

## TEKKE VOLKANİTLERİNDE HİDROTERMAL ALTERASYON ÜRÜNÜ KİL MİNERALLEŞMELERİ ( ÇUBUK, ANKARA KD)

Asuman BESBELLİ\* ve Baki VAROL\*\*

ÖZ.-Ankara'nın kuzey doğusunda andezit, andezitik tuf, traki-andezitlerle temsil olunan Neojen volkanikleri yer yer hidrotermal alterasyon ürünü kil mineralleşmesi içerirler. Fay ve çatlaklar boyunca çıkan hidrotermal sıvıların volkanik kayalar altere ettiği alanlarda gelişen alterasyon zonlarında, kil mineralleri yanında silislemeler ve demir oksit ve sülfürler izlenir. Alterasyon sonucunda, taze kayaktan başlamak üzere, az killi, çok killi ve silisleşme şeklinde farklı zonlar gelişmiştir. Bu kapsamda taze volkanik kayaç, az altere volkanik, çok altere volkanik kayaç ve silisleşmiş kayaçlar şeklinde çeşitli petrografik tipler ayrılmıştır. Ayrıca Gıcık civarındaki örneklerde altın saptanmıştır. Neojen volkaniklerinin hidrotermal alterasyonu sonucu meydana gelen kil mineralleri kaolinit, montmorillonit ve illit silis mineralleri, kuvars ve kristobalit, demirli bileşikler ise, pirit, çok az kalkopirit, hematit, lepidokrokit ve götit olarak belirlenmiştir. Kaolenleşmeler genellikle Gıcık köyü ve İlgaz tepe civarında, smektitleşmeler Kurtsvirisi köyü civarında, illitleşmeler ise, her iki bölgede de izlenmiştir. Bunların zonlanması ise içten dışa doğru kaolinit, montmorillonit ve illit şeklinde gelişmiştir. Kaolenler, faya en yakın olan iç zonda oluşurken montmorillonit ve illit daha dış zonda oluşmuştur. Yapılan sıvı kapanım çalışmaları ile kuvarsin homojenleşme sıcaklığı 170-140° C arasında bulunmuştur. Bu veri volkanik kayalar içerisindeki alterasyona bağlı kil mineralleşmelerinin epitermal koşullar altında gerçekleştiğini göstermektedir. Ancak ortamda altın olması, ana etken meteorik suların yanında magmadan gelen hidrotermal solüsyonların da alterasyonda etkili olduğunu düşündürmektedir.

### GİRİŞ

inceleme alanı, Ankara'nın 30 km kuzey-doğusunda Ankara ve Çankırı il sınırları içerisinde olup, bu alan içerisinde yüzeylenen alterasyon zonları, 1/25 000 ölçekli Çankırı H29c<sub>3</sub>, H30a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> paftalarında yer alır (Şek.1). Bu zonlar, Gıcık ve Kurtsvirisi köyleri civarında ise bir yoğunlaşma gösterir (Şek.2).

Türkiye genelinde çeşitli bölgelerde yer alan volkanik birimlerde gözlenen hidrotermal alterasyonlardaki kil mineralleşmeleri ve bunların oluşum koşullarını konu eden çalışmaların haşlıcaları Suludere (1976), Sayın (1984), Gevrek ve diğerleri (1986) tarafından gerçekleştirilmiştir, inceleme alanı civarında, genellikle bölgesel jeoloji ve jeokimyaya yönelik yapılan araştırmalar ise Stefanski (1941), Büyükönal (1971), Akyürek ve diğerleri (1982), Tankut (1985), Tankut ve diğerleri (1991) olarak gerçekleştirilmiştir.

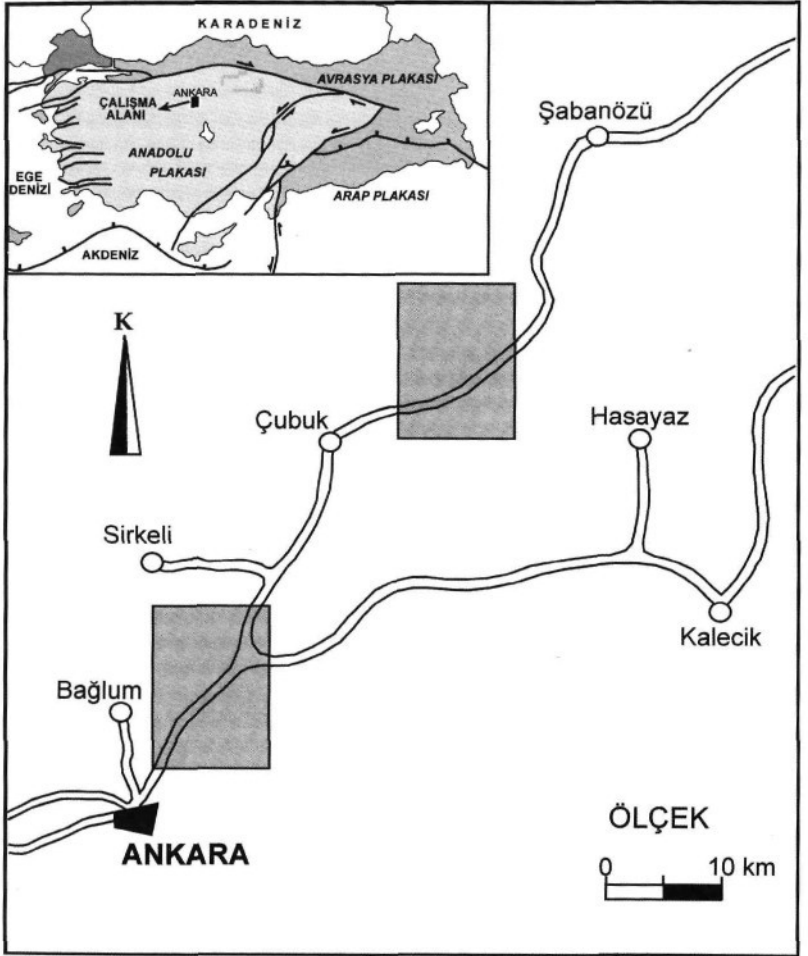
Bu çalışmanın amacı, inceleme bölgesinde geniş bir alana yayılan Neojen volkanikleri üzerindeki hidrotermal alterasyona dayalı kil mineralleşmelerinin tanımının yapılması ve farklı tip kil mineralleri ile alterasyon zonlarının ilişkilerinin kurulmasıdır.

### BÖLGESEL JEOLOJİ

Ankara civarı, Oligosen ile Pliyosen arasında Anadolu'da etkin olan Tersiyer volkanizmasının önemli merkezlerinden biridir. Bu volkanizmanın değişik bölgelerdeki yayılımı ve özelliklerine ilişkin ayrıntılı çalışmalar yapılmış; ancak Ankara'da ki etkinliğine ait bilgiler oldukça sınırlı kalmıştır. Ankara volkanikleri ile ilgili ilk gözlemler Leonhard (1902), Chaput (1931) ve Lahn'a (1945) aittir. Erol (1961), Çalgin ve diğerleri (1973), Seyitoğlu ve Büyükönal (1995) çalışmalarında ise Ankara Tersiyer volkaniklerini, stratigrafik iliş-

\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, 06520, Balgat/Ankara

\*\* Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100, Beşevler, Ankara



Şek. 1- Örnekleme alanlarının yer bulduru haritası.

kiler ve radyometrik yaş tayinlerine dayanarak Alt Eosen ve Miyosen yaşlı volkanikler olarak ikiye ayırmıştır.

