



Sivas Batısındaki (Yıldızeli-Akdağmadeni) Hidrotermal Kaolin ve I-S Oluşumlarının Mineralojisi ve Jeokimyası

Mineralogy and Geochemistry of Hydrothermal Kaolinite and IS Occurrences, (Yıldızeli-Akdağmadeni) W-Sivas

Hüseyin YALÇIN

Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas
e-posta : yalcin@cumhuriyet.edu.tr

Ömer BOZKAYA

Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas
e-posta : bozkaya@cumhuriyet.edu.tr

Öz

Eosen'de etkin olan kırık sistemleri volkanik malzemelerin ortaya çıkmasına; olasılıkla Üst Miyosen'-de yeniden aktif hale geçerek hidrotermal akışkanlara olanak sağlamış gözükmektedir. Böylece Sivas batısında sıcak sular ile volkanojenik bileşenlerin kimyasal etkileşiminin ürünleri olan hidrotermal neoformasyon mineralleri oluşmuştur. Şeyhhalil, Canabdal, Kiremitli ve Kavak yörelerindeki beyaz-sarı renkli bozuşmuş volkanik kayalarda egemen olarak kaolinit veya I-S gelişmiştir. Ayrıca bu kayalarda jarosit, alünit, goya-zit, jips, barit, hematit, götit, pirit, markasit, jipsit, siderit ve tridimit mineralleri de saptanmıştır. Sadece Can-abdal yöresindeki alünit ve goyazit K-feldspattan türemiştir. Alünitin gözlenmediği diğer yörelerde ise jarosit ortaya çıkmakta ve çoğunlukla götite eşlik etmektedir. Bu mineralin oluşumunda biyotit ve/veya opak minerallerin bozuşması gerekmektedir. Kaolinit ve I-S'ler için, ortamlar farklı olmasına rağmen, tonştaynlara benzer bir oluşum biçimi ileri sürülebilir. Burada ilk aşama volkanik camın asidik hidrotermal çözeltiler ile ayrışması ve oluşan sulu Al-silikat jeli biçimindeki ara üründen itibaren kaolinit veya I-S'in sentezi olası gözükmektedir.

Anahtar Sözcükler: Hidrotermal bozuşma, Kaolinit, I-S, Mineraloji, Jeokimya

Abstract

The fracture systems of Eocene age seem to be revealed volcanic materials and hydrothermal fluids by reactivating possibly in Upper Miocene. Thus hydrothermal neof ormation minerals, the products of interaction of thermal water and volcanogenic compounds, are occurred in the west of Sivas. Kaolinite and I-S are dominantly developed in the white-yellow altered volcanic rocks in the Şeyhhalil, Canabdal, Kiremitli and Kavak areas. Besides jarosite, alunite, goyazite, gypsum, barite, hematite, goethite, pyrite, marcasite, gibbsite, siderite and tridymite minerals are determined in these rocks. Alunite and goyazite from Canabdal area are derived from K-feldspar. Jarosite appears in the areas observed no alunite and accompanies usually goethite. The alterations of biotite and/or opaque minerals are necessary for formation of this mineral. A formation type similar to tonsteins can be proposed for kaolinite and I-S. Here first stage is the hydrolysis of volcanic glass by acidic hydrothermal solutions and then the synthesis of kaolinite or I-S from an intermediate product such a hydrated Al-silicate gel is possibly postulated.

Key words : Hydrothermal alteration, Kaolinite, I-S, Mineralogy, Geochemistry

GİRİŞ

Günümüzde geniş kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle, kaolin sanayide aranan bir endüstriyel hammadde niteliğindedir. Türkiye'deki kaolin yataklarının oluşumu başlıca iki farklı ortam ve mekanizma ile açıklanmaktadır (Yeniyol, 1983; Gençoğlu ve diğ., 1989 ; Fuji ve diğ., 1995 ; Yalçın, 1991 ve 1997 ; Yalçın ve diğ., 1997) : Birincisi, göl- sel ve sığ denizel ortamlara çevredeki feldispatça zengin kayaların (özellikle granitik ve riyoitik) malzeme vermesi ve sonuçta diyajenetik süreçlerin egemen olmasıdır. İkincisi, asidik volkanik kayaların hidrotermal bozuşması ile feldispat ve volkanik camın kaolinleşmesidir.

Çalışma sahası 1:100.000 ölçekli Sivas 1-36 paftasının yaklaşık tamamını kapsamakta olup, Sivas ve Yozgat ili sınırları içerisinde bulunmaktadır. Sivas havzasını yaklaşık doğu ve batıdan çevreleyen Eosen yaşlı volkanik kayalar içerisinde hidrotermal bozuş- ma ile ilişkili kil oluşumları bulunmaktadır. Bu oluşumlar, özellikle Yıldızeli-Akdağmadeni (Yalçın, 1997; Çerikçioğlu ve Yalçın, 1998) ve Zara çevresinde yüzey temektedir. Bunlar-dan Zara çevresindeki kaolinler 1999 yılından itibaren ÇİMSA firması tarafından işletilmekte olup, bir doktora tezi kapsamında ayrıca incelenmektedir.

Yaklaşık 1-5 km²'lik çok sayıda yatak oluşturan bu oluşumların jeolojisi, mineralojisi, kökeni ve cevherleşmenin değerlendirilmesi (kalite, rezerv- tenör, kimyasal-teknolojik özellikleri, kullanım alan- ları) konusunda literatürde herhangi bir bilgiye rast- lanılmamıştır. Bölgenin stratigrafik ve tektonik özel- likleri ise birçok araştırmacı (Kurtman, 1973; Tatar, 1977; Yılmaz, 1981a-b; 1983; Gökten, 1983; Tütüncü ve Aktimur, 1988; Aktimur ve diğ., 1990; Yılmaz ve diğ., 1995 ve 1997) tarafından incelen- miştir.

Bu çalışmada ise kaolin ve I-S biçimindeki killerin oluşumu, kökeni, parajenetik, mineralojik ve kimyasal özellikleri, bu minerallerin oluşumunda bozunma (weathering) ve bozuşma (alteration) sü- reçlerinin (yüzeysel, hidrotermal, deniz suyu v.b.) etkisi araştırılmıştır. Çoğunlukla volkanojenik ka- yaçlardan oluşan köken malzemedeki bozuşmaların

kaolinin yanı sıra, başka minerallerin (silis, alümit, kil, karbonat, metalik cevherleşme vb.) oluşumları- na yol açıp açmadığı ise incelenmesi gereken bir başka konuyu oluşturmaktadır.

Sivas havzası çevresinde gözlenen çok sayıda kaolinlerin oluşum mekanizmasına göre ayırtla- narak coğrafik dağılımlarının ortaya konulması, kaolin aramalarına dolayısıyla yeni yatakların bulunmasına katkıda bulunacaktır. Ayrıca, farklı kökendeki kaolinlerin mineralojik-kimyasal karak- teristiklerinin belirlenmesi, kullanım alanlarının seçimine de yardımcı olacaktır. Bilinçsizce yapılan işletmelerle kaolin sahalarının yaygın biçimde paşalarla örtülmesi, gelecekteki araştırmaları da olanaksız kılacağından, bilimsel iletişimin önemli bir aracı olan proje ve makalelerle bu tür tehlikeler büyük ölçüde ortadan kaldırılabilecektir.

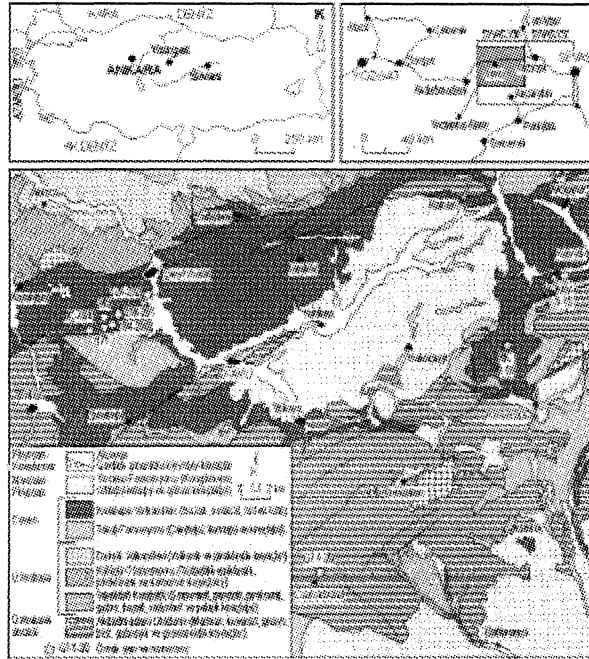
STRATİGAFİ VE TEKTONİK

Stratigrafi

Bu çalışmanın ilk aşamasında Yılmaz ve diğ. (1995 ve 1997) tarafından yapılan ve inceleme alanını da içine alan 1:100 000 ölçekli jeoloji harita- sı kullanılarak birimlerin stratigrafik ilişkileri incelenmiştir. Sonra çalışmanın amacı da göz önüne alınarak bölgenin jeoloji haritası kısmen değiştiril- erek hazırlanmıştır (Şekil 1). Litostratigrafi birim- lerinin adlandırılmasında önceki araştırmacıların (Özcan ve diğ., 1980; Yılmaz, 1981a, 1983) çalış- malarına mümkün olduğunca bağlı kalınmıştır (Şekil 2). Üst Kretase yaşlı birimleri Akdağmadeni Litodemi, Tekelidağ Karışığı, Kılıçlı Olistostromu ve Darmik Volkanitleri; Eosen yaşlı birimleri Tokuş formasyonu ve kaolin oluşumları içeren Kaletepe Volkanitleri oluşturmaktadır. En üstte ise Miyo- pliyozen yaşlı İncesu formasyonu bulunmaktadır.

Akdağmadeni Litodemi başlıca gnays, şist, kuvarsit ve mermerlerden oluşmaktadır. Eosen yaşlı birimlerin üzerinde nap konumunda yer alan Tekeli- dağı ofiyolitli karışığının (Yılmaz, 1981a, 1983) e- gemen litolojilerini magmatik ve karbonat kayaları ile serpantin itler oluşturmaktadır. Magmatik kay aç- lar tabakalı bir yapı sunmakta olup, yeşil renkli oldukça bozunmuş gabrolar ve siyah renkli bazalt-

SİVAS BATISINDAKİ (YILDIZELİ-AKDAĞMADENİ) HİDROTERMAL KAOLİN ve I-S OLUŞUMLARI



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru ve bölgesel jeoloji haritası (Yılmaz ve diğ., 1997'den basitleştirilerek).

Figure 1. Location and regional geology map of the study area (simplified from Yılmaz et al., 1997).

YAS	BİRM	KALINLIK (M)	LİTOLOJİK SİMGE	AÇIKLAMALAR
KARADENİZ	K	200	[Symbol]	Kanyon Uyumsuzluk Çizel kırılma Siltace-kilimsi Konglomera
ALT ORTA SÖZEN	A	200	[Symbol]	Uyumsuzluk Yer yer prirmitik siltin yapılı vulkanik kayalar (bazalt, bazaltik andeazit, andezit) Vulkanik breş ve aglomera
ORTA SÖZEN	O	200	[Symbol]	Beyaz yeşil renkli zoolit çamur (S2 ve S18) kırılması
YENİ SÖZEN	Y	200	[Symbol]	Fosil içerebilir Konglomera-kumtaş
YENİ SÖZEN	Y	200	[Symbol]	Bazaltik kayalar, porfiroit ve kromen epiklastikler
YENİ SÖZEN	Y	200	[Symbol]	Bazaltik kayalar bloklu kırıntılı kayalar Uyumsuzluk
YENİ SÖZEN	Y	200	[Symbol]	Mavi ve anaokrit tulu kumtaş, anaokritli kumtaş Uyumsuzluk
YENİ SÖZEN	Y	200	[Symbol]	Bazalt ve gabro
YENİ SÖZEN	Y	200	[Symbol]	Tektonik dolanık
YENİ SÖZEN	Y	200	[Symbol]	Mermar, kumtaş, mika-kumtaş

Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.

Figure 2. Generalized stratigraphic columnar section of the study area.

lardan oluşmaktadır. İnce tabakalı, oldukça sert (yer yer silisli) ve kıvrımlı kireçtaşları ile temsil edilen karbonat kayaçları, bordo renkli mam (2-3 cm) ve yeşil renkli analsim içeren tüflü kumtaşları (10 cm) ile arakatlıdır. Kılıçlı Olistostromu; genellikle Üst Kretase yaşlı ve yer yer olistostromal özellikteki yastık yapılı spilitik bazalt, silisleşmiş riyolit türü volkanik ile volkanotortul kay açlardan oluşmakta ve düzensiz geometri sunmaktadır. Bunların bağlayıcı malzemesini gri-yeşil renkli kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve marnlar oluşturmaktadır. Darmik Volkanitleri; piroklastik ve epiklastik kayaçlar ile yer yer lavlardan oluşmaktadır.

