



Sızma (Konya) Civa Yataklarıyla İlişkili Epitermal Çözeltilere Bağlı Yankayaç Alterasyonu

Wall-rock Alteration caused by Epithermal Fluids Related to the Sızma Mercury Deposit, Konya, Central Turkey

Bilgehan Yabgu HORASAN
Sedat TEMUR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 42072, Konya
Selçuk Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü, 42072 Konya
stemur@selcuk.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada Sızma (Konya) Tersiyer yaşlı civa cevherleşmesini sağlayan epitermal çözeltilerin trakiandezit (Triyas) bileşimli yankayaçlarda meydana getirdiği mineralojik ve kimyasal değişimler ele alınmıştır. İnceleme alanında en yaşlı birim Siluriyen - Alt Karbonifer yaşlı Bozdağ formasyonuna ait mermerlerdir. Bunun üzerine uyumlu olarak Karbonifer - Permian yaşlı Bağrıkurt formasyonu gelmekte ve genellikle fillit, şist, metakumtaşı, metaçört ve kuvarsit ardalanması ile kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Triyas yaşlı Karadağ metatrakiandezitleri bu birimleri kesmektedir. Metatrakiandezitlerde düşük sıcaklıklı hidrotermal çözeltilere bağlı yaygın uralitleşme, kloritleşme, serisitileşme, silisileşme, sosuritileşme, kaolinleşme gibi alterasyonlar gözlenir. Metatrakiandezitlere ait örneklerin kimyasal analizlerine göre kayacın Au, Ba, Cu, Hg, Pb ve Sb standart sapmalarının yüksek olması tipik birincil alterasyonla ilgili, özellikle epitermal evre metal gelimini yansıtmaktadır. REE içerikleri, özellikle LREE miktarları benzer kayalara göre oldukça yüksektir. Verilere Kondrit- ve MORB-normalleştirmeleri uygulandığı zaman her iki dağılımda da LREE'den HREE'ye doğru gittikçe ve çok düzenli bir şekilde azalan dağılım şekli (pattern) elde edilmektedir. Kimyasal verilere uygulanan cluster ve faktör analizlerinden hidrotermal alterasyonun izleri belirlenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Civa, epitermal, Sızma-Konya, yankayaç alterasyonu, REE

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the mineralogical and chemical changes, caused by epithermal solutions which were mineralizing fluids of Tertiary mercury deposit, in trachyandesite wall-rocks. The oldest unit in the study area is marble of the Silurian - Lower Carboniferous Bozdağ formation. The Carboniferous - Permian Bağrıkurt formation lies conformably on the Bozdağ formation and consists of generally phyllite, metasandstone, metachert, quartzite, calcschist with limestone lens. The Triassic aged metatrachyandesite cut across these units and cover them. In the metatrachyandesite common alteration products such as uralitization, chloritization, sericitization, silicification, saosuritization are observed. The metatrachyandesite shows that standart deviations of Au, Ba, Cu, Hg, Pb, and Sb values are high, and reflects that epithermal stage metals enrichment related to

typical primary alteration. The amounts of REEs, especially LREEs of metatrachyandesite are quite high. Chondrite- and MORB-normalized patterns of REEs show gradual and regular decreases from LREEs to HREEs. The results of cluster and factor analyses of the data indicate a hydrothermal alteration tracer.

Keywords : Mercury, epithermal, Sızma-Konya, wall-rock alteration

GİRİŞ

Çalışma alanı Konya'nın 20 km kuzeyinde, Sızma yakınında yer almakta ve yaklaşık 20 km² alan kaplamaktadır (Şekil 1). Yörede bulunan civa yataklarında uzun yıllar üretim yapılmış ve 1990 yılında kapatılmıştır. Bu çalışmada, civa yataklarının oluşumunu sağlayan hidrotermal çözeltilerin, yatakların trakiandezit bileşimli yankayacında meydana getirdiği mineralojik ve kimyasal değişimler incelenmiştir.

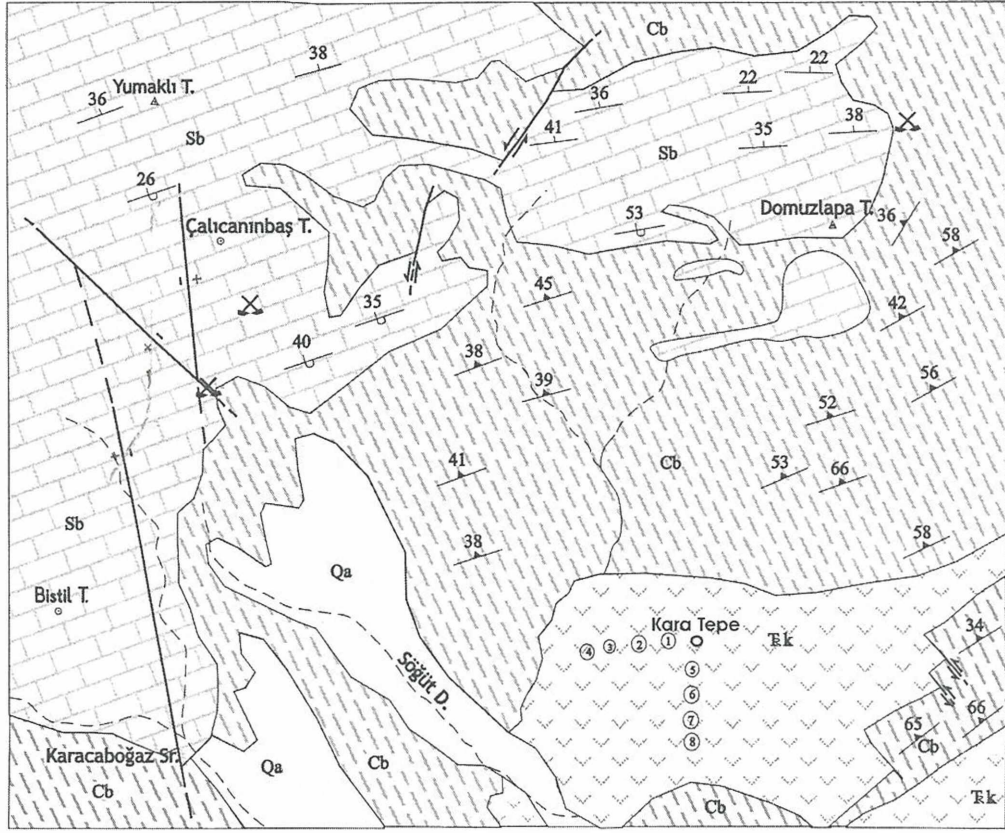
Sharpless ve Monaci (1908) yöredeki civa cevherleşmesinin eski magmatik kayalara yakın şist-mermer dokanağında ve mermerin içinde, damarcıklar ve saçınımlar halinde bulunduğunu belirtmiştir. Pilz (1937), Schumacher (1937), Kovenko (1939), Murdock (1958), Kuru ve Yıldız (1963), Petrascheck (1964), Kaaden (1966), Wiesner (1968) gibi araştırmacılar yöredeki kayaları fillitik şist ve bitümlü kireçtaşı olarak tanımlamış ve cevherleşmenin andezit volkanizması ile ilgili epitermal bir oluşum olduğunu ve tektonik bir hatta bağlı olarak geliştiğini savunmuşlardır.

Bayiç (1968) yöredeki volkanitleri metatrakit ve metaporfirit olarak adlandırmış ve fasiyes tanımlamaksızın yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasına uğradıklarını belirtmiştir. Yöredeki metasedimanter kayaların Siluriyen-Karbonifer zaman aralığında çökeildiğini vurgulayan Doğan (1975) metavolkanitleri Karadağ metaporfiriti olarak adlandırmıştır. Güzel (1983) Orta Devoniyen öncesi ayırtılmamış temel karmaşığı olarak tanımladığı litolojilerin üzerine kireçtaşlarının uyumlu olarak geldiğini belirtmiştir. Pehlivan (1976), Banger (1987) ve Üstündağ (1987) Orta - Üst Devoniyen yaşlı şist ve karbonatlarla, bunları uyumsuz olarak örten Alt - Orta Karbonifer yaşlı

kayaçların metaklastik ve kireçtaşlarından oluştuğunu vurgulamıştır. Özcan ve diğ.(1988) birimleri altta Siluriyen - Devoniyen yaşlı Bozdağ kireçtaşı ve onun üzerine açılı uyumsuzlukla gelen metaklastik, metavolkanit ve kireçtaşı bloklarından yapılı Karbonifer yaşlı Halıcı grubu olarak tanımlamışlardır. Eren (1993) Karadağ metamagmatikleri olarak adlandırdığı metavolkanitlerin Geç Permiyen öncesi evrimini tamamlamış bir yay gelişimi ile ilgili olabileceğini belirtmiştir.

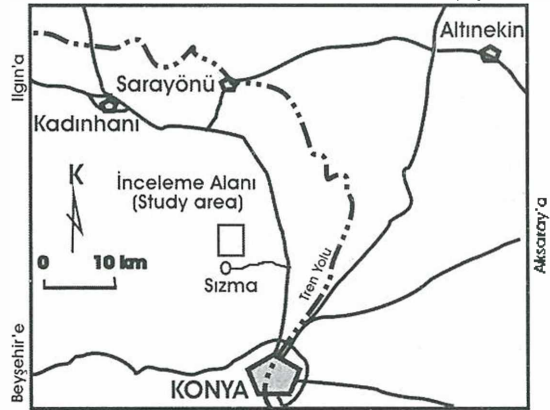
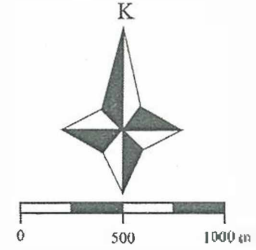
MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada inceleme alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası güncelleştirilerek toplam 20 adet metatrakiandezit örneği alınmıştır. Rasgele derlenen 12 örneğin ince kesiti hazırlanmış ve polarizan mikroskopta incelenerek kayacın yapı ve doku özellikleri ile alterasyona bağlı mineral dönüşümleri tanımlanmıştır. Örneklerin 8 tanesi ise inceleme alanının güneydoğusunda yer alan Kara Tepe'den başlayarak D - B ve K - G doğrultuları üzerinde her 25 m'de 1 adet, bulunan yerli kayalardan sistematik bir şekilde derlenmiştir. Bu yolla yaklaşık 80 m genişlik ve 1 km devamlılık sunan altere zonun merkez kısmının iki yönlü taranmış olması sağlanmıştır. Örneklerin Kanada'da bulunan ACME laboratuvarlarında ana oksit, eser element ve nadir toprak elementleri bakımından kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir.



AÇIKLAMALAR

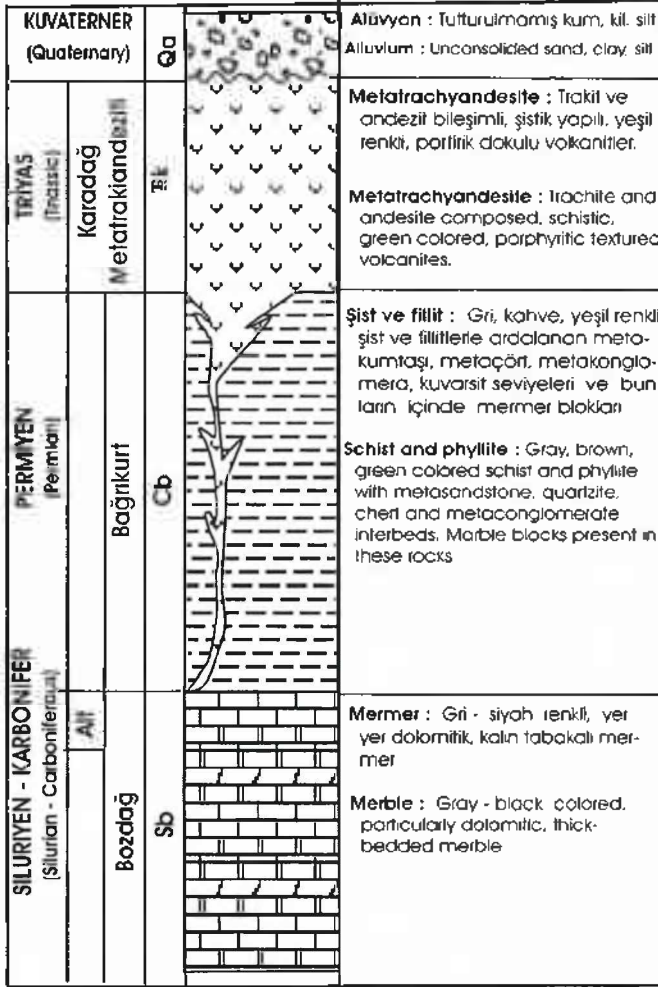
-  Alüvyon (Kuvaterner)
Alluvium (Quaternary)
-  Karadağ metatrakiandeziti (Triyas)
Karadağ metatrachyandesite (Triassic)
-  Bağnurt formasyonu (Karbonifer - Permian)
Bağnurt formation (Carboniferous - Permian)
-  Bozdağ formasyonu (Silüriyen - Alt Karbonifer)
Bozdağ formation (Silurian - Lower Carboniferous)
-  Nirengi noktaları
(Summit)
-  Dere
(Stream)
-  Formasyon sınırı
(Formation boundary)
-  Doğrultu atımlı fay
(Strike-slip fault)
-  Düşey fay
(Vertical fault)
-  Tabaka doğrultu ve eğimi
(Strike and dip)
-  Yapraklanım
(Foliation)
-  İşletilmeyen civa ocağı
(Old mercury pit)
-  Örnek yerleri
(Sample location)



Şekil 1. İnceleme alanının yerbulduru ve jeoloji haritası
Fig. 1. Location and geological map of the investigation area.