Volkanizmanın en yaygın ürünü olan andezitik-dasitik lavlar ve aynı tür tuf ve aglomeralar Akyürek ve diğerleri (1988)



tarafından Tekke volkaniti olarak adlandırılmıştır. Ankara ve çevresi andezit püskürmelerinin Eosen'de başlayıp Neojen sonuna kadar devam ettiği çeşitli çalışmalarla desteklenmiştir (Seyitoğlu ve Büyükönal, 1995). inceleme alanında hidrotermal alterasyondan fazlasıyla etkilenmiş olan andezit ve andezitik tüf ağırlıklı volkanikler hakkında kesin bir yaş tayini olmamakla birlikte, çevresel birimlerle olan jeolojik ve stratigrafik ilişkileri de göz önüne alındığında, bunlar, Miyosen-Pliyosen olarak yaşlandırılması uygun olacaktır. Çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesiti şekil 3'de verilmiştir. Örnekleme yerlerinden biri olan Gıcık civarında yaygın olan andezitler alterasyon sonucunda killeşmiş ve silisleşmiştir. Meydana gelen kil mineralleri genelde kaolen, az simektit ve çok az da illittir. Tekke volkanitlerinin Kurtsivrisi civarında izlenen ürünleri de, genel olarak andezit ve andezitik tüflerden oluşmaktadır. Ayrıca dasit ve bazaltlarda bu birim içinde bulunmaktadır. Genelde bu kayaçlar da killeşmiş ve silisleşmiştir. Burada smektit grubu kiler, çok az kaolen ve çok az illit gözlenmiştir. Bu volkanikler, kendi içinde düşey ve yanal yayılmaları; andezit, dasit ve bazalt gibi değişik mineralojik bileşimlerin geçişlerini içermektedir.

#### ALTERASYON ZONLARININ TANIMI

Alterasyonlar, arazideki bitki örtüsünün engel olması nedeniyle, en iyi şekilde açılan yarmalarda izlenmektedir. Bu yarmalar sahanın dört ayrı bölgesindedir. Bu nedenle alterasyon zonları her bir yarma için tek tek tanımlanmıştır.

#### GİCİK YARMASI

Gıcık köyünün kuzeydoğusunda yer alır ve aşağıdaki şekilde dört zona ayrılarak, tanımlanmıştır (Şek.4).

*a-zonu (taze kaya zonu).*- Herhangi bir alterasyon göstermeyen veya çok zayıf kil mineralleşmesine sahip, volkanik taban (yan kayaçtır) kayasıdır. Bunlar, çoğunlukla koyu gri renkli andezitlerle temsil edilir. Alterasyon zonlarına yakın yaklaşık 1 metrelik kısımlarında ufalanmalar, parçalanmalar ve kısmen de, breşleşmeler izlenir.

*b-zonu (az killi zon).*- Bu zon , zayıf alterasyon izleri taşır ve ortalama %15 civarında kil mineralleşmesi gösterir. Volkanik kayaç dokusu bu kil mineralleşmesine rağmen genel hatlarıyla korunabilmiş durumdadır. Gri renkli andezitlerden bu az killi zona olan geçiş keskindir. Burada renk geçişi de gri renkten, sarımsı beyaza doğru değişen bir hat izler. Ortalama 1,5-2,5 m genişliğindeki bu zonun egemen kil mineralleri kaolinit olarak belirlenmiştir.

*c-zonu (çok killi zon).*- Şiddetli alterasyona uğramış zon olup, % 40-50 civarında kil mineralleşmesi ve silisleşme içerir. Bunlarda volkanik kayaç dokusu tümüyle silinmiştir. Ortalama 1-2,5 m genişliğindeki bu zonun az killeşmiş zonlarla renk geçişi, sarımsı beyazdan, sarı renge doğru keskin sınırlıdır. Sertlikleri taze andezit kayasına göre oldukça zayıf olup, dağınık bir karakter sergiler. Egemen kil minerali kaolinit olup, az miktarda illit belirlenmiştir.

*d-zonu (fay zonu).*- Paylanmanın etkisi altındaki zondur. Bu yarma içinde kuzey-güney doğrultusunda düşey atımlı bir ana faya bağlı olarak gelişmiş çok sayıda küçük faylar izlenmiştir. Zon yaklaşık 6-7 metre genişliğinde olup, fazla killeşmiş zondan ana fayla ayrılmıştır. Bu zondaki kayaçların renkleri genellikle demiroksit, demirhidroksit boyamaları nedeniyle sarı-kahverengi tonlarda değişen ve aralarında keskin hatlar oluştur-





Şek. 4- Gıcık yarmasında gözlenen zonlar: a- ana kaya (andezit), b- az kılı zonu, c- çok kılı zonu, d- fay zonu, e- silisli zonu, f- fay

mayan alacalı görünümünü vermektedir. Altere olmayan taze kaya içerisindeki demir mineralleri ise; magnetit, ilmenit ve mafik silikat mineralleri olarak saptanmıştır.

Bu zonda yoğun silisleşme nedeniyle, kayaçlar, oldukça sert olup, yer yer kırılmalar, parçalanmalar ve breşleşmeler gösterirler. Kil mineralleşmesi oranı ise diğer alterasyon zonlarına göre oldukça düşük bir seviyede kalır, kaolinit ve illit ile temsil olunur.

*e-zonu (si/islil zon).*- Silis içeriği % 80'in üzerinde olan, çok az kil içeren ve volkanik kayaç dokusunun kesinlikle tanınmadığı zon olup, yaklaşık 3-4 metrelik bir genişlik oluşturur. Yarmalarda, kırmızı- kahve- beyaz renk özelliği ile tanınır. Oldukça sert yapıda olmasına rağmen, dış yüzeylerinde parçalanma ve kırıklanmalar çok yoğun olarak izlenir. Bileşimindeki silisler kuvars ile temsil olunur. Kil mineralleşmesi ise bir önceki zon gibi oldukça düşük orandadır.

#### İLGAZ TEPE YARMASI

İlgaz Tepe yarması Gıcık köyünün güneydoğusunda, Gıcık yarmasından yaklaşık 500-600 m ilerde İlgaz tepede yer almaktadır. Burada çok düzenli bir dizilim izlenmemekle beraber, 3 zonun ayrılma imkânı bulunmuştur.

*a- zonu (ana kaya zonu).*- En dışta yer alıp, sınırlayıcı bir özellik sergiler. Buradaki andezitler Gıcık ve Kurtsivrisi yarmaları ndakine göre daha taze olup, pembemsi gri renktedirler.

*b-zonu (killeşme zonları).*- Yarmanın orta kısmında yer alan zondur. Gıcık ve Kurtsivrisi yarmalarında gözlenen killi zonlarla renk bakımından farklılık göstermekte olup, genellikle sarı-kahve renklerde ve Gıcık yarmasındaki killeşme zonlarına göre daha yumuşak bir yapı sergilemektedir. Andezitler-

den kesin sınırlarla ayrıldığı bölgelerde 20 metre kalınlığa kadar ulaşan masif kütleler oluşturur. Bazı bölgelerde ise kalınlıkları, andezitlerin içlerine doğru azalan sokulumlar şeklindedir.

