

Pasinler (Erzurum) Kuzeyindeki Volkanik Kayaçların Mineral Kimyası ve Jeokimyası

Mineral Chemistry and Geochemistry of Volcanic Rocks in The North of Pasinler (Erzurum)

Oktay KILIÇ, Hüseyin KURT, Kürşad ASAN * ve Gürsel KANSUN

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 42075, Konya

Geliş Tarihi/Received : 13.01.2009, Kabul Tarihi/Accepted : 24.03.2009

ÖZET

Pasinler (Erzurum) kuzeyinde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik kayaçlar yüzeylenmektedir. Bu volkanitler bazaltik andezit, andezit, dasit, riyolit türü lav ve riyolitik piroklastiklerden oluşmaktadır. Kayaçlarda porfirik, mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik, vitrofirik, glomeroporfirik, pilotaksitik ve hyalopilitik dokular gözlenmektedir. Kayaçlar plajiyoklas (An_{29-80}), olivin (Fo_{65-82}), klinopiroksen (ojit), ortopiroksen (enstatit), amfibol ($Mg\#$: 0.57-0.71), biyotit (filogopit: 0.44-0.47, annit: 0.33-0.37), sanidin, kuvars ve opak mineral (titanomanyetit ve ilmenit) içermektedir. Kayaçlar kalkalkali karakterli olup, orta-yüksek potasyum içeriğine sahiptirler. Ana oksit ve iz element değişimleri kayaçların gelişimindeki açık sistem mağmatik diferensiyasyona işaret etmektedir. Jeokimyasal veriler kayaçlardaki fenokristal fazların fraksiyonlaşmasının diferansiyasyon sürecinde etkili olduğunu göstermektedir. Fakat buna asimilasyon±mağma karışımının da eşlik etmiş olabileceği düşünülmektedir. Kayaçların yüksek büyük iyon yarıçaplı element (K, Rb, Ba, Th) ve göreceli olarak düşük yüksek alan enerjili element (Nb, Ta, Hf, Zr) içerikleri kayaçların yitim izleri taşıyan bir ana mağmadan oluştuklarına işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler : *Pasinler, Mineral kimyası, Jeokimya, Kalkalkali volkanitler.*

ABSTRACT

In the north of Pasinler (Erzurum), Upper Miocene-Pliocene volcanic rocks crop out. These volcanites are composed of basaltic andesite, andesite, dacite, rhyolite lavas and rhyolitic pyroclastics. The rocks show porphyritic, microlitic porphyritic, hyalo-microlitic porphyritic, vitrophyric, glomeroporphyritic, pilotaxitic and hyalopilitic textures. The investigated volcanites contain plagioclase (An_{29-80}), olivine (Fo_{65-82}), clinopyroxene (augite), orthopyroxene (enstatite), amphibole ($Mg\#$: 0.57-0.71), biotite (phlogopite: 0.44-0.47, annite: 0.33-0.37), sanidine, quartz and opaque mineral (titano-magnetite and ilmenite). The volcanic rocks are calc-alkaline in character and have medium to high-K contents. Major oxide and trace element variations point out open-system magmatic differentiation in the evolution of rocks. Geochemical data indicate an important role of fractionation of phenocryst phases in the rocks during differentiation process. However, it is considered that assimilation±magma mixing might have accompanied to the process. High LILE (K, Rb, Ba, Th) and relatively low HFSE (Nb, Ta, Hf, Zr) contents of the rocks indicate that these rocks derived from parental magmas carrying subduction signature.

Keywords : *Pasinler, Mineral chemistry, Geochemistry, Calc-alkaline volcanites.*

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail adress: kasan@selcuk.edu.tr (K. Asan)

1. GİRİŞ

Çalışma alanı Doğu Anadolu Bölgesinde Erzurum-Kars Platosu içinde yer almaktadır. Bölge, kıtasal bir çarpışma zonu içinde çarpışmayla kökensel ilişkili gelişmiş volkanizmanın dünyada en iyi görüldüğü alandır. Bölgenin kuzeydoğusunda yer alan Erzurum-Kars Platosu, çarpışma kökenli volkanik aktivitenin 11 ile 2.5 My. Arasındaki tüm kaydını son derece iyi mostralar şeklinde içermesi nedeniyle özel bir öneme sahiptir. Bölgenin jeolojisi bu güne kadar pek çok araştırmacının ilgisini çekmiş, özellikle tektonik ve volkanizma ile ilgili bölgeyi kapsayan pek çok araştırma gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar yöredeki volkanizmanın Arap ve Anadolu levhaları arasında gelişen çarpışmanın bir sonucu olarak ortaya çıktığını göstermiştir (Keskin, 1998; Keskin v.d.,1998 ve bunlardaki referanslar).

Bu çalışmada Pasinler yakın kuzeyinde yüzeyleyen volkanik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek, yapılan önceki çalışmalara katkı sağlamak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

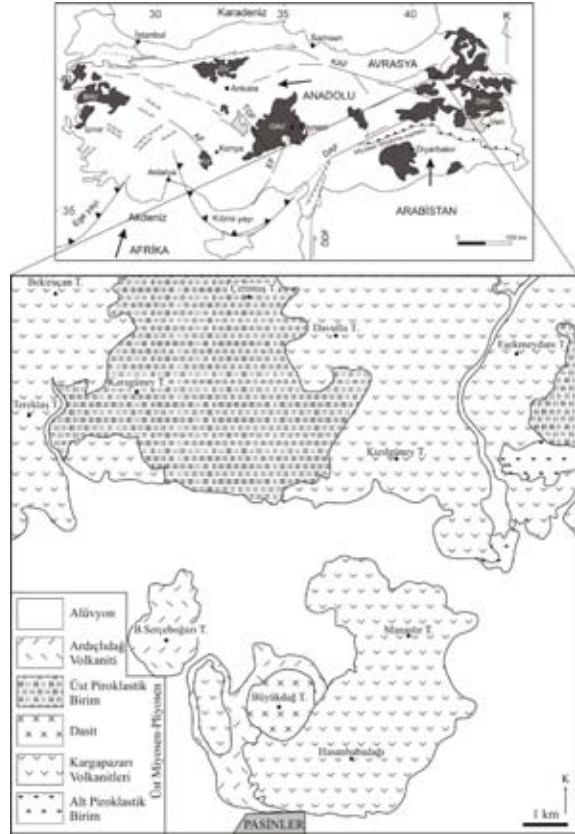
Volkanik kayalarda yer alan minerallerin mikroprob analizleri JEOL 8900 elektron prob cihazıyla McGill Üniversitesinde (Kanada) yapılmıştır. Analiz sırasında kullanılan ışın şartları 15 kV (olivin için 20 kV) ve 20nA olup sayma hızı her bir element için 20 sn'dir. 20 adet volkanik kayacın örneğinin ana oksit ve iz element içerikleri ICP-ES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kaynaklı Emisyon Spektrofotometresi) ile, nadir toprak element içerikleri ICP/MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kaynaklı Kütle Spektrometresi) ile ACME Laboratuvarında (Kanada) analiz edilmiştir.

3. GENEL JEOLJİ VE VOLKANO-STRATİGRAFİ

Çalışma alanının jeolojisi ve volkano-stratigrafisi Keskin (1998) ve Keskin v.d. (1998) tarafından detaylı olarak verilmiştir. Bu çalışmalara Kılıç'ın (2006) bulguları da ilave edilerek bölüm aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Çalışma alanının temelini Liyas, Malm ve Kretase yaşlı Pontid kuşağına ait kayalar ile Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından tanımlanan Üst Kretase yaşlı Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı oluşturmaktadır. Fakat bu birimler inceleme alanında

yüzeylemezler. Çalışma alanında istif piroklastik kayalarla başlar (Alt Piroklastik Birim). Birim piroklastik döküntü (fall) ve akma (flow) çökelleri içermektedir. Döküntü çökelleri ince tabakalı tüf ve pomza düzeyleri ile aglomeratik seviyelerden oluşmaktadır. Akma çökelleri olarak siyah renkli ignimbrit içerirler. Bazen ignimbritler oksidasyon nedeniyle kırmızı-pembe olarak da gözlenirler. Alt Piroklastik Birim dasitik dom ve Kargapazarı volkanitlerinin lavları tarafından üzerlenir. Kargapazarı volkanitlerine ait bir örnek üzerinde, Keskin (1998) ve Keskin v.d. (1998) tarafından gerçekleştirilen K/Ar radyometrik yaşlandırma yöntemiyle 5.73 ± 0.22 My yaşı elde edilmiştir. Kargapazarı volkanitleri riyolitik bileşimdeki piroklastik bir istifle örtülmektedir (Üst Piroklastik Birim). Çalışma alanındaki volkanik istif riyolitik bileşime sahip Ardıçlıdağ volkaniti ile son bulmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye'deki Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanitlerin (siyah taralı alanlar) yayılımı (Temel v.d., 1998 değiştirilerek) ve çalışma alanının jeolojik haritası (Kılıç, 2006 değiştirilerek).

4. PETROGRAFİ VE MİNERAL KİMYASI

4. 1. Kargapazarı Volkanitleri

Birim bazaltik andezit ve andezit bileşimindeki lavlardan oluşmaktadır. Her iki kayacın türü de hemen hemen aynı tür mineralojik ve dokusal özellikler sunar.

Tablo 1. İncelenen volkanitlerdeki piroksenlerin seçilmiş mikroprob analiz sonuçları.

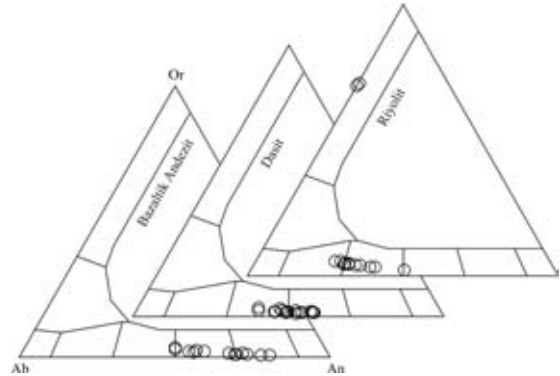
| Örnek | Kargapazarı volkanitleri | | | | | | | Dasit | | |
|--------------------------------|--------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | OK2-1 | OK2-1 | OK2-2 | OK2-2 | OK23 | OK2-4 | OK2-6 | OK10-1 | OK10-2 | OK10-3 |
| | Merkez | Kenar | Kenar | Merkez | Merkez | Kenar | Merkez | Merkez | Merkez | Merkez |
| SiO ₂ | 52.52 | 51.07 | 49.69 | 53.19 | 53.51 | 51.23 | 50.63 | 54.38 | 53.87 | 53.09 |
| TiO ₂ | 0.50 | 0.75 | 1.25 | 0.40 | 0.32 | 0.67 | 1.01 | 0.09 | 0.13 | 0.18 |
| Al ₂ O ₃ | 1.95 | 3.10 | 3.66 | 1.28 | 0.89 | 3.30 | 2.78 | 0.67 | 1.47 | 2.58 |
| FeO | 6.78 | 6.53 | 10.26 | 12.98 | 18.87 | 5.84 | 10.45 | 17.04 | 16.29 | 16.35 |
| MnO | 0.21 | 0.17 | 0.37 | 0.58 | 0.93 | 0.14 | 0.48 | 0.44 | 0.38 | 0.36 |
| MgO | 17.83 | 16.27 | 14.85 | 20.62 | 24.21 | 16.53 | 15.60 | 25.88 | 26.09 | 25.60 |
| CaO | 19.56 | 21.15 | 19.29 | 10.44 | 1.44 | 21.33 | 18.26 | 1.22 | 1.14 | 1.10 |
| Na ₂ O | 0.25 | 0.36 | 0.46 | 0.19 | 0.03 | 0.33 | 0.47 | 0.02 | 0.01 | 0.03 |
| K ₂ O | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.01 |
| P ₂ O ₅ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.10 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.06 |
| Toplam | 99.69 | 99.62 | 99.83 | 99.71 | 100.21 | 99.73 | 99.71 | 99.78 | 99.45 | 99.36 |
| 6 oksijene göre formül | | | | | | | | | | |
| Si | 1.93 | 1.89 | 1.86 | 1.96 | 1.97 | 1.89 | 1.90 | 1.98 | 1.96 | 1.94 |
| Ti | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Al | 0.07 | 0.11 | 0.14 | 0.04 | 0.03 | 0.11 | 0.10 | 0.02 | 0.04 | 0.06 |
| Fe ⁺² | 0.15 | 0.12 | 0.21 | 0.38 | 0.56 | 0.10 | 0.23 | 0.51 | 0.49 | 0.49 |
| Mn | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Mg | 0.98 | 0.90 | 0.83 | 1.13 | 1.33 | 0.91 | 0.87 | 1.41 | 1.42 | 1.39 |
| Ca | 0.77 | 0.84 | 0.78 | 0.41 | 0.06 | 0.84 | 0.73 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| Na | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| K | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cr | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Toplam | 4.02 | 4.03 | 4.03 | 4.01 | 4.01 | 4.02 | 4.03 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| Mg [#] | 0.87 | 0.88 | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.90 | 0.79 | 0.73 | 0.74 | 0.74 |
| Wo | 38.93 | 42.63 | 39.36 | 20.86 | 2.84 | 43.04 | 37.05 | 2.39 | 2.25 | 2.21 |
| En | 49.37 | 45.62 | 42.16 | 57.32 | 66.56 | 46.40 | 44.03 | 70.75 | 71.94 | 71.50 |
| Fs | 10.81 | 10.46 | 16.79 | 21.12 | 30.50 | 9.36 | 17.20 | 26.80 | 25.78 | 26.16 |

(Mg[#]) : Mg/(Mg+ Fe⁺²); Fe⁺² toplam demir olarak verilmiştir.

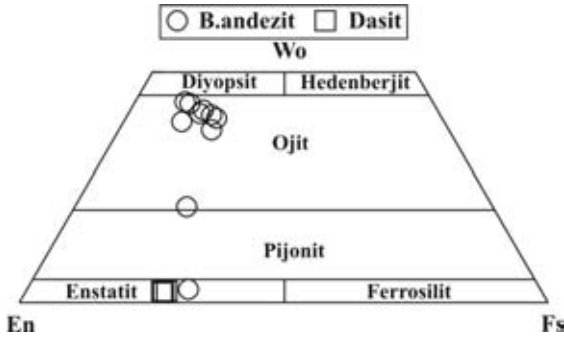
Kayaçlar plajiyoklas, olivin ve orto/klinopiroksen fenokristalleri içermekte olup mikrolitik porfirik doku sergilemektedir. Kayaçların hamurunda plajiyoklas mikrolitleri ile piroksen ve opak mikrokristalleri gözlenmektedir. Genel olarak hamurdaki plajiyoklas mikrolitlerinde bir yönelim görülmez (pilotaksitik doku). Bazı örneklerde plajiyoklas ve piroksenler bir araya gelerek glomeroporfirik doku oluşturmaktadırlar. Olivin fenokristallerinde iddingsitleşme görülebilmektedir.

Bazaltik andezitlerde gerçekleştirilen mikroprob çalışmaları plajiyoklasların bileşiminin andezin-labradordan (An₅₀) bitovnite (An₈₀) kadar değiştiği görülmektedir. Nadiren de olsa andezin (An₄₈) türü plajiyoklas görülebilmektedir (Şekil 2). Merkez ve kenar kısım bileşimleri incelendiğinde aynı kayaç örneğinde normal ve ters zonlu plajiyoklas fenokristallerinin beraber bulunduğu dikkati çekmektedir. Olivinlerin Mg[#] (Mg/(Mg+Fe)) değerleri 0.66-0.82 arasında değişmektedir. Olivinler genel olarak homojen bileşi-

me sahip olup, önemli bileşimsel değişiklik sunmazlar. Bazaltik andezitlerde yer alan piroksenler çoğunlukla ojit (Wo₂₀₋₄₃En₄₂₋₅₇Fs₉₋₂₁) türü klinopiroksen olup, nadiren ortopiroksen bileşimlidirler (Şekil 3, Tablo 1). Tek analiz noktasıyla temsil edilen ortopiroksen enstatit (Wo₃En₆₇Fs₃₀) bileşimine sahiptir. Opak mineraller titanomanyetit ve ilmenittir (Şekil 6).



Şekil 2. İncelenen volkanitlerdeki feldispatların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflaması.

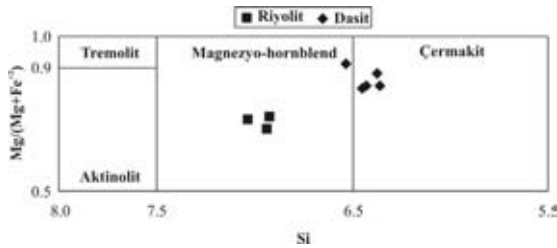


Şekil 3. İncelenen volkanitlerdeki piroksenlerin sınıflama diyagramı (Morimoto v.d., 1988).

4. 2. Dasit

Birim plajiyoklas, amfibol ve çok az ortopiroksen fenokristalleri içermekte olup, hyalo-mikrolitik porfirik doku gösterir. Hyalopilitik dokunun gözlendiği hamurda volkanik cam, plajiyoklas mikrolitleri ve çok az opak mikrokristalleri bulunmaktadır. Plajiyoklas fenokristallerinde elek dokusu ve amfibol fenokristallerinde opasitleşmeler yaygındır. Bazı amfiboller bu reaksiyon sonucu psödomorf kristallere dönüşmüştür.

Dasitlerde bulunan plajiyoklasların bileşimi andezinden (An_{39}) labradora (An_{58}) kadar değişmektedir (Şekil 2). Plajiyoklas fenokristallerinde normal ve ters zonlanmalar gözlenebilmektedir. Kayaçta yer alan amfibollerin tümü kalsik amfibol grubundan olup, çermakit, nadiren magnezyo-hornblend ($Mg^{\#}:0.66-0.71$) bileşimine sahiptir (Şekil 4, Tablo 2). Homojen bileşim sunan ortopiroksenler ($Wo_2En_{71}Fs_{27}$) enstatitdir (Şekil 3, Tablo 1). Mikrokristaller olarak hamurda gözlenen opak mineraller titanomanyetit bileşimine sahiptir (Şekil 6).



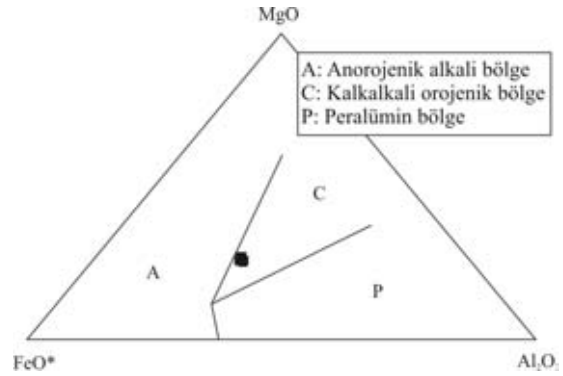
Şekil 4. İncelenen volkanitlerdeki amfibollerin sınıflama diyagramı (Leake v.d., 2004; Yavuz, 2007).

4. 3. Ardıçlıdağ Volkaniti (Riyolit Üyesi)

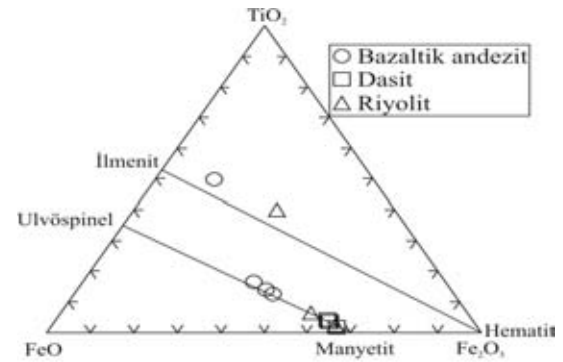
Birim plajiyoklas, amfibol, biyotit, kuvars ve daha az sanidin fenokristalleri içermektedir. Bu fenokristaller camsı bir hamur içinde dağılarak vitrofirik doku oluşturmaktadır. Bu fenokristallere ilaveten kayaçta opak mikrofeno-kristalleri de gözlenmektedir. Kayaçta bazı mineraller yer yer kümelenerek glomeroporfirik doku oluşturmak-

tadır.

