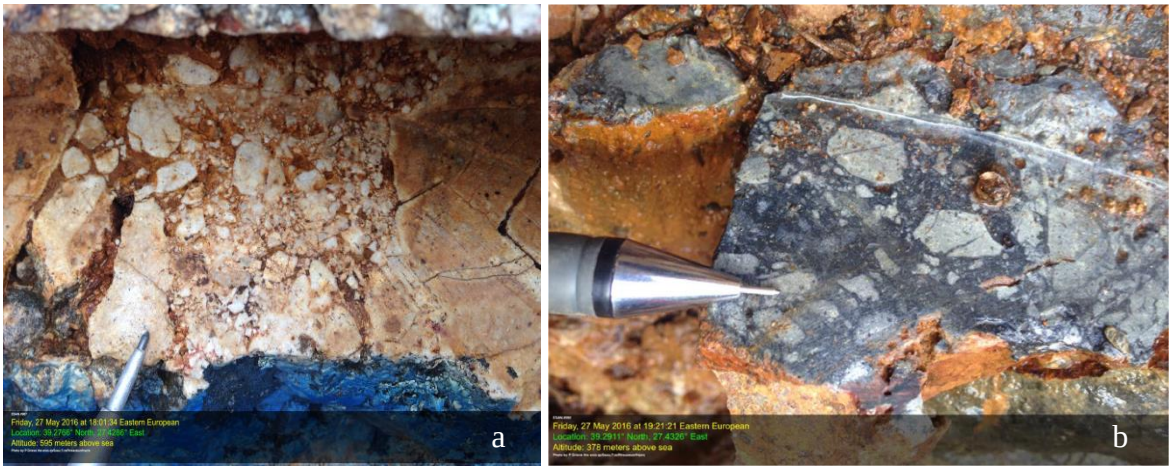
Yalnızdam köyünün Koğukkaya tepe mevkisinde Au cevherleşmesi, Maden Deresi mevkisinde ise Pb-Zn±Ag cevherleşmesi bulunmaktadır. Her iki cevherleşme de Yuntdağı volkanitlerine ait altere tüf ve piroklastikler içerisinde gelişmiştir (EK-1). Bu çalışma kapsamında her iki cevherleşmenin oluşumu ve birbiriyle ilişkisi incelenmiştir.

4.3.1. Au Cevherleşmesi

Yalnızdam köyü Koğukkaya tepedeki Au Cevherleşmesi, 2014 yılında özel bir firma tarafından yapılan prospeksiyon çalışmaları sırasında tespit edilmiştir. Prospeksiyon sırasında Maden Şehidi çeşmesi civarında taşınmış olarak gözlenen, silisifiye, ince taneli tüfler içerisinde mikro kılcal çatlak ve boşluklara (vuggy dokulu) yerleşmiş oksitli kuvars damarları keşfedilmiştir (Şekil 4.7). Bu kayaç numunesinin arazide devamının takip edilmesi sonucunda ise cevherleşmenin yaklaşık 50 m x 20 m lik bir alanda yayılım gösterdiği anlaşılmıştır.

Cevherleşme; yoğun silisleşmiş, oksitlenmiş ve killeşmiş altere dasidik tüfler içerisinde yer almaktadır (EK-1). Au cevherleşmesi iki kırık hattı boyunca gelişmiştir. Bunlardan ilki, K10D doğrultulu olup yaklaşık 2m boyunca devamlılık gösterir. (EK-1). İkinci hat ise K70B, D-B doğrultulu olup yaklaşık 1 km devamlılık göstermektedir. Damarlar dik konumlu olup etrafında alterasyon gelişmiştir. Alterasyon zonlarında kaolen, illit, montmorillonit yaygın gözlenmektedir. Yer yer süperjen koşullarda gelişen dikit ve alunit mineralleri de gözlenmiştir. Alterasyonlar, mineral parajenezine göre arjilik alterasyon olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanında tüfler, geniş bir alanda dağılım gösterirler. Birimde yaygın oksitlenme sonucunda gelişen demir oksitler gözlenmektedir. Bu oksitlenmiş zonlarda, kırık çatlaklarda oksitlenmeden korunmuş 1-3 cm kalınlığında pirit±arsenopirit damarları gözlenmektedir. Bu birimler içerisinde kalan cevher zonu bazı yerlerde breşleşmiş ve saçınımlı piritlerle beraber gözlenmektedir (Şekil 4.7).



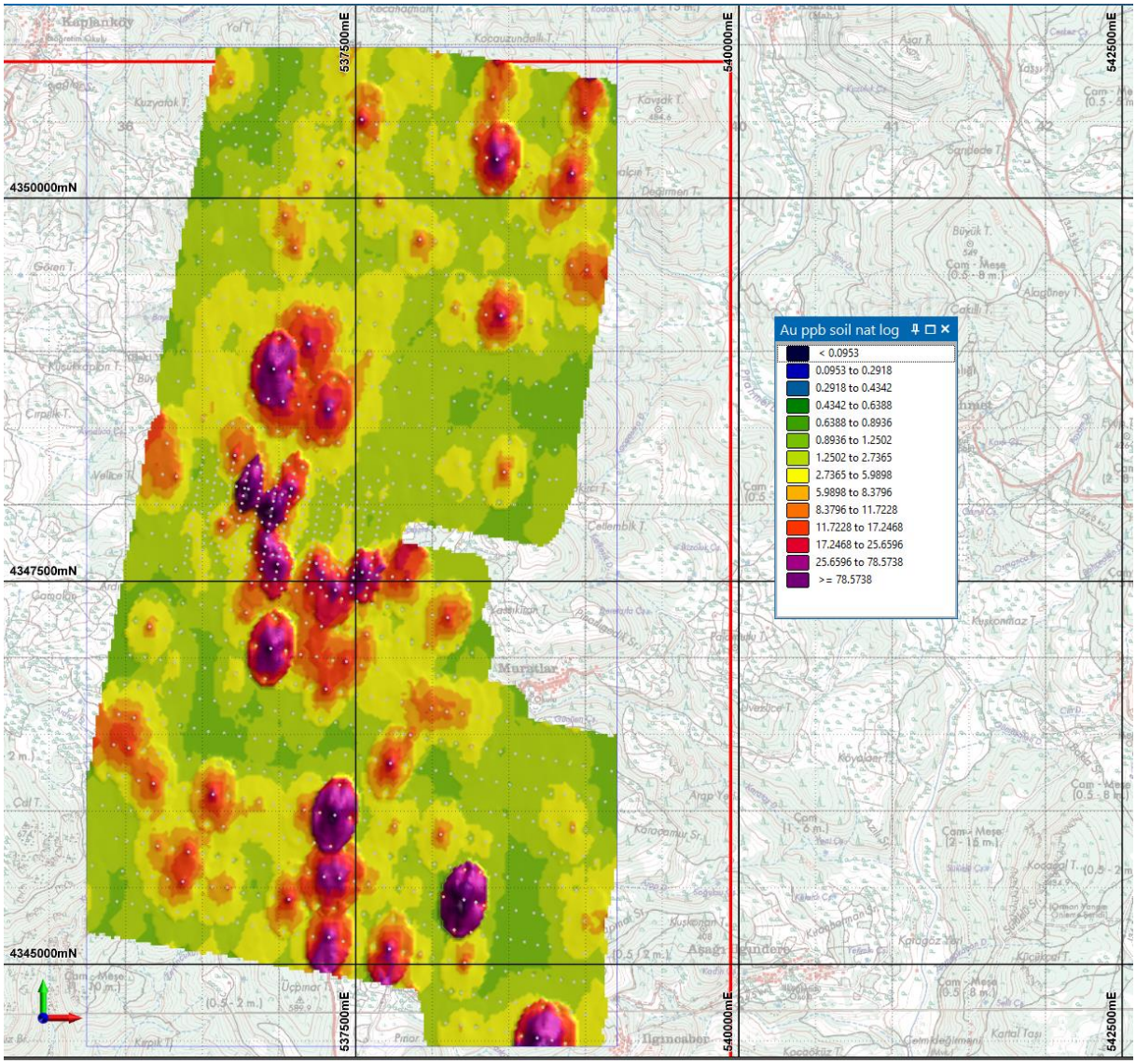
Şekil 4.7: a) Demiroksit matriksli, breşleşmiş, riyodasitik tüf ve b) Silika matriksli, sülfit içeren breşik mostra.

Prospeksiyon sırasında Koğukkaya tepeden (Şekil 4.8) alınan 1 adet kayaç numunesinde 0,9 gr/ton Au değeri gelmesi sonucunda Koğukkaya tepe boyunca yaklaşık 1'er metre aralıklarla kanal numunesi alımına başlanmıştır. İlk faz kanal numunesi analiz sonuçlarında 9,2 gr/ton Au değeri elde edilmiştir. İkinci faz kanal numune sonuçlarında, en yüksek Au değeri 45 gr/ton değerine kadar ulaşmıştır. Koğukkaya tepeden alınan kanal numunelerinin Au ortalaması ise 2,5 gr/ton olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Koğukkaya tepe kuzeyinden alınan kayaç numunesinden 1 gr/ton Au değeri alınmış, 2016 Mart ayından itibaren bölgede yapılan toprak numune alımı analizi ile aynı bölgeden 0,7 gr/ton Au değeri gelmiştir. Bölgedeki Au potansiyelinin yüzey numunelendirme çalışmaları sonucunda iki boyutta genişleyebileceği ön görülmüştür.



Şekil 4.8: Koğukkaya Tepe'nin genel görünümü.

Yalnızdam Au cevherleşmesinin, yanal devamlılığının araştırılması konusunda alınan toprak ve kayaç örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçlarından oluşturulan anomali haritalarından (Şekil 4.9) elde edilen verilere göre, Au cevherleşmesinin KKB-GGD ve D-B yönlü kırık hattı boyunca devamlılığına işaret etmektedir. Bu durum Au cevherleşmesinin kırık hatları boyunca geliştiğini göstermektedir.



Şekil 4.9: Toprak numunelerinden elde edilen Au anomali haritası

Au, elementinin Ag, Bi, Te, Cu elementleri ile zayıf da olsa pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Toprak numunelerinden elde edilen verilere göre Au'nun diğer elementler ile koraleasyonu.

Element	**Au ppm**	**Ag ppm**	**Te ppm**	**Cu ppm**	**Bi ppm**	**Zn ppm**	**Cd ppm**	**Mo ppm**
Au ppm	1	0.383995	0.370551	0.364648	0.333805	0.139135	0.123113	0.087191
Element	**Pb ppm**	**Hg ppm**	**As ppm**	**Fe pct**	**Mn ppm**	**Li ppm**	**Sb ppm**	**Ba ppm**
Au ppm	0.069491	0.065062	0.043758	0.020975	0.005359	-0.00305	-0.00814	-0.03438

4.3.2. Pb-Zn±Ag Cevherleşmesi

Pb-Zn±Ag cevherleşmesi inceleme alanının kuzeyinde, Maden Deresi ve civarında yer almaktadır (EK-1). 2014 yılında yapılan arazi çalışmaları sırasında, altere dasitlerin kırık ve çatlaklarına yerleşen baritli zonlar içerisinde yer alan Pb-Zn±Ag cevherleşmesinin, inceleme alanındaki devamlılığın araştırılması yönelik yapılan çalışmalar sırasında Maden Deresi içinde iki farklı lokasyonda Pb-Zn±Ag cevherleşmesi tespit edilmiştir.

Ana cevher damarı inceleme alanı içerisinde K-G doğrultusu boyunca altere dasitler içerisinde, baritli Pb-Zn±Ag cevherleşmesi olup, yaklaşık 400 metrelik bir devamlılığa sahiptir (EK-1). İkinci zon ise ana cevher damarının yaklaşık 200 metre doğusunda yer almaktadır. Bu damarın doğrultusu D-B/70G olup uzunluğu ise 20 metredir. Bu iki damar da farklı konumlardaki kırık hatlarında gelişmiştir. Alınan kayaç numunelerin bazılarında baritli Pb-Zn cevherleşmesi içerisinde 766 gr/ton Ag'ye rastlanmıştır. Aynı zonun takibi neticesinde, kayaç numunelerinde, yaklaşık 40 m'lik bir zon boyunca, Pb+Zn % 1,5 ve 50 ppm Ag değeri elde edilmiştir.

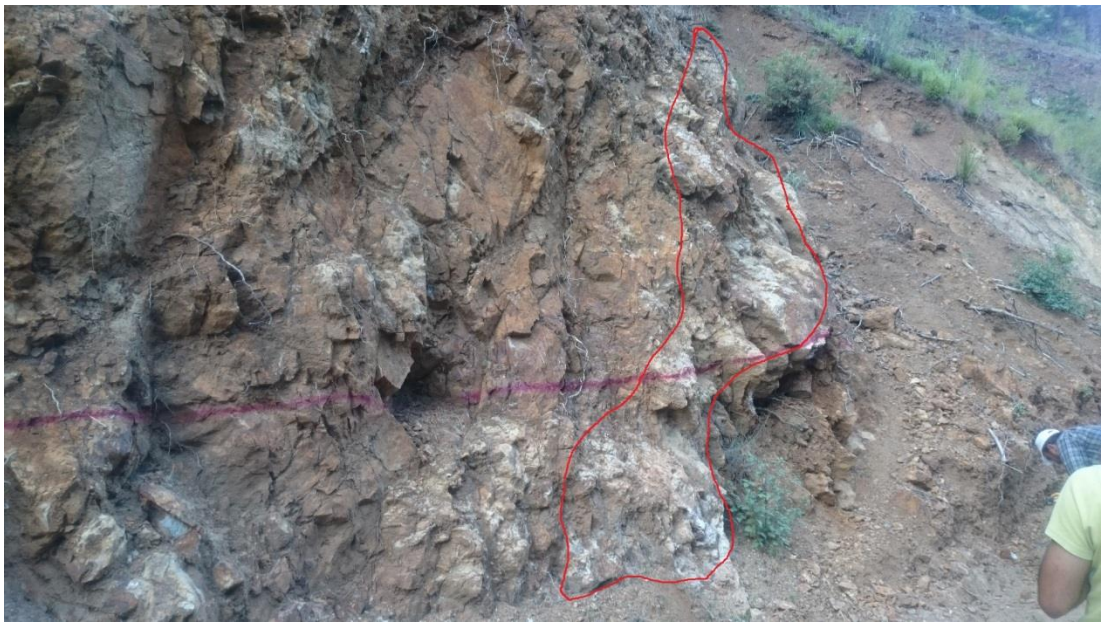
İnceleme alanında gözlenen Pb-Zn±Ag cevherleşmeleri barit damarları içerisinde, saçınımlı ve kümelenmiş olarak bulunan galen, sfalerit ve piritler şeklinde gözlenir (Şekil 4.10-4.11).