*c-zonu (silisleşme zonu).*- Bir önceki killeşme zonunun üzerinde yer alır. Gıcık yarmasındaki silisli zonlarla renk ve petrografik özellikler bakımından benzerlik gösterirler. Bu zon İlgaz tepede yükseltile oluşturulan bir taç şeklinde ve bir hat halinde izlenmektedir. Ayrıca silisleşme zonu, killeşme zonlarından keskin bir sınırla ayrılmıştır.

#### KURTSİVRİSİ YOL YARMALARI

Kurtsivrisi yol yarmaları, Çankırı yolu üzerinde Özbek köyünün kuzeydoğusunda yer almaktadır. Bu yarmada 4 zon ayrılmıştır ve bu zonlar metrelerce devam etmektedir.

*a-zonu (taze kaya zonu).*- Diğer yarmalardaki taze kayaçlar (andezitler) ile aynı özelliktedirler. Ancak çok açık gri rengi ile diğerlerinden daha farklı bir renge sahiptirler.

*b-zonu (az killi zon).*- Diğer yarmalardaki az killi zonlara göre bu zonların renkleri biraz daha açılmış olup beyaz renkler daha hakim durumdadır. Beyaz rengin yanında, açık sarı ve kahverengi hatlar da izlenmektedir. İlgaz tepedeki ve Gıcık yarmasındaki gibi ana kayaya göre, yumuşak-yarı sert durumdadırlar. Ana kaya- az killi zon sınırları keskin değil, birbirlerine geçişli olarak izlenmektedir. Bu zonda bir miktar silisleşme killeşmelere eşlik etmiştir. Diğer yarmalarda izlenen kaolinit yerine montmorillonit ortaya çıkmıştır.

*c-zonu (çok killi zon).*- Diğer yarmalardaki çok altere zonlara göre, bu zonların renkleri biraz daha açık (beyaz-açık sarı-pembemsi beyaz) olarak izlenmektedir. Az killi zonlarla geçişleri keskin sınırlar halinde değildir. Kil mineralleri olarak, montmorillonit ve illit sap-

tanınıştır. Ayrıca diğer yarmalardaki örneklerden farklı olarak silis minerallerinin kristobalite olduğu ortaya konmuştur.

*d-zonu (silisleşme zonu).*- Bu zon Gıcık ve İlgaz tepedeki zonlardan daha farklı bir dağılım göstermektedir. Bunlar genellikle yol boyunca killeşmiş zonların yanında, killeşmiş zonlarla geçişli olarak, yer yer kırmızı-kahve renkli ve dağınık-kırıklı bir yapı sunarken, yer yer de muntazam bantlar halinde ve beyaz renkli olarak izlenir.

### DİŞBUDAK DERE YARMASI

Dişbudak dere yarması, Kurtsvirisi köyünün batısında yer almakta olup çok geniş açılmış bir yarmadır. Derenin sağ ve sol tarafında olmak üzere 25-30 metre kadar devam etmektedir. Gri renklidirler; ancak limonitle boyanmalarından dolayı üst yüzeyleri kahverengini almıştır. Çok kırıklı ve ufalanmış bir yapı göstermektedirler. Bu yarmada bir zonlanma gözlenmemiş olup, aynı birim yarma boyunca devam etmektedir. Burada çok fazla alterasyon izlenmemekle beraber, bir miktar killeşme ve silisleşme gözlenmiştir. Egemen kil minerali montmorillonit olarak belirlenmiştir.

### ALTERASYON ZONLARININ MİNERALojİSİ VE PETROGRAfİSİ

Hidrotermal alterasyon süreci, yan kayanın kimyasal ve mineralojik faz değişimine neden olurken, ortamın fiziksel özelliklerinin değişimine de neden olur. Kayaçların renk, sertlik, gözeneklilik, geçirimsizlik vb. özellikleri alterasyona değişime uğrar. Böylelikle, alterasyon zonlarını temsil etmesi açısından örnek alımlarında, renkleri değişmiş, sertlikleri azalarak dağılgan hale gelmiş ve sertlikleri artarak silisleşmiş olan bölgelere yönelmiştir. Bunun yanında, ana kaya hakkında

bilgi toplamak için taze ve sağlam olan andezitik kayaçlar tercih edilmiştir. Çalışma alanında yukarıdaki kriterlerle alınan ve tanımlanan örneklerde, aşağıdaki petrografik ve mineralojik tipler ayrımlanmıştır.

### Taze volkanik kayaçlar

Arazide taze kayaç olarak genellikle andezitler, daha az olarak andezitik tüf ve traki-andezitler gözlenmiştir. Andezitler porfirik dokuludurlar. Fenokristalleri; zonlu yapı gösteren plâjiyoklaz (oligoklaz-andezin), mafik mineraller ve çok az miktardaki kuvarslardan oluşmaktadır. Hamur mikrokristalen dokuda olup, plâjiyoklaz mikrolitleri, amfibol ve biyotit granülleri içermektedir. Ayrıca hamurda killeşme, çok az da karbonatlaşma gözlenmektedir. Andezitik tüfler; volkanik kayaç parçaları (killeşmiş volkanik kayaç parçaları, andezit) yer yer opaklaşmış mafik mineral kalıntılar, az miktarda kuvars mineralleri ve opak mineraller ile kısmen killeşmiş camsı hamurdan oluşmaktadır. Ayrıca hamurda demiroksitle boyanmalar gözlenmiştir. Kurtsvirisi köyü civarında rastlanan traki-andezitler, trakitlerle andezitler arasında geçiş kayacıdır. Bunlar trakitik dokudadırlar. Plâjiyoklaz mikrolitleri ile çok az miktardaki plâjiyoklaz (andezin) fenokristallerinden oluşmaktadır. Ayrıca az miktarda mika mineralleri (muskovit) ve opak mineral içermektedir. Hamurda az miktarda killeşmeler ve demiroksitle boyanmalar gözlenmiştir.

### Az altere volkanik kayaçlar

Bu kayaçlar hidrotermal alterasyondan kısmen etkilenmişlerdir. Burada taze kayaca oranla killeşmeler artmıştır. Petrografik incelemelerde kayacın ilksel dokusu korunmuş olup, plâjiyoklaz fenokristal izleri (oligoklaz, andezin) ve mafik mineral izleri saptanmıştır. Plâjiyoklaz mineralleri killeşmiş ve karbonatlaşmış, mafik mineraller ise killeşmiş ve opaklaşmıştır.

### Çok altere volkanik kayaçlar

Diğer altere olmuş birimlerle geçişli olan çok killi kayaçlarda, hidrotermal alterasyonun etkileri daha fazla olarak hissedilmektedir. Burada artan killeşmelerin yanında silisleşmeler de izlenmiştir. Kayaçların petrografik incelemelerinde, ilksel olan porfirik doku korunmamıştır. Ancak fenokristal izlerine rastlanmıştır. Muhtemelen feldspat olan fenokristaller tamamen killeşmiş ve silisleşmiştir. Böylelikle kristalin yalnızca dış şekli korunmuştur. Mafik mineral izleri tamamen opaklaşmıştır. Ayrıca hamurda yoğun killeşme ve silisleşmeler gözlenmiştir.

### Silisleşmiş volkanik kayaçlar

Bu kayaçlar hidrotermal alterasyon sonucu açığa çıkan oldukça fazla miktardaki silis tarafından ornatılmışlardır. Hidrotermal kaolen yataklarında sıkça görülen bu durum Sayın (1984) tarafından da benzer bir şekilde gözlenmiştir. Silika gossan (silis şapka) olarak isimlendirilen bu silisli yapılar, serbest hale gelen erimiş haldeki silikanın fay ve diğer tektonik yapılar boyunca doğal olarak yukarılara doğru çıkması ve buralarda tekrar rekristalize olarak çökelmeleri sonucu oluşmuşlardır.

