



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YUNAK (KONYA) LAMPROİTİK
KAYALARININ PETROGRAFİK VE
JEOKİMYASAL İNCELEMESİ

Metehan AYYÜREK

YÜKSEK LİSANS

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Metehan AYYÜREK tarafından hazırlanan “Yunak (Konya) Lamproitik Kayalarının Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi” adlı tez çalışması 07/04/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Hüseyin KURT
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Danışman

Prof. Dr. Kürşad ASAN
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Prof. Dr. Tamer KORALAY
(Pamukkale Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması KTUN BAP tarafından 241007015 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Metehan AYYÜREK
Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

YUNAK (KONYA) LAMPROİTİK KAYALARININ PETROGRAFİK ve JEOKİMYASAL İNCELEMESİ

Metehan AYYÜREK
Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kürşad ASAN

2025, 29 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Hüseyin KURT
Prof. Dr. Kürşad ASAN
Prof. Dr. Tamer KORALAY

Bu çalışmada Yunak (Konya) güneyinde yüzeyleyen lamproitik kayaların petrografik ve jeokimyasal (major-iz element ve Nd-Hf izotopları) özellikleri araştırılmıştır. Çalışma alanının temelinde, Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı, dolomit ve ofiyolitik kayalar yer almaktadır. Bu temel üzerine, Miyo-Pliyosen yaşlı göl-akarsu çökelleri ve küçük hacimli lav akıntıları olarak yüzeyleyen Yunak Lamproitik Kayaları (YLK) uyumsuz olarak gelmektedir.

YLK birimleri değişken oranlarda olivin, klinopiroksen, filogopit, nadir amfibol fenokristallerinin sanidin, klinopiroksen ve opak minerallerce zengin mikrolitik veya mikrokristalen hamur içinde dağıldığı porfirik doku ile karakteristiktir. YLK birimleri olivin lamproit, filogopit lamproit ve bunların arasındaki geçişli temsil eden olivin filogopit lamproit olarak sınıflandırılmıştır.

YLK birimlerinin SiO_2 içerikleri % 53-57 arasında değişmekte ve jeokimyasal olarak ultrapotasik (K_2O : % 5-11; MgO : % 6-11 ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$: % 3-11) karakter sergilemektedir. Ayrıca YLK, yüksek Ba (~1000-4000 ppm), Zr (~500-1000 ppm), Sr (~950-1100 ppm) içeriklerine sahiptir. YLK birimleri, orojenik (olivin lamproit; göreceli yüksek BİYE/YAEE oranları) ve anorojenik (filogopit lamproit; göreceli düşük BİYE/YAEE oranları) olmak üzere iki farklı tip uyumsuz iz element deseni sergilemektedir. İlaveten, olivin lamproitler (ϵNd : -5.93'den -6.03'a kadar; ϵHf : -8.01'den -8.41'e kadar) ile filogopit lamproitler (ϵNd : -2.32; ϵHf : 5.92) arasında Nd-Hf izotop bileşimleri açısından belirgin farklılık mevcuttur. Jeokimyasal olarak farklı bu iki kaya grubu birbirleriyle fraksiyonel kristalleşme yoluyla ilişkili olamazlar. Ayrıca, incelenen lamproitik kayaların gelişiminde kabuk kontaminasyonunun etkisi önemsizdir. Böylece, bu belirgin jeokimyasal farklılık bunların farklı manto kaynağından türediğine işaret etmektedir.

Elde edilen jeokimyasal bulgular, orojenik YLK birimlerinin yakın geçmişteki dalma-batma (yitim) süreçleriyle ilişkili olarak metasomatize olmuş litosferik manto kaynağından, anorojenik YLK birimlerinin ise astenosferik ergiyikler ile ilaveten zenginleştirilmiş litosferik manto kaynağından türediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeokimya, Nd-Hf izotopları, Lamproit, Petroloji, Ultrapotasik Kayaç, Yunak Lamproitik Kayaları

ABSTRACT

MS THESIS

PETROGRAPHICAL and GEOCHEMICAL INVESTIGATION of the YUNAK (KONYA) LAMPROITIC ROCKS

Metehan AYYÜREK

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Kürşad ASAN

2025, 26 Pages

**Jury
Prof. Dr. Hüseyin KURT
Prof. Dr. Kürşad ASAN
Prof. Dr. Tamer KORALAY**

In this study, petrographical and geochemical (major-trace element and Nd-Hf isotopes) properties of lamproitic rocks from the Yunak area (Konya) were investigated. Jurassic-Cretaceous limestone, dolomite and ophiolitic rocks constitute basement of the study area. Mio-Pliocene fluvio-lacustrine deposits and Yunak Lamproitic Rocks (YLK) which outcrops as small volume lava flows, unconformably overlie this basement.

The YLK units are characterized by porphyritic textures in which variable amounts of olivine, clinopyroxene, phlogopite, and rare amphibole phenocrysts are set in microlitic or microcrystalline groundmass rich in sanidine, clinopyroxene and opaque minerals. The YLK units are classified as olivine lamproite, phlogopite lamproite, and olivine phlogopite lamproite representing the transition between them.

The SiO₂ contents of the YLK units vary from 53% to 57% and they geochemically exhibit ultrapotassic (K₂O: 5-11%; MgO: 6-11% and K₂O/Na₂O: 3-11%) character. Additionally, YLK has high Ba (~1000-4000 ppm), Zr (~500-1000 ppm), Sr (~950-1100 ppm) contents. YLK units exhibit two different types of incompatible trace element patterns: orogenic (olivine lamproite; relatively high LILE/HFSE ratios) and anorogenic (phlogopite lamproite; relatively low LILE/HFSE ratios). Additionally, there exists a significant difference in Nd-Hf isotope compositions between olivine lamproites (ϵ_{Nd} : -5.93 to -6.03; ϵ_{Hf} : -8.01 to -8.41) and phlogopite lamproites (ϵ_{Nd} : -2.32; ϵ_{Hf} : 5.92). These two geochemically different rock groups cannot be related to each other by fractional crystallization. Moreover, the effect of crustal contamination in the evolution of the studied lamproitic rocks is insignificant. Thus, the prominent geochemical difference indicates that they were derived from different mantle sources.

The obtained geochemical findings show that the orogenic YLK units were derived from a lithospheric mantle source metasomatized by recent subduction-related processes, while the anorogenic YLK units were derived from a lithospheric mantle source that has been additionally enriched with asthenospheric melts.

Keywords: Geochemistry, Nd-Hf isotopes, Lamproite, Petrology, Ultrapotassic Rocks, Yunak Lamproitic Rocks

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada, Yunak (Konya) çevresinde yüzeyleyen Neojen yaşlı lamproitik kayaların petrografisi ve tüm kaya jeokimyası (majör-iz elementler ve Nd-Hf izotopları) incelenerek bölge jeolojisine katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma kapsamında beni yönlendiren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışmanım Prof. Dr. Kürşad ASAN'a teşekkür ederim. Ayrıca her türlü destek ve yardımlarından dolayı Prof. Dr. Hüseyin KURT'a ve Prof. Dr. Tamer KORALAY'a teşekkür ederim. Aynı zamanda, bu çalışmanın yürütüldüğü Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, tüm kaya jeokimya analizlerini yapan Sample Solution Lab (Çin) personeline ve petrografi amaçlı ince kesitlerin hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü teknik ekibine teşekkür ederim. Son olarak çalışmalarımnda maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen aileme teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Metehan AYYÜREK
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	4
4. GENEL JEOLojİ VE STRATİGRAfİ	5
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	9
5.1. Sınıflama, Adlama ve Petrografi	9
5.1.1. Olivin Lamproit	10
5.1.2. Filogopit Lamproit	11
5.2. Major ve İz Element Jeokimyası	13
5.3. Nd-Hf İzotop Jeokimyası	17
6. TARTIŞMA	18
6.1. Fraksiyonel Kristalleşme ve Kontaminasyon	18
6.2. Tektonik Ortam ve Manto Kaynağı Karakteristikleri	20
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	23
7.1. Sonuçlar	23
7.2. Öneriler	24
KAYNAKLAR	25

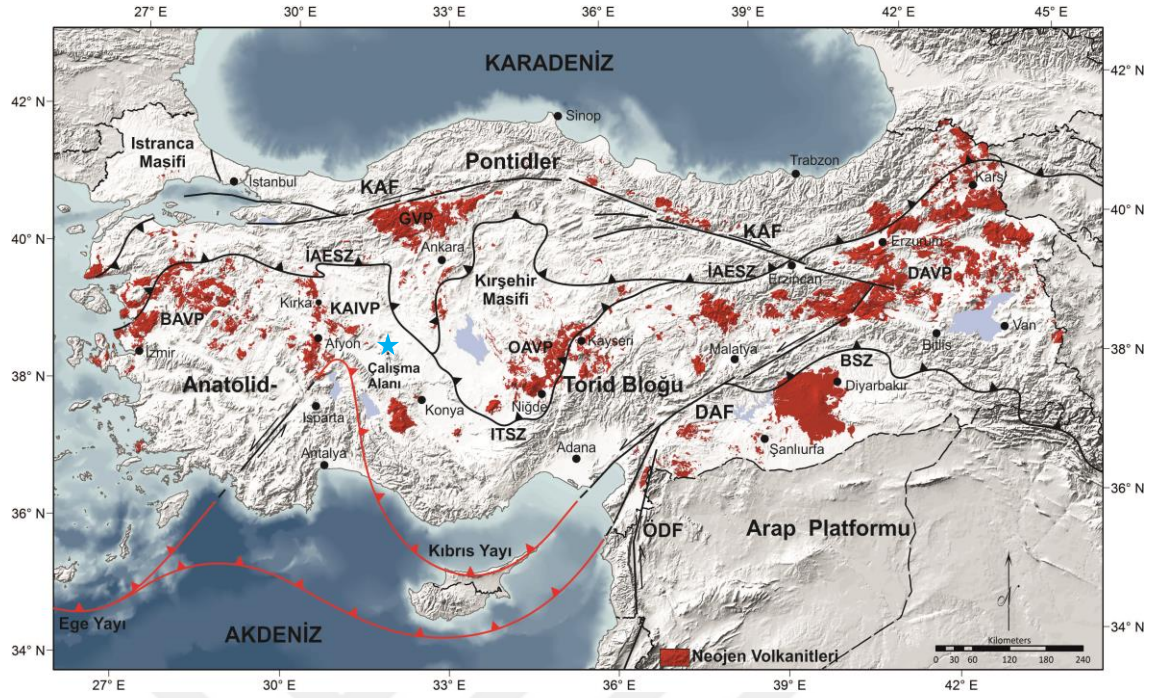
1. GİRİŞ

Bu çalışma, Doğa Bilimlerinin en temel disiplini olan Jeoloji Mühendisliği alanında, “magmatizma” araştırma konusu içinde bir Yüksek Lisans tez çalışması olarak planlanmıştır. Bu tez çalışmasının esas amacı, Yunak (Konya) çevresinde yüzeyleyen Neojen yaşlı lamproitik kayaların köken (petrojenez) ve gelişimine (diferansiyasyon) ışık tutmaktır.

Çalışma alanı içindeki Orta-Geç Miyosen yaşlı (Akal ve ark., 2013; Besang ve ark., 1977; Çevikbaş ve ark., 1988; Prelević ve ark., 2012) volkanik kayalar önceki çalışmalarda, Seydiler’in (İscehisar-Afyon) kuzeybatısında yer alan Karakaya kasabasına atfen “Karakaya Bazaltı” (Metin ve ark., 1987) olarak adlandırılmıştır. Ancak tarafımızdan yapılan saha gözlemleri, petrografik ve jeokimyasal çalışmalar, bu volkanitlerin lamproit karakterli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında bahsi geçen volkanik birimin, Yunak ilçesine atfen “Yunak Lamproitik Kayaları” olarak adlandırılması uygun görülmüştür.

Neojen yaşlı Yunak Lamproitik Kayaları (YLK), Türkiye Jeolojisinde İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zonu (İAESZ) olarak bilinen tektonik hattın güneyinde, Anatolid-Torid Bloğu üzerinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Anadolu’da, Neojen yaşlı volkanik kayalar, İAESZ’nin birbirinden ayırdığı tektonik birliklerin tümü boyunca yüzlek verdiği için, bu volkanik kayalar çarpışma-sonrası ürünler olarak değerlendirilir. Çarpışma sonrası ortamlar magmatizma açısından oldukça kompleks olup, çok farklı köken ve jeokimyaya sahip volkanik kaya ile temsil edilirler. Bu ortamda oluşan volkanik kayaları “orojenik” ve “anorojenik” olmak üzere iki ana başlıkta toplamak mümkündür. Orojenik volkanikler tipik olarak peralümino felsik kayalar ile kalk-alkalenden, şoşonitik ve ultrapotasiğe kadar değişen mafik-felsik kayalardan oluşurken, anorojenikler daha çok Na’ca zengin OIB (okyanus adası bazaltı) türü bazaltlar ve bunların farklılaşmış türleriyle temsil edilmektedir (Bonin, 2004; Wilson ve Bianchini, 1999).

Lamproitler, nadir gözlenen ve elmas içerebilen/ekonomik öneme sahip ultrapotasik sub/volkanik kayalardır. Özellikle manto ksenolitlerinin yokluğunda, bu kayaların jeokimyası manto süreçlerinin ortaya konulmasında önemli bir araçtır (Mitchell, 2020; buradaki referanslar). Böylece YLK’dan elde edilecek jeokimyasal veriler, bölgenin jeolojisine ve jeodinamik evrimine katkı sağlama potansiyeli taşımaktadır.



Şekil 1.1. Türkiye'nin Tektonik Birlikleri (Okay ve Tüysüz, 1999) ve Neojen Volkanitlerinin yayılımı (MTA, 2013). BAVP: Batı Anadolu Volkanik Provensi, OAVP: Orta Anadolu Volkanik Provensi, DAVP: Doğu Anadolu Volkanik Provensi, GVP: Galatya Volkanik Provensi, KAIVP: Kırka-Afyon-Isparta Volkanik Provensi, İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zonu, ITSZ: İç Toros Suture Zonu, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı, ÖDF: Ölü Deniz Fayı.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu çalışmanın temel araştırma konusu “lamproitik” kayalardır. Orojenik/Akdeniz-tipi ve anorojenik/kratonik olmak üzere ikiye ayrılan lamproitlerin, ileri derecede zenginleşmiş-metasomatik manto kaynağından türemiş olduğu yaygın bir görüş olup, bu konuya ait güncel tartışma Mitchell (2020) tarafından detaylı bir şekilde verilmiştir. Konu ile ilgilenen araştırmacılar bu kaynağa başvurabilirler. Aşağıda Yunak çevresinde yapılan jeolojik ve Neojen volkanik birimlerine yönelik jeokimyasal çalışmalar kısaca özetlenecektir.

Çalışma alanı ve çevresinin genel jeolojik özellikleri Umut (2008) tarafından verilmiş ve bu çalışmada da bu yazarın bulguları esas alınmıştır. Yazara göre, Yunak çevresinde Triyas-Jura’dan Kuvaterner’e kadar değişen yaş aralığında farklı kaya türleri yüzeylemektedir. Yazar, bu çalışmada “Yunak Lamproitik Kayaları” olarak adlandırılan volkanik birime, “Karakaya Bazaltı” adını uygun görmüş ve Çevikbaş ve ark. (1988)’ni kaynak göstererek bu birime Orta-Geç Miyosen yaşını vermiştir.

YLK’nın yaşı (zamansal) ve konumu (mekânsal) dikkate alındığında, Kırka-Afyon-Isparta Volkanik Provensi (KAIVP) ile ilişkili olduğu öngörülmektedir. Geniş bir alanda yayılım gösteren KAIVP kayaları incelendiğinde, çarpışma sonrası ortamların bir karakteristiği olan orojenik ve anorojenik bileşimde iki farklı tip volkanik kayanın yüzeylediği görülmektedir. KAIVP, geniş hacimli şoşonitik ila yüksek-K kalk-alkali volkanizma ve eş zamanlı ultra-potasik (lamproit ve melilit lösitit) ve Na-alkali (OIB benzeri) volkanik aktivitenin ürünlerini içerir (Akal ve ark., 2013; Dilek ve Altunkaynak, 2010; Francalanci ve ark., 2000; Prelević ve ark., 2012; Prelević ve ark., 2015). KAIVP volkanizması kuzeyden (20 Ma) güneye (4 Ma) doğru gençleşir ve jeokimyasal-izotopik değişimler kabuk benzeri (örn. orojenik; litosferik manto bileşeni) ile konveksiyonel manto benzeri (örn. anorojenik; astenosferik manto bileşeni) imzalar arasında değişir. Prelević ve ark. (2015) Miyosen'deki çarpışma sonrası ekstensiyonel tektonik kanıtlar ışığında, KAIVP Neojen kayaçlarının kökenini açıklamak için levha geri çekilmesiyle (slab roll-back) ilişkili bir levha yırtılma (slab tearing) mekanizmasını önermiştir. Aynı yazarlar ayrıca, KAIVP magmatizmasının orojenik kuşağın çökmesi ve ekstensiyonla ilişkili horst ve graben yapılarının gelişimiyle eşzamanlı olduğunu ileri sürmüşlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan yöntem ve ilgili ekipman aşağıda belirtilmiştir;

Arazi Çalışmaları: Proje kapsamında birinci aşamayı arazi çalışmaları oluşturmaktadır. Bu aşamada, mevcut jeoloji haritaları (Umut, 2008) kullanılmış ve herhangi bir revizyon yapılmamıştır. Arazi çalışmaları esnasında, volkanik kayalardan petrografik ve jeokimyasal amaçlı el örnekleri alınmıştır. Bu aşamada topografik haritalar, jeoloji haritaları, jeolog pusulası, GPS ve çekiç gibi en temel unsurlar kullanılmıştır.

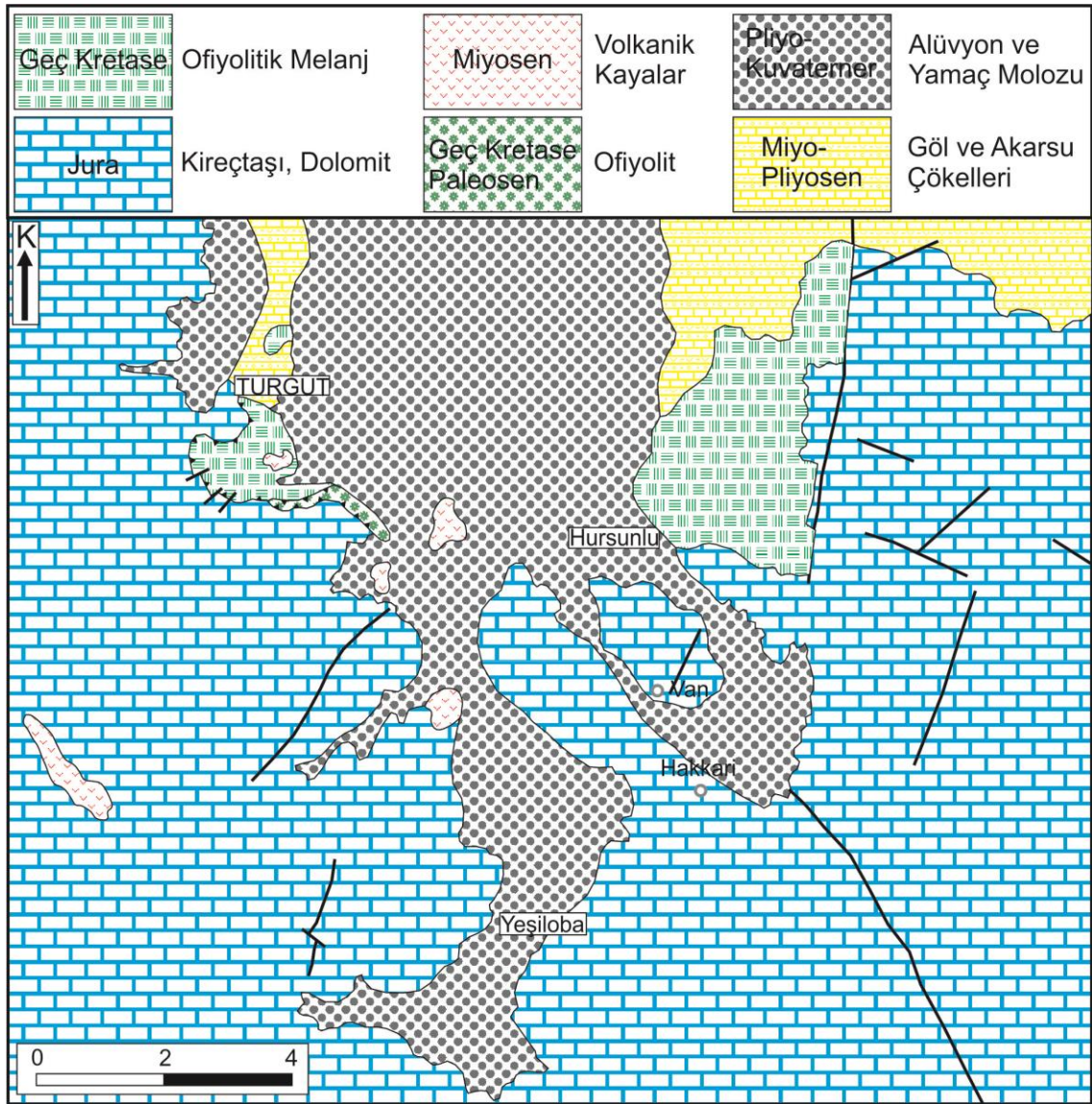
Mineralojik-Petrografik Çalışmalar: Araziden derlenen el örneklerinden öncelikle ince kesitler hazırlanmış ve daha sonra polarizan mikroskop altında volkanik kayaların petrografik özellikleri (modal mineralojik bileşim, dokusal özellikler, kaya adlamaları vb.) ortaya konulmuştur. Bu temel işlemlere ilaveten, magmatik süreçlere (kısmi ergime, kristallenme, asimilasyon ve magma karışımı) ilişkin bazı ipuçları petrografik yaklaşımla ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Petrokimyasal Çalışmalar: Mineralojik-petrografik özellikleri incelenmiş, en az veya hiç alterasyon göstermeyen, seçilmiş tüm kaya örneklerinin elemental (major element; % ve iz element, ppm) analizleri ICP-OES/MS, izotop analizleri (Nd ve Hf) MC-ICP-MS cihazlarıyla Sample Solution Lab (Çin) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar (EK 1) ile kayalar sınıflandırılmış, kayaların jeokimyasal eğilimleri, kayaları oluşturan ana magmaların kökenleri, kayaların oluşumunda etkili olan magmatik süreçler (kısmi ergime, fraksiyonel kristalleşme, asimilasyon vb.) ortaya konulmaya çalışılmıştır.

4. GENEL JEOLJİ VE STRATİGRAFİ

Neojen yaşlı Yunak Lamproitik Kayaları (YLK), Türkiye Jeolojisiinde İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu (İAESZ) olarak bilinen tektonik hattın güneyinde, Anatolid-Torid Bloğu (ATB) üzerinde yer almaktadır (Okay, 2008). Ancak, ATB, bazı çalışmalarda Menderes-Torid Bloğu (MTB) olarak da adlandırılmaktadır (Şengör ve ark., 2019). ATB yaş, deformasyon ve metamorfizma derecesine göre dört farklı zona (Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Menderes Masifi ve Bornova Filiş Zonu) ayrılmıştır. Çalışma alanı Afyon Zonu içerisinde yer almaktadır. Afyon Zonunun temelinde, düşük sıcaklık orta-yüksek basınç metamorfizmasına uğramış, karbonatlı-kırıntılı Paleozoyik seriler ve bunları örten Mesozoyik mermerler yer almaktadır. Bu kayalar tektonik olarak ofiyolit ve ofiyolitik melanj tarafından üzerlenmiştir (Okay, 2008).

Çalışma sahasının lokal stratigrafisi Mesozoyik-Kuvaterner yaş aralığında oluşmuş kaya birimleri ile şekillenmiştir (Şekil 4.1 ve 4.2). Çalışma alanının temelinde Jura yaşlı kireçtaşı ve dolomitler yer almaktadır (Şekil 4.3). Bu birim üzerine tektonik dokanakla peridotit, serpantinit, gabro, bazalt, çört ve kireç taşı blokları içeren Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanj gelmektedir. Bu iki birimi, serpantinleşmiş peridotit, gabro ve piroksenitten oluşan Geç Kretase-Erken Paleosen yerleşim yaşına sahip ofiyolitler tektonik olarak üzerlemektedir. Çalışma alanının temelini temsil eden bu birimler üzerine Neojen-Kuvaterner birimleri uyumsuz olarak gelmektedir. Miyos-Pliyosen birimleri, göl ve akarsu fasiyesinde çökelmiş kırıntılı ve karbonatlı sedimanter kayalar ve bu çalışmanın konusunu oluşturan küçük hacimli lav akıntıları olarak yüzeyleyen volkanik (lamproitik) kayalar ile temsil edilmektedir (Şekil 4.4). Çalışma sahasının en genç birimleri olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve alüvyon daha yaşlı tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Metin ve ark., 1988; Özcan ve ark., 1990; Umut, 2008).



Şekil 4.1. Çalışma alanının sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Umut, 2008'den değiştirilerek).

Üst Sistem	Sistem	Litoloji	Açıklamalar
SENOZOYİK	K. TERNER		yamaç molozu ve alüvyon
	NEOJEN		göl ve akarsu fasiyesinde çökelmiş kırıntılı ve karbonatlı sedimanter ve volkanik(lamproitik) kayalar
MESOZOYİK	KRETASE		serpantinleşmiş peridotit, gabro ve piroksenitten oluşan ofiyolit
	JURA		kireçtaşı ve dolomit

Şekil 4.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz; Umut, 2008'den değiştirilerek).



Şekil 4.3. Temele ait Jura yaşlı karbonatlı kayaların arazi görünümü (Bağırsak Deresi, ILGIN K27- c4).

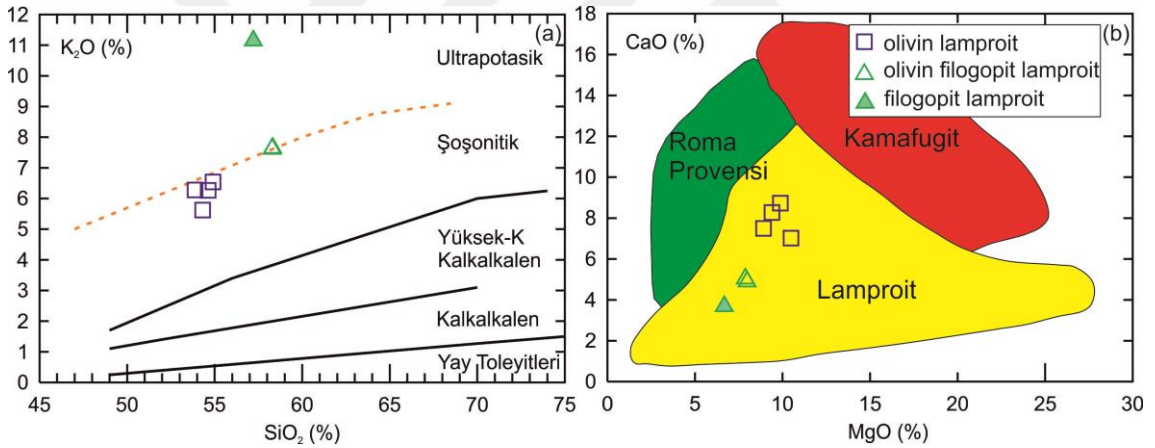


Şekil 4.4. (a) Prizmatik çatlaklı, masif lav akıntıları olarak yüzeyleyen lamproitik volkanik kayaların arazi (Karakaya Sırtı; E: 393585, N: 4270363) ve (b) makroskobik görünümü (olivin fenokristalleri içeren, zayıf veziküler/amigdoloidal ve porfirik dokulu, kesilmiş plaka).

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

5.1. Sınıflama, Adlama ve Petrografi

İncelenen volkanik kayalar, Peccerillo ve Taylor (1976), Foley ve ark. (1987), Mitchell ve Bergman (1991) ve Le Maitre (2002) tarafından önerilen mineralojik ve jeokimyasal kriterler kullanılarak sınıflandırılmıştır. Peccerillo ve Taylor (1976) tarafından önerilen SiO_2 - K_2O diyagramında, YLK örnekleri şoşonitik ve ultrapotasik alanlarında yer almaktadır (Şekil 5.1a). Diğer taraftan, YLK örnekleri yüksek K_2O (% 5-11), MgO (% 6-11) ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (% 3-11) oranlarıyla, Foley ve ark. (1987) tarafından tanımlanan ultrapotasik kaya ($\text{K}_2\text{O} > \% 3$, $\text{MgO} \% 3$ ve $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 2$) grubuna girmekte ve detayları sonraki bölümde (5.2) verilen major oksit bileşimleri lamproitlerle uyum içerisindedir (Şekil 5.1b).



Şekil 5.1. (a) Yunak lamproitik kayalarının SiO_2 - K_2O diyagramında sınıflaması (Peccerillo ve Taylor, 1976'dan değiştirilerek), kırmızı kesikli çizgi Prelević ve ark. (2015)'e göre çizilmiştir. (b) Yunak lamproitik kayalarının MgO - K_2O diyagramında sınıflaması (Foley ve ark., 1987).

YLK birimleri tipik olarak, iri kristallerin daha inceli taneli ve/veya camsı bir hamur içinde dağıldığı “porfirik” doku göstermektedir. Porfirik dokulu volkanik kayalarda mineral tane boyları geniş bir aralıkta değişim göstermekte ve mineraller geleneksel olarak tane boyuna göre; fenokristal ($>500 \mu\text{m}$), mikrofenokristal ($100-500 \mu\text{m}$) ve mikrolit ($<100 \mu\text{m}$) olarak tanımlanmaktadır. Diğer taraftan volkanik kayalardaki kristal popülasyonu kökensel olarak dört kategoriye ayrılmaktadır: (1) fenokristal, (2) antekristal, (3) ksenokristal ve (4) mikrolit. Her ne kadar bu mineraller, mikroskobik çalışmalarda dokusal olarak birbirinden ayrılabilir olsa da bu her zaman mümkün olmamaktadır (Asan ve ark., 2024; ve buradaki referanslar). Yukarıdakilere

ilaveten, makrokristal (0.5-10 mm) ve megakristal (1-20 cm) terimleri de herhangi bir kökensel çağrışım yapmaksızın yaygın olarak kullanılmaktadır (Winter, 2014). Böylece, makro/megakistaller, ince taneli hamur içerisindeki iri kristaller olup, ksenokristal, antekristal veya fenokristalleri kapsamaktadır. Bu çalışmada, mineraller rutin olarak tane boyuna göre tanımlanacak, ancak dokusal olarak mümkün olması durumunda kökensel tanımlamalar da yapılacaktır.

IUGS (Le Maitre, 2002), Mitchell ve Bergman (1991)'a dayandığı jeokimyasal, mineralojik ve mineral kimyası tabanlı sınıflamada, lamproitleri içermiş oldukları mineral fazların baskınlık durumuna göre farklı alt türlere ayırmaktadır. Bu sınıflamaya göre, YLK iki ana tür (olivin lamproit ve filogopit lamproit) ve bunların arasındaki geçişi temsil eden bir ara tür (olivin filogopit lamproit) olmak üzere üç farklı lamproit içermektedir. Aşağıda bu lamproitik birimlerin mineralojik, petrografik ve dokusal özellikleri verilecektir.

5.1.1. Olivin Lamproit

Olivin lamproitler (olamp), başlıca olivin ve klinopiroksen (diyopsit) fenokristalleri ile filogopit psödomorfları içeren porfirik/glomeroporfirik doku göstermektedir (Şekil 5.2.a). Olamp'lerin hamuru, mikrolitikten mikrogranulere kadar değişmekte ve sanidin, klinopiroksen, filogopit, apatit ve opak minerallerden oluşmaktadır. Olamp'lerin gözeneklerinde ikincil kalsit ve zeolit de gözlenmektedir.

Olivin, izole mikro/fenokristaller veya glomerokristaller olarak gözlenir. Olivin fenokristalleri özşekilliden yarı özşekilliye kadar değişmektedir. Ancak, iskeletsel veya rezorpsiyon nedeniyle özşekilsiz (yuvarlak, yenmiş/kemirilmiş) olarak da gözlenmektedirler. Olivinlerde kristal kenarları ve çatlakları boyunca iddingsitleşme yaygındır. Bazı olivinler iddingsitleşme nedeniyle, psödomorf kristallere dönüşmüştür. Olivinler yer yer opak mineral kapanımları içermektedir.

Diyopsit, yarı özşekilli-özşekilli prizmatik fenokristaller, glomerokristaller ve iğnemsî mikrolit/mikrofenokristaller olarak gözlenir. Bazı diyopsit mikrofenokristallerinde ışınsal dizilim karakteristiktir. Diyopsitler, genel olarak zonlanma göstermeyen, kapanımsız, taze ve rezorpsiyondan etkilenmemiş kristaller olarak gözlenirler. Diyopsit mikro/fenokristalleri yer yer basit ikizlenme sergilemektedir.

Sanidin, yarı/özşekilli prizmatik/iğnemsî mikrolit/mikrofenokristal veya özşekilsiz yassı prizmatik poikilitik hamur bileşeni olarak gözlenmektedir. Poikilitik sanidinler, kapanım olarak klinopiroksen, filogopit ve opak mineral içermekte ve tipik karıbad

ikizlenmesi göstermektedir (Şekil 5.2.b). Aksine, sanidin mikrolit/mikrofenokristallerinde belirgin bir ikizlenme gözlenmez.

Filogopit, olamp'lerin bir kısmında (örnek MA-3, MA-5 ve KS-3) yaygın olarak gözlenmektedir. Filogopit içeren MA-3 ve MA-5 nolu örnekler, sonraki bölümde verilecek olan jeokimyasal karakterleri dikkate alındığında, olivin lamproitler ile filogopit lamproitler arasında geçişi temsil ettiğinden, bunlar olivin filogopit lamproit (oflamp) olarak adlandırılmıştır (Şekil 5.2.c). MA-3 ve MA-5 nolu örneklerde yer alan filogopitler tümüyle psödomorf kristaller (muhtemelen antekristal) olarak gözlenirler (Şekil 5.2.d).

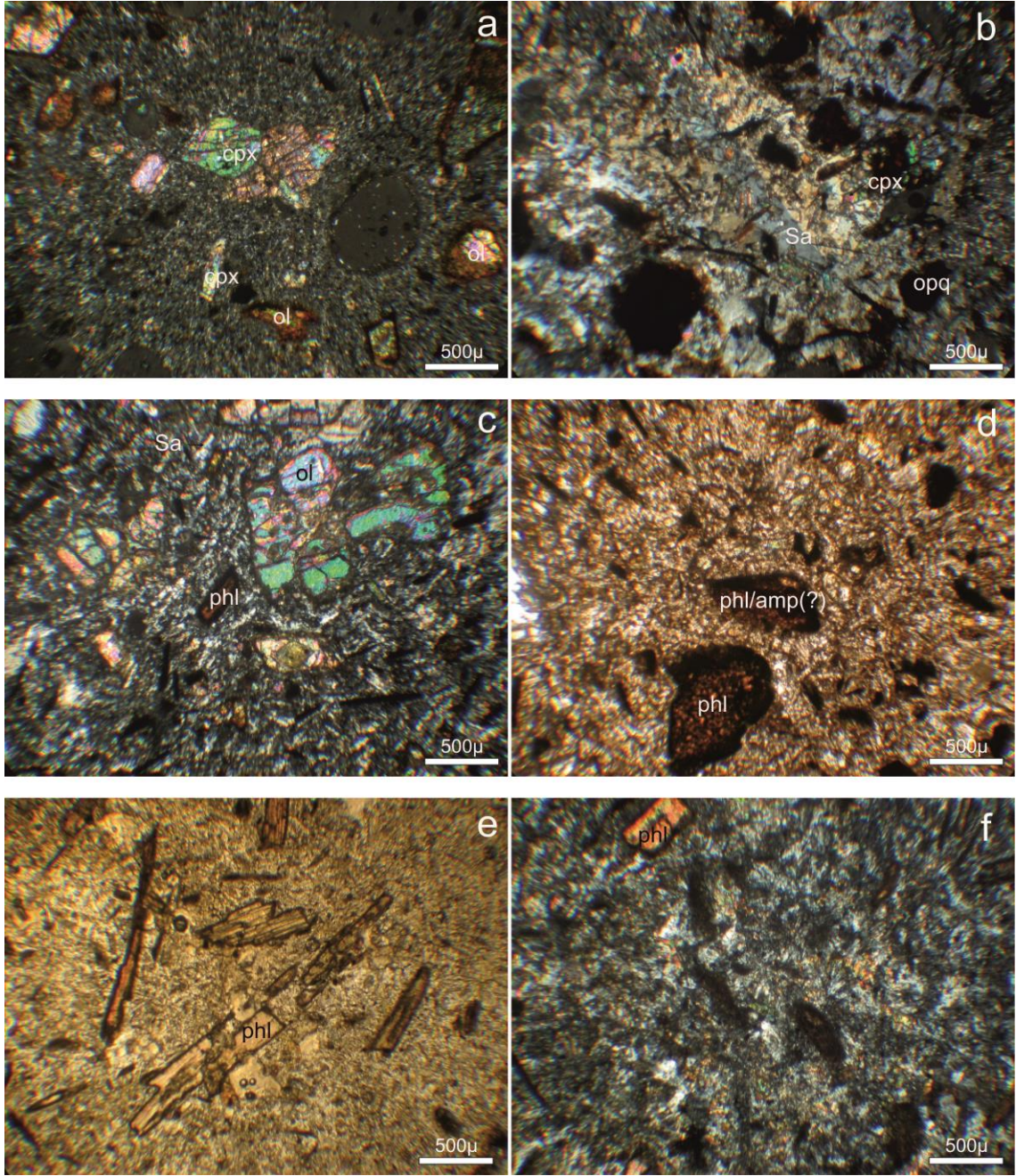
5.1.2. Filogopit Lamproit

Filogopit lamproitler (flamp), filogopit ve nadir amfibol fenokristalleri içeren porfirik doku göstermektedir. Bu kayaların hamuru altere/devitrifiye (felsitik) olup, sanidin, lösit (?) ve opak minerallerden oluşmaktadır.

Filogopit fenokristalleri (2.5 mm'ye kadar), tipik olarak levhamsı, tek yönlü dilinime sahip, kırmızımsı/kahverenkli ve kuvvetli pleokroiktir (Şekil 5.2.e). Filogopitler, yaygın olarak izole kristaller, nadiren de glomerokristal olarak gözlenmektedir. Çoğunlukla, özşekilsiz/yarı özşekilli, rezorbe, iskeletsel ve yenmiş-kemirilmiş kristaller olarak gözlenirler. Ancak, özşekilli ince-uzun, iğnemsî filogopitler de görmek mümkündür. Filogopitler, yer yer opak mineral kapanımları içermekte ve bazen kenarlarından itibaren opasitleşme göstermektedir.

Amfibol, flamp'lerin nadir bir bileşeni olup, kahverenkli, pleokroik ve özşekilsiz izole fenokristaller olarak gözlenmektedir. Nadiren de olsa, tipik çift yönlü dilinim göstermektedir.

Sanidin, sferülitik ışınsal veya özşekilsiz agregatlar olarak devitrifiye (felsitik) hamurda yaygın olarak yer almaktadır (Şekil 5.2.f). Flamp'lerin hamurunda yer yer kil minerallerine (?) dönüşüm gözlenmektedir.



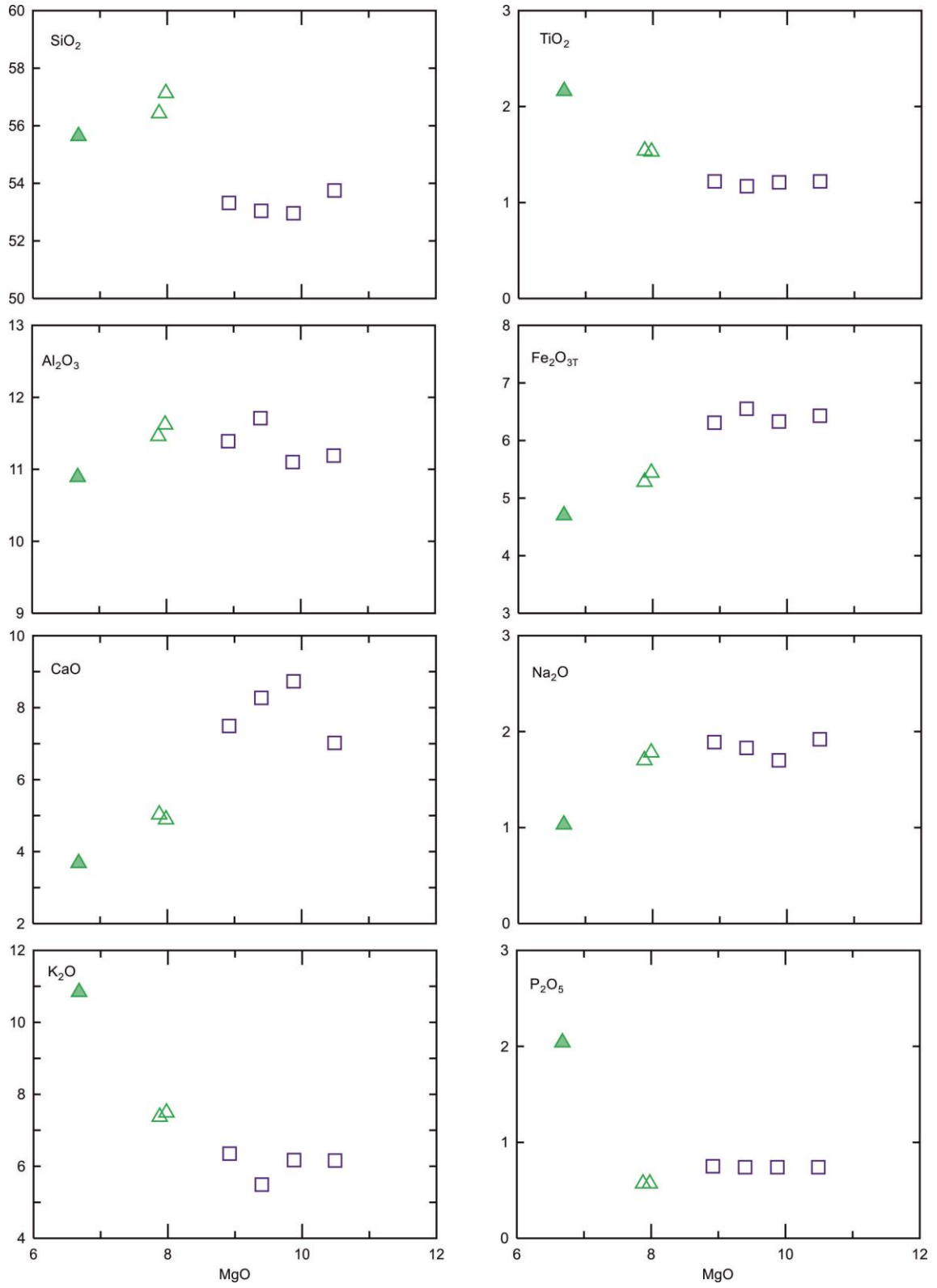
Şekil 5.2. YLK birimlerinin mineralojik, petrografik ve dokusal özelliklerini gösteren mikrofotolar. (a) olivin lamproitlerdeki olivin ve klinopiroksen fenokristalleri/glomerokristalleri, (b) olivin lamproitlerdeki klinopiroksen ve opak mineral kapanımları içeren poikilitik sanidinler, (c) olivin filogopit lamproitlerdeki sanidine zengin hamur içerisindeki olivin ve filogopit fenokristalleri, (d) olivin filogopit lamproitlerdeki psödomorf filogopitler, (e) filogopit lamproitlerdeki rezorbe filogopit fenokristalleri, (f)) filogopit lamproitlerdeki sanidine zengin felsitik hamur.