Tokuş Formasyonu; ağırlıklı olarak çakıltaşmdan oluşan alt kesimi Susuzdağ üyesi, kumtaşlardan oluşan kesimi Banaz üyesi, Nummulites'li kireçtaşından oluşan bölümü ise Asar üyesi olarak üç alt birime ayrılmıştır. Susuzdağ üyesi konglomera ve breşlerin bileşenlerini 2 mm'den 20-30 cm'ye kadar değişen boyutlardaki metamorfik kayaç parçaları (kuvarsit, şist ve mermer) oluşturmaktadır. Bu bileşenler birbirine kırmızı-bordo renkli silt-kum boyundaki matriksle bağlanmıştır. Daha üst kesimler ise Banaz Üyesine geçmekte ve tabakalı, farklı renklerde (sarı, siyahımsı yeşil ve bordo), yer yer gevşek çimentolu, bol muskovitli orta-ince taneli kumtaşlarından oluşmaktadır. Kumtaşları içerisinde ender de olsa siyah-bordo renkli kireçtaşı ve sarı renkli dolomit bantlarına da rastlanılmaktadır. Asar Üyesi, sadece havzanın güney kesiminde ve havzanın kenar kesimlerinde 1 km² den küçük mostralarda vermektedir. Birim, genellikle sarı, yer yer beyaz ve gri renkli bol nummulitli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kaletepe Volkanitleri; çalışmanın ana konusunu oluşturmakta olup, tipik bir volkanoklastik-volkanik kesiksiz dizilimi temsil etmektedir. Bu birimin piroklastik ürünleri Eşmebaşı üyesi, volkanik breş-aglomera ve lav ürünleri ise Yavu üyesi biçiminde iki alt üyeye ayrılmıştır (Yalçın, 1997; Çerikcioğlu ve Yalçın, 1998).

Yavu çevresinde yüzeyleyen en genç birimi oluşturan İncesu Formasyonu akarsu ve gösel oluşuklar olmak üzere iki üyeye ayrılmıştır. Birim dolomit çimentolu ve kil matriksli, cm-dm boyutuna kadar değişen ve daha yaşlı birimlerin çakıllardan oluşan turuncumsu renkli konglomeralarla

başlamaktadır. Konglomeralar, yer yer gevşek yapılı, sarı, renkli, soğan kabuğu biçiminde küresel yapılar gösteren çoğunlukla ince tabakalı yeşil renkli kıltaşı ve kahverengi silttaşlarına geçiş göstermektedir. Birimin en üst kesimi kıltaşı ve killi dolomit arakatlı (1 m) beyaz-pembe kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Tektonik

İnceleme alanı, Üst Kretase yaşlı ofiyolitli karışık ve örtü kayalarından oluşan tektonik dilimlerin güneye doğru yerleşimine karşılık gelen Orta Anadolu Bindirme Kuşağının (Tatar, 1977) ön kesiminde yer almaktadır. İnceleme alanının kuzeyindeki Üst Kretase yaşlı Tekelidağı Karışığı'nın Alt-Orta Eosen yaşlı Tokuş Formasyonu ve Kaletepe Volkanitleri üzerinde tektonik dokanakla yer alması, bölgenin Üst Eosen'den itibaren K-G yönlü bir sıkışma rejimi sonucu deforme olduğunu göstermektedir. Bu deformasyonla ilgili olarak özellikle Eosen yaşlı birimlerde DKD-BGB doğrultulu biidirme fayları, havzanın güney kesiminde de aynı doğrultuda eksenleri bulunan kıvrımlar gelişmiştir. Akdağmadeni Litodemi'ne ait metamorfik kayaçlar ile Eosen yaşlı birimler yer yer faylı dokanak ilişkisi göstermektedirler (Gökten, 1993).

KİLOLUŞUMLARININ JEOLJİSİ

Bölgedeki kil oluşumları, Kaletepe Volkanitleri'nin Yavu üyesi içerisinde gelişmiştir. Eşmebaşı üyesinde ise kil içeren bozuşma zonlarına rastlanılmaktadır.

İnceleme alanındaki volkanizmanın lav ürünlerini bazalt, bazaltik andezit ve andezitler, parçalı ürünlerini ise aynı bileşimli breş ve aglomeralar temsil etmektedir. Volkanik kayaçların taban seviyelerindeki volkanik breşlerin ve aglomeraların ana bileşenlerini 1-50 cm boyutlarında, siyahtan yeşile ve pembemsiye kadar değişen renklerdeki bazaltik - andezitik bileşimli volkanik kayaç parçaları oluşturmaktadır. Bu ana bileşenler genellikle yeşil (zeolitleşmeden dolayı), gevşek yapılı, küllapilli tane boyundaki volkanojenik malzeme ile birbirine bağlanmıştır. Volkanik breş ve aglomeralar, alt kesimlerinde Eşmebaşı üyesi tüfleri ile ardalanmalıdır. İnceleme alanının güneyindeki volkanik

SİVAS BATISINDAKİ (YILDIZELİ-AKDAĞMADENİ) HİDROTERMAL KAOLİN ve I-S OLUŞUMLARI

kayaçlar genellikle siyah, bozunmuş olanlar ise yeşil renkli olup, çoğunlukla amigdalooidal yapı göstermektedir. Küresel ve oval amigdallerde kalsit, silis ve zeolit dolguları yaygındır. Volkanik kayaçlarda yer yer akma yapılarına da rastlanılmaktadır. Eşmebaşı üyesinin volkanoklastik serisi içerisinde dayklar (2-6 m) şeklinde de bulunmaktadır/Ayrıca Eşmebaşı köyünün kuzeydoğusunda ve Pazarcık köyünün yaklaşık 1 km güneybatısında hegzagonal sütun yapıları göstermektedir.

Şeyhhalil yöresi kil oluşumları, inceleme alanının kuzeybatısında; Şeyhhalil köyünün güneybatısında sarımsı-beyazımsı renkli, Çukursaray köyünün kuzeyinde 1-2 kin uzunluğunda ve 20-50 m'lik dar bir şerit halinde D-B uzanımlı, kahverengi, limonitli volkanik kayaçlar yaygın hidrotermal bozuşma göstermektedir. Bunlar çoğunlukla yumuşak ve ilksel yapısını yer yer kaybetmişlerdir. Özellikle Çukursaray köyünün kuzeyindeki hidrotermal bozuşmalı volkanik kayaçlar, akma yapılı taze volkanik kayaçlar ile yanal geçişlidir.

Canabdal köyünün yaklaşık 1 km kuzeyinde Göктаş Tepe bütünüyle kaolinitlerden oluşmuştur. Yaklaşık D-B doğrultulu, 50 m görünür kalınlığa sahip ve 1 km²'lik bir alan kapsayan ve morfolojik olarak volkanik bir çıkmayı işaret eden tepe Akdağmadeni Litoderrii'ne ait metamorfik kayaçlar içinde bulunmaktadır. Genellikle yeşil renkli olan kaolin oluşumları masif bir görünümündedir. Oldukça sert olan kaolinitik kayaçların çatlaklarında yer yer demiroksit minerallerine rastlanılmaktadır. Ayrıca, porfirik yapılı kaolinitik kayaçlar yeşil-sarı-beyaz bantlar ve yamacıklar oluşturmaktadır. Kaolin oluşumlarını çevreleyen şist ve kuvarsitlerde de sarımsı-kahverengimsi düzensiz ve santimetrik bozuşma zonlarına rastlanılmaktadır.

Kiremitli Köyünün yaklaşık 4 km kuzeybatısında yer alan beyaz-sarı renkli bir bozuşma bölgesi (yaklaşık 5 km²) bulunmaktadır. N30 E doğrultulu ve yaklaşık 100 m kalınlığındaki bozuşma ürünleri, andezitik kayaçlara geçiş göstermektedir. Beyaz-sarı renkli killeşmiş kayaçlar hafif ve yumuşak, ince taneli; buna karşın kahverengi-kırmızı renkli, breşik görümlü, yer yer gözenekli, silisli ve demirli kayaçlar ağır ve sert olup, 1-5 m'lik bantlar

veya 0.5-1 m'lik yumrular ve/veya merccekler aşınmaya dayanıklı çıkıntılar oluşturmaktadır. Demirli kayaçlarda böbreğimsi siyah renkli götitler belirgindir. Bozuşmuş kayaçlarda 2-10 cm çapında küresel yapılar gözlenmekte olup, içice geçmiş kabuklarda dıştan içe doğru bozuşma azalmakta ve tipik porfirik yapılı volkanik kayaçlara geçiş göstermektedir.

Kavak köyünün güneydoğu sırtlarında gözlenen bozuşma zonları, Kiremitli kil oluşumlarına büyük benzerlik göstermektedir. Yeşil-beyaz-sarı renkli bir bozuşma zonu (yaklaşık 1 km²) K80 D doğrultulu ve yaklaşık 100 m kalınlığında olup, volkanik kayaçlara geçiş göstermektedir. Yeşil renkli, sabunumsu, oldukça yumuşak, ince taneli kil oluşumları içinde yaygın jips oluşumları bulunmaktadır. 1-20 cm büyüklüğündeki jips mineralleri levhamsı, tek, ikiz ve/veya çokuz mineraller ve ışınal demetler biçiminde bulunmaktadır. Sarı-kahve renkli, silisli ve demirli veya demir sıvımalı kayaçlar 1-3 m'lik bantlar veya 0.5-2 m'lik yumrular ve/veya merccekler biçiminde çıkıntılar oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan inceleme ve çözümleme yöntemleri optik mikroskop (OM), X-ışınları difraksiyonu (XRD), taramalı elektron mikroskop (SEM) ve kimyasal incelemelerden oluşmaktadır. SEM hariç diğerleri Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarı'nda (MİPJAL) gerçekleştirilmiştir.

OM incelemeleri, ince kesitler üzerinde Nikon marka, binoküler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskobunda yapılmıştır. Bu yöntem ile kayacı oluşturan bileşenler ve bunların dokusal özellikleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; diyajenez, ve bozunum / bozuşma ürünleri, dolayısıyla minerallerin oluşum ve kökenleri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

SEM incelemeleri; Şeyhhalil yöresine ait 2 örnek, MTA Maden Analiz ve Teknoloji Dairesi'nde, Canabdal yöresine ait 1 örnek ise İTÜ Metalürji Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır. Bu incelemeler yaklaşık 0.5 cm³'lük kayaç örneklerinin

doğal yüzeyi altınla kaplanarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile kaolin ve buna eşlik eden diğer kriptokristalin minerallerinin biçim, boyut ve dokusal ilişkileri saptanarak hidrotermal bozuşma evrimlerine açıklık getirilmiştir.

XRD çalışmaları Rigaku marka DMAX IIC model X-ışınları Difraktometresi'nde gerçekleştirilmiştir. XRD incelemeleri, submikroskopik sedimenter ve volkanosedimenter kayaçların mineralojik bileşimlerinin (XRD-TK) ve kil boyu bileşimlerinin (XRD-KF), ayrıca volkanik kayaçlardaki bozuşma ürünlerinin ve minerallerdeki polimorfik değişimlerin belirlenmesi amacıyla çok sık olarak kullanılmıştır.

XRD çalışmalarında kullanılacak örnekler önce 3-5cm'lik parçalar halinde çekiçle, daha sonra Fritsch marka çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde kırılmış ve yine aynı marka silikon karbid çanaklı öğütücüde yaklaşık 10-20 dk. süreyle öğütülmüştür. Bu şekilde elde edilen toz malzeme naylon torbaya konulup etiketlendikten sonra çözümlenmelere hazır konuma getirilmiştir. XRD-TK çözümlenmelerinden elde edilen toz difraktogramları için aşağıda verilen aletsel koşullar kullanılmıştır: Anot = Cu (CuK = 1.541871Å), Filtre - Ni, Gerilim = 35 kV, Akım = 15 mA, Gonyometre hızı = 2 /dak., Kağıt hızı = 2cm/dak., Zaman sabiti = 1 sn, Yarıklar = 1 0.15 mm 1 0.30 mm, Kağıt aralığı = 2 = 5-35 . Minerallerin yarı nicel yüzdeleri, Yalçın ve Bozkaya (2002) tarafından minerallerin pik şiddetlerinden itibaren belirlenen şiddet faktörleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

XRD-KF çözümlenmeleri için gerekli kil ayırma işlemi esas itibarıyla kimyasal çözme (karbonat gibi kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme - dekantasyon - yıkama, sedimantasyon - sifonlama - santrifüjleme ve şişelemeden oluşmaktadır. Santrifüjleme işlemi Heraeus Sepatech marka Varifuge 3.2 S model 5600 devir/dk hıza ve 200 cc kapasiteli metal kodelere sahip santrifüjde yapılmıştır. Ayrılmış her kil çamurundan üzerine sıvama veya kabarıp çatlayanlarda süspansiyon halinde üç adet yönlendirilmiş lam preparat hazır-

lanmış ve bunlar oda sıcaklığında kurutulmuştur. Sonra, aynı kağıta normal (havada kurutulmuş), fırınlı (490 C'de 4 saat kül fırınında tutulmuş), etilen glikollü (60 C'de 16 saat desikatörde etilen glikol buharında bekletilmiş) kayıtlar yapılmıştır. Çekimlerde gonyometre hızı 1°/dak ve kayıt aralığı 2 = 2-30 (hata miktarı ±0.04) olarak ayarlanmıştır. Daha sonra difraktogramlardan itibaren kil minerallerinin tanımlanması (001) bazal yansımalarına göre yapılmış ve pik şiddetlerinden yararlanılarak kil minerallerinin yarı nicel yüzdeleri hesaplanmıştır.

