



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINI

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY INSTITUTE

ISSN 2146-538X

CİLT/VOLUME: 4

SAYI/NUMBER: 1

YIL/YEAR: 2014

Gümüşhane University Science and Technology Institute Bağlarbaşı Mahallesi 29100 Gümüşhane/TURKEY
gufbed@gumushane.edu.tr Tel: 0 456 233 75 36 Faks: 0 456 233 74 27

Kibletepe (Trabzon, KD Türkiye) Volkanojenik Masif Zn-Cu Cevherleşmesinin Mineralojisi ve Hidrotermal Alterasyonu

Sema AKYÜREK¹, Ferkan SİPAHİ^{2,*}

¹MTA Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye

²Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-29100, Gümüşhane, Türkiye

Geliş tarihi/Received 10.07.2013

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 16.11.2013

Kabul tarihi/Accepted 13.01.2014

Özet

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Kibletepe (Araklı, Trabzon) ve çevresindeki volkanik kayalar Geç Kretase yaşlı olup, tabanda bazalt, andezit ve piroklastları, bunların üstündeki dasit, riyolit ve piroklastları ile bunları kesen bazalt ve andezit dayklarından oluşmaktadır. Geç Kretase yaşlı dasitik ve riyolitik kayalar hyalo-porfirik ve sferulitik dokuda olup, başlıca plajiyoklas, kuvars ve hornblend minerallerinden oluşmaktadır.

Kibletepe Cevherleşmesi ağsal, saçınımlı ve breşik yapıda bulunmaktadır. Pirit, sfalerit, kalkopirit ve daha az oranda fahlerz, dijenit, kovellin ve malahit cevher minerallerini oluşturmaktadır. Gang mineralleri ise kalsit, kuvars ve kil mineralleridir. Sfalerit ile kalkopirit ayrılma dokusu oluşturmaktadırlar. Cevherleşmelerin etrafındaki yan kayalarda genellikle serizitleşme, silisleşme, killeşme ve daha az karbonatlaşma, kloritleşme, hematitleşme ve limonitleşme türü alterasyonlar izlenmektedir. Başlıca kil mineralleri illit, kaolinit, klorit ve simektit olup, az oranda illit/simektit aratabakalaşması belirlenmiştir.

Sonuç olarak, Kibletepe'deki volkanitler, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki masif sülfür yataklarının gösterdiği ayrışma özelliklerine benzer ayrışmalar göstermekte ve bunlardaki cevherleşme Doğu Karadeniz ada yayı volkanizmasına bağlı olarak gelişen hidrotermal çözeltilerle ilişkilidir.

Anahtar Kelimeler: Felsik Kayalar, Doğu Karadeniz Bölgesi, Hidrotermal Alterasyon, Masif Sülfür Cevherleşmesi

Mineralogy and Hydrothermal Alteration of Kibletepe (Trabzon, NE Turkey) Volcanogenic Massive Zn-Cu Mineralization

Abstract

In the Kibletepe (Araklı, Trabzon) and its surrounding areas at the eastern Black Sea Region, Late Cretaceous volcanic rocks consist of basalt, andesite and their pyroclastics that they are overlain by dacite, rhyolite and their pyroclastics at the basement cutting off by dykes of basalt and andesite. Late Cretaceous aged dacitic and rhyolitic rocks have hyalo-porphyric and spherulitic textures and consist of plagioclase, quartz and hornblende minerals.

*Ferkan SİPAHİ, ferkansipahi@gmail.com, Tel: 0 456 233 7425

The Kibletepe mineralization is observed in the form of stockwork, disseminated and brecciated texture. The main ore minerals are pyrite, sphalerite and chalcopyrite with minor amounts of fahlore, digenite, covellite and malachite. Quartz, calcite and clay minerals are found as gang minerals. Exsolution lamellia texture was developed sphalerite together with chalcopyrite. Sericitization, silicification, clay alteration and lesser amount carbonatization, chloritization, hematization and limonitization are generally observed in the wall rocks around the mineralizations. As clay minerals, illite, kaolenite, chlorite, simectite and less amount of interlayered illite/simectite were determined.

As a result, the volcanics in the Kibletepe reflect similarities to the hydrothermal alteration of the massive sulphide deposits in the eastern Black Sea Region and the ore are developed from hydrothermal fluids related to the eastern Black Sea island arc volcanism.

Key Words: *Felsic Rocks, Eastern Black Sea Region, Hydrothermal Alteration, Kibletepe, Massive Sulphide Mineralization,*

1. Giriş

Doğu Karadeniz Bölgesi volkanik provensi, doğu-batı yönünde yaklaşık 400 km ve kuzey-güney yönünde 60 km uzunluğunda olup, çok sayıda maden yatağı içermekte ve Tetis-Avrasya metalojenik kuşağının bir parçası olarak Karadeniz Bölgesi (Pontid) metalojenik kuşağı diye tanımlanmaktadır (Pejatoviç, 1979; Akıncı, 1980). Bu kuşak içinde çok sayıda volkanojenik masif sülfid (VMS) tip yataklar bulunmakta olup, dasitik kayalar içinde yer almaktadır. Ayrıca çok sayıda araştırmacı (Pejatoviç, 1979; Çağatay, 1980; Kolaylı, 1989; Van, 1990; Lermi 1996; Tüysüz ve Er, 1995; Tüysüz, 1999; 2000; 2003; Akçay ve Arar, 1999; Akçay ve Moon, 2001; Akçay, 2003; Çiftçi vd., 2005; Sipahi, 2005; Abdioğlu, 2008; Sipahi ve Sadıklar, 2011; Karakaya vd., 2012, Aydınçakır ve Kaygusuz, 2012) bu yataklar ve içinde buldukları kayaları genellikle jeoloji, petrografi, maden yatakları ve daha az olarak da alterasyon mineralojisi açısından ele almıştır.

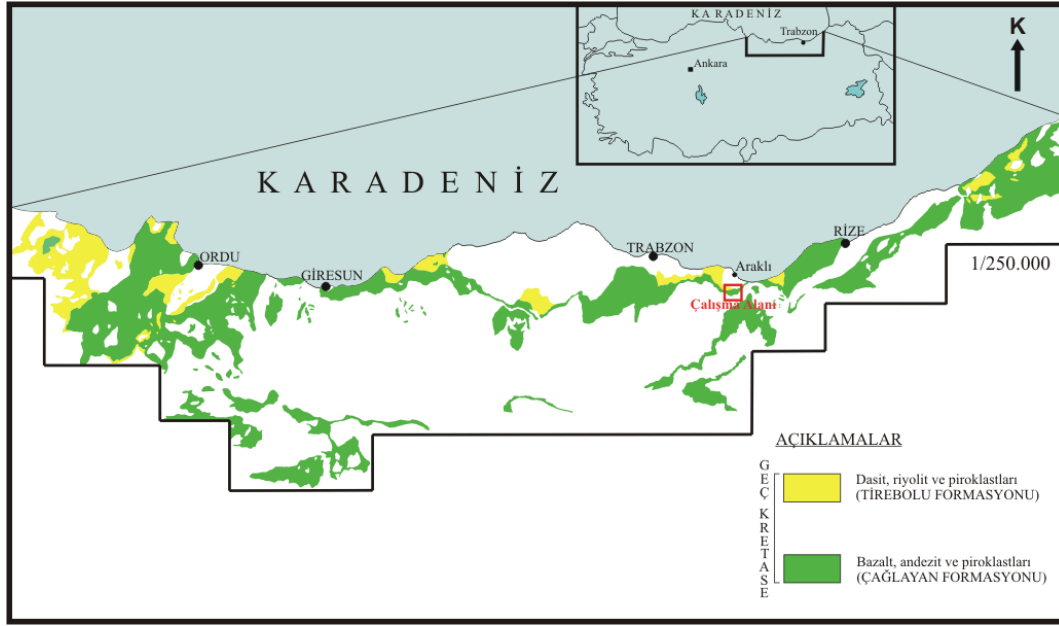
Bölgedeki VMS yatakları Japonya'daki Kuroko Tipi yataklara benzer özellikler göstermekte (Sato, 1977; Urabe ve Marumo, 1991; Çağatay, 1993; Barrett ve MacLean, 1999; Akçay ve Moon, 2001) ve bu yataklara önemli hidrotermal alterasyonlar eşlik etmektedir.

Dolayısıyla hidrotermal alterasyona uğramış kayaların özellikle cevherleşme içeren kayaların hidrotermal alterasyon mineralojilerinin ve yayılımlarının tanımlanması oldukça önemlidir.

Çalışma konusunu oluşturan Kibletepe volkanik masif Zn-Cu cevherleşmesi Doğu Pontid metalojenik kuşağı içerisinde bulunmakta (Şekil 1) olup, bugüne kadar bu cevherleşmenin içinde bulunduğu saha ile ilgili olarak prospeksiyon amaçlı genel jeoloji ve maden yatakları çalışmaları yapılmıştır (Alpan, 1971; Yılmaz vd., 1982; Güven, 1993). Çalışma sahasında gözlenen alterasyon hakkında şu ana kadar ayrıntılı bilgi verilmemiştir. Yapılan bu çalışmayla Kibletepe ve yakın civarında yer alan yoğun alterasyon ve mineralizasyon incelenerek alterasyon mineralojisi ve haritası oluşturulmuştur.

2. Analitik Yöntem

Yöredeki felsik kayalardan yüzden fazla örnek derlenmiş ve bu örnekler petrografik olarak incelendikten sonra, 12 adet örnek kimyasal analizler (ana, iz ve nadir toprak element) için seçilmiştir. Kimyasal analizler Kanada'da ACME Analytical Laboratory'de yaptırılmıştır. Kayaç örneklerinden yaklaşık 10 gr ağırlığında, ACME (Vancouver, Kanada) Analitik Laboratuvarı'na gönderilmiş ve öncelikle çelik kırıcılarla kırılmış, daha sonra tane büyüklüğü 200 mesh'den daha küçük olacak biçimde agat bir havan içinde öğütülmüştür. Ana ve iz element içerikleri, 0.2 gr toz kayaç örneğinin 1.5 gr LiBO₂ ile çözündürülmesi ve daha sonra 100 ml % 5 HNO₃'de çözülmesinden sonra ICP-MS ile ölçülmüştür. NTE içerikleri 0.25 gr toz kayaç örneğinin dört farklı asit içerisinde çözündürülmesinden sonra ICP-MS ile analiz edilmiştir. Ateşte kayıp (AK), örnekler 1000



Şekil 1. Çalışma alanını içine alan bölgedeki Geç Kretase yaşlı Çağlayan ve Tirebolu formasyonlarının yayılımı (Güven, 1993'den değiştirilerek).