Cevherli damarların içerisinde bulunduğu, Yuntdağı volkanitlerine ait andezitik bileşimli piroklastiklerde cevherli zon etrafında sınırlı alanda alterasyonlar gelişmiştir. Bunlar; limonitleşme, hematitleşme, kaolenleşme ve silisleşmeler şeklinde kendilerini gösterir. Ancak

cevher zonundan daha geniş bir alanda kloritleşme ile karakteristik yaygın bölgesel propillitik alterasyon gelişimi de gözlenmektedir.



Şekil 4.10: Altere volkanitler içerisindeki Ana Pb-Zn±Ag damarı.

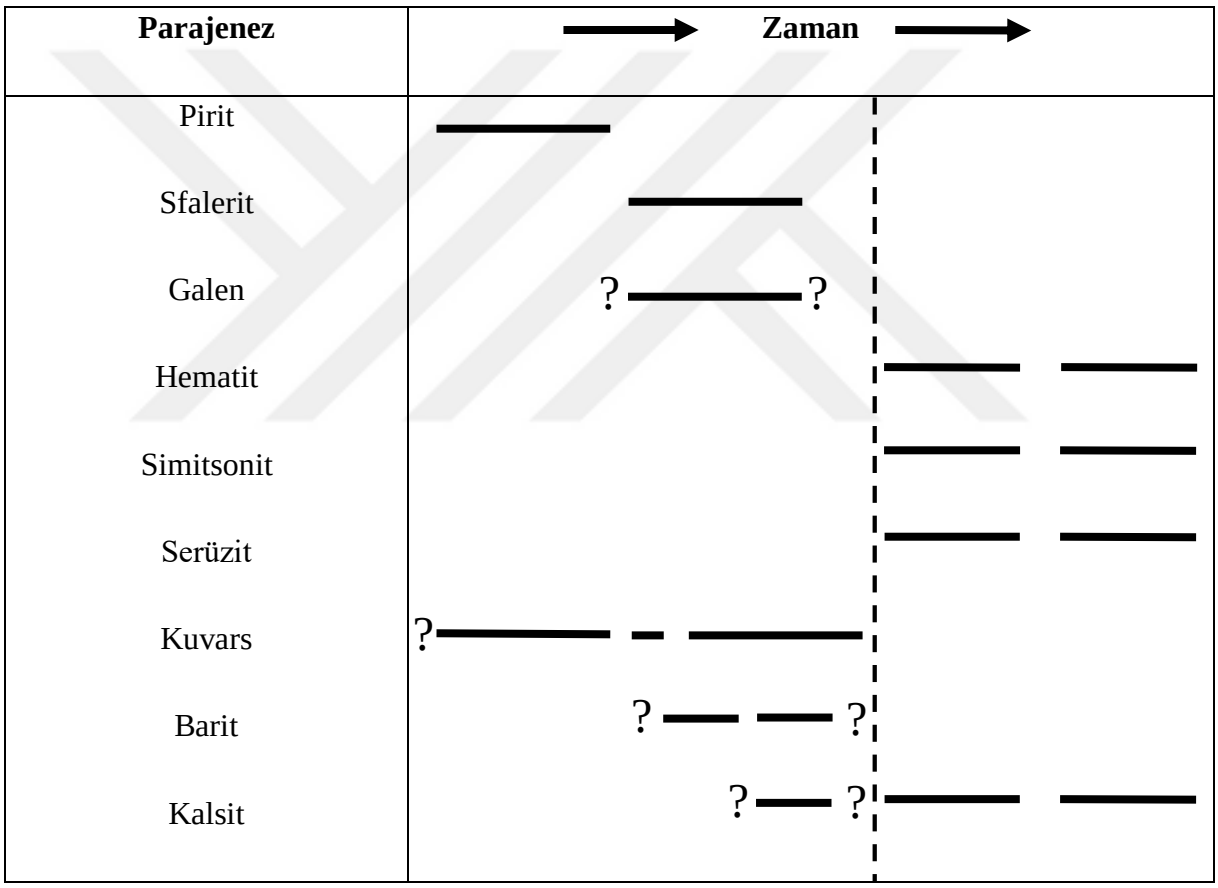


Şekil 4.11: Maden Deresi çevresinde gözlenen baritli Pb-Zn±Ag cevherleşmesi (2m @ % 4 Pb+Zn).

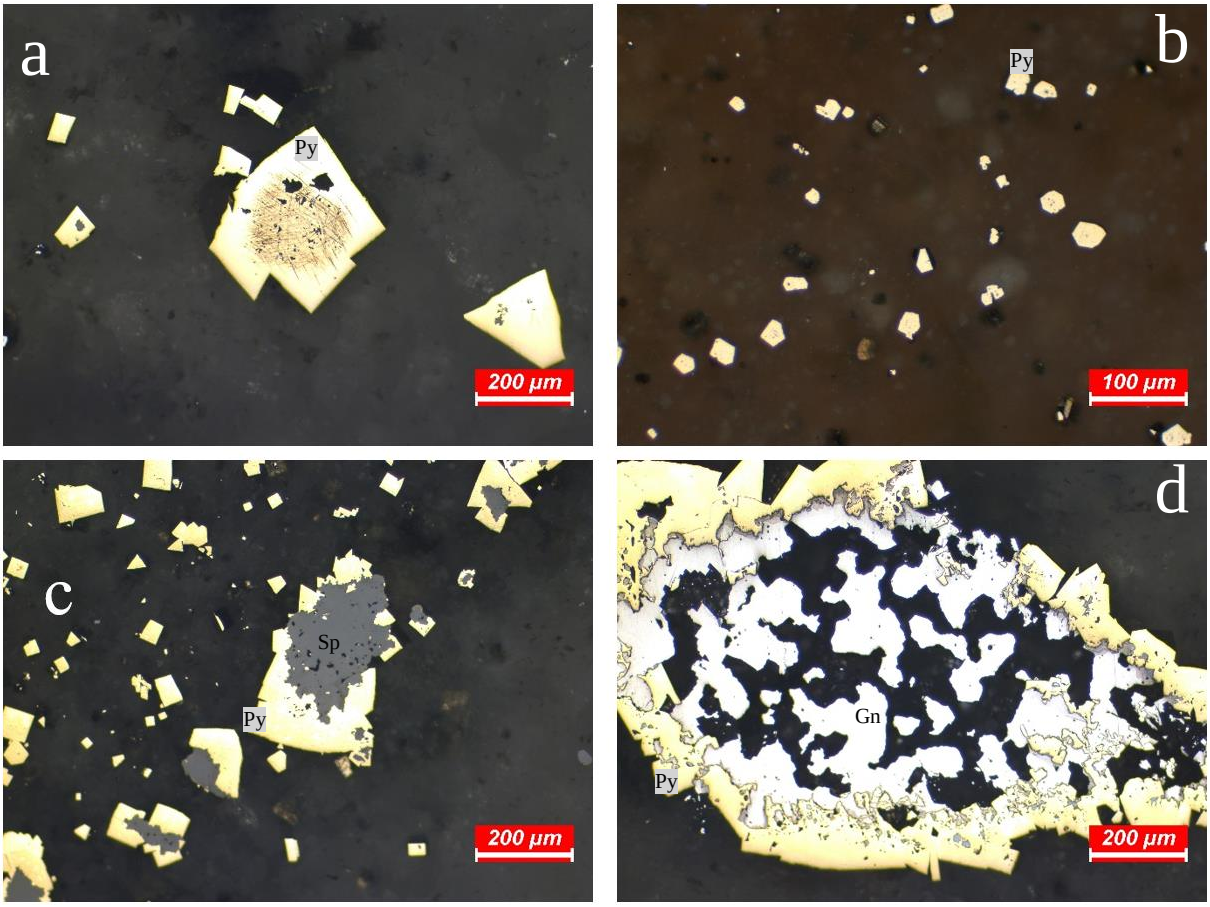
4.3.3. Cevher Mineralojisi

Yalnızdam Au ve Pb-Zn±Ag cevherleşmelerinin devamlılığını test etmeye yönelik yapılan karotlu sondajlarda alınan karotların cevherli zonlarında örneklemeler yapılmıştır. Bu örneklerden hazırlanan parlak kesitler cevher mikroskobunda incelenmiştir. Yapılan incelemelerde Pb-Zn±Ag cevherleşmesinin başlıca sfalerit, galen, pirit, hematit, simitsonit, serüzit ve gang bileşen olarak barit, kalsit ve kuvars minerallerini içerdiği belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4. 2: Pb-Zn±Ag cevherlerine ait mineral parajenez ve süksesyonu.



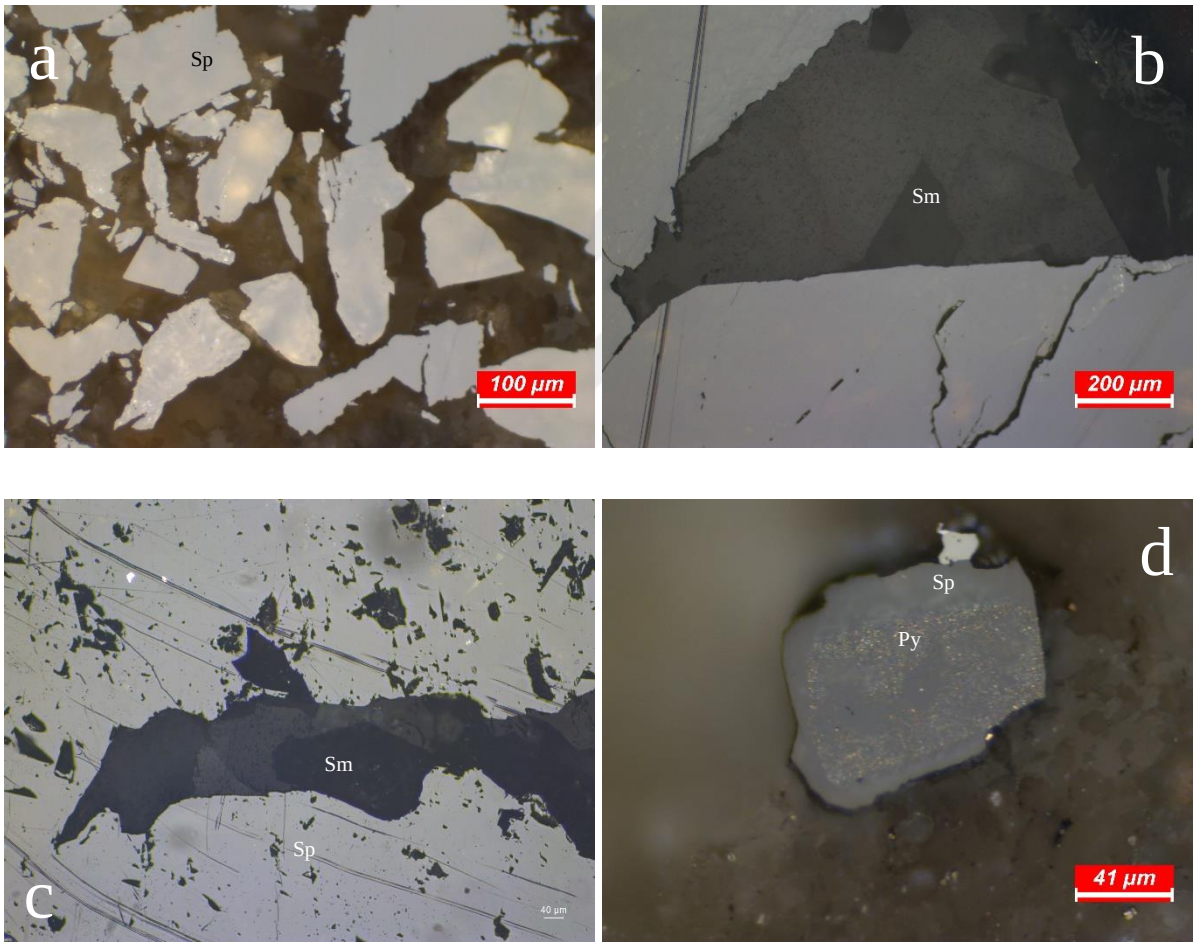
Pirit; piritler çoğunlukla öz şekilli, açık sarı-beyaz renkleri ile belirgin olup damar içerisinde saçınımlı halde (Şekil 4.12a,b,c) veya sfalerit ve galenlerle birlikte bulunmaktadır (Şekil 4.12 c,d). Küp şeklli piritlerin merkezlerinde kri stalografik hatlar boyunca oksitlenme ve ayrışma (Şekil 4.12a) gelişmiştir. Bu merkez zonlar galen (Şekil 4.12d) ve sfalerit (Şekil 4.12c) tarafından replase edilmiştir. Bu durum piritlerin parajenezde ilk oluşan mineral olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.12: Cevher mikroskobunda yapılan incelemelerde, piritler dissemine ve öz şekilli (b) gözlenebilirken bazılarının iç kısımlarında bozuşmalar (a) ve bu bozuşmalar sonucu oluştuğu düşünülen galen (d) ve sfaleritler (c) gözlenmiştir.

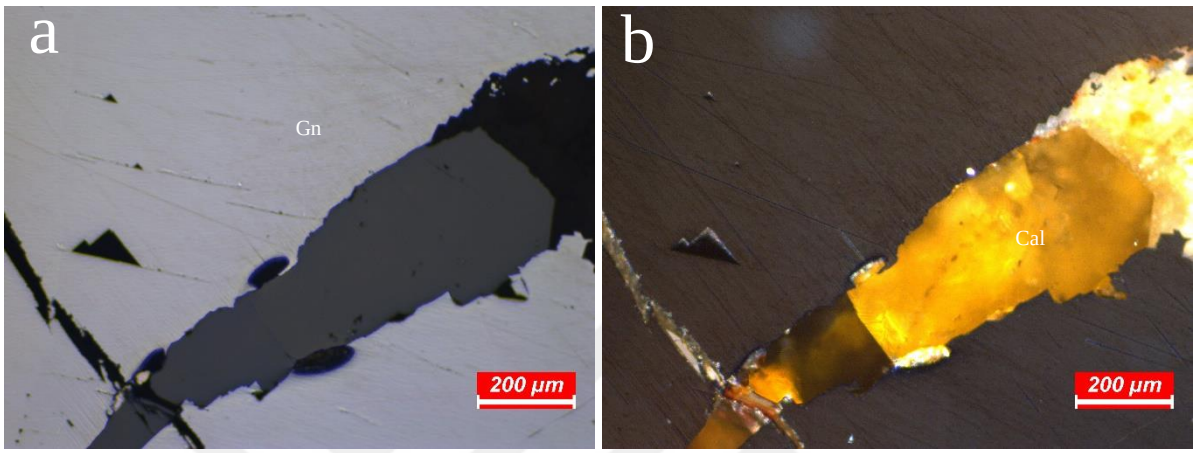
Sfalerit: sfaleritler grimsi-kahve, sarımsı-kahve renkleri ile belirgindir. Pirit ve galen mineralleri ile birlikte, piritleri replase etmiş olarak gözlenmektedir (Şekil 4.12c). Bazen breşik halde de gözlenir (Şekil 4.13a). Bazı örneklerde sfaleritler içerisinde yaygın pirit kapanımları gözlenmiştir (Şekil 4.13d). Sfaleritlerde iç yansıma belirgin olup yer yer simitsonite dönüşmüş oldukları gözlenmiştir (Şekil 4.13b-c).

Simitsonit: Simitsonitler koyu gri renkleri ve anizotropik ve belirgin pleokrozima özellikleri ile tanınabilmektedir (Şekil 4.13b-c). Sfaleritlerin kenar ve kırık çatlaklarında oksitlenme sürecinde gelişmiştir.



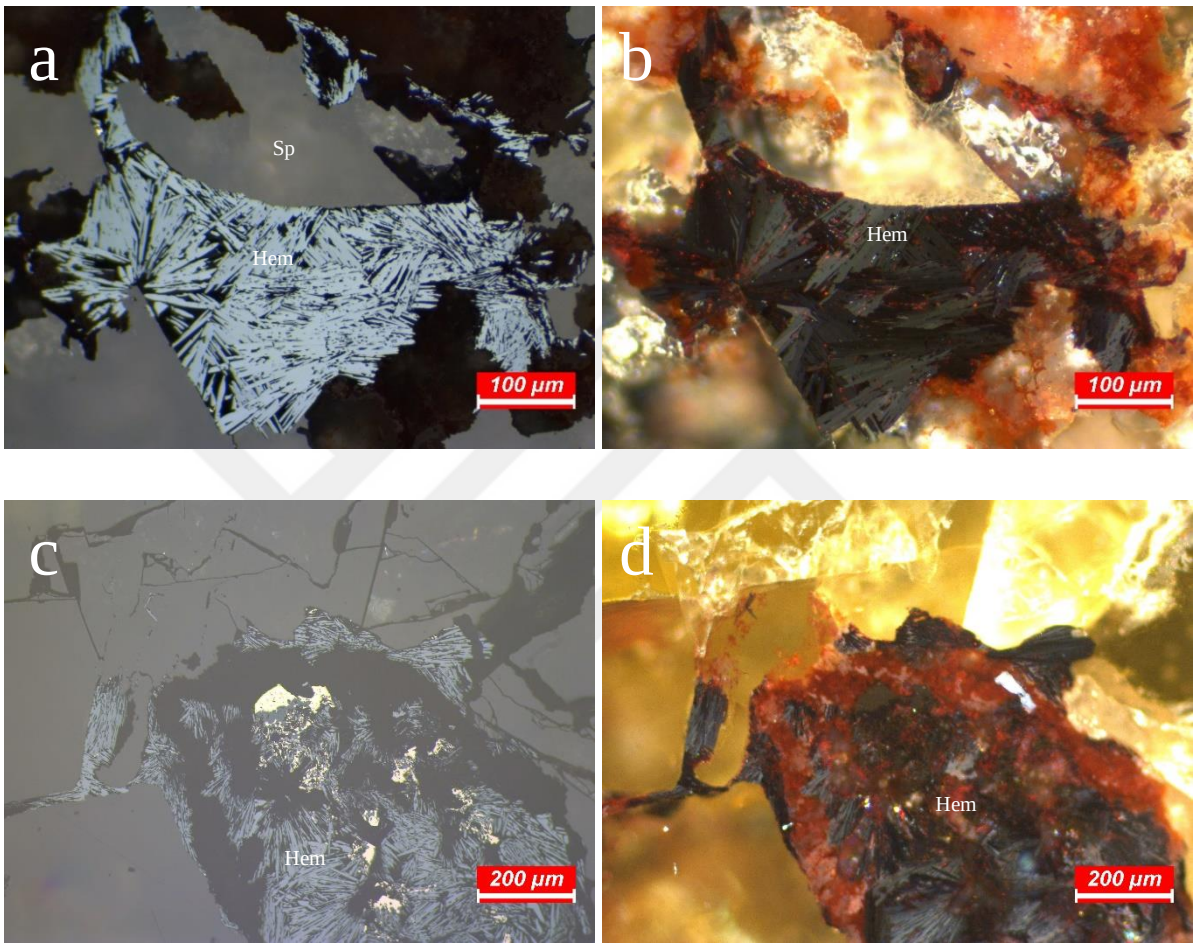
Şekil 4.13: a) Breşik halde gözlenen sfaleritler b-c) Simitsonite dönüşmüş sfaleritler d) Sfaleritler içerisinde yaygın pirit kapanımları.

Galen: galenler beyaz renkleri ve çoğunlukla üçgen parlatma boşlukları ile belirgindir. Düzensiz şekilli olup, piritleri replase ederek veya kalsitlerle beraber gelişmiştir (Şekil 4.14d). İzotrop görünümleri ile belirgindir. Yer yer kenarları boyunca, kül grisi-mavimsi renkli serüzite dönüşümler gözlenmiştir (Şekil 4.14a).



Şekil 4.14: a) Tek nikolde galenlerin etrafında mavimsi renkteki serüzitleşmeler b) Çift nikolde galen ve kalsit birlikteliği.

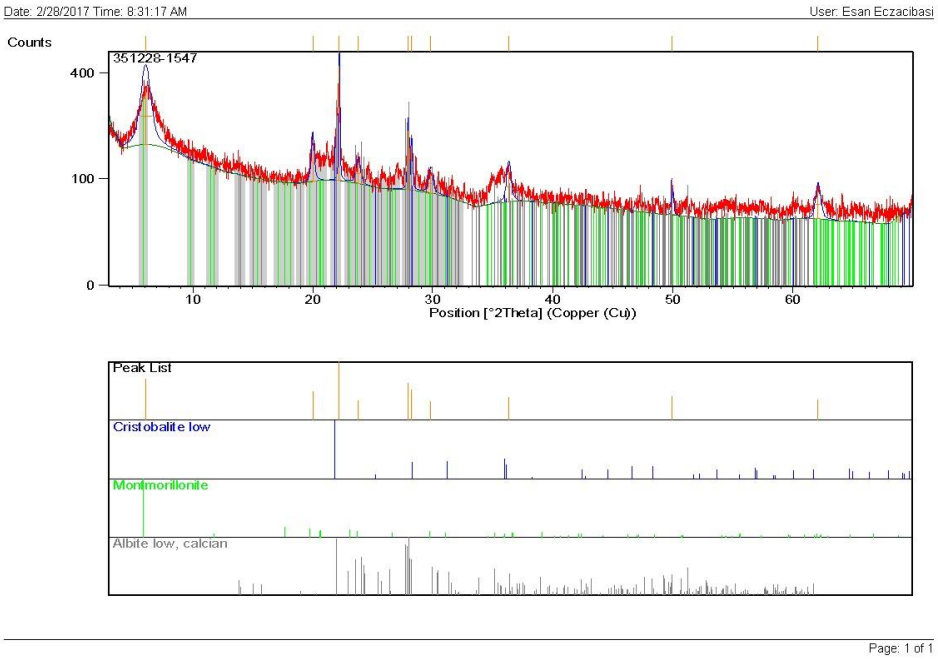
Hematit: hematit mineralleri iki farklı şekilde gözlenmektedir. Birincisi boşluklarda ışınsal kristaller şeklinde (Şekil 4.15a-b), ikincisi ise pirit ve sfaleritlerden dönüşme şeklinde gelişmiştir (Şekil 4.15c-d). Işınsal kristallerde gri-beyaz renk hakim olup, kızıl iç yansıma ve zayıf pleokrozima özellikleri ile tanınabilmektedir.



Şekil 4.15: Çatlakları dolduran hematit mineralleri, örnek no:26 tek ve çift nikol görüntüleri.

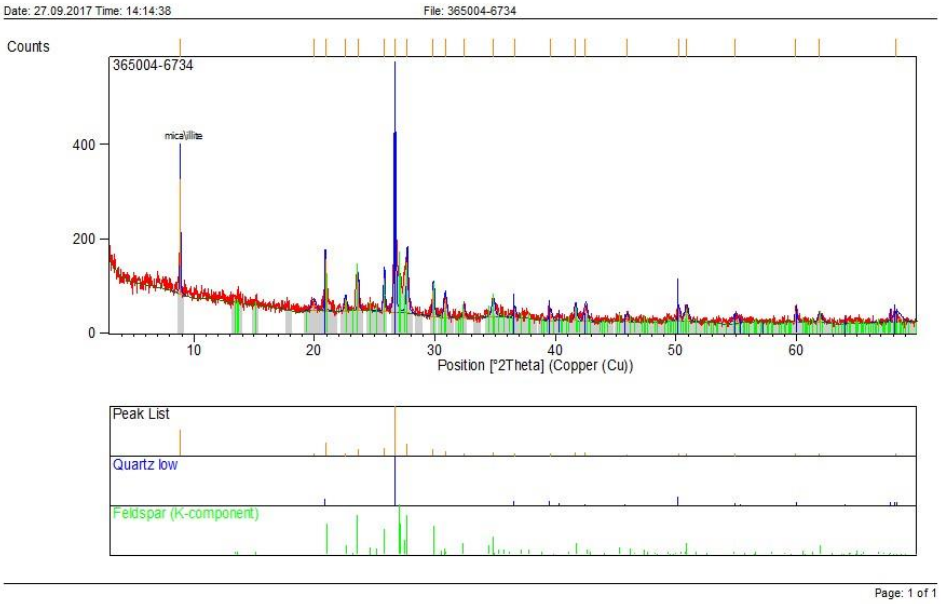
4.3.4. Alterasyon

İnceleme alanında Koğukkaya tepe Au cevherleşmesinin bulunduğu piroklastik kayaçlarda yoğun alterasyon gözlenmektedir. Bu alterasyonlar arazide silisli şapkalar şeklinde sert çıkıntılar oluşturmaktadır. Bunların silisli zonların etrafında ise kaolen, illit, montmorillonit gibi kil mineralleri XRD ve PIMA ile tespit edilmiştir.



Şekil 4.16: Montmorillonit, kristobalit ve albitin varlığını gösteren X-ışını kırınım grafiği.

Yalnızdam köyü Maden deresi mevkisindeki Pb-Zn±Ag cevherleşmesinin bulunduğu kırık hatları boyunca gelişmiş kaolen, illit ve montmorillonit gözlenmiştir. Bu kırık hatlarından uzaklaştıkça daha geniş yayılımlı ancak daha zayıf seyreden, kloritleşme, epidotlaşma ve karbonatlaşma ile karakteristik propillitik alterasyon gözlenmektedir.



Şekil 4.17: İllit ve potasum feldispat varlığını gösterir X-ışını kırınım grafiği.

4.3.5. Jeokimya

Bu bölümde inceleme alanından derlenen toprak ve kaya numunelerinin jeokimyasal analizlerinden elde edilen veriler yorumlanmıştır.

4.3.5.1. Toprak ve Kaya Jeokimyası

İnceleme alanından özel bir firma tarafından alınan 1109 adet toprak, 1066 adet kayaç (kanal, yarma ve parça) örneğinde AAS, ICP-MS cihazlarında multi element analizleri yapılmıştır.

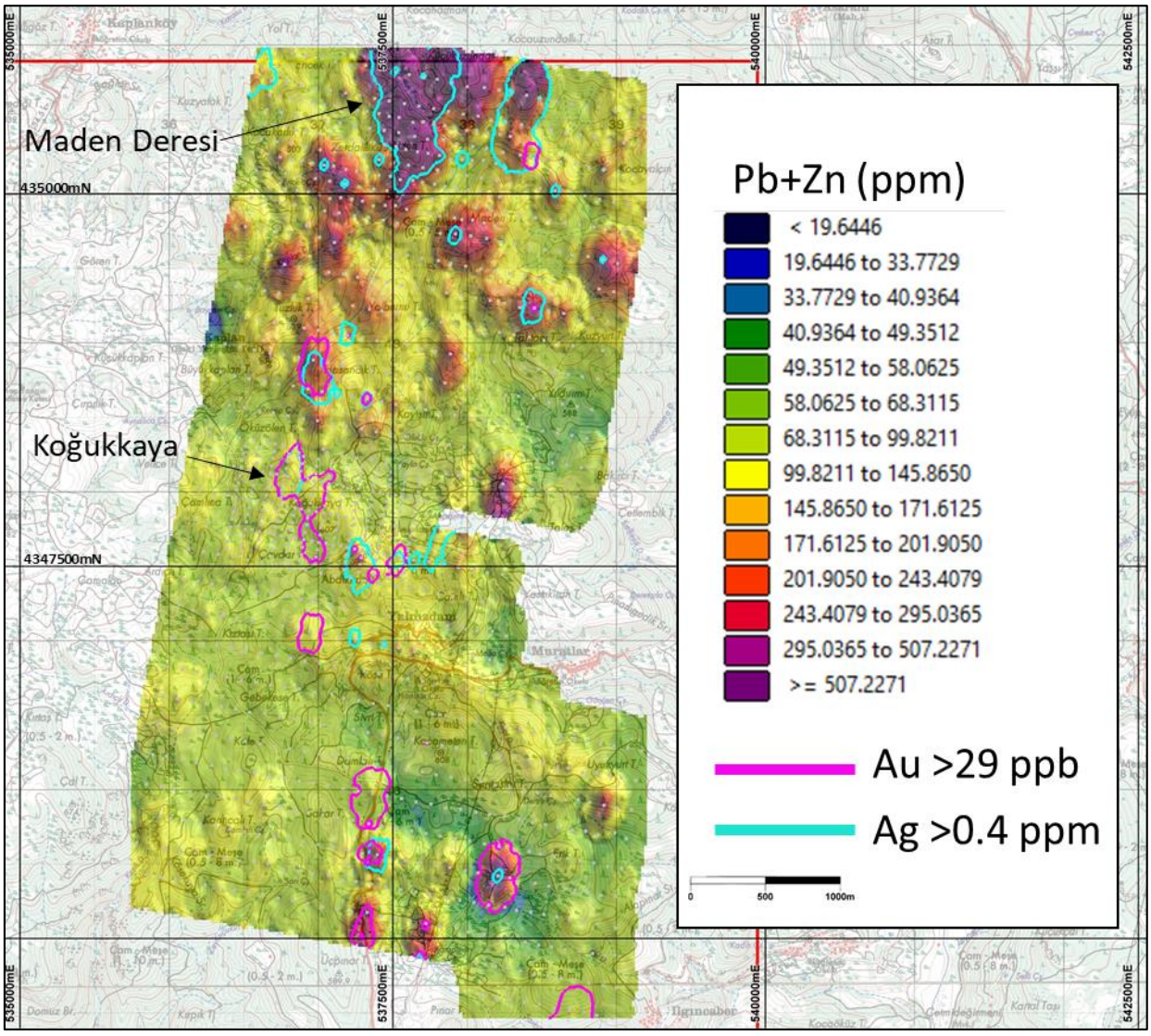
Toprak numunelerinin analizlerinden çeşitli elementler için (Au, Ag, Ba, Pb, Zn) anomali haritaları (Şekil 4.16-4.17) ve korelasyon tabloları oluşturularak (Tablo 4.3) cevher zonlarının olası devamlılığı ve element birlikteliği araştırılmıştır.

Tablo 4. 3: İnceleme alanından alınan toprak numunelerine ait analiz sonuçlarından elde edilen element korelasyon tablosu.

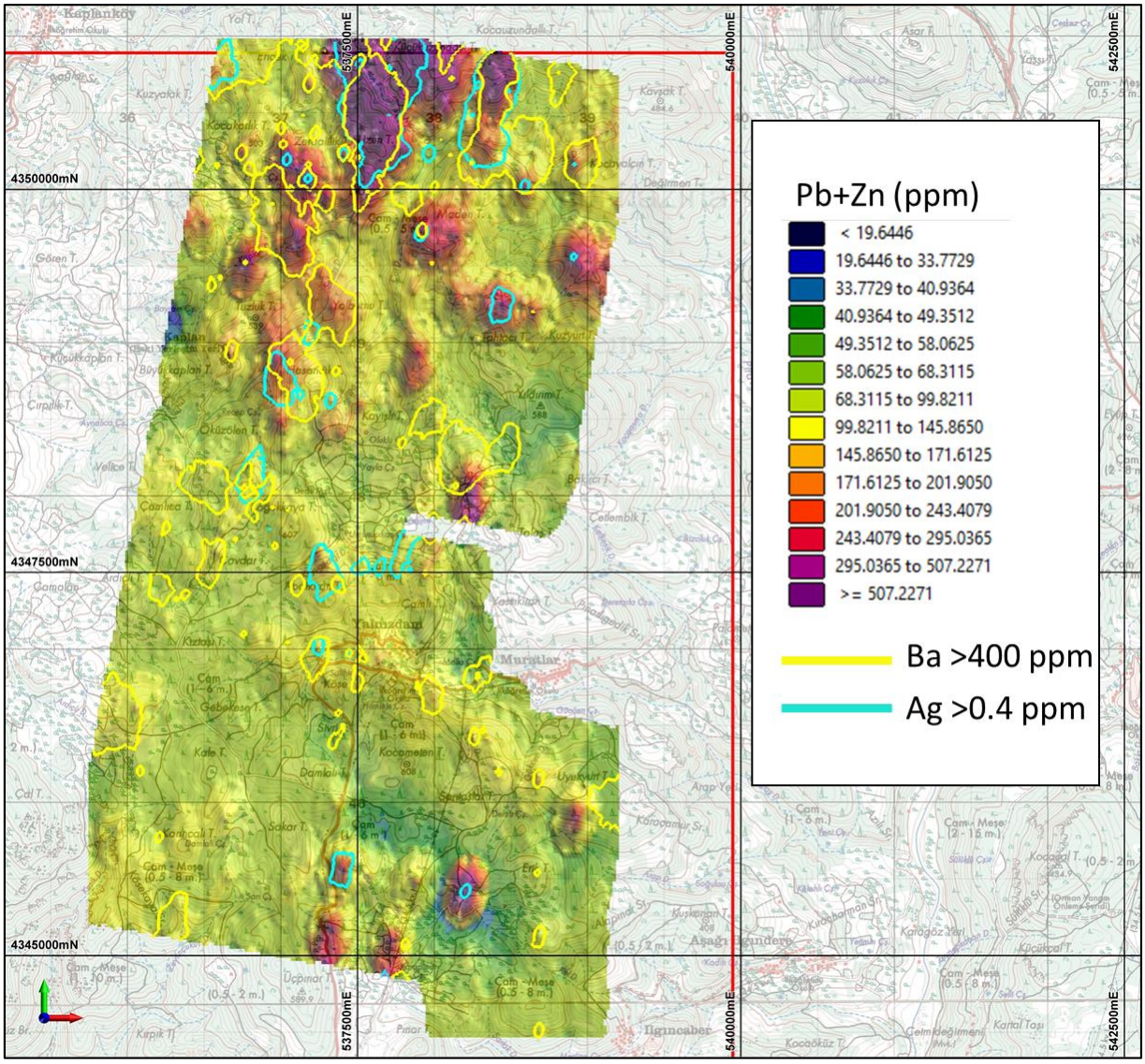
Element	*Ag ppm*	*As ppm*	*Au ppm*	*Ba ppm*	*Bi ppm*	*Cd ppm*	*Cu ppm*	*Fe pct*	*Hg ppm*	*Li ppm*	*Mn ppm*	*Mo ppm*	*Pb ppm*	*Sb ppm*	*Te ppm*	*Zn ppm*
Ag ppm	1.00	0.14	0.38	0.22	0.71	0.66	0.82	0.11	0.03	-0.04	0.23	0.08	0.54	0.01	0.83	0.65
As ppm	0.14	1.00	0.04	0.16	0.10	0.19	0.14	0.38	0.38	-0.12	0.25	0.42	0.17	0.13	0.06	0.24
Au ppm	0.38	0.04	1.00	-0.03	0.33	0.12	0.36	0.02	0.07	0.00	0.01	0.09	0.07	-0.01	0.37	0.14
Ba ppm	0.22	0.16	-0.03	1.00	0.08	0.47	0.01	0.25	-0.02	-0.08	0.49	0.13	0.48	0.00	0.00	0.50
Bi ppm	0.71	0.10	0.33	0.08	1.00	0.24	0.81	0.02	-0.02	0.04	0.00	0.11	0.05	0.03	0.84	0.23
Cd ppm	0.66	0.19	0.12	0.47	0.24	1.00	0.33	0.26	0.07	-0.07	0.55	0.05	0.84	0.03	0.28	0.90
Cu ppm	0.82	0.14	0.36	0.01	0.81	0.33	1.00	0.18	0.01	0.02	0.11	0.12	0.09	0.04	0.93	0.34
Fe pct	0.11	0.38	0.02	0.25	0.02	0.26	0.18	1.00	0.02	0.05	0.50	0.38	0.24	0.05	-0.01	0.38
Hg ppm	0.03	0.38	0.07	-0.02	-0.02	0.07	0.01	0.02	1.00	-0.13	0.00	0.09	0.11	0.02	-0.01	0.09
Li ppm	-0.04	-0.12	0.00	-0.08	0.04	-0.07	0.02	0.05	-0.13	1.00	-0.03	-0.09	-0.07	-0.05	0.00	-0.09
Mn ppm	0.23	0.25	0.01	0.49	0.00	0.55	0.11	0.50	0.00	-0.03	1.00	0.16	0.48	0.09	-0.02	0.56
Mo ppm	0.08	0.42	0.09	0.13	0.11	0.05	0.12	0.38	0.09	-0.09	0.16	1.00	0.06	0.09	0.05	0.10
Pb ppm	0.54	0.17	0.07	0.48	0.05	0.84	0.09	0.24	0.11	-0.07	0.48	0.06	1.00	0.03	0.05	0.85
Sb ppm	0.01	0.13	-0.01	0.00	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	-0.05	0.09	0.09	0.03	1.00	0.01	0.02
Te ppm	0.83	0.06	0.37	0.00	0.84	0.28	0.93	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.05	0.05	0.01	1.00	0.27
Zn ppm	0.65	0.24	0.14	0.50	0.23	0.90	0.34	0.38	0.09	-0.09	0.56	0.10	0.85	0.02	0.27	1.00

4.3.5.2. Au Anomalisi

Derlenen toprak örneklerinin jeokimya verileri incelenmiş Au değerlerinin 1 ppb ile 1.24 ppm arasında değiştiği saptanmıştır. Micromine programında oluşturulan histogramlar yardımıyla volkanitlerin Au background değerleri 29 ppb olarak hesaplanmış ve 30 ppb ve üstü ise anomali değeri olarak kabul edilmiştir. Buna göre inceleme alanında Koğukkaya tepe ve civarında anomali alanı belirlenmiştir (Şekil 4.18-4.19).

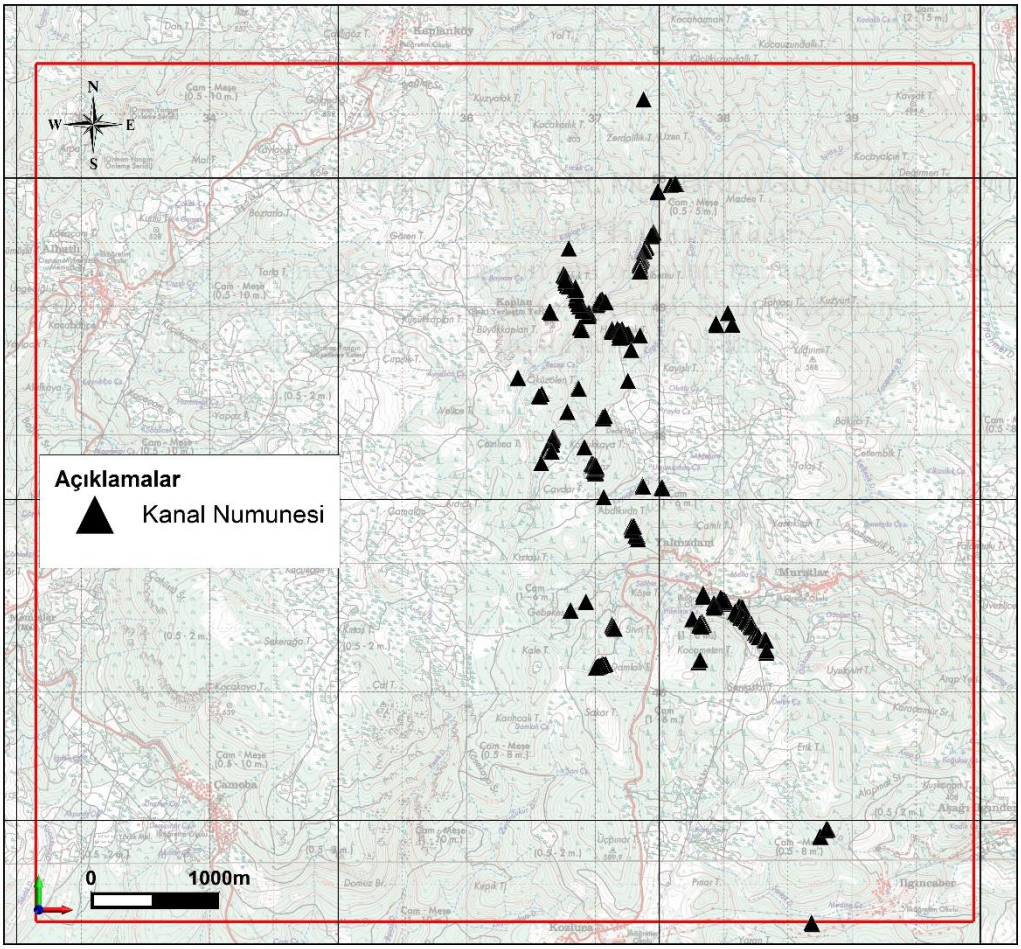


Şekil 4.18: Toprak numuneleri analiz sonuçlarından elde edilen Pb-Zn anomali haritası üzerinde Au ve Ag dağılımı.

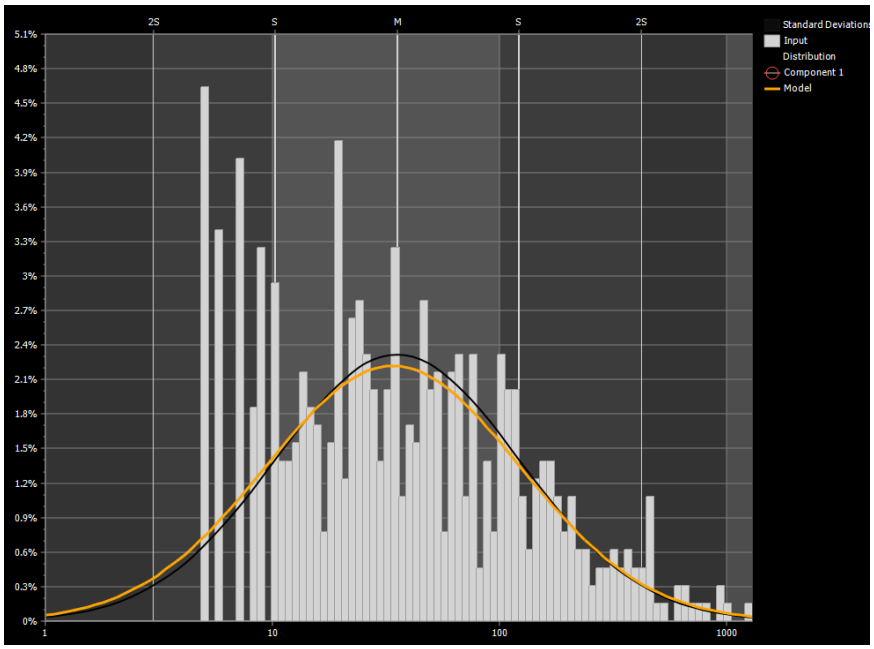


Şekil 4.19: Toprak numunelerinden oluşturulan Pb-Zn anomali haritası üstünde Ba ve Ag dağılımı.

Kanal numunelerine (Şekil 4.20) ait jeokimyasal analizlerden oluşturulan histogram ve elde edilen istatiksel parametreler ile eşik değer olarak 35 ppb kabul edilmiş ve bu değerden büyük alanlar eşit veri kümelerini temsil edecek şekilde renklendirilerek anomali alanları belirlenmiştir (Şekil 4.21-22).

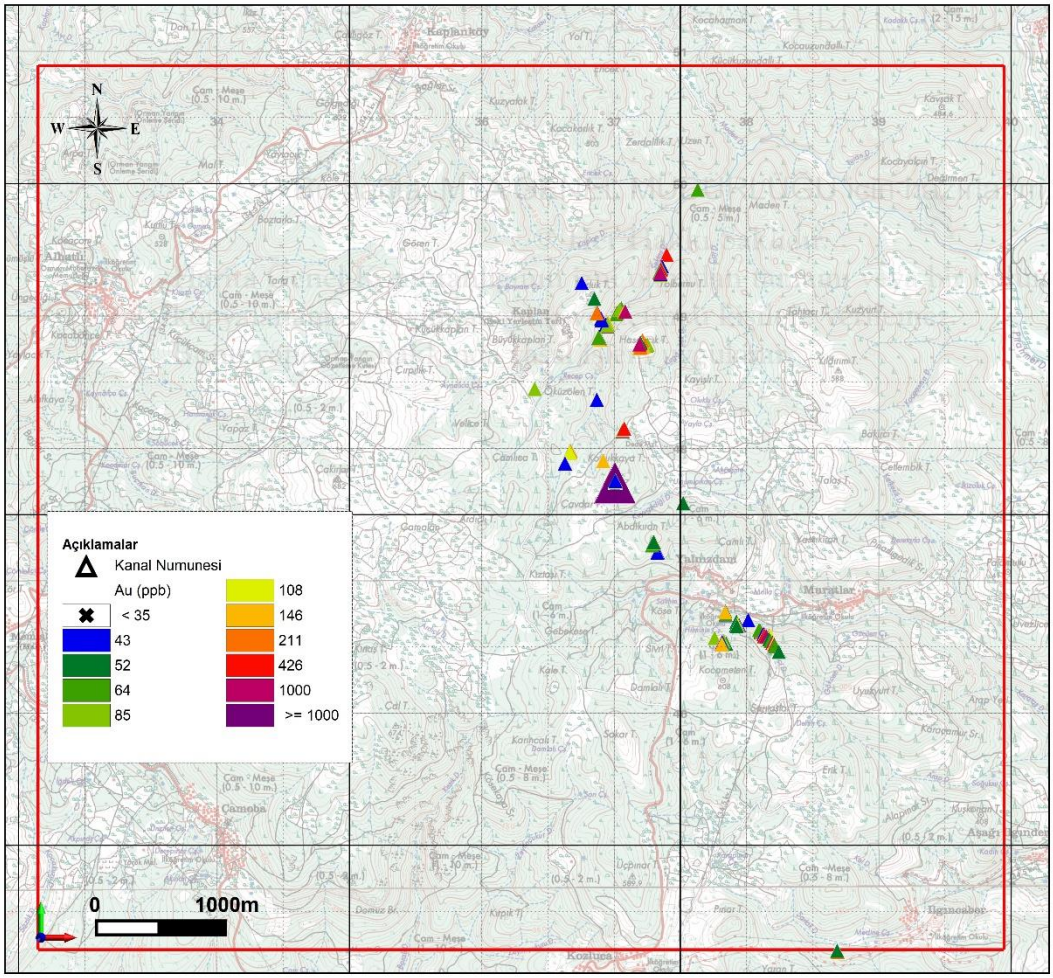


Şekil 4.20: Çalışma alanından alınmış kanal numunelerinin yerlerini gösterir örnek alım haritası.



Min	5	Median	32
Max	1290	Ln Mean	3.57
2nd Highest	981	Ln Std Dev	1.235
3rd Highest	946	Geo. Mean	35.523
4th Highest	932	Geo. Std Dev	3.44
N	647	Sichel's Estimator	76.04
Mean	79.824	Sichel's V	1.524
Variance	18078.39	Sichel's Gamma	2.141
Standard Dev	134.456	Chi-Square	302.61
CV	1.684	Degrees of Freedom	62

Şekil 4.21: Kanal numunelerinden oluşturulmuş Au (ppb) histogramı ve değerleri.



Şekil 4.22: Kanal numunelerine ait Au (ppb) değerlerinden oluşturulmuş tematik harita.

4.3.5.3. Pb-Zn±Ag Cevher Zonunun Jeokimyası

İnceleme alanının kuzeyinde Maden Deresi ve civarında mostra veren Pb-Zn±Ag cevher zonundan alınan sistematik örneklerin jeokimyasal analizleri yapılmıştır (Tablo 4.4-Tablo 4.5). Bu verilere göre cevher zonunda Zn değeri % 0.25 ile %16 arasında (ortalama %3.49), Pb değeri %0.54 ile %14.35 arasında (ortalama %2.78), Ag değeri 3.39ppm ile 716ppm arasında (ortalama 64.67ppm), Au değeri 7ppb ile 1.185ppm arasında (ortalama 0.195ppm) dağılmaktadır. Çalışma alanından alınan bazı örneklerin jeokimya sonuçları aşağıda listelenmiştir.

Cevherli zon ve çevresinden alınan 21 adet kaya numunesinden baz metal değerleri yanı sıra Au ve Ag değerlerinin de oldukça yüksek geldiği gözlenmiştir (Tablo 4.4).

Örnek bazında incelediğimizde en yüksek baz metal değerinin geldiği 116 no'lu örnekte Ag değerinin pik yaptığı, Au değerinin ise nispeten daha düşük olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.4). Bu da Yalnızdam köyü Maden deresi Pb-Zn±Ag cevherleşmesinde Ag'nin Pb ile korelasyonunu göstermektedir. Aynı örnekte Cu, Hg, Mn, Mo ve Sb değerlerinin de oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu elementer birliktelik hidrotermal bir ya da birkaç sistemin varlığını doğrulamaktadır (Tablo 4.4).

En yüksek As değeri 4310 ppm olarak 107 no'lu örnekte ölçülmüştür. Bu değerle birlikte epitermal bir sistemde birlikte yükselmesi beklenebilecek Hg, Cu, Mo, Mn değerleri de artış göstermektedir (Tablo 4.4).

Tablo 4. 4: Maden Deresi civarından alınan 101-110 no'lu örneklerin ICP-MS analiz sonuçları.

Örnek	No	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
Au	ppm	0.350	0.406	0.816	0.710	0.027	0.007	0.013	0.031	0.059	0.059
Ag	ppm	25.40	16.50	16.85	5.21	9.53	3.39	57.90	50.50	12.00	8.42
Pb	%	3.9400	1.8400	2.4600	0.5650	1.3700	0.5470	0.5990	9.1200	1.1400	0.6790
Zn	%	0.7570	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.3750	1.0000	1.0000	0.7830	0.9070
Al	(%)	0.60	0.95	0.44	0.29	0.69	0.96	0.16	0.61	0.29	0.26
As	(ppm)	76	146	697	190	52	96	4310	198	102	164
Ba	(ppm)	50	300	40	40	30	510	30	40	6720	730
Be	(ppm)	3.54	1.67	2.28	1.49	1.46	1.43	0.58	2.82	2.06	1.6
Bi	(ppm)	2.26	0.33	0.17	0.15	0.62	0.30	0.04	0.50	0.04	0.08
Ca	(%)	3.19	1.18	1.08	2.36	1.56	0.83	4.30	0.30	0.06	0.05
Cd	(ppm)	36.70	84.90	433	443	348	22	253	931	57.70	55.5
Ce	(ppm)	16.80	21.10	15.85	5.84	39.40	59.50	11.90	14.50	26.10	16.2
Co	(ppm)	12.60	7.20	9.10	5.60	8.60	9.50	15.70	16.40	11.50	7
Cr	(ppm)	24	27	33	23	15	17	2	12	3	4
Cs	(ppm)	2.82	1.18	2.31	1.64	3.98	2.81	3.25	0.92	4.01	2.86
Cu	(ppm)	10.00	31.10	190.00	66.20	17.80	6.70	110.00	6.80	19.90	25.9
Fe	(%)	8.80	8.09	9.68	6.61	4.06	4.16	2.23	11.90	10.85	5.8
Ga	(ppm)	2.79	3.98	2.26	1.47	2.98	4.65	2.13	3.21	3.17	1.37
Ge	(ppm)	0.06	0.12	0.11	0.08	0.07	0.09	0.05	0.13	0.11	0.1
Hf	(ppm)	0.03	0.02	0.03	0.02	0.11	0.06	0.03	0.04	0.02	0.02
Hg	(ppm)	0.94	6.60	15.70	8.13	6.20	0.49	51.80	8.75	22.40	2.65
In	(ppm)	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.01	0.07	0.03	0.011
K	(%)	0.13	0.04	0.12	0.06	0.24	0.15	0.11	0.04	0.13	0.12
La	(ppm)	7.80	7.70	4.10	1.00	19.10	30.90	3.90	9.00	18.70	9.8
Li	(ppm)	7.60	15.50	2.60	2.80	4.60	13.10	0.40	6.90	0.50	0.8
Mg	(%)	1.38	0.86	0.42	0.94	0.75	0.97	1.65	0.30	0.04	0.03
Mn	(ppm)	13800	17500	22300	15650	2230	1200	4740	3930	50000	18000
Mo	(ppm)	0.85	0.53	0.56	0.68	1.28	6.37	69.20	0.54	4.55	8.26
Na	(%)	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03
Nb	(ppm)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.21	0.07	0.06	<0.05	<0.05	0.06
Ni	(ppm)	13.50	6.90	14.60	8.10	14.60	19.10	29.50	29.50	13.30	17.1
P	(ppm)	370	250	280	140	1080	1090	250	490	250	280
Rb	(ppm)	9.40	3.40	8.50	4.60	14.00	9.90	7.60	2.70	9.70	7.7
S	(%)	1.68	0.26	4.25	4.26	3.44	0.39	2.82	7.21	0.05	0.15
Sb	(ppm)	22.30	20.70	38.60	11.65	9.07	3.30	206.00	41.30	17.80	16
Sc	(ppm)	4.00	2.70	2.90	1.90	4.60	6.10	2.50	5.20	2.80	1.8
Se	(ppm)	0.90	0.80	1.80	1.80	2.20	0.50	1.80	4.30	1.00	1
Sn	(ppm)	0.20	0.30	0.30	0.20	0.70	1.30	0.20	0.50	0.20	0.4
Sr	(ppm)	292	391	158	194	50	52	445	15	183.50	233
Ta	(ppm)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Te	(ppm)	0.17	0.15	0.03	0.05	0.02	<0.01	0.11	<0.01	0.02	0.04
Th	(ppm)	1.30	1.30	0.60	<0.2	4.30	6.60	0.90	1.40	1.80	1.4
Tl	(ppm)	0.08	0.33	3.81	0.15	0.14	0.11	2.76	0.08	0.69	0.22
U	(ppm)	0.83	1.37	1.09	0.66	1.18	0.61	2.39	0.37	3.69	1.41
V	(ppm)	33	24	23	15	42	42	8	48	55	12
W	(ppm)	1.23	6.27	4.93	3.85	2.04	0.55	0.55	21.40	32.20	1.83
Y	(ppm)	9.50	14.55	25.20	21.20	10.15	7.49	4.01	11.10	22.80	11.45
Zr	(ppm)	0.90	0.50	0.80	<0.5	3.40	1.80	0.90	1.00	0.50	0.5

Tablo 4.4: (devam) Maden Deresi civarına ait 111-121 no'lu örneklerin ICP-MS analiz sonuçları.

Örnek	No	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
Au	ppm	0.090	0.077	1.185	0.082	0.040	0.060	0.029	0.009	0.022	0.015	0.018
Ag	ppm	36.20	11.05	19.55	63.70	25.90	716.00	62.10	47.70	73.40	52.10	44.70
Pb	%	2.3400	2.5300	3.7900	7.6500	1.3700	14.3500	1.0400	0.7120	1.0600	0.6130	0.846
Zn	%	1.5150	11.5500	13.3000	5.6000	4.0100	16.0000	6.0300	2.5400	0.2570	1.6550	2.050
Al	(%)	0.11	0.84	0.41	0.1	0.15	0.11	0.11	0.22	0.28	0.09	0.32
As	(ppm)	150	1030	139.5	128.5	846	309	3150	830	438	72.1	2160
Ba	(ppm)	80	60	30	30	40	30	20	90	1990	970	280
Be	(ppm)	1.21	2.21	1.95	1.89	0.78	0.44	0.54	0.81	1.22	0.3	0.71
Bi	(ppm)	0.06	0.25	0.6	0.1	0.02	0.04	0.04	0.11	0.04	0.02	0.07
Ca	(%)	3.53	1.21	0.65	8.01	4.1	1.07	4.75	2.43	5.56	0.06	0.62
Cd	(ppm)	88.3	570	651	279	180.5	1000	354	110.5	8.3	99.1	117.5
Ce	(ppm)	4.43	18.65	26.6	10.4	10.75	13.75	5.05	18.8	44	4.24	48.5
Co	(ppm)	4.8	7.1	6.4	3.6	5.8	7.5	9.7	12.1	11.6	6.6	15
Cr	(ppm)	2	6	4	4	5	3	2	4	26	2	10
Cs	(ppm)	0.81	1.05	1.43	1.21	1.07	0.98	2.33	2.89	1.77	0.57	4.56
Cu	(ppm)	59.8	15.3	16.2	33.4	67.3	1650	97.5	73.5	40.2	189	121
Fe	(%)	5.3	10.05	7.44	6.18	4.55	4.56	2.24	2.56	4.08	2.72	2.68
Ga	(ppm)	0.91	4.12	2.51	1.24	1.14	2.4	1.74	2.67	1.35	2.23	2.13
Ge	(ppm)	0.1	0.18	0.19	0.08	0.07	0.08	<0.05	<0.05	0.06	0.12	0.08
Hf	(ppm)	<0.02	0.04	0.02	<0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	<0.02	0.03
Hg	(ppm)	11.75	5.56	20.3	14.6	11.9	88.2	55.2	45.3	3.53	72.2	19.35
In	(ppm)	0.006	0.05	0.04	0.014	0.022	0.06	0.005	0.011	0.032	0.021	0.02
K	(%)	0.02	0.04	0.03	0.05	0.08	0.07	0.07	0.16	0.16	0.03	0.21
La	(ppm)	2.6	8.4	6.2	6.7	4.9	6.9	1.9	8.9	20.8	2.7	26.4
Li	(ppm)	0.7	6.1	6.3	1.5	0.8	0.4	0.5	0.6	0.4	0.7	2.9
Mg	(%)	0.82	0.66	0.44	2.83	1.03	0.25	1.65	0.72	0.16	0.02	0.05
Mn	(ppm)	13400	5620	14600	9040	6620	11150	5300	4640	9750	8860	3470
Mo	(ppm)	2.14	0.46	0.55	1.04	3.05	10.95	61.6	52.1	1.55	2.06	5.56
Na	(%)	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01
Nb	(ppm)	0.06	0.08	0.08	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	0.07	0.11	<0.05	0.06
Ni	(ppm)	13.4	9.1	8.6	9.1	12.5	11.2	10.7	25.6	19.5	12.6	18.4
P	(ppm)	80	420	90	80	260	160	120	320	1510	70	660
Rb	(ppm)	2.4	3.2	3.4	3.8	5	4.1	5.6	10.8	8.5	2.1	15.1
S	(%)	0.88	2.84	3.71	4.15	1.62	4.21	2.37	1.02	0.11	0.18	0.43
Sb	(ppm)	47.8	27.7	21	67.2	53	2820	394	178	42.8	104	147
Sc	(ppm)	0.9	3.6	1.6	2.4	1.9	3.5	1.8	2.6	6.8	0.8	4.5
Se	(ppm)	0.3	2.6	4	1.6	1.1	3.1	1.1	0.6	0.4	2.2	0.9
Sn	(ppm)	0.3	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3	0.6	0.5	0.3	0.3
Sr	(ppm)	580	33.3	98.5	153	222	68.8	399	362	161	255	12.9
Ta	(ppm)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Te	(ppm)	0.04	0.13	0.05	<0.01	0.01	<0.01	0.02	0.07	0.01	0.04	<0.01
Th	(ppm)	0.3	2.1	0.3	0.2	0.6	1.2	0.6	2.7	3.7	0.4	8.7
Tl	(ppm)	0.65	1.23	0.37	0.1	0.18	2.03	6.35	0.79	0.15	0.22	0.42
U	(ppm)	0.58	1.86	1.55	1.3	1.22	2.06	0.91	3.29	2.58	0.22	1.62
V	(ppm)	11	30	17	19	8	9	7	14	30	4	17
W	(ppm)	10.55	5.51	32.2	0.43	0.26	0.2	0.23	0.87	1.57	0.95	0.22
Y	(ppm)	4.2	18.9	35.6	10.65	6.45	8.2	2.94	5.04	9.98	3.33	7.18
Zr	(ppm)	<0.5	1.2	<0.5	<0.5	0.6	0.5	0.7	1.4	2.3	<0.5	1.1

4.3.6. Sıvı Kapanım Çalışmaları

İnceleme alanında yapılan sondajlarda kesilen kurşun çinko mineralizasyonun oluşum koşullarında hakkında bilgi edinmek için, yine sondajlarda kesilen sfalerit ve kalsit minerallerinden sıvı kapanım ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.23-4.24). Bu ölçümler sayesinde sistemin vektörel olarak dağılımı hakkında daha sağlıklı yorum yapılması amaçlanmıştır. Örneklerde ilk erime (T_{FM}), son erime (Tm_{ICE}) ve homojenleşme (T_H) sıcaklığı ölçümleri belirlenmiş olup, her üç ölçümde de hata payı ± 0.5 °C'den daha azdır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: Kalsit ve sfalerit kristallerindeki kapanımlardan elde edilen mikrotermometrik ölçüm değerleri.

Örnek No	Mineral	Örnek	Homojenleşme sıcaklığı (T_H)	Tuzluluk %NaCl	İlk buz ergime sıcaklığı (T_{FM})	Son buz ergime sıcaklığı (T_{mice})	Homojenleşme sıcaklığı (T_H)	Tuzluluk %NaCl
21	Sfalerit	21-Sfalerit	190	3.40	-35	-2.00	190	3.40
21	Sfalerit	21-Sfalerit	195	3.50	-35	-2.10	195	3.50
21	Sfalerit	21-Sfalerit	202	5.70	-35	-3.50	202	5.70
21	Sfalerit	21-Sfalerit	208	3.70	-35	-2.20	208	3.70
21	Sfalerit	21-Sfalerit	200	3.40	-35	-2.00	200	3.40
21	Sfalerit	21-Sfalerit	205	3.70	-35	-2.20	205	3.70
21	Sfalerit	21-Sfalerit	203	7.00	-35	-4.40	203	7.00
21	Sfalerit	21-Sfalerit	210	6.10	-35	-3.80	210	6.10
21	Sfalerit	21-Sfalerit	205	6.50	-35	-4.10	205	6.50
21	Sfalerit	21-Sfalerit	201	3.40	-35	-2.00	201	3.40
21	Kalsit	21-Kalsit	165	1.30	-50	-0.80	165	1.30
21	Kalsit	21-Kalsit	185	1.50	-50	-0.90	185	1.50
21	Kalsit	21-Kalsit	180	1.50	-50	-0.90	180	1.50
21	Kalsit	21-Kalsit	173	1.20	-50	-0.70	173	1.20
26	Sfalerit	26-Sfalerit	250	3.00	-35	-1.80	250	3.00
26	Sfalerit	26-Sfalerit	200	3.40	-35	-2.00	200	3.40
26	Sfalerit	26-Sfalerit	205	3.70	-35	-2.20	205	3.70
26	Sfalerit	26-Sfalerit	203	4.00	-35	-2.40	203	4.00
26	Sfalerit	26-Sfalerit	195	5.00	-35	-3.00	195	5.00
26	Sfalerit	26-Sfalerit	202	4.50	-35	-2.70	202	4.50
26	Sfalerit	26-Sfalerit	196	5.70	-35	-3.50	196	5.70

Tablo 4.5: (devam) Kalsit ve sfalerit kristallerindeki kapanımlardan elde edilen mikrotermometrik ölçüm değerleri.

Örnek No	Mineral	Örnek	Homojenleşme sıcaklığı (T_H)	Tuzluluk %NaCl	İlk buz ergime sıcaklığı (T_{FM})	Son buz ergime sıcaklığı (T_{mice})	Homojenleşme sıcaklığı (T_H)	Tuzluluk %NaCl
26	Sfalerit	26-Sfalerit	201	3.20	-35	-1.90	201	3.20
26	Sfalerit	26-Sfalerit	200	3.40	-35	-2.00	200	3.40
26	Sfalerit	26-Sfalerit	210	3.50	-35	-2.10	210	3.50
27	Sfalerit	27-Sfalerit	200	4.10	-35	-2.50	200	4.10
27	Sfalerit	27-Sfalerit	200	3.40	-35	-2.00	200	3.40
27	Sfalerit	27-Sfalerit	215	3.50	-35	-2.10	215	3.50
27	Sfalerit	27-Sfalerit	210	3.40	-35	-2.00	210	3.40
27	Sfalerit	27-Sfalerit	205	3.80	-35	-2.30	205	3.80
27	Sfalerit	27-Sfalerit	200	4.00	-35	-2.40	200	4.00
27	Sfalerit	27-Sfalerit	205	3.40	-35	-2.00	205	3.40
27	Kalsit	27-Kalsit	185	1.50	-50	-0.90	185	1.50
27	Kalsit	27-Kalsit	190	1.30	-50	-0.80	190	1.30
27	Kalsit	27-Kalsit	180	1.20	-50	-0.70	180	1.20
27	Kalsit	27-Kalsit	187	1.50	-50	-0.90	187	1.50
27	Kalsit	27-Kalsit	180	1.30	-50	-0.80	180	1.30
27	Kalsit	27-Kalsit	185	1.20	-50	0.70	185	1.20
27	Kalsit	27-Kalsit	190	1.50	-50	0.90	190	1.50

Sıvı kapanım incelemelerinde, sfalerit ve kalsit minerallerinde boyutları 4-100 µm arasında değişen, sıvıca zengin (L, sıvı %80) ve sıvı ve gazca zengin (L+V, sıvı % 70 gaz %30) sıvı kapanım toplulukları (FIA) ayırtlanmıştır (Şekil 4.23-4.24).

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

Sfaleritlerde ve kalsitlerde sırasıyla ortalama -35 ila -50°C T_{FM} değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu sıcaklık değeri, çeşitli su-tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldıklarında, çözelti içinde NaCl KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$ ve $FeCl_2$ gibi tuzların bulunduğuna işaret etmektedir

(H_2O - NaCl - $MgCl_2$ sistemi için ötektik sıcaklık; - 35, H_2O - $FeCl_2$ sistemi için ötektik sıcaklık; - 35°C, H_2O – KCl- $CaCl_2$ sistemi için ötektik sıcaklık; - 50.5°C; (Shepherd ve diğ.'den, 1985)).

4.3.6.2.Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri (Tm_{ICE})

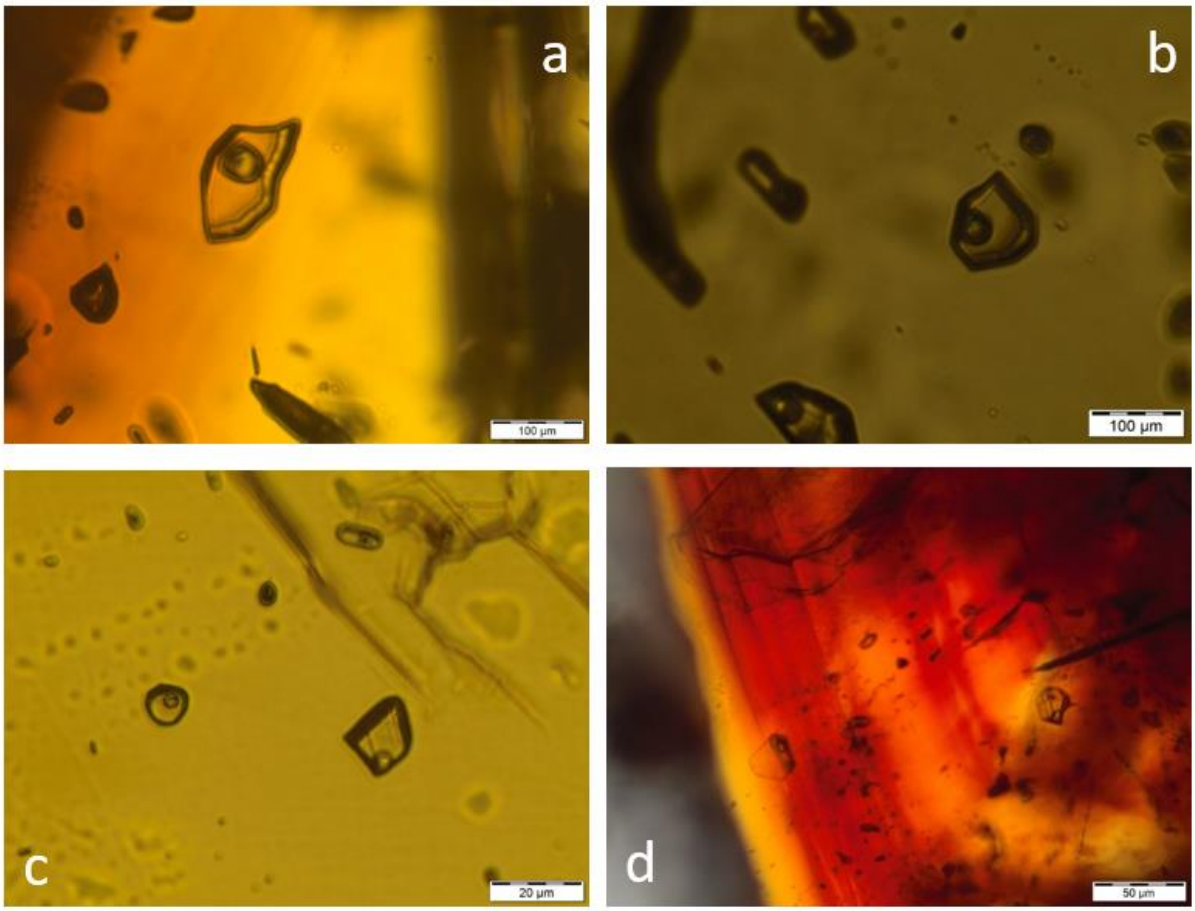
Tm_{ICE} değerleri, sfalerit kristalleri içindeki kapanımlarda -1,9°C ile -4,4°C arasında iken, kalsitlerdeki kapanımlarda -0,7°C ile -0,9°C arasında değişmektedir. Elde edilen son buz ergime sıcaklığı değerlerinden Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş;

Tuzluluk % NaCl : (-1.78 x T_m) - (0.0442 x (T_m)2) - (0.000557 x (T_m)3)

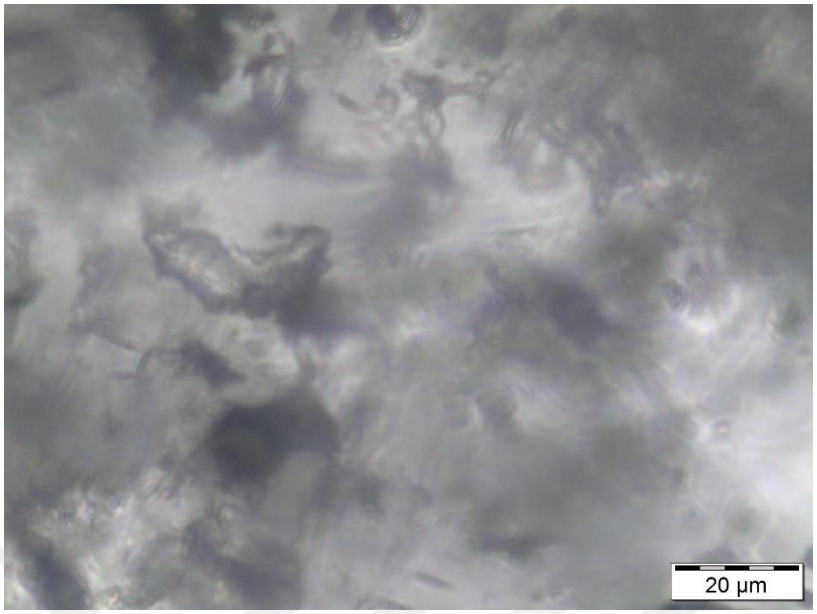
eşitliği yardımıyla belirtilen sınır değerleri için tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) değerleri hesaplanmış olup sfalerit kristalleri içerisindeki kapanımlarda tuzluluğun % 7 ile 3,2 aralığında (n =17, Ort. = % 4,1), kalsit kristalleri içerisindeki kapanımlarda ise; % 1,5 ile 1,2 aralığında (n =11, Ort. = % 1,3) değiştiği belirlenmiştir.

4.3.6.3.Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)

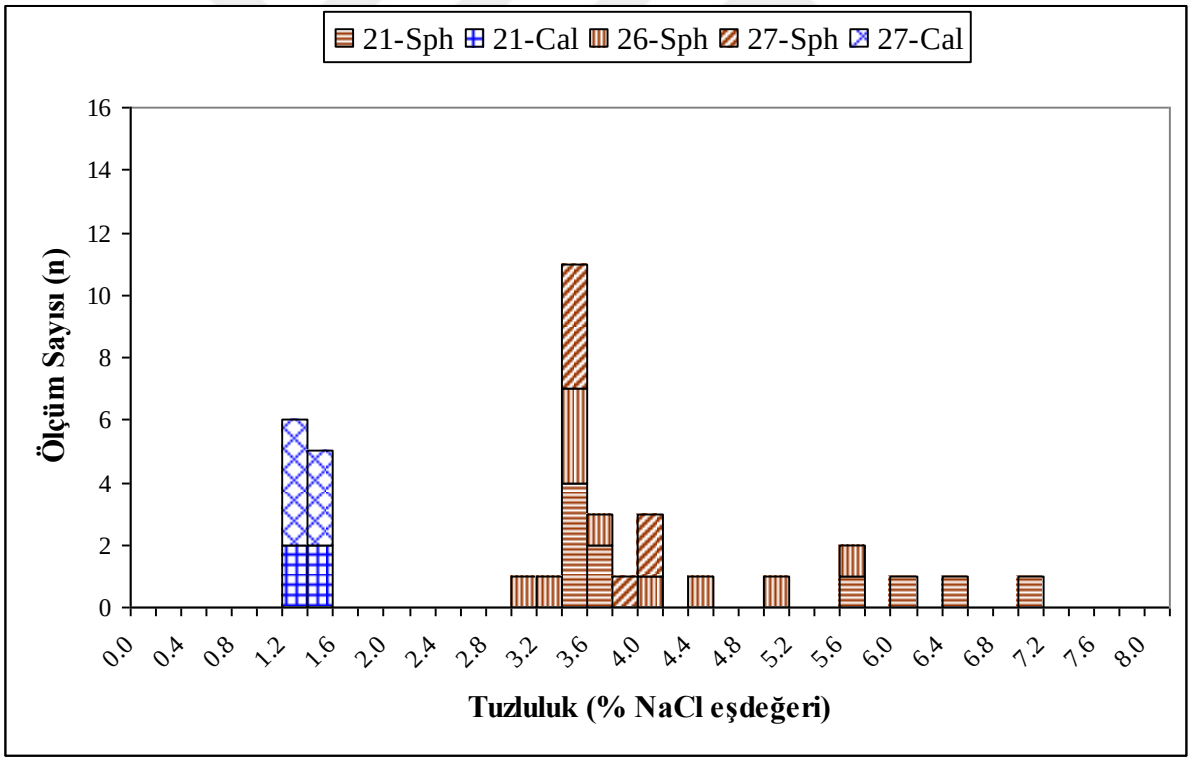
Sfaleritler içerisindeki kapanımlarda; 190°C ile 250°C arasında (n =17, Ort. = 205°C) değişen T_h değerleri ölçülürken, kalsitler içerisindeki kapanımlarda; 165°C ile 190°C arasında (n =11 Ort. = 182°C) değişen T_H değerleri ölçülmüş olup, ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerlerinden frekans dağılımı grafikleri oluşturulmuştur.



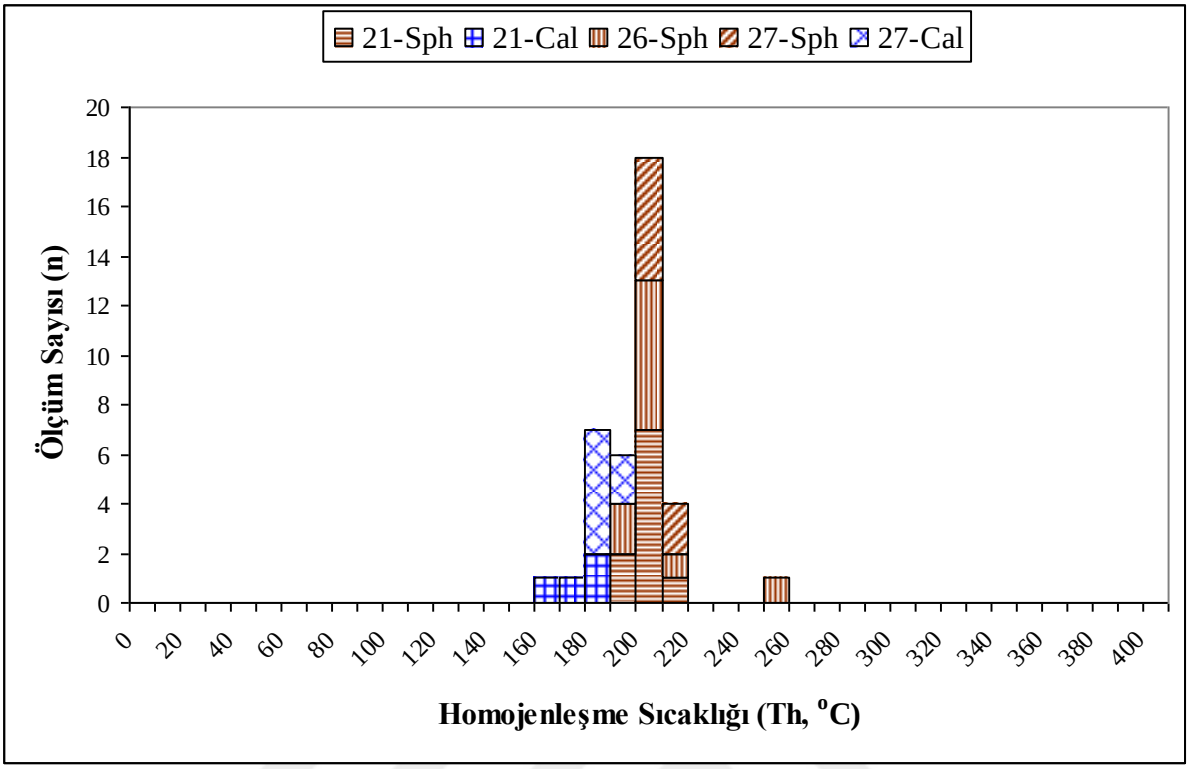
Şekil 4.23: Sfalerit kristali içerisinde gözlenen kapanımlardan görünümler. (Örnek No: 21 (a, b), 27 (c, d)).



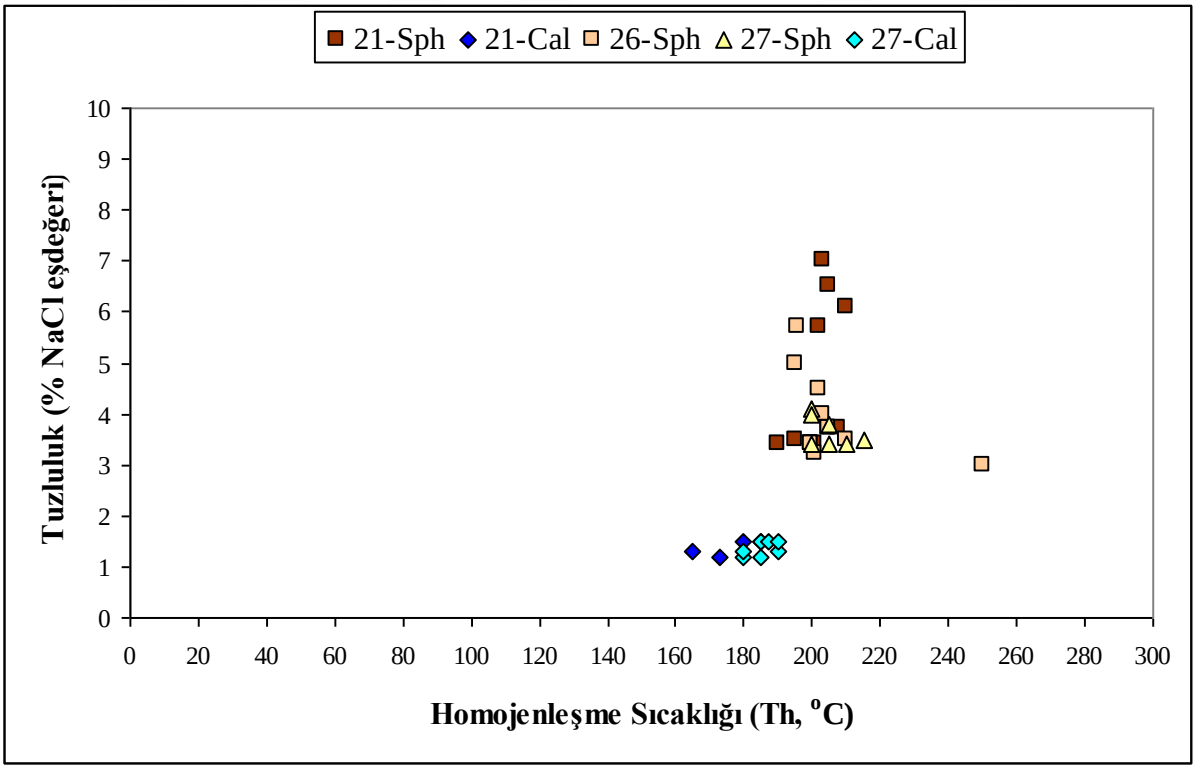
Şekil 4.24: Kalsit kristali içerisinde gözlenen kapanımlardan görünüm.(Örnek No: 26).



Şekil 4.25: Sfalerit ve kalsitlerdeki kapanımlarda ölçülen son buz ergime sıcaklığı (Tm_{ice}) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.



Şekil 4.26: Sfalerit ve kalsitlerdeki kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.



Şekil 4.27: Kapanımlarda ölçülmüş tuzluluk- homojenleşme sıcaklığı değerlendirme grafiği.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İnceleme alanındaki Au ve Pb+Zn-Ag cevherleşmeleri Türkiye'nin tektonik birlikleri haritasına göre de Sakarya kıtası içerisinde, Batı Anadolu'da yer almaktadır. Batı Anadolu Bölgesi'nde bilindiği gibi Tersiyer yaşlı magmatik sistemlerle ilişkili yaygın olarak epitermal sistem ve porfiri sistem ve ilişkili skarn tip sistemde çeşitli cevherleşmeler gelişmiştir. Bunlar baz metal ve değerli metal cevherleşmeleridir. Bölgenin en önemli yataklarında Efemçukuru Au Yatağı da Banks ve diğerleri tarafından ortaç sülfidasyon tipi bir epitermal yatak olarak tanımlanmıştır. İncelemeye konu olan Yalnızdam bölgesindeki Koğukkaya Au cevherleşmesi ve Pb-Zn±Ag cevherleşmeleri de bu sistemin bir ürünü olarak, Tersiyer yaşlı Yuntdağı volkanitlerinin kırık çatlaklarında gelişmiştir.

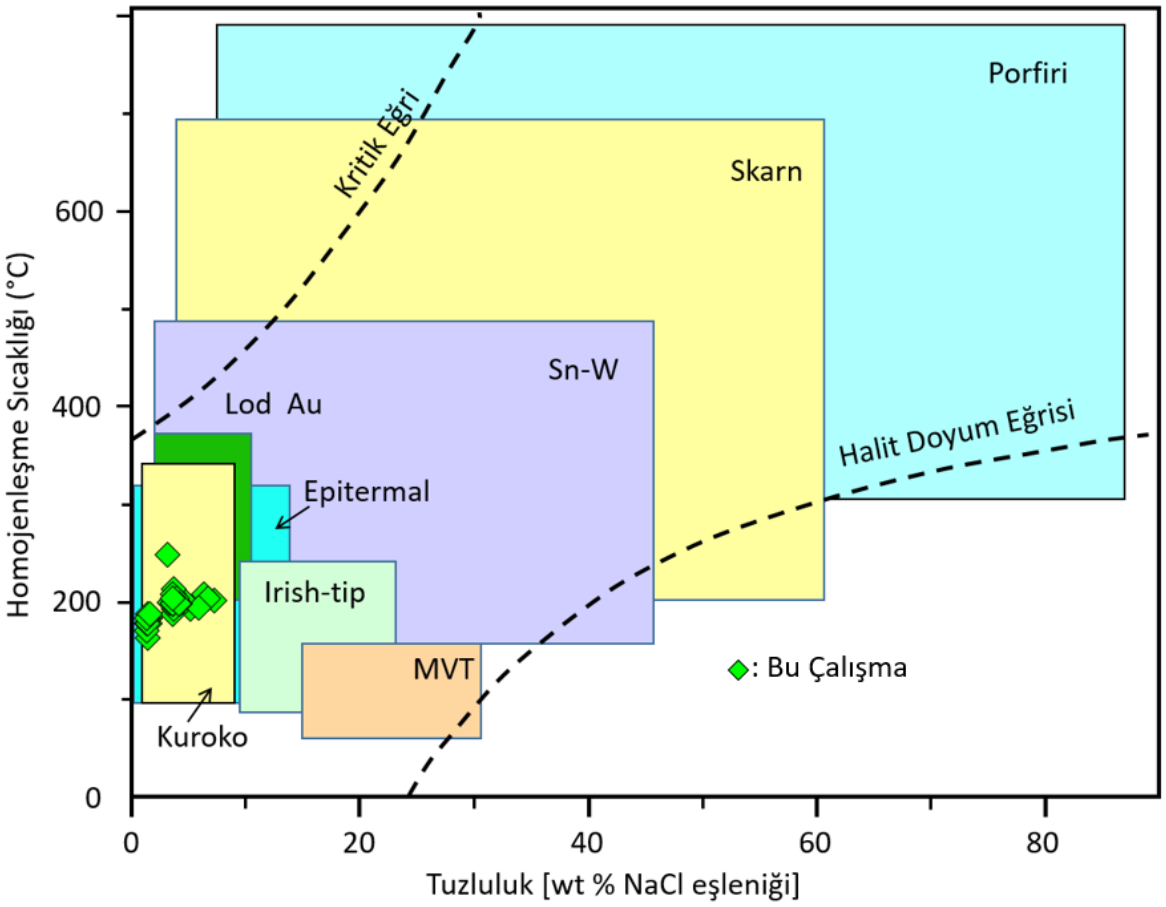
Yalnızdam köyü Koğukkaya Tepe Au cevherleşmesi K75B ve K10D doğrultulu iki kırık hattı üzerinde, yaklaşık 2 km boyunca takip edilmektedir. Cevherleşme yüzeyde silisleşmiş bir zon içerisinde gözlenmektedir. Cevher zonu boyunca yoğun arjilik alterasyon gelişmiştir. Bu cevherleşme zonundan alınan kanal numunelerinde 45 g/t'a kadar Au değerleri alınmıştır.