### ALTERASYON ZONLARININ MİNERALOJİSİ

Bu bölümde hidrotermal alterasyon ürünleri olan killeşme, silisleşme ve opak mineraller açıklanacaktır.

#### Killeşmeler

Hidrosilikat bileşiminde olan çeşitli kil mineralleri kayaç alterasyonunun başlangıç, ilerleme ve sonuç safhalarında oluşmaktadır. Kayaç bileşenlerinde meydana gelen mineralojik değişimle ifade edilen kayaç alterasyonunda su önemli rol oynamaktadır.

Çalışma sahasında gözlenen killeşmeler; kaolenleşme, smektitleşme ve illitleşmedir. Kil mineralleri içten dışa doğru (kaolinit, montmorillonit ve illit) zonlanmıştır. Yani fayın yakınındaki bölgelerde kaolinit oluşurken,

daha uzakta montmorillonit ve illit oluşmuştur. Ancak illitler ayrı bir zon oluşturacak kadar fazla olmadıkları için montmorillonit ve kaolenlerle birlikte kristallenmiştir. Ayrıca sıvı kapanımdan elde edilen verilere dayanılarak kaolinitlerin yaklaşık 240°C civarında, montmorillonit ve illitin ise 170°C-140°C arasında oluştuğunu söyleyebiliriz.

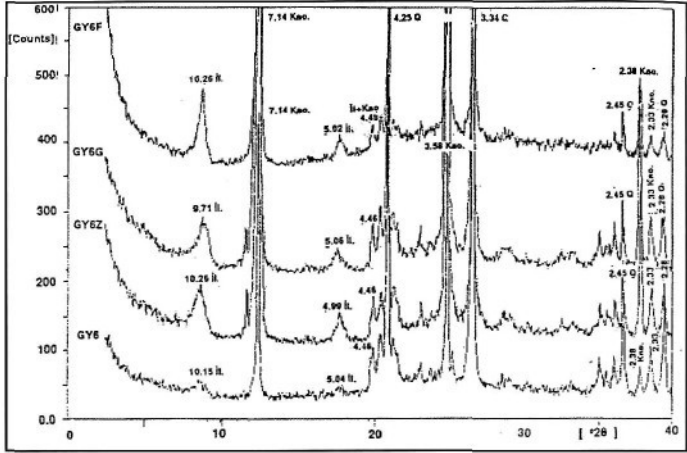
Yapılan analizlerde killi zonlarda kaolen ve montmorillonitler içerisinde kuvarslar saptanmıştır. Iwao (1962), Keller ve Hanson (1968) bu durumu, benzer çalışmada silislerin çoğunlukla çözeltiye geçmesi, ancak ortamın sıcaklığının ve duraylılığının değişmesi sonucunda kaolen veya montmorillonit içerisinde tekrar kristalleşmesiyle açıklamaktadır.

Kaolenler, özellikle Gıcık civarındaki ve İlgaz tepedeki örneklerde yaygın olarak izlenmiştir. X-Ray çekimlerinde kaolinitin tipik yansıma değerleri 7,12-7,17Å\* (001), 3,56-3,57Å\* (002) elde edilmiştir. Etilen glikollü ve fırınlanarak yapılan çekimlerde ise 7,12-7,17Å\* olan yansıma değerlerinin değişmeden kaldığı gözlenmektedir (Şek.5).

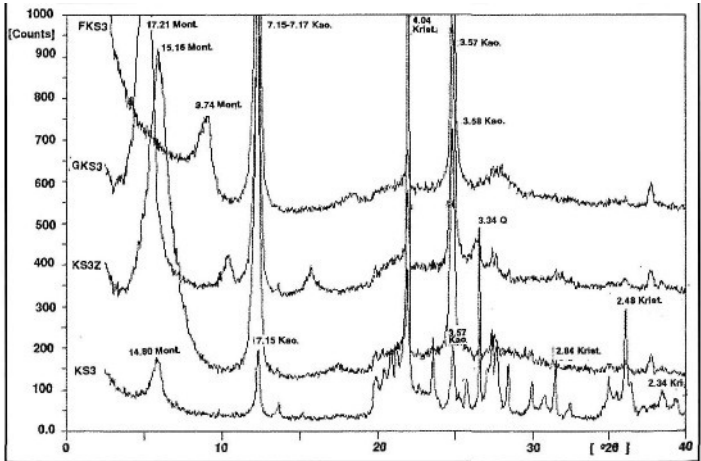
Örnekler içindeki kaolinit mineralinin yaklaşık oranı Gündoğdu'ya (1982) göre hesaplanmış ve ortalama % 40-50 civarında bulunmuştur.

Montmorillonitler, Kurtsvirisi civarındaki örneklerde yaygındır. Gıcık köyü civarında genellikle ana kayada (andezit) ve az altere zonlardaki örneklerde az miktarda (yaklaşık %5-10) gözlenmiştir.

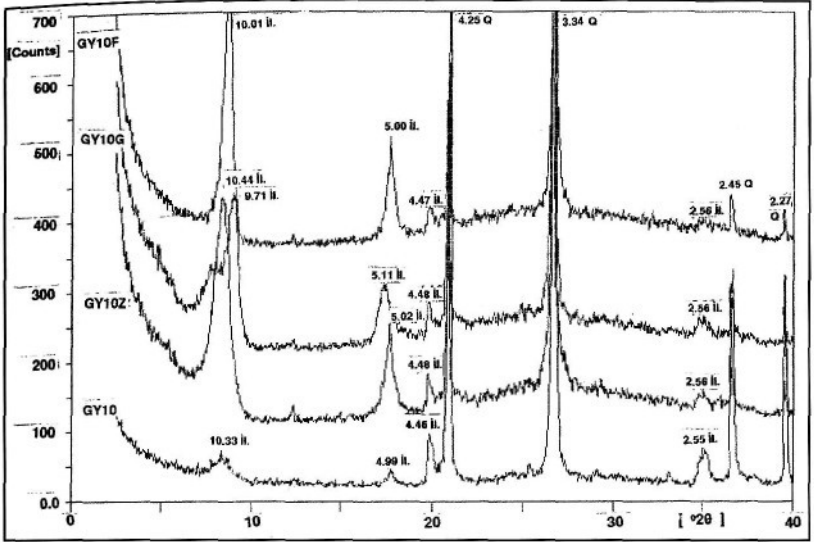
Örneklerin x-ray çekimlerinde 14,8-15,8Å\*(001) olan yansıma değerleri elde edilerek Ca tipi montmorillonit olduğu ortaya konmuştur. 060 ve 330 refleksiyonlarına göre 1,48-1,49 değerleri elde edilmiş ve dioktahedral karakterli olduğu saptanmıştır. Montmorillonitin etilen glikollü çekimlerinde 15 Å\*(001) olan pik değeri 17-18Å\*(001)'e yükselmış, fırınlandığında ise aynı değer 9-10 Å\*(001)'a inmiştir ( Şek.6).



Şek.5- Gicik yarmasındaki çok killi zonlardan alınan kaolence zengin örneğin, ham olarak zenginleştirilerek, etilen glikollü ve fırınlanarak yapılan X-ray çekimleri sonucunda elde edilen karşılaştırmalı diyagramları.  
GY6: tüm kayca, GY6Z: zenginleştirilerek yapılan çekim, GY6G: etilen glikollü çekim, GY6F: fırınlanarak yapılan çekim, Kao: Kaolen, Q: Kuvars, il: Illit



Şek.6- Kurtsivrisi yarmasındaki çok killi zonlardan alınan simektitçe zengin örneğin, ham olarak zenginleştirilerek, etilen glikollü ve fırınlanarak yapılan X-ray çekimleri sonucunda elde edilen karşılaştırmalı diyagramları.  
KS3: normal çekim, KS3Z: zenginleştirilerek yapılan çekim, GKS3: etilen glikollü çekim, FKS3: fırınlanarak yapılan çekim, Mont: Montmorillonit, Kao: Kaolen, Krist: Kristabollit, Q: Kuvars.



Şek.7- Gıcık yarmasındaki çok killi zonlardan alınan illitçe zengin örneğin, ham olarak zenginleştirilerek, etilen glikollü ve fırınlanarak yapılan X-ray çekimleri sonucunda elde edilen karşılaştırmalı diyagramları.

GY10: normal çekim, GY10Z: zenginleştirilerek yapılan çekim, GY10G: etilenglikollü çekim, GY10F: fırınlanarak yapılan çekim, il: illit, Q: Kuvars.

Illitler, çalışma alanında, hem Kurtsivrisi hem de Gıcık köyü civarındaki örneklerde az miktarlarda, yaklaşık %4-5 arasında bulunmaktadır .

Örneklerde  $10\text{-}12\text{Å}^0$  (001) ve  $1,48\text{-}1,49\text{Å}^0$  (030) yansıma değerleri elde edilmiştir. Örneklerin etilen glikollü ve fırınlanarak yapılan çekimlerinde  $10\text{Å}^0$  (001)'luk pik değerleri değişmeden kalmıştır (Şek.7).

#### Silisleşmeler

Gıcık civarındaki örnekler içerisinde fazla miktarda silis mineralleri (alfa kuvars) izlenmektedir. Örneklerin polarizan mikroskopta incelenmeleri sonucunda, bunların yer yer çatlak ve boşluk dolgusu halinde, yer yer de

saçılmış taneler halinde olduğu gözlenmektedir. Arazide fay zonları boyunca silislerin konsantrasyonu izlenmektedir. Burada yaklaşık silis oranları % 80-90, fay zonları haricinde ise örnekler içerisinde % 30-50 dir. Kurtsivrisi civarından toplanan örneklerde de az miktarda alfa kuvars (yaklaşık % 3-10), daha fazla miktarda düşük kristobalit (yaklaşık % 60-70) izlenmiştir. Örneklerin X-ray çekimlerinde kuvarsin  $3,34\text{Å}^0$  (101) ve  $4,25\text{Å}^0$  (100) ile kristobalitin  $4,05\text{Å}^0$  (101) olan karakteristik pik değerleri elde edilmiştir. Örneklerde silisin kil mineralleri içerisinde çökerek tüm kayacıkta yüksek bir oran oluşturabildiğini gerek ince kesit, gerek X-ray çekimlerinde görmek mümkündür.

## Opak mineraller

Hidrotermal sıvıların etkisiyle bölgedeki örneklerde, demir mineralleşmeleri gözlenmektedir. Özellikle Gıcık yarmasından alınan örneklerde demiroksitle boyanmalar yaygındır. Bunlar sarı-kahve renkli olarak görülürler. Ayrıca, örneklerin parlak kesitlerinde yapılan petrografik incelemelerinde, demirli bileşikler olan pirit, çok az kalkopirit, hematit, lepidokrokrit, götüt saptanmıştır. Bazı örneklerde demirli mineraller yaygın olarak gözlenirken, bazılarında oldukça azdır. Örneklerin bir kısmında bulunan limonitler (lepidokrokrit+götüt), çatlaklarda yoğunlaşma göstermektedir.

## ELEKTRON MİKROSKOBİSİ

Alterasyon zonlarındaki kil minerallerinin oluşum şekillerinin ve özelliklerinin belirlenmesi için elektron mikroskopisinde SEM çalışmaları yapılmıştır. Örnekler içerisinde, kaolinit mineralleri tipik olan hegzagonal şekilleri ve kitap sayfaları gibi üst üste dizilim gösteren yapıları ile ayrılmıştır (Levh.1,şek.1). Bu sayfalar genellikle düzensiz olarak büyümüşlerdir. Kaolinitler genellikle, feldspat minerallerinin bozunması sonucu oluşmuşlardır. Özellikle az altere zonlarda feldspatların şekli korunmuş, ancak üst yüzeyleri kaolinit mineralleri ile kaplanmıştır (Levha I, şek.2). Ayrıca, bu alanlarda yer yer kaolinitler ile birlikte montmorillonitler de izlenmiştir (Levha I, şek.3). Bu örneklerde, montmorillonitin tipik olan meşe yaprağı, kornfleks yapıları izlenmektedir (Levha II, şek.1). Bütün taneler kıvrımlı, ince tabakalar halindedir ve düzenli bir dağılım göstermektedir. Bunlar, feldspat minerallerinin (özellikle kalsik plajiyoklazlar) bozunması sonucunda oluşmuşlardır. Feldspatların alterasyonunda ilk oluşan mineralin montmorillonit olduğu, Levha II, şek.2 de belirgin olarak gözlenmektedir.

## CEVHER MİKROSKOBİSİ

Örneklerin genelinde opak mineral azdır. Yoğun opak mineral bulunduran örneklerden yapılan çalışmalarda; az miktarda hematit, lepidokrokrit, götüt, pirit, kalkopirit, molibdenit, titan grubu mineraller (anataz, rutil, lökokslen) ve muhtemelen altın olduğu sanılan mineraller saptanmıştır.

Lepidokrokrit ve götüt; örneklerin büyük çoğunluğunda çatlaklarda, daha az olarak da taneler halinde izlenmektedir. Genellikle yaygın boyamalar halinde gözlenmişlerdir. Daha çok silisleşmiş zonlarda saptanmıştır.

Hematit; Kripto-mikro taneli olarak ve muhtemelen de kayacın içerdiği mafik minerallerin (amfibol, biyotit vs.) demiroksitlerinin açığa çıkması sonucunda oluşmuşlardır. Çok az miktarda iri taneli hematitlere de rastlanmıştır. Çoğunlukla taze olan ana kayada gözlenmiştir.

Pirit ve kalkopirit; genellikle kripto (3-5 mikron) taneler halinde saçılmış olarak bulunurlar.

Molibdenit; genellikle az miktarlarda çatlak dolgusu halinde ve az altere kayaçlarda gözlenmiştir.

Titan grubu mineraller (anataz, rutil, lökokslen); genellikle ana kayada öz şekilli olarak izlenmiştir.

Altın; özellikle silisleşmiş örneklerde çok küçük taneler halinde (10-20 mikron) altın olduğu sanılan minerallere rastlanmıştır. Çok küçük taneler halinde oldukları için bunların altın olduğunu kanıtlayacak mikroprop analizi yapılamamıştır. Bu minerallere silisleşmiş zonlarda rastlanmıştır

## SIVI KAPANIMLAR

Sıvı kapanım çalışmaları cevher oluşumuna neden olan hidrotermal eriyiklerin, ısı gradyanları ve tuzluluk dağılımları ile ilgili ve-

rileri sağlar. Bu nedenle burada sıvı kapanım çalışmalarına gerek duyulmuş ve kuvarslardaki kapanımlardan mineralin oluşum sıcaklığı bulunmaya çalışılmıştır.