I-S ve smektitlerin oktaedrik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla d(060) yansıması yardımıyla bO-parametresi hesaplanmıştır. Bu ölçüm, kuvarın (211) piki ($2\theta = 59.982^*$, $d = 1.541 \text{ \AA}$) referans alınarak $2\theta = 59-63^*$ ($\pm 0.01^*$) kayıt aralığında ve 1°/dak. gonyometre hızında ölçülmüştür. Kaolinit politiplerinin belirlenmesinde $2\theta = 2-65^*$ kayıt aralığı ve 2°/dak. gonyometre hızı kullanılmıştır.

Tüm kayaç ve mineral fazında yapılan ana ve iz element çözümlenmeleri için Rigaku marka 3270 model X-ışınları floresans spektrometresi (XRF) kullanılmıştır. Analizler USGS (Flanagan, 1976) ve CRPG, GIT-IWG, ANRT (Govindaraju, 1989) kayaç standartları eşliğinde yapılmış olup, doğruluk ana elementlerde $\pm 2\%$, eser/iz elementlerde $\pm 5\%$ mertebesindedir. XRF analizlerinde toz örnek Al-kapsüllere konulup, yaklaşık 10 tonluk yük altında preslenerek elde edilen pastiller üzerinde yapılmıştır.

Kimyasal çözümlenmelerde ana (major) elementler $\%$ oksit cinsinden SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, *Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅; iz/eser element çözümlenmeleri ppm cinsinden Cr, Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Rb, Ba, Sr, Ga, Nb, Zr, Y, Th, As, S elementlerini kapsamaktadır. Ateşte kayıp (LOI) ise örneğin etüvde 110 °C'de bir gece kurutulduktan sonra, fırında 1000 °C'deki H₂O ve diğer uçucu bileşenlerin ağırlık cinsinden yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Ayrıca, bazı iz/eser ve nadir toprak element çözümlenmeleri de ICP-MS'de Kanada'daki Activation Laboratories Ltd. (Actlabs) şirketine yaptırılmıştır.

PETROGRAFİ

Volkanik kayaçlar

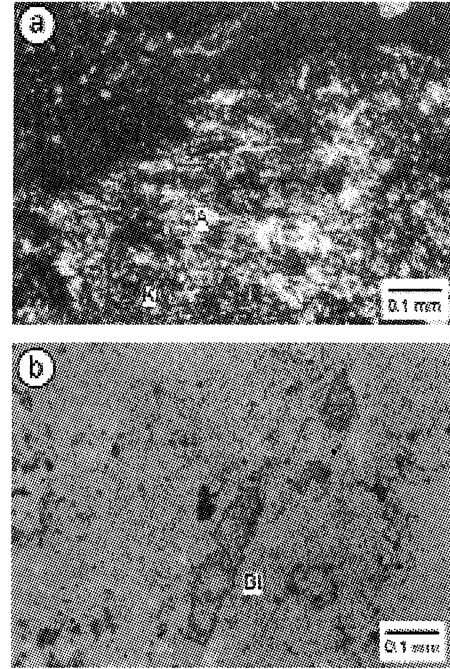
Genellikle olivin içeren volkanik kayaçlarda ender olarak eşanesel olmayan doku türlerinden glomeroporfiritik ve yönlü dokulardan trakitik-pilotaksitik doku da gözlenmektedir. Volkanik lav ve breşlerin bağlayıcı malzemesini genellikle volkanik cam ve plajiyoklaz mikrolitleri, kısmen de piroksen ve opak mineraller oluşturmaktadır. Volkanik lav ve breşlerde belirlenen mineraller açık renkli bileşenlerden plajiyoklaz, koyu renkli bileşenlerden ise olivin, piroksen (ojit, egirinojit, enstatit), hornblend, biyotit ve Fe-oksitlerdir. Bunlar genellikle üç farklı parajenez oluşturmaktadır (Yalçın, 1997): plajiyoklaz + olivin + piroksen (ojit ve/veya enstatit), plajiyoklaz + piroksen (ojit ve/veya egirinojit ve/veya enstatit), plajiyoklaz + hornblend ve/veya biyotit ve/veya piroksen (ojit ve/veya egirinojit). Volkanik kayaçlar Streckeisen (1978) göre, sırasıyla bazalt, bazaltik andezit ve andezit olarak adlandırılmıştır.

Amigdaloyidal dokulu volkanik kayaçlarda genellikle 1-2 mm çapındaki küresel ve oval amigdallerde yaygın natrolit, analsim ve kalsit yer almaktadır. Volkanik kayaçları oluşturan bileşenlerde eşzamanlı veya sonrası yaygın bozunma ve/veya bozuşmalar gözlenmektedir. Bunlardan volkanik camda killeşme, kloritleşme, karbonatlaşma, silisleşme ve Fe-oksidasyonu, olivinlerde serpantinleşme, plajiyoklazlarda serisitleşme, karbonatlaşma ve kloritleşme, piroksenlerde karbonatlaşma, hornblendlerde opaklaşma ve karbonatlaşma, biyotitlerde opaklaşma gelişmiştir. Ayrıca gözenek ve çatlaklarda kalsite de rastlanılmaktadır.

Bozuşmuş volkanik kayaçlar

Şeyhhalil yöresinde hidrotermal bozuşmaya uğramış volkanik kayaçlarda yeni mineral oluşumları oldukça tipiktir. Bunlardan bağlayıcı malzeme-de gelişen zonlu dokulu ve özşekilli kalsitler belirgindir. Koyu kahverengi zonlar Fe-oksidasyonunu (götit) temsil etmektedir. Ayrıca matrikste yeşil renkli killeşmeler de gözlenmektedir. Bağlayıcı malzeme-de yeşil renkli killeşmeler ve Fe-oksidasyonu ile birlikte özşekilli ve zonlu dokulu dolomitler de saptanmıştır.

Canabdal yöresindeki volkanik kayaçlar çoğunlukla bozuşmuş olduklarından vitrofirik porfirik güçlkle ayırt edilmekte ve kalıntı biçiminde izlenebilmektedir. Matriks ince taneli kaolinit levhaları ile alünitlerden oluşmaktadır. Alünitlere iri taneli, çubuksu rombohedral biçimlerde de rastlanılmaktadır. Kaolinitler psödohekzagonal özşekilli kristaller, yer yer de kitap demetleri (booklets) biçiminde görülmektedir (Şekil 3a). Matriste kahverengi submikroskopik tanelerin XRD verilerine göre goyazit olduğu sanılmaktadır. Kuvars; gözeneklerde iri taneli, yer yer kalsedonik türde ve bazı örneklerde de jel dokusu göstermektedir. Biyotit; ender ve/veya eser miktarda kahverengi levhalar biçiminde bulunmaktadır. Yer yer özşekilli opak mineraller de saptanmıştır. Feldispatların gözlenmemesi, volkanik kayaçların bütünüyle bozuşmaya uğradıklarını düşündürmektedir.



Şekil 3. Bozuşmuş volkanik kayaçların mikrofotografaları, a) Kaolinit kitap demetleri ve prizmatik alünitler (Canabdal yöresi, GT-14, çift nikol; K=Kaolinit, A=Alünit), b) Kalsedonik matriks içinde özşekilli baritlerin dizilişi (Kiremitli yöresi, YK-15, tek nikol, Bt=Barit).

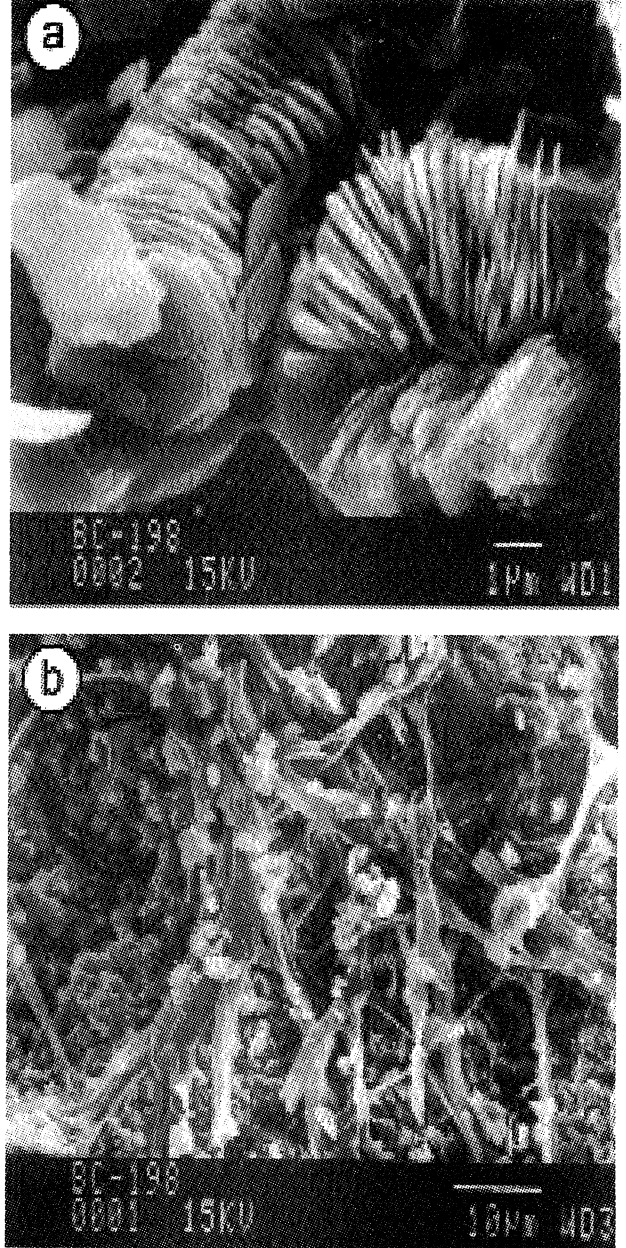
Figure 3. Microphotographs of the altered volcanic rocks, a) Kaolinite booklets and prismatic alunites (Canabdal area, GT-14, crossed nicol, K=Kaolinite, A=Alunite), b) The arrangement of euhedral barites in the calcedonic matrix (Kiremitli area, YK-15, parallel nicol, Bt=Barite).

Kiremitli yöresinde bozuşmuş volkanik kayalarda vitrofirik porfirik doku belirgindir. Bağlayıcı malzeme bütünüyle silisleşme, serisitleşme ve killeşme gösteren volkan camından oluşmaktadır. Serisitler, yer yer muskovit büyüklüğüne ulaşmıştır. Kayaç bozuşma sonucu breşik görünüm de kazanmıştır. Fenokristalleri plajiyoklaz, sanidin ve biyotit temsil etmektedir. Kuvars, gözenek ve çatlaklarda iri kristaller biçiminde bulunmakta olup, volkanik kökenliler enderdir. Sanidinlerde serizitleşme ve silisleşme, biyotitlerde ve daha az gözlenen hornblendlerde opasitleşme yaygındır. Bazı örneklerde gözenek ve çatlaklarda levhamsı baritler ayırt edilebilmektedir. Baritlerin birbirine paralel biçimde uzandıkları gözlenmektedir (Şekil 3b). Demirli kayalarda ince taneseli jarositler çoğunlukla matriksin yerini almıştır. Yer yer özşekli opak mineraller (pirit, markasit ve götit) de saptanmıştır.

Kavak yöresindeki volkanik kayalar hemen hemen bütünüyle killeşmiş olup, ilksel porfirik dokunun izlenebildiği örneklerde feldispat fenokristal ve mikrolitleri, ayrıca matriks çoğunlukla serisitlere dönüşmüştür. Matriksteki kahverengi oluşumlar jarositlere karşılık gelmektedir. Jarositler, bazen iki yönlü, bazen düzensiz çatlaklarda ince taneli olarak bulunmaktadır.