Riyolitlerdeki feldispatlar plajiyoklas ve sanidin ile temsil edilmektedir (Şekil 2). Plajiyoklaslar oligoklastan (An_{29}) andezine (An_{49}) kadar değişen bileşime sahiptir. Amfiboller kalsik gruptan olup, magnezyo-hornblend bileşimine sahiptir (Şekil 4, Tablo 2). Riyolitlerde bulunan amfibollerin $Mg^{\#}$ değerleri 0.57-0.60 arasında değişmektedir. Bu değer dasitlerde yer alan amfibollere göre daha düşüktür. Biyotitler filogopit (% 44-47), siderofillit (% 16-23) ve annit (% 33-37) bileşimindedir. Biyotitlerin kimyası içinde bulunduğu kayacın jeokimyasal eğilimini yansıtabilmektedir. Riyolitlerde yer alan biyotitlerin kimyası "kalkalkalin orojenik bölgelerdeki biyotit" kimyasına oldukça uygundur (Şekil 5, Tablo 3). Opak mineraller titanomanyetit ve ilmenittir (Şekil 6).



Şekil 5. Riyolitlerdeki biyotitlerin jeokimyasal eğilimini gösteren üçgen diyagram (Abdel, 1994; Yavuz ve Öztaş, 1997).



Şekil 6. İncelenen kayaçlardaki opak minerallerin bileşimini gösteren üçgen diyagram (Bacon ve Hirschmann, 1988).

5. JEOKİMYA

Çalışma alanında yüzeyleyen farklı volkanik ürünlerden seçilen 20 adet örneğin ana oksit, iz element ve nadir toprak element (NTE) içeriklerinin belirlenmesi amacıyla kimyasal analizi yapılmıştır (Tablo 4). İncelenen volkanitlerin Top-

Tablo 2. İncelenen volkanitlerdeki amfibollerin seçilmiş mikroprob analiz sonuçları.

| Örnek | Dasit | | | | | | Riyolit | | |
|--------------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | OK10-1 Merkez | OK10-1 Kenar | OK10-2 Merkez | OK10-3 Merkez | OK10-4 Merkez | OK10-5 Merkez | OK18-1 Merkez | OK18-1 Kenar | OK18-2 Merkez |
| SiO ₂ | 44.55 | 44.04 | 44.11 | 45.85 | 44.65 | 44.56 | 47.87 | 48.66 | 47.71 |
| TiO ₂ | 2.03 | 1.88 | 2.13 | 1.63 | 1.85 | 1.86 | 1.44 | 1.22 | 1.37 |
| Al ₂ O ₃ | 10.79 | 0.00 | 10.63 | 9.11 | 9.96 | 10.17 | 5.95 | 5.30 | 5.79 |
| FeO | 11.11 | 13.26 | 12.52 | 12.37 | 12.22 | 12.54 | 15.97 | 16.46 | 16.92 |
| MnO | 0.14 | 0.21 | 0.16 | 0.29 | 0.15 | 0.18 | 0.74 | 0.74 | 0.78 |
| MgO | 15.22 | 14.27 | 14.22 | 15.33 | 14.87 | 14.23 | 13.28 | 13.16 | 12.71 |
| CaO | 11.20 | 10.94 | 10.92 | 10.60 | 11.18 | 10.97 | 10.81 | 10.78 | 11.00 |
| Na ₂ O | 2.05 | 2.52 | 2.00 | 2.19 | 2.33 | 2.05 | 1.44 | 1.33 | 1.34 |
| K ₂ O | 0.61 | 0.52 | 0.60 | 0.42 | 0.52 | 0.53 | 0.60 | 0.55 | 0.63 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.10 | 0.00 | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.00 |
| Toplam | 97.60 | 97.43 | 97.29 | 97.79 | 97.73 | 97.09 | 98.11 | 98.21 | 98.31 |
| 23 oksijene göre formül | | | | | | | | | |
| Si | 6.50 | 6.52 | 6.50 | 6.70 | 6.55 | 6.58 | 7.08 | 7.19 | 7.08 |
| Ti | 0.22 | 0.21 | 0.24 | 0.18 | 0.20 | 0.21 | 0.16 | 0.14 | 0.15 |
| Al | 1.86 | 1.71 | 1.85 | 1.57 | 1.72 | 1.77 | 1.04 | 0.92 | 1.01 |
| Fe ⁺² | 1.35 | 1.64 | 1.54 | 1.51 | 1.48 | 1.55 | 1.97 | 2.03 | 2.08 |
| Fe ⁺³ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| Mn | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.09 | 0.09 | 0.10 |
| Mg | 3.29 | 3.15 | 3.12 | 3.34 | 3.25 | 3.13 | 2.93 | 2.90 | 2.81 |
| Ca | 1.75 | 1.74 | 1.72 | 1.66 | 1.76 | 1.73 | 1.71 | 1.71 | 1.75 |
| Na | 0.58 | 0.72 | 0.57 | 0.62 | 0.66 | 0.59 | 0.41 | 0.38 | 0.38 |
| K | 0.11 | 0.10 | 0.11 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.10 | 0.12 |
| Cr | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Toplam | 15.69 | 15.82 | 15.68 | 15.69 | 15.76 | 15.67 | 15.51 | 15.46 | 15.50 |
| Mg [#] | 0.71 | 0.66 | 0.67 | 0.69 | 0.69 | 0.67 | 0.60 | 0.59 | 0.57 |

(Mg[#]) : Mg/(Mg+ Fe⁺² + Fe⁺³); Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı Droop (1987)'e göre hesaplanmıştır.

Tablo 3. İncelenen volkanitlerdeki biyotitlerin mikroprob analiz sonuçları.

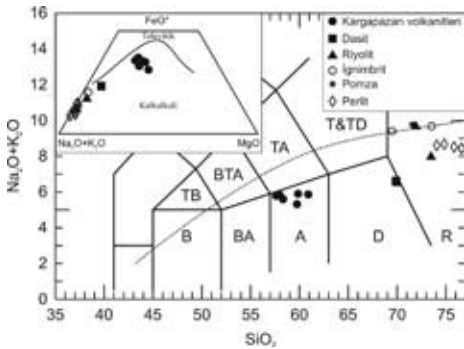
| Örnek | Riyolit | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | OK18-1 Merkez | OK18-1 Kenar | OK18-2 Merkez | OK18-2 Kenar | OK18-3 Merkez | OK18-3 Kenar | OK18-4 Merkez |
| SiO ₂ | 37.30 | 36.28 | 36.23 | 36.47 | 36.70 | 36.35 | 36.62 |
| TiO ₂ | 4.74 | 4.93 | 4.91 | 5.01 | 4.83 | 5.11 | 4.96 |
| Al ₂ O ₃ | 12.84 | 13.48 | 13.27 | 12.95 | 13.26 | 13.53 | 13.21 |
| FeO | 20.11 | 20.50 | 20.19 | 20.51 | 20.19 | 20.48 | 20.38 |
| MnO | 0.32 | 0.40 | 0.33 | 0.35 | 0.37 | 0.36 | 0.34 |
| MgO | 11.99 | 11.37 | 11.38 | 11.36 | 11.45 | 11.20 | 11.39 |
| CaO | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.01 |
| Na ₂ O | 0.50 | 0.42 | 0.54 | 0.41 | 0.46 | 0.54 | 0.50 |
| K ₂ O | 9.54 | 9.32 | 9.43 | 9.38 | 9.32 | 9.38 | 9.34 |
| Toplam | 97.35 | 96.70 | 96.32 | 96.46 | 96.62 | 96.98 | 96.75 |
| 22 oksijene göre formül | | | | | | | |
| Si | 5.62 | 5.52 | 5.54 | 5.56 | 5.58 | 5.52 | 5.56 |
| Al ^{IV} | 2.38 | 2.48 | 2.46 | 2.44 | 2.42 | 2.48 | 2.42 |
| Al ^{VI} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ti | 0.54 | 0.56 | 0.56 | 0.58 | 0.56 | 0.58 | 0.56 |
| Fe ⁺³ | 0.74 | 0.92 | 0.80 | 0.88 | 0.78 | 0.84 | 0.82 |
| Fe ⁺² | 1.80 | 1.70 | 1.78 | 1.74 | 1.78 | 1.76 | 1.76 |
| Mn | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Mg | 2.70 | 2.58 | 2.60 | 2.58 | 2.60 | 2.54 | 2.58 |
| Ca | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Na | 0.14 | 0.12 | 0.16 | 0.12 | 0.14 | 0.16 | 0.14 |
| K | 1.84 | 1.80 | 1.84 | 1.82 | 1.80 | 1.82 | 1.82 |
| Toplam | 15.80 | 15.74 | 15.78 | 15.76 | 15.70 | 15.74 | 15.70 |
| Mg [#] | 0.52 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.50 |
| Flogopit | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.45 |
| Siderofillit | 0.16 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.20 | 0.23 | 0.20 |
| Annit | 0.37 | 0.33 | 0.33 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.35 |