5.2. Major ve İz Element Jeokimyası

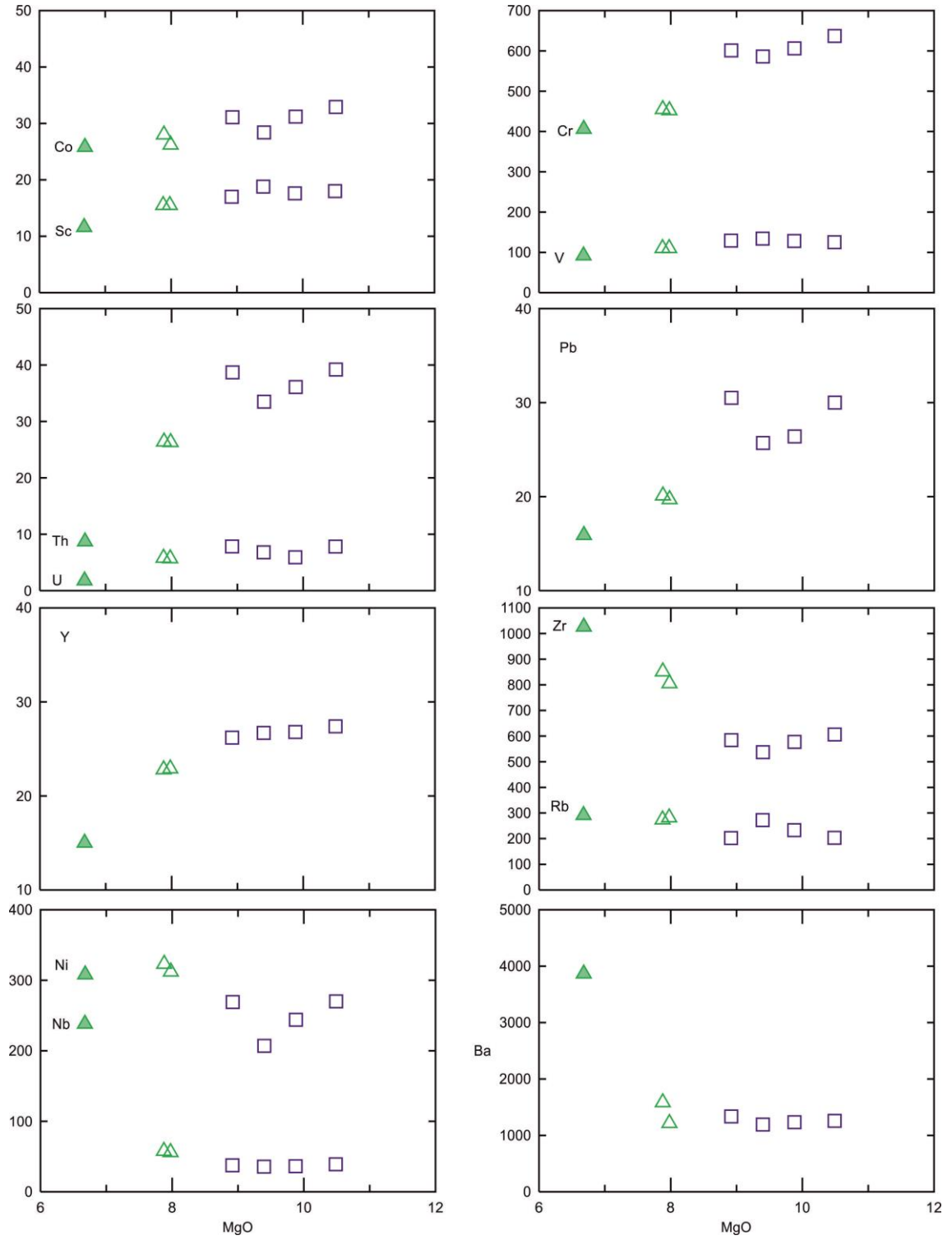
Yunak Lamproitik Kayalarının (YLK), SiO_2 içeriği % 53'den % 57'ye kadar değişmektedir (EK 1). K_2O (% 5-11) ve MgO (% 6-11) içerikleri ile $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (% 3-11) oranları dikkate alındığında, YLK yüksek-Mg içerikli ultrapotasik kayalardan oluşmaktadır. YLK, göreceli düşük CaO (% 3.5-9) ve $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$ (% 4-7) ile yüksek TiO_2 (% 1.2-2.3) içerikleriyle lamproitlerin tipik özelliğini yansıtmaktadır. Ancak, YLK molar $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (0.5-1.1) ve molar $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (0.8-1.2) oranları, bir örnek (KS-1) hariç Le Maitre (2002) tarafından tanımlanan lamproit değerlerine (molar $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 0.8$ ve molar $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$) göre daha düşüktür.

YLK, yüksek Ba (~1000-4000 ppm), Zr (~500-1000 ppm), Sr (~950-1100 ppm) içerikleriyle, Le Maitre (2002) ve Mitchell ve Bergman (1991) tarafından tanımlanan lamproit değerlerine (Ba >2000 ppm, Zr>500 ppm, Sr>1000 ppm) benzerlik gösterir. Ancak La (30-120 ppm) içerikleri açısından, YLK, tipik lamproitlere (La>200 ppm) göre fakirleşme sunarlar.

YLK'nın major ve iz element içerikleri MgO 'ya (Fenner diyagramı) karşı belirgin trendler göstermektedir (Şekil 5.3 ve 5.4). MgO ile SiO_2 , TiO_2 ve K_2O negatif korelasyon gösterirken, CaO , $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$ ve Na_2O pozitif korelasyon göstermektedir. Diğer taraftan, MgO ile Sc, Co, Cr, V, Y, Pb, Th ve U pozitif korelasyon gösterirken, Rb, Zr, Ba, Ni ve Nb negatif korelasyon göstermektedir.



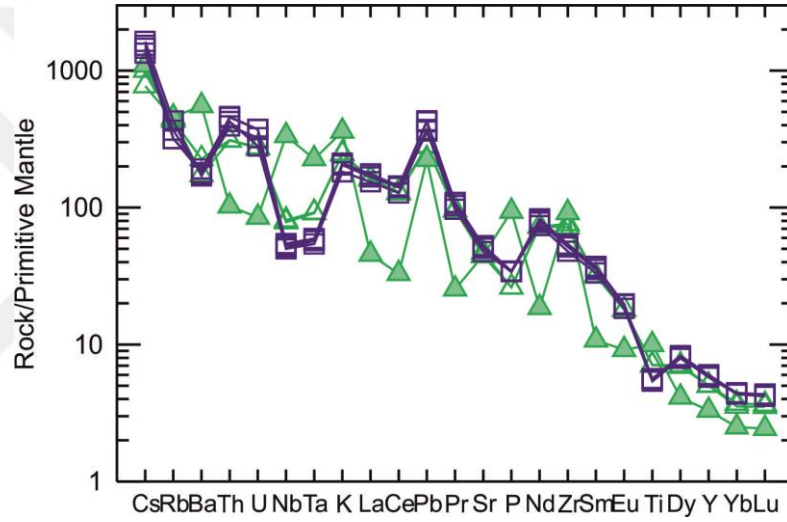
Şekil 5.3. YLK'nın MgO'ya karşı major element değişimleri. Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır.



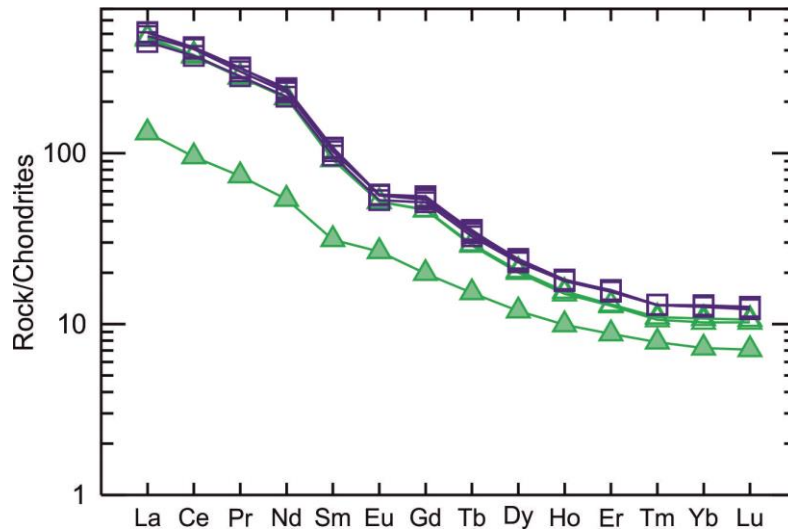
Şekil 5.4. YLK'nın MgO'ya karşı iz element değişimleri. Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır.

Primitif Mantoya göre normalleştirilmiş uyumsuz iz element desenleri incelendiğinde, YLK'de iki farklı desen dikkati çekmektedir (Şekil 5.5). Bunlardan birincisi, Yüksek BİYE/YAEE oranları, pozitif Pb ve negatif Nb, Ta, Ti anomalileri ile temsil edilen desenlerdir. Diğeri ise tek bir örnek (KS-1) ile temsil edilen, negatif Nb, Ta ve Ti anomalisinin gözlenmediği desen tipidir.

İncelenen lamproitlerin kondrite normalize NTE desenlerinde, HNTE'ce belirgin bir zenginleşme gözlenmektedir (Şekil 5.6). NTE diyagramında KS-1 nolu örnek (La_N/Yb_N : ~ 20), NTE'ler açısından daha az zenginleşme göstererek diğer örneklerden (La_N/Yb_N : $\sim 35-45$) ayrılmaktadır. YLK, göreceli olarak dik (steep) ANTE desenlerine sahiptir. ANTE desenleri açısından, KS-1 nolu örnek (Gd_N/Yb_N : ~ 2.5), göreceli olarak daha yatay desen göstererek diğer örneklerden (Gd_N/Yb_N : $\sim 4-4.5$) ayrılmaktadır.



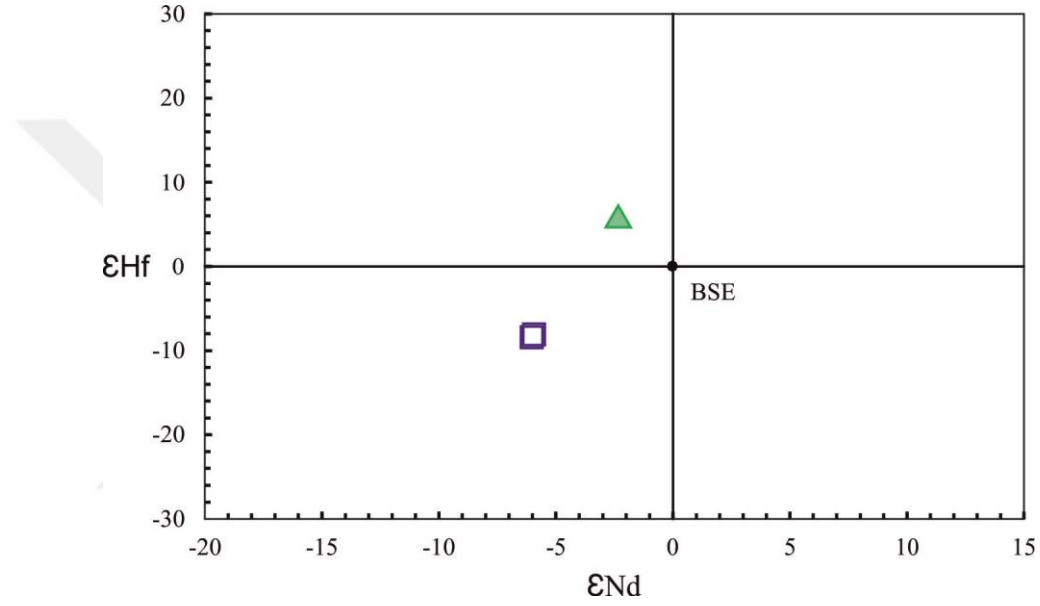
Şekil 5.5. YLK'nın Primitif Mantoya (Sun ve McDonough, 1989) göre normalleştirilmiş uyumsuz iz element desenleri. Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır.



Şekil 5.6. YLK'nın Kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalleştirilmiş NTE desenleri. Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır.

5.3. Nd-Hf İzotop Jeokimyası

YLK birimleri göreceli olarak geniş bir Nd-Hf izotopik bileşimi ile temsil edilmektedir (Şekil 5.7). Aşağıdaki diyagram incelendiğinde, iz element jeokimyası ile uyumlu olarak olivin lamproitler ile filogopit lamproitlerin iki farklı grup oluşturduğu görülmektedir. Olivin lamproitler negatif Nd (ϵNd : -5.93'den -6.03'a kadar) ve Hf (ϵHf : -8.01'den -8.41'e kadar) izotop değerleriyle zenginleşmiş karakter sergilemektedir. Diğer taraftan, filogopit lamproitler pozitif Hf (ϵHf : 5.92) ve negatif Nd (ϵNd : -2.32) değerlerine sahip olup, olivin lamproitlere göre daha tüketilmiş bir karaktere sahiptir.



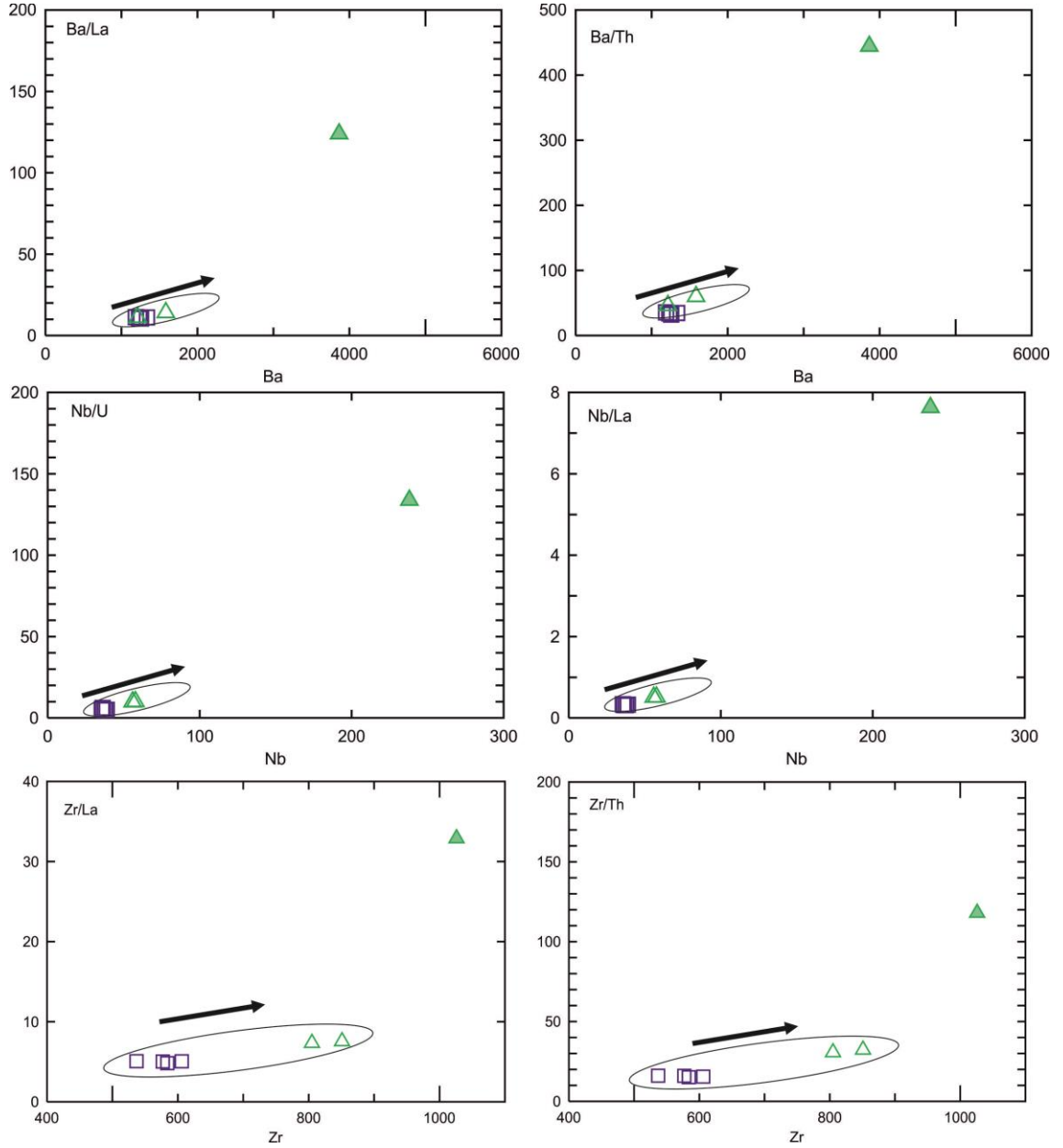
Şekil 5.7. YLK birimlerinin Nd-Hf izotop korelasyon diyagramındaki dağılımları. BSE (Bulk Silicate Earth): Toplam Silikat Yerküre, Yeryuvarının silikat kısmının, çekirdeğin birikmesi ve ayrılmasından sonra, fakat ilk kabuğun oluşumundan önceki orijinal kimyasal bileşimidir. ϵ (Epsilon): incelenen örneğin izotop oranı ile CHUR (chondritic uniform reservoir) referans değeri arasındaki farkın bir ölçüsüdür. CHUR, 4.6 Milyar yıl önceki, yeryuvarının ilksel mantosu ile benzer izotopik bileşime sahip olduğu varsayılan ortalama kondritik meteorit bileşimini temsil etmektedir. ϵ (epsilon), $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}$: 0.512638; $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}$: 0.1967; $(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}}$: 0.282772; $(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}}$: 0.0332, λ (Sm-Nd): 6.54×10^{-12} , λ (Lu-Hf): 1.94×10^{-11} değerleri (Faure ve Mensing, 2005; Rollinson ve Pease, 2021) kullanılarak hesaplanmıştır. Diyagram, PetroGram (Gündüz ve Asan, 2021) uygulaması kullanılarak üretilmiştir. İzotop analiz sonuçları ve diğer detaylar EK 1'de verilmiştir. Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır

6. TARTIŞMA

Yunak Lamproitik Kayalarının (YLK) petrografik ve jeokimyasal özellikleri, bunların ultra-potasik karakterli lamproitik kayalar olduğunu göstermektedir. YLK örnekleri göreceli yüksek MgO (%11'e kadar), Cr (700 ppm'e kadar) ve Ni (300 ppm'e kadar) içerikleri ile manto-türevi birincil magma bileşimine yakınlık gösterirler. Bu türden kaya örnekleri manto kaynağı karakteristiklerinin ortaya konulmasında iyi birer temsilcidir. Diğer taraftan, bazı YLK örnekleri ise düşük MgO (% ~6) ve diğer uyumlu element içerikleri ile farklılaşmış (diferansiye) bileşimleri temsil etmektedir ve bu örnekler fraksiyonel kristalleşme ve asimilasyon gibi düşük-basınç diferansiyasyon (farklılaşma) süreçlerinin ortaya konulmasında idealdir. Aşağıda, elde edilen bulgular ışığında YLK'nın köken ve gelişiminde (evrim) etkili olan süreçler ortaya konulmaya çalışılacaktır.

6.1. Fraksiyonel Kristalleşme ve Kontaminasyon

Şekil 5.3 ve 5.4'de verilen Fenner diyagramlarında gözlenen major ve iz element değişimleri, fraksiyonel kristalleşme (FC) sürecine dair bazı ipuçları vermektedir. MgO ile K₂O, Rb, Zr ve Ba arasında gözlenen negatif korelasyon (MgO düşerken, K₂O ve uyumsuz iz element artışı) lamproitlerin gelişiminde FC'nin etkili olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, MgO ile CaO, Fe₂O₃, Cr, Co ve Sc arasındaki pozitif korelasyon FC sürecinde klinopiroksen ve filogopitin önemli bir faz olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, MgO ile Ni arasındaki negatif korelasyon, olivinin FC sürecinde etkili olmadığını göstermektedir. Fenner diyagramlarının bazılarında, tek bir örnek ile temsil edilen filogopit lamproitler, olivin lamproitler ile aynı diferansiyasyon trendi üzerine düşerken, bazı diyagramlarda bu tek örnek aykırı bir trend izlemektedir. Bu durumda, filogopit lamproitler ile olivin lamproitlerin arasında FC ilişkisi olup olmadığı sorusu akla gelmektedir. Bu soruya cevap aramak için uyumsuz iz element oranlarına başvurulabilir. Ba/La, Ba/Th, Nb/U, Nb/La, Zr/La ve Zr/Th oranları açısından, olivin lamproitler ile filogopit lamproitlerin iki ayrı jeokimyasal grup oluşturduğu ve bu iki grubun arasında FC ilişkisinin olmadığı ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan bu iki grup arasındaki Nd-Hf izotop bileşimleri arasındaki farklılık bu durumu desteklemektedir. Dolayısıyla, iki grup arasındaki bu belirgin jeokimyasal ve izotopik farklılığın manto kaynağı ile ilişkili olduğu ön görülmektedir.



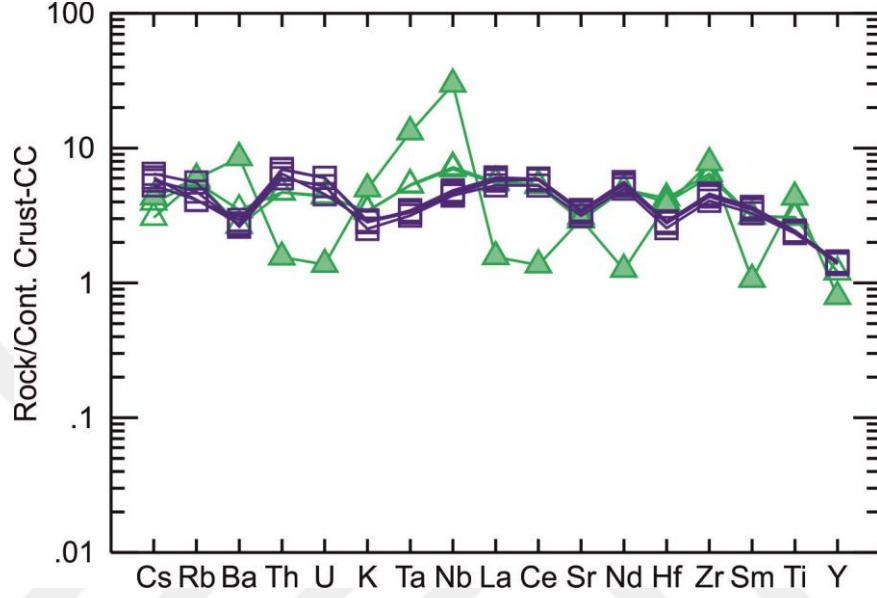
Şekil 6.1. YLK birimlerinin Ba'ya karşı Ba/La ve Ba/Th, Nb'ye karşı Nb/U ve Nb/La, Zr'ye karşı Zr/La ve Zr/Th diyagramları. Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır.