JEOLOJİK KONUM

İnceleme alanında Paleozoyik yaşlı metasedimanter kayaçlar ve bunları kesen Triyas yaşlı metamagmatitler yüzülemektedir. Bu birimler de Kuvaterner yaşlı alüvyon tarafından örtülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz)
Fig. 2. Generalized column section of the study area (no scale).

Bozdağ Formasyonu

Bozdağ formasyonu krem, gri ve koyu gri mermerler ile yer yer dolomit, dolomitik kireçtaşı ve siyah renkli mermerlerden oluşmaktadır. Formasyon Doğan (1975) tarafından bu isimle incelenmiş, diğer araştırmacılar da aynı ismi benimsemiştir.

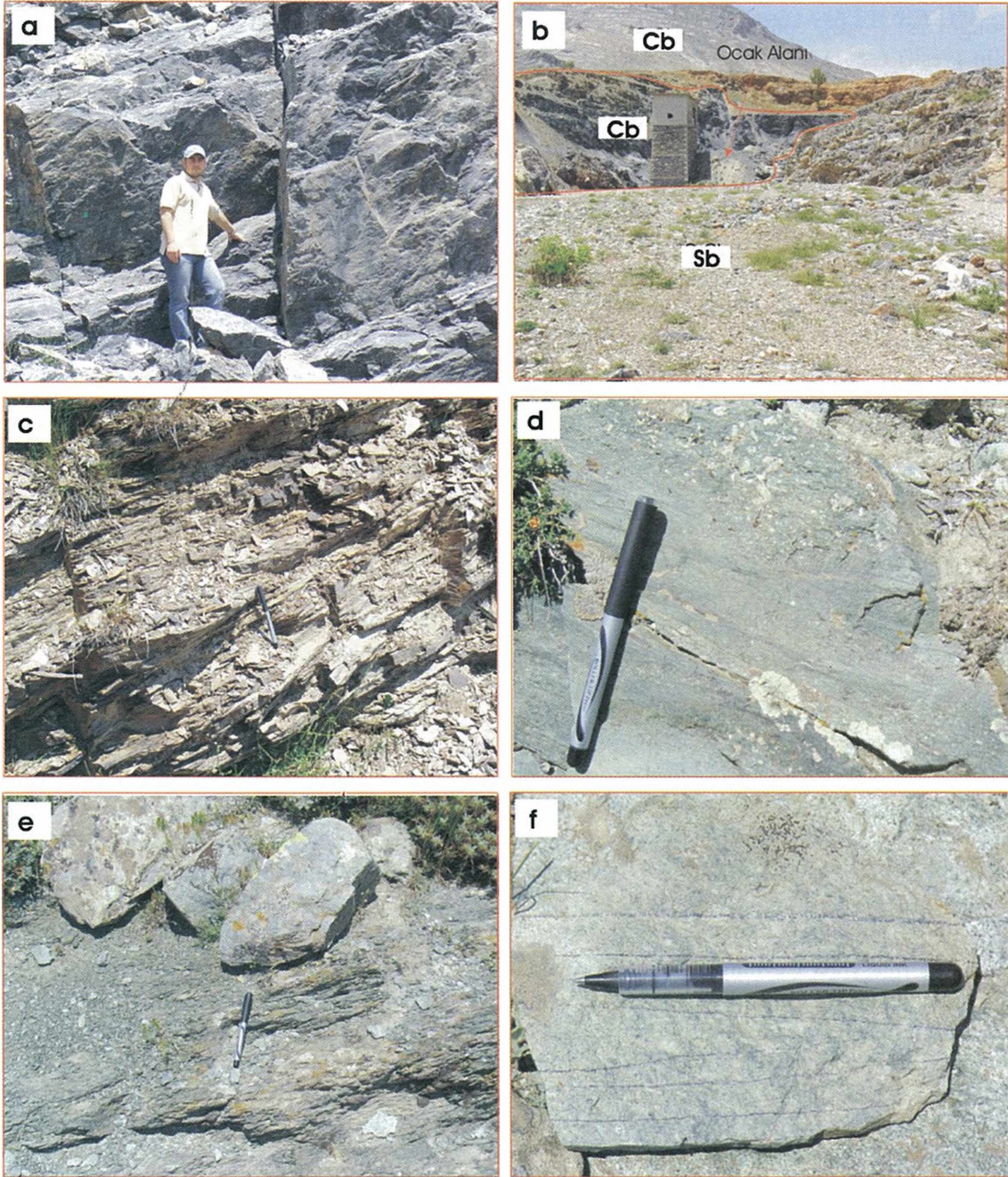
Bozdağ formasyonu krem, gri ve koyu gri renkli mermerlerden yapıldır (Şekil 3a). Bu karbonatlı kayaçların arasında dolomitleşmiş kısımlara ve kuvarsit seviyelerine rastlanmaktadır. Dolomitleşme formasyonun her tarafında, yaygın olarak ve tabakalanmaya paralel stratigrafik seviyeler halinde gözlenmektedir. Civa yataklarına ve bu yataklarla ilgili diğer alterasyonların geliştiği kesimlerde dolomitleşmenin derecesi ve kalınlığında değişme belirlenmemektedir. Dolayısıyla dolomitleşme civa yataklarının oluşumunu sağlayan Tersiyer magmatizmasıyla değil, diyajenetik ve/veya Triyas yaşlı metatrakiandezit magmatizmayla ilişkili olmalıdır.

Genellikle kalın tabakalı bu mermerlerin içerisinde ince tabakalı ve laminalı kısımlar vardır. Kayaç granoblastik dokuludur. Katsitlerde ksenomorf görünüm ve deformasyon izleri yaygındır. Dolomit oranı en fazla %25'e çıkmaktadır. Az miktarda (<%3) kuvars ve epidot içermektedir.

İnceleme alanında Bozdağ formasyonu en yaşlı birim olup, üzerinde uyumlu konumda Bağrıkkurt formasyonu izlenmektedir (Şekil 2 ve 3b). Weisner (1968), Doğan (1975), Pehlivan (1976) ve Eren (1993) tarafından belirlenen fosil topluluğuna göre birimin yaşı Siluriyen-Alt Karbonifer ve oluşum ortamı resif karmaşığdır.

Bağrıkkurt Formasyonu

Formasyon metakumtaşı, metakonglomera, metaçört, kuvarsit araseviyeleri ve mermer blokları içeren fillit ve şistlerden yapıli olup, Eren (1993) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyonun yaygın litolojisi olan fillit, genellikle yeşil renkli (Şekil 3c) olup, yapraklanma tabakalanmayı kısmen silmiş durumdadır. Fillitlerin ana bileşeni serisit (~% 65) ve kuvarstr (~% 15). Diğer bileşenlerini klorit (~% 10), plajiyoklas (albit) (~% 6), sfen (~% 2), apatit (~% 1) ve opak mineraller (~%1) oluşturur. Lepidoblastik doku sunan bu kayaçlar şistlere kıyasla daha ince tanelidir. Şistler genelde muskovit (~%40), klorit (~%28), kuvars (~%21), serisit (~%4), plajiyoklas



Şekil 3. (a) Yumaklı Tepe'de izlenen Bozdağ formasyonuna ait siyah-koyu gri renkli, kalın tabakalı-masif mermer; (b) Çalicanınbaş Tepe güneyinde Bozdağ formasyonu (Sb) ve Bağrıkkurt formasyonu (Cb) sınırında yer alan cevherleşme ve kapatılmış cıva ocağı; (c) Çalicanınbaş Tepe güneyinde izlenen Bağrıkkurt formasyonuna ait yeşil renkli fillitler; (d) Metatrakiandezitlerin içerisindeki feldispat (beyaz) fenokristalleri (Kara Tepe güneyi); (e) Şisti yapı sunan metatrakiandezitler (Kara Tepe batısı); (f) Metatrakiandezitlerin içerisinde birbirine paralel, kılcal antimuan damarları.

Fig. 3. (a) Black - dark grey colored, thick layered-massive marbles of the Bozdağ formation viewed on Yumaklı Hill; (b) Bozdağ formation (Sb) on the south of Çalicanınbaş Hill and ore areas and closed mercury mine located on the border of the Bağrıkkurt formation (Cb); (c) Green colored phyllite of the Bağrıkkurt formation viewed on the south of Çalicanınbaş Hill; (d) Feldspar (white) phenocrysts in the metatrachyandesite (south of Kara Hill); (e) Metatrachyandesite which have schistosity (west of Kara Hill); (f) Antimonial veinlets which are parallel to each other in the trachyandesite.

(albit-oligoklas) (~%2), epidot (~%2), efen (~%1), turmalin (yeşil) (~%1) ve opak minerallerden (~%1) yapılıdır. Bu kayaların içerisinde muskovit, klorit ve serisit oluşturduğu lepidoblastik seviyelerle kuvarsın oluşturduğu granoblastik kısımlar aralanma yaparak, kayaca granolepidoblastik bir doku kazandırmıştır. Plajiyoklaslar yer yer porfiroblast halde olup, bu kayalara ayrıca porfiroblastik bir doku kazandırmaktadır. Kayaç, mineralojik bileşime göre "klorit-muskovitsit" olarak adlandırılabilir.

Metaçörtler genellikle siyah renkli olup fillit ve kumtaşları ile aralanmalı olarak gözlenirler. Daha çok polijenik olan konglomeraların bileşenleri çört, kuvarsit, kumtaşı ve fillit çakıllardır. Çakıllar yapraklanmaya paralel olarak yassılaştırmış ve uzamışlardır. Metakumtaşları genellikle gri, yeşil ve kahve renkli, kötü boylanmalı ve yer yer türbiditik çakıltaşlarıyla geçişlidirler. Metakumtaşında yaygın olarak (~%70) kuvars izlenir. Kuvarslar genelde iri taneli olup bunlar serisit, klorit, muskovit, turmalin (yeşil) ve küçük taneli kuvarslardan oluşan bir hamur (~%22) ile tutturulmuştur.

Altın Bozdağ formasyonuna ait mermerleri uyumlu olarak örten Bağrıkkurt formasyonu Karadağ metatrakiandeziti tarafından kesilmektedir (Şekil 2). Eren (1993), saha dışında olistostromal kireçtaşları içinde bulunduğu fosiller ve stratigrafik konumu bakımından formasyona Devoniyen - Alt Permiyen yaşını uygun görmüştür. Özcan ve diğ.(1988) ise, bu formasyona karşılık gelen Halıcı grubu için Karbonifer yaşını önermişlerdir. Bu görüşlerin ışığı altında, formasyonun yaşı Karbonifer - Permiyen olarak kabul edilmiştir. Genellikle türbiditik özellikli kayaları bünyesinde bulduran birim muhtemelen kıta eteği ve kıta yamacında çökelmiştir (Eren 1993).

Karadağ Metatrakiandeziti

Metatrakiandezit genellikle yeşilimsi gri renkli, değişik boyutlarda dayklar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 1). Bu kayaları Neihoff (1961)

keratofir, Weisner (1968) andezitporfir, Bayıç (1968) ise trakit bileşiminde metaporfir olarak tanımlamıştır. Doğan (1975) yöredeki metavolkanitleri "Karadağ metaporfir", Eren (1993) "Karadağ metamagmatikleri", Kurt (1994) ise "Metatrakiandezit" şeklinde adlandırmıştır. Bu çalışmada ise Karadağ metatrakiandeziti adı benimsenmiştir.

Metatrakiandezitin taze yüzeylerinde yeşilimsi gri renktedir (Şekil 3d). Yeşilimsi renkli ve ince taneli bir hamur içerisinde yer yer iri beyaz renkli prizmatik şekilli feldispat kristalleri bulundurulur (Şekil 3d). Feldispatların boyutu yaklaşık 0.5-1.5 cm arasındadır. Bu kayaların içerisinde yer yer daha bazik bir magmaya ait siyah renkli anklavlar gözlenir. Metatrakiandezit belirgin foliasyonludur. Düşük dereceli metamorfizma izleri taşıyan kayaçta, bazı düzeylerde yapraklanma daha belirgindir (Şekil 3e). Kayaçta yer yer piroksen, epidot ve kloriti ayırt etmek mümkündür. Bol kırık ve çatlak yapıları izlenir ve bunlar epidot, kalsit veya antımuhan (Şekil 3f) ile doldurulmuştur.

Metatrakiandezitin mikroskobik gözlemlerinde kayaç içerisinde; serisit, ojit, hipersten, klorit, riyebeke, aktinolit, pumpeliyit, epidot, stilpinomelan, muskovit, feldispatlar (plajiyoklas ve sanidin), kuvars, sfen ve opak minerale rastlanmıştır. Bazı örneklerde foliasyon oldukça belirgindir ve bunlarda serisit, klorit ve muskovit oranı artmaktadır. Özellikle hipersten, ojit, sanidin ve plajiyoklas (oligoklas - andezin) köken kayalardan kalma relik kristalleri oluşturmakta ve çoğunlukla porfiroklast halde izlenmektedir.

Metatrakiandezitin yaşı Mesozoyik olarak kabul edilmektedir (Hekimbaşı, 1997). Karbonifer - Permiyen yaşlı Bağrıkkurt formasyonunu, inceleme alanının dışında Nolanınbaş Tepe civarında Üst Permiyen - Alt Triyas yaşlı Bahçecik formasyonunu kestiği gözlenmektedir. Bunlara bağlı olarak birimin yaşı Triyas olarak kabul edilmiştir.