(Mg[#]) : Mg/(Mg+ Fe⁺² + Fe⁺³); Fe⁺² ve Fe⁺³ ayrımı Dymek (1983)'e göre hesaplanmıştır.

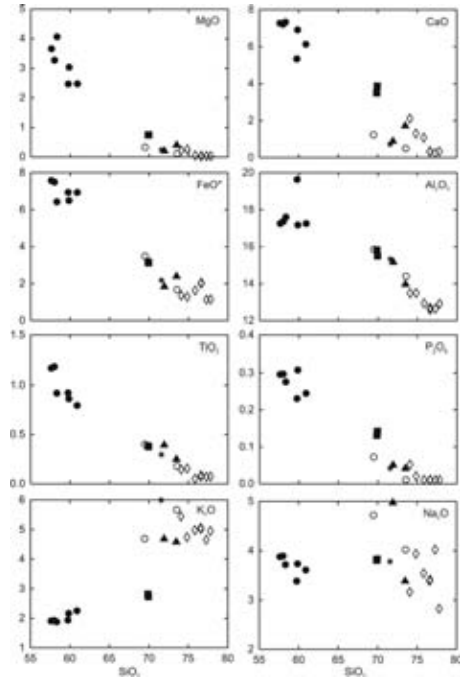
lam Alkali-Silis (TAS) diyagramında (ana oksitler susuz bazda hesaplanarak % 100'e tamamlanmıştır) andezit, dasit ve riyolit alanlarına düştüğü gözlenmektedir. TAS diyagramında örnekler Irvine ve Baragar'ın (1971) ayırım eğrisine göre subalkali alanda yer almaktadırlar. Subalkali kayalar için önerilen AFM diyagramında örnekler belirgin olarak kalkalkali alana düşerler (Şekil 7). Kayaçlar orta-yüksek K_2O (% 1.84-5.67) içeriğine sahiptirler.

İncelenen volkanitlerin SiO_2 'ye karşı ana oksit ve iz element değişimleri incelendiğinde genel olarak düzgün yönsemeler görülmektedir. SiO_2 artarken MgO , CaO , FeO^* , Al_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , Sc , Co , Ni ve V azalmakta, K_2O , Cs , Rb , Ta ve Th artmaktadır (Şekil 8 ve 9). Bu değişimler kayalarda gözlenen fenokristal fazların (plajiyoklas, olivin, klinopiroksen, amfibol ve titano-manyetit) fraksiyonel kristalleşmesiyle ilgilidir. Örneklerin genellikle aynı trend üzerinde görülmesi, benzer bir ana mağmadan itibaren farklı diferansiyasyon süreçleriyle oluştuğunu göstermektedir.

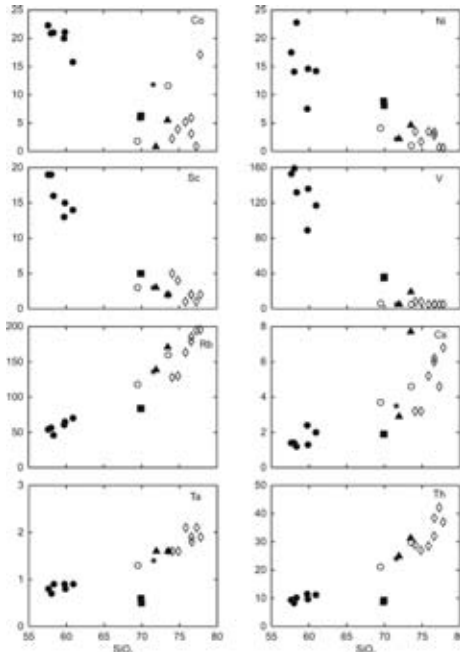
Genelde Rb/Nb oranı kapalı magmatik sistemlerde ilerleyen diferansiyasyonla beraber çok önemli bir değişim göstermez. Rb/Nb oranındaki artışlar magmanın asimilasyonu da kapsayan açık sistem fraksiyonlaşmasına uğradığına işaret eder (Wilson v.d., 1997). İncelenen kayaların $Rb/Nb-SiO_2$ diyagramındaki dağılımı kapalıdan ziyade açık sistem fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir (Şekil 10). Kayaçlar BİYE (K, Rb, Ba, Th) ve HNTTE (La, Ce) açısından özellikle farklılaşmış üyelerde (riyolitik) önemli derecede zenginleşme sunmaktadırlar. Bu zenginleşmeler fraksiyonel kristalleşmeyle oluşabilse de, diferansiyasyon sürecinde kabuk kontaminasyonunun da etkin olmuş olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 7. İncelenen volkanitlerin TAS (Le Bas v.d., 1986) ve AFM (Irvine ve Baragar, 1971) diyagramındaki dağılımları. Kesikli çizgi alkali ve subalkali alanları ayırmaktadır.



Şekil 8. İncelenen volkanitlerin SiO_2 'ye karşı ana oksit değişimleri. Semboller Şekil 7 ile aynıdır.

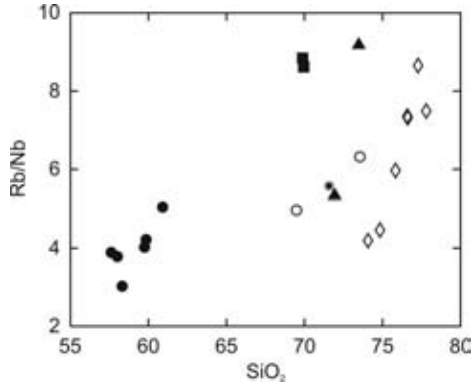


Şekil 9. İncelenen volkanitlerin SiO_2 'ye karşı iz element değişimleri.