°C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe_2O_3 cinsinden ifade edilmiştir. Deteksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 - 0.04, iz elementler için 0.1 - 8 ppm ve NTE için 0.01 - 0.3 ppm arasında değişmektedir. Analizler Jenner vd. (1990) ve Longerich vd. (1990) tarif ettiği yöntemle yapılmış ve kalibrasyon için cihaza standartlar okutulduktan sonra örnekler analiz edilmiştir.

Tüm kayaç ve kil fraksiyonu XRD analizleri toplam 63 örnekte gerçekleştirilmiştir. Örneklerden kil fraksiyonunun ($<2 \mu m$) elde edilebilmesi için sedimantasyon ve kimyasal çözme (Jackson, 1956; Mehra ve Jackson, 1960; Kunze, 1965) işlemleri uygulanmıştır. XRD analizleri Rigaku Dmax 3C model (MTA Genel Müdürlüğü, Ankara) x-ışınları difraktometre (XRD) aletinde gerçekleştirilmiştir. Yönlendirilmiş kil fraksiyonu örneklerinin normal, etilen glikollü (60 °C 16 saat) ve fırınlı (350 ve 500 °C) difraktogram çekimleri yapılmıştır.

3. Jeoloji ve Petrografi

3.1. Jeoloji

Karadeniz Bölgesi (Pontidler) Kaledoniyen, Hersiniyen ve Alpin orojenezinin etkisinde

kaldığı için dalma, bindirme, yay ve yay gerisi oluşumu gibi birçok olay sonucunda şekillenmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Doğu Karadeniz Bölgesi Jura-Tersiyer süresince etkili denizaltı volkanizmasıyla iyi korunmuş bir ada yayı karakteristiği gösterir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Akıncı, 1984; Okay ve Şahintürk, 1997). İnceleme alanını da içine alan bölgede Geç Kretase yaşlı volkanitler tabandan itibaren bazalt, andezit ve bunların piroklastları ile başlamakta ve içerdikleri ekonomik cevherleşmeler nedeniyle cevherli dasit olarak adlandırılan felsik kayaçlarla devam etmektedir.

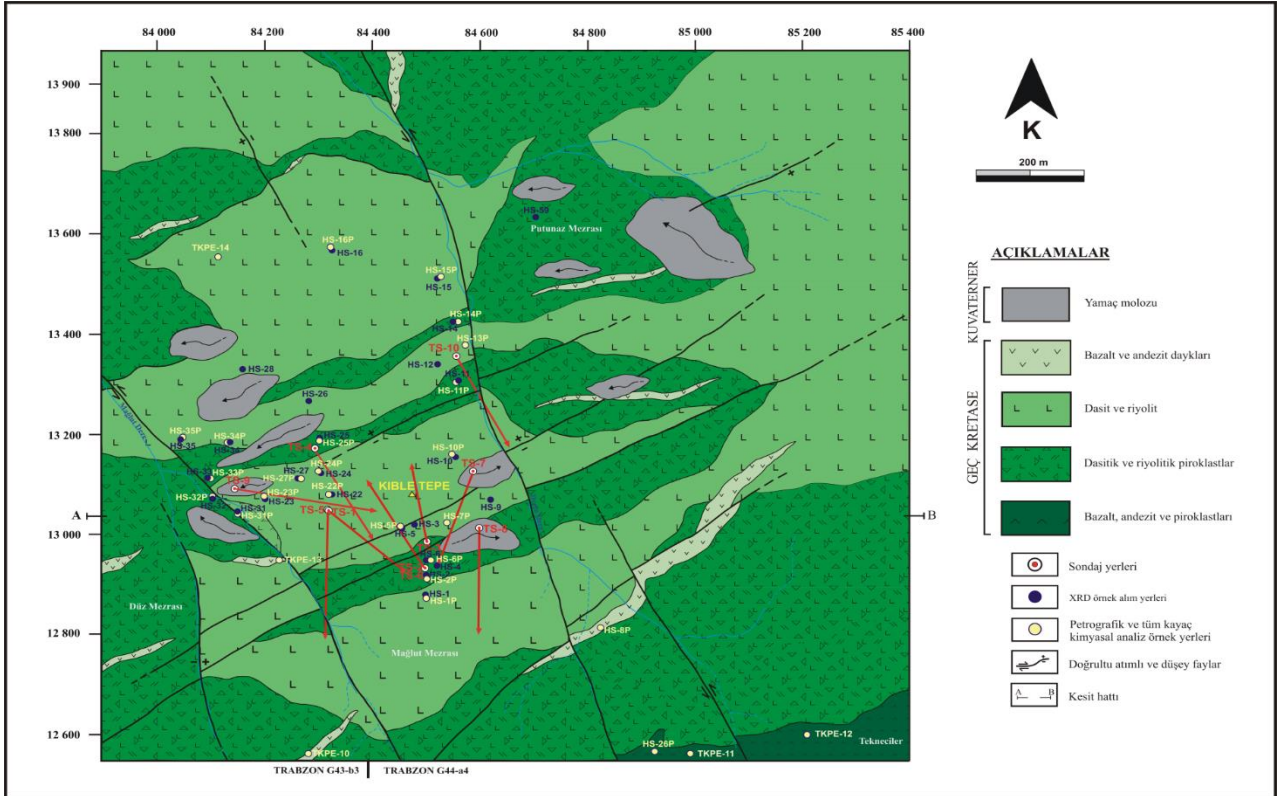
Çalışma alanının tabanını Çağlayan Formasyonu (Güven, 1993) olarak adlandırılan bazalt, andezit ve piroklastlarından oluşan birim oluşturmaktadır. Çağlayan Formasyonu'nun üzerine Tirebolu Formasyonu (Güven, 1993) olarak adlandırılan dasit, riyolit ve bunların piroklastları gelmektedir (Şekil 2). Bu birimi Geç Kretase (?) yaşlı bazalt ve andezit daykları kesmektedir (Şekil 2). Kuvaterner yaşlı yamaç molozları inceleme alanındaki en genç birimleri oluşturmaktadır.

3.2. Petrografi

Dasit, Riyolit ve Piroklastları: Çalışma alanında gözlenen bu birim Çağlayan formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Dasit ve

riyolitlerden oluşan birim genellikle sert ve kompakt yapılı olup, gri-bej renklerde görülmektedir. Piroklastlar genelde breş ve tüflerden oluşmakta olup (Şekil 3a), oldukça yoğun killeşmeler (kaolinleşme) izlenmektedir. Birim içerisinde gelişmiş olan ağsal tip cevherleşmeler çoğunlukla pirit, kalkopirit ve sfalerit mineralizasyonundan oluşmaktadır. Dasitler genelde gri, yer yer beyaz, bazen de yeşilimsi renkte ve makroskobik olarak akıntı

ve oto breşik dokuludurlar. Dasitler pirit içeriğinin fazla olduğu yerlerde sarımsı ve kahverengimsi bir görünüm sunmaktadır (Şekil 3b). Dasitik kayalar aşırı derecede alterasyona uğramışlardır. Bu alterasyonlar silisleşme, limonitleşme, kloritleşme, kaolinleşme, piritleşme ve serizitleşme şeklinde görülmektedir.



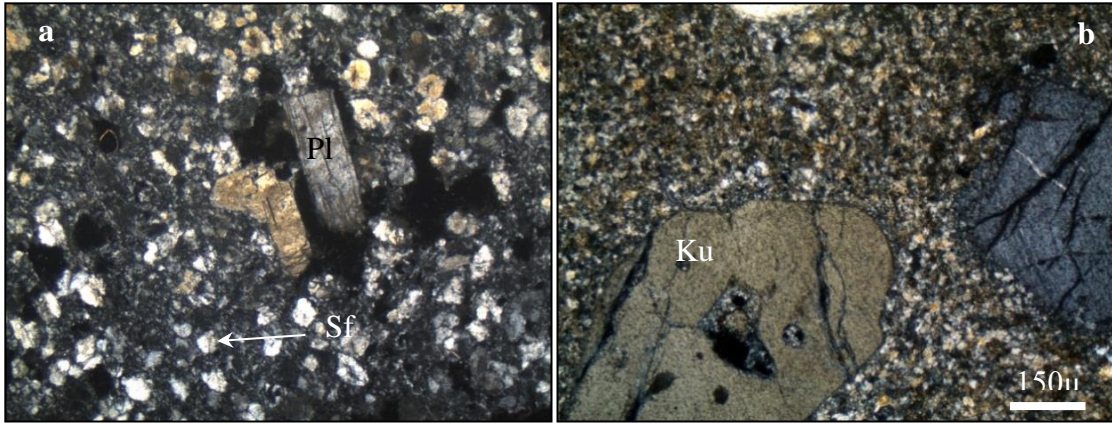
Şekil 2. Kibletepe ve civarının jeoloji, petrografi ve sondaj yerlerini gösteren harita.



Şekil 3. Kibletepe sahasında a) Dasitlerle dasitik piroklastların sınırı, b) Beyaz renkli, kaolinleşmiş, silisleşmiş felsik tüflerin görünümü.

Dasitik kayalar hyalo-porfirik ve sferulitik dokuda (Şekil 4a) olup, başlıca plajiyoklas, kuvars ve hornblendden oluşmaktadır. Plajiyoklas mineralleri iri ve ince taneli olup, serizitleşmişlerdir. Plajiyoklaslar kayacın yaklaşık % 50'sini oluştururlar. Öz ve yarı özşekilli olarak bulunurlar. Albit ikizi gösteren 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayinlerine göre oligoklas (An_{26-28}) bileşimindedir. Kuvars mineralleri iri ve ince taneli olup, bazıları kemirilmişlerdir (Şekil 4b). Kuvarslar yarı

özşekilli ve özşekilsizdirler. Kayacın yaklaşık % 40'ını oluştururlar. Kayacın kırık ve çatlaklarında, ayrıca hamurda ikincil kuvarslar görülmektedir. Hornblendler iri olup, bazılarının kenarları opasitleşmiş, bazıları ise kloritleşmiştir. Kayaçta yaklaşık % 5-10 arasında bulunmaktadır. Opak mineraller genelde yarı özşekilli ve özşekilsiz olarak, saçınım halinde bulunmaktadır. Opak minerallerin ayrışması sonucu Fe-oksit oluşumları gelişmiştir.