CİVA YATAKLARININ KONUMU VE YAŞI

İnceleme alanındaki cıva yatakları esas olarak Bozdağ formasyonuna ait kireçtaşlarının içinde ve kireçtaşı - şist kontaktında yer almakta, diğer birimlerin içinde de ince damarcıklar, mineral kümeleri, alterasyon zonları şeklinde izlerine rastlanmaktadır. Bütün birimlerin içinde epijenetik - damar tipi cevherleşme sunması, yankayaçlarının metamorfik olmasına karşın cevherleşme ve buna bağlı alterasyon minerallerinde metamorfizma izine rastlanmaması cevherleşmenin, Karadağ metatrakiandeziti de dahil olmak üzere bütün bu birimlerden genç olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, inceleme alanının doğu bitişiğinde yüzeyleyen Üst Permiyen - Alt Jura yaşlı Kızılören ve Üst Triyas - Alt Kretase yaşlı Lorasdağı formasyonuna (Görmüş, 1984; Eren, 1993) ait birimlerin metamorfik olması da yöredeki metamorfizma yaşının en azından Geç Kretase olduğunu ve cevherleşmeyi etkilemediğini göstermektedir.

İnceleme alanının çevresinde epitermal bir cevherleşmeye kaynaklık yapabilecek genç magmatik aktivite, Konya'nın batısında geniş alanlar kaplayan ve ignimbirit, aglomera, tüf, dasit, andezit, trakiandezit ile temsil edilen Üst Miyosen - Alt Pliyosen yaşlı Erenler-Alacadağ volkanitidir (Kurt ve diğ., 2005). Dolayısıyla cıva yataklarının oluşumu da bu magmatizma ile ilişkili olmalıdır.

İnceleme alanındaki hidrotermal alterasyonlar cıva yataklarıyla aynı kökenli ve aynı yaşlı olup, alterasyon zonlarında başta antimonit olmak üzere galenit, sfalerit, realgar, kalsit, kuvars gibi epitermal mineral parajenezine ait ince damar ve birkaç santimetre çapında opak mineral birikimleri gözlenmektedir. Alterasyon zonları en fazla 100 m genişliğinde ve yaklaşık D-B yönlü zonlar halinde ortaya çıkmaktadır. Cıva yataklarına doğru gidildikçe alterasyon zonları daha karmaşık mineral parajenezine geçmektedir. Altere kısımlar arazide sarımsı yeşil renkleri, toprağımsı görünüşleri ve metamorfizmanın hemen hemen tamamen silinmiş olması ile ayrılabilir.

HİDROTERMAL ALTERASYON

Karadağ metatrakiandezitinde metamorfizmadan daha sonra gelişmiş ve genellikle hidrotermal çözeltilere bağlı olarak açığa çıkmış yaygın alterasyon izleri gözlenmektedir. Bunlar uralitleşme, kloritleşme, serisitleşme, silisleşme, sosuritleşme ve kaolinleşme olarak sayılabilir. Ayrıca bazı örneklerde klinopiroksenler (muhtemelen ojit) potasyum getirimi sonucu koyu yeşil renk almış olup, seladonitle (illit grubu) dolgulanmış klinopiroksen psödomorflarına dönüşmüştür.

Uralitleşme: Oldukça yaygın bir alterasyon olup, piroksenlerin kenarlarından itibaren aktinolit gelişmiştir. Bazı piroksenlerde kristal kenarlarından itibaren dışarıya doğru, iğnemsiz yer yer lifsi aktinolit oluşumları gözlenmektedir (Şekil 4a). Bu tür dönüşümlerde çoğunlukla merkezi kısımlarda piroksen kalıntıları izlenmektedir.

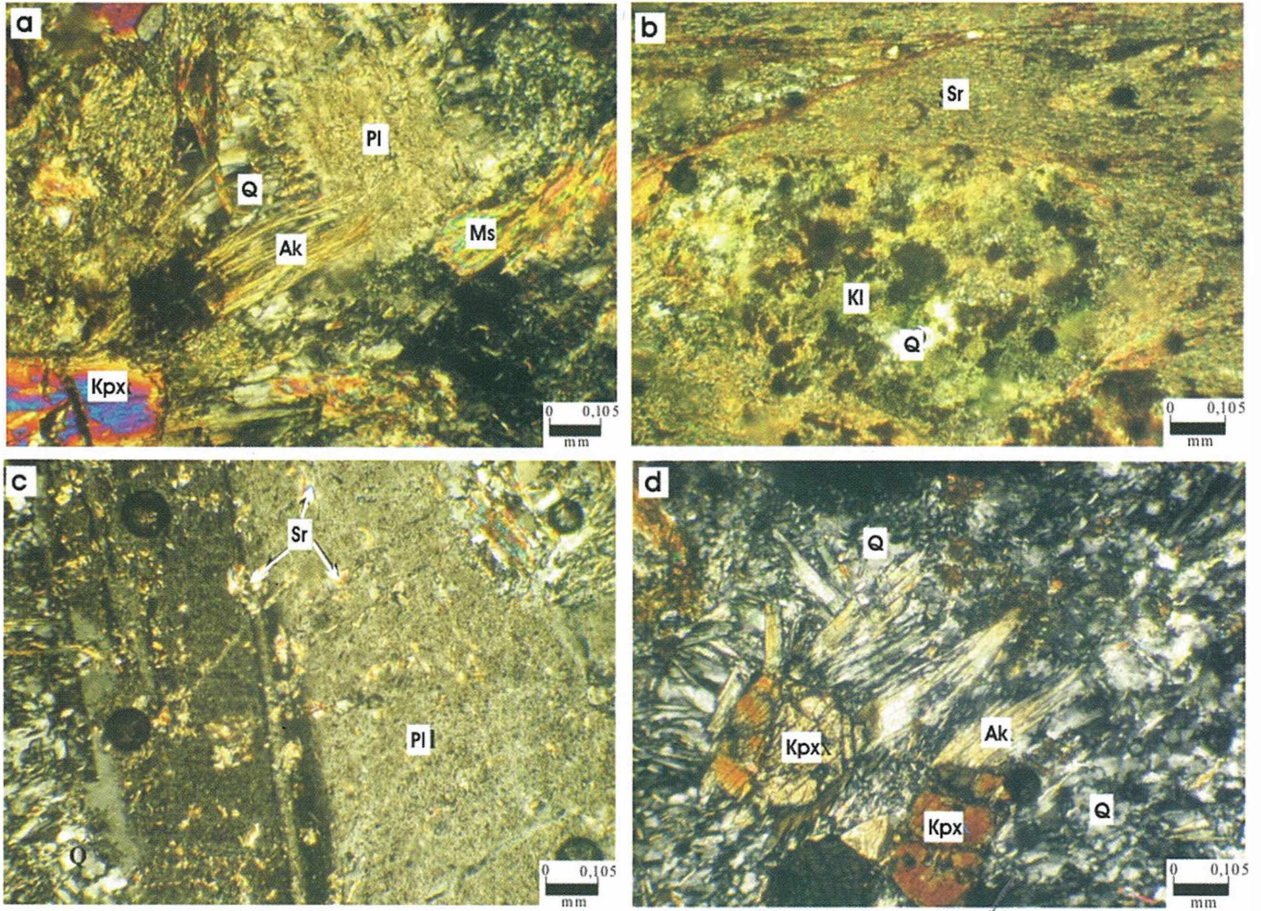
Kloritleşme: Hemen hemen bütün örneklerde gözlenmektedir. Klinopiroksen (ojit/diyopsit) reliktleri kenarlarından itibaren kısmen veya tamamen klorite (piknoklorit-ripidolit) dönüşmüştür. Tamamen kloritleşen piroksenlerde bile sekizgen şekiller (pseudomorf) kısmen belirgindir (Şekil 4b). Buna karşılık, örneklerin bazı kesimlerinde kloritlerin hangi mineralden dönüştüğü tam olarak belirlenmemektedir.

Serisitleşme: Fazla yaygın değildir. Plajiyoklas tanelerinin bazıları potasyum metazomatizması sonucu ortama potasyum getirimi ile serisite dönüşmüştür (Şekil 4c). Bazı yerlerde plajiyoklas hemen hemen tamamen tüketilmiş ve yerini serisit almıştır.

Silisleşme: Silisleşmenin geliştiği örneklerde yoğun ikincil silis oluşumları (kuvars ve tridimit) izlenmektedir (Şekil 4d). Bu tür örneklerin tüm kayaç analizlerinde de yoğun SiO₂ (%68.41, %65.88) artışı gözlenir ve cıva cevherleşmesini sağlayan epitermal çözeltilerin hem bir miktar silis getirimi, hem de alterasyon sırasında diğer bileşenlerin taşınmasıyla gerçekleşen silis bağılı artışıyla ilişkili olmalıdır.

Sosuritleşme: Sadece iki örnekte izlenmektedir. Andezin bileşimli plajiyoklas tanelerinde kenarlarından itibaren serisit+epidot-zoisit/klinozoisit mincralleri açığa çıkmıştır.

Kaolinleşme: Kayaç içerisindeki feldispatlardan (özellikle albit) itibaren gelişen kaoliniti makro ve mikro örneklerde tanımak mümkündür. Bazı örneklerde feldispat taneleri tamamen kaolinite dönüşmüştür.



Şekil 4. Metatrakiandezitlerde hidrotermal alterasyon görünümleri: (a) Uralitleşme sonucu açığa çıkan lifsi aktinolitler (Ak). Kpx: Klinopiroksen, Pl: Plajiyoklas, Ms: Muskovit ve Q: kuvars (XN); (b) Tamamen kloritleşmiş klinopiroksen. Klinopiroksenin prizmatik şekli korunmuş ve yerini klorit (yeşil kesimler) (Kl) almış. Ayrıca piroksenin alterasyonu sonucu kuvars (Q) açığa çıkmış. Se: Serisit (XN); (c) Kısmen serisitlenmiş plajiyoklas (Pl) kristali. Se: Serisit, Q: Kuvars (XN); (d) Silisileşme ve urakitleşme. Q: kuvars, Ak: Aktinolit, Kpx: Klinopiroksen (XN)

Fig. 4. Hydrothermal alteration appearances in the metatrachyandesite: (a) Acicular actinolites formed as a result of uralitization; (b) Completely chloritized clinopyroxene. Prismatic shape of the clinopyroxene has been preserved and chlorite (green parts) has replaced them. Also quartz has been produced as a result of the alteration of pyroxene; (c) Partly sericitization of plagioclase crystal; (d) Silicification and uracitization.

JEOKİMYA

Anaoksit Bileşenlerinin Dağılımı ve Korelasyonu

Analizi yapılan sekiz örnekten elde edilen verilere göre altere kayacın anaoksit ve LOI toplamı %99'un üzerinde ve LOI ortalaması %2.2 olup (Tablo 1), bu durum uçucu bileşen miktarının, dolayısıyla yüzey alterasyonunun etkisinin çok düşük ve örnekleme hata payının %5'ten az olduğunu, dolayısıyla verilere güvenilebileceğini göstermektedir.

Örneklerde ortalama %60.68 (%57.32 - 65.88 arası) oranında bulunan SiO₂ verilerine göre kayacın asidik bileşime yakın, ortaçağ alana düşmektedir. Ancak buradaki SiO₂'nin kayacın ilk oluşumundan başka, hidrotermal aktivitelerinde katkısıyla nisbi olarak zenginleştiği, birincil alterasyonun azaldığı örneklerde SiO₂ miktarının da azaldığı düşünülmektedir. Aynı kesimdeki altere olmamış trakiandezitin SiO₂ miktarı %53.73 arasında olup, %47.53 ile %59.80 gibi çok geniş bir alanda değişmektedir (Kurt ve Aslan, 1999). Muhtemelen bu örneklerin de bir kısmı silisleşmiştir ve ilksel kayacın bazı bileşenleri yakın ortaçağ bileşimli olmalıdır. Kayacındaki SiO₂

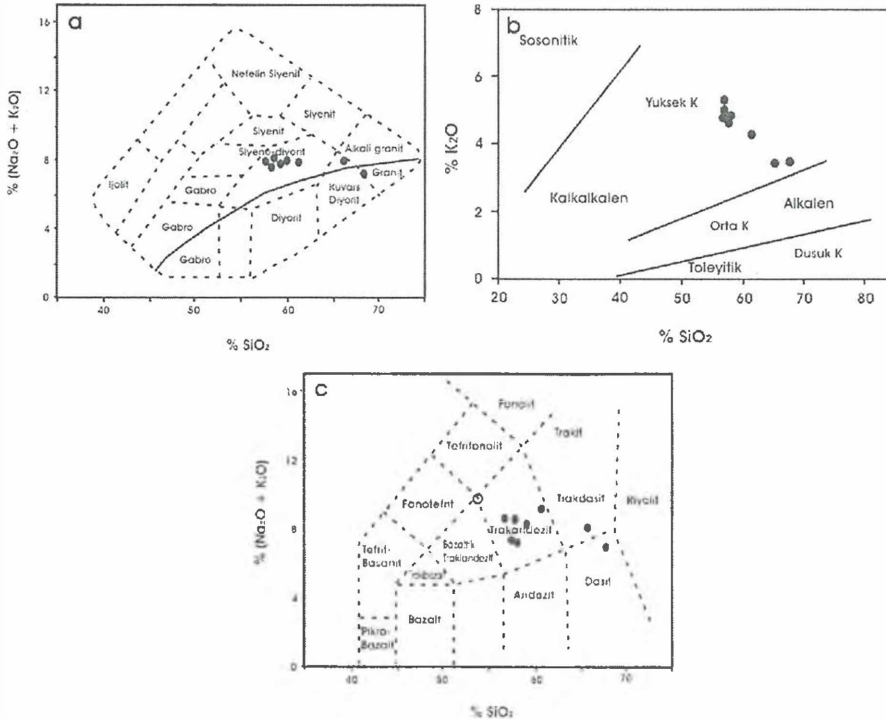
Tablo 1. Sızma yöresindeki hidrotermal alterasyona uğramış volkanitlerin ana, iz ve nadir toprak elementi miktarları
Table 1. Major, trace and rare soil element amounts of the volcanites which were exposed to hydrothermal alteration in the region.