Silisli zonlardan alınan örneklerde, ikincil kuvars kristallerinin yeterince saydam ve iri kristalli olmaması nedeniyle çok az sıvı kapanıma rastlanılmış ve ancak 11 adet ölçüm yapılabilmektedir. Bu ölçüm bize yaklaşık olan homojenleşme sıcaklığını verebilmektedir. Kapanımlar iki fazlıdır (sıvı+gaz) ve çok küçük olması nedeniyle tuzluluk ölçümleri yapılamamıştır.

Yapılan ölçümlerin sonuçlarına göre, örnek 240°C civarında oluşmaya başlamış, 170-140°C arasında oluşum evresini tamamlamıştır, buna göre örneğin homojenleşme sıcaklığı 170-140°C arasındadır.

#### KAYAÇ KİMYASI

Kimyasal çalışmalar, 4 petrografik tip üzerinde (taze kayaç, az altere kayaç, çok altere kayaç ve silisleşmiş kayaç) yapılmıştır, altere kayaçlardan elde edilen majör oksitler, taze kayacın kimyasal kompozisyonu ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan analizlerde taze kayaçlardan altere kayaçlara doğru bir değişim izlenmiştir. Bu örneklerin majör oksit yüzdeleri çizelge 1'de verilmiştir. Bu çizelge üzerinde de görüldüğü gibi, SiO<sub>2</sub> oranı, %66-67 gibi yük-

sek bir değerdedir. Altere zonlarda bu oran giderek artmış, silisli zonlarda ise maksimum değere ulaşmıştır. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı, killeşme nedeniyle altere kayaçlarda daha yüksektir. Silisleşmiş zonlarda ise killeşmenin az olması nedeniyle azalmıştır. CaO ve Na<sub>2</sub>O taze kayaya göre azalma eğilimindedir. Bunlar muhtemelen alterasyon esnasında ortamdan yıkanarak uzaklaşmışlardır. K<sub>2</sub>O oranları, taze kayaçlara göre, altere kayaçlarda artma eğilimindedirler. Bu olay ortamda potasyumca zenginleşme olduğunu göstermektedir.

iz element analizlerinde taze kayaçta 92 ppb, silisleşmiş kayaçta ise 370 ppb oranlarında altın belirlenmiştir.

Ayrıca çalışma bölgesindeki kayaçların kalkalkalen-subalkali özellikli oldukları AFM ve toplam alkali-silis diyagramlarında ortaya çıkmaktadır (Şek.8,9).

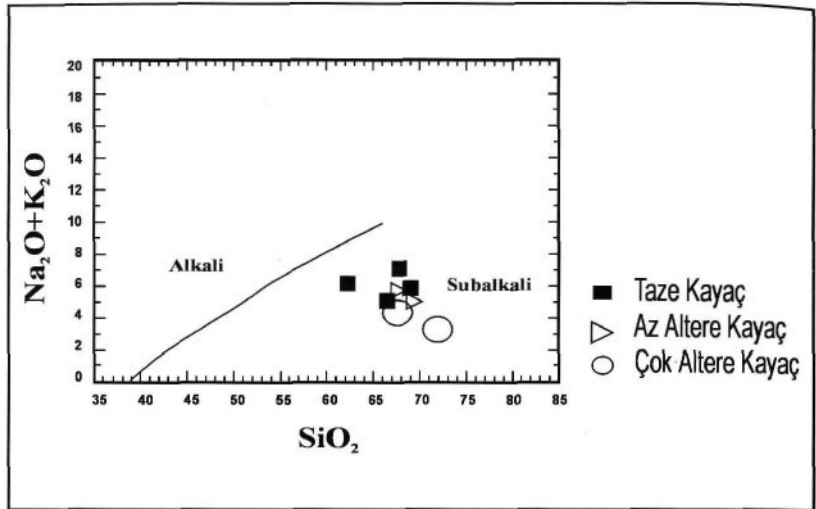
#### TARTIŞMAVE SONUÇLAR

İncelenen bölgede Tekke volkanitlerindeki (andezitler) alterasyon zonları, hem saha gözlemlerine hem de mineralojik-petrografik özelliklerine göre ayrılmış ve bunların jeokimyasal karakterleri ortaya çıkarılmıştır.

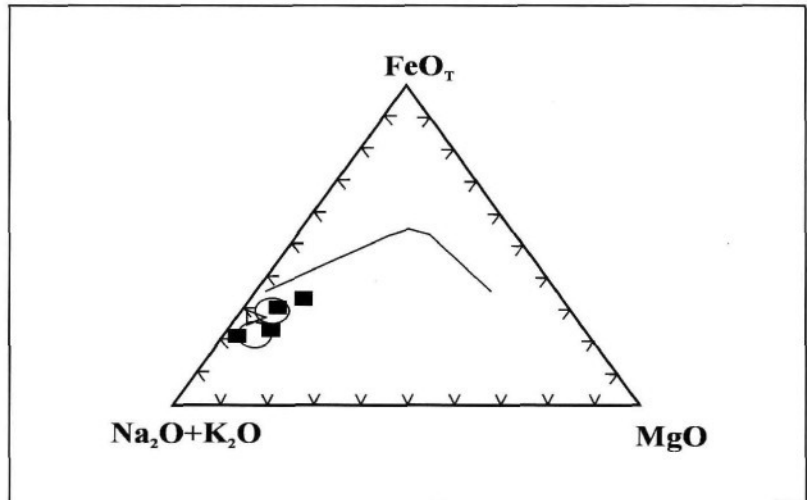
Fay ve çatlak zonlarından çıkan termal suların ana kayayı alterasyona uğratması sonucu feldispat mineralleri ve volkanik camın bozunmasıyla kil mineralleri meydana gelmiştir. Ayrıca silikat minerallerinin hidrolizi

**Çizelge 1- Çalışma sahasında yan kayaç ve killi zonlardan alınan örneklerin kimyasal analiz sonucu elde edilmiş majör oksit yüzdeleri.**

Örnek No	Petrografik Tipler	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% FeO	% CaO	% MgO	% TiO <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% Na <sub>2</sub> O	% K <sub>2</sub> O	Ateş Kaybı	% Toplam
GT1	Taze Kaya	65.55	16.80	4.10	0.30	4.50	1.00	0.85	0.10	3.40	1.70	1.30	100.60
KS1	Taze Kaya	69.03	15.91	2.47	0.07	3.28	0.80	0.42	0.15	4.00	1.90	1.91	99.94
KS4	Taze Kaya	67.80	16.80	2.40	0.45	3.70	0.25	0.60	0.15	4.50	2.60	1.05	100.30
GY3	Az Altere	69.45	16.75	3.20	0.10	0.30	0.30	0.70	0.10	1.50	3.60	3.90	99.90
KS2	Az Altere	67.85	16.44	3.02	0.07	3.26	0.80	0.34	0.44	3.90	1.90	2.03	100.05
KS3	Çok Altere	72.05	17.45	1.30	0.3	0.45	0.3	0.45	0.10	1.00	2.30	4.45	100.25
GY4	Çok Altere	67.70	19.05	2.70	0.05	0.35	0.45	0.70	0.05	1.10	3.30	4.45	99.90
GY12	Silisli Kaya	95.40	2.01	0.79	0.23	0.03	0.02	0.05	0.15	0.01	0.07	0.9	99.66
GY13	Silisli Kaya	70.50	15.55	4.40	0.05	0.25	0.25	0.85	0.10	0.1	2.40	5.55	100