Şeyhhalil yöresini temsil eden bozuşmuş volkanik kayaç örneğinin SEM mikrofotoğrafında (BÇ-198 : kalsit % 5, kuvars / tridimit % 25, kil-kaolinit ve eser miktarda illit ve I-S, % 70 ve götit) mikrogözeneklerdeki psödoheksagonal kaolinit levhaları / kitapçıkları görülmektedir (Şekil 4a). Her bir kaolinit levhası 3-4 (im çapında ve 0.1-0.2 fim kalınlığındadır. Levhaların oluşturduğu paketler gevşek dokulu olup, hidrotermal köken için tipiktir (Keller, 1976 ve 1978; Gençoğlu ve diğ., 1989; Yalçın, 1991). Ayrıca, kaolinit levhaları bir yönde (mikrofotoğrafın sol tarafı) ve bir merkezden itibaren radyal olarak (mikrofotoğrafın sağ tarafı) dizilmektedir. Aynı örnekte I-S filamentleri de belirgindir (Şekil 4b).

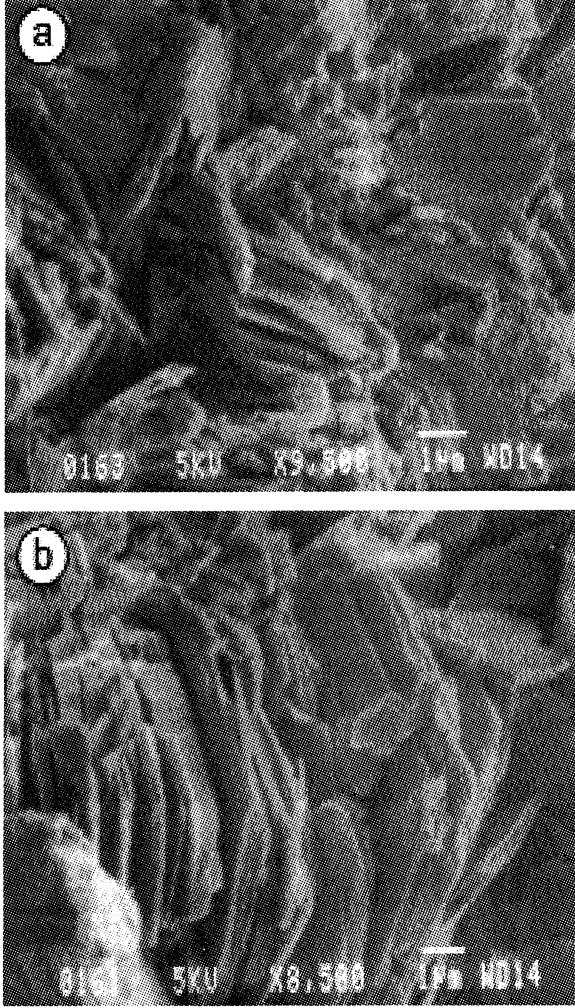
Canabdal yöresi kaolinit oluşumlarını temsil eden diğer bir örneğin SEM mikrofotoğrafında (GT-14 : kuvars % 38, kaolinit % 62, alümit ve go-



Şekil 4. Şeyhhalil yöresi bozuşmuş volkanik kayaçların SEM mikrofotoğrafları, a) psödoheksagonal kaolinit kitapçıkları ve I-S filamentleri, b) kaolinit levhaları ve I-S filamentleri.

Figure 4. SEM photomicrographs of the altered volcanic rocks from Şeyhhalil area, a) Pseudo-hexagonal kaolinite booklets and I-S filaments, b) kaolinite plates and I-S filaments.

yazit) kaolinit levhaları / kitapçıkları ve yarı kısa prizmatik alünitler görülmektedir (Şekil 5a). Mikrofotografın sağ tarafında görülen özşekilli alünitler 6 μ m uzunluğunda, 3 μ m genişliğinde ve 1 μ m enindedir. Psödohekzagonal kaolinit levhaları 2-10 μ m çapında ve 0.1-0.8 μ m kalınlığında olup (Şekil 5b), Şeyhhalil yöresindekilere göre daha büyük ve kalındır.



• Şekil 5. Canabdal yöresi bozuşmuş volkanik kayaların SEM mikrofotografı, a) kaolinit levhaları ve kısa prizmatik alünitler, b) kaolinit levhaları.

Figure 5. SEM photomicrographs of the altered volcanic rocks from Canabdal area, a) Kaolinite plates and short prismatic aluminates, b) kaolinite plates.

MİNERALOJİ

Volkanik kayalar

Volkanik kayaların lav ve parçalı ürünlerinde belirlenen mineraller bolluk sıracına göre kil, analsim, feldispat, kalsit, kuvars, natrolit ve höylandittir. En yaygın parajenezi kil + analsim + feldispat oluşturmaktadır.

Killer tüm örneklerde en yaygın bulunan minerallerdir. Feldispat ve kalsit örneklerin çoğunda gözlenmesine karşılık, kalsitin miktarı az, feldispatın genel ortalamaya katkısı ise analsim kadardır. Kuvars örneklerin yaklaşık yarısında, fakat eser miktarda; höylandit ise sadece bir örnekte Eşmebaşına geçiş gösteren bir seviyede yer almaktadır. Amigdallerde saptanan mineraller ise kalsit, natrolit ve analsimdir.

Volkanik lav ve breşlere ait minerallerde ve özellikle matriksde gelişen kil mineralleri bolluk sırasına göre smektit, klorit, karışık tabakalılar (C-S, C-V ve I-S) ve illittir. Smektitler kil fraksiyonunu tek başına oluşturabildikleri gibi, bu minerale bazı örneklerde karışık tabakalı kil mineralleri de eşlik etmektedir. C-S'ler birinci diziye ait piklerinin gözlenmesi nedeniyle korensit olarak değerlendirilmiştir. d(060) ölçümlerine göre smektitler üçünde trioktahedral (ortalama 1.537), ikisinde ise dioktahedral (ortalama 1.506) bileşimindedir.

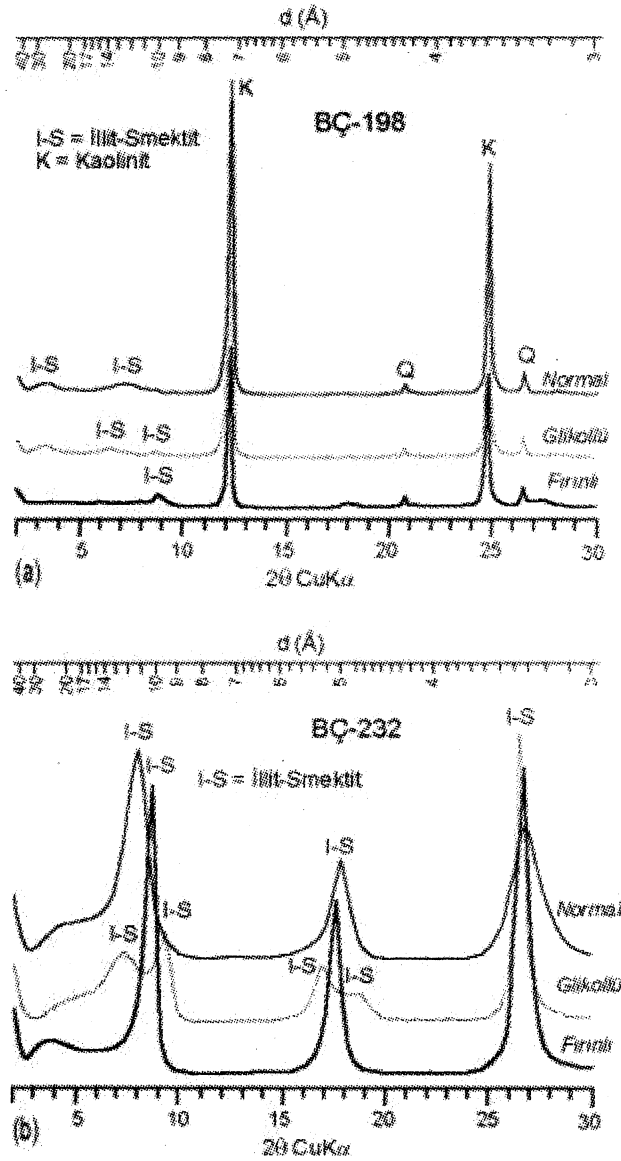
Bozuşmuş volkanik kayalar

Şeyhhalil yöresinde hidrotermal bozuşma gösteren volkanik kayalar dokusal farklılıklarının yanı sıra, XRD'de belirlenen mineraller bakımından da bozunmamış veya yüzeysel bozunma gösteren örneklerden kolayca ayırt edilebilmektedir. Hidrotermal bozuşmalı volkanik kayalar bolluk sırasına göre kil mineralleri, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, ayrıca hematit, götit, tridimit, alünit grubu minerallerinden jarosit ve bir örnekte de jips içermektedir. En ilginç parajenezler : kil mineralleri + kalsit ve/veya dolomit + feldispat + kuvars + götit + tridimit ve kil mineralleri + kuvars + (bazen feldispat) + jarosit + (bazen jips). Hidrotermal bozuşmuş volkanik kayalarda bozuşma ürünü kil mine-

railerini bolluk sırasına göre kaolinit, dioktahedral İ-S ve illit temsil etmektedir (Şekil 6a). I-S karışık tabakalı kil mineralleri saf fraksiyon halinde de bulunabilmektedir (Şekil 6b). Bu mineralin birinci diziye ait pikleri pek belirgin olmayıp, düzenli bir yapıyı temsil etmektedir. Glikollü çekimlerdeki (002) ve (003) yansımaları veya bu yansımalar arasındaki farka (2θ) göre (Moore ve Reynolds, 1997) I-S'ler yaklaşık % 75-80 (ort. 77) illit tabakası

içermekte ve R1 tipine karşılık gelmektedir.

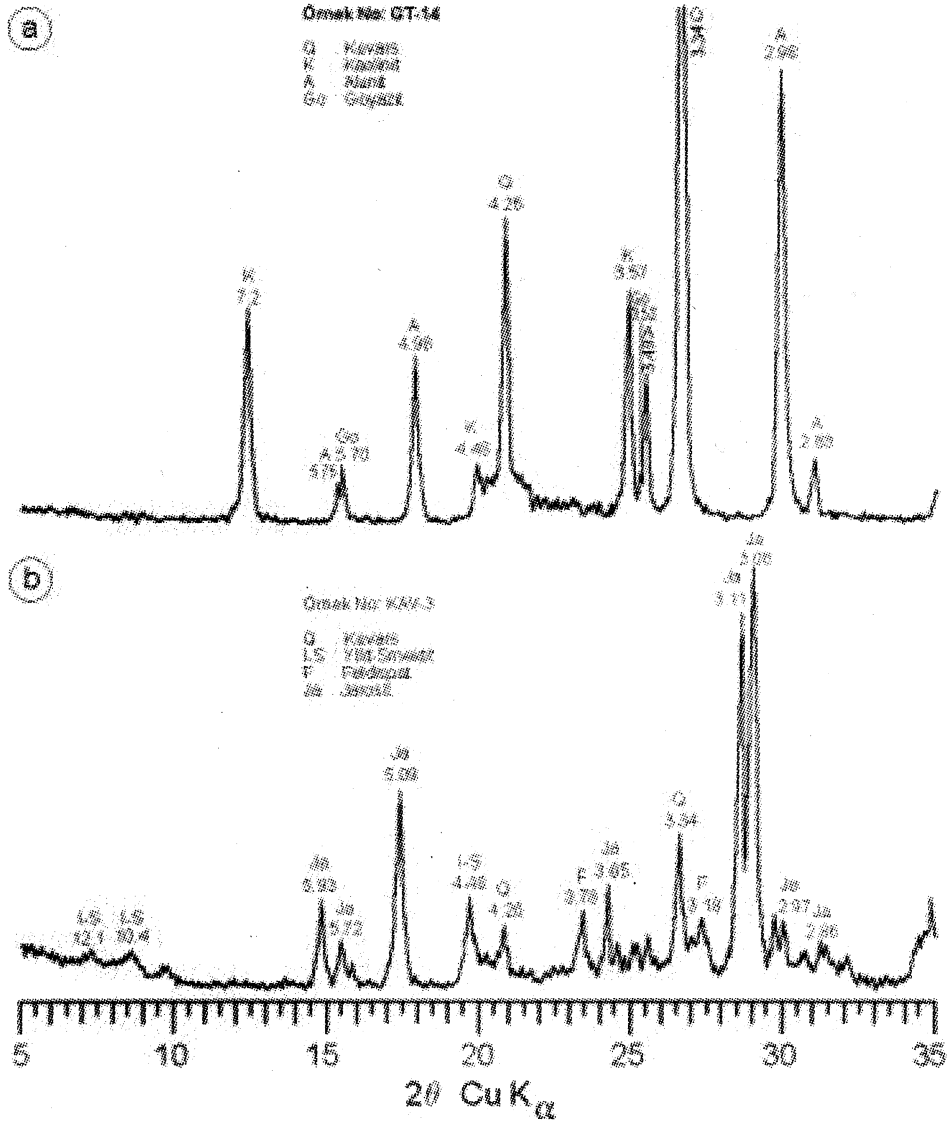
Canabdal yöresindeki bozuşmuş kayalarda kil (kaolinit), kuvars, alünit ve goyazit egemendir (Şekil 7a). Sadece bir örnekte eser miktarda siderit ve diğer bir örnekte kalsit bulunurken, feldispatlar hiç gözlenmemiştir. Kil fraksiyonunu bütünüyle kaolinit oluşturmaktadır (Şekil 8a). Çevre kayalarını oluşturan ve kısmen bozuşmaya uğrayan sistlerde de kaolinite rastlanılmıştır (Şekil 8b).