Örnek	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	P ₂ O ₅ %	MnO %	LOI %	Ag ppm	As ppm	Au ppb		
1	12.61	5.79	65.88	0.63	2.56	1.07	4.18	3.70	0.45	0.05	1.5	0.05	5.8	1.4		
2	14.15	6.19	57.97	0.92	4.91	4.36	2.73	4.97	0.57	0.09	2.6	0.05	4.9	0.3		
3	12.90	4.18	88.41	0.68	3.15	1.99	3.40	3.69	0.49	0.05	1.4	0.05	4.7	0.3		
4	14.41	5.83	61.38	0.82	3.79	2.49	4.38	4.35	0.57	0.06	1.6	0.10	5.5	0.6		
5	14.33	6.19	58.07	0.89	5.05	4.28	2.97	4.90	0.60	0.10	2.3	0.05	5.3	0.3		
6	13.85	6.36	57.31	0.90	5.16	4.66	2.38	5.61	0.69	0.10	2.7	0.10	5.9	0.3		
7	14.10	6.49	58.10	0.92	4.70	4.30	2.99	4.79	0.62	0.09	2.6	0.05	2.5	0.3		
8	14.31	6.25	58.29	0.96	4.51	4.23	2.87	5.07	0.64	0.09	2.5	0.05	2.5	0.3		
Ort	13.83	5.91	60.68	0.84	4.23	3.42	3.24	4.64	0.58	0.08	2.2	0.06	4.6	0.5		
Std Sap	0.69	0.74	4.23	0.12	0.96	1.36	0.71	0.68	0.08	0.02	0.6	0.02	1.4	0.4		
Örnek	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	Cd ppm	Co ppm	Cs ppm	Cr ppm	Cu ppm	Ga ppm	Hf ppm	Hg ppm	Mo ppm	Nb ppm	Ni ppm		
1	11872	3.0	0.05	0.05	7.6	0.6	95.8	2.8	12.5	5.7	0.010	0.1	16.3	37		
2	2506	5.0	0.05	0.05	16.9	8.0	143.7	1.6	20.8	6.7	0.010	0.1	20.6	41		
3	2210	4.0	0.05	0.05	11.4	1.5	102.6	1.9	15.3	6.0	0.005	0.1	18.4	36		
4	2345	4.0	0.05	0.05	14.1	1.8	123.2	1.3	18.4	7.6	0.005	0.1	22.6	44		
5	2064	5.0	0.20	0.05	19.7	7.9	13.7	5.7	23.0	7.2	0.005	0.1	22.1	32		
6	2026	5.0	0.10	0.05	19.4	7.0	150.5	3.8	20.7	6.6	0.005	0.1	18.9	42		
7	1901	4.0	0.10	0.05	20.0	8.8	164.2	7.6	19.9	6.6	0.005	0.1	19.9	38		
8	2032	4.0	0.05	0.05	19.5	8.9	130.0	3.5	22.5	7.0	0.005	0.1	21.7	38		
Ort	3370	4.3	0.08	0.05	16.1	5.6	130.0	3.5	19.1	6.7	0.006	0.1	20.1	39		
Std Sap	3441	0.7	0.05	0.00	4.6	3.6	47.2	2.2	3.6	0.6	0.002	0.0	2.1	4		
Örnek	Rb ppm	Pb ppm	Sb ppm	Sc ppm	Se ppm	Sn ppm	Sr ppm	Ta ppm	Th ppm	Tl ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Zn ppm		
1	81.4	3.6	0.2	11	0.3	3.0	1369	1.10	31.70	0.05	6.40	84	2.3	7		
2	223.9	3.5	0.1	20	0.3	5.0	735	1.20	28.70	0.20	6.30	119	3.7	15		
3	114.0	2.4	0.1	13	0.3	2.0	677	1.10	33.10	0.10	6.00	80	2.7	12		
4	141.6	1.8	0.1	15	0.3	3.0	471	1.50	40.30	0.10	7.40	101	2.7	11		
5	227.1	5.2	0.1	19	0.3	5.0	697	1.30	31.60	0.20	7.00	126	3.1	16		
6	255.1	8.1	0.2	19	0.3	5.0	371	1.20	30.70	0.30	5.90	116	2.5	21		
7	199.4	18.1	0.2	17	0.3	4.0	485	1.40	34.40	0.30	6.50	110	3.3	22		
8	213.7	9.9	0.1	17	0.3	4.0	509	1.40	36.80	0.30	7.50	118	2.3	26		
Ort	181.8	6.6	0.1	16.4	0.3	3.9	664	1.28	33.79	0.19	6.63	107	2.8	16		
Std Sap	61.8	5.4	0.1	3.2	0.0	1.1	312	0.15	4.21	0.10	0.61	17	0.5	6		
Örnek	Zr ppm	Y ppm	La ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm
1	176.9	16.2	69.5	134.9	14.70	57.0	9.10	2.24	6.05	0.78	3.48	0.51	1.41	0.21	1.35	0.17
2	248.0	23.1	66.0	130.6	14.93	60.2	10.30	2.50	7.14	0.98	4.81	0.72	2.04	0.32	2.04	0.31
3	186.2	17.0	62.2	121.2	13.37	53.6	8.80	1.94	5.85	0.70	3.48	0.54	1.43	0.20	1.44	0.2
4	250.2	22.2	81.7	155.7	17.12	67.6	11.30	2.39	6.88	0.94	4.43	0.76	1.90	0.25	1.85	0.26
5	270.4	25.0	75.6	141.5	15.69	63.6	11.20	2.55	7.55	0.98	4.77	0.77	1.97	0.28	2.04	0.29
6	228.8	23.2	72.4	139.8	15.92	61.7	10.80	2.62	7.10	0.91	4.59	0.75	2.03	0.25	1.92	0.26
7	206.1	24.4	65.6	140.1	15.19	61.6	10.50	2.34	6.92	0.91	4.77	0.75	2.04	0.29	1.94	0.26
8	241.3	24.6	67.4	140.2	15.63	63.2	11.10	2.47	7.52	1.01	4.99	0.78	2.09	0.29	1.99	0.26
Ort	226.0	22.0	70.1	136.0	15.32	61.1	10.39	2.38	6.88	0.90	4.41	0.70	1.86	0.26	1.82	0.25
Std Sap	33.1	3.4	6.3	9.8	1.08	4.3	0.95	0.22	0.62	0.11	0.60	0.11	0.28	0.04	0.27	0.05

daha çok amorf silis ve kuvars miktarı ile kontrol edilmekte, bir miktar da diğer silikatlardan gelmekte, bundan dolayı da SiO_2 değerleri bütün ana oksitlerle kuvvetli negatif korelasyon sunmaktadır. Sc, Sn, Tl, Zr, V, Zr gibi siderofil elementlerle kuvvetli negatif korelasyonu da bu elementlerin demirli minerallere bağlı bulunmasından ileri gelmektedir. Ancak SiO_2 değerlerinin Zn dışında kalkofil elementlerle pozitif korelasyon sunmaması, hidrotermal silis artışının metalleri zenginleştirmekte önemli rol oynamadığını göstermektedir. Yine SiO_2 değişkeninin diğer ana oksitlerle kuvvetli negatif korelasyonu, inceleme alanında silisleşmeden başka alterasyonun jeokimyasal olarak önemli ölçüde kayacı etkilemediği anlaşılmaktadır.

Örneklere ait verilerin SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) dağılım diyagramındaki (Cox et al. 1979) konumları kaynak magmanın siyeno-diyorit bileşiminde olduğunu, silis oranının artmasıyla da granit alanına kaydığını (Şekil 5a) göstermektedir. Bu silis artışı hidrotermal alterasyonla ilişkili olmalıdır. Noktaların sürekli çizginin üzerinde dağılım göstermesi de kayacın alkali bir bileşime sahip olduğunu yansıtmaktadır. Yine örneklerin SiO_2 - K_2O oranlarına göre hazırlanan diyagramda (Şekil 5b) bütün noktalar kalkalkalen alana düşmekte ve potasyum oranının çok yüksek olduğu görülmektedir. Yüzey kayalarının SiO_2 - ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) dağılım diyagramında (Şekil 5c) örnekler silisleşme derecesine göre trakiandezit-trakidasit-dasit alanlarına düşerken Kurt ve Aslan (1999) tarafından verilen aynı metatrakiandezitin hidrotermal alterasyona uğramamış 9 örneğin ortalaması trakiandezit-tefrifonolit-fonotefrit bileşiminin arasında kalmaktadır (Şekil 5c). Bu bilgilerin ışığında denilebilir ki, siyeno-diyorit bileşimli bir magmadan türeyen volkanitler trakitandezit bileşimindeyken daha sonra gelişen silisleme ve kısmen K_2O kaybı ile trakidasit-dasit alanına doğru kaymışlardır.

Örneklere ait verilerin SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) dağılım diyagramındaki (Cox et al. 1979) konumları kaynak magmanın siyeno-diyorit bileşiminde olduğunu, silis oranının artmasıyla da granit alanına kaydığını (Şekil 5a) göstermektedir. Bu silis artışı hidrotermal alterasyonla ilişkili olmalıdır. Noktaların sürekli çizginin üzerinde dağılım göstermesi de kayacın alkali bir bileşime sahip olduğunu yansıtmaktadır. Yine örneklerin SiO_2 - K_2O oranlarına göre hazırlanan diyagramda (Şekil 5b) bütün noktalar kalkalkalen alana düşmekte ve potasyum oranının çok yüksek olduğu görülmektedir. Yüzey kayalarının SiO_2 - ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) dağılım diyagramında (Şekil 5c) örnekler silisleşme derecesine göre trakiandezit-trakidasit-dasit alanlarına düşerken Kurt ve Aslan (1999) tarafından verilen aynı metatrakiandezitin hidrotermal alterasyona uğramamış 9 örneğin ortalaması trakiandezit-tefrifonolit-fonotefrit bileşiminin arasında kalmaktadır (Şekil 5c). Bu bilgilerin ışığında denilebilir ki, siyeno-diyorit bileşimli bir magmadan türeyen volkanitler trakitandezit bileşimindeyken daha sonra gelişen silisleme ve kısmen K_2O kaybı ile trakidasit-dasit alanına doğru kaymışlardır.



Şekil 5. Sızma yöresindeki metatrakiandezitlerin kimyasal bileşenlerine göre dağılım diyagramları: (a) SiO_2 - $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ sınıflandırılmasına (Cox et al. 1979) göre kaynak magmanın bileşimi (Sürekli çizgi alkali alan ile subalkali alan sınırınıdır); (b) SiO_2 ve K_2O içeriklerine göre ayırımı (Wilson, 1989); (c) Volkanik kayaların SiO_2 - $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ sınıflandırılmasına (Le Bas ve diğ., 1986) örneklerin konumu

Fig. 5. Dispersion diagrams of metatrachyandesite in the area according to its chemical components: (a) Composition of the source magma according to SiO_2 - $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ classification (Cox et al. 1979). Continuous line is the border of the alkaline and sub-alkaline areas; (b) Separation according to its SiO_2 and K_2O contents (Wilson 1989); (c) Position of the samples on SiO_2 - $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ spider diagram of volcanic rocks (Le Bas et al., 1986).

Örneklerde %13.83 oranında bulunan Al_2O_3 verilerinin standart sapmaları oldukça düşüktür (Tablo 1). Al_2O_3 miktarının bu kadar yüksek olması, yaygın feldispat ve killeşmeden kaynaklanmaktadır. Kurt ve Aslan (1999) tarafından verilen aynı metatrakiandezitin hidrotermal alterasyona uğramamış olanlarına ait örneklerin Al_2O_3 miktarı ortalaması %14.29 (%10.19-15.60 arası) olup alterasyondan sonra Al_2O_3 miktarının düşmesi silisleşmeye bağlı nisbi azalmadan ileri gelmektedir. Al_2O_3 değerleri SiO_2 , Ba ve Sr ile kuvvetli negatif korelasyonuna (Tablo 2) karşılık diğer bileşenlerin çoğu (TiO_2 , CaO, MgO, K_2O , P_2O_5 , MnO, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Sc, Ta, V, Zr, Y, Nd, Sm, Un, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi sunmakta ve bu elementlerin çoğunu siderofil elementler ve lantanidler oluşturmaktadır.

Örneklerde Fe_2O_3 ortalaması %5.91 olup, kayaç içinde gözlenen daha çok epidot, aktinolit, hipersten, ojit gibi minerallerden kaynaklanmaktadır. Kurt ve Aslan (1999)'a göre altere olmamış metatrakiandezitin toplam Fe_2O_3 miktarı %1.32 - 8.14 arasında değişmektedir (ort. %4.75). Fe_2O_3 değerleri ana oksitlerden sadece SiO_2 ile kuvvetli negatif, TiO_2 , K_2O , MnO ve LOI ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi sunmaktadır (Tablo 2). Fe_2O_3 değerleri aynı zamanda Sn, V, Y ve REE ile kuvvetli pozitif korelasyon ilişkisi içindedir. Bu birlikteliklerin çoğu, minerallerde bu elementlerin Fe^{2+} ile yer değiştirme kabiliyetinden kaynaklanmaktadır.