YLK'nın temelinde Afyon Zonu'na ait yaşlı kayalar yer aldığı için, kabuk kontaminasyonu incelenen volkanik kayaların evriminde potansiyel olarak rol almış olabilir. Ayrıca, olivin lamproitlerin belirgin negatif ϵ_{Hf} (-8.01'den -8.41'e kadar) ve ϵ_{Nd} (-5.93'den -6.03'a kadar) değerleri (Şekil 5.7 ve EK 1), kıtasal kabuğun bu kayaların evrimindeki rolüne işaret edebilir. Ancak aşağıda verilen gerekçelerden dolayı, kontaminasyon sürecinin etkisi ihmal edilebilir:

- (1) YLK örneklerinin uyumsuz iz element içerikleri, kıtasal kabuğa göre belirgin derecede zenginleşme gösterir. Kabuk kontaminasyonun etkili olması durumunda, YLK örneklerinin uyumsuz iz element içerikleri açısından düşüş

göstermesi beklenirdi (Murphy ve ark., 2002). Ancak, Şekil 6.2 incelendiğinde YLK örneklerinin (KS-1, filogopit lamproit hariç), Cs'den Ti'ye kadar kıtasal kabuğa göre 2-8 kat daha fazla zenginleşme gösterir.

- (2) Yüksek Mg-numaraları (75'e kadar), MgO (%11'e kadar), Cr (700 ppm'e kadar) ve Ni (300 ppm'e kadar) içerik ile YLK örnekleri oldukça primitif karakter sunarlar.

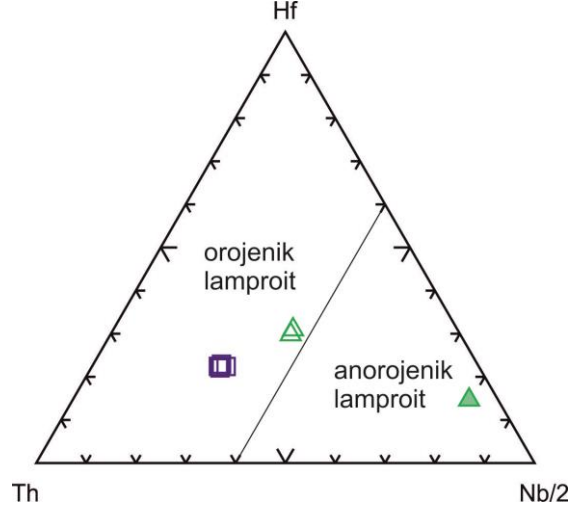


Şekil 6.2. YLK birimlerinin kıtasal kabuğa (Rudnick ve Gao, 2003) normalize edilmiş uyumsuz iz element diyagramı. Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır.

Yukarıda sunulan gerekçeler, incelenen lamproitik kayaların gelişiminde fraksiyonel kristalleşme sürecine, kabuk kontaminasyonun önemli ölçüde eşlik etmediğini ve bu kayaların jeokimyasının esasen kaynak alan tarafından kontrol edildiğine işaret etmektedir.

6.2. Tektonik Ortam ve Manto Kaynağı Karakteristikleri

YLK örnekleri, Krmíček ve ark. (2011) tarafından lamproitler için önerilen Th–Hf–Nb/2 üçgen diyagramında orojenik (< 100 ppm Nb) ve kratonik (> 100 ppm Nb) olmak üzere her iki alana da düşmektedir (Şekil 6.3). Orogenik ve kratonik lamproitlerin aynı provenis içerisinde birlikte bulunuşu, Anadolu lamproitik kayalarında gözlenen bir durumdur (Prelević ve ark., 2008).



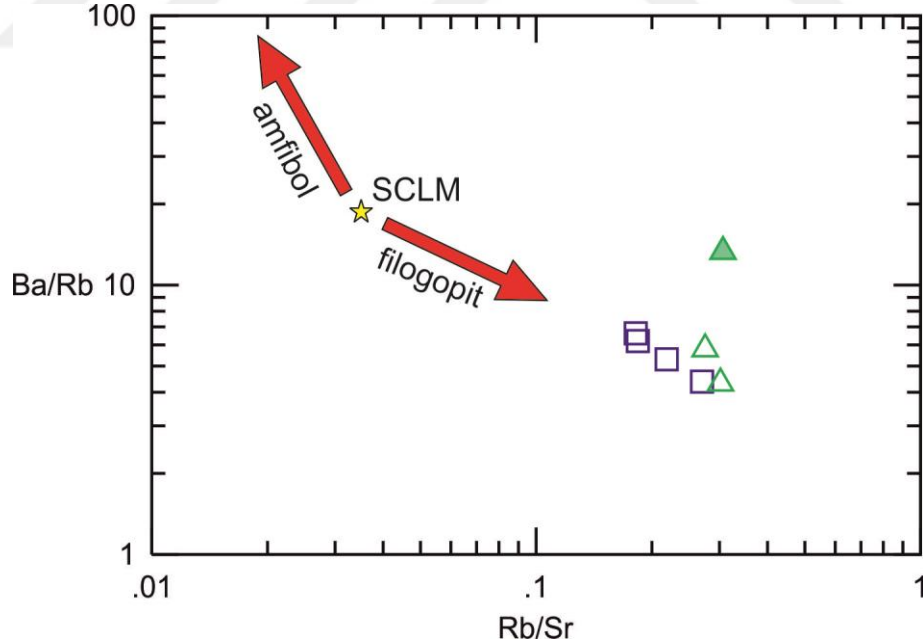
Şekil 6.3. YLK'nın Th-Hf-Nb/2 (Krmıček ve ark., 2011) diyagramında sınıflaması. Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır.

YLK örnekleri, uyumsuz iz element diyagramında iki tip desen ile temsil edilmektedir (Şekil 5.5). Bunlardan birincisi, orojenik lamproitik kayalar için tipik olan, belirgin bir BİYE zenginleşmesi ile pozitif Pb ve negatif Ba, Nb, Ta, Ti ve P anomalilerinin gözlemlendiği desen türüdür. Diğeri ise anorojenik (kratonik) lamproitler için tipiktir ve hem BİYE hem de YAE (Nb, Ta ve Ti) açısından, orojenik desene göre belirgin bir zenginleşme ile dikkati çeker. YLK içerisindeki orojenik ve kratonik lamproitlerin göstermiş olduğu BİYE zenginleşmesi, zenginleşmiş bir litosferik manto kaynağına (metasomatik harzburgit) işaret eder. Heterojen ve çok fazlı manto kaynağını temsil eden metasomatik harzburgit, modal mineralojik olarak farklı damarlar içermektedir (Foley, 1992). Metasomatik bu damarların başlıca potasik mineral fazı filogopit ve K'ca zengin amfiboldür. Rb/Sr-Ba/Rb değişimleri (Şekil 6.4.), YLK'daki orojenik lamproitlerin kaynağındaki metasomatik fazın filogopit olduğuna işaret etmektedir. Ancak, YLK içerisindeki kratonik lamproitler tek bir örnek ile temsil edildiğinden, bu konuda yorum yapmak oldukça zordur.

Orojenik ve kratonik lamproitlerin farklı kökene sahip olduğu bilindiğinden, bunların kaynağındaki zenginleşme farklı metasomatik süreçlerle ilişkili olmalıdır (Mitchell, 2020). Akdeniz tipi-orojenik lamproitlerin kökeni için, manto kaynağında yakın geçmişteki dalma-batma (yitim) süreçleriyle ilişkili olarak oluşan metasomatik zenginleşme yaygın olarak kabul edilen görüştür (Casalini ve ark., 2022; ve buradaki referanslar). YLK'nın batıdaki komşusu olan KAIVP'deki orojenik lamproitler için iki evreli jeodinamik oluşum modeli önerilmektedir: (1) Neotetis okyanusunun kapanması ile ilişkili olarak tüketilmiş manto kaynağının metasomatik zenginleşmesi, (2) çarpışma

sonrası ekstansiyonel rejim ve orojenik çökme evresi (Prelević ve ark., 2012; Prelević ve ark., 2015). Böylesi bir sürecin, Nd-Hf izotopları açısından incelenen orojenik tip olivin lamproitler de olduğu gibi negatif değerler üretmesi beklenmektedir (Şekil 5.7 ve EK 1). Dolayısıyla, bu oluşum modeli YLK içerisindeki orojenik lamproitler için uygun gibi görünmektedir.

Ancak, YLK kratonik (anorojenik) lamproitlerin kökenini yitimle ilişkili modelle açıklamak olası değildir ve ilave bir metasomatik süreç gerekmektedir. YLK anorojenik tip filogopit lamproitlerden elde edilen tek bir Nd-Hf izotop analiz sonucu, manto kaynağı hakkında yorum yapmayı güçlendirmesine rağmen, bu analiz sonucu $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(m)}$ (0.5125) ve $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(m)}$ (0.2829) izotop oranları açısından (EK 1), HIMU-tip olmayan OIB (Stracke ve ark., 2005) bileşimine ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(m)}$: 0.5123-0.5132; $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(m)}$: 0.2826-0.2833) benzerlik göstermektedir. Böylece, bu duruma en uygun senaryo ise, astenosferik ergiyiklerin (anorojenik, OIB-benzeri ergiyik) daha önceden metasomatize olmuş litosferik manto ile etkileşime girerek (astenosferizasyon), tekrardan bu kaynağı zenginleştirmesi olabilir (Prelević ve ark., 2012; Prelević ve ark., 2015).



Şekil 6.4. YLK birimlerinin Rb/Sr-Ba/Rb diyagramı. SCLM: kıta-altı litosferik manto (McDonough, 1990). Semboller Şekil 5.1. ile aynıdır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, Yunak (Konya) çevresinde yüzeyleyen Neojen yaşlı lamproitik kaya birimlerinin (YLK) petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. YLK, küçük hacimli lavlar şeklinde yüzeyleme sunmaktadır. Bu lavlar Neojen öncesi temel kayaların keserek örtmektedir.
2. YLK birimleri, başlıca olivin ve filogopit lamproitlerden oluşmaktadır.
3. Olivin lamproitler, olivin ve klinopiroksen (diyopsit) fenokristalleri ile filogopit psödomorfları içeren porfirik/glomeroporfirik doku göstermektedir.
4. Filogopit lamproitler, filogopit ve nadir amfibol fenokristalleri içeren porfirik doku göstermektedir.
5. Yunak Lamproitik Kayalarının, SiO_2 içeriği % 53'den % 57'ye kadar değişmektedir.
6. K_2O (% 5-11) ve MgO (% 6-11) içerikleri ile $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (% 3-11) oranları dikkate alındığında, YLK yüksek-Mg içerikli ultrapotasik kayalardan oluşmaktadır.
7. YLK, orojenik (olivin lamproitler) ve anorojenik (filogopit lamproitler) olmak üzere iki farklı jeokimyasal gruptan oluşmaktadır. Ayrıca, bu iki grup arasında, Nd-Hf izotopları açısından belirgin bir farklılık bulunmaktadır.
8. Orogenik ve anorojenik lamproitler, birbiriyle fraksiyonel kristalleşme yoluyla ilişkili olamazlar ve kabuk kontaminasyonu bunların evriminde etkisizdir.
9. Jeokimyasal olarak farklı bu iki grup, farklı manto kaynaklarından türemiş olmalıdır.
10. Elde edilen jeokimyasal bulgular, orojenik YLK birimlerinin yakın geçmişteki dalma-batma (yitim) süreçleriyle ilişkili olarak metasomatize olmuş litosferik manto kaynağından, anorojenik YLK birimlerinin ise astenosferik ergiyikler ile ilaveten zenginleştirilmiş litosferik manto kaynağından türediğini göstermektedir.