Şekil 6. Şeyhhalil yöresi bozuşmuş volkanik kayaların XRD-KF difraktogramları, a) kaolinit I-S (BÇ-198), b) % 80 illit tabakası içeren düzenli I-S (BÇ-232).

Figure 6. XRD clay fraction diffractograms of the altered volcanic rocks from Şeyhhalil area, a) kaolinite I-S (BÇ-198), b) regular I-S containing % 80 illite layer (BÇ-232).

SİVAS BATISINDAKİ (YILDIZELİ-AKDAĞMADENİ) HİDROTERMAL KAOLİN ve I-S OLUŞUMLARI



Şekil 7. XRD-TK difraktogramları, a) kuvars + kaolinit + alünit + goyazit, b) I-S + kuvars + feldispat + jarosit.

Figure 7. XRD whole-rock diffractograms, a) quartz + kaolinite + alunite + goyazite, b) I-S + quartz + feldspar + jarosite.

Kiremitli yöresindeki bozuşmuş kayaçlarda başlıca kuvars, feldispat, kil mineralleri, jarosit ve barit bulunmaktadır. Ayrıca götit, pirit ve ender olarak mar-kasit mineralleri de saptanmıştır. Kil fraksiyonunu tek başına I-S (Şekil 9a) veya I-S ve illit oluşturmaktadır (Şekil 9b). I-S'ler RI tipi olup, % 60-75 (ort. % 65) arasında illit tabakası içermektedir.

Kavak yöresindeki volkanik kayaçlarda bozuşma miktarına göre kil (I-S), feldispat ve kuvars, jips, jarosit ve götit, ayrıca bir örnekte O-CT mineralleri saptanmıştır (Şekil 7b). Kil fraksiyonunu bütünüyle I-S veya I-S + illit (Şekil 10), I-S + smektit, smektit + illit ve I-S + illit + smektit birliktelikleri oluşturmaktadır. I-S'ler Kiremitli

yöresindekilerden daha yüksek illit tabakası %85-90 (ort. % 88) içermekte olup, R3 tipindedirler.

Şeyhhalil ve Canabdal yörelerinde kaolinit olarak tanımlanan kaolin grubu (kaolinit, dicit, nakrit) politipini belirlemek için Bailey (1988) tarafından verilen ayırtman pikler kullanılmış ve tümüyle kaolinit politipinden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 11).

JEOKİMYA

Bozuşmuş volkanik kayalar

İnceleme alanındaki hidrotermal bozuşmalı volkanik kayaların ana ve eser element ortalama bileşimleri Çizelge 1 de verilmiş ve taze volkanik kayalara göre normalize edilmiştir (Şekil 12).

Elde edilen sonuçlara göre, volkanik kayaların hidrotermal bozuşması sonucu elementlerde 80 (CaO için) ve 200 (Cr için) kat arasında değişen fakirleşme / tüketilme ve zenginleşmeler belirlenmiştir. Tüm yöreler için MnO, MgO, CaO, Na₂O ve Co elementlerinde bir fakirleşme / tüketilme, Ni ve Pb elementlerinde ise bir zenginleşme bulunmaktadır. Şeyhhalil yöresi için Sr da fakirleşme, Cr, Zn, Rb ve Nb da zenginleşme; Canabdal yöresi için SiO₂, K₂O, Zn, Rb, Ba, Nb ve Y da fakirleşme, Al₂O₃, P₂O₅, Cr, Cu, Sr, Ga ve Th da zenginleşme; Kiremitli yöresi için Cr, Cu, Zn ve Sr da fakirleşme, K₂O, Rb, Ba ve Y da zenginleşme; Kavak yöresi için Cr da bir fakirleşme, TiO₂, tFe₂O₃, K₂O, Rb, Ba ve Y da bir zenginleşme gözlenmektedir. Canabdal yöresi bozuşma ürünleri yüksek Cr içeriği ile diğerlerinden belirgin bir biçimde ayrılırken, bazı elementlerde ise yörelere göre element konsantrasyonları sabit kalmaktadır.

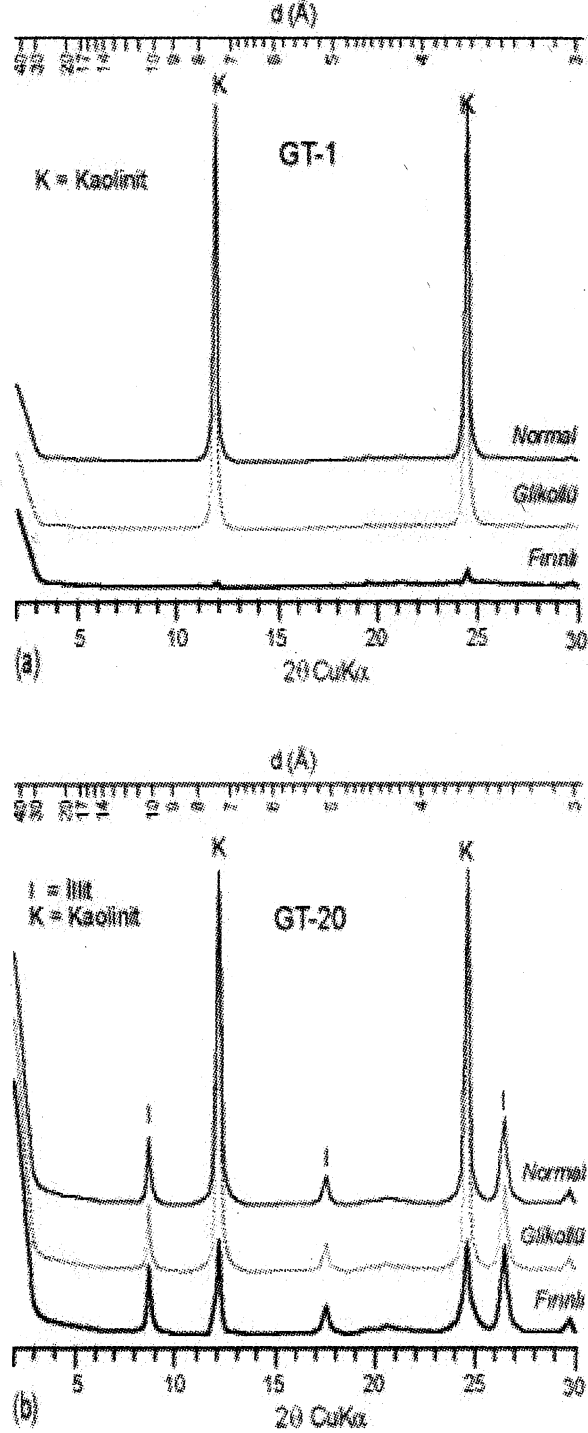
Yörelere göre belirlenen bu farklılıklar Şeyhhalil ve Canabdal yöresinde kaolinitik, buna karşın Kiremitli'de I-S türü bozuşma ürünlerinin bulunması ile ilişkilidir. Ayrıca hidrotermal bozuşmalı volkanik kayalardaki hareketsiz elementlerin miktarları taze volkanik kayalardakiler ile aynı olmayıp, az da olsa farklılık göstermektedir. Bu durum volkanik ürünlerin bozuşması sırasında hareketsiz elementlerin de etki-lendiklerini düşündürmektedir. Ayrıca hareketli elementlerin miktarlarında önemli artma ve azalmalar dikkati çekmektedir.

Kil mineralleri

Hidrotermal bozuşmuş volkanik kayalarda gelişen kil mineralleri üzerinde yapılan ana ve iz element çözümlenmeleri ile yapısal formülleri Çizelge 2 de verilmiştir. Yapısal formül hesaplamalarında I-S için 11, kaolinit için 7 oksijen atomu esas alınmıştır (Weaver ve Pollard, 1973). Şeyhhalil yöresine ait kaolinitlerin yapısal formülü kil fraksiyonunun saf olmaması, TiO₂'nin yüksekliğinden dolayı, olasılıkla volkanojenik bileşenler içermesi nedeniyle hesaplanmamıştır.

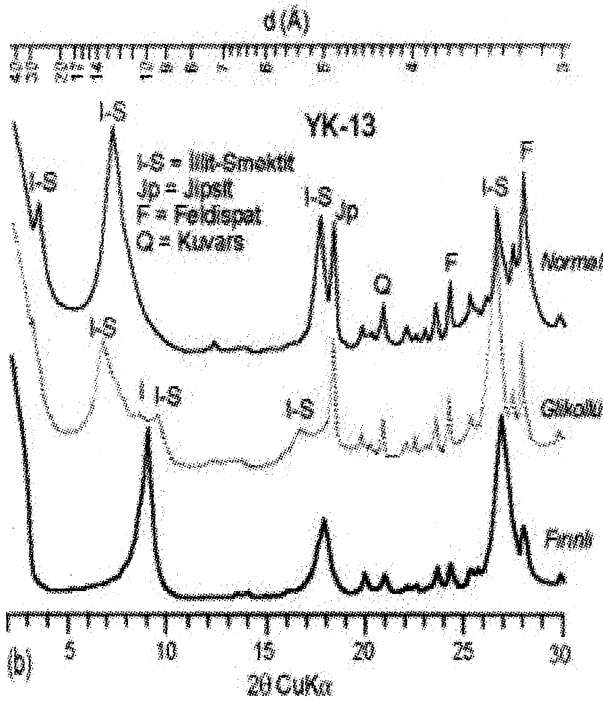
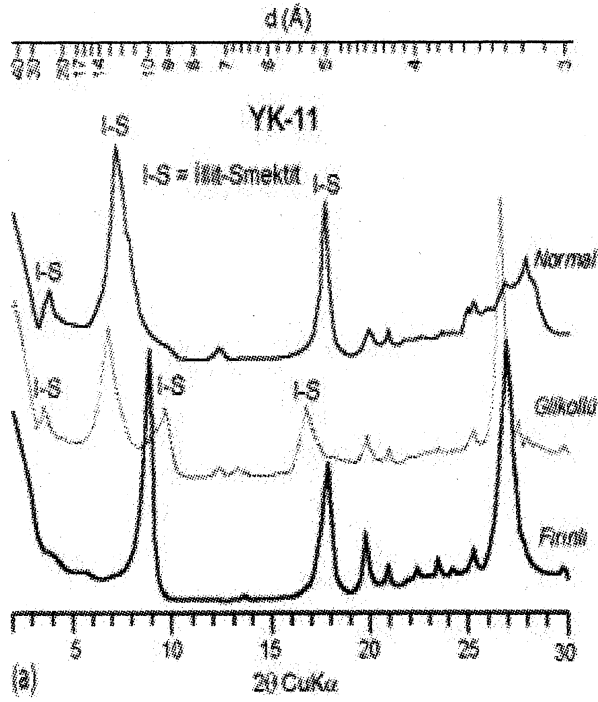
Canabdal yöresi kaolinitleri kimyasal açıdan literatürdekilere büyük bir benzerlik göstermektedir (Weaver ve Pollard, 1973). Şeyhhalil I-S'leri, Kiremitli ve Kavak yöresindekilerden farklı olup, bu durum tetrahedral tabakadaki Si-Al ve oktaedral tabakadaki Al-Fe süstitüsüyonu ile ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni I-S yapısındaki illit / smektit oranından kaynaklanmakta ve K₂O içerikleri ile de belirlenebilmektedir. Ayrıca, Şeyhhalil yöresindeki I-S'lerin tFe₂O₃ bakımından zenginliği, illitin trioktahedral olabileceğine de işaret etmektedir.