Şekil 4. Dasit, riyolit ve piroklastlarının ince kesitte çift nikoldeki görünüşleri. a) Sferulitik doku (Örn. No: HS-16P), b) Porfirik doku ve korrode olmuş kuvars minerali (Örn. No: HS-2P). Pl: Plajiyoklas, Ku: Kuvars, Sf: Sferulit

Riyolitlerde sıkça akma bantlı ve sferulitik doku görülmektedir. Kuvars açık renkli minerallerin yaklaşık % 50-60'ını oluşturmaktadır. Sferulitik doku içerisinde kuvars ve alkali feldispat birlikte bulunurlar. Plajiyoklaslar yarı özşekilli latalar halinde ve tamamen serizitleşmiş ve kaolinleşmiştir. Ayrıca opak minerallerin ayrışma ürünü olarak Fe-oksit boyamaları mevcuttur.

4. Cevherleşme

Çalışma alanında VMS tip Zn-Cu cevherleşmeleri bulunmaktadır. Bu cevherleşmeler, Tirebolu Formasyonu içerisinde yer alan asidik volkanizma ürünü olan dasit ve riyolitlere bağlı olarak gelişmiştir (Şekil 2). Cevher mineralleri pirit, sfalerit ve kalkopirit, gang mineralleri ise kalsit ve kuvarstır. Sahadaki bu cevherleşmelerin VMS tip ağsal damarcıklar, saçınım ve breşik yapıları olup, yüksektenördür (ortalama % 1 Zn, % 0.1 Cu).

Sahada gözlenen cevherleşmeleri takip etmek için MTA tarafından 10 adet sondaj (TS-1, TS-2, TS-3, TS-4, TS-5, TS-6, TS-7, TS-8, TS-9 ve TS-10) yapılmıştır (Tablo 1). Sahada yapılan etüt ve sondaj çalışmalarıyla sfalerit cevherleşmesinin izlendiği alanlarda (TS-1, TS-2, TS-3, TS-6, TS-7 ve TS-9 sondajlarında) Zn >10.000 ppm değerleri elde edilmiştir. Sfalerit, pirit ve kalkopiritle beraber, genellikle altere dasitik piroklastlar içerisinde saçınımlı ve damarcıklar şeklinde gözlenmektedir. Özellikle TS-2 (68.50-163 m arasında) ve TS-3 (68-85 m, 105.50-130 m ve 194-222 m arasında) sondajlarında saçınım şeklinde, TS-7 (175-410 m arasında) ve TS-9 (230-275 m, 290-306 m, 410-430 m arasında) sondajlarında ise dissemine ve ağsal damarcıklar şeklinde bulunmaktadır.

Sahadaki cevherli zonlar 100 - 150 m kalınlığında, 200 - 700 m uzunluğunda, KD-GB istikametli ve 70° - 80°KB eğimlidirler Cevherleşmeler yüzeyde açık gri - açık sarı

Tablo 1. Sondajların koordinat noktaları ve yönlerinin konumu.

Sondaj numarası	Koordinatlar		Z (kot)	İstikamet/Eğim	Derinlik (metre)
	X (yukarı)	Y (sağa)			
TS-1	4513051	584324.8	854.95 m	130/60	379.00
TS-2	4512935	584503.6	941.33 m	330/60	420.00
TS-3	4512990	584507.5	955.68 m	350/70	434.00
TS-4	4513175	585298.5	841.83 m	150/60	431.40
TS-5	45 13053	584321.9	854.31 m	180/60	508.00
TS-6	4512935	584503.6	941.33 m	Dik	665.00
TS-7	4513128	584592.1	899.11 m	200/70	592.40
TS-8	4513014	584604.8	921.12 m	180/70	591.00
TS-9	4513095	584149.8	743.11 m	100/60	548.00
TS-10	4513360	584506	818 m	150/70	590.50

renkte, silisleşmiş - yer yer killeşmiş mostralarda oluşmaktadır.

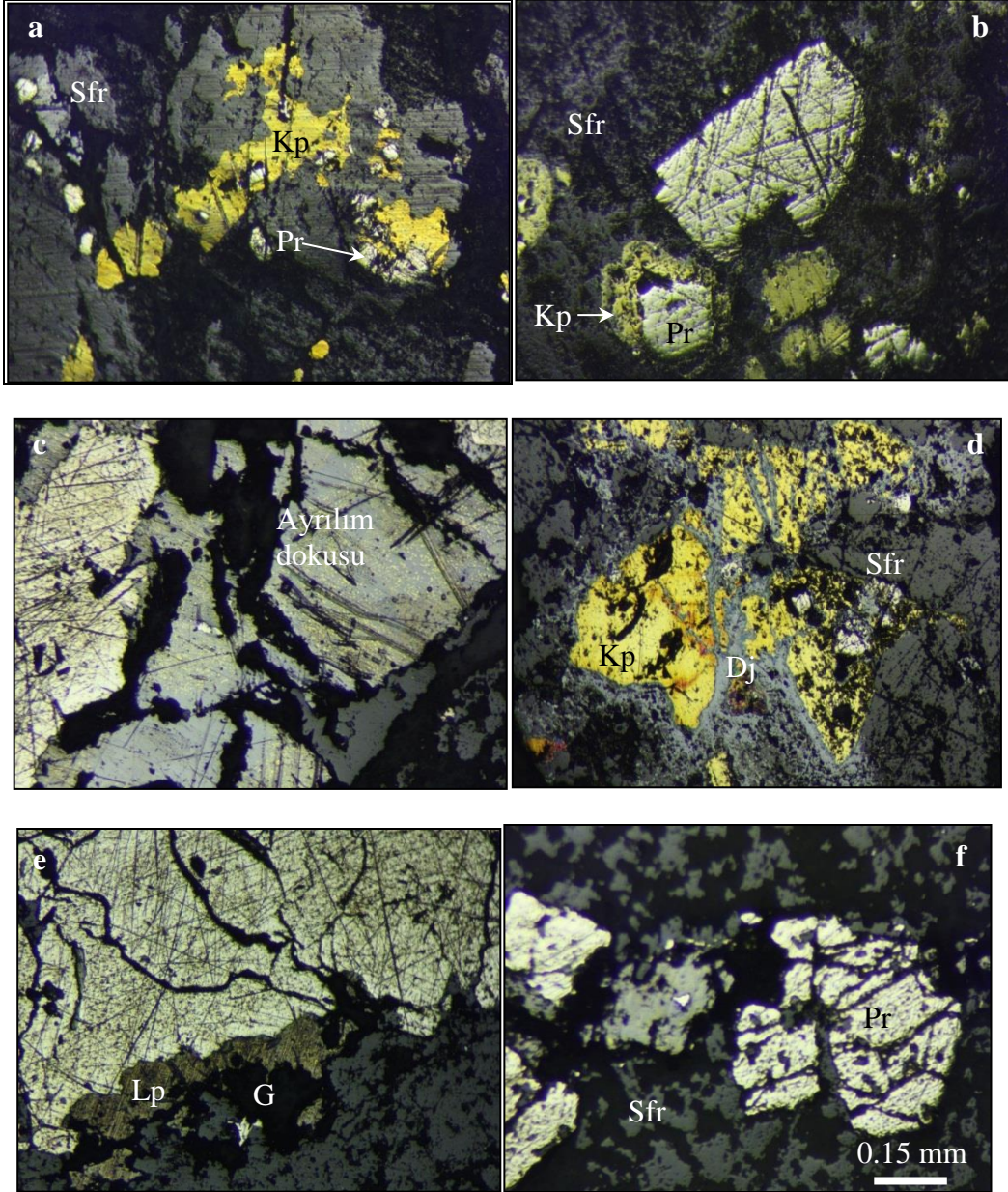
4.1. Cevher Mineralleri ve Parajenez

Çalışma alanında mostradan ve sondajlarla kesilen cevherli zonlardan alınan örneklerin incelenmeleri sonucunda belirlenen mineral parajenezi Tablo 2’de verilmiştir. Örneklerde pirit baskın olup, sfalerit ve kalkopirit daha azdır (Şekil 5). Sfalerit, piritten sonra en fazla izlenen cevher mineralidir. Pirit; irili-ufaklı öz ve yarı öz şekilli taneler halinde (Şekil 5a ve b) ve kalkopiritlerin içerisinde kapanım şeklindedir (Şekil 5b). Boşluklu, bol kırıklı ve parçalanmış olan piritler yer yer kataklastik (Şekil 5e ve f), yer yer de masif yapı sunarlar ve bazen gang içerisine dağılmış, bazen de kümelenmiş şekilde

gözlenirler. Genel olarak piritlerin boşluk ve kırıkları gang mineralleri tarafından doldurulmuştur. Ayrıca piritlerin çatlak ve kenar kısımlarında götit-lepidokrosit mineralleri izlenmektedir (Şekil 5e). Piritten sonra en bol bulunan sfalerit, kalkopirit ile birlikte ayrılım dokusunu oluşturur (Şekil 5c). Sfalerit bazen piritlerin ara boşluklarını ve kırıklarını doldurur. Kalkopirit ise sfalerite oranla daha az olup, öz şekilsiz kristaller şeklinde, kenarları ve kırıkları boyunca yer yer dijenite dönüşmüşlerdir (Şekil 5d). Ayrıca sfalerit içerisinde genç kalkopirit damar-damarcıkları görülür. Gang minerali olarak kuvars, kalsit ve kil mineralleri izlenirken ayrıca bakırlı, demirli ve titanlı boyamalar da gözlenir.

Tablo 2. Kibletepe Cevherleşmesi’nin mineral parajenezi ve süksesyonu.

Mineraller	I. Faz	II. Faz	III. Faz	Süperjen Faz
Pirit	_____	_____	_____	_____
Sfalerit	_____	_____	_____	_____
Kalkopirit	_____	_____	_____	_____
Fahlerz	_____	_____	_____	_____
Dijenit	_____	_____	_____	_____
Gang Mineralleri	_____	_____	_____	_____
Kovellin	_____	_____	_____	_____
Malahit	_____	_____	_____	_____
Limonit	_____	_____	_____	_____
Götit-Lepidokrosit	_____	_____	_____	_____



Şekil 5. Cevher minerallerinin parlak kesitteki //N görünüşleri. (a) Kalkopirit ve sfalerit içerisindeki pirit kapanımları (Örn. No: HS-5P-B2), (b) Kalkopirit içindeki pirit kapanımı (Örn. No: HS-5P-B3), (c) Sfaleritle kalkopiritin ayrılım dokusu (Örn. No: HS-22P-B1), (d) Dijenite dönüşmüş kalkopirit (Örn. No: HS-5P-B1), (e) Piritlerin kenarlarında gelişen götit-lepidokrosit (Örn. No: HS-22P-B1), (f) Kataklastik doku (Örn. No: HS-22P-B2). Pr: Pirit, Kp: Kalkopirit, Sfr: Sfalerit, Dj: Dijenit, Lp: Lepidokrosit, G: Gang mineral.

