KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAKKALE (OSMANİYE) BÖLGESİNİN KUVATERNER YAŞLI ALKALİ LAVLARININ PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ

CANSU YORULMAZ

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAKKALE (OSMANİYE) BÖLGESİNİN KUVATERNER YAŞLI ALKALİ LAVLARININ PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ

CANSU YORULMAZ

Prof.Dr. Ercan ALDANMAZ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Dr.Öğr.Üyesi Aykut GÜÇTEKİN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Prof.Dr. Şafak ALTUNKAYNAK
Jüri Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 02.07.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmanın tüm aşamalarında beni yönlendiren, her soruma cevap veren, değerli görüşlerini ve katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ercan ALDANMAZ' a teşekkür ederim.

Tez sürecimin birçok aşamasında değerli görüşleri ve yardımlarıyla destek olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aykut GÜÇTEKİN ve Sayın Arş. Gör. Özlem YILDIZ YÜKSEKOL'a çok teşekkür ederim. Laboratuar çalışmalarımdaki katkılarından dolayı arkadaşım Sayın Yüksek Mühendis Mutlu ÖZKAN'a ve her zaman yanımda olan arkadaşım Sayın Begüm YEMENİCİ'ye minnet duygularımı sunarım.

Tüm hayatım boyunca hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili ailem; annem Ayşe YORULMAZ' a, babam Bekir YORULMAZ' a, kardeşim Göksu YORULMAZ' a ve teyzem Saniye DİM' e sonsuz teşekkür ederim.

Haziran - 2018 Cansu YORULMAZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 3
1.1. Çalışmanın Amacı 3
1.2. Çalışma Yöntemleri 3
1.3. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu 4
1.3.1. İnceleme alanı 4
1.3.2. Ulaşım, iklim ve bitki örtüsü 4
1.4. Önceki Çalışmalar 4
2. BÖLGESEL JEOLOJİ 6
3. PETROGRAFİ 11
3.1. Toprakkale (Osmaniye) Alkali Kayaçlarının Petrografik Özellikleri 11
4. JEOKİMYA 16
4.1. Kullanılan Analitik Yöntemler 16
4.2. Jeokimyasal Karakteristikler 20
4.2.1. Ana element karakteristikleri 20
4.2.1.1. Volkanik kayaçların sınıