



TEPEKENT (KONYA-ORTA ANADOLU) YÖRESİNDEKİ VOLKANİK KAYALARIN PETROGRAFİSİ, JEOKİMYASI VE PETROLOJİSİ

¹Büşra ERYİĞİT , ²Hüseyin KURT , ³Kürşad ASAN ,
⁴Gülin GENÇOĞLU KORKMAZ 

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Konya, TÜRKİYE

¹bsraerygt1994@gmail.com, ²hkurt@ktun.edu.tr, ³kasan@ktun.edu.tr, ⁴ggkorkmaz@ktun.edu.tr

(Geliş/Received: 23.08.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 14.10.2022)

ÖZ: Bu çalışmada, Tepekent yöresi (Konya-Orta Anadolu) yüzeyleyen Miyosen yaşlı riyolitik, dasitik ve bazaltik lav akıntıları ve bunların piroklastiklerinin petrografisi, mineralojisi, jeokimyası ve petrolojisi incelenmiştir. İncelenen kayalar Toplam alkali-silika (TAS) diyagramına göre yüksek potasyum içerikli bazaltik traki-andezit, dasit ve riyolit bileşiminde kayalardır. Bununla birlikte incelenen bazaltik traki-andezitler $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ içeriklerine göre şoşonit olarak da adlandırılmaktadır. Dasitik kayalar yer yer mm'den dm'ye değişen boyutta anklav içermektedir. Anklavlar TAS diyagramında traki-bazalt alanına düşmekte olup ana kayalarından daha mafik bir bileşim sergilemektedir. Bazaltik traki-andezitler holokristalin porfirik doku gösterirken, dasitler değişen volkanik cam içerikleri ile hipokristalin porfirik doku sergilemektedir. Bazaltik traki-andezitler olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz ve Fe-Ti oksit içermekte, nadiren zeolitlenme ve olivinlerde iddingsitleşmeler göstermektedir. Dasitler amfibol, biyotit, plajiyoklaz, Fe-Ti oksit ve nadiren de kuvars mikro fenokristallerinin içerisine dağıldığı, aynı minerallerin mikrokristallerine ilaveten volkanik camdan oluşan hamur içeriğine sahiptir. Dasitik ana kayalarda yer alan anklavlar ana mafik mineral olarak amfibol içermekte olup, magma mixing anklavlarında sık sık rastlanan ince taneli dokuya sahiptir, bununla birlikte, bıçaksı biyotit, söndürülmüş amfibol ve elek dokulu plajiyoklaz gibi dokusal özellikler sergilemektedir. Riyolitler ise kuvars, plajiyoklaz ve Fe-Ti oksit mikrofenokristalinin yanı sıra önemli derecede sanidin ve biyotit içermektedir. Bununla birlikte dasitlere göre daha fazla volkanik cam içeriğine sahip olup, hipohyalin porfirik doku sergilemektedir. İncelenen kayaların Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları'na (OOSB) göre normalize iz element diyagramında, büyük iyon yarıçaplı litofil element bileşiminde (BİYE, Sr, K, Rb, U ve Th) bir zenginleşme izlenirken, yüksek alan enerjili elemente (YAEE, Nb, Ta, Ti) bileşiminde ise bir fakirleşme görülmektedir. Kondrite göre normalize nadir toprak element dağılımları, $(\text{La}/\text{Lu})_N$ genel olarak 14-15 arasında değişim göstermektedir ve amfibol fraksiyonlaşmasını anlatan kaşık desenli bir dağılım sunmaktadır. Riyolitlerde ise plajiyoklaz fraksiyonlaşmasını ifade eden belirgin biçimde negatif Eu anomalisi ve sanidin fraksiyonlaşmasına işaret eden önemli derecede negatif Ba anomalisi gözlemlenmektedir. Elde edilen veriler ışığında, incelenen volkanik kayaların yitim izi taşıyan çarpışma sonrası bimodal volkanizmanın ürünleri olduğu ve zenginleşmiş litosferik mantodan türemiş oldukları önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Anklav, Dasit, Bazalt, Bimodal, Kalkalkalen, Litosferik, Şoşonit

Petrography, Geochemistry and Petrology of Volcanic Rocks in Tepekent Region (Konya-Central Anatolia)

ABSTRACT: In this study, the petrography, mineralogy, geochemistry and petrology of Miocene aged rhyolitic, dacitic and basaltic lava flows and their pyroclastics cropping out in the Tepekent region (Konya-Central Anatolia) were investigated. The investigated rocks are basaltic trachy-andesite, andesite, dacite and rhyolite rocks with high potassium content according to the Total Alkali-Silica (TAS) diagram. However, the basaltic trachy-andesites examined are also called shoshonite according to their Na₂O-K₂O content. Dacitic rocks contain enclaves varying in size from mm to dm. The enclaves fall into the trachy-basalt area in the TAS diagram and exhibit a more mafic composition than the host-rocks. Basaltic trachy-andesites show holocrystalline porphyric texture, while dacites display hypocrystalline porphyric texture with varying volcanic glass contents. Basaltic trachy-andesites contain olivine, clinopyroxene, plagioclase and Fe-Ti oxide, show zeolitisation in places and iddingsitization in olivines. Dacites have a paste content consisting of volcanic glass in addition to microcrystals of the same minerals, in which amphibole, biotite, plagioclase, Fe-Ti oxide and occasionally quartz micro-phenocrysts are dispersed into it. Enclaves located in dacitic host-rocks have the fine-grained texture often found in magma mixing enclaves, however, they are composed of bladed biotite, quenched amphibole and sieve-textured plagioclase. Rhyolites contain significant amounts of sanidine and biotite as well as quartz, plagioclase and Fe-Ti oxide microphenocryst. However, they have more volcanic glass content than dacites and exhibit hypohyaline porphric texture. In the Mid-Ocean Ridge Basalts (MORB) normalized trace element diagram an enrichment is observed within large ion radius lithophile elements (LILE, Sr, K, Rb, U and Th) composition, while a depletion is observed within the high field strength elements (HFSE, Nb, Ta, Ti) contents. Rare earth element distributions normalized to chondrite, (La/Lu)_N generally vary between 14-15 and present a spoon-patterned distribution describing amphibole fractionation. In the rhyolites, on the other hand, a clearly negative Eu anomaly, which expresses the plagioclase fractionation, is observed. In the light of the obtained data, it is suggested that the investigated volcanic rocks are post-collisional bimodal volcanism products bearing subduction marks and are derived from the enriched lithospheric mantle.

Keywords: Basalt, Bimodal, Calc-Alkaline, Dacite, Enclave, Lithospheric, Shoshonite

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dalma-Batma zonu volkanizması esas olarak çok aşamalı, çok kaynaklı ve çok süreçlidir, bu da farklı kökünde ve bileşimde magmaların oluşmasına ve bir arada bulunmasına neden olur. Türkiye'nin Geç Mezozoyik-Neojen jeolojisi Neotetis Okyanusu'nun açılması ve kapanması ile yakından ilişkilidir. Orta Anadolu'da Neotetis okyanusunun açılıp kapanmaları ile ilişkili olarak yaygın bir Senozoyik volkanizması hâkimdir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Senozoyik yaşlı volkanizma Orta Anadolu'da çarpışma sonrası volkanik provens ve volkanik kompleksler ile temsil edilmektedir (Galatya Volkanik Provensi (GVP), Kapadokya Volkanik Provensi (CVP), Sulutaş Volkanik Kompleksi (SVC) ve Erenlerdağ Alacadağ Volkanik Kompleksi (EAVC), Karapınar Volkanik Alanı (KPVF) ve Karacadağ Volkanik Kompleksi (KCVC); Gencoğlu Korkmaz ve diğ. (2022) (Sekil 1a). Tepeköy civarında yüzeyleyen volkanitler Konya ili güney batısında yüzeyleyen Sulutaş Volkanik kompleksine (SVC) aittir. ⁴⁰Ar-³⁹Ar yaş analizlerinin SVC için 11-16 My yaş verisi verdiği SVC nin şoşonitik, kalk-alkalen, yüksek K kalk-alkalen Na-alkalen bileşimde kayalardan oluştuğu ve bimodal volkanizmanın görüldüğü önemli bir volkanik kompleks olduğu bilinmektedir (Asan ve diğ., 2021). Bimodal volkanizma, nadiren ortaç bileşimli ürünlerin görüldüğü veya hiç görülmediği, genel olarak mafik ve felsik bileşimli ürünler ile karakterize edilen ve çok çeşitli volkanik ortamlarda

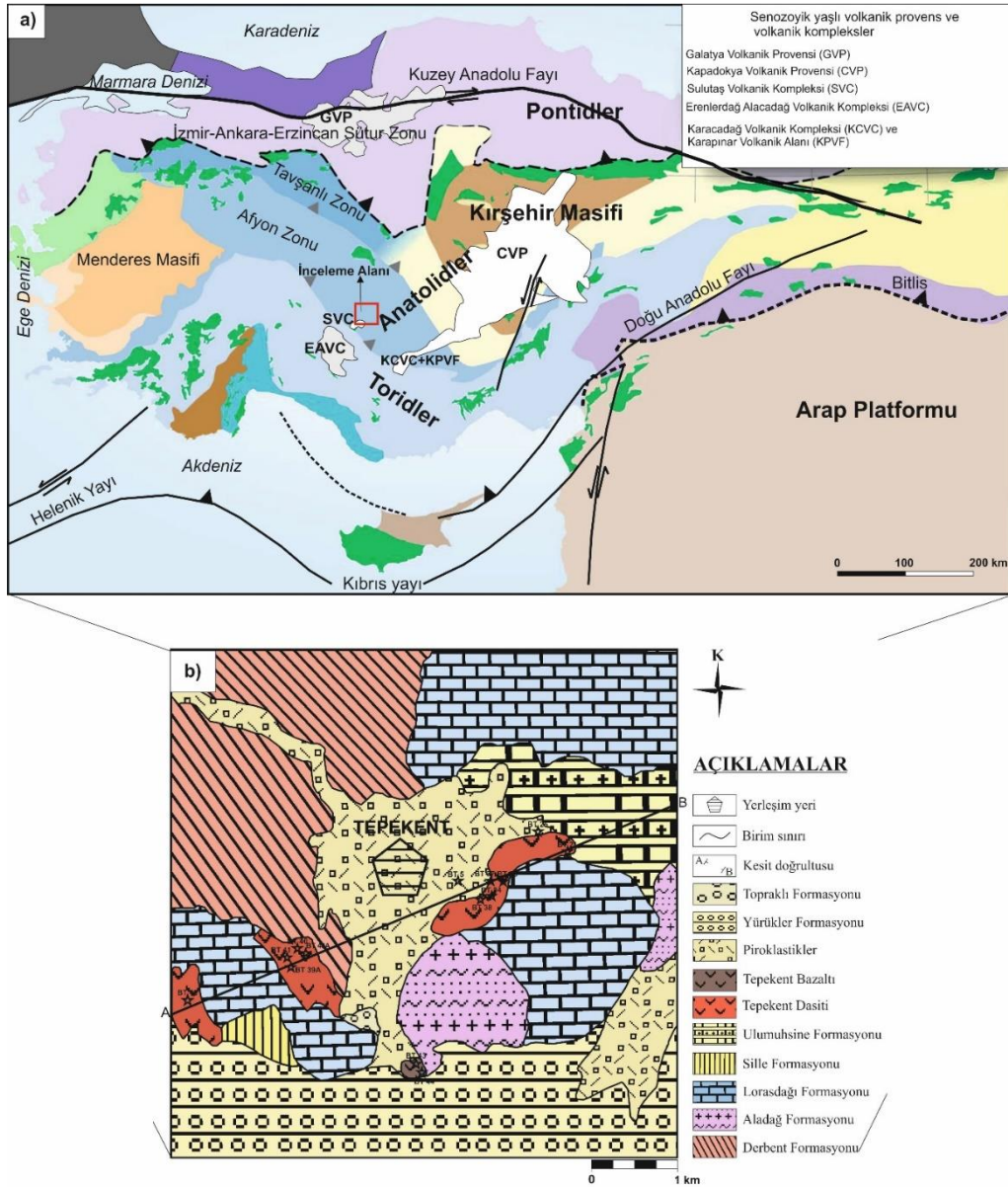
görülebilien bir volkanizma çeşitidir ve daha önce detayları ile Gençoğlu Korkmaz ve diğ. (2017) tarafından detaylarıyla tartışılmıştır. Ayrıca, hem kabuk kirliliğinin hem de kaynak alan zenginleşmelerinin, SVC'nin bileşimsel çeşitliliğinde önemli derece rol aldığı çeşitli modellemeler ile Asan ve diğ. (2021) tarafından ileri sürülmüştür.

Çalışma alanının temelini Üst Permiyen-Alt Kretase yaşlı Gökçeyurt grubu oluşturmaktadır (Şekil 1b ve 2). En altta Üst Permiyen yaşlı metakarbonatlardan oluşan Derbent formasyonu, Üst Permiyen-Üst Triyas yaşlı Aladağ formasyonu ile yanal-düşey geçiş göstermektedir. Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı kristalize kireçtaşı, dolomit, dolomitik kireçlerinden oluşan Lorasdağı formasyonu ise en üst birimdir. Bu temelin üzerine Üst Miyosen- Alt Pliyosen yaşlı Dilekçi grubu, alttan üste doğru alüvyal malzemeden oluşmuş Sille formasyonu; gösel kireçtaşlarından oluşan Ulumuhsine formasyonu; tuf, tüfit, volkanik breş gibi piroklastik ürünlerden oluşan Küçükmuhsine formasyonu; volkanik kayalardan oluşmuş Sulutaş volkanikleri (bazalt, dasit) ile alüvyal malzemelerden oluşmuş Yürükler formasyonundan oluşmaktadır. Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı alüvyal örtü çökellerinden oluşan Topraklı formasyonu ise kendinden daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Neojen yaşlı volkanik kayalar çalışma alanının doğu ve batısında özellikle Çimenlerpınar mevkinde yer yer farklı boyutlarda anklav içerebilen dasitik kayalar ile bölgenin güneyinde Ortayalı Tepe yakın civarında bazaltik kayalar ile temsil edilmektedir. Dasitler lav akıntısı ve volkanik boyun, bazaltlar ise lav akıntısı olarak yüzeylemekte ve Neojen öncesi birimleri kesmektedirler. Bununla birlikte inceleme alanında bazaltik ve dasitik lavlar arasında fiziksel bir kontakt bulunmamaktadır (Şekil 1b ve 2). Son yapılan çalışmalarda Asan ve diğ. (2021) 'de Ulumuhsine-Küçükmuhsine bölgesindeki yüzeyleyen dasit ve bazaltlardan alınan örneklerde ^{40}Ar - ^{39}Ar yöntemiyle 12.07 ± 0.06 ile 12.21 ± 0.32 My ve 11.01 ± 0.42 ile 11.05 ± 0.64 My plato ve ters izokron yaşları elde etmişlerdir.

Volkanik kayalar bölgesel jeolojik evrimi ve jeodinamik olayları aydınlatmada önemli yere sahiptir. Bu çalışma ile Tepekent yöresinde yüzeyleyen ve SVC' ait olduğu düşünülen Miyosen yaşlı volkanik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek bölgesel jeoloji açısından önemleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

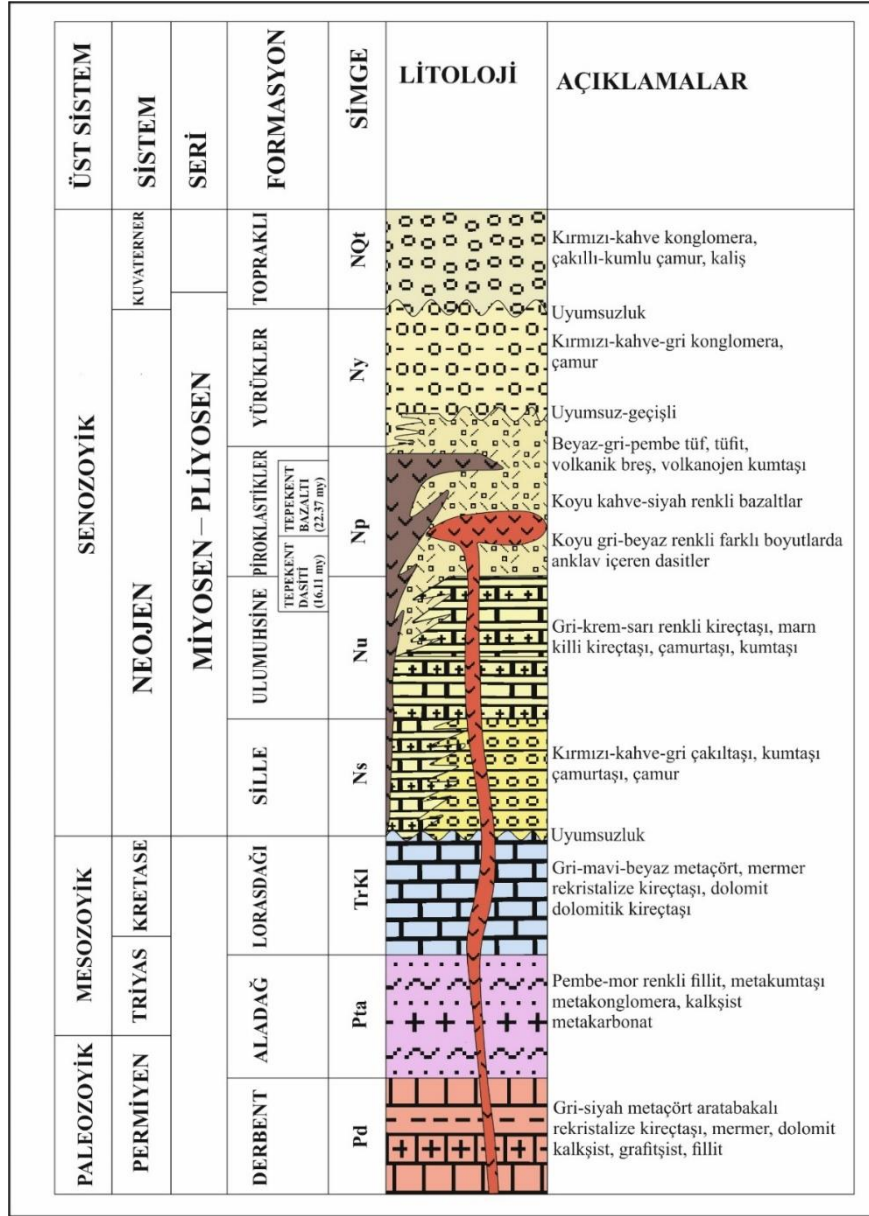
MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Arazi çalışmaları ile, çalışma konusunu oluşturan volkanik kayalar ile çevre kayalarından örnekler alınarak MTA dan derlenen 1/25000 ölçekli jeolojik haritalar yeniden modifiye edilmiştir. Bu kapsamda derlenen örneklerden hiç alterasyon göstermeyen veya çok az gösteren örnekler belirlenerek üstü açık ince kesitler Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) İnce Kesit Laboratuvarında yaptırılmıştır. Örneklerin ayrıntılı petrografik incelemeleri (modal mineralojik bileşim, doku, adlama, alterasyon) ve mikrofotograflarının çekimi Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Mikroskop laboratuvarında polarizan mikroskop yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Jeokimyasal analizler için numunelerin hazırlanma işlemleri ve petrografik incelemeleri tamamlanmış en taze 10 adet volkanik kaya örneğinin tüm kaya major oksit, iz element ve nadir toprak elementi analizleri ALS GLOBAL Laboratuvar Hizmetleri Ltd. Şti.'de gerçekleştirilmiştir. Tüm kaya jeokimyası analizleri ICP-MS cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Tüm kaya jeokimyası analizleriyle volkanik kayaların major oksit ve iz element içerikleri belirlenerek kaya adlamaları yapılmış, tektonik ortamları yorumlanmış, kayaları oluşturan magmaların kökeni, gelişimi ve kayaların birbirleriyle ilişkisi irdelenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının (a) Türkiye'nin tektonik birliklerini gösterir harita Van Hinsbergen ve diğ. (2016)'dan sadeleştirilmiş ve modifiye edilmiştir, (b) jeolojik haritası (MTA 1/25.000 paftalarından ve Eren, 1993'den modifiye edilmiştir. Jeoloji haritası üzerinde örnek lokasyonları siyah yıldız işareti ile gösterilmiştir.

Figure 1. Map showing the tectonic units of Turkey was simplified and modified from Van Hinsbergen et al. (2016), (b) geological map of the study area was modified from MTA 1/25.000 sheets and Eren, 1993. Sample locations on the geological map are indicated with a black asterisk.



Şekil 2. Çalışma alanının stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz)(Eren (1993)'den modifiye edilmiştir).

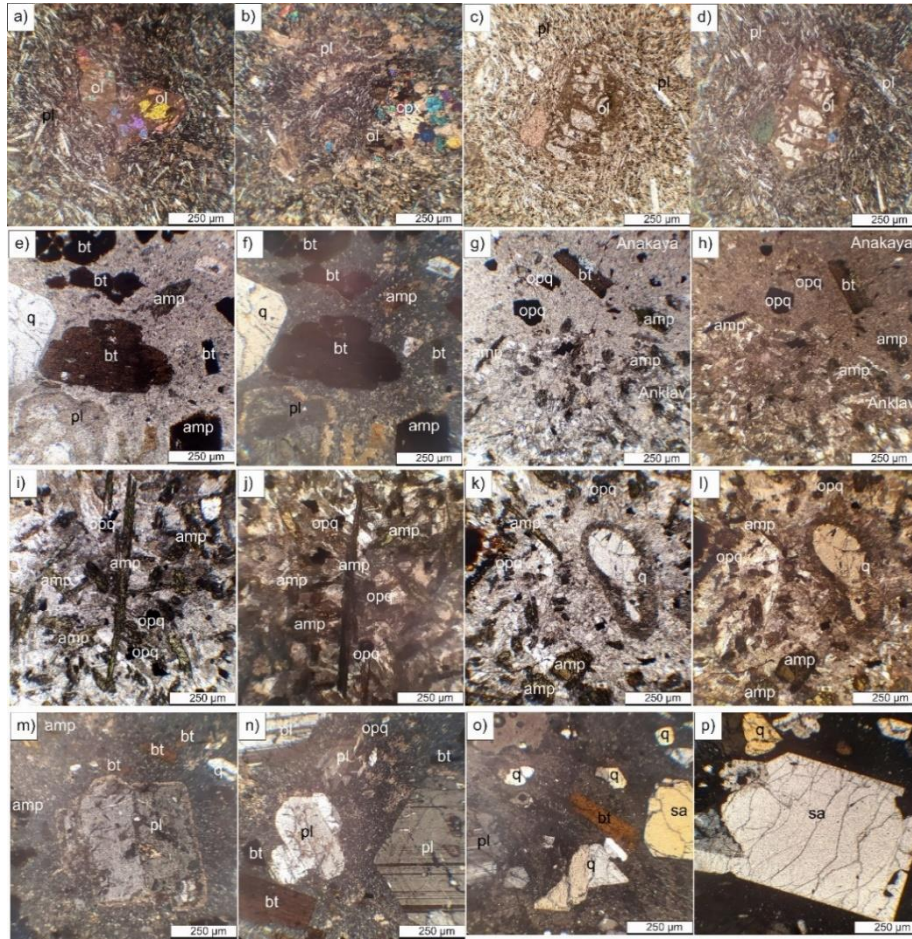
Figure 2. Stratigraphic column section of the study area (not to scale) (modified from Eren (1993)).

BULGULAR (RESULTS)

Petrografi(Petrography)

İncelenen örnekler arazi görünümleri, mineralojik ve petrografik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda bazaltik, dasitik ve riyolitik olmak üzere üç farklı volkanik kayaç grubundan oluşmaktadır. Bazaltik kayalar mikrolitik hamurdan oluşmakta ve holokristalin porfirik doku ve intergranüler doku göstermeleri ile karakteristiktir. Bununla birlikte plajiyoklaz, olivin, klinopiroksen ve opak mineral fenokristalleri içermektedirler (Şekil 3). Bazaltik kayaçlar genel olarak tazedir, ancak yer yer zeolitleşme ve olivin kırık çatlaklarında iddingsitleşme göstermektedir (Şekil 3a-d). Dasitik kayalar ise hipokristalinporfirik dokuludur ve yer yer glomeroporfirik doku göstermektedir. Bununla birlikte baskın mineral fazı olarak

plajiyoklaz, amfibol, biyotit ve opak mineral nadiren de kuvars mikro-fenokristalleri içermektedir (Şekil 3 e, f, m, n). Bazı amfibollerde opasitleşme, plajiyoklazlarda ise serizitleşme/killeşme türü alterasyonlar ile birlikte sıklıkla elek dokusu da gözlenmektedir. Bazı dasitik kayalarda ince taneli, hipokristalin porfirik dokulu, tipik magma karışımını ifade eden dengesizlik dokularının hakim olduğu anklavlar yer almaktadır (Şekil 3 g-l). Bu anklavlarda baskın olarak söndürülmüş amfibol, bıçaksı biyotit, kirli-yoğun ince taneli ve kaba taneli elek dokulu plajiyoklaz ve osellar dokulu kuvars mineralleri görülmekte, bununla birlikte killeşme, zeolitleşme ve karbonat oluşumları da göze çarpmaktadır (Şekil 3 k, l). Anklavlarda gözlenen bu dokusal ve mineralojik özellikler incelenen anklavların magma karışımı anklavı (MMA) olduklarını göstermektedir. Riyolitik kayalar ise volkanik cam içeriği yüksek olmakla birlikte yaygın olarak kuvars, sanidin, biyotit, plajiyoklaz ve opak mineral içermekte ve hipohyalin porfirik doku göstermektedir (Şekil 3 o, p). Kuvarslar nadiren çatlaklanma ve magma korozyonu dokusu göstermektedir (Şekil 3 o, p).



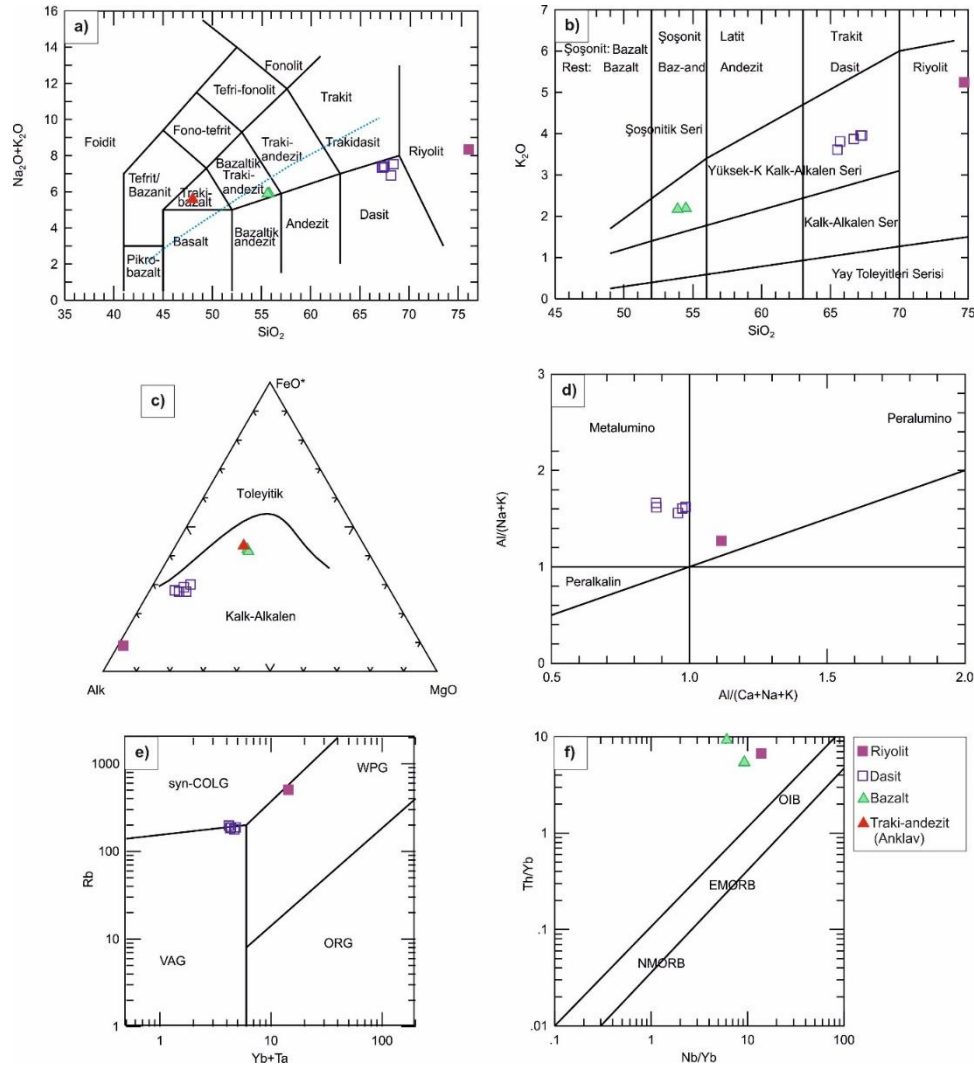
Şekil 3. İncelenen (a)-(d) bazaltik kayaların, (e), (f) Dasitik bileşimli ana kayanın, (g), (h) Dasitik bileşimli ana kaya ve magma karışımı anklavının, (i)-(l) dengesizlik dokuları sergileyen magma karışımı anklavının, (m), (n) Dasit bileşimli kayaların, (o), (p) riyolitik kayaların mikrofotografı. Mineral isimlerinin kısaltmaları Whitney ve Evans (2009)'e göre.

Figure 3. Microphotographs of the investigated (a)-(d) basaltic rocks, (e), (f) dacitic host-rock, (g), (h) dacitic host-rock and magma mixing enclave (i)-(l) the disequilibrium textured enclave, (m), (n) and (o), (p) rhyolitic rocks. The abbreviations of the mineral names are based on Whitney and Evans (2009).

Tüm Kaya Jeokimyası(Whole-Rock Geochemistry)

Kayaların Sınıflandırılması (Classification of the Rocks)

İncelenen volkanik kayalara ait 10 adet örneğinin ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri Çizelge 1 de verilmiştir. Örneklerde SiO₂ ağırlıkça %39.6-74.7, Al₂O₃ %13.35-16.55, K₂O %2,76-3,23, Na₂O %1,99- 3,49, Fe₂O₃ %0.9-7.34 ve MgO içerikleri %0.86-3.63 arasında, değişmektedir. İncelenen volkanik kayaları adlandırmak için IUGS tarafından (Le Maitre, 2002) önerilen Le Bas ve diğ. (1986), Toplam Alkali-Silis (TAS) diyagramı kullanılmıştır (Şekil 4a). İncelenen kayalar TAS diyagramına göre yüksek potasyum içerikli bazaltik traki-andezit, dasit ve riyolit bileşiminde kayalardır. Bununla birlikte incelenen bazaltik traki-andezitler Na₂O-K₂O içeriklerine göre şoşonit olarak da adlandırılmaktadır (Çizelge 2). TAS diyagramı taze volkanik kayalar için uygundur. Kimyasal analizle elde edilen ateşte kayıp (LOI) değeri alterasyonun bir göstergesi olarak kullanılabilir. Genel olarak LOI değerinin % 2.5 olması durumunda kaya taze olarak değerlendirilmektedir. LOI değerine bakıldığında, kimyasal analizi yapılan volkanik kayaların bazılarında özellikle anklav ve anklav içeren ana kayada bu değeri aştığı (LOI=2.5-12%) gözlenmektedir. LOI ve major oksit içeriklerinde gözlenen bu anormal farklılık magma karışımı prosesi ile açıklanabilmektedir. Bu durum anklavın içermiş olduğu amfibol ve biyotitlerde yer yer gözlenen opasitleşmeler, feldisptalarda gözlenen killeşmeler ve kaya içerisinde gözlenen karbonatlaşmalar ile uyum içindedir. İncelenen volkanik kayalar şoşonitten yüksek-K kalk-alkalene değişen bileşim sergilemektedir (Şekil 4 b, c). Bütün bunlarla birlikte, incelenen ortaç-asidik kayalar riyolitler hariç metalümino karakterli olup, volkanik yay kayaçları özelliği göstermektedir (Şekil 4 d, e). Ayrıca bazaltlar yitim bileşeni özelliği göstermektedir (Şekil 4f).



Şekil 4 (a) Le Bas ve diğ. (1986)'a göre Toplam alkali-silika diyagramı. Mavi kesikli çizgi Alkalen-Subalkalen karakter ayırımını göstermektedir (Irvine ve Baragar, 1971). (b) Peccerillo ve Taylor (1976)'e göre K_2O - SiO_2 kaya sınıflama diyagramı, (c) Irvine ve Baragar (1971)' e göre AFM diyagramı (d) Asidik kayaların Maniar ve Piccoli (1989)'e göre alüminyum doygunluk diyagramları (e) Asidik kayaların Pearce ve diğ. (1984)'e göre tektonik ortam diyagramı (f) İncelenen kayaların Pearce (2008)'e göre tektonik ortam diyagramı

Figure 4 (a) Total alkali-silica diagram according to Le Bas et al (1986). The blue dashed line shows the Alkaline-Subalkaline character distinction (Irvine and Baragar, 1971)., (b) K_2O - SiO_2 rock classification diagram according to Peccerillo and Taylor (1976), (c) AFM according to Irvine and Baragar (1971) diagram, (d) Aluminum saturation diagrams of acidic rocks according to Maniar and Piccoli (1989), (e) Tectonic setting diagram of the acidic rocks according to Pearce et al. (1984) (f) Tectonic setting diagram of the investigated rocks according to Pearce (2008)

Çizelge 1. İncelenen volkanik kayaların ana oksit ve iz element sonuçları (A: Anklav, AK: Ana kaya)

Table 1. Major oxide and trace element analysis results of the investigated volcanic rocks(A:Enclave, AK: Host-rock)

	Dasit	Dasit	Dasit	Dasit	Andezit	Dasit+anklav	Dasit	Riyolit	Bazalt	Bazalt
Örnek	BT-27	BT-34	BT-37	BT-38	BT-39A	BT-40	BT-41 AK.	BT-42	BT-43	BT-44
Major Oksitler (%)										
SiO ₂	65.7	66.7	67.3	67.2	39.6	50.8	65.5	74.7	54.5	53.9
Al ₂ O ₃	15.6	15.7	15.5	16.1	14.6	15.4	14.8	13.4	16.6	16.5
Fe ₂ O ₃	3.5	4.1	3.6	3.7	6.1	4.8	3.5	0.9	7.6	7.3
CaO	4.4	3.5	3.4	3.5	14.3	10.8	4.4	0.8	9.0	9.1
MgO	1.0	1.4	0.9	1.3	2.6	1.6	1.0	0.2	3.6	3.6
Na ₂ O	3.4	3.4	3.5	3.4	2.3	2.5	3.0	3.0	3.6	3.5
K ₂ O	3.8	3.9	4.0	4.0	2.4	3.0	3.6	5.2	2.2	2.2
Cr ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO ₂	0.4	0.5	0.4	0.5	0.9	0.8	0.4	0.1	1.1	1.1
MnO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2
P ₂ O ₅	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.3	0.3
SrO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.01	0.1	0.1
BaO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
LOI	2.0	1.8	1.6	1.8	10.9	7.8	2.5	3.3	2.6	2.4
Total	98.2	99.6	98.9	100.1	83.3	90.2	96.6	98.3	98.6	97.8
İz elementler (ppm)										
Co	8.0	7.0	6.0	7.0	18.0	10.0	6.0	1.0	26.0	27.0
Cu	6.0	10.0	6.0	6.0	21.0	15.0	6.0	2.0	34.0	33.0
Li	50.0	30.0	50.0	20.0	30.0	40.0	50.0	30.0	20.0	20.0
Mo	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
Ni	1.0	2.0	1.0	1.0	8.0	4.0	1.0	<1	41.0	38.0
Pb	53.0	41.0	38.0	36.0	18.0	27.0	34.0	81.0	16.0	18.0
Sc	7.0	7.0	7.0	7.0	20.0	16.0	7.0	6.0	21.0	20.0
Zn	76.0	55.0	53.0	51.0	61.0	55.0	48.0	28.0	82.0	82.0
Ba	885.0	999.0	1,010.0	1,030.0	847.0	916.0	743.0	96.7	817.0	825.0
Ce	89.4	88.7	84.1	81.7	71.6	91.0	85.0	38.8	68.2	68.7
Cr	20.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	150.0	150.0
Cs	10.0	14.1	9.7	13.8	8.0	8.7	10.5	65.4	7.3	11.2
Dy	4.7	4.1	3.4	3.5	4.8	4.4	3.5	6.7	4.2	4.2
Er	3.0	2.6	2.1	2.2	2.9	2.6	2.1	4.7	2.6	2.5
Eu	1.2	1.2	1.0	1.1	1.4	1.3	1.1	0.3	1.5	1.5
Ga	18.7	19.2	19.0	19.6	18.7	18.7	18.3	21.6	18.8	19.0
Gd	4.8	4.4	3.7	4.0	5.5	4.9	3.9	5.2	4.4	4.5
Hf	5.1	5.1	6.2	5.6	4.2	4.7	5.2	3.9	4.5	4.7
Ho	0.9	0.8	0.7	0.7	1.0	1.0	0.7	1.4	0.9	0.9
La	54.1	50.8	48.6	48.0	38.2	53.3	50.9	20.6	37.8	38.2
Lu	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4	0.4
Nb	20.6	23.4	22.0	21.8	10.2	14.5	21.2	74.4	21.7	21.8
Nd	31.4	31.0	28.0	28.0	31.0	33.5	28.5	16.0	25.6	26.3
Pr	9.0	8.7	8.0	8.1	7.7	9.1	8.2	4.3	6.9	6.9
Rb	188.5	178.5	189.0	185.0	103.5	147.0	197.0	505.0	69.5	75.2
Sm	5.6	5.5	4.8	4.8	5.8	5.9	4.6	4.8	4.8	4.8
Sn	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	9.0	2.0	2.0
Sr	508.0	608.0	538.0	621.0	664.0	628.0	453.0	48.8	736.0	765.0
Ta	2.0	2.3	2.2	2.1	0.8	1.3	2.0	9.0	1.5	1.5
Th	29.6	29.6	30.0	29.7	12.2	22.0	29.3	36.1	12.7	12.8
Tm	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.8	0.4	0.4
U	8.7	11.9	11.9	12.7	9.3	6.6	9.5	33.7	4.1	4.2
V	67.0	81.0	76.0	80.0	211.0	162.0	70.0	11.0	168.0	172.0
W	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0	5.0	3.0	7.0	1.0	1.0
Y	30.6	25.2	21.0	21.8	32.5	31.9	24.5	51.4	24.4	25.0
Yb	2.8	2.4	2.2	2.2	2.5	2.4	2.2	5.4	2.4	2.4
Zr	190.0	190.0	230.0	211.0	156.0	170.0	195.0	76.0	195.0	197.0

Çizelge 2. IUGS'ye göre TAS diyagramında Trakibazalt, Bazaltik Trakiandezit ve Trakiandezit alanlarına düşen kayaların alt sınıflaması.

Table 2. Subclassification of rocks falling into Trachybasalt, Basaltic Trachyandesite and Trachyandesite areas in TAS diagram according to IUGS.

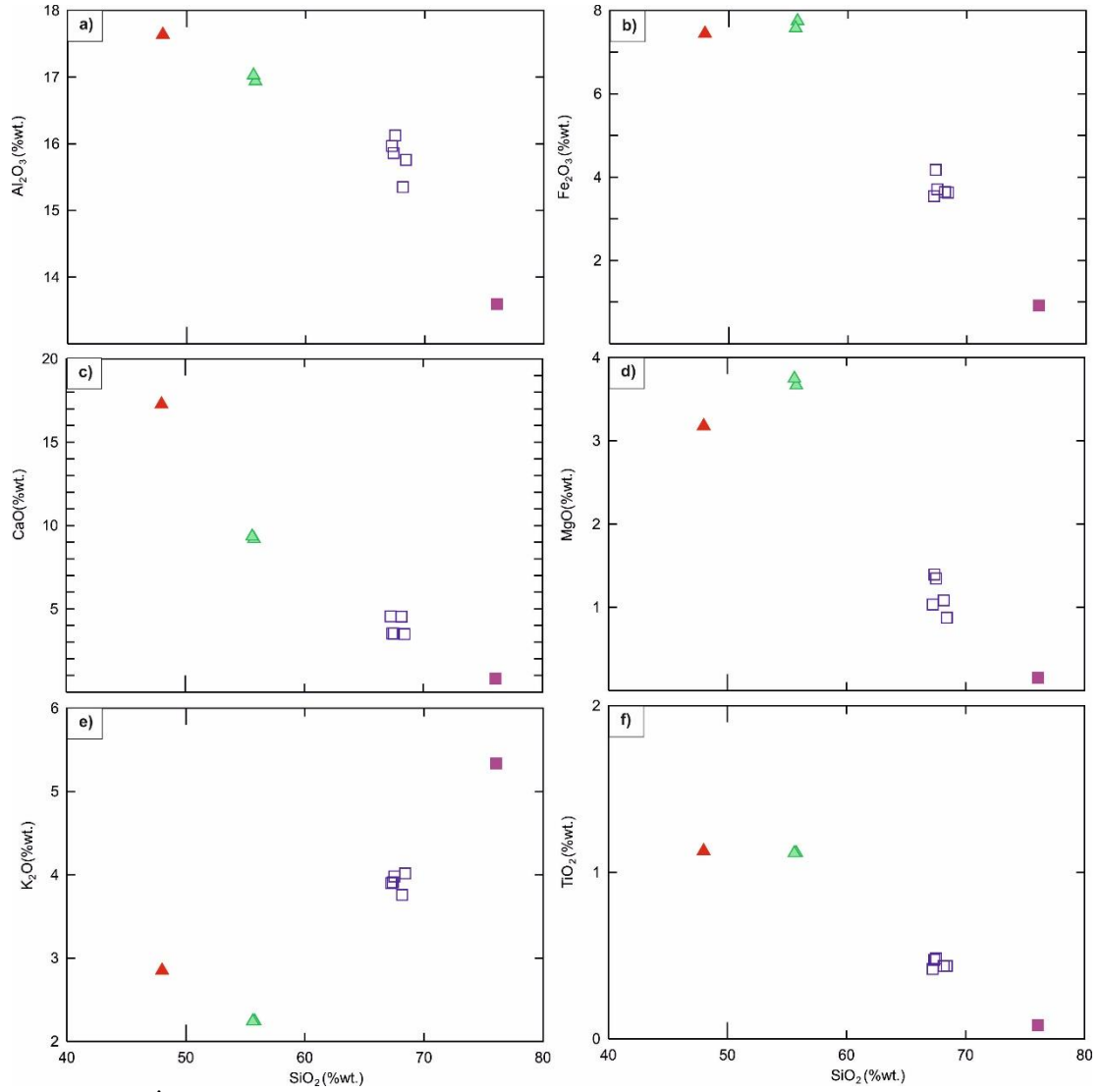
	Trakibazalt	Bazaltiktraki-andezit	Trakiandezit
$Na_2O - 2.0 \geq K_2O$	Havayit	Mujearit	Benmorit
$Na_2O - 2.0 < K_2O$	Potasik traki-bazalt	Şoşonit	Latit

Kayaların Majör İz Element İçerikleri Ve Dağılımları (Major-Trace Element Contents of the Rocks and Their Distribution)

İncelenen volkanitlerde SiO_2 'e karşı ana oksit ve iz elementlerdeki değişimler kayaların içerisinde gözlemlenen ana fenokristal fazlarının ayrılaşmasıyla ilişkilidir. Ana ve iz elementlerin değişim diyagramları incelendiğinde elementlerin birbirleriyle olan ilişkileri fraksiyonel kristalleşme, asimilasyon, kontaminasyon veya magma karışım olayları ile açıklanabilir. LOI değeri >2 olan kayaların (Anklav ve anklav içerikli ana kaya) SiO_2 'ye karşı ana-iz element değişimlerinin doğru sonuç vermeyeceği bilindiğinden bunların değerlendirilmemesi onların yerine bazalt ve dasitik kayaların kimyasal içeriklerinin değerlendirilmesinin daha doğru olacağı düşünülmektedir. En mafik üye olan bazaltlarda SiO_2 artışıyla MgO , Fe_2O_3 , CaO , Al_2O_3 , Zr içerikleri azalarak negatif bir ilişki K_2O artışıyla pozitif bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 5 ve 6). TiO_2 ve Fe_2O_3 azalışı magnetit kristalleşmesini göstermektedir. MgO , CaO , Ni ve Sc 'nin azalması olivin ve klinopiroksenin, MgO , CaO ve Al_2O_3 azalması büyük ölçüde plajiyoklaz kristallenmesini gösterir. SiO_2 artışıyla kristallenme basıncı ile klinopiroksen ve plajiyoklaz azalmakta, magmadaki su içeriği artmaktadır. SiO_2 artışına karşı Al_2O_3 azalışı volkanik kayaların gelişiminde hornblend fraksiyonlaşmasının da etkili olabileceğini göstermektedir.

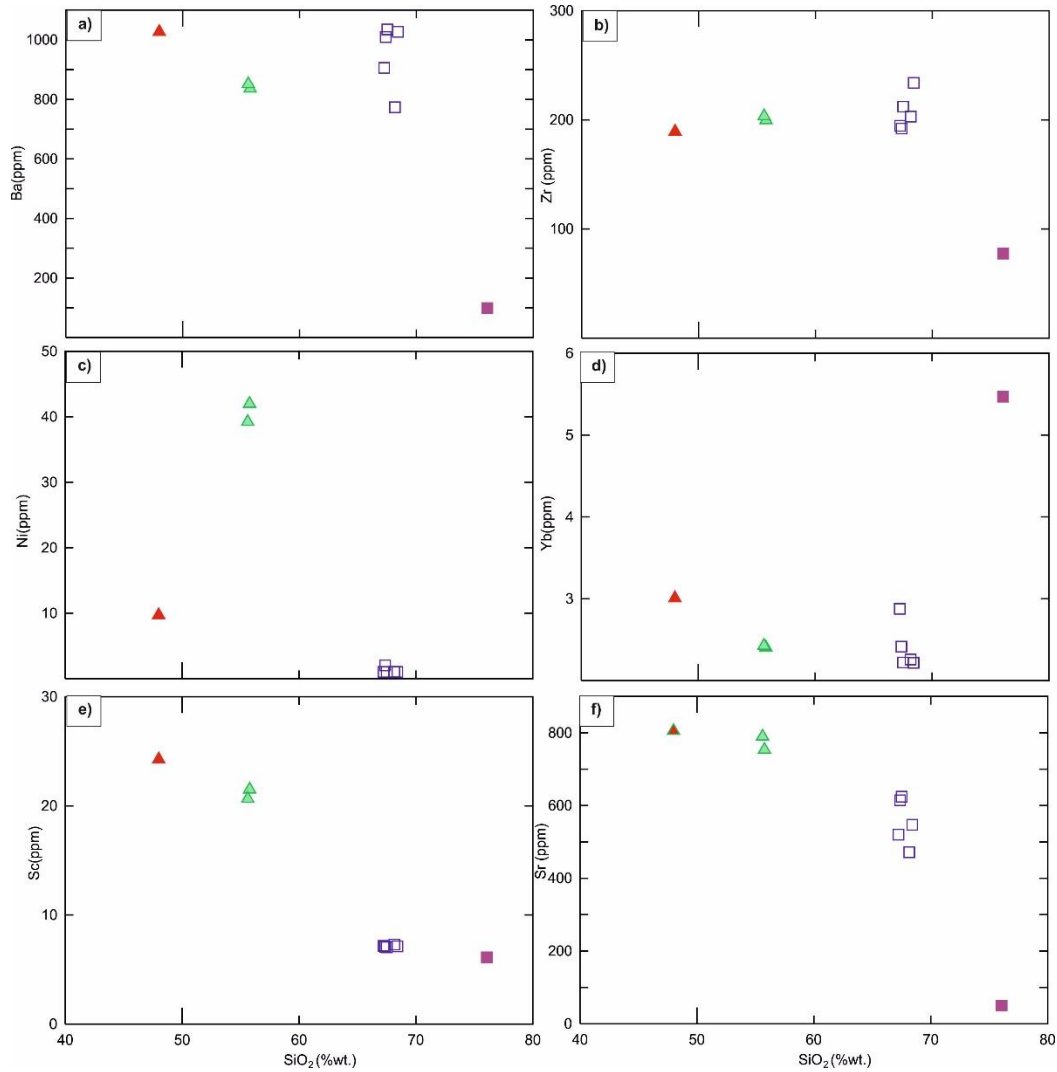
İncelenen dasitlerde ve riyolitlerde ise SiO_2 ye karşı K_2O , Zr içeriklerinde görünür biçimde artma ve pozitif bir ilişki, Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , Ba , Sr içeriğinde kısmen azalma ve negatif bir ilişki görülmektedir (Şekil 5 ve 6). SiO_2 artarken MgO , CaO , Co 'ın kısmen azalması amfibolün, CaO , Al_2O_3 ve Sr 'nin azalması plajiyoklazların, Fe_2O_3 , TiO_2 azalması $Fe-Ti$ oksitlerin fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır.

İncelenen kayaların N-MORB (Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı-N-OOSB) normalize (Hofmann, 2008) edilmiş iz element desenleri tipik olarak orojenik kayalarda gözlenen, yitim bileşeninin veya kabuk kontaminasyonunun varlığı ile ilişkili negatif Nb , Ta ile karakteristiktir (Şekil 7a). İncelenen örneklerin kondrit'e (Nakamura, 1974) göre normalleştirilmiş nadir toprak element dağılımlarında (Şekil 7b), Hafif Nadir Toprak Elementlerin (HNTE) Ağır Nadir Toprak Elementlerden (ANTE) daha fazla zenginleştiği görülmektedir ($La_N/Lu_N = 2.6-15.09$; $Gd_N/Yb_N = 0.75-1.72$). HNTE'lerin ANTE'lere göre zenginleşmesiyle oluşan konkav şeklindeki dağılım, klinopiroksen ve/veya hornblend fraksiyonlaşmasına (Thompson ve diğ., 1984), işaret etmektedir. İncelenen kayalarda riyolitler hariç gözlemlenen konkav şekilli – kaşık şekilli ANTE desenleri klinopiroksen ve amfibol fraksiyonlaşmasının kayalarının gelişiminde önemli rol oynadığını göstermektedir (Arslan ve diğ., 2013). Bununla birlikte riyolitlerde bu desenin görülmeşi, riyolitlerin mafik faz olarak piroksen ve amfibol içermeyişi ile uyum içindedir.



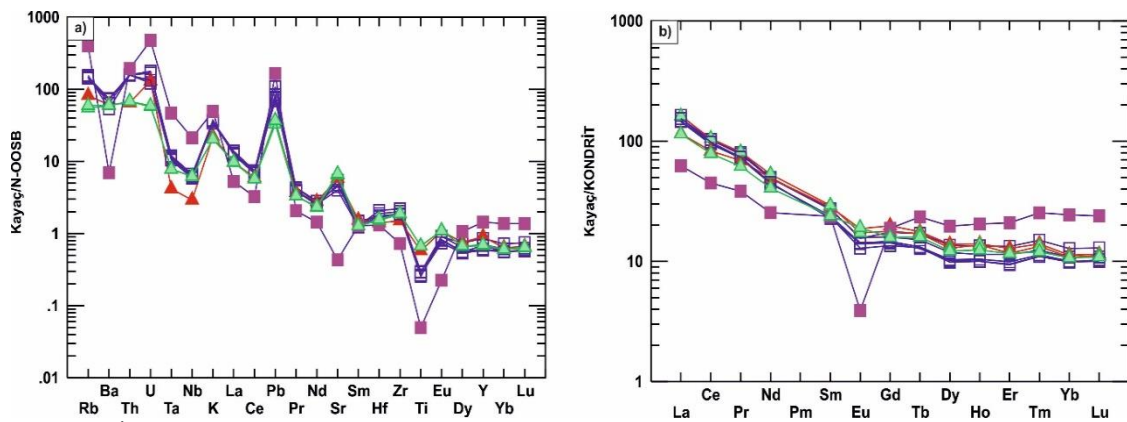
Şekil 5. İncelenen volkanik birimlerin SiO₂'ye karşı seçilmiş ana oksit (ağ. %) değişim diyagramları. Semboller Şekil 4 ile aynıdır.

Figure 5. Variation diagrams of the selected major oxide (wt%) versus SiO₂ of the studied volcanic units. Symbols are the same as in Figure 4.



Şekil 6. incelenen volkanik birimlerin SiO_2 'ye karşı seçilmiş iz element (ppm) değişim diyagramları. Semboller Şekil 4 ile aynıdır.

Figure 6. Selected trace element (ppm) variation diagrams against SiO_2 of the investigated volcanic units. Symbols are the same as in Figure 4.



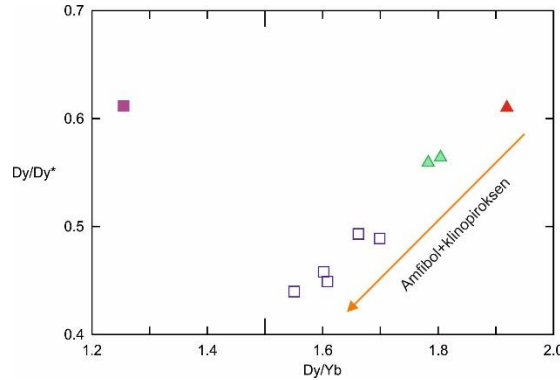
Şekil 7. İncelenen kayaların (a) Hofmann (1988)'a göre NMORB (N-OOSB-Normal Okyanus Ortası Sırt Bazaltları) normalize edilmiş ve (b) Nakamura (1974)' e göre Kondrite normalize edilmiş diyagramları

Figure 7. (a) NMORB (NMORB-Normal-Mid-Ocean Ridge Basalts) normalized according to Hofmann (1988) and (b) Chondrite normalized according to Nakamura (1974) diagrams of the investigated rocks

SONUÇLARIN İRDELENMESİ (DISCUSSION)

Genel olarak inceleme alanındaki kayaların BİYE (Büyük İyon Yarıçaplı Elementler; özellikle Sr, K, Rb, Ba, Th) zenginleşmekte olduğu gözlenmektedir (Şekil 7a). Volkanik kayalarda BİYE içeriğinde zenginleşme kabuk kontaminasyonuna veya magma karışımına işaret etmektedir. Nb de gözlenen negatif anomali kayaların ana magmasının gelişiminde yitim bileşeninin etkili bir şekilde rol oynadığını göstermektedir (Pearce, 1983). BİYE konsantrasyonları sulu akışkan faz tarafından kontrol edilirken, YAEE (yüksek alan enerjili element)'ler kaynak kayacın kimyası ve kristal/eriyik prosesleri tarafından kontrol edilirler (Rollinson, 1993). Riyolit ve dasitlerin kondrite normalize edilmiş değerleri irdelendiğinde önemli derecede negatif Eu anomalisi ($Eu/Eu^* = 0.18-0.78$) gözlenmektedir. Bu durum dasitlerin gelişiminde plajiyoklaz fraksiyonlaşmasının önemli oranda etkili olduğunu ve kayacın plajiyoklaz doğasıyla uyum içinde olduğunu göstermektedir. Bazaltlarda ise önemli bir Eu anomalisi görülmemekle birlikte Eu/Eu^* oranı 0.96-0.97 dir ($Eu/Eu^* = E_{CN}/(S_{mCN} \cdot G_{dCN})^{0.5}$) eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır (CN: Kondrit normalize değeridir (Sun ve McDonough, 1989)). İncelenen kayalardaki tüm negatif Ti anomalisi Fe-Ti oksitlerin fraksiyonlaşmasını göstermektedir. Riyolitlerde gözlenen belirgin negatif Ba anomalisi ise sanidinlerin fraksiyonlaşması ile ilişkilidir ve petrografik incelemelerinde gözlenen sanidin mikrofeno kristallerinin varlığı ile örtüşmektedir. Bununla birlikte SiO_2 -iz element değişim diyagramlarında riyolitlerde gözlenen belirgin şekilde Zr tüketimi ve Yb zenginleşmesi zirkon fraksiyonlaşmasını göstermektedir.

Bütün bunların yanında, kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element dağılım diyagramları ve okyanus ortası sırt bazaltlarına normalize edilmiş iz element diyagramlarında riyolitler hariç tüm örneklerin birbirlerine paralellik gösterdiği, dolayısıyla bu kayaçların aynı kökenden türeyebilecekleri söylenebilir. Riyolitlerde Ba, Sr, Eu, ve Ti desenlerinde önemli derecede farklılık gözlenmektedir. ANTE de gözlenen kaşık şekilli desen ile birlikte Dy/Dy^* oranının >1 olması ($Dy/Dy^* = D_{yCN}/(L_{aCN}^{4/13}) \cdot (Y_{bCN}^{9/13})$) eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır) amfibol fraksiyonlaşmasına işaret etmektedir (Davidson ve diğ., 2013). İncelenen kayalarda riyolitlerde Dy/Dy^* oranı 0.62 iken bu oran diğer tüm kayalarda 0.44-0.56 arasında değişim göstermektedir (Şekil 8). İncelenen volkanik kayaların Dy/Yb karşı Dy/Dy^* oranlarının ilişkisini gösteren bir diyagram üzerinde riyolitlerin ve diğer kaya gruplarının iki farklı alana düştüğü, bazalt ve dasitlerin klinopiroksen ve amfibollerin birlikte fraksiyonlaşabileceği (Şekil 8) bir trend sergiledikleri görülmektedir (Davidson ve diğ., 2013). Bu durum riyolitlerin diğer kayalardan daha farklı bir diferansiyasyon hikayesine sahip olduğunu göstermektedir.



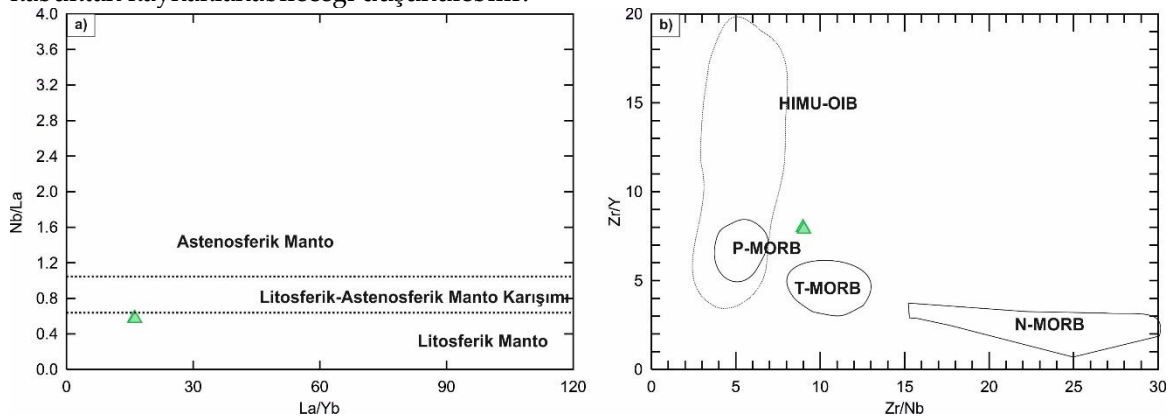
Şekil 8. İncelenen volkanik kayaların Dy/Yb karşı Dy/Dy^* oranlarının ilişkisini gösterir diyagram. Amfibol+klinopiroksen fraksiyonlaşma trendi Davidson ve diğ. (2013)'e göredir.

Figure 8. Diagram showing the relationship of Dy/Yb versus Dy/Dy^ ratios of the investigated volcanic rocks.*

Amphibole+clinopyroxene fractionation trend is based on Davidson et al. (2013).

Özellikle Th ve K içeriklerinin zenginleşmesi kabuktan oluşan kirlenmeyi göstermektedir (Thompson ve diğ., 1984; Pearce ve Peate, 1995; Elburg, 1996). İncelenen volkanik kayaların HNTE ve BİYE'lerce zenginleşmesi, buna karşın özellikle negatif Nb-Ta anomalisi göstermesi yitim sonucu dalan levhanın kaynağa olan katkısı ile veya kabuksal bileşenlerin etkisiyle açıklanabilmektedir. Litosferik mantodan oluşan kayaların La/Nb oranının genelde 1'den büyük, astenosferik mantodan oluşan kayaların La/Nb oranlarının ise 0,7 seviyesinde olduğu bilinmektedir (DePaolo ve Daley, 2000). İncelenen volkanik kayalarda en evrimleşmiş örnek olan riyolitler hariç La/Nb oranı 1.75–3.75 arasında olup, litosferik mantodan türediklerine işaret etmektedir. Bununla birlikte, örneklerin Zr/Sm oranları da riyolitler hariç genel itibariyle 30 ile 48 arasında değişmektedir bu da zenginleşmiş litosferik manto kökenli olduklarına işaret etmektedir (Wilson, 1989). Bu nedenle, incelenen volkanik kayalar zenginleştirilmiş litosferik mantodan türemiş olabilir.

Mafik kayaçların bileşimi ($MgO > \text{ağırlıkça } \%4$; Peccerillo (2005)), üst mantodan türetilen birincil eriyiklere en yakın bileşime sahip oldukları için manto kaynak bileşimleri hakkında en doğru bilgiyi verir. 1000 ppm Cr, 400 ppm Ni, %8 MgO (Best, 2003) ve düşük BİYE/YAEE/HFSE değerleri (Weaver, 1991) içeren bazaltlar, birincil manto kaynağından türetildiğini gösterir. İncelenen bazaltik kayaların MgO, Cr, Ni değerleri ilksel bileşimi yansıtmadıklarından (Çizelge 2) oldukça diferansiye ürünler olduklarını göstermektedir. Bu nedenle kaynak alan belirlenmesi ile ilgili yapılacak petrolojik modelleme çalışmaları kullanılamamaktadırlar. Ancak zenginleşmiş içerikleri nedeniyle Nb/La-La/Yb diyagramı ve Zr/Y ve Zr/Nb diyagramlarında zenginleşmiş doğalarının belirlenmesi için kullanılmışlardır (Şekil 9). Yüksek Zr/Y ve düşük Zr/Nb değerleri "düşük ergime derecelerini" göstermektedir. Diğer taraftan, yüksek Zr/Nb ve düşük Zr/Y değerleri ise "yüksek ergime derecelerini" gösterir (Menzies ve Kyle, 1990). Ayrıca bu diyagram üzerine tüketilmiş manto kaynağının yüksek dereceli ergiyiklerini temsil eden N-MORB (N-OOSB), zenginleşmiş manto sorguğunun düşük dereceli kısmi ergiyiklerini temsil eden P-MORB (P-OOSB) ve bunlar arasındaki geçisi temsil eden T-MORB alanları da gösterilmektedir. HIMU-OIB lavları üst manto malzemesinin plume yerleşiminden kaynaklanan düşük derecede kısmi ergimesini temsil eder (Halliday ve diğ., 1988). İncelenen bazaltlar (şoşonitler) bu diyagram üzerinde geçisi temsil eden P-MORB ve T-MORB arasındaki zenginleşmeyi karakterize eden alana düşerler ve nispeten düşük Zr/Y ile düşük Zr/Nb değerleriyle karakterize olurlar. Düşük Zr/Y (4.8-10,9) ve Zr/Nb (8.11-15,29) oranları litosferik manto kaynağının düşük derecede kısmi ergimesine işaret etmektedir. Kaynakta gözlenen bu nispeten zenginleşmenin dalma-batma ile geri dönen yaşlı okyanusal kabuktan kaynaklanabileceği düşünülebilir.



Şekil 9 En ilkel örneklerin (bazaltlar) (a) La/Yb - Nb/La ve (b) Zr/Nb - Zr/Y diyagramları

Figure 9 (a) La/Yb versus Nb/La and (b) Zr/Nb versus Zr/Y diagrams of the most primitive samples (basalts)

SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

İncelenen volkanik kayalar kalkalkalen karakterli, yüksek-K kalk-alkalen ve şoşonitik lavlardan oluşmaktadır. Jeokimyasal açıdan bazaltik traki-andezit, dasit ve riyolit biçiminde olan kayalardan bazı dasitler boyutları mm-den dm-ye değişen boyutta bol miktarda anklav içermektedir. Anklavlar dokusal özellikleri (söndürülmüş amfibol, bıçaksı biyotit, elek dokulu plajiyoklaz mineralleri ile ince taneli kaya dokusu) ve mineralojik açıdan ana kayalarına benzemeleri nedeniyle magma karışımı anklavlarına benzemektedirler. Anklav ve anklav içerikli kayaların LOI değerleri magma mixing süreçleri nedeniyle oldukça yüksektir.

Ana ve iz element değişimleri, incelenen bazaltik kayaların gelişiminde olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz ve Fe-Ti oksit, dasitik kayaların gelişiminde plajiyoklaz, klinopiroksen, hornblend ve Fe-Ti oksit fraksiyonlaşmasının etkili olduğunu göstermektedir. Riyolitlerde ise biyotit, sanidin, plajiyoklaz, Fe-Ti oksit ve tali mineral olarak da zirkon fraksiyonlaşmasından söz edilebilir. İncelenen kayaların N-MORB (N-OOSB) normalize diyagramlarında tipik orojenik desen sergilemektedirler. BİYE ve HNTE ile zenginleşme gösteren bu kayalar yitim bileşeni etkisi ve kabuk kontaminasyonu etkisi göstermektedir. İncelenen kayalarda, riyolitler hariç Dy/Dy* oranı 0.44-0.56 arasında değişim göstermektedir ve bu durum ANTE desenlerindeki kaşık desen ile birlikte kayaların gelişiminde hem amfibol hem de piroksen fraksiyonlaşmasının teorik olarak mümkün olabileceğini göstermektedir. Major-iz element değişim diyagramları ve örümcek diyagramları göz önünde bulundurulduğunda riyolitlerin diğer kaya grubundan farklı bir fraksiyonlaşma hikayesine sahip olduğu düşünülmektedir. Kondrit normalize NTE ve OOSB normalize iz element diyagramları incelendiğinde riyolitlerin diğer kaya gruplarından farklı kökenden türemiş olabilecekleri söylenebilir.

Elde edilen veriler ışığında Tepeköy yöresinde yüzeyleyen Miyosen yaşlı kayaların gelişiminde fraksiyonel kristalleşme, kontaminasyon ve magma mixing süreçlerinin önemli ölçüde etkili olduğu ileri sürülmektedir. Bununla birlikte bu makaleden elde edilen veriler ışığında kayaların zenginleşmiş litosferik manto kaynaklı olduğu ve çarpışma sonrası yüksek K içerikli bimodal volkanizmanın ürünleri oldukları öne sürülmektedir.

TEŞEKKÜR VE KATKI BELİRTME (ACKNOWLEDGEMENT AND CONTRIBUTIONS)

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü BAP211007061 numaralı proje tarafından finanse edilmektedir. Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü'ne katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztaş, D., and Şen, C., 2013, 40Ar–39Ar dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin: Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 166, no. 1, 113-142.
- Asan, K., Kurt, H., Gündüz, M., Gençoğlu Korkmaz, G., and Morgan, G., 2021, Geology, geochronology, and geochemistry of the Miocene Sulutas volcanic complex, Konya-Central Anatolia: genesis of orogenic and anorogenic rock associations in an extensional geodynamic setting: International Geology Review, 1-32.
- Best, M. G., 2003, Igneous and metamorphic petrology, John Wiley & Sons.
- Davidson, J., Turner, S., and Plank, T., 2013, Dy/Dy*: Variations Arising from Mantle Sources and Petrogenetic Processes: Journal of Petrology, v. 54, no. 3, 525-537.

- DePaolo, D. J., and Daley, E. E., 2000, Neodymium isotopes in basalts of the southwest basin and range and lithospheric thinning during continental extension: *Chemical Geology*, v. 169, no. 1-2, 28.
- Elburg, M. A., 1996, Genetic significance of multiple enclave types in a peraluminous ignimbrite suite, Lachlan Fold Belt, Australia: *Journal of Petrology*, v. 37, no. 6, 1385-1408.
- Eren, Y., 1993, Konya Kuzeybatısında Bozdağlar Masifinin Otokton ve Örtü Birimlerinin Stratigrafisi: *Geological Bulletin of Turkey*, v. 36, 7-23.
- Gençoğlu Korkmaz, G., Asan, K., Kurt, H., and Morgan, G., 2017, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology, elemental and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of the Neogene bimodal volcanism in the Yükselen area, NW Konya (Central Anatolia, Turkey): *Journal of African Earth Sciences*, v. 129, 427-444.
- Gençoğlu Korkmaz, G., Kurt, H., Asan, K., and Leybourne, M., 2022, Ar-Ar Geochronology and Sr-Nd-Pb-O Isotopic Systematics of the Post-collisional Volcanic Rocks from the Karapınar-Karacadağ Area (Central Anatolia, Turkey): An Alternative Model for Orogenic Geochemical Signature in Sodic Alkali Basalts: *Journal of Geosciences*, v. 67, no. 1, 53-69.
- Halliday, A., Dickin, A., Fallick, A., and Fitton, J., 1988, Mantle dynamics: a Nd, Sr, Pb and O isotopic study of the Cameroon line volcanic chain: *Journal of Petrology*, v. 29, no. 1, 181-211.
- Hofmann, A. W., 1988, Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 90, no. 3, 297-314.
- Hofmann, A.W., 2008, 2.03 - Sampling Mantle Heterogeneity through Oceanic Basalts: Isotopes and Trace Elements. In: Holland HD, Turekian KK (eds) *Treatise on Geochemistry*. Pergamon, Oxford, pp 1-44
- Irvine, T., and Baragar, W. R. A., 1971, A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, 523-548.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., and Zanettin, B. A., 1986, A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram: *J. Petrol*, v. 127, 745.
- Le Maitre, R. W., 2002, A classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. : Cambridge University press Cambridge University press, 236.
- Maniar, P. D., and Piccoli, P. M., 1989, Tectonic discrimination of granitoids: *Geological society of America bulletin*, v. 101, no. 5, 635-643.
- Menzies, M. A., and Kyle, P. R., 1990, Continental volcanism: a crust-mantle probe: *Continental mantle*, 157-177.
- Nakamura, N., 1974, Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 38, no. 5, 757-775.
- Pearce, J., 1983, Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margin: *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, 230-249.
- Pearce, J., Harris, N., and G. Tindle, A., 1984, Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks, *Journal of Petrology*, 956-983.
- Pearce, J. A., 2008, Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust: *Lithos*, v. 100, no. 1-4, 14-48.
- Pearce, J. A., and Peate, D. W., 1995, Tectonic Implications of the Composition of Volcanic ARC Magmas: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 23, no. 1, 251-285.

- Peccerillo, A., 2005, Plio-Quaternary Volcanism in Italy: Petrology, Geochemistry, Geodynamics, 443.
- Peccerillo, A., and Taylor, S., 1976, Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey: Contributions to mineralogy and petrology, v. 58, no. 1, 63-81.
- Rollinson, H. R., 1993, Using geochemical data: evaluation: Presentation, interpretation. Singapore. Ongman.
- Şengör, A. C., and Yilmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: Tectonophysics, v. 75, no. 3-4, 181-241.
- Sun, S., and McDonough, W., 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes: Geological Society, London, Special Publications, v. 42, no. 1, 313-345.
- Thompson, R., Morrison, M., Hendry, G., and Parry, S., 1984, An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: an elemental approach: Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, v. 310, no. 1514, 549-590.
- Van Hinsbergen, D. J., Maffione, M., Plunder, A., Kaymakçı, N., Ganerød, M., Hendriks, B. W., Corfu, F., Gürer, D., de Gelder, G. I., and Peters, K., 2016, Tectonic evolution and paleogeography of the Kırşehir Block and the Central Anatolian Ophiolites, Turkey: Tectonics, v. 35, no. 4, 983-1014.
- Weaver, B. L., 1991, The origin of ocean island basalt end-member compositions: trace element and isotopic constraints: Earth and Planetary Science Letters, v. 104, no. 2-4, 381-397.
- Whitney, D. L., and Evans, B. W., 2009, Abbreviations for names of rock-forming minerals: American Mineralogist, v. 95, no. 1, 185-187.
- Wilson, B. M., 1989, Igneous petrogenesis a global tectonic approach, Springer Science & Business Media.