Şek. 8- Örneklerin AFM diagramı üzerindeki konumları (Irvine ve Baragar, 1971)



Şek. 9- Örneklerin toplam alkali silis diagramındaki konumları (Irvine ve Baragar, 1971).

esnasında açığa çıkan silisin, artan sıcaklıkla solüsyon içerisindeki konsantrasyonu artmış ve sıcaklığın düşmesiyle fay zonları boyunca veya yeryüzüne çıkarak kil oluşumlarını tabii silisli zonları oluşturmuştur. Ayrıca termal suların Eh ve pH'ına bağlı olarak da demiroksit ve sülfürler oluşmuştur. Kil mineralleşmeleri, silisleşmeler ve sülfürlü, oksitli demir bileşikleri olarak ortaya çıkan bu alterasyon ürünleri farklı alterasyon zonlarının belirlenmesinde yardımcı olmuştur. Bu zonlar; taze kaya zonu, az killi zon, çok killi zon ve silisleşme zonu olarak ayrılmıştır. Bu zonlarda taze volkanik kayalar, az altere volkanik kayalar, çok altere volkanik kayalar ve silisleşmiş volkanik kayalar gibi petrografik tipler ayrılmıştır. Taze kaya zonunda yaygın olarak andezitler izlenmektedir.

Az killi zonlardaki kayalar, %10-15 kil mineralleşmesi içeren ilksel dokunun bulunduğu kayalarda. Çok killi zonlar, %40-50 kil mineralleşmesi içeren ve ilksel dokunun korunmadığı zonlardır. Killeşmenin yanında az miktarda silisleşmelerde izlenmiştir. Silika gossan (silis şapka) olarak isimlendirilen bu zonlar %65-95 miktarlarında  $\text{SiO}_2$  içermektedir.

Keller ve Hanson (1968) silisli zonlarda ki benzer silisleşmelerin kaynağını ana kaya olarak açıklamıştır. Buna göre başlangıçta sıcak meteorik suların yükselmesiyle silisyum konsantrasyonunun arttığını ve sıcaklığın düşmesiyle de çözünen silisin, fay zonu boyunca çökeliş silis zonunu oluşturduğunu açıklamış, sistemin birden fazla kez kendini yenilediğini ortaya koymuştur. Benzer oluşum söz konusu çalışmada da izlenmiş olup, silisli zonlarda gözlenen yeni damar ve breşleşmeler de kanıt olarak ortaya çıkmıştır.

Bu zonlarda izlenen kil mineralleşmeleri; kaolenleşmeler (kaolinit), smektitleşmeler

(montmorillonit) ve illitleşmeler olarak belirlenmiştir. Kaolenleşmeler genellikle Gıcık köyü ve İlgaz tepe civarında, smektitleşmeler Kurtsvirisi köyü civarında, illitleşmeler ise her iki bölgede az miktarda izlenmiştir. Kaolenitler, genellikle faya en yakın olan ve asit ortam özelliği gösteren, yıkanma ve su sirkülasyonunun fazla olduğu iç zonda oluşmuştur. Montmorillonitler, kaolenlere göre daha dış zonda alkaliiler ve kalkalkali iyonlarca zengin olan, nötr veya bazik karakter kazanan orta zonda meydana gelirken, illitler az miktarda olmaları nedeniyle kaolinit ve montmorillonitlerde birlikte kristallenmişler ve ayrı bir zon oluşturmamışlardır. Kaolinitler yaklaşık 240°C civarında oluşurken, smektit ve illitler 170-140°C arasında oluşmuşlardır. Ayrıca kil mineralleri genellikle saf olmayıp, silis mineralleri içermektedir. Bu da genellikle eriyik haldeki silis minerallerinin tamamen çözüldüğü uzaklaşmayıp ortamda kalmasından kaynaklanmaktadır. Bunun sonucu diseminasyon silis minerali içeren kaolenler oluşmaktadır. Ayrıca sıvı kapanım çalışmaları ile elde edilen 270-140°C sıcaklık değerleri, bölgenin epitermal düzeyde bir alterasyona uğradığını göstermektedir. Benzer epitermal yataklar 150-300°C arasında oluşmaktadır (Roedder 1984). Bu tür epitermal yatakların oluşumu için gerekli olan ısı miktarları, örneklerimizde sıvı kapanım ölçümleri elde edilmiş ve bölgenin epitermal düzeyde alterasyona uğradığı sonucuna varılmıştır. Ancak meteorik suların alterasyonda ana etken olması düşünülmekle beraber, ortamda altın olması, meteorik sulara ek olarak magmadan gelen hidrotermal solüsyonların da killeşme de önemli bir etken olduğunu ortaya koymaktadır.

Yapılan çalışmada örneklerdeki majör ve iz elementlerin ana kaya ile alterasyon zonlarına göre dağılımları incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Bölgedeki andezitler,  $SiO_2$  bakımından zengin olan kayalarda. Bu değerler silisleşmenin artması nedeniyle, altere zonlarda yükselmiş, silisleşmiş zonlarda ise en yüksek değerine ulaşmıştır.

$Al_2O_3$  oranları, taze kayalarda ortalama değerlere göre daha düşüktür. Killeşmenin olduğu altere zonlarda, diğer majör elementlerin ortamdaki uzaklaşması ve alüminyumca zenginleşmesi nedeniyle, altere zonlarda artış göstermiştir. Silisleşmiş zonlarda ise killeşme oranlarının azalması nedeniyle  $Al_2O_3$  azalmıştır.  $CaO$  ve  $Na_2O$  genellikle ana kayada düşük olarak bulunmuştur ve altere zonlarda yıkanarak uzaklaşmaları nedeniyle daha da azaldıkları izlenmiştir.  $K_2O$  taze kayalarda, ortalama değerlere göre çok az bir miktar yüksek çıkmış ve altere zonlarda artma eğiliminde oldukları görülmüştür. Burada potasyum feldispatlardan açığa çıkan potasyumun iyon bağı güçlü olduğu için ortamdaki uzaklaşması zordur.

Silisleşmiş zonlarda altın 4 kat yüksek çıkmıştır. Bu nedenle özellikle silisli zonlar altın araştırmacılığı açısından hedef seviye olma özelliği sergilemektedir.

Bölgedeki kil mineralleri ekonomik bakımdan incelenecek olursa, genellikle saf olmamaları ve yüksek silis içermeleri nedeniyle ekonomik önemlerinin olmadığı açığa çıkarılmıştır.

*Yayına verildiği tarih. 9 Mayıs 2002*

## DEĞİNİLEN BELGELER

Akyürek.B.; Bilginer, E.; Akbaş. B.; Hepşen, N.; Pehlivan, Ş.; Sunu, O.; Soysal, Y.; Dağ, Z.; Çatal, E.; Sözeri. B.; Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y.; 1982, Ankara-Elmadağ. Kalecik dolayının jeolojisi: MTA. Rap. 7298, (yayınlanmamış) Ankara.

\_\_\_\_\_; Akbaş, B.; Dağ, Z.; 1988, Çankırı-E16 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü 1:100 000 ölçekli açınama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi.

Büyükönal, G., 1971, Microscopical study of the volcanic rocks around, Ankara, Communications Serie C: Sciences naturelles, Tome, 15c.