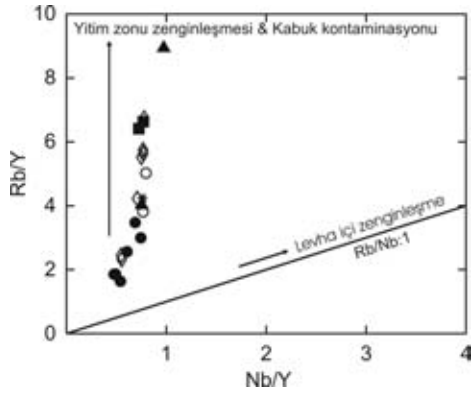
Tablo 4. İncelenen volkanitlerden seçilmiş örneklerin ana oksit (%), iz ve nadir toprak element analizleri (ppm).

| Ör. no | Kargapazarı Vol. | | Dasit | | Riyolit | | Perlit | | İgnbrt. | Pomza |
|----------------------------------|------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | OK-4 | OK-1 | OK-8 | OK-10 | OK-9 | OK-18 | OK-5 | OK-6 | OK-16 | OK-15 |
| SiO ₂ | 56.45 | 59.73 | 68.87 | 69.23 | 71.44 | 71.28 | 73.25 | 74.18 | 70.60 | 67.77 |
| Al ₂ O ₃ | 16.91 | 16.92 | 15.26 | 15.68 | 15.06 | 13.54 | 12.14 | 12.31 | 13.83 | 14.51 |
| Fe ₂ O ₃ * | 7.42 | 6.80 | 3.07 | 3.15 | 1.82 | 2.32 | 1.91 | 1.09 | 1.60 | 2.06 |
| MgO | 3.59 | 2.43 | 0.74 | 0.74 | 0.20 | 0.39 | 0.02 | 0.03 | 0.11 | 0.23 |
| CaO | 7.13 | 6.02 | 3.81 | 3.47 | 0.88 | 1.66 | 0.30 | 0.31 | 0.47 | 0.68 |
| Na ₂ O | 3.80 | 3.54 | 3.77 | 3.77 | 4.94 | 3.28 | 3.24 | 2.69 | 3.86 | 3.58 |
| K ₂ O | 1.87 | 2.21 | 2.69 | 2.79 | 4.65 | 4.44 | 4.83 | 4.72 | 5.44 | 5.67 |
| TiO ₂ | 1.15 | 0.78 | 0.37 | 0.38 | 0.39 | 0.24 | 0.07 | 0.07 | 0.17 | 0.28 |
| P ₂ O ₅ | 0.29 | 0.24 | 0.14 | 0.13 | 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| MnO | 0.11 | 0.08 | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.07 |
| A.Z. | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 0.60 | 0.60 | 2.90 | 4.20 | 4.70 | 4.00 | 5.20 |
| Toplam | 99.93 | 99.96 | 99.96 | 99.98 | 100.10 | 100.10 | 100.01 | 100.14 | 100.20 | 100.10 |
| İz elementler (ppm) | | | | | | | | | | |
| Ba | 411.40 | 483.00 | 516.80 | 493.20 | 686.70 | 790.90 | 17.60 | 15.50 | 95.10 | 257.20 |
| Co | 22.30 | 15.80 | 6.30 | 6.00 | 0.80 | 5.50 | 5.90 | 17.10 | 11.60 | 11.80 |
| Cs | 1.40 | 2.00 | 1.90 | 1.90 | 2.90 | 7.70 | 6.00 | 6.80 | 4.60 | 3.50 |
| Ga | 19.60 | 18.20 | 18.70 | 18.40 | 19.50 | 16.30 | 16.20 | 17.50 | 19.00 | 18.80 |
| Hf | 5.30 | 4.50 | 4.30 | 4.00 | 10.20 | 4.80 | 5.20 | 5.90 | 8.60 | 10.60 |
| Nb | 13.90 | 13.90 | 9.70 | 9.50 | 26.00 | 18.60 | 24.30 | 26.10 | 25.30 | 24.40 |
| Rb | 54.10 | 70.20 | 83.60 | 84.00 | 138.50 | 170.70 | 178.80 | 195.40 | 159.80 | 135.90 |
| Sr | 368.70 | 387.30 | 378.00 | 348.60 | 98.50 | 183.00 | 3.20 | 3.40 | 10.10 | 24.90 |
| Ta | 0.80 | 0.90 | 0.50 | 0.60 | 1.60 | 1.60 | 1.90 | 1.90 | 1.60 | 1.40 |
| Th | 9.40 | 11.20 | 9.30 | 8.70 | 24.90 | 31.30 | 32.00 | 37.00 | 29.70 | 24.00 |
| U | 2.60 | 2.80 | 2.60 | 2.30 | 7.30 | 11.90 | 10.70 | 11.60 | 9.00 | 7.60 |
| V | 153.00 | 117.00 | 36.00 | 35.00 | 5.00 | 19.00 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| W | 0.90 | 0.80 | 0.80 | 0.90 | 2.30 | 2.70 | 3.00 | 3.60 | 2.80 | 1.90 |
| Zr | 214.10 | 184.00 | 148.20 | 148.80 | 394.00 | 182.10 | 141.80 | 140.70 | 301.50 | 433.60 |
| Y | 29.20 | 20.20 | 12.60 | 13.10 | 34.50 | 19.10 | 32.40 | 34.00 | 31.80 | 32.10 |
| Ni | 17.50 | 14.20 | 8.10 | 8.90 | 2.20 | 4.60 | 2.80 | 0.60 | 1.00 | 2.20 |
| Nadir toprak elementler (ppm) | | | | | | | | | | |
| La | 28.60 | 27.20 | 31.40 | 30.60 | 52.70 | 39.70 | 49.80 | 51.80 | 59.50 | 54.60 |
| Ce | 54.80 | 50.20 | 48.70 | 47.20 | 92.40 | 67.80 | 83.20 | 88.50 | 100.00 | 92.50 |
| Pr | 6.22 | 5.41 | 5.45 | 5.63 | 9.08 | 6.68 | 7.96 | 8.14 | 8.95 | 8.81 |
| Nd | 23.50 | 20.00 | 20.40 | 21.80 | 34.40 | 21.90 | 29.40 | 29.30 | 33.00 | 32.70 |
| Sm | 5.60 | 4.50 | 4.00 | 3.90 | 6.00 | 3.90 | 5.00 | 5.40 | 5.40 | 5.20 |
| Eu | 1.50 | 1.24 | 0.96 | 0.89 | 1.22 | 0.69 | 0.12 | 0.10 | 0.31 | 0.51 |
| Gd | 5.58 | 3.97 | 2.80 | 2.86 | 5.24 | 3.22 | 4.71 | 4.91 | 4.35 | 4.57 |
| Tb | 0.78 | 0.60 | 0.46 | 0.42 | 0.89 | 0.46 | 0.81 | 0.85 | 0.83 | 0.86 |
| Dy | 5.37 | 3.77 | 2.31 | 2.37 | 5.51 | 2.95 | 5.03 | 5.00 | 4.85 | 5.08 |
| Ho | 0.94 | 0.62 | 0.38 | 0.38 | 1.08 | 0.54 | 0.91 | 0.99 | 0.91 | 0.92 |
| Er | 2.96 | 1.96 | 1.17 | 1.12 | 3.30 | 1.86 | 2.99 | 3.21 | 2.93 | 3.11 |
| Tm | 0.38 | 0.29 | 0.16 | 0.16 | 0.55 | 0.27 | 0.48 | 0.52 | 0.48 | 0.51 |
| Yb | 2.96 | 1.89 | 1.23 | 1.16 | 3.67 | 2.12 | 3.73 | 3.73 | 3.88 | 3.68 |
| Lu | 0.44 | 0.28 | 0.15 | 0.17 | 0.51 | 0.32 | 0.51 | 0.55 | 0.51 | 0.55 |