5. Yan Kayaçlarda Görülen Hidrotermal Alterasyonlar

Kibletepe’de görülen alterasyon alanı 600 x 200 m civarında bir sahayı kapsamakta olup, Tirebolu formasyonu olarak adlandırılan dasit, riyolit ve piroklastları içerisinde gelişmiştir. Bu alanda yapılan sondaj çalışmalarında alterasyon zonunun düşey yönde devamlılığı 400 m

derinde tespit edilmiş olup, cevherleşmeler (pirit, sfalerit, kalkopirit) yüzeyde genellikle yoğun hematit+limonit ve silisli zonlarla birlikte bulunmaktadır. Bu zonlarda yoğun killeşmeler (kaolin) ve piritleşmeler (Şekil 6) mevcuttur. Cevherleşmelerin etrafındaki yan kayaçlarda ise genellikle serizitleşme, silisleşme, karbonatlaşma ve kloritleşme türü alterasyonlar izlenmektedir.



Şekil 6. (a) Kibletepe'nin batısında felsik tüflerdeki ağsal saçınımlı piritler, (b) Killeşmiş plajiyoklaslar (Örn. No: HS-13P, +N). Pl: Plajiyoklas.

5.1. Yan Kayaçtaki Hidrotermal Ayrışmanın Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Cevherleşmenin bulunduğu dasitik ve riyolitik tüflerde yoğun hidrotermal ayrışma görülmektedir. Dasitik ve riyolitik tüfler içerisinde genelde kuvars-serizit, silisleşme, killeşme, kuvars-klorit ve hematit-limonit ayrışma türleri görülmektedir (Şekil 7a ve b). Kuvars-serizit ve silisleşmeye bağlı olarak saçınımlı, ağsal ve damar-damarcıklar şeklinde kalkozin-kovellin, malahit-azurit, pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenit belirlenmiştir. Diğer birimlerde propilitik ayrışmayla (Şekil 7b) birlikte saçınım ve damarcıklar şeklinde pirit izlenmektedir. Shirozu (1974)'e göre masif sülfid yataklarında tabandan tavana doğru dört ayrı hidrotermal ayrışma zonu bulunmaktadır. Bunlar; beslenme kanalları çevresindeki hidrotermal ayrışma bacası, cevher merceğinin altındaki hidrotermal ayrışma zonu, cevherli zonun çevresindeki hidrotermal ayrışma zonu ve tavan kayacındaki hidrotermal ayrışmadır.

Kibletepe masif sülfid cevherleşmesinde, hidrotermal ayrışma zonundaki simektit ve kaolinit cevherleşmenin dış kısımlarında bulunmaktadır. Kaolinitler pH'ın 4-5 civarında olduğu, düşük sıcaklık (<150-200 °C) koşullarında oluşmaktadır (Henley vd., 1980; Sillitoe, 1993; Arribas, 1995). Saçınım ve ağsal yapıda bulunan cevherleşmeye kuvars ve illit/serizit bakımından zengin bir ayrışma zonu eşlik etmektedir (Şekil 7). İllit, pH'ın 7-8 arasında olduğu alkali şartlarda ve 300 °C altında oluşmaktadır. Bu zonun dış ve alt

kısımlarında propilitik ayrışma zonuna karşılık gelen kuvars ve klorit ile birlikte saçınım ve damarcıklar şeklinde piritlerden oluşan bir ayrışma zonu bulunmaktadır. Kibletepe masif sülfid cevherleşmesinde, bölgenin tektonik yapısından dolayı tavan kayacı ve cevherleşme merceğinin yeri tam olarak belirlenememesine rağmen, bu hidrotermal ayrışma modelinin bir kısmı görülmektedir.

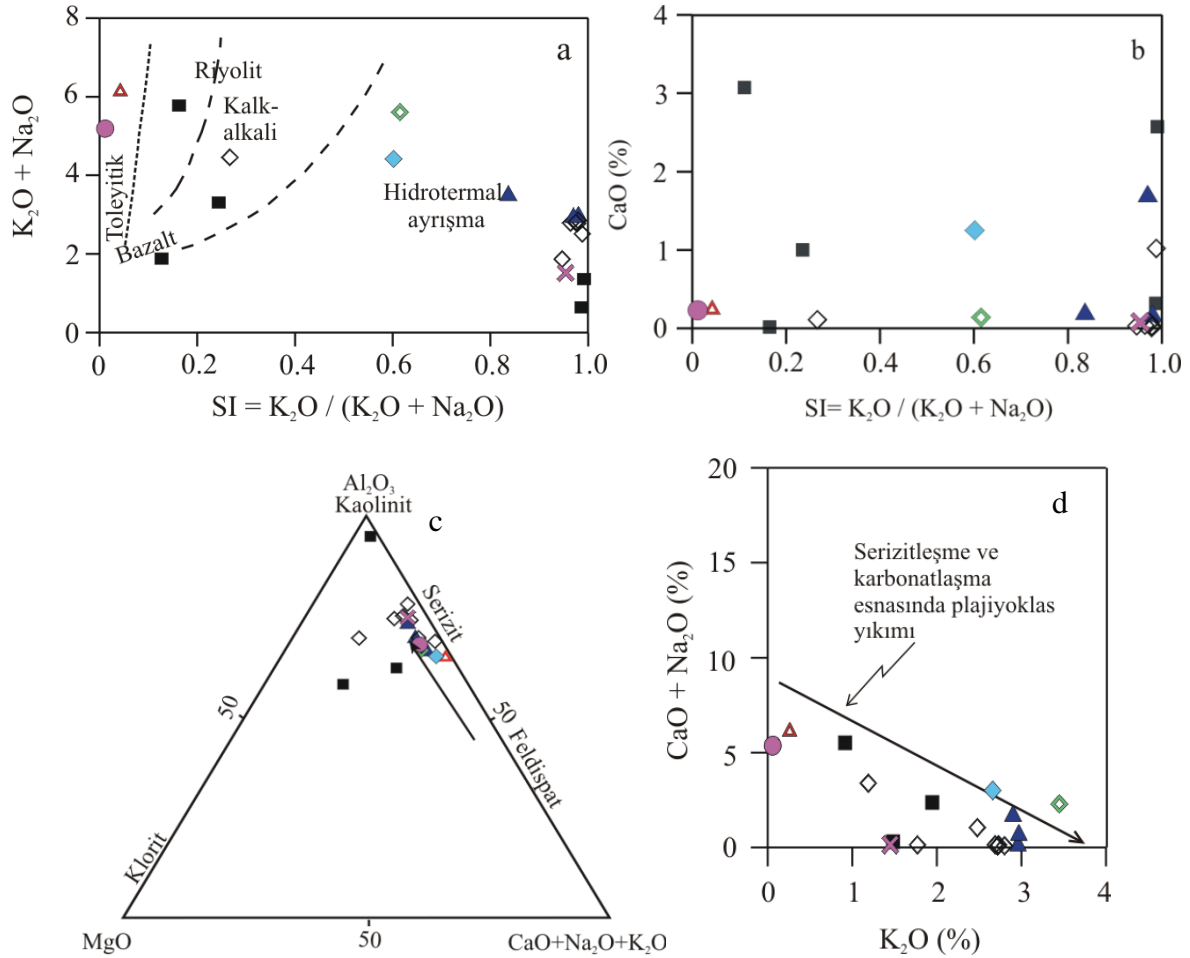
5.2. Yan Kayaçtaki Hidrotermal Ayrışmanın Türleri

5.2.1 Serizitleşme/İllitleşme

Çalışma alanındaki volkanitlerde belirlenen en yaygın ayrışma türü olup, tüm kayaçlarda az veya çok oranda görülmektedir. Serizitleşme / illitleşme, kayaçlardaki feldispatlarda ayrışma ürünü (Şekil 6b) olarak mevcut olup, bazı feldispatların yerini tamamen aldığı ve bu feldispatları tanınmayacak hale getirdiği gözlenmiştir.

Hamurda da yaygın olarak serizit/illit oluşumu mevcuttur. Birçok kesitte feldispatlarda ayrışma sonucu oluşan serizite ikincil kuvars eşlik etmektedir.

Kayaçların serizitleşme indeksi (SI= $K_2O/(K_2O+Na_2O)$; Myers ve MacLean, 1983) hesaplanıp, (K_2O+Na_2O)'e karşı diyagrama aktarıldığında (Şekil 8a), örneklerin genel olarak hidrotermal ayrışma alanında yer aldığı görülmektedir. Ayrıca SI değeri arttıkça, bazı altere örneklerde (K_2O+Na_2O) değeri



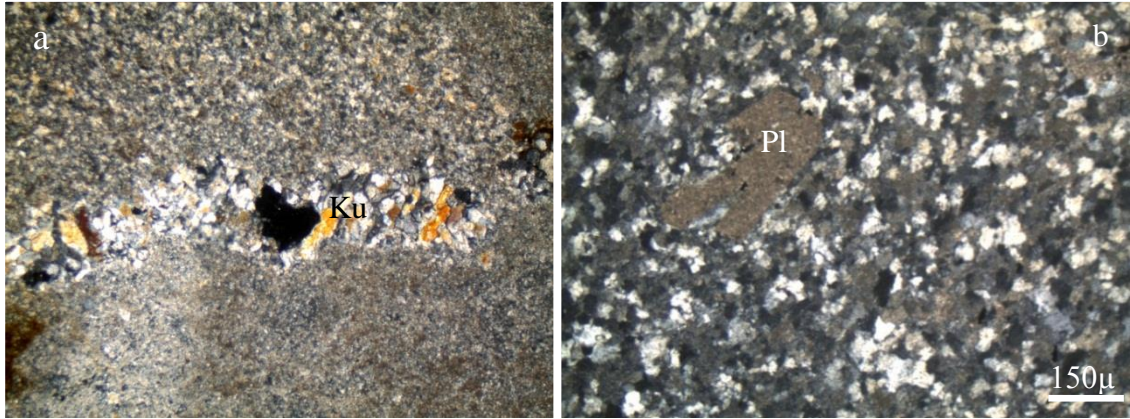
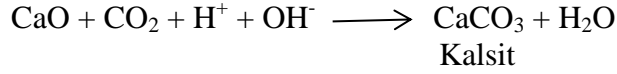
Şekil 8. Riyolitlerin serizitleşme indeksine (SI) karşı (a) ($K_2O + Na_2O$) ve (b) CaO diyagramındaki (MacLean ve Hoy, 1991'den değiştirilerek), (c) Al_2O_3 -MgO-($CaO+Na_2O+K_2O$) üçgen diyagramındaki (Van Gerven, 1995'den değiştirilerek), (d) K_2O 'e karşı ($CaO+Na_2O$) diyagramındaki (Barret vd., 1993'den değiştirilerek) dağılımları. ▲: En az altere örnek, △: Az altere örnek, ◇: Altere örnek, ■: Tüysüz (2000), ◆: Dasit-I (Sipahi, 2005), ◇: Dasit-II (Sipahi, 2005), ●: En az altere örnek (Abdioğlu, 2008), ×: Altere örnek (Abdioğlu, 2008)