7.2. Öneriler

Yüksek Lisans tezi olarak yürütülen bu tez çalışması, bütçe yetersizliği nedeniyle sınırlı bir jeokimya (major-iz element ve Nd-Hf izotopları) seti tamamlanmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda örnek sayısının artırılarak detaylı jeokimyasal çalışmalar yürütülmesi yerinde olacaktır. Ayrıca YLK'ya yönelik mineral kimyası ve jeokronoloji verisi üretilmemiştir. Sonraki çalışmalarda bu veri eksikliğinin giderilmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Akal, C., Helvacı, C., Prelević, D. and van den Bogaard, P., 2013. High-K volcanism in the Afyon region, western Turkey: from Si-oversaturated to Si-undersaturated volcanism. *International Journal of Earth Sciences*, 102(2): 435-453.
- Asan, K., Gündüz, M., Korkmaz, G.G. and Kurt, H., 2024. The role of magma recharge and mixing in producing compositional modality in post-collisional volcanic rocks, Konya Volcanic Field, Central Anatolia (Türkiye). *Journal of Asian Earth Sciences*, 276: 106364.
- Besang, C., Echardt, F.-J., Harre, W., Kreuzer, H. and Müller, P., 1977. Radiometrische Altersbestimmungen an neogenen Eruptivgesteinen der Türkei. *Geologisches Jahrbuch*, B25: 3-36.
- Bonin, B., 2004. Do coeval mafic and felsic magmas in post-collisional to within-plate regimes necessarily imply two contrasting, mantle and crustal, sources? A review. *Lithos*, 78(1–2): 1-24.
- Casalini, M., Avanzinelli, R., Tommasini, S., Natali, C., Bianchini, G., Prelević, D., Mattei, M. and Conticelli, S., 2022. Petrogenesis of Mediterranean lamproites and associated rocks: The role of overprinted metasomatic events in the post-collisional lithospheric upper mantle. In: L. Krmíček and N.V. Chalapathi Rao (Editors), *Lamprophyres, Lamproites and Related Rocks: Tracers to Supercontinent Cycles and Metallogenesis*. Geological Society of London, Special Publications, 513, pp. 271-296.
- Çevikbaş, A., Ercan, T. and Metin, S., 1988. Geology and regional distribution of Neogene volcanics between Afyon-Şuhut. *METU journal of pure and applied sciences*, 21(479-499).
- Dilek, Y. and Altunkaynak, Ş., 2010. Geochemistry of Neogene–Quaternary alkaline volcanism in western Anatolia, Turkey, and implications for the Aegean mantle. *International Geology Review*, 52(4-6): 631-655.
- Faure, G. and Mensing, T.M., 2005. *Isotopes: Principle and Applications*. 3rd Edition, John Wiley & Sons
- Foley, S., 1992. Petrological characterization of the source components of potassic magmas: geochemical and experimental constraints. *Lithos*, 28(3–6): 187-204.
- Foley, S.F., Venturelli, G., Green, D.H. and Toscani, L., 1987. The ultrapotassic rocks: Characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. *Earth-Science Reviews*, 24(2): 81-134.
- Francalanci, L., Innocenti, F., Manetti, P. and Savasçin, Y.M., 2000. Neogene alkaline volcanism of the Afyon-Isparta area, Turkey: petrogenesis and geodynamic implications. *Mineralogy and Petrology*, 70(3): 285-312.
- Gündüz, M. and Asan, K., 2021. PetroGram: An excel-based petrology program for modeling of magmatic processes. *Geoscience Frontiers*, 12(1): 81-92.
- Krmíček, L., Cempírek, J., Havlín, A., Přichystal, A., Houzar, S., Krmíčková, M. and Gadas, P., 2011. Mineralogy and petrogenesis of a Ba–Ti–Zr-rich peralkaline dyke from Šebkovice (Czech Republic): Recognition of the most lamproitic Variscan intrusion. *Lithos*, 121(1): 74-86.
- Le Maitre, R.W., 2002. *Igneous Rocks - A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press.
- McDonough, W.F., 1990. Constraints on the composition of the continental lithospheric mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 101(1): 1-18.
- Metin, S., Genç, Ş. and Bulut, V., 1987. Afyon ve dolayının jeolojisi (Rapor No: 8103), MTA, Ankara.

- Metin, S., Genç, Ş., Bulut, V., Ölmez, M., Kılıç, İ., Akıncı, A., Umut, M. and Kurt, Z., 1988. Bolvadin (Afyon)-Yunak (Konya) dolayının Jeolojisi (MTA Rapor No: 8522), MTA, Ankara.
- Mitchell, R.H., 2020. Igneous Rock Associations 26. Lamproites, Exotic Potassic Alkaline Rocks: A Review of their Nomenclature, Characterization and Origins. *Geoscience Canada*, 47(3): 119-142.
- Mitchell, R.H. and Bergman, S.C., 1991. *Petrology of Lamproites*. Plenum Press, New York, 447 pp.
- MTA, 2013. *Magmatic Rocks Map of Turkey*. General Directorate of Mineral Research and Explorations, Ankara.
- Murphy, D.T., Collerson, K.D. and Kamber, B.S., 2002. Lamproites from Gaussberg, Antarctica: Possible Transition Zone Melts of Archaean Subducted Sediments. *Journal of Petrology*, 43(6): 981-1001.
- Okay, A.I., 2008. Geology of Turkey: A Synopsis. *Anschnitt*, 21: 19-42.
- Okay, A.I. and Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: B. Durand, L. Jolivet, F. Hovarth and M. Séranne (Editors), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*. Geological Society, London, Special Publications, 156, pp. 475-515.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K., Uysal, Ş. and Işık, A., 1990. Konya-Kadınhanı-Ilgın dolayının temel jeolojisi, M.T.A. Rap., Ankara.
- Peccherillo, A. and Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58(1): 63-81.
- Prelević, D., Akal, C. and Foley, S.F., 2008. Orogenic vs anorogenic lamproites in a single volcanic province: Mediterranean-type lamproites from Turkey Donald D Harrington Symposium on the Geology of the Aegean, IOP Conference Series-Earth and Environmental Science 2.
- Prelević, D., Akal, C., Foley, S.F., Romer, R.L., Stracke, A. and Van Den Bogaard, P., 2012. Ultrapotassic Mafic Rocks as Geochemical Proxies for Post-collisional Dynamics of Orogenic Lithospheric Mantle: the Case of Southwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Petrology*, 53(5): 1019-1055.
- Prelević, D., Akal, C., Romer, R.L., Mertz-Kraus, R. and Helvacı, C., 2015. Magmatic Response to Slab Tearing: Constraints from the Afyon Alkaline Volcanic Complex, Western Turkey. *Journal of Petrology*, 56(3): 527-562.
- Rollinson, H. and Pease, V., 2021. *Using Geochemical Data: To Understand Geological Processes*. 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- Rudnick, R.L. and Gao, S., 2003. 3.01 - Composition of the Continental Crust A2 - Turekian, Heinrich D. HollandKarl K, *Treatise on Geochemistry*. Pergamon, Oxford, pp. 1-64.
- Şengör, A.M.C., Lom, N., Sunal, G., Zabcı, C. and Sancar, T., 2019. The phanerozoic palaeotectonics of Turkey. Part I: an inventory. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 1(1): 91-161.
- Stracke, A., Hofmann, A.W. and Hart, S.R., 2005. FOZO, HIMU, and the rest of the mantle zoo. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6(5).
- Sun, S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes. In: A.D. Saunders and M.J. Norry (Editors), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society of London, Special Publication 42, pp. 313-345.
- Umut, M., 2008. 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları (ILGIN-K27 Paftası, No: 92). MTA, Ankara.

- Wilson, M. and Bianchini, G., 1999. Tertiary-Quaternary magmatism within the Mediterranean and surrounding regions. Geological Society, London, Special Publications, 156(1): 141-168.
- Winter, J.D., 2014. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology (Second Edition). Pearson Education Limited, Essex.



EK 1: Yunak Lamproitik Kayalarının Major, İz Element ve Nd-Hf İzotop Analiz Sonuçları

Örnek No	MA-3	MA-5	KS-1	KS-2	KS-3	KS-4	KS-5
Kaya Türü	Olivin Filogopit Lamproit	Olivin Filogopit Lamproit	Filogopit Lamproit	Olivin Lamproit	Olivin Lamproit	Olivin Lamproit	Olivin Lamproit
UTM_E	399357	398730	394484	393744	393585	393390	392960
UTM_N	4274200	4273186	4270306	4270234	4270363	4270487	4270961
Major Element (%)							
SiO ₂	57.13	56.43	55.64	53.04	53.32	53.75	52.96
TiO ₂	1.53	1.54	2.16	1.17	1.22	1.22	1.21
Al ₂ O ₃	11.62	11.46	10.89	11.71	11.39	11.19	11.10
Fe ₂ O ₃ T	5.44	5.28	4.70	6.55	6.31	6.43	6.33
MnO	0.08	0.08	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10
MgO	7.98	7.88	6.68	9.40	8.92	10.49	9.88
CaO	4.89	5.03	3.68	8.27	7.49	7.02	8.73
Na ₂ O	1.78	1.70	1.03	1.83	1.89	1.92	1.70
K ₂ O	7.49	7.37	10.84	5.49	6.35	6.16	6.17
P ₂ O ₅	0.57	0.57	2.04	0.74	0.75	0.74	0.74
LOI	1.10	1.96	1.50	1.22	1.47	0.71	0.87
Toplam İz element (ppm)	99.59	99.30	99.22	99.52	99.20	99.74	99.77
Li	21.5	37.7	11.0	24.9	23.3	23.0	24.4
Be	8.75	9.20	8.49	7.72	8.26	8.72	7.97
Sc	15.5	15.5	11.6	18.8	17.0	18.0	17.6
V	110	110	91.8	134	129	125	128
Cr	452	455	406	586	601	637	606
Co	26.2	28.0	25.8	28.4	31.1	32.9	31.2
Ni	312	323	308	207	269	270	244
Cu	33.1	32.7	41.8	25.2	25.4	25.7	25.1
Zn	77.6	77.7	68.7	79.0	80.3	81.8	79.8
Ga	22.4	22.7	17.9	19.1	20.2	20.0	19.8
Rb	282	274	291	272	202	203	233
Sr	934	995	950	1007	1112	1104	1066
Y	22.9	22.8	15.0	26.7	26.2	27.4	26.8
Zr	805	851	1026	537	584	606	577
Nb	55.9	57.7	238	35.6	37.6	38.9	36.2
Sn	9.09	9.44	5.99	8.50	9.15	9.52	9.24
Cs	6.10	7.92	8.66	12.9	10.6	12.1	11.5
Ba	1215	1584	3865	1191	1336	1257	1234
La	110	113	31.2	106	121	120	115
Ce	226	230	58.3	227	255	254	249
Pr	26.4	26.6	6.99	26.8	30.1	29.8	28.6
Nd	98.6	98.6	25.1	100	109	112	106
Sm	14.0	14.1	4.77	14.8	16.3	16.5	15.7
Eu	3.02	3.02	1.54	3.08	3.28	3.32	3.32
Gd	9.62	9.55	4.06	10.6	11.0	11.5	11.3
Tb	1.10	1.08	0.57	1.22	1.27	1.31	1.33
Dy	5.22	5.09	3.03	5.84	5.92	6.11	5.98
Ho	0.88	0.85	0.56	1.01	1.01	1.03	1.02
Er	2.16	2.12	1.45	2.56	2.56	2.60	2.62
Tm	0.28	0.27	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33
Yb	1.83	1.74	1.23	2.19	2.15	2.17	2.14
Lu	0.27	0.26	0.18	0.32	0.32	0.32	0.31
Hf	23.0	24.7	21.9	14.8	16.6	16.6	16.1