SİVAS BATISINDAKİ (YILDIZELİ-AKDAĞMADENİ) HİDROTERMAL KAOLİN ve I-S OLUŞUMLARI



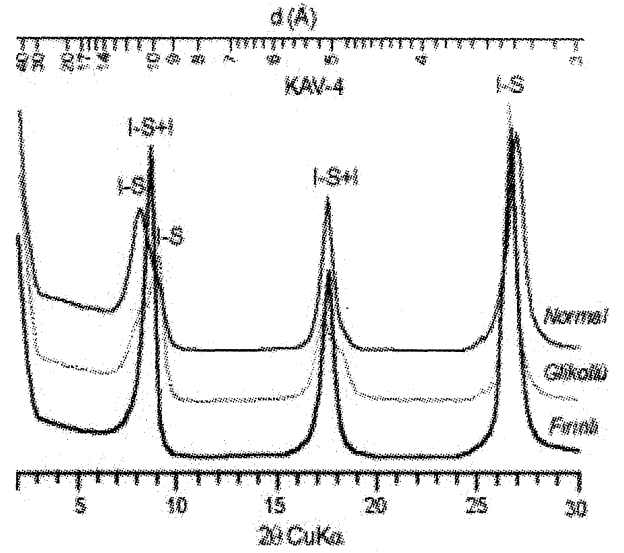
Şekil 8. Canabdal yöresi bozuşmuş volkanik kayaçların XRD-KF difraktogramları, a) kaolinit (GT-1), b) kaolinit + illit (GT-20).

Figure 8. XRD clay fraction diffractograms of the altered volcanic rocks from Canabdal area, a) kaolinite (GT-1), b) kaolinite + illite (GT-20).



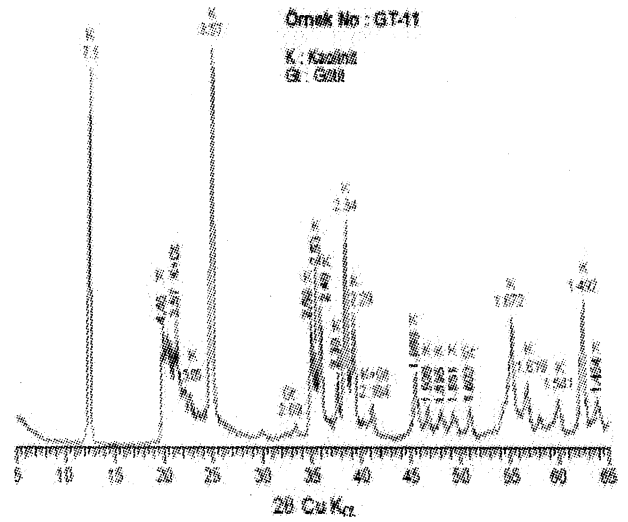
Şekil 9. Kiremitli yöresi bozuşmuş volkanik kayaların XDR-KF difraktogramları, a) I-S (YK-11), b) I-S + jipsit illit.

Figure 9. XRD clay fraction diffractograms of the altered volcanic rocks from Kiremitli area, a) I-S (YK-11), b) I-S + gibbsite illite.



Şekil 10. Kavak yöresi bozuşmuş volkanik kayalarında I-S + illit'in XDR-KF difraktogramı (KAV-4).

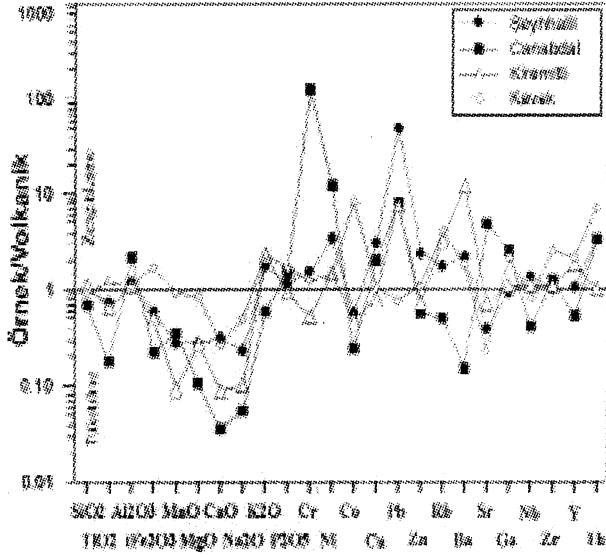
Figure 10. XRD clay fraction diffractogram of I-S + illite in the altered volcanic rocks from Kavak area



Şekil 11. Canabdal yöresine ait kaolinit politipinin XDR-KF toz difraktogramı.

Figure 11. X-ray clay fraction powder diffractogram of the kaolinite polytype from Canabdal area.

SİVAS BATISINDAKİ (YILDIZELİ-AKDAĞMADENİ) HİDROTERMAL KAOLİN ve I-S OLUŞUMLARI

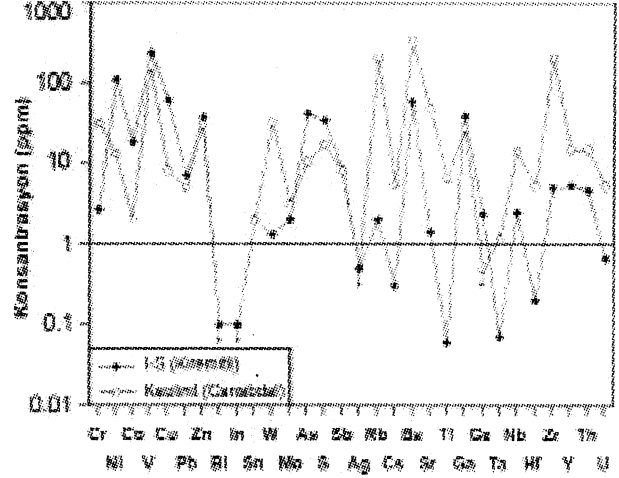


Şekil 12. Bozmuş volkanik ürünlerin volkanik-normalize ana ve iz element örümcek diyagramı.

Figure 12. Volcanic rock-normalized major and trace element spider diagram of the altered volcanic products.

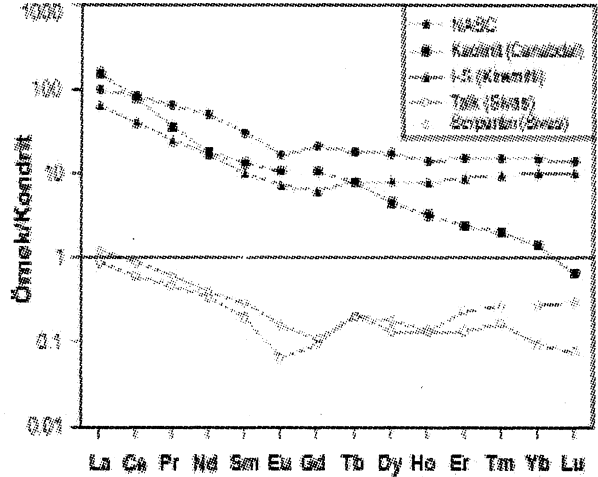
Kil minerallerinin eser ve nadir toprak element (REE) çözümlenmeleri sırasıyla Çizelge 3-6 da sunulmuştur. I-S'e göre; kaolinitlerde geçiş metalleri ile düşük değerlikli elementler (LFSE-low field strength element veya LIL-large ion lithophile) genellikle düşük, yüksek değerlikli elementler (HFSE-high field strength element) ise daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Şekil 13). Ayrıca, iz element konsantrasyonları kil fraksiyonunda genellikle ağır mineral fazlarının bulunmadığını da göstermektedir.

Kaolinit ve I-S'in REE içerikleri kondritlere (Haskin et al. 1968, Gromet et al. 1984, Boynton, 1984) göre normalize edilmiştir (Şekil 14). Diyagramda Sivas yöresine ait talk ve serpantin mineralleri de gösterilmiştir (Yalçın ve Bozkaya, 2001). Kaolinit ve I-S minerallerinde kondritlere göre zenginleşme, buna karşın talk ve serpantinlerde fakirleşme oldukça belirgindir. Diğer bir ifade ile ultramafik kayaların bozuşması ile oluşan Mg-mineralleri ile volkanik kayaların bozuşması ile oluşan Al-minerallerinin REE dağılımları birbirinden oldukça farklıdır. Kuzey Amerikan Şeyleri (NASC) de kaolinit ve I-S'in bulunduğu grup içinde yer almakta, ancak bu minerallere göre REE miktarı bakımından zenginleşme göstermektedir.



Şekil 13. Kaolinit ve I-S minerallerinde bazı iz elementlerin bolluk dağılımları (oklar deteksiyon limitlerinin altındaki değerleri göstermektedir).

Figure 13. The abundance distribution of some trace elements in the kaolinite and I-S minerals (arrows show values below detection limits).



Şekil 14. Kaolinit ve I-S minerallerinin kondrit-normalize REE bollukları (NASC : Ho ve Tm elementleri Haskin et al. 1968, diğer elementler Gromet et al.1984'den; Kondrit : Boynton, 1984).

Figure 14. Chondrite-normalized REE abundances of the kaolinite and I-S minerals (NASC= Ho and Tm elements from Haskin et al. 1968, other elements from Gromet et al.1984; Chondrite= Boynton, 1984).

Çizelge 1. İnceleme alanındaki taze ve hidrotermal bozuşmalı volkanik kayaların ortalama kimyasal bileşimlerinin karşılaştırılması (SH=Şeyhhalil, CA=Canabdal, KHCiremitli, KA=Kavak, n.d.:belirlenemedi).

Table L The comparison of mean chemical compositions of unaltered and hydrothermally altered volcanic rocks (SH=Şeyhhalil, CA=Canabdal, KI=Kiremitli, KA=Kavak, n.d.:not determined).

Örnek / Oksit	Taze Volkanik kayaç	Hidrotermal bozuşmalı volkanik kayaçlar			
		SH	CA	Kİ	KA
SiO ₂	58.18	59.29	40.37	64.99	53.68
TiO ₂	0.85	0.63	0.15	0.55	1.08
Al ₂ O ₃	17.68	21.80	40.04	19.30	19.43
ΣFe ₂ O ₃	5.98	3.60	1.34	3.01	11.69
MnO	0.11	0.03	0.04	0.01	0.10
Cr ₂ O ₃	n.d.	n.d.	0.83	n.d.	n.d.
MgO	3.08	0.86	0.32	0.92	2.48
CaO	6.00	1.89	0.21	0.83	1.12
SrO	n.d.	n.d.	0.28	n.d.	n.d.
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	0.53	n.d.
Na ₂ O	4.23	0.99	0.23	0.42	1.75
K ₂ O	1.94	3.49	1.16	4.58	5.68
P ₂ O ₅	0.14	0.16	0.21	0.13	0.26
LOI	1.29	6.65	15.29	4.58	5.38
Toplam	99.48	99.38	100.48	99.85	99.55
Cr	45	70	5657	24	61
Ni	8	28	98	12	12
Co	21	12	5	10	292
Cu	26	84	53	21	27
Pb	11	538	88	84	8
Zn	80	197	46	59	87
Rb	48	88	24	159	277
Ba	688	1546	104	8270	1483
Sr	491	191	2378	351	77
Ga	17	16	44	19	45
Nb	10	14	4	11	8
Zr	148	150	188	162	477
Y	13	14	7	24	35
Th	4	13	13	4	46
As	n.d.	n.d.	n.d.	58	77
S	n.d.	n.d.	n.d.	9993	2314

SİVAS BATISINDAKİ (YILDIZELİ-AKDAĞMADENİ) HİDROTHERMAL KAOLİN ve I-S OLUŞUMLARI

Çizelge 2. Kil minerallerinin ana element çözümlenmeleri ve yapısal formülleri (TOC=Toplam Oktahedral Katyon, OY=Oktahedral Yük, ILC=Tabakalararası Yük, TLC=Toplam Tabaka Yükü).

Table 2. Major element analyses and structural formula of clay minerals (TOC=Total Octahedral cation, OC=Octahedral Charge, ILC=Interlayer Charge, TLC=Total Layer Charge).