Yalnızdam köyü Maden deresi mevkisinde yer alan Pb-Zn±Ag cevherleşmeleri; D-B ve K-G yönlü olmak üzere iki farklı kırık hattında; 1 km'lik bir alanda gözlenmektedir. Cevher zonu maksimum 20 metre olarak gözlenmiştir. Cevherli kırık hatlarında yoğun arjilik alterasyon gözlenirken, daha geniş alanda zayıf propillitik alterasyon gözlenmektedir.

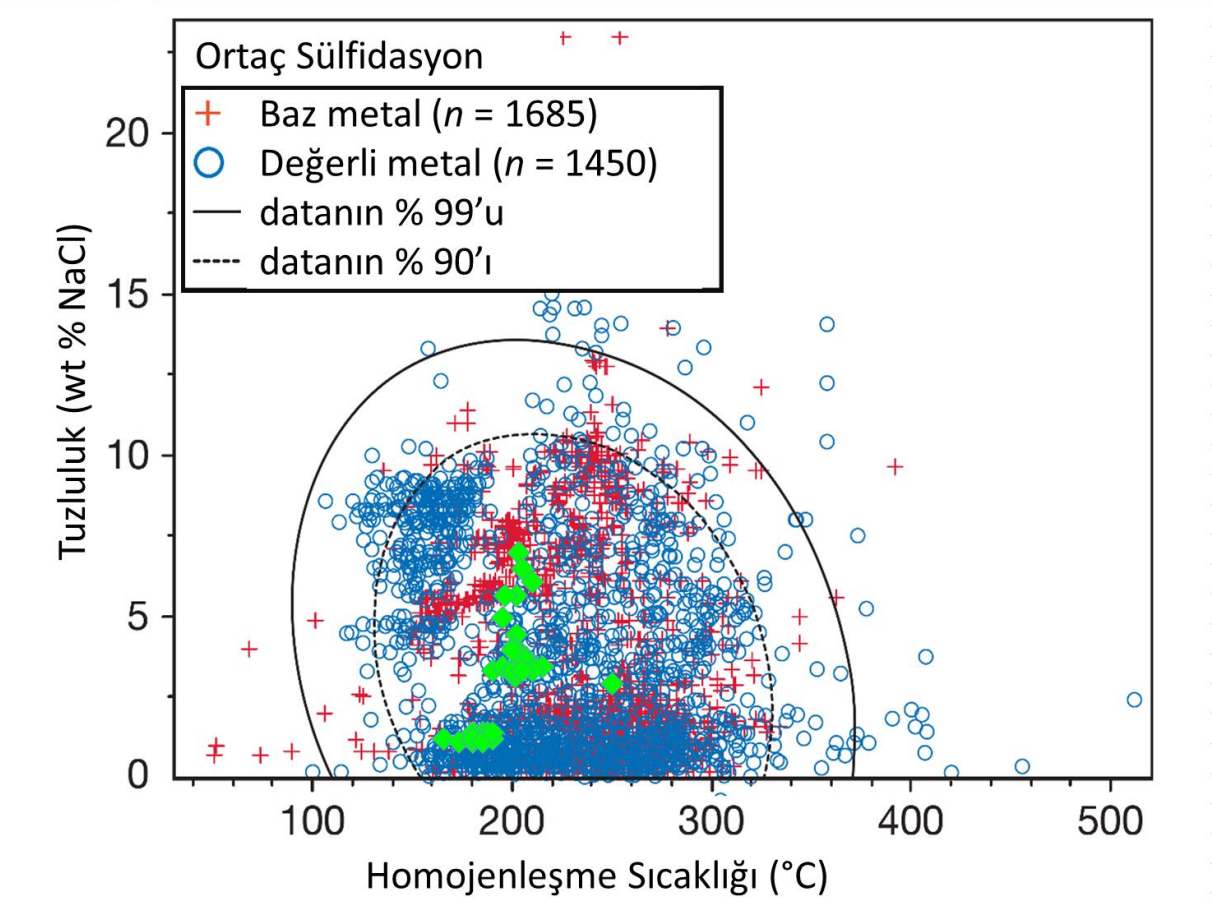
Her iki cevherleşme zonunun da kırık hatları tarafından kontrol edildiği gözlenmiştir. Au cevherleşmesinin yer aldığı Koğukkaya tepe de herhangi bir Au mineraline rastlanmamıştır. Maden deresi Pb-Zn±Ag cevherleşmesinde, cevher minerali olarak sfalerit, galen, pirit ve bunların yüzey koşullarında bozuşma ürünleri olarak da serüzit ve simitsonit gelişmiştir. Ayrıca cevher damarı içerisinde barit de gang olarak bulunmaktadır.

Au cevherleşmesinin olduğu bölgeden alınan toprak ve kayaç örneklerinin jeoistatistik değerlendirmeleri sonucunda Au'nun, Ag, Te, Cu ve Bi elementleri ile pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Pb-Zn±Ag cevherleşmesinin olduğu bölgede ise özellikle Cd, Ag, Mn ve Ba elementleri ile pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Bu element birliktelikleri ve ilişkileri Au ve Ag'nin aynı sistemde oluştuğuna; Pb-Zn ile Ag'nin de ayrıca beraber geliştiğini göstermektedir.

Pb-Zn±Ag cevherleşmesinden yapılan sıvı kapanım çalışmalarında homojenleşme sıcaklıklarının (T_H) sfaleritler için 190°C ile 250°C arasında ve tuzluluğun (wt. %NaCl) ise 3 ile 7 arasında, kalsitler içinse homojenleşme sıcaklığının (T_H) 165°C ile 190°C arasında ve tuzluluğun (wt. %NaCl) ise 1.2 ile 1.5 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu sıcaklık ve tuzluk verileri cevherleşmede etkin olan çözeltilerin epitermal koşullarda meydana geldiğine işaret etmektedir (Şekil 5.1-5.2). Bu verilere göre cevherleşmede etkili olan çözeltinin kaynağını; magmatik ve meteorik suların karışımı oluşmuştur.



Şekil 5.1: Tuzluluk/homojenleşme sıcaklığı grafiğine göre sıvı kapanım ölçümleri (mavi noktalar) Epitermal sistem alanına düşmüştür (Wilkinson, 2001'den değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 5.2: Sıvı kapanım örneklerinin dünyadaki ortaç sülfidasyon tipi yataklardan yapılan örnekler ile karşılaştırılması (Bodnar, 2014'ten değiştirilerek).

Cevher parajenezleri, Pb-Zn±Ag cevherleşmesi ile Au cevherleşmesinin litolojik ve alterasyon özellikleri bakımından, aynı sistemin ürünü olabileceğini göstermektedir. Daha derinlerde baz metaller oluşurken yüzeye yakın zonlarda Au cevherleşmesi gelişmiştir. XRD ve PIMA kullanılarak elde edilen alterasyon mineral tanımlamalarına göre, özellikle Au cevherleşmesinin bulunduğunda zonda arjilik alterasyonun geliştiğini, baz metallerin olduğu zonda ise damarın hemen dar sınır aralığında arjilik alterasyon fakat bölgede geniş anlamda bir propillitik alterasyonun varlığını göstermektedir. Bu veriler inceleme alanındaki cevherleşmelerin ortaç sülfidasyon tipinde bir cevherleşme olabileceğini göstermektedir. Bu tip cevherleşmelerin derine doğru porfiri sistemlerle ilişkisi olabilir ve araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akyürek, B. ve Soysal, Y. 1978. Kırkağaç-Soma (Manisa, Savaştepe-Korucu-Ayvalık (Balıkesir), Bergama (İzmir) civarının jeolojisi: M.T.A Rap., 6432 (yayımlanmamış),Ankara.

Akyürek, B. 1989. 1:100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi. Ayvalık-G3 Paftası Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F., Mitchell, J.G., 2000. Petrogenetic evolution of Late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res. 102, 67–95.

Aldanmaz, E., 2002. Mantle source characteristics of alkali basalts and basanites in an extensional intracontinental plate setting, western Anatolia, Turkey: implication for multi-stage melting. Int. Geol. Rev. 44, 440–457.

Alıcı, P., Temel, A., Gourgaud, A., 2002. Pb–Nd–Sr isotope and trace element geochemistry of Quaternary extension related alkaline volcanism: a case study of Kula region (western Anatolia, Turkey). J. Volcanol. Geotherm. Res. 115, 487–510.

Altunkaynak, Ş., Yılmaz, Y., 1998. The mount Kozak magmatic complex, western Anatolia. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 211–231.

Altunkaynak, Ş., Yılmaz, Y., 1999. The Kozak pluton and its emplacement. Geol. J. 34, 257–274.

Altunkaynak, Ş., Genç, Ş.C., 2008. Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia (Turkey). Lithos 102, 316–340.

Banks D.A., Hanilçi N., Bozkaya G., Özbaş F., Arslan N., "Hydrothermal and Tectonic Processes Key to the Origin of the Efemçukuru Au Deposit, Western Turkey", Tethyan tectonics and Metallogeny, İzmir, Türkıye, 25-28 Eylül 2016, vol.1, no.1, pp.1-1

Bingöl, E. 1976. Batı Anadolu'nun Jeotektonik Evrimi M.T.A Dergisi sayı 86, 14-30

Bodnar, R. J., Lecumberri-Sanchez, P., Moncada, D., Steele-Macinnis, M., 2014, Treatise on Geochemistry, Second Edition, vol. 13, pp. 119-142.

Bozkurt, E., Mittwede, S.K., 2001. Introduction to the geology of Turkey—a synthesis. Int. Geol. Rev. 43, 578–591.

Bozkurt, E., Oberhansli, R., 2001. Menderes Massif (Western Turkey): structural, metamorphic and magmatic evolution—a synthesis. Int. J. Earth Sci. 89, 679–708.

Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., SarıfakioğIu, E., Adis, C., Walter, H.J., Yıldırım, T., 1995. Biga yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri. MTA Bull. 117, 55–86.

Genç, Ş.C., 1998. Evolution of the Bayramiç magmatic complex, northwestern Anatolia. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 233–249.

Genç, Ş.C., Yılmaz, Y., 1997. An example of post-collisional magmatism in Northwestern Anatolia: the Kizderbent volcanics (Armutlu Peninsula, Turkey). Turk. J. Earth Sci. 6, 33–42.

Güleç, N., 1991. Crust–mantle interaction in western Turkey: implications from Sm and Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics. Geol. Mag. 128, 417–435.

Harris, N.B.W., Kelley, S., Okay, A., 1994. Post-collision magmatism and tectonics in northwest Anatolia. Contrib. Mineral. Petrol. 117, 241–252.

Karacık, Z., Yılmaz, Y., 1998. Geology of the ignimbrites and the associated volcano–plutonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 251–264.

Ketin, İ., 1966. Tectonic units of Anatolia (Asia Minor). Maden Tetk. Aram. (MTA) Bul. 66, 22–34.

Köprübaşı, N., Aldanmaz, E., 2004. Geochemical constraints on the petrogenesis of Cenozoic I-type granitoids in northwest Anatolia, Turkey: evidence for magma generation by lithospheric delamination in a post-collisional setting. Int. Geol. Rev. 46, 705–729.

Kuşcu, İ., Gençalioğlu-Kuşcu, G., Tosdal, R., Ulrich, T., Friedman, R., 2011. The geochronology of gold–copper deposition and temporal association with magmatic rocks in western Anatolia. 64th Geological Congress of Turkey, April 25–29, Abstracts, Ankara.

Okay, A.İ., Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Seranne, M. (Eds.), The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society London. Special Publication, 156, pp. 475–515.

Okay, A.İ., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R., Akyüz, R., 1996. Paleoand Neo-Tethyan events in northwest Turkey: geological and geochronological constraints. In: Yin, A., Harrison, M. (Eds.), Tectonics of Asia. Cambridge Univ Press, Cambridge, pp. 420–441.

Seyitoğlu, G., Scott, B.C., 1992. Late Cenozoic volcanic evolution of the northeastern Aegean region. J. Volcanol. Geotherm. Res. 54, 157–176.

Shepherd, T.J., Rankin, A.H. and Alderton, D.H. (1985) A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies. Blackie and Sons, 239.

Şengör, A.M.C., Yilmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics 75, 181–241.

Wilkinson, J. J., 2001, Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, Lithos 55 (2001), 229-272.

Yılmaz, Y., Polat, A., 1998. Geology and evolution of the Thrace volcanism, Turkey. Acta Vulcanol. 10, 293–303.

Yılmaz, Y., 1990. Comparisons of the young volcanic associations of the west and the east Anatolia under the compressional regime: a review. J. Volcanol. Geotherm. Res. 44, 69–87.

Yılmazer, E., Güleç, N., Kuşcu, İ., Lentz, D.R., 2013. Geology, geochemistry, and geochronology of Fe-oxide Cu (±Au) mineralization associated with Şamlı pluton, western Turkey. Ore Geology Reviews 57 (2014) 191–215.

EKLER

5.1.1. EK 1. Çalışma alanının jeoloji haritası

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Serdar Çalgın
Doğum Yeri	Sarıyer
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokunun.
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	+90539 7662363
E-Posta Adresi	serdarcalgin@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeoloji Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	Tarih girmek için tıklayın veya dokunun.

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Tezli Yüksek Lisans Programı

Makale ve Bildiriler