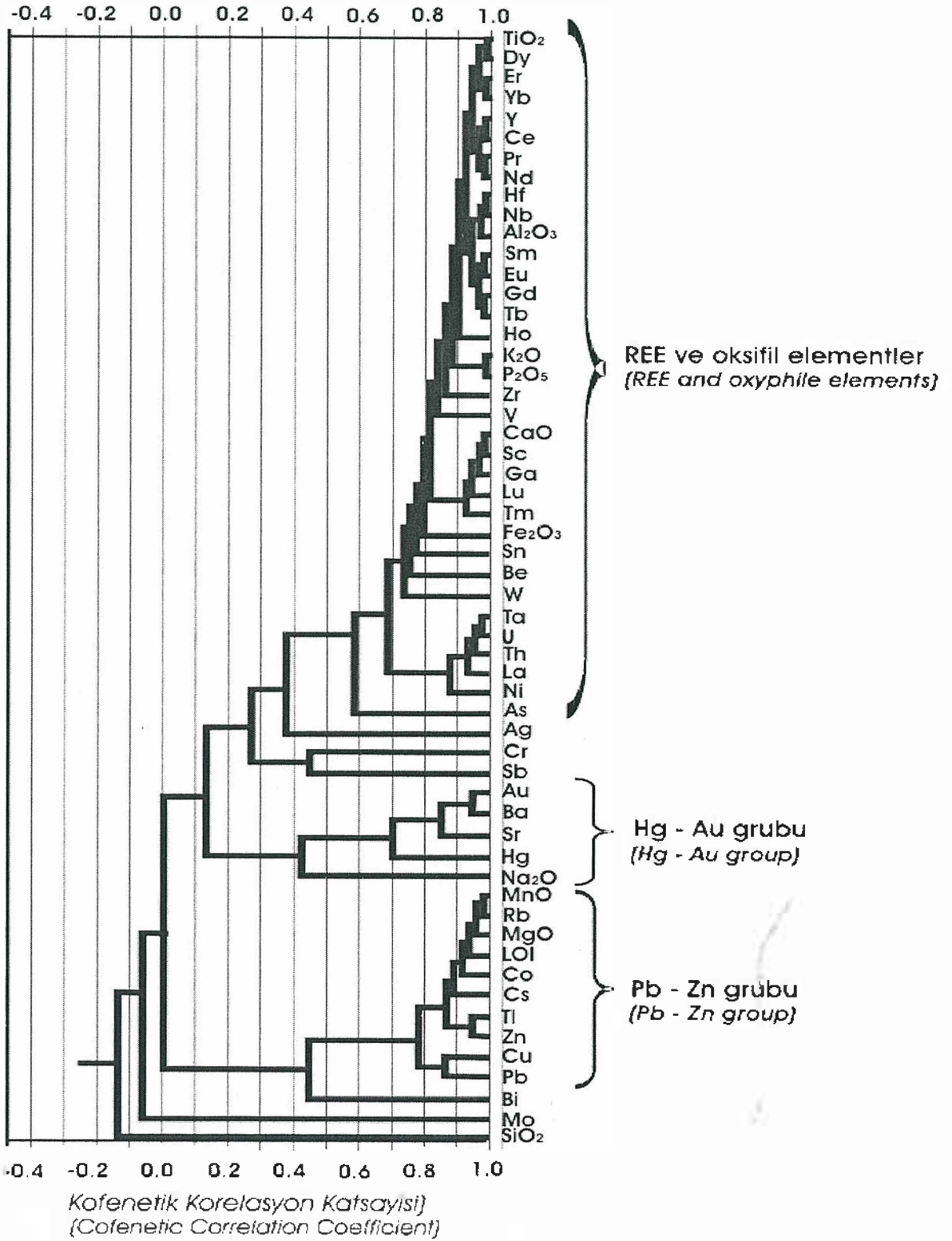
Kurt ve Aslan (1999) tarafından verilen değerler altere olmamış metatrakiandeziti yansıtması durumunda incelenen örneklerde alterasyona bağlı olarak ana oksitlerden SiO_2 , CaO, Na_2O miktarları artmış, Al_2O_3 , K_2O oranları azalmış, Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO, P_2O_5 , MnO miktarları ise değişmemiştir. İz elementlerden de Ba, Co, Ga, Nb, Ni, Rb, Pb, Sr ve Zn artarken Cr, Th, U, Y ve Zr azalmıştır. İz elementlerin örnek eleman sayılarının küçük ve standart sapmalarının büyük olmasından dolayı bu değerlendirmenin çok anlamlı olmamasına rağmen, yine de açık bir şekilde hidrotermal bir gelimi

yansıtmaktadır. Benzer şekilde Çanakkale-Tuzla yöresindeki volkanitlerdeki hidrotermal alterasyonun meydana getirdiği değişimi inceleyen Gevrek ve diğ. (1999) tarafından verilen analiz sonuçlarına göre alterasyondan sonra benzer şekilde SiO_2 artarken MgO, CaO ve MnO azalmıştır.

İncelene örneklerde değişkenlerden Au, Ba, Cu, Hg, Pb ve Sb verilerinin standart sapmalarının yüksek olması ise tipik birincil alterasyonla ilgili, özellikle epitermal evre metal gelimini yansıtmaktadır.

Cluster Analizi

Analizi yapılan sekiz örnekten elde edilen verilerin korelasyon katsayıları matrisine (Tablo 2) cluster analizi uygulanmış ve hazırlanan dendrogram Şekil 6'da gösterilmiştir. Dendrogramda, kofenetik korelasyon katsayıları 0.70'in üzerinde olan 3 tane grup çok açık biçimde birbirinden ayrılabilir. Bunlardan birincisi ana oksitlerden Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO, K_2O ile temsil edilmektedir. Bunlar feldispat, ojit, epidot, aktinolit, hipersten gibi minerallere bağlı olarak bulunan element birlikteliğini yansıtmaktadır. Nadir toprak elementlerinin tamamı, yine bunlarla ilişkili dağılım gösteren Hf, Be, Nb ve Y de bu grup içinde yer almaktadır ve bu birliktelik, gruptaki elementlerin birincil minerallerde ve alterasyon ürünlerinde daha çok Al ile yer değiştirerek bulunmalarına bağlanmaktadır. Yine aynı grupta yer alan Sc, W, Sn, Zr, Ga, V gibi siderofil-oksifil elementlerin ilişkisi ise minerallerde Fe^{2+} ile yer değiştirerek dağılım göstermelerinden ileri gelmektedir. Cluster analizi dendrogramında ikinci grubu Au+Ba+Sr+Hg oluşturmaktadır. Tipik bir epitermal gelimi ifade eden bu gruba Na_2O daha zayıf bir bağla eklenmektedir. Üçüncü grupta ise ana oksitlerden MnO ve MgO bulunmakta, bunlara Rb, Co, Cs, Tl, Zn, Cu ve Pb eşlik etmektedir.



Şekil 6. Metatrakiandezitlere ait değişkenlerin korelasyon katsayıları matrisine göre hazırlanmış cluster analizi dendrogramı.
Fig. 6. Cluster analyze diagram which was prepared according to correlation coefficients matrix of variables of the metatrachyandesite.

Tablo 2. Sızma yöresindeki hidrotermal alterasyona uğramış volkanitlerin değişkenleri arasındaki korelasyon katsayıları (Kalın yazılı olanlar kuvvetli ve anlamlı ilişkileri, italik olanlar anlamlılık düzeylerini göstermektedir).

Table 2. Correlation coefficients among the variables of the volcanites which were exposed to hydrothermal alteration in the region (Bold written ones show the strong and meaningful relations, italic ones show the significant level).

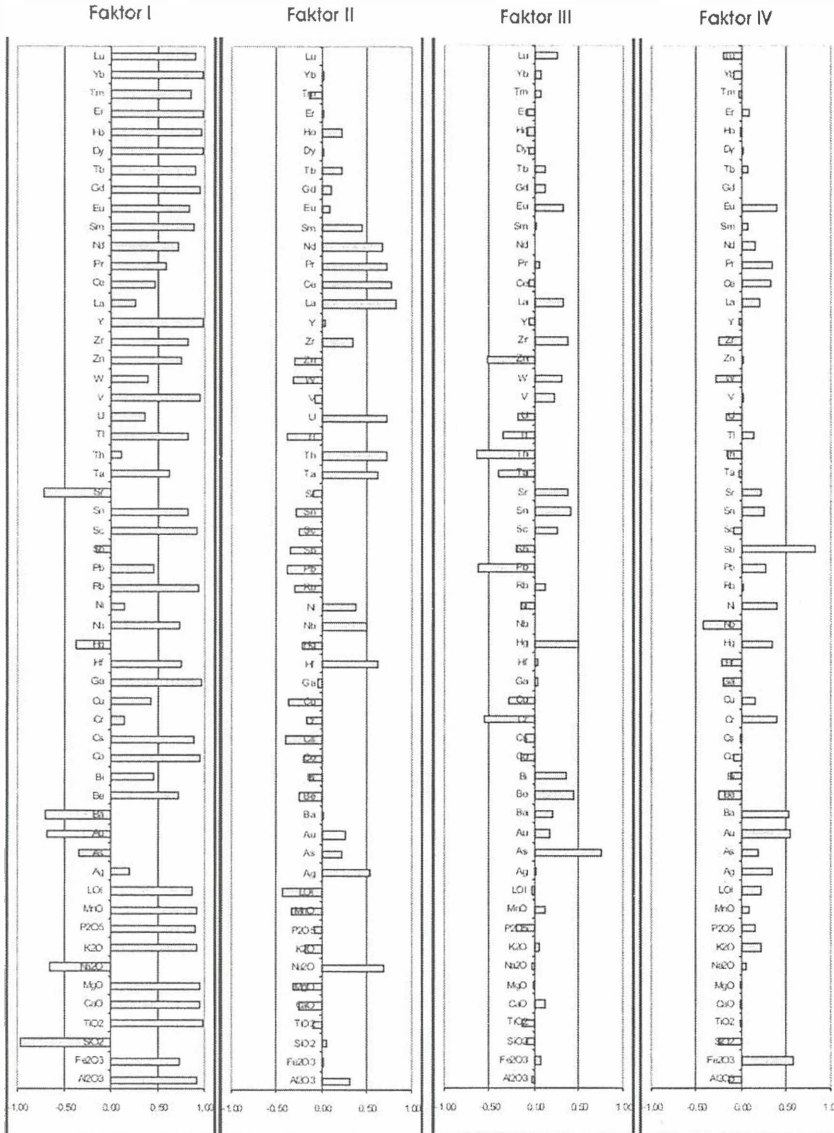
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	LOI	Ag	As	Au	Ba	Bc	Bi	Co	Cs	Cr	Cu	Ga	Hf	Hg	Nb	Ni	Rb	Pb	Sb
Al ₂ O ₃	1.00	0.63	-0.84	0.89	0.80	0.76	-0.35	0.72	0.75	0.71	0.63	0.27	-0.37	-0.62	-0.71	0.60	0.35	0.82	0.70	0.09	0.25	0.88	0.93	-0.40	0.92	0.25	0.73	0.30	-0.37
Fe ₂ O ₃		1.00	<i>0.89</i>	0.00	0.02	0.03	0.40	0.04	0.03	0.05	0.09	0.52	0.44	0.10	0.05	0.12	0.40	0.01	0.06	0.84	0.55	0.00	0.00	0.32	0.00	0.55	0.04	0.47	0.36
SiO ₂			1.00	-0.54	-0.93	-0.92	0.64	-0.93	-0.87	-0.93	-0.92	-0.19	0.27	0.52	0.51	-0.66	-0.44	-0.90	-0.88	-0.20	-0.46	-0.88	-0.63	0.18	-0.59	-0.20	0.91	-0.51	-0.05
TiO ₂				1.00	0.92	0.95	-0.69	0.90	0.89	0.88	0.90	0.10	-0.48	-0.72	-0.71	0.66	0.28	0.95	0.92	0.27	0.41	0.95	0.67	-0.33	0.70	0.18	0.91	0.54	-0.16
CaO					1.00	0.90	-0.81	0.94	0.89	0.97	0.91	0.16	-0.23	-0.75	-0.71	0.86	0.54	0.95	0.90	0.12	0.45	0.93	0.58	-0.32	0.68	0.08	0.99	0.44	-0.08
MgO						1.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.71	0.59	0.03	0.05	0.01	0.16	0.00	0.00	0.77	0.26	0.00	0.13	0.44	0.13	0.85	0.00	0.27	0.86
Na ₂ O							1.00	-0.79	-0.71	-0.84	-0.66	0.12	0.30	0.72	0.55	-0.74	-0.36	-0.77	-0.83	-0.20	-0.40	-0.69	-0.05	0.19	-0.12	0.12	-0.86	-0.46	-0.00
K ₂ O								1.00	0.95	0.94	0.93	0.32	-0.18	-0.61	-0.57	0.78	0.28	0.89	0.84	0.26	0.36	0.86	0.51	-0.27	0.46	0.55	0.57	0.44	0.08
P ₂ O ₅									1.00	0.00	0.00	0.45	0.67	0.11	0.14	0.03	0.35	0.00	0.01	0.53	0.39	0.01	0.19	0.51	0.25	0.55	0.00	0.27	0.85
MnO										1.00	0.95	0.04	-0.27	-0.63	-0.55	0.77	0.60	0.93	0.94	0.06	0.56	0.80	0.46	-0.25	0.46	-0.06	0.97	0.52	0.05
LOI											1.00	0.00	-0.39	-0.59	-0.49	0.66	0.35	0.88	0.85	0.34	0.52	0.81	0.32	-0.11	0.33	0.10	0.93	0.63	0.17
Ag												1.00	0.48	-0.04	-0.21	0.22	-0.07	0.09	-0.20	0.28	-0.28	0.07	0.43	-0.33	0.20	0.73	0.17	-0.18	0.15
As													1.00	0.23	0.93	0.61	0.60	0.86	0.84	0.64	0.50	0.51	0.67	0.29	0.42	0.64	0.04	0.70	0.66
Au														1.00	0.31	0.37	0.72	0.80	0.24	0.15	0.37	0.22	0.39	0.80	0.44	0.53	0.71	0.62	0.03
Ba															1.00	0.97	-0.75	-0.30	-0.79	-0.67	-0.15	-0.25	-0.77	-0.48	0.60	-0.56	0.00	-0.32	0.41
Bc																1.00	0.03	0.46	0.02	0.07	0.72	0.55	0.03	0.23	0.12	1.00	0.04	0.44	
Bi																	1.00	0.18	0.26	0.05	0.07	0.19	0.45	0.38	0.47	0.13	0.21	0.60	
Co																		1.00	0.53	0.03	0.13	0.66	0.67	0.03	0.09	0.06	0.05	0.75	
Cs																			1.00	0.52	0.71	0.83	-0.08	0.12	0.77	0.48	0.05	0.85	0.00
Cr																				1.00	0.18	0.05	0.10	0.85	0.78	0.03	0.23	0.60	0.22
Cu																					1.00	0.68	0.12	0.00	0.33	0.61	0.24	0.80	0.00
Ga																						1.00	0.87	0.95	0.82	0.90	0.73	0.01	0.73
Hf																							1.00	0.39	0.05	-0.38	0.07	-0.47	0.40
Hg																								1.00	0.36	0.88	0.24	0.32	0.01
Nb																									1.00	-0.43	0.78	-0.02	0.92
Ni																										1.00	0.04	0.29	0.02
Rb																											1.00	0.00	0.36
Pb																												1.00	0.03
Sb																													1.00