Chaput, E.,1931, Ankara mıntıkasının 1:35 000 mikyasında jeoloji haritasına dair izahat, ist. Darülf. Geol. Ens., 7. istanbul.

Çalgin, R.; Ercan, T.; Pehlivanoğlu, H. ve Şengün, M., 1973, Ankara çevresi jeolojisi MTA. Rap. 6487 (yayınlanmamış).

Erol, O.,1961, Ankara bölgesinin tektonik gelişmesi, Türkiye Jeol. Kur. Bül., 72, 57-58.

Gevrek, A.I.; Şener, M. ve Ercan. T. 1986, Çanakkale-Tuzla jeotermal alanının hidrotermal alterasyon etüdü ve volkanik kayaların petrolojisi. MTA Dergisi, 103, 55-81..

Gündoğdu, N.;1982, Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi, Doktora tezi (H.Ü).

Irvine, T.N ve Baragar, W.R.A., 1971, A guide to Chemical Classification of the common volcanic rocks: Can. J. Earth Sci., 8, 523-548.

Iwao. S., 1962, Japan J. Geol. Geograph, 33,131. Silica and Alunite Deposits of the Uğuru Mine: A Geochemical Consideration on an Extinct Geothermal Area in japan..

Keller, W. C ve Hanson, R. S., 1968, Hydrothermal alteration of a rhyolite flow breccia near San Luis Potasi, Mexico to refractory kaolin: Clays and Clay Minerals 16, 223-229.

Lahn, E.,1945, Anadoluda Neojen ve dördüncü zaman volkanizması: Coğrafya Dergisi. 3, 7-8.

Leopard, R.,1902. Geologische Skizze der galatischen andesit gebietes nörlich von Angoras, E. Schweizertsche Verlagshandlung Stuttgart (E.O.Neagle).

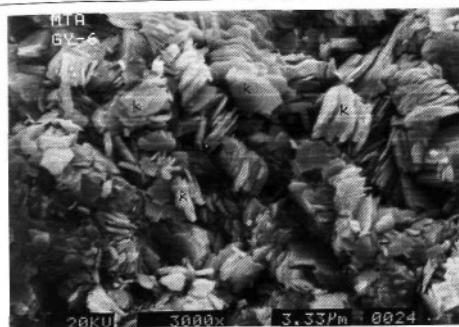
Röedder. E., 1984, Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, Book Crafters, Inc. Chelsea, Michigan. V. 12. p. 644.

- Sayın, A.S., 1984, The Geology, Mineralogy, Geochemistry and Origin of the Yeniçağa Kaolinli Deposits and other Similar Deposits in Western Turkey, doktora tezi, MTA. Ankara.p.1-335.
- Seyitoğlu.G., ve Büyükonal, G.,1995, Geochemistry of Ankara volcanics and the implications of their K-Ar dates on the Cenozocic stratigraphy of central Turkey. Tr. J. Earth Sciences. 4, 87-92.
- Stefanski, M., 1941, Ankara, Çankırı ve Gerede arasındaki mıntika hakkında rapor No.1312, Ankara.
- Suludere, Y..1976, Meşeli-Aşağıemirler-Dedeler (Çubuk-Ankara) bölgesi jeolojisi, MTA Rap. 6030, (yayınlanmamış) Ankara.
- Tankut, A., 1985, Ankara dolaylarındaki Neojen yaşlı volkaniklerin jeokimyası, Türkiye. Jeol. Kur. Bült.,28. 55-66.
- \_\_\_\_\_, Akıman, O.; Türkmenođlu, A. ve Güleç, N., 1991, Kuzeybatı iç Anadolunun volkanikleri: Araştırma Proje Rapor No, AFP 89-03-09-03, ODTÜ, Ankara (yayınlanmamış).

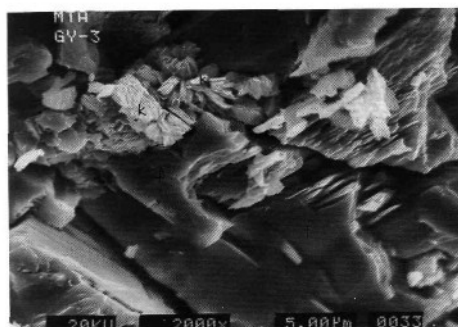
## **LEVHALAR**

## LEVHA-I

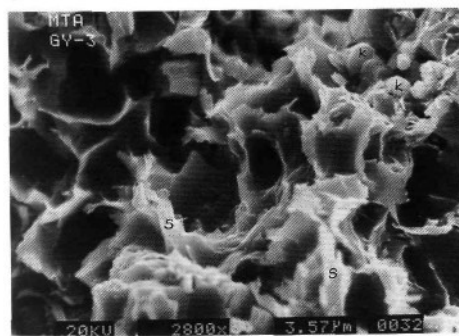
- Şek.1- Gıcık yarmasında bulunan çok altere zonlardaki hegzagonal şekilli kaolinli mineralleri.  
K: Kaolinit.
- Şek.2- Gıcık yarmasında bulunan az altere zonlardaki feldspat minerallerinin kaolen minerallerine dönüşümü, f: Feldspat, k: Kaolinit.
- Şek.3- Gıcık yarmasında bulunan az altere zonlardaki bal peteği tek türlü smektit ve kaolenit oluşumları,  
s: smektit,  
k: Kaolinit.



Şek. 1



Şek. 2

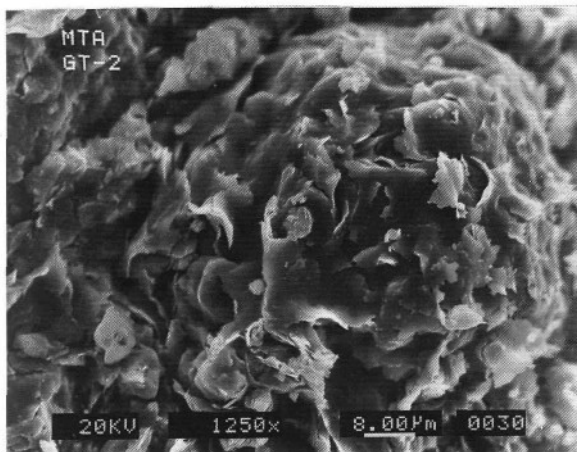


Şek. 3

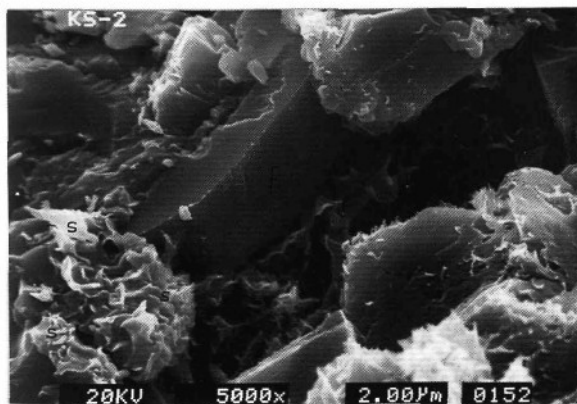
## LEVHA-II

Şek.1- Gıcık yaromasında bulunan az altere zonlardaki smektitin tipik olan meşe yaprağı yapıları,  
s: Simektit.

Şek.2- Kurtsivrisi yarmalarında bulunan az altere zonlardaki feldispat minerallerinin simektite dönüşümü,  
f: Feldispat,  
s: Simektit.



Şek. 1



Şek. 1