(A.Z.) : Ateşte zayıf, (*) : Fe₂O₃ cinsinden toplam demir.

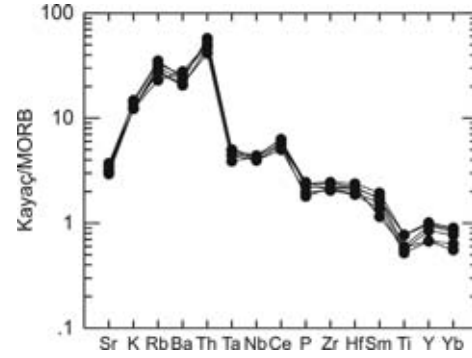


Şekil 10. İncelenen volkanik kayaların SiO_2 'ye karşı Rb/Nb diyagramı. Semboller Şekil 7 ile aynıdır.



Şekil 11. İncelenen volkanik kayaların Nb/Y'ye karşı Rb/Y diyagramı.

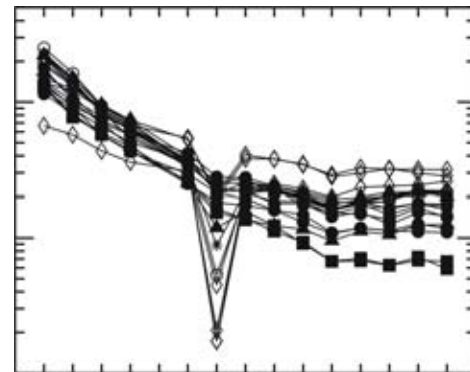
İncelenen volkanik kayaların ana mağmalarının ne tür bir manto kaynağından türediğini tespit etmek amacıyla elementlerin Pearce (1983)'e göre sıralandığı uyumsuz element diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagramda fraksiyonel kristalleşme ve asimilasyonun etkilerini en aza indirmek için sadece bazaltik andezit ve andezit örnekleri kullanılmıştır (Şekil 12). Diyagram incelendiğinde kayaların K, Rb, Ba ve Th gibi büyük iyon yarıçaplı elementlerce (BİYE) oldukça zenginleştiği görülmektedir. Diğer taraftan Ta, Nb, Zr, Hf gibi yüksek alan enerjili element (YAEE), Ce ve Sm gibi hafif nadir toprak elementlerce (HNTE) hafifçe (MORB'a göre 1-5 kat) zenginleşme görülmektedir. Ayrıca kayalar negatif Ta ve Nb anomalisi sergilemektedirler. Bu karakteristikler kayaların yitim bileşeni içeren bir manto kaynağından türediğini göstermektedir (Pearce, 1983). Uyumsuz YAEE'lerin (Nb ve Ta) MORB' göre ~3 kat zenginleşmesi levha içi proseslere veya düşük dereceli kısmi ergimeye bağlanabilir (Keskin v.d., 1998; Pearce v.d., 1990).



Şekil 12. Kargapazarı volkanitlerine ait bazaltik andezitlerin MORB'a (Pearce, 1983) göre normalleştirilmiş uyumsuz element diyagramı.

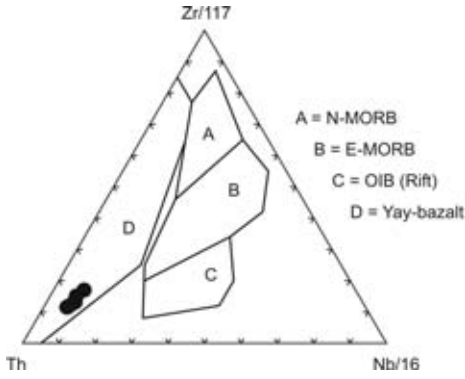
İncelenen kayaların kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramlarında, HNTE'lerin ONTE ve ANTE'lere göre daha fazla zenginleştiği görülmektedir (Şekil 13). Diyagram incelendiğinde dasitlerin Kargapazarı volkanitlerine göre ANTE'ce oldukça tüketildiği görülmektedir. Bu durum dasitlerde fenokristal olarak gözlenen amfibolün fraksiyonlaşmasıyla ilişkilidir. Diğer taraftan asidik lav ve piroklastiklerde kuvvetli negatif Eu anomalisi dikkati çekmektedir. Bu durum bu kayaların gelişiminde plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir.

Değişik araştırmacılar tarafından önerilen diyagramlar kullanılarak kayaların jeotektonik ortamı belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 14 ve 15). Bu amaçla kayaların jeokimyası dikkate alınarak farklı diyagramlar seçilmiştir. Bazik volkanik kayalar için uygun olan diyagramlara sadece Kargapazarı volkanitlerine ait bazaltik andezit ve andezit örnekleri aktarılmıştır. Buna göre Kargapazarı volkanitlerine ait örnekler Wood (1980) tarafından geliştirilen Th-Zr-Nb üçgen diyagramında "Yay Bazaltı", Pearce ve Cann'ın (1973) Zr-Ti-Sr üçgen diyagramında "Kalkalkali Bazalt" alanına düşmektedirler.

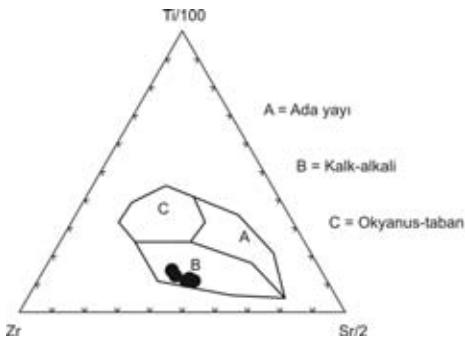


Şekil 13. İncelenen volkanik kayaların kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalleştirilmiş nadir toprak element

diyagramı. Semboller Şekil 7 ile aynıdır.



Şekil 14. Kargapazarı volkanitlerine ait örneklerin Th-Zr-Nb tektonik ortam sınıflama diyagramı (Wood, 1980).