Yöre	Şeyhhalil			Canabdal		Kiremitli		Kavak	
	I-S	Kaolinit		Kaolinit		I-S		I-S	
Mineral	BÇ-232	BÇ-198	BÇ-199	GT-6	GT-11	YK-5	YK-11	KAV-2	KAV-4
Örnek	BÇ-232	BÇ-198	BÇ-199	GT-6	GT-11	YK-5	YK-11	KAV-2	KAV-4
SiO ₂	45.53	40.79	40.07	44.56	44.28	62.26	56.24	52,91	53,93
TiO ₂	1.16	1.63	1.86	n.d.	0.01	0.77	1.46	1,38	1,46
Al ₂ O ₃	26.58	34.20	33.70	39.20	37.00	22.24	27.70	30,00	29,24
ΣFe ₂ O ₃	7.39	5.87	11.08	n.d.	3.76	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MnO	0.01	0.03	0.02	n.d.	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
MgO	1.49	0.62	0.61	n.d.	n.d.	0.47	0.68	2,21	2,55
CaO	0.22	0.36	0.30	0.12	0.10	0.52	0.58	0,53	0,08
Na ₂ O	0.26	0.03	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01
K ₂ O	6.55	0.73	0.79	n.d.	n.d.	7.67	6.55	7,56	7,00
P ₂ O ₅	0.29	0.08	0.15	0.12	0.12	0.06	0.08	0,06	0,09
LOI	10.19	15.44	11.10	15.00	14.69	5.91	6.63	5,48	5,38
Toplam	99.67	99.78	99.70	99.00	99.98	99.90	99.92	100,13	99,74
Si	3.23			1.96	1.96	4.00	3.65	3,43	3,48
Al ^{IV}	0.77			0,04	0,04	0.00	0,35	0,57	0,52
Al ^{VI}	1.45			2,00	2,00	1,68	1,76	1,72	1,71
Ti	0.06			0,00	0,00	0.04	0,07	0,07	0,07
Fe	0.39			0,00	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00
Mn	0.00			0,00	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00
Mg	0.12			0,00	0,00	0.04	0,07	0,21	0,22
TOC	2.02			2,00	2,00	1.76	1,90	2,00	2,00
OC	0.00			0,00	0,00	-0.72	-0,30	-0,14	-0,15
Mg	0.04			0,00	0,00	0.00	0,00	0,00	0,03
Ca	0.02			0,01	0,01	0.04	0,04	0,04	0,01
Na	0.04			0,00	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00
K	0.59			0,00	0,00	0.63	0,54	0,63	0,58
ILC	0.75			0,02	0,02	0.71	0,62	0,71	0,66
TLC	-0.77			-0,04	-0,04	-0.72	-0,65	-0,71	-0,67

Çizelge 3. Şeyhhalil yöresi kil minerallerinin eser element çözümlenmeleri.

Table 3. Trace element analyses of clay minerals from Şeyhhalil area.

	Cr	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	Rb	Ba	Sr	Ga	Nb	Zr	Y	Th
I-S														
BÇ-232	61	27	26	20	186	108	163	91	177	27	8	138	21	2
Kaolinit														
BÇ-198	215	92	20	44	36	116	36	1	259	31	8	110	5	1
BÇ-199	527	857	39	34	143	127	38	1	807	25	14	161	6	1
Ort.	371	475	30	39	90	122	37	1	533	28	11	136	6	1

Çizelge 4. Canabdal yöresi kaolinit minerallerinin eser element çözümlenmeleri.

Table 4. Trace element analyses of kaolinite minerals from Canabdal area.

	Cr	Ni	Co	V	Cu	Pb	Zn	Bi	In	Sn	W	Mo	As	S	Sb
GT-6	1.89	35	1	203	<10	9	44	<0,1	<0,1	2	<0,5	2	18	44	1,6
GT-11	3.57	185	35	265	114	5	30	<0,1	<0,1	1	1,2	<2	66	24	15,2
Ort.	2.73	110	18	234	62	7	37	0.1	0.1	2	1.3	2	42	34	8.4
	Ag	Rb	Cs	Ba	Sr	Tl	Ga	Ge	Ta	Nb	Hf	Zr	Y	Th	U
GT-6	<0,5	3	0,3	56	1.50	0,06	66	2,4	0,12	3,5	0,1	4	4,8	3,87	0,33
GT-11	<0,5	1	0,2	62	1.35	0,06	9	2,3	0,02	1,4	0,2	5	5,6	5,41	1,00
Ort.	0.5	2	0.3	59	1.43	0.06	38	2.4	0.07	2.5	0.2	5	5.2	4.64	0.67
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
GT-6	47,2	64,5	4,47	10,9	3,45	1,04	3,49	0,45	1,63	0,23	0,46	0,052	0,21	0,008	
GT-11	49,8	64,6	4,58	11,2	1,97	0,519	2,00	0,31	1,31	0,22	0,54	0,079	0,38	0,036	
Ort.	48,5	64,6	4,53	11,1	2,71	0,780	2,75	0,38	1,47	0,23	0,50	0,066	0,295	0,022	

Çizelge 5. Kiremitli yöresi I-S minerallerinin eser element çözümlenmeleri.

Table 5. Trace element analyses of I-S minerals from Kiremitli area.

	Cr	Ni	Co	V	Cu	Pb	Zn	Bi	In	Sn	W	Mo	As	S	Sb
YK-5	37	13	3	135	8	5	<30	<0,1	<0,1	2	7,0	2	8	17	3,9
YK-11	27	12	1	179	8	5	<30	<0,1	<0,1	2	26,2	3	12	16	11,8
Ort.	32	13	2	157	8	5	30	0.1	0.1	2	33.2	3	10	17	7.9
	Ag	Rb	Cs	Ba	Sr	Tl	Ga	Ge	Ta	Nb	Hf	Zr	Y	Th	U
YK-5	<0,5	207	3,8	417	38	5,55	24	<0,5	0,92	10,2	4,4	185	11,7	11,8	4,65
YK-11	<0,5	205	6,9	269	56	7,21	31	<0,5	1,35	18,6	6,2	232	18,4	17,8	5,93
Ort.	0,5	206	5.4	343	47	6.38	28	0.5	1.14	14.4	5.3	209	15.1	14.8	5.29
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
YK-5	10,8	20,3	2,03	7,14	1,34	0,309	1,16	0,27	1,88	0,45	1,50	0,253	1,70	0,263	
YK-11	30,0	47,0	4,26	13,80	2,57	0,784	2,07	0,52	3,41	0,70	2,24	0,393	2,57	0,395	
Ort.	20,4	33,7	3,15	10,47	1,96	0,547	1,62	0,40	2,65	0,58	1,87	0,323	2,14	0,329	

Çizelge 6. Kavak yöresi I-S minerallerinin eser element çözümlenmeleri.

Table 6. Trace element analyses of I-S minerals from Kavak area.

	Cr	Ni	Co	V	Cu	Pb	Zn	Rb	Ba	Sr	Ga	Nb	Zr	Y	Th	S	As
KAV-2	84	14	574	209	15	12	130	482	306	43	90	6	749	46	71	8	15
KAV-4	68	14	551	206	20	5	100	529	178	6	96	11	716	48	77	15	72
Ort.	76	14	563	208	18	9	115	506	121	25	93	9	733	47	74	12	44

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Sivas çevresinde Eosen yaşlı volkanik kayalarda ve bunların hidrotermal bozuşma ürünlerinde gerçekleştirilen litolojik, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemelerden elde edilen sonuçlar ile bunların yorumlanması ve tartışılması aşağıdaki gibidir :

İnceleme alanında yaklaşık D-B veya KD-GB uzanım lı volkanik kayalarda kırık zonları ile ilişkili post-magmatik hidrotermal çözeltiler önemli bozuşmalara neden olmuşlardır. Eosen döneminde etkin olan kırıklar (Yılmaz ve diğ., 1995) volkanik ürünlerin yükselmesine; sonraki dönemlerde, olasılıkla Neojen'de yeniden aktif hale geçerek hidrotermal sisteme olanak sağlamış gözükmektedir. Bunun sonucu sıcak sular ile volkanojenik bileşenlerin kimyasal etkileşiminin ürünleri olan neoformasyon mineralleri oluşmuştur (Çizelge 7). İlgili parajenezler, Doğu Pontidlerde yaygın olarak

Çizelge 7. Yörelere göre neoformasyon minerallerinin karşılaştırılması (*Ender, bazı örneklerde; **=Bol, çoğu örneklerde).

Table 7. Comparison of neoformation minerals as to areas (*=Rare, in some samples; **=Abundant, in most samples)

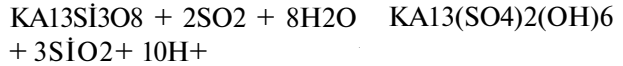
Mineral/Yöre	Şeyhhalil	Canabdal	Kiremitli	Kavak
Karbonatlar				
Kalsit	**	*		
Dolomit	**			
Siderit		*		
Sülfatlar				
Jarosit	**		**	**
Jips	**			**
Barit			**	
Alümit		**		
Fosfatlar				
Goyazit		**		
Silika				
Kuvars	**	**	**	**
Tridimit	**			
Feldispatlar				
K-feldispat	**		**	**
Killer				
Kaolinit	**	**		
I-S	**		**	**
İllit	*		**	**
Smektit	*			*
Fe-oksitler				
Hematit		*		
Götüt	**		**	*
Pirit			**	
Markasit			*	

gözlenen hidrotermal bozuşmalara (Çelik et al., 1999; Karakaya ve Karakaya, 2001) benzerlik göstermektedir :

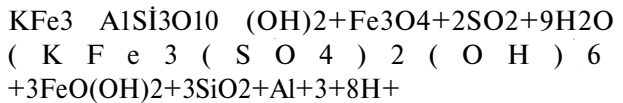
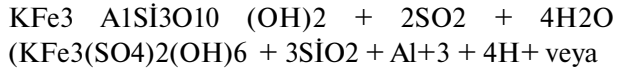
Ortaç bileşimli volkanik kayaların bozuşmasından açığa çıkan katyonlardan Mg, dolomit; Fe, hematit, götüt, pirit, markasit, jarosit ve sideritin; Ca, kalsit, dolomit ve jipsin; Al, kil ve goyazit minerallerinin; artan silis de tridimitin oluşumunda kullanılmıştır. S ise hidrotermal akışkanlarla sisteme katılarak jarosit, jips ve baritin bileşimine katkıda bulunmuştur.

Jips ve barit, I-S oluşumlarına eşlik etmekte olup, Ca'un kaynağını çevredeki karbonat kayaları, Ba'un kaynağını ise feldispatlar oluşturmaktadır. Krandallit grubunun bir üyesi olan goyazit, (Sr, Ca, Ba)Al₃(P,As)O₄·2(OH)·5H₂O biçiminde genel bir formüle sahip olup, kaolinitlerle birlikte Canabdal yöresinde bulunmaktadır. Tüm kayaçta yapılan kimyasal çözümlenmelerden Sr ve P bakımından zengin olduğu anlaşılmaktadır.

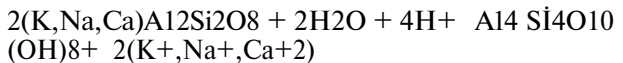
Sadece Canabdal yöresinde alüminin varlığı ve K-feldispat bulunmaması bu iki mineral arasındaki tepkimeyi olası kılmaktadır :



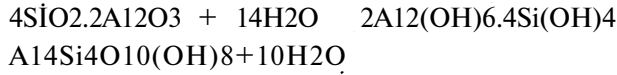
Alüminin gözlenmediği diğer yörelerde ise jarosit ortaya çıkmakta ve çoğunlukla götüte eşlik etmektedir. Bu mineralin oluşumunda biyotit ve/veya demiroksit türü opak minerallerin (manyetit vb.) bozuşması gerekli olmaktadır :



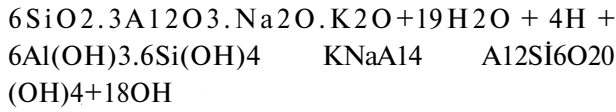
Şeyhhalil ve Canabdal yöresinde ortaya çıkan kaolinitler için, iki oluşum mekanizması ileri sürülebilir. Birincisi feldispatların bozuşmasıdır :



İkincisi ortamlar farklı olmasına rağmen köken malzemenin aynı olması nedeniyle tonşayn-lardakine (Bohor ve Triplehorn, 1993) benzer bir oluşum biçimi ileri sürülebilir. Burada ilk aşama volkanik camın asidik hidrotermal çözeltiler ile ayrışması ve oluşan sulu Al-silikat jeli biçimindeki ara üründen itibaren kaolinitin sentezi olası gözük-mektedir : Volkanik cam +Su Sulu Al-silikat jeli Kaolinit+Su



Bozuşmuş volkanik kayalarda feldispat-ların korunmuş olması, I-S'in feldispattan ziyade kaolinitinkine benzer bir biçimde volkanik camdan itibaren türemiş olduğunu göstermektedir. Bir örnekte dahi olsa, jibsitin $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ bulunması Al-silikat jelinin varlığına işaret edebilir :



Volkanik malzemenin hidrotermal bozuş-ması ile oluşacak kil mineralinin türünü (kaolinit veya I-S) aşağıdaki parametreler denetlemiş gözük-mektedir (Bohor ve Triplehorn, 1993; Gündoğdu et al., 1996) : hidrotermal çözeltilerin pH'ı (asidik ise kaolinit, ortağ ise I-S), hidrotermal çözeltilerin tuzluluğu ve/veya alkalitesi (tuzluluk az ise kaolinit, çok ise I-S), açık ve kapalı sistemde yıkan-ma derecesi (ortam açık ise kaolinit, kapalı ise I-S), silika doygunluğu (çok ise kaolinit, az ise I-S), iyon-ların (H^+ , H_4SiO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_4$ vb.) ve suyun aktivitesi (çok ise kaolinit, az ise I-S), volkanik malzemenin çözünme hızı ve miktarı (çok ise kaolinit, az ise I-S), volkanik malzemenin bileşimi (Fe ve/veya Mg'ca zengin ise I-S, fakir ise kaolinit), alkali katyon oranları (Kaolinit için $\text{Na}/\text{K}=0$, I-S için $\text{K}/\text{Na}=1$).