5.2.2. Silisleşme

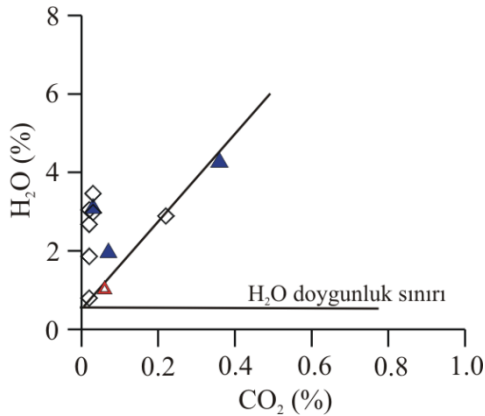
Silisleşme; Kibletepe'de görülen alterasyonun merkezi kısmında serizitleşme ile birlikte ve dış kısımlarda yer almaktadır. Kayaçtaki silisleşme, hem hamurda hem de kayacın kırık ve çatlaklarında ikincil kuvars minerallerinin gelişmesi şeklindedir (Şekil 9a). İkincil kuvarslar öz, yarı öz ve öz şekilsiz kristaller şeklinde olup kuvars damarcıkları değişken kalınlıklara sahiptir. Silisleşme kırık zonlarından uzaklaştıkça azalmaktadır. Bazı örneklerde silisleşmeye karbonat ve klorit oluşumu da eşlik etmektedir (Şekil 9b). Ayrıca ayrılmış bazı kayaçların silisleşmeden dolayı sertleştiği görülmektedir.

5.2.3. Karbonatlaşma

Çalışma alanında görülen volkanitler içerisindeki feldispat minerallerinde ve hamurda ayrışma sonucu karbonatlaşma oluşmuştur (Şekil 9b). Karbonatlar oluşurken kayaçların su içerikleri artmaktadır. Bu durum, yani CO_2 ile H_2O arasındaki değişim bir diyagrama aktarıldığında, karbonat mineralleri içeren örneklerin göstermiş oldukları pozitif ilişki daha iyi görülmektedir (Şekil 10). Dolayısıyla, kayaçların H_2O içeriğinin belli bir değere erişmesinden sonra kayaçta CO_2 görülür (Sipahi, 2005). Bazı kayaçların CO_2 içeriği, dolayısıyla karbonat minerali içerikleri artarken, su içerikleri de artmaktadır. Bu olay, kalsit oluşturan tepkime ile de açıklanabilir.



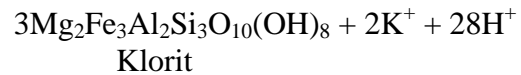
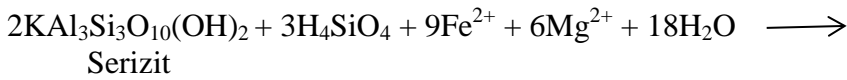
Şekil 9. Mikroskopta dasitlerde (a) Kırık zonu boyunca gelişen ikincil kuvarslar (Örn. No: HS-10P), (b) Tamamen karbonatlaşmış plajiyoklas. (Örn. No: HS-27P), Ku: Kuvars Pl: Plajiyoklas



Şekil 10. Riyolitlerin H₂O (%) ve CO₂ (%) içerikleri arasındaki ilişki, (Sipahi, 2005'den düzenlenerek).

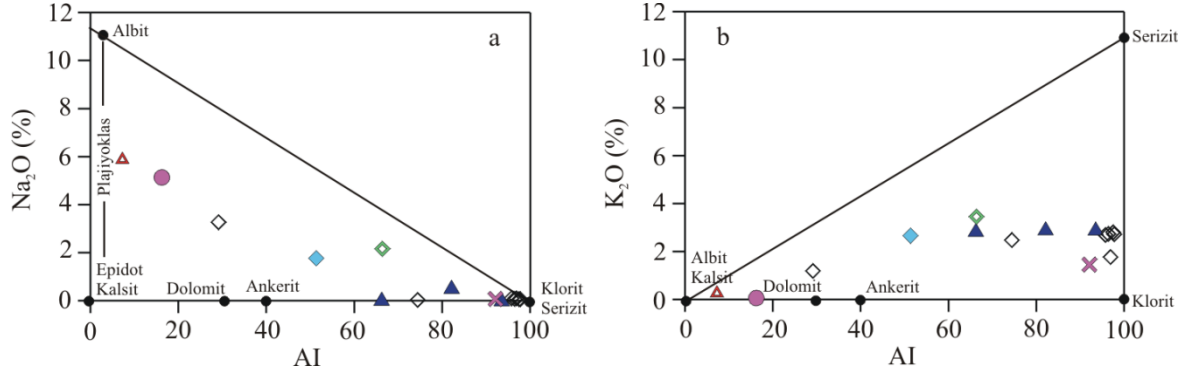
5.2.4. Kloritleşme

Çalışma alanındaki kayalarda kloritleşme çok az tespit edilmiştir. Kloritleşme, volkanitlerdeki oval ve yuvarlağımsı boşluklar ve biyotitlerin dilinimleri ve kırıkları boyunca gelişmiş olarak görülmektedir ve bazı örneklerde hamuru ornatmış, bazılarında ise boşluklarda oluşmuştur. Kloritleşme genelde silisleşmeye eşlik etmektedir. Volkanitlerde, plajiyoklasların bozuşması ile oluşan serizitlerdeki K⁺'un ortamdandan ayrılıp, Fe²⁺ ve Mg²⁺ iyonlarının ortama gelmesiyle kloritler oluşmaktadır (Large vd., 2001).



Kalk-alkali volkanit serileri için oluşturulan Ishikawa ayrışma indeksi (AI) (Ishikawa vd., 1976)'ne karşı Na₂O ve K₂O diyagramları incelendiğinde plajiyoklasların bozuşması ile serizit ve klorit oluşumu daha iyi görülmektedir (Şekil 11). Kayaç örneklerinde, AI artışına bağlı olarak Na₂O azalması ile albit-plajiyoklas

kenarından klorit-serizit köşesine doğru bir yönelim görülmektedir (Şekil 11a). Bu grafiğe göre altere örneklerde daha fazla klorit ve serizit oluşumu söz konusudur. AI'ne karşı K₂O grafiğine göre (Şekil 11b) altere örneklerdeki klorit oluşumu, en az altere örneklerdeki klorit oluşumundan daha fazla görülmektedir.



Şekil 11. Volkanitlerin AI'ya karşı a) Na₂O ve b) K₂O diyagramlarındaki konumları (Large vd., 2001'den değiştirilerek). Semboller Şekil 8 ile aynıdır.

5.2.5. Hematitleşme ve Limonitleşme

Çalışma alanında çok az bir kısımda görülmektedir. Hematit ve limonitler kayaçların kırık zonları boyunca ve Fe'li minerallerin (pirit, biyotit gibi) bozuşması sonucu oluşmaktadır. Çoğunlukla benekler, bantlar ve damarcıklar şeklinde gözlenen hematit ve limonitler, dasitik ve riyolitik kayaçların bünyesinde yer almaktadırlar (Şekil 12).

5.2.6. Killeşme

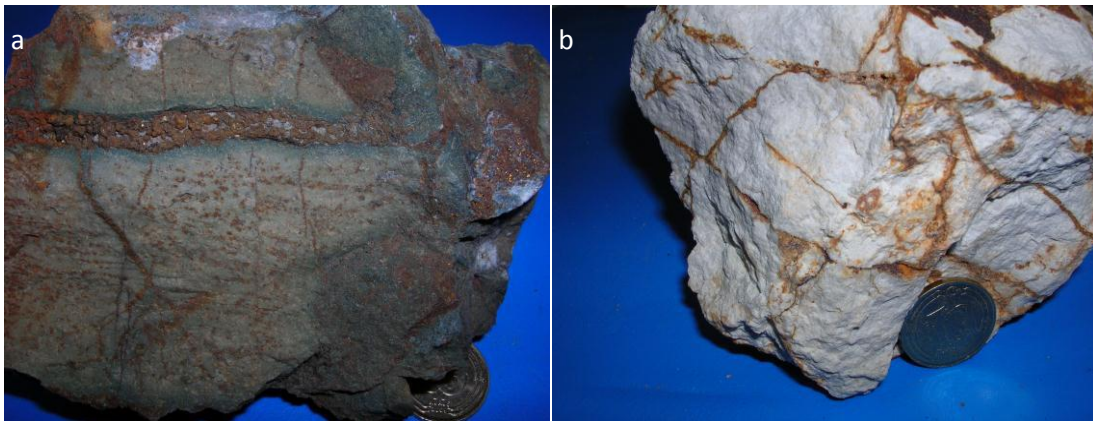
Killeşme hem taban dasitik ve riyolitik kayaçlarda hem de piroklastlarda görülen bir alterasyon türüdür. Bu alterasyon, kayaçlardaki kuvars dışındaki minerallerin kil minerallerine dönüşmesiyle meydana gelmiştir. Çalışma alanında killeşme, serizitleşmenin dış kısmında (batısında ve güneybatısında) görülmektedir. El örneklerinde beyaz, sarımsı beyaz renklerde ve dağınık bir yapıdadır. Kil mineralleri XRD analizleri ile tespit edilmiş olup, başlıca illit,

kaolinit, klorit, simektit ve az oranda da illit/simektit grubu olarak belirlenmiştir. Tüm kayaç XRD analizlerine göre kil dışı mineral olarak % 6-73 kuvars, % 1-68 feldispat ve % 1-47 dolomit belirlenmiştir.