Faktör Analizi

Verilere faktör analizi uygulandığı zaman ilk üç bileşenin değişim içindeki toplam payının %87'den fazla olduğu görülmüştür (Tablo 3). İlk dört bileşen ve bu bileşenlere karşılık gelen jeolojik faktörler şu şekilde açıklanabilir:

Faktör 1 : Verilerin şekillenmesinde ana etken olan bu faktör, esas olarak ana oksitlerden Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , K_2O , MnO , P_2O_5 ve LOI artışına karşılık S_2O_3 ve Na_2O azalmasını ifade etmektedir (Şekil 7). Bu trakitik - andezitik bileşimli

volkanik kayacın silisleşmesini ifade etmektedir. Yani silisleşme sırasında diğer oksitlerin oranı azalırken sadece Na_2O artmıştır. Bu ana oksitlerin değişmesine bağlı olarak Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sc, Se, Ta, Tl, V, Zn, Zr, Y ve REE miktarları artarken As, Au ve Sr miktarları azalmıştır. Bu durum eser elementlerin ana oksitleri meydana getiren katyonlarla yer değiştirme kapasiteleri ile ilgilidir. Silisleşme sadece ortama As, Au ve Sr eklemiştir. Bu faktörde REE miktarlarındaki La'dan Lu'ya doğru artış, kayacın silisleşmeden önceki durumunda LREE / HREE oranının daha küçük olduğunu göstermektedir ve bu durum genel magmatik ortamlardaki REE dağılımına uymaktadır.



Şekil 7. Sızma yöresindeki hidrotermal alterasyona uğramış volkanitlere ait verilerin ilk dört faktör bileşeninin yük dağılımları

Fig 7. Load dispersion of the first four factor components of the data pertaining to the volcanits which had been exposed to hydrothermal alteration in the study area.

SIZMA (KONYA) CİVA YATAKLARIYLA İLİŞKİLİ EPİTERMAL ÇÖZELTİLERE BAĞLI YANKAYAÇ...

Tablo 3. Sızma yöresindeki hidrotermal alterasyona uğramış volkanitlere ait verilerin faktör analizi bileşen yükleri
 Table 3. Component loads of factor analyses of the data pertaining to volcanics which were exposed to hydrothermal alteration in the region.

Bileşen	Eigen-değerler			Yüklerin kareler toplamı			Değişken	Bileşen			
	Toplam	% Varyans	% Kümülatif	Toplam	% Varyans	% Kümülatif		1	2	3	4
1	32.07	58.30	58.30	32.07	58.30	58.30	Al ₂ O ₃	0.92	0.32	-0.02	-0.14
2	7.82	14.21	72.52	7.82	14.21	72.52	Fe ₂ O ₃	0.74	0.02	0.07	0.59
3	4.33	7.87	80.38	4.33	7.87	80.38	SiO ₂	-0.96	0.07	-0.08	-0.24
4	3.80	6.91	87.29	3.80	6.91	87.29	TiO ₂	0.98	-0.09	-0.12	-0.01
5	3.19	5.80	93.10	3.19	5.80	93.10	CaO	0.95	-0.24	0.13	-0.02
6	2.55	4.64	97.74	2.55	4.64	97.74	MgO	0.94	-0.32	0.00	-0.01
7	1.24	2.26	100.00	1.24	2.26	100.00	Na ₂ O	-0.65	0.70	-0.02	0.06
8	0.00	0.00	100.00				K ₂ O	0.92	-0.18	0.05	0.23
9	0.00	0.00	100.00				P ₂ O ₅	0.90	-0.07	-0.19	0.16
10	0.00	0.00	100.00				MnO	0.92	-0.33	0.12	0.10
11	0.00	0.00	100.00				LQI	0.86	-0.44	-0.02	0.23
12	0.00	0.00	100.00				Ag	0.20	0.54	0.03	0.35
13	0.00	0.00	100.00				As	-0.34	0.23	0.77	0.20
14	0.00	0.00	100.00				Au	-0.69	0.27	0.18	0.55
15	0.00	0.00	100.00				Ba	-0.70	0.03	0.22	0.54
16	0.00	0.00	100.00				Be	0.73	-0.25	0.45	-0.25
17	0.00	0.00	100.00				Bi	0.46	-0.14	0.37	-0.12
18	0.00	0.00	100.00				Co	0.96	-0.19	-0.15	-0.07
19	0.00	0.00	100.00				Cs	0.88	-0.41	-0.09	-0.01
20	0.00	0.00	100.00				Cr	0.14	-0.17	-0.56	0.40
21	0.00	0.00	100.00				Cu	0.43	-0.37	-0.28	0.17
22	0.00	0.00	100.00				Ga	0.97	-0.04	0.04	-0.20
23	0.00	0.00	100.00				Hf	0.75	0.62	0.05	-0.22
24	0.00	0.00	100.00				Hg	-0.38	-0.21	0.51	0.35
25	0.00	0.00	100.00				Nb	0.74	0.51	0.01	-0.42
26	0.00	0.00	100.00				Ni	0.15	0.38	-0.14	0.41
27	0.00	0.00	100.00				Rb	0.93	-0.29	0.12	0.03
28	0.00	0.00	100.00				Pb	0.47	-0.39	-0.63	0.29
29	0.00	0.00	100.00				Sb	-0.16	-0.34	-0.20	0.83
30	0.00	0.00	100.00				Sc	0.91	-0.24	0.27	-0.07
31	0.00	0.00	100.00				Sn	0.82	-0.29	0.42	0.26
32	0.00	0.00	100.00				Sr	-0.72	-0.10	0.39	0.24
33	0.00	0.00	100.00				Ta	0.62	0.62	-0.40	-0.03
34	0.00	0.00	100.00				Th	0.11	0.72	-0.64	-0.14
35	0.00	0.00	100.00				Tl	0.82	-0.39	-0.35	0.14
36	0.00	0.00	100.00				U	0.36	0.72	-0.18	-0.17
37	0.00	0.00	100.00				V	0.96	-0.08	0.22	0.03
38	0.00	0.00	100.00				W	0.39	-0.32	0.31	-0.28
39	0.00	0.00	100.00				Zn	0.75	-0.30	-0.53	0.03
40	0.00	0.00	100.00				Zr	0.81	0.35	0.38	-0.24
41	0.00	0.00	100.00				Y	0.99	0.04	-0.05	-0.03
42	0.00	0.00	100.00				La	0.27	0.82	0.34	0.21
43	0.00	0.00	100.00				Ce	0.47	0.78	-0.06	0.34
44	0.00	0.00	100.00				Pr	0.59	0.72	0.06	0.34
45	0.00	0.00	100.00				Nd	0.72	0.67	0.01	0.16
46	0.00	0.00	100.00				Sm	0.88	0.45	0.02	0.07
47	0.00	0.00	100.00				Eu	0.83	0.09	0.34	0.40
48	0.00	0.00	100.00				Gd	0.95	0.11	0.12	0.00
49	0.00	0.00	100.00				Tb	0.91	0.22	0.12	0.08
50	0.00	0.00	100.00				Dy	0.98	0.02	-0.06	0.03
51	0.00	0.00	100.00				Ho	0.97	0.23	-0.08	-0.01
52	0.00	0.00	100.00				Er	0.98	0.02	-0.07	0.09
53	0.00	0.00	100.00				Tm	0.85	-0.14	0.08	-0.03
54	0.00	0.00	100.00				Yb	0.99	0.02	0.08	-0.07
55	0.00	0.00	100.00				Lu	0.90	0.00	0.27	-0.20

Faktör 2 : Kayacı meydana getiren ana oksitlerden esas olarak Na_2O ve kısmen de Al_2O_3 artışına karşılık CaO , MgO , MnO ve LOI 'nin azalması ile temsil edilmekte ve verilerdeki toplam değişimin % 14'üne karşılık gelmektedir (Tablo 3 ve Şekil 7). Bir yıkanma-süzülme (leaching) evresine karşılık gelen bu faktör ile kayacıkta Ag , Hf , Nb , Ta , Th , U , ve LREE miktarları önemli derecede, As , Au , Ni ve Zr kısmen artarken Cs , Rb , Tl ve W kısmen azalmıştır.

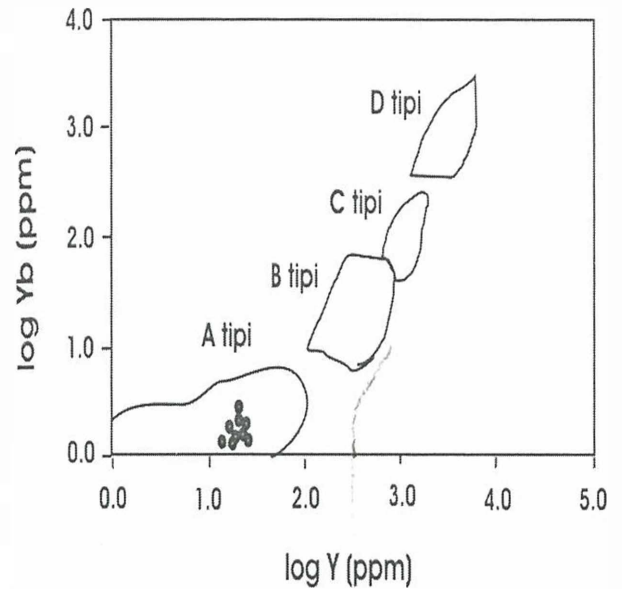
Faktör 3 : Bu faktörün etkisi ile ana oksitlerden hiç birisinde önemli bir değişim olmamıştır. Ancak As ve Hg 'de önemli düzeyde artış, Be , Bi , Ga , Sr ve Zn 'de kısmen artış, Cr , Rb , Th ve Zr 'de ise azalma gerçekleşmiştir. Tipik bir epitermal evre mineral oluşumu ve dönüşümünü ifade eden bu faktör, yöredeki cıva yataklarının oluşumunun da silisleşmeden bağımsız olarak gelişmiş bir epitermal evre ürünü olabileceğini göstermektedir.

Faktör 4 : Kayacı meydana getiren ana oksitlerden sadece Fe_2O_3 miktarının artışına karşılık SiO_2 miktarının azalması ile temsil edilmekte ve verilerdeki toplam değişimin sadece %7'ini yansıtmaktadır (Tablo 3 ve Şekil 7). Ortama demir eklenmesini sağlayan bu evrede As , Ba , Sb miktarlarının kuvvetli biçimde artması üçüncü faktörle aynı veya farklı bir epitermal evre oluşum ve dönüşümüne karşılık gelebileceğini göstermektedir. Cs , Hg , Ni , Pb ve LREE değerlerinin de kısmen artmış olması hidrotermal bir dönüşümü doğrulamaktadır.

Nadir Toprak Elementi Jeokimyası

Karadağ metatrakiandezitine ait örneklerin REE içerikleri oldukça yüksek olup McKay (1989) verilerine göre andezitlerin genel REE içeriklerinin 4, MORB değerlerinin de 8 katından daha fazladır. Kurt ve Aslan (1999) tarafından verilen yöredeki ayrılmamış metatrakiandezit değerlerine göre alterasyona bağlı olarak REE, özellikle LREE bakımından biraz daha zenginleşme olmuştur. Hidrotermal alterasyon sırasında HREE'ye göre LREE artışına bağlı fraksiyonlaşmanın olabileceği Nesbitt (1979) tarafından da savunulmaktadır.

Dünyanın ve Türkiye'nin değişik yerlerinde incelenmiş 14 benzer bileşimli magmatik kayaca ait REE değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Bu değerlere göre inceleme alanındaki trakiandezitler özellikle LREE bakımından oldukça zengindirler. Bunlardan sadece Doğu Avrupa Alpleri lamproidleri ve Brezilya Camaqua metatrakidasit ve metabazaltları yakın değerler vermektedir. İncelenen Lamproidlerin SiO_2 miktarı %50 civarında ve K_2O bakımından zengin, metatrakidasit ve metabazaltlar ise kıtasal kökenli kayalar olarak verilmiştir (Altherr ve diğ., 2004). Bu bakımdan Sızma yöresi trakiandezitlerinin kıta kabuğu kökenli bir magmaya ait oldukları için LREE bakımından zenginleştikleri, ilksel magmanın daha bazik olduğu ve hidrotermal alterasyon sırasında da LREE miktarının bağıl olarak biraz daha yükseldiği söylenebilir. Hazırlanan $\log(\text{Yb}) - \log(\text{Y})$ dağılım diyagramında da noktalar dar bir alanda ve epitermal evre tipini yansıtabilecek şekilde toplanmaları (Şekil 8) alterasyona bağlı artışın önemli olduğunu doğrulamaktadır.



Şekil 8. İnceleme alanındaki volkanitlerin $\log(\text{Y}) - \log(\text{Yb})$ grafiği (Tümenbayar 1996): A tipi - Epitermal evre, B tipi - Hidrotermal evre, C tipi - Pegmatitik evre, D tipi - Erken magmatik evreyi yansıtmaktadır.

Figure 8. $\log(\text{Y}) - \log(\text{Yb})$ graphs of the volcanites in the investigation area. A type - Epithermal phase, B type - Hydrothermal phase, C type - Pegmatitic phase, D type is reflecting the early magmatic phase.