İç Anadolu'nun kuzeyindeki volkanojenik provenste DKD-BKB boyunca (Yozgat-Sivas-Giresun) kırmızımsı-pembemsi yamacıklı beyaz

renkli hidrotermal oluşumlar, yerel olarak kaolinit veya I-S yataklarını oluşturmakta, arazi görünüm-leri bakımından birbirinden ayırt edilememektedir. Ayrıca, değişik miktarlarda Fe-oksit ve/veya sülfat içermeleri nedeniyle de ekonomik zonların ortaya çıkarılması, yaygın mineralojik ve jeokimyasal çalışmaların yapılmasını zorunlu hale getirmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Aktimur, H.T., Tekirli, M.E. ve Yurdakul, M.E., 1990. Sivas-Erzincan Tersiyer havzasının jeolojisi. MTA Dergisi, 111,25-36.

Bailey, S.W., 1988. X-ray diffraction identification of the polytypes of mica, serpentine, and chlorite. Clays and Clay Minerals, 36, 3, 193-213.

Bohor, B.F. ve Triplehorn, D.M.,1993. Tonsteins: Altered volcanic ash layers in coal bearing sequences. Geological Society of America, Special Paper, 285, 44 pp.

Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. In: Geochemistry of the rare earth elements, Elsevier, Henderson, P. (ed.), pp. 63-114.

Çelik, M., Karakaya, N. and Temel, A., 1999. Clay minerals in hydrothermally altered volcanic rocks, Eastern Pontides, Turkey. Clays and Clay Minerals, 47,708-717.

Çerikcioğlu, B. ve Yalçın, H., 1998. Yıldızeli-Akdağmadeni arasındaki (Yavu çevresi) Eosen yaşlı volkanojenik kayalarla ilişkili kil minerallerinin mineralojisi ve jeokimyası. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 15, 87-100.

Flanagan, F. J., 1976. Descriptions and analyses of eight new USGS rock standarts, In Twenty-eight papers present analytical data on new and previously described whole rock standarts: USGS Prof. Paper, (ed. by F.J.Flanagan), 840, 171-172.

SİVAS BATISINDAKİ (YILDIZELİ-AKDAĞMADENİ) HİDROTERMAL KAOLİN ve I-S OLUŞUMLARI

Fuji, N., Kayabah, İ. and Saka, A.H., 1995. Data book of ceramic raw materials of selected areas in Turkey. MTA Monography Series No. 1, 144 p.

Gençoğlu, H., Bayhan, H. ve Yalçın, H., 1989. Bilecik-Söğüt yöresi kaolin yataklarının mineralojisi ve kökeni. IV. Ulusal Kil Sempozyumu, C.Ü. Sivas, 20-23 Eylül, Bildiriler Kitabı (Eds. D.Boztaş ve H.Yalçın), 97-112.

Govindaraju, K., 1989. 1989 compilation of working values and sample description for 272 geostandarts. Geostandarts Newsletter, 13, 1-113.

Gökten, E., 1983. Şarkışla (Sivas) güney-güneydoğusunun stratigrafisi ve jeolojik evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 26, 167- 176.

Gökten, 1993. Yıldızeli (Sivas) güneyinde Akdağ metamorfitleleri ve örtü kayalarının stratigrafisi ve tektoniği. Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 83-93.

Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. and Korotev, R.L.,1984. The "North American shale composite" : Its compilation, major and trace element characteristics. Geochimica et Cosmochimica Acta, 48, 2469-2482.

Gündoğdu, M.N., Yalçın, H., Temel, A. and Clauer, N., 1996. Geological, mineralogical and geochemical characteristics of zeolite deposits associated with borates in the Bigadiç, Emet and Kırka Neogene lacustrine basins, Western Turkey. Mineralium Deposita, 31, 492-513.

Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A. and Wildeman, T.R.,1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In : Origin and Distribution of the Elements, L.H.Ahrens (ed.). Pergamon Press, p.889-912.

Karakaya, N. ve Karakaya, M.Ç., 2001. Şaplıca (Şebinkarahisar, Giresun) volkanitlerinin hidrotermal alterasyon türlerinin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 44, 75-89.

Keller, W.D., 1976. Scan electron micrographs of kaolins collected from diverse environments of origin-I. Clays and Clay Minerals, 24, 107-113.

Keller, W.D., 1978. Classification of kaolins exemplified by their textures in scan electron micrographs, Clays and Clay Minerals, 26, 1-20.

Kurtman, R., 1973. Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı. MTA Dergisi, 80, 1-32.

Moore D.M. and Reynolds R.C., 1997. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford Univ. Press, Oxford, 378 p.

Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M. ve Tekeli, O., 1980. Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi. MTA Derleme Raporu, No.6722, Ankara (yayımlanmamış).

Streckeisen, A., 1978. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. Recommendations and Suggestions. Neues Jahrbuch für Mineralogie. Stuttgart. Abhandlungen, 31, 1-14.

Tatar, Y., 1977. Ofiyolitli Çamlıbel (Yıldızeli) bölgesinin stratigrafisi ve petrografisi. MTA Dergisi, 88, 56-72.

Tütüncü, K. ve Aktimur, H.T., 1988. 1:100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Divriği-F25 paftası, MTA Yayını, Ankara.

Weaver, C.E. and Pollard, L.D., 1973, The Chemistry of Clay Minerals. Developments in Sedimentology 15, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, 213 pp.

Yalçın, H., 1991. Hidrotermal kaolinitlerin morfolojisi ve kimyası : Eskişehir ve Malatya yörelerinden örnekler. V. Ulusal Kil Sempozyumu, Anadolu

Üniversitesi, Eskişehir, 16-20 Eylül, Bildiriler Kitabı (Ed. M.Zor), 74-86.

Yalçın, H., 1997. Eosen yaşlı denizaltı volkanizması ile ilişkili İç Kuzey Anadolu zeolit oluşumları. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 14,43-56.

Yalçın, H. ve Bozkaya, Ö., 2001. Sivas havzası (güney kesimi) talk oluşumlarının mineralojisi ve kökeni. 10. Ulusal Kil Sempozyumu, Selçuk Üniversitesi, Konya, 19-23 Eylül, Bildiriler Kitabı, 314-326.

Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2002. Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası : denizsuyukayaç etkileşimine bir örnek. C.Ü.Müh. Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 19, 81-98.

Yalçın, H., Karayığit, A.İ., Cicioğlu, E. ve Gümüşer, G., 1997. Eosen yaşlı Sorgun kömür havzasının kil mineralojisi ve tümkayaç jeokimyası arasındaki ilişkiler. VIII. Ulusal Kil Sempozyumu, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 24-27 Eylül, Bildiriler Kitabı (Ed.I.Işık), 15-24.

Yeniyol, M., 1983, Trakya ve Kuzeybatı Anadolu kil yataklarının mineralojisi ve endüstriyel değerlendirmeleri. TÜBİTAK, Proje No. TBAG-498, 103 s.

Yılmaz, A., 1981a. Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitli karışığın iç yapısı ve yerleşme yaşı. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 31-38.

Yılmaz, A., 1981b. Tokat ile Sivas arasındaki bölgede bazı volkanitlerin petrokimyasal özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 51-58.

Yılmaz, A., 1983. Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (ÇeltEKdağı) dolaylarının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu. MTA Dergisi, 99-100, 1-18.

Yılmaz, A., Uysal, Ş., Bedi, Y., Yusufoglu, H.,

Havzoğlu, T, Ağan, A., Göç, D. ve Aydın, N., 1995. Akdağ Masifi ve dolayının jeolojisi. MTA Dergisi, 117, 125-138.

Yılmaz, A., Uysal, Ş., Bedi, Y., Eşref, A., Yusufoglu, H., Havzoğlu, T. ve Aydın, N., 1997. 1:100 000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No.46 Sivas-F22 Paftası. MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi, Ankara, 14 s.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma C.Ü. Araştırma Fonu Başkanlığı'nın desteği kapsamında hazırlanmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları süresince desteğini esirgemeyen Arş.Gör.Zeynel BAŞIBÜYÜK'e, arazi çalışmalarındaki lojistik yardımları için Veysel ATEŞ ve Yrd.Doç.Dr.Ömer Lütfi SÜL'e, laboratuvar çalışmalarımıdaki yardımları için Kimya Yüksek Mühendisi Fatma YALÇIN, Kimyager Dr.Ümit ŞENGÜL ve teknisyen Ufuk KUŞ'a teşekkürü bir borç biliriz.

EXTENDED SUMMARY

Interesting results were obtained from lithologic, mineralogic-petrographic and geochemical investigations, which carried out on Eocene volcanic-volcanosedimentary units and their hydrothermal alteration products in Sivas western. Lavas in the study area were represented by basaltic andesite, basaltic trachy-andesite, trachyte and dacite with intermediate and calc-alkaline composition that are occurred with fractional crystallization from magmas in which crustal contamination is dominant. Volcanism in the region was developed during the collision of Anatolide-Pentide plates or following period according to geochemical data.

Post-magmatic hydrothermal solutions related to fault zones with ENE-WSW direction that caused the important extensive alterations. The fault systems affected in the Eocene that are erupted the volcanic products that seem to be reactivated in late Miocene and become possible the circulation of the

hydrothermal fluids. Thus, neoformation minerals were taken place as products of chemical interaction between hydrothermal solutions and volcanogenic components.

Kaolinite and/or I-S were completely developed in the white-yellow altered volcanic rocks in the Şeyhhalil, Kiremitli and Kavak (Yıldızeli) regions. Jarosite, gypsum, goethite, pyrite, marcasite and gibbsite were detected in the altered volcanic rocks bearing I-S. Among the cations coming out alteration of volcanic rocks with intermediate composition, Mg are used for occurrences of dolomite, palygorskite, Fe for goethite, pyrite, marcasite and siderite; Ca for calcite, dolomite and gibbsite; and Al for clay and goyazite. The remains of silica produced the tridymite, and finally sulphur carried with hydrothermal system contributes to the compositions of jarosite, gypsum and barite.

The presence of both alunite and goyazite on contrary to absence of K-feldspar only in the Canabdal area possibly indicate a genetic relationship between these minerals. Jarosite usually associated with goethite appears in the other areas where found no alunite. The formation of jarosite requires the alteration of biotite and/or opaque minerals (magnetite, etc). The two mechanisms could be asserted for the formation of kaolinite in the Şeyhhalil and Canabdal areas: The first is the alteration of feldspar and the other is kaolinization of the volcanic glass as similar to occurrences of tonstein although the environments are different from each other. It is possibly suggested that the first stage is the hydrolysis of volcanic glass by hydrothermal fluids and then kaolinite is synthesized from intermediate product as Al-silicate gel. In the altered volcanic rocks, I-S can be considered to derive from volcanic glass rather than feldspar because of the preservation of feldspar.

The kind of clay minerals such as kaolinite or I-S which are formed by the alteration of volcanic material seem to be controlled by various parameters such as pH, salinity and/or alkalinity of

hydrothermal solutions, leaching degree in the open and closed system, silica saturation, activation of water and ions, and alkali cation ratios. The composition and dissolution rate and amount of volcanic material are also important. In the volcanogenic province at the northern part of the Central Anatolia, white hydrothermal occurrences with reddish to pink-like patches contain locally kaolinite or I-S that they are similar to one another from the point of view of field. In addition to this, they can be operated with difficulty due to bearing Fe-oxide and/or sulphate, therefore the recognition of the economic zones by mineralogic and geochemical studies are necessary.

Makale Geliş Tarihi : 10 Ekim 2002

Kabul Tarihi : 26 Mayıs 2003

Received : October 10, 2002

Accepted : May 26, 2003