6. Tartışma

6.1. Cevherleşmenin Oluşumu ve Kökeni

Kibletepe Zn-Cu cevherleşmesi Geç Kretase yaşlı bazalt, andezit ve piroklastlarının üzerinde bulunan Geç Kretase yaşlı felsik volkanikler içerisinde, 200 m x 120 m'lik bir alanda silisleşmiş zon içerisinde yer almaktadır. Kibletepe'nin 100 m kot farkı bulunan üst ve alt kısımlarında cevherleşme gözlenmektedir. Buna göre tepe noktasından itibaren cevherleşme en az 100 m'lik bir kalınlığa sahiptir. Arazide sivri bir tepe şeklinde izlenen Geç Kretase yaşlı felsik kayaçların özellikle kuzeybatı ve güney kesimlerinde silisleşmiş kırık zonları mevcuttur.



Şekil 12. Dasitik kristal tüfteki (a) hematit bantlarının ve beneklerinin (Örn. No: HS-5P) ve (b) hematit-limonit damarcıklarının görünüşleri (Örn. No: HS-10P).

Cevherleşme, tektonik oluşumların ardından kırık hatlarını takip ederek masif sülfid oluşumlar şeklinde, kayacın kırık ve çatlakları ile gözenekli kısımlarına yerleşerek gelişmiştir. Kırık zonlarında yoğun silisleşme ile beraber saçınımlı ve ağsal yapıda çok ince kuvars damarcıklarında (en fazla 3-4 mm kalınlıkta) sfalerit, kalkopirit, kalkozin, kovellin, malahit ve azurit görülmektedir. Pirit ve kalkopiritlerde gözlenen kataklastik doku cevherin oluşumu sırasında veya sonrasında tektonik olaylara maruz kaldığının göstergesidir (Eldridge vd., 1983). Ayrıca sfaleritin kalkopiritle ayrılma dokusu gösteren lamelli büyümeleri (Ramdohr, 1975), cevherleşmenin yüksek sıcaklıklarda meydana geldiğine işaret eden bir kanıttır.

Çalışma alanında yer alan Kibletepe cevherleşmesi jeolojik, mineralojik ve dokusal özellikleri ile element içeriğine göre yapılan sınıflamaya göre (Hutchinson, 1980; Sawkins, 1976) Zn-Cu-Pb grubu içerisinde yer alır ve yakın özellikleri nedeniyle Japonya'daki Kuroko VMS yatakları ile büyük benzerlik gösterir. Yaklaşımın temel noktası; her iki bölgedeki (Kuroko ve Kibletepe) yatakların bulunmuş olduğu tektonik ortam (ada yayı) ve cevherleşmelerdeki dokusal özelliklerin (breşik) benzerliğidir. Çalışma alanındaki cevherleşmeler; tabüer, uyumlu, masif piritik kütleler şeklinde felsik volkanik birimler içerisinde yer almasıyla karakteristiktir. Ayrıca, Mesozoyik (Geç Kretase) yaşlı ve yitim zonuna bağlı oluşan bimodal volkanizmayla yakın ilişkilidirler. Dolayısıyla sahada gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda cevherleşme tüm özellikleri ile Lahanos (Espiye-Giresun; Tüysüz ve Er, 1995), Çayeli (Rize; Akçay ve Arar, 1999) ve Kuruko tipi VMS tip (Franklin vd., 1981) yataklarının şekline uymaktadır.

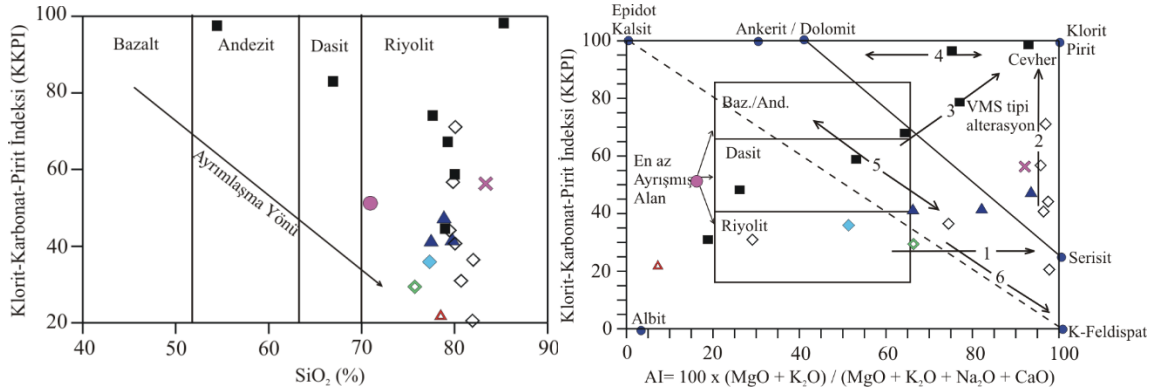
6.2. Kibletepe Volkanitlerinde Görülen Ayrışmanın Bölgedeki Masif Sülfid Yataklarıyla Karşılaştırılması

Volkanitlerde gözlenen ayrışmanın kimyasını ortaya koymak ve çeşitli amaçlarla (kayaçları tanımlamak, ayrışma mineralojisini ortaya koymak, ayrışmadan hareketle cevher içeren sahaları bulmak v.s.) kullanmak üzere birçok yazar (Barrett ve McLean, 1991; Barrett vd., 1993; MacLean ve Barrett, 1993; Lentz, 1999)

tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çalışma alanını da içine alan Doğu Karadeniz Bölümü'nde Geç Kretase yaşlı felsik volkanitlerde masif sülfid yataklarının bulunduğu bilinmektedir (Buser ve Cvetic, 1973; Altun, 1978; Nebioğlu, 1975; Tüysüz, 1995 ve 1999; Akçay ve Arar, 1999; Çöl, 2012). Bu nedenle, inceleme alanındaki volkanitlerle literatürdeki ve bölgedeki masif sülfid yataklarına eşlik eden benzer volkanitlerin kimyasal özellikleri ve ayrışması karşılaştırılarak benzer ve farklılıkların araştırılması düşünülmüştür. Bunun için, önce bu kayaçların kimyasal özellikleri irdelenmiştir. Eski ve güncel masif sülfid yataklarında yapılan çalışmalar, bunların yerleşiminin tektonizma ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Halbach vd., 1989a, 1989b ve 1993a; Binns ve Scott, 1993). Eski ve güncel masif sülfitlerin içinde bulunduğu kayaçların genellikle toleyitik-geçiş ve kalk-alkali yay ortamında ve bimodal bir volkanizmanın ürünü olduğu daha önceki çalışmalarla (Altun, 1978; Buser ve Cvetic, 1973; Hutchinson, 1973; Nebioğlu, 1975; Sillitoe, 1982; Lentz, 1996; Tüysüz, 1999) bilinmektedir.

Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki masif sülfid yatakları Geç Kretase yaşlı dasitik volkanitler içinde yer almakta olup mercek şekilli masif kütle ve bunların alt kısmında bulunan ağsal cevherleşmeden oluşur. Ağsal ve saçınımlı cevher dasitik kayaçlar içinde bulunurken, masif cevher dasitlerin üzerinde bulunur ve biyomikrit, çört, marn, volkaniklastik kayaçlar ve bazaltlarla uyumlu olarak örtülürler. Dasitler ve bazaltlar toleyitik karakterli olup bimodal volkanizmanın ürünüdürler. Çalışma alanındaki volkanitler de toleyitik-geçiş volkanik yay ortamında oluşmuş olup yer yer biyomikrit, Fe'li çört ve andezitlerle örtülüdürler. Ayrıca, çalışma alanındaki volkanitler de bimodal volkanizmanın ürünüdürler.

Çalışma alanındaki volkanitler SiO₂'e karşı KKPI (klorit-karbonat-pirit indeksi) diyagramına aktarıldığında ayrışma görülmemiştir. Bu diyagramda çalışma alanındaki kayaçların yine riyolit alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 13a). Ayrıca, KKPI değerleri aynı kayaçların AI değerlerine karşı irdelendiğinde herhangi bir ilişki



Şekil 13. Volkanit örneklerinin (a) SiO_2 – KKPI (Large vd., 2001a) ve (b) AI – KKPI (Gemmell ve Large, 1992'den değiştirilerek) diyagramlarındaki dağılımları. 1: Serisitik ayrışma, 2: Serizit–klorit \pm pirit ayrışması, 3: Klorit \pm serizit \pm pirit ayrışması, 4: Klorit–karbonat ayrışması, 5: Serisit–karbonat ayrışması 6: K-Feldispat–serizit ayrışması (Large vd., 2001a). Semboller Şekil 8 ile aynıdır.

göstermemektedir (Şekil 13b).

AI-KKPI diyagramında epidot+kalsitten K-Feldispat'a doğru olan kesikli çizgi hidrotermal ayrışma ile diyajenetik ayrışma yönsemesini ayırmaktadır (Large vd., 2001a). Bu çizginin üst kısmı hidrotermal, alt kısmı ise diyajenetik ayrışmayı göstermektedir. Diyajenetik ayrışma, aynı zamanda düşük dereceli metamorfizmayı (albitleşme, kalsit ve epidot oluşumu gibi) belirtmektedir. Bu ayrışma yönsemeleri denizaltı volkanizması ve hidrotermal sistemler için oluşturulmuştur. Buna göre, çalışma alanındaki örneklerin bir kısmında düşük dereceli metamorfizma görülmektedir. Volkanitlerde gözlenen en yaygın hidrotermal yönsemeler serizit-klorit \pm pirit ve serizitik ayrışmadır (Şekil 13b).

Ayrışma sonucu oluşan Na ve K değişimine bağlı olarak gelişen albitleşme ve serizitleşme çok azken, hidroliz sonucu feldispat bozuşması yaygındır (Şekil 14a). Kloritleşme ve serizitleşme silisleşmenin artmasıyla azalmaktadır (Şekil 14b, c ve d).

Sonuç olarak, Kibletepe'deki volkanitler Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki masif sülfür yataklarının gösterdiği ayrışma özelliklerine benzer ayrışmalar göstermektedir. Ancak bu ayrışmalar, çalışma alanındaki kayalarda masif sülfür yataklarında olduğu gibi düzenli değildir. Bu durum, çalışma alanındaki yoğun tektonizmadan kaynaklanmıştır.

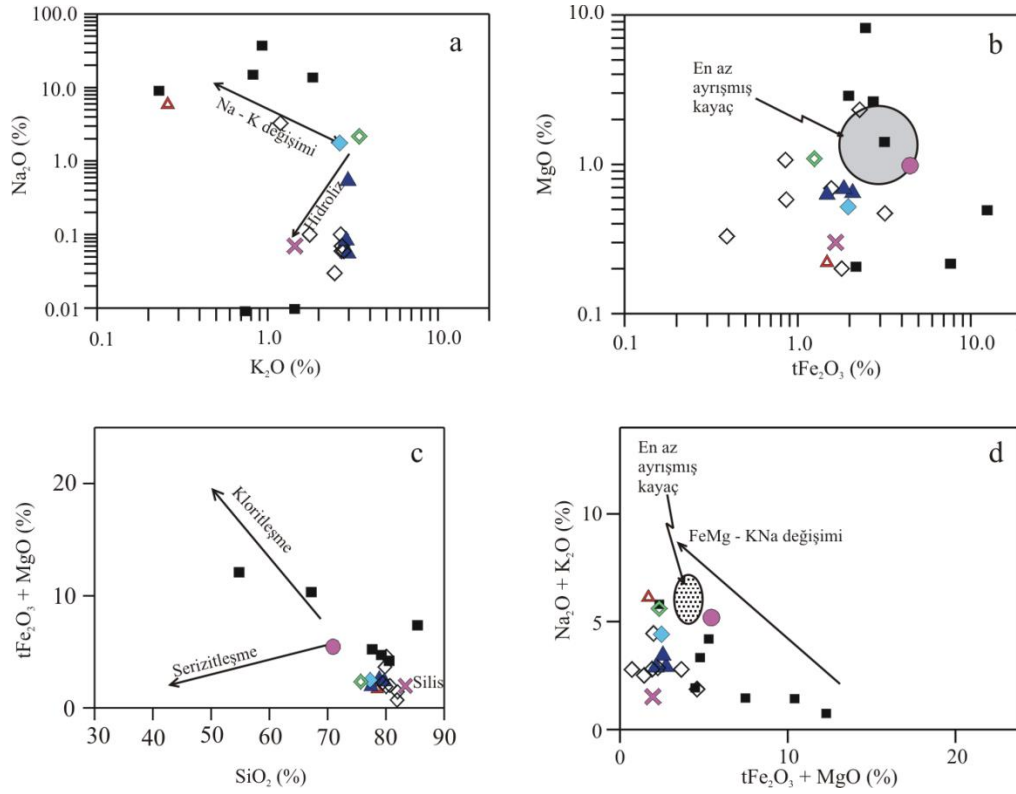
7. Sonuçlar

Kibletepe cevherleşmesi felsik volkanizma ürünü olan dasit ve riyolitlere bağlı olarak gelişmiş olup, riyolitlerde akma bantlı doku ve dasitlerde hyalo-porfirik doku görülmektedir. Dasit ve riyolitler başlıca plajiyoklas, kuvars ve hornblend minerallerinden oluşmaktadır.

Kibletepe cevherleşmesi ağsal, saçınım ve breşik yapıda bulunmaktadır. Başlıca cevher mineralleri pirit, sfalerit ve kalkopirittir. Kalsit, kuvars ve kil mineralleri ise gang minerallerini oluşturmaktadır.

Serizitleşme/illitleşme, silisleşme, killeşme, karbonatlaşma, kloritleşme ve hematitleşme-limonitleşme inceleme alanında gözlenen alterasyon türlerini oluşturur. Kil mineralleri illit, kaolinit, klorit, simektit ve illit/simektit olarak tespit edilmiştir. Hidrotermal alterasyon zonu içerisinde simektit ve kaolen cevherleşmeden uzak kesimlerde bulunmaktadır. Cevherleşmenin merkezinde ise illit/serizit ve kuvars bakımından zengin bir zon yer almaktadır. Kloritleşme ve serizitleşme silisleşmenin artmasıyla azalmaktadır.

Riyolitlerde $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$ değeri azalırken, K_2O değeri artmakta, yani plajiyoklasların ayrışması ile serizit oluşumu gerçekleşmektedir. Ayrışma sonucu oluşan Na ve K değişimine bağlı olarak



Şekil 14. Riyolitlerdeki a) K_2O 'in Na_2O 'e, b) tFe_2O_3 'in MgO 'e, c) SiO_2 'nin tFe_2O_3+MgO 'e d) tFe_2O_3+MgO 'in Na_2O+K_2O 'e göre değişimleri. Semboller Şekil 8 ile aynıdır.

gelişen albitleşme ve serizitleşme çok azken, hidroliz sonucu feldispat bozuşması yaygındır.

Çalışma alanındaki cevherleşme tek bir jeolojik zaman aralığında (Kampaniyen-Maestrihtiyen) oluşmuştur. Kibletepe cevherleşmesi Kuruko tip VMS yatakları grubunda yer alır ve bimodal volkanizmayla ilişkilidir. Cevherleşmenin bulunduğu volkanitler Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki masif sülfid yataklarının gösterdiği ayrışma özelliklerine benzer ayrışmalar göstermektedir. Ancak bu ayrışmalar, çalışma alanındaki kayalarda bölgenin tektonik yapısından dolayı diğer masif sülfid yataklarında olduğu gibi düzenli değildir.

Teşekkür

Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümü olup, Gümüşhane Üniversitesi Araştırma Fonu (GÜBAP) tarafından 2012.02.1710.6 nolu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar makaleyi inceleyip katkıda bulunan hakemler ve editöre teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Abdioğlu, E., 2008. Kutlular (Sürmene Trabzon) Masif Sülfid Yatağı Hidrotermal Alterasyonunun Kil Mineralojisi, Jeokimyası, Duraylı İzotop Özellikleri ve Kökeni, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akçay, M. ve Arar, M., 1999. Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Çayeli Massive Sulphide Ore Deposit, Rize, NE Turkey, Mineral Deposits: Processes to Processing, Stanley et al., Eds., Balkema, Rotterdam, 459-462.
- Akçay, M. ve Moon, C.J., 2001. Geochemistry of Pyrite-Bearing- and Purple Dacites in North-Eastern Turkey: A New Exploration Tool for the Kuroko Type Deposits, Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century, A. Piestryski, Ed., Krakow, Poland, 210-213.

- Akçay, M., 2003. Karadeniz Bölgesindeki Masif Sülfid Yataklarının Tabanında ve Tavanında Bulunan Dasitlerin Jeokimyasal Özellikleri: Kuruko Tip Yataklar İçin Yeni bir Arama Kriteri, Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Potansiyeli Sempozyumu, Özler Kitabı, 22-25 Ekim, 81-83.
- Akıncı, Ö.T., 1980. The Major Copper Metallogenetic Units and Genetic Igneous Complexes of Turkey, European Copper Deposits, S. Jankoviç, R. Sillitoe, Eds., Belgrade, Belgrade Univ. Faculty Geology and Mining, 199-208.
- Akıncı, Ö. T., 1984. The Eastern Pontide volcanosedimentary belt and associated massive sulphide deposits, J.E. Dixon, A.H.F. Robertson, Eds., The geological evolution of the Eastern Mediterranean, Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 17, 415-428.
- Alpan, T., 1971. Trabzon-Of Arasının Jeolojik Etüt Raporu, MTA Rapor No:1177, Ankara.
- Altun, Y., 1978. Çayeli-Madenköy Bakır-Çinko Yatağının Jeolojisi ve Cevherleşmeye İlişkin Sorunlar, MTA Dergisi, 89, 10-24.
- Arribas, A. Jr., 1995. Characteristics of High-Sulfidation Epithermal Deposits and Their Relation to Magmatic Fluid, J. F. H. Thompson, Ed., Magmas, Fluids and Ore Deposits, Mineralogical Association of Canada, Short Course, 23, 419-454.
- Aydınçakır, E. ve Kaygusuz, A., 2012, Geç Kretase Yaşlı Dağbaşı (Araklı, Trabzon) Volkanitlerinin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, KD Türkiye, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2 (2), 123-142.
- Barret, T. J., Cattalani, S. ve MacLean, W.H., 1993, Volcanic Lithochemistry and Alteration at the Delbridge Massive Sulphide Deposits, Noranda Quebec, Journal of Geochemical Exploration, 48, 135-173.
- Barret, T.J. ve MacLean, W.H., 1991, Chemical, Mass, and Oxygen Isotopic Changes During Extreme Hydrothermal Alteration of an Archean Rhyolite, Noranda, Economic Geology, 86, 406-414.
- Barrett, T.J. ve MacLean, W.H., 1999, Volcanic Sequences, Lithochemistry and Hydrothermal Alteration in Some Bimodal Volcanic-Associated Massive Sulfide Systems, Volcanic-Associated Massive Sulfide Systems: Processes and Examples in Modern and Ancient Settings, C.T. Barrie, M.D. Hannington, Eds., Reviews in Economic Geology, 8, 101-131.
- Binns, R.A. ve Scott, S. D., 1993, Actively Forming Polymetallic Sulfide Deposits Associated with Felsic Volcanic Rocks in the Eastern Manus Back-Arc Basin, Papua New Guinea, Economic Geology, 88, 2226-2236.
- Buser, S. ve Cvetic, S., 1973, Geology of the Environs from the Murgul Copper Deposits, Turkey, MTA Bull., 81, 22-45.
- Çağatay, M.N., 1993. Hydrothermal Alteration Associated with Volcanogenic Massive Sulfide Deposits, Examples from Turkey, Economic Geology, 88, 606-621.
- Çağatay, N., 1980. Doğu Karadeniz Bölgesi Volkanojenik Masif Sülfid Yataklarının Hidrotermal Alterasyonu. Türkiye Jeo. Kur. Bül. 23, 69-78.
- Çiftçi, E., Kolaylı, H., Tokel, S., 2005. Lead-arsenic soil geochemical study as an exploration guide over the Killik volcanogenic massive sulfide deposit, Northeastern Turkey. Journal of Geochemical Exploration, 86,1, 49-59.
- Çöl, L., 2012. Elmaalan (Arsin-Trabzon) masif sülfid cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Date, J., Watanabe, Y. ve Saeki, Y., 1983. Zonal Alteration Around the Fukazawa Kuroko Deposits, Akita Prefecture, Northern Japan, Economic Geology Monograph, 5, 365-386.
- Eastoe, C.J., Solomon, M. ve Walsh, J.L., 1987. District-Scale Alteration Associated with Massive Sulphide Deposits in the Mount Read Volcanics, Western Tasmania, Economic Geology, 82, 1239-1258.
- Eldridge, C.S., Barton, P.B. Jr. ve Ohmoto, H., 1983. Mineral Textures and Their Bearing on Formation of the Kuroko Ore Bodies. Economic Geology, Monograph, 5, 570-594.
- Franklin, J.M., Lydon, J.W. ve Sangster, D.F., 1981. Volcanic-Associated Massive Sulfide Deposits, Economic Geology, 75 th Anniversary, 485-627.
- Gemmell, J.B. ve Large, R.R., 1992. Stringer System and Alteration Zones Underlying the Hellyer Volcanogenic Massive Sulfide Deposit, Tasmania, Economic Geology, 87, 620-649.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara (yayınlanmamış).
- Halbach, P., Nakamura, K., Wahsner, M., Lange, J., Sakai, H., Kaselitz, L., Hansen, R. D., Yamano, M., Post, J., Prause, B., Seifert, R., Michaelis, W., Teichmann, F., Kinoshita, M., Marten, A., Ishibashi, J., Czerwinski, S. ve Blum, N., 1989a. Probable Modern Analogue of Kuruko-Type Massive Sulphide Deposits in the Okinawa Trough Back-Arc Basin, Nature, 338, 496-499.
- Halbach, P., Pracejus, B. ve Marten, A., 1993. Geology and Mineralogy of Massive Sulphide Ores From the Central Okinawa Trough, Japan, Economic Geology, 88, 274-289.
- Halbach, P., Wahsner, M., Kaselitz, L., Sakai, H. ve Hein, U., 1989b. The Jade Hydrothermal Field in the Okinawa Trough-First Discovery of Massive Sulphide in an Intracontinental Back-Arc Basin, In Miles, D.L. (Ed.), Water-Rock-Interaction, 6,279-283.
- Henley, J.J., Montoya, J.W., Marinenko, J.W. ve Luce, R.W., 1980. Equilibria in the System Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O and Some General Implications for Alteration/Mineralization Processes, Economic Geology, 75, 210-228.
- Hutchinson, R.W., 1973. Volcanogenic Sulphide Deposits and Their Metallogenic Significance, Economic Geology, 68, 1223-1246.
- Hutchinson, R.W., 1980. Massive Base Metal Sulphide Deposits as Guides to Tectonic Evolution; in the Continental Crust and its Mineral Deposits, Strangway, D.W., Editor, Geological Association of Canada, Special Paper 20, 659-684.
- Ishikawa, Y., Sawaguchi, T., Iwaya, S. ve Horiuchi, M., 1976. Delineation of Prospecting Targets for Kuroko Deposits Based on Models of Volcanism of Underlying Dacite and Alteration Haloes, Mining Geology, 26, 105-117.
- Jackson, M.L., 1956. Soil Chemical Analysis-Advanced Course, Department of Soil Science, University of Wisconsin, Madison.
- Jenner, G.J., Longrich, L.P., Jackson, S.E. ve Fryer, B.J., 1990. ICP-MS a powerful tool for high precision trace-element analysis in earth sciences; evidence from analysis of selected U.S.G.S. reference samples. Chemical Geology, 83, 133 - 148.
- Karakaya, M.Ç., Karakaya, N., Küpeli, Ş. ve Yavuz, F., 2012. Mineralogy and Geochemical Behavior of Trace Elements of Hydrothermal Alteration Types in the Volcanogenic Massive Sulphide Deposits, NE Turkey, Ore Geology Reviews, 48, 197-224.