Şekil 15. Kargapazarı volkanitlerine ait örneklerin Zr-Ti-Sr tektonik ortam sınıflama diyagramı (Pearce ve Cann, 1973).

6. SONUÇLAR

Çalışma alanında Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik kayaçlar yüzeylenmektedir. Kayaçlardan elde edilen petrografi, mineral kimyası ve jeokimya verilerine göre aşağıdaki sonuçlar çıkarılmaktadır.

Volkanitler bazaltik andezit, andezit, dasit, ri-yolit türü lav ve ri-yolitik piroklastiklerden oluşmaktadır. Kayaçlarda porfirik, mikrolitik porfirik, hyalo-mikrolitik porfirik, vitrofirik, glomeropor-

firik, pilotaksitik ve hyalopilitik dokular gözlenmektedir.

Kayaçlar plajiyoklas (An_{29-80}), olivin (Fo_{65-82}), klinopiroksen (ojit), ortopiroksen (enstatit), amfibol ($Mg^{\#}$: 0.57-0.71), biyotit (filogopit: 0.44-0.47, annit: 0.33-0.37), sanidin, kuvars ve opak mineral (titanomanyetit ve ilmenit) içermektedir. İncelenen volkanik kayaçlar kalkalkali karaktare sahip olup, orta-yüksek potasyum içeriğine sahiptir. Jeokimyasal veriler fenokristal fazların fraksiyonlaşmasının ve asimilasyon \pm mağma karışımının kayaçların gelişiminde önemli rol oynadığını göstermektedir. Kayaçların yüksek BİYE (K, Rb, Ba, Th) ve göreceli olarak düşük YAEE (Nb, Ta, Hf, Zr) içerikleri kayaçların yitim izleri taşıyan bir ana mağmadan oluştuklarına işaret etmektedir. Bununla uyumlu olarak, jeotektonik ortam ayırtman diyagramları kayaçların "yay" volkanitlerine benzerliğini göstermektedir. Kayaçların yaşı dikkate alındığında kayaçların oluşumu doğrudan bir yitimle ilişkili olamaz. Bu durum kayaçları oluşturan ana mağmaların eski bir yitimin etkilediği manto kaynağından türediğine işaret etmektedir.

Bu güne kadar bölgedeki volkanik kayaçların kökenine yönelik birçok çalışma yapılmış ve on değişik model önerilmiştir (Keskin, 2005). Keskin (2003; 2005)'e göre yeni jeofiziksel veriler, bölgenin geniş bir bölümünün altında litosferik mantonun hemen hemen hiç bulunmadığını göstermektedir. Bu da önceden öne sürülen modellerin geçerliliğini sorgulanır duruma getirmiştir. Keskin (2005) tarafından bu on model detaylı olarak incelenmiş, jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal verilere dayanarak "slab-steepening and breakoff" (Keskin, 2003; Şengör v.d., 2003) ve "lithospheric delamination" (Pearce v.d., 1990; Keskin v.d., 1998) modellerinin bölgedeki volkanizmayı en iyi açıkladığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abdel-R, A.M. 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline and peraluminous magmas. *Journal of Petrology*. (35), 525-541.
- Bacon, C.R. and Hirschmann, M.M. 1988. Mg/Mn Partitioning as a test for equilibrium between coexisting Fe-Ti Oxides. *Am. Min.* (73), 57-61.
- Droop, G.T.R. 1987. A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses using stoichiometric criteria. *Mineral. Mag.* (51), 431-435.
- Dymek, R.F. 1983. Titanium, aluminum and interlayer cation distributions in biotite from high grade gneisses, West Greenland. *Am. Min.* (68), 880-899.
- Edwards, C., Menzies, M. and Thirwall, M. 1991. Evidence from muriah, indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas. *J. Petrol.* (32), 555-592.

- Irvine, T. N. and Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Science*. (8), 523-548.
- Keskin, M. 1998. Erzurum-Kars platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının volkano-stratigrafisi ve Yeni K/Ar yaş bulguları ışığında evrimi, *Kuzey Anadolu MTA Derg.* (120), 135-157.
- Keskin, M. 2003. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, *Geophys. Res. Lett.*, 30 (24), 8046, doi:10.1029/2003GL018019.
- Keskin, M. 2005. Domal uplift and volcanism in a collision zone without a mantle plume: Evidence from Eastern Anatolia. <http://www.mantleplumes.org/Anatolia.html>.
- Keskin, M., Pearce, J.A. and Mitchell, J.G. 1998. Volcano-stratigraphy and Geochemistry of Collision-related Volcanism on Erzurum-Kars Plateau, Northeastern Turkey, *J. Volcanol. Geotherm. Res.* (85), 405-422.
- Kılıç, O. 2006. Pasinler (Erzurum) kuzeyindeki volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Selçuk Üni. Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 87 s.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B. 1986. A Chemical classification of volcanic rocks based on total Alkali-Silica diagram. *Journal of Petrology*. (27), 745-750.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandaring, J.A., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W. and Youzhi, G. 1997. Nomenclature of amphiboles: Report of subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, commission on new minerals and mineral names. *Canadian Mineralogist*. (35), 219-246.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. and Gottardi, G. 1988. Nomenclature of pyroxenes. *American Mineralogist*. (73), 1123-1133.
- Pearce, J.A. and Cann, J.R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *E.P.S.L.* (19), 290-300.
- Pearce, J.A. 1983. Role of the Sub-Continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J (Eds.), *Continental basalts and mantle xenoliths*. Shiva, Nantwich, pp. 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Guner, Y., Saroglu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. and Mitchell, J.G. 1990. Genesis of collision volcanism in eastern anatolia, Turkey. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* (44), 189-229.
- Sun, S. and McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geol. Soc. London Spec. Publ. (42), 313-345.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*. (75), 181-241.
- Şengör, A.M.C., Ozeren, S., Zor, E., and Genç, T. 2003. East Anatolian high plateau as a mantle-supported, N-S shortened domal structure, *Geophys. Res. Lett.*, 30 (24), 8045, doi: 10.1029/2003GL017858.
- Temel, A., Gündoğdu, M.N. and Gourgaud, A. 1998. Petrological and geochemical characteristic of cenozoic High-K calcalkaline volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* (85), 327-354.
- Wilson, M., Tankut, A. and Güleç, N. 1997. Tertiary volcanism of the Galatia Province, North-West Central Anatolia, Türkiye. *Lithos*. (429), 105-121.
- Wood, D.A. 1980. The Application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the british tertiary volcanic province. *Earth. Planet. Sci. Lett.* (50), 11-30.
- Yavuz, F. 2007. WinAmphcal: A Windows Program for the IMA-04 Amphibole Classification. *Geochem. Geophys. Geosyst.* (8), 1-12, doi:10.1029/2006GC001391.
- Yavuz, F. and Öztaş, T. 1997. BIOTERM-A Program For Evaluating and Plotting Microprobe Analyses of Biotite from Barren and Mineralized Magmatic Suites. *Computers & Geosciences*. (23), 897-907.