Tablo 4. Dünyanın değişik yerlerinden seçilmiş andezit veya yakın bileşimli kayaçların REE içerikleri (ppm)
 Table 4. REEs contents of some andesite or nearby composed rocks on the world (in ppm)

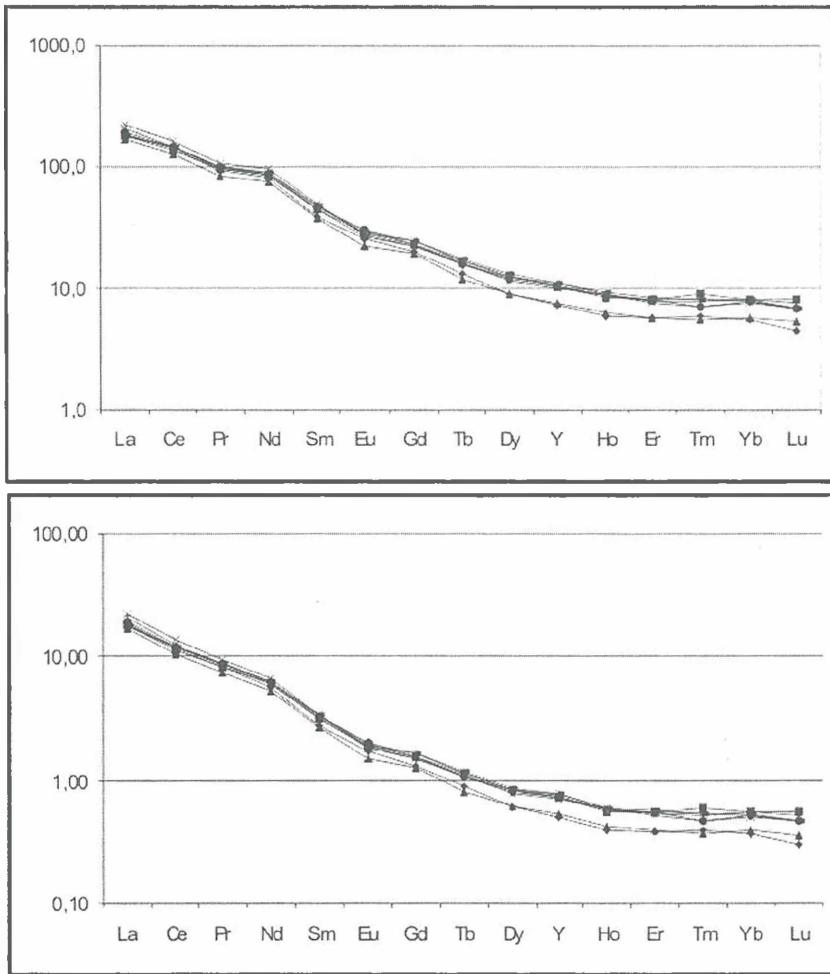
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE
*1	70.10	138.0	15.32	61.10	10.39	2.38	6.88	0.90	4.41	0.70	1.86	0.26	1.82	0.25	314.4
*2	52.00	134.5	15.70	57.00	9.80	2.80	7.60	0.90	4.40	0.70	1.90	0.20	1.60	0.20	289.3
*3	2.40	7.9	1.76	7.50	2.50	1.19	3.30	0.52	3.57	0.73	2.14	0.26	1.79	0.27	35.8
*4	9.14	22.7	4.00	16.21	3.37	1.03	3.00	0.59	2.00	0.50	2.50	0.40	2.36	0.37	68.2
*5	6.52	14.7	2.10	8.73	2.17	0.72	2.27	0.38	2.44	0.51	1.46	0.22	1.38	0.21	43.8
*6	44.65	93.0	10.82	42.40	8.65	1.90	6.81	1.10	6.46	1.18	3.67	0.49	3.40	0.54	225.1
*7	26.51	58.1	7.14	28.17	6.16	1.08	6.35	0.98	6.02	1.31	3.97	0.55	4.09	0.65	151.0
*8	4.59	10.9	1.62	8.04	2.55	0.88	3.10	0.52	3.84	0.81	2.39	0.34	2.48	0.35	42.4
*9	70.53	134.9		67.41	12.44	2.71	8.92	1.02		1.03		0.34	2.04	0.28	
*10	29.34	56.4	6.65	27.26	5.10	1.60	5.03	0.73	4.39	0.89	2.41	0.37	2.32	0.33	142.8
*11	32.23	58.6	6.53	24.70	4.51	1.27	3.79	0.58	3.34	0.72	1.88	0.29	1.78	0.29	140.5
*12	21.26	40.7		23.30	4.20	1.03		0.40					0.80	0.12	
*13	66.83	129.1	16.80	60.63	10.10	3.10	8.40	1.23	6.77	1.30	3.53	0.49	3.00	0.44	311.7
*14	21.10	46.6		22.08	4.63	1.33	4.51		4.43		2.60		2.44	0.37	

- *1- Sızma-Konya, metatrakiandezit (Bu çalışma)
 *2- Sızma-Konya, metatrakiandezit (Kurt ve Aslan, 1999)
 *3- Syros-Yunanistan, metagabro (Sinitsin ve diğ., 2004)
 *4- Quebec-Kanada, andezit (Peshkepia, 2000)
 *5- Queensland-Avustralya, andezit (Bruce ve Niu, 2000)
 *6- İkizce-Ordu, andezit (Temizel ve Arslan, 2006)
 *7- Ft.Bragg-Carolina, ABD, metagabro (Galscock ve Speakman, 2005)
 *8- Oymağaç-Elazığ, bazaltik andezit (Altunbey ve Bölücek, 2004)
 *9- Doğu Avrupa Alpleri, Makedonya ve Yugoslavya, lamproid (Altherr ve diğ., 2004)
 *10- Kulu-Konya, trakibazalt (Kurt ve diğ., 2006)
 *11- Kulu-Konya, trakiandezit (Kurt ve diğ., 2006)
 *12- El Paso, Texas ve New Mexico, ABD, trakiandezit (Barnes ve diğ., 1991)
 *13- Camaqua basin, Brezilya, metatrakiandezit, metabazalt, (de Almeida ve diğ., 2000)
 *14- Itinome-gata, Japonya, bazalt ve andezit, (Aoki ve Fujimaki, 1982)

Verilere Chondrite (Boynton, 1984) ve MORB (Taylor and McLennan, 1985) normalleştirmeleri uygulandığı zaman (Şekil 9) her iki dağılımda da LREE'den HREE'ye doğru gittikçe ve çok düzenli bir şekilde azalan dağılım (pattern) elde edilmektedir. Bu durum LREE bakımından kuvvetli bir zenginleşmeyi ifade etmektedir. La_n/Yb_n , La_n/Lu_n , Nd_n/Yb_n değerlerinin (Tablo 5) çok yüksek (>5) olması LREE'den HREE'ye doğru kuvvetli azalmaya karşılık gelen fraksiyonlaşmayı açıkça göstermektedir. Gerek grafiklerden, gerekse Ce/Ce^* , Eu/Eu^* parametrelerinden belirgin bir Ce veya Eu anomalisinin olmadığı, hidrotermal çözeltilerde oksijen fugasitesinin düşük, kükürt miktarının fazla olduğu anlamına gelmektedir.

Sızma yöresindeki altere volkanitlerin La_n/Sm_n , Pr_n/Sm_n , Er/Nd , La_n/Lu_n , Nd_n/Yb_n , Gd/Gd^* , Yn/Hon parametreleri (Tablo 4) Sm, Pr, Nd, Gd, Ho elementlerinin hem Chondrite, hem de MORB normalleştirmelerinde komşularına göre belirgin bir pozitif veya negatif anomali oluşturmadıklarını göstermektedir.

REE kendi aralarında çok kuvvetli pozitif korelasyonlar oluştururken bu elementlerin Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO, MgO, K_2O , P_2O_5 , MnO, Ga, Hf, Nb, Rb, Sc, Sn, Tl ve V ile de korelasyonları çok kuvvetli pozitifdir (Tablo 2). Bu ilişkiler, ilksel kayaçta ilişkilerine paralel olarak lantanidlerin alterasyon sırasında oksifil elementlerle birlikte ve daha çok kil mineralleri ve serisite bağlı dağılım gösterdiği şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 9. REE+Y verilerinin normalleştirilmiş gidişleri (pattern): (a) Chondrite-normalleştirilmiş gidiş. (b) MORB-normalleştirilmiş gidiş.
Fig. 9. Normalized pattern REE + Y data; (a) Chondrite-normalized pattern; (b) MORB-normalized pattern.

Tablo 5. Sızma yöresindeki hidrotermal alterasyona uğramış volkanitlerin nadir toprak elementi değişkenlik parametreleri
 Table 5. Variable parameters of rare earth element of the volcanites which were exposed to hydrothermal alteration in the area

Chondrite-Normalleştirilmiş										
	Ce/Ce*	Eu/Eu*	La _n /Yb _n	La _n /Sm _n	Pr _n /Sm _n	Er/Nd	La _n /Lu _n	Nd _n /Yb _n	Gd/Gd*	Y _n /Ho _n
1	0.92	0.92	34.79	4,81	2,38	0.06	42.44	14.73	0.90	1,20
2	0.92	0.89	21.86	4,03	2,13	0.08	22,10	10,29	0.90	1,21
3	0.92	0.83	29.19	4,45	2,24	0.07	32.29	12.98	0.93	1,19
4	0.90	0.83	29.84	4,55	2,23	0.07	32.62	12,75	0.83	1,10
5	0.88	0.85	25.Nis	4,25	2,06	0.08	27,06	10,87	0.90	1,23
6	0.91	0.91	25.48	4,22	2,17	0.08	28.91	11,21	0.89	1,17
7	0.99	0.84	22.85	3,93	2,13	0.08	26.19	11,08	0.89	1,23
8	0.96	0.83	22.89	3,82	2,07	0.08	26.91	11,08	0.89	1,19
Ort.	0.93	0.86	26.49	4,26	2,18	0.07	29.82	11,87	0.89	1,19
Std.S.	0.03	0.04	4,44	0,33	0.10	0.01	6,13	1,48	0.03	0,04
MORB-Normalleştirilmiş										
	Ce/Ce*	Eu/Eu*	La _n /Yb _n	La _n /Sm _n	Pr _n /Sm _n	Er/Nd	La _n /Lu _n	Nd _n /Yb _n	Gd/Gd*	Y _n /Ho _n
1	0.81	0.90	51.48	6,81	2,96	0.06	61.88	15.62	0.87	1,29
2	0.82	0.87	32.35	5,72	2,66	0.08	32.22	10,92	0.87	1,30
3	0.81	0.81	43.19	6,30	2,79	0.06	47.07	13,77	0.90	1,28
4	0.80	0.81	44.16	6,45	2,78	0.07	47.56	13,52	0.81	1,18
5	0.78	0.83	37.06	6,02	2,57	0.07	39.46	11,54	0.88	1,32
6	0.80	0.90	37.71	5,98	2,70	0.08	42.15	11,89	0.87	1,26
7	0.88	0.82	33.81	5,57	2,65	0.08	38.19	11,75	0.86	1,32
8	0.86	0.81	33.87	5,42	2,58	0.08	39.23	11,75	0.87	1,28
Ort.	0.82	0.85	39.21	6,03	2,71	0.07	43.47	12,59	0.86	1,28
Std.S.	0.03	0.04	6,57	0,47	0.13	0.01	8,93	1,57	0.03	0,04

SONUÇLAR

Sızma (Konya) yöresinde yüzeyleyen Triyas yaşlı Karadağ metatrakiandezitinin jeolojik ve hidrotermal alterasyona uğramış kısımlarının mineralojik ve jeokimyasal incelemesi ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1- Metatrakiandezit Karbonifer - Permiyen yaşlı birimleri kesmektedir. Bu kayalar yaşı Alt Kretase'ye kadar uzanan kayalarla birlikte metamorfizma geçirmiş durumdadır. Ancak gerek alterasyon mineralleri, gerekse cevherleşmede metamorfizma izine rastlanmamaktadır. Diğer taraftan incelenen yankayaç alterasyonu, civa yataklarının yakınında, onlarla ilişkili ve aynı opak mineralleri içeren bir konumda bulunmaktadır. Dolayısıyla bölgede gerçekleşen Tersiyer volkanizması sırasında Hg-Sb yataklarının oluşumu sağlayan çözeltiler volkanitleri de birincil alterasyona uğramış olmalıdır.

2- Metatrakiandezitin ana mineralojik bileşimi ojit, hipersten, muskovit, feldispatlar (plajiyoklas ve sanidin), kuvars, sfen ve opak mineral şeklinde olup alterasyonla serisit, riyebeke, aktinolit, pumpeliyit, epidot, stilpinomelan, ve klorit ortaya çıkmıştır. Hidrotermal alterasyonla uralitleşme (pirosenlerin amfibole dönüşmesi), kloritleşme (piroksenlerin klorite dönüşmesi), serisitleşme (plajiyoklasların serisite dönüşmesi), silisleşme (genç kuvars ve tridimit oluşumu), sosuritleşme (plajiyoklaslardan serisit+epidot+zoisit/klinozoisit türemesi) ve kaolinleşme (feldispatların asit ortamda killeşmesi) gerçekleşmiştir.

3- Kimyasal analiz sonuçlarına göre örnekler siyeno-diyorit bileşimli bir magmanın volkanitlerine ait ve kalkalkalen bileşime sahiptir. Metatrakiandezit örneklerine ait Au, Ba, Cu, Hg, Pb ve Sb verilerinin standart sapmalarının yüksek olması tipik birincil alterasyonla ilgili, özellikle epitermal evre metal gelişimini yansıtmaktadır.