- Kolaylı, H., 1989. Alterasyondaki Kimyasal Değişimlerin İncelenmesiyle Kutlular (Sürmene) Tipi Sülfid Yataklarında Merceğin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kunze, G.W., 1965. *Methods of Soil Analysis*, Agronomy Society of America Inc., C.A. Black, Ed., 44, 568-577.
- Large, R.R., Allen, R.L., Blake, M.D. ve Hermann, W., 2001. Hydrothermal Alteration and Volatile Element Halos for the Rosebery K Lens Volcanic-Hosted Massive Sulfide Deposit, Western Tasmania. *Economic Geology*, 96, 1055-1072.
- Large, R.R., Gemmel, J.B., Paulick, H. ve Huston, D.L., 2001a. The Alteration Box Plot: A Simple Approach to Understanding the Relationship Between Alteration Mineralogy and Lithochemistry Associated with Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits, *Economic Geology*, 96, 957-971.
- Large, R.R., McPhie, J., Gemmel, J.B., Herrmann, W. ve Davidson, G.J., 2001b. The Spectrum of Ore Deposit Types, Volcanic Environments, Alterations Halos and Related Exploration Vectors in Submarine Volcanic Successions: Some Examples from Australia. *Economic Geology*, 96, 913-938.
- Lentz, D.R., 1996. Recent Advances in Lithochemical Exploration for Massive-Sulfide Deposits in Volcano-Sedimentary Environments: Petrogenetic, Chemostratigraphic and Alteration Aspects with Examples from the Bathurst Camp, New Brunswick. New Brunswick Department of Nature Resources and Energy, Minerals and Energy Division Mineral Resource, 96-1, 73-119.
- Lentz, D.R., 1999. Petrology, Geochemistry and Oxygen İsootope İnterpretation of Felsic Volcanic and Related Rocks Hosting the Brunswick 6 and 12 Massive Sulfide Deposits (Brunswick Belt), Bathurst Mining Camp, New Brunswick, Canada, *Economic Geology*, 94, 57-86.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının Uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Longerich, H.P., Jenner, G.A., Fryer, B.J. ve Jackson, S.E., 1990. Inductively coupled plasma mass spectrometric analysis of geological samples: Case studies. *Chemical Geology*, 83, 105-118.
- MacLean, W.H. ve Barrett, T.J., 1993. Lithochemical Techniques Using İmmobile Elements, *Journal of Geochemical Exploration*, 48, 109-133.
- MacLean, W.H. ve Hoy, L.D., 1991. Geochemistry of Hydrothermal Altered Rocks at the Horne Mine, Noranda, Quebec. *Economic Geology*, 86, 3, 506-528.
- Mehra, O.P. ve Jackson, M.L., 1960. Iron oxides removed from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*, 7, 317-327.
- Myers, R.E. ve MacLean, W.H., 1983. The Geology of the New Inco Copper Deposit, Noranda District, Quebec, *Canadian Jour. Earth. Sci.*, 20, 1291-1304.
- Nebiöglu, T.Y., 1975. Rize-Çayeli Madenköy I Sahasındaki Bakır Yatağına Ait Sonuç Raporu, M.T.A. Rapor No: 4173, Ankara.
- Okay, A.I., Şahintürk, O., 1997. Geology of the eastern Pontides, A.G. Robinson, Ed, *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, AAPG Memoir, 68, 291-311.
- Pearce, J.A., 1996. A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams, in Wyman, D.A., Ed., *Trace Element Geochemistry of*

- Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration, Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, 79-113.
- Pejatović, S., 1979. Metallogeny of the Pontid-Type Massive Sulphide Deposits, Mineral Geochemistry of Massive Sulphide-Associated Hydrothermal Sediments of the Brunswick Horizon, Bathurst Mining Camp, New Brunswick, Canadian Journal of Earth Sciences, 33, 252-283.
- Pirajno, F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits: Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist. Springer-Verlag, Berlin, 709 s.
- Ramdohr, P., 1975. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. 4. Auflage, Berlin.
- Sato, T., 1977. Kuroko deposits: their geology, geochemistry and origin. In: Volcanic Processes in Ore Genesis. Geological Society of London, Special Publications 7, 153-161.
- Sawkins, F.J., 1976. Massive Sulphide Deposits in Relation to Geotectonics: Geological Association of Canada Special Paper 14, 221-240.
- Shirozu, H., 1974. Clay Minerals in Altered Wall Rocks of the Kuroko-Type Deposits, Geology Of Kuroko-Type Deposits, S.Ishihara, K. Kanehira, A. Sasaki, T. Sato, Y. Shimazaki, Eds., The Society of Mining Geologists of Japan, 6, 303-310.
- Sillitoe, R.H., 1982. Extensional Habitats of Rhyolite-Hosted Massive Sulphide Deposits, Geology, 109, 403-407.
- Sillitoe, R.H., 1993. Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features, Mineral Deposit Modeling, R. V. Kirkham, W. D. Sinclair, R. I Thorpe, J. M. Duke, Eds., Geological Association of Canada, 40, 403-417.
- Sipahi, F. ve Sadıklar, M.B., 2011. Zigana (Gümüşhane, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Alterasyon Mineralojisi ve Kütle Değişimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 53, 2-3, 97-128.
- Sipahi, F., 2005. Zigana Dağı (Torul-Gümüşhane) Volkanitlerindeki Hidrotermal Ayrışmaların Mineraloji ve Jeokimyası, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics 75, 181-241.
- Tüysüz, N. ve Er, M., 1995. Lahanos (Espiye) ve İsraildere (Tirebolu) Masif Sülfid Cevherleşmeleri Çevresinde Görülen Hidrotermal Alterasyon Zonlarındaki Kimyasal ve Mineralojik Değişimler, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 10, 104-113.
- Tüysüz, N., 1995. Lahanos (Espiye-Giresun) Masif Sülfid Yatağına Ait Cevher Mineralleri ve Dokularının Cevher Oluşumu Açısından İncelenmesi, Geosound/ Yerbilimleri, 26, 79-92.
- Tüysüz, N., 1999. Artvin-Ordu Arasındaki Masif Sülfid Bakır, Kurşun, Çinko Yataklarının Jeokimyasal Yöntemlerle Araştırılması. Sonuç Raporu, KTÜ Araştırma Fonu Başkanlığı, Proje Kodu: 96.12.005.9.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE-Turkey. Chemie der Erde, 60, 231-250.
- Tüysüz, N., 2003. Doğu Karadeniz Yöresindeki Masif Sülfid Yataklarının Jeolojisine ve Arama Tekniklerine Yeni Bir Yaklaşım. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Potansiyeli Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, 20-21.
- Urabe, T. ve Marumo, K., 1991. A new model for Kuroko-type deposits of Japan. Episodis 14, 246-251.

- Van, A., 1990. Pontid Kusağında Artvin Bölgesinin Jeokimyası, Petrojenezi ve Masif Sülfid Mineralizasyonları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Van Gerven, M., 1995. Geochemische Nebengesteinsalterationen und Erfassung Signifikanter Zonierungen im Bereich des Jade-Erzfeldes, Okinawa-Trog, Japan, Dipl.-Geol., Freie Universitate, Rohstoff- und Umweltgeologie, Berlin, 186s.
- Winchester, J.A., ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobike Elements, Chemical Geology, 20, 325-343.
- Yılmaz, T., Yazıcı, E., Boğuşlu, M. ve Tüysüz, N., 1982. Trabzon-Sürmene-Of-Araklı Yörelerinin Jeolojisi ve Maden Yatakları Raporu, MTA Rapor No:1894, Ankara.