4- Cluster analizine göre elementler üç gruba ayrılabilen, bunlardan birincisi ana kayaç

bileşimini, ikincisi civa yataklarının oluşumuyla da ilişkili olabilecek epitermal bir zenginleşmeyi, üçüncüsü de bir magnezyum gelişimini yansıtmaktadır.

5- Faktör analizine göre metatrakiandezitin bugünkü kimyasal bileşimlerini kazanmalarında dört belirgin faktör vardır. Bunlardan birincisi trakitik - andezitik bileşimli volkanik kayacın oluşumu ve silisleşmesini ifade etmektedir. İkincisi bir yıkanma evresine karşılık gelmektedir. Üçüncü ve dördüncü faktör tipik bir epitermal evre mineral oluşumu ve dönüşümünü yansıtmaktadır.

6- Metatrakiandezite ait örneklerin REE içerikleri benzerlerine göre oldukça yüksek çıkmaktadır. Ayrıca alterasyon sırasında kayacın REE bakımından zenginleştiğini, özellikle LREE oranının yükseldiğini, bu esnada oksijen fugasitesinin düşük, kükürt oranının yüksek olduğunu, alterasyon sırasında oksifil elementlerle birlikte ve daha çok kil mineralleri ve serisite bağlı dağılım gösterdiğini ifade etmektedir.

EXTENDED SUMMARY

The study area is located 35 km northwest of Konya (Central Turkey), about 2 km northern of the Sızma Village. It covers an area of 20 km². The aim of this study is to examine the mineralogical and chemical changes, caused by epithermal solutions which were mineralizing fluids of Tertiary mercury deposit, in trachyandesite wall-rocks. The oldest unit in the study area is the Silurian-Lower Carboniferous Bozdağ formation. This formation consists of gray and dark gray marbles and dolomite, dolomitic limestone and black marbles. The Carboniferous-Permian Bağrıkwurt formation lies conformably on the Bozdağ formation and comprises mainly phyllite, metasandstone, metachert, quartzite, calcschist with limestone lens. The Triassic aged metatrachyandesite cut across these units and cover them.

Karadağ metatrachyandesite is generally greenish gray on the fresh surfaces and brown and purple on the altered surfaces. It has schistic structure. Mineralogical contents of the

metatrachyandesite are sericite, augite, hyperstene, omphacite, chlorite, riebeckite/crossite, actinolite, pumpellyite, epidote, stilpnomelane, muscovite, feldspars (plagioclase and sanidine), quartz, sphene and opaque minerals. Foliation planes are clearly visible in some metatrachyandesite samples. Especially some hypersten, augite, sanidine and plagioclase (oligoclas-andesine) crystals, seen as porphyroclasts, have relict textures of source rocks.

As a result of chemical analysis of eight altered samples, the total major oxides and LOI is above 99%, and LOI values of samples are less than 2%. These imply that water content, consequently the secondary alteration degree is lower. Therefore the data are considered to be reliable. The standart deviations of variable relative to the mean of the major oxides are rather low so that the means of samples point out that meaningful and reliable. The high standard deviations in Au, Ba, Cu, Hg, Pb and Sb reflect epithermal phase metal incomes related to the typical primary alteration. SiO_2 - Na_2O - K_2O data of samples reflect that source magma was in syenitic diorite composition. SiO_2 - K_2O ratios of the samples point that the rock is K-rich and calc-alkalen. The REEs contents are quite high, and it is four times higher than the common REE contents of andesites and eight times than the MORB value. Chondrite- and MORB-normalized patterns of REEs show gradual and regular decreases from LREEs to HREEs.

In cluster analysis of the data and three groups could be seperated very clearly. First group is represented by Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , K_2O major oxides. These are reflecting element association with respect to feldspar, augite, actinolite, hyperstene minerals. Also all of the REEs and Hf, Be, Nb and Y show scatter beside these in this group. $Au+Ba+Sr+Hg$ form second group. This group is typical epithermal phase and Na_2O bound this group weakly. MnO and MgO as major oxides and Rb, Co, Cs, Tl, Zn, Cu and Pb form third group. This stage represents secondary hydrothermal alteration with higher epithermal phase and different time.

In factor analysis of the data, the total proportion of the first three compounds is over 87%. The first factor is the main agent in shaping the data. It imply of the major oxides, increase in Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , K_2O , MnO , P_2O_5 , and decrease in SiO_2 , and Na_2O . This demonstrate the formation of trachitic-andesitic volcanic rocks and their silicification. The second factor is represented by the increase in Na_2O , and partially in Al_2O_3 , but by the decrease in CaO , MgO , MnO . This factor, which reflects a washing stage Ag, Hf, Nb, Ta, Th, U and LREEs amounts increase in great amount; and As, Au, Ni and Zr partially, while Cs, Rb, Tl and W decreases partially. There was no significant change in any of the major oxides due to the third factor, yet there were significant increases in As and Hg and a partial increase in Be, Bi, Ga, Sr and Zn; Whereas, there were decreases in Cs, Rb, Th, and Zr. This factor, that reveals an epithermal stage mineral formation and transformation, shows that the formation of mercury deposit is an epithermal stage product that developed independently from silicification. The fourth factor shows the decrease of SiO_2 , with regard to the increase of only Fe_2O_3 , among the major oxides, and represents only 7% of the total change. The strong increase in the amount of As, Ba, Sb in this phase, which provides the addition of average iron, shows that this factor can correspond to an epithermal phase formation and transformation which is similar to or different from the third factor.

KATKI BELİRLEME

Yazarlar destek gördükleri Dr. Gürsel Kansun'a (Selçuk Üniversitesi) teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Altherr, R., Meyer, H. -P., Holl, A., Voker, F., Alibert, C., McCulloch, M. T., Majer, V., 2004, Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Late Cenozoic leucite lamproites from the East European Alpine belt (Macedonia and Yugoslavia); *Contrib. Mineral. Petrol.*, 147, 58-73
- Altunbey, M., Bölücek, C., 2004, Oymaağaç (Elazığ) çevresinde magmatik kayalar içindeki hidrotermal alterasyon zonlarında element dağılımı; *Geosound / Yerbilimleri*, 44-45, 111-123
- Aoki, K.-I., Fujimaki, H., 1982, Petrology and geochemistry of calc-alkaline andesite of presumed upper mantle origin from Itinomegata, Japan; *American Mineralogist*, 67, 1-13
- Banger, N., 1987, Karadağ (Sızma-Konya) çevresinin jeolojik-petrografik incelemesi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 60 s
- Barnes, C. G., Ensenat, S. E., Hoover, J. D., 1991, Mineralogy and geochemistry of Eocene intrusive rocks and their enclaves, El Paso area, Texas and New Mexico; *American Mineralogist*, 76, 1306-1318
- Bayıç, A., 1968, Sızma-Konya metaporfiritleri hakkında Maden Teknik ve Arama Derg., 70, 214-228
- Boynton, W. V., 1984, Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies; *Rare Earth Elements*; Geochem. (Ed. P. Henderson), 63-114
- Bruce, M. C., Niu, Y., 2000, Early Permian supra-subduction assemblage of the South Island terrane, Percy Isles, New England Fold Belt, Queensland; *Australian Journal of Earth Sci.*, 47, 10077-1085
- Cox, K. G., Bell, J. D., Pankhurst, R. J., 1979, The interpretation of igneous rocks; George, Allen and Unwin, London, 312 pp de Almeida, D. D. P., Lopes, R. D. C., de Lima, L. ad Gomes, C. H., 2000, Petrography and geochemistry of the volcanic rocks of the Rodeio Velho member, Ordovician of the Camaqua basin (RS-Brazil) Preliminary results; *Revista Brasileira de Geociências*; 30, 4, 763-768
- Doğan, A., 1975, Sızma-Ladik (Konya) civa sahasının jeolojisi ve maden yatakları sorunlarının incelenmesi; İstanbul Üniv. Fen Fak. Yük. Müh. Tezi, 39 s
- Eren, Y., 1993, Eldeş-Derbent-Tepeköy-Sügütözü (Konya) arasının jeolojisi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 224 s
- Gevrek, A. I., Şener, M., Ercan, T., 1999, Çanakkale - Tuzla jeotermal alanının hidrotermal alterasyon etidü ve volkanik kayaların petrolojisi; *Maden Teknik ve Arama Derg.*, 115, 54-80
- Glascock, M. D., Speakman, R. J., 2005, Analysis of metavolcanic rocks from the vicinity of Fort Bragg, North Carolina: Comparing the results obtained by Neutron Activation Analysis, X-ray Fluorescence Analysis, and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry; *Univ. Of North Carolina Report*, 65 pp.
- Görmüş, M., 1984, Kızılören (Konya) dolayının jeoloji incelemesi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 67 s
- Güzel, A., 1983, Sarayönü-Kadınhanı (Konya) dolayının hidrojeoloji incelemesi; Selçuk Üniv. Müh.-Mim. Fak. Doktora Tezi, 115 s
- Hekimbaşı, E. B., 1997, Sızma-Kadınhanı dolaylı petrografi incelemesi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 155 s
- Kaaden, W. G., 1966, The significance and distribution of glaucophane rocks in Turkey. *Maden Teknik ve Arama Derg.*, 67, 36-67.
- Kovenko, V., 1939, Konya muntikasındaki Sızma köyü civa madeninde yapılan gezintiye dair kısa not; *Maden Teknik ve Arama Rap.*, No 919, 12 s
- Kuru, D., Yıldız, M., 1963, Sızma-Konya civa madeni; *Maden Teknik ve Arama Rap.*, No 3837, 43 s
- Kurt, H., 1994, Petrography and geochemistry of the Kadınhanı (Konya) Area, Central Turkey. Glasgow Univ., Geol. and Applied Geology Dept., PhD Thesis, 191 p
- Kurt, H., Aslan, M., 1999, Kadınhanı (Konya) K'ca zengin metatrakiandezitinin jeokimyası ve petrojenezi: Devoniyen (?) Volkanizmasının gelişimi; *Türkiye Jeol. Bül.*, 42, 2, 57-67
- Kurt, H., Asan, K., Ruffet, G., 2006, The relationship between collision-related calcalkaline, and within-plate alkaline volcanism in the Karacadağ area (Konya - Türkiye, Central Anatolia); *Chemie de Erde, Geochemistry*, (In press)
- Kurt, S., Akgül, B., Kurt, H., 2005, Sağlık - Erenkaya (Konya batısı) volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal incelemesi; *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Derg.*, 17, 1, 190-204
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram; *Journal of Petrology*, 27, 745-750

- McKay, G. A., 1989, Partitioning of rare earth elements between major silicate minerals and basaltic melts; Chemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements (Ed. B. R. Lipin and G. A. McKay), Review in Mineralogy, Vol 21, The Mineralogical Society of Amer., 45-77
- Murdock, T. G., 1958, Mercury deposits of the Konya region; United States Bureau of Mines, 47, 3, 47-57.
- Nesbitt, H. W., 1979, Mobility and fractionation of rare earth elements during weathering of granodiorite; Nature, 279, 206-210
- Niefhoff, W., 1961, 1/100.000 ölçekli Akşehir 90/2 paftası, Ilgın 91/1, 91/3 ve 91/4 paftası üzerinde 1961 yaz mevsiminde yapılmış revizyon çalışmaları hakkında rapor; Maden Teknik ve Arama Rap. No 3387, 38 s
- Özcan, N., Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K., Işık, A., 1988, Late Paleozoic evaluation of the Kütahya-Bolkardağ belt; J. Pure and Appl. Sci. Series A, Geosciences, 21, 1-3, 211-220.
- Pehlivan, A. N., 1976, Etibank Konya cıva işletme Sızma-Ladik sahalarına ait rapor; Maden Teknik ve Arama Rap., No 5757, 43 s
- Peshkepia, A., 2000, Trace element geochemistry of andesites associated with massive sulfide deposits in Noranda, Quebec; Univ. Of Toronto, Master Thesis, 49 pp.
- Petrasccheck, W. E., 1964, Konya vilayeti Ladik cıva madeninin 1/25.000 ölçekli harita etüdü hakkında ara rapor; Maden Teknik ve Arama Rap., No 3788, 10 s
- Pilz, R., 1937, Konya -Sızma cıva ve bakır madenleri hakkında rapor; Maden Teknik ve Arama Rap., No 544, 33 s
- Schumacher, F., 1937, Sızma madenindeki cıva zuhurlarına ait rapor; Maden Teknik ve Arama Rap., No 545 15 s
- Sharpless, F. F., Monaci, K., 1908, Anadolu Konya cıva madenleri; Maden Teknik ve Arama Rap., No 542, 14 s
- Sinitsin, A., 2004, Origin and evolution of the high-pressure meta-igneous assemblage near St. Michalis, Syros, Greece; Australian Journal of Earth Sci., 43, 213-218
- Taylor, S. R., McLennan, S. M., 1985, The continental crust: Its composition and evolution; Blackwell, Oxford, 312 pp
- Temizel, I., Arslan, M., 2006 İkizce (Ordu) yöresindeki Tersiyer yaşlı kalk-alkalen volkanitlerinin mineral kimyası ve petrokimyası, KD Türkiye; Yerbilimleri, 26, 1, 25-47
- Tümenbayar, B., 1996, REE in the different types of fluorites; 30th Inter. Geol. Congress, Beijing, China, Proceedings, 213-223
- Üstündağ, A., 1987, Sızma-Kurşunlu-Meydan-Bağrıkkurt köyleri arasında Karadağ çevresinin jeolojisi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 65 s
- Wiesner, K., 1968, Konya cıva yatakları ve bunlar üzerindeki etüdü; Maden Teknik ve Arama Derg., 70, 178-213.
- Wilson, M., 1989, Igneous petrogenesis; Unwin Hyman Press, London, 456 pp

Makale Geliş Tarihi : 22.05.2006

Kabul Tarihi : 22.09.2006

Received : May 22, 2006

Accepted : September 22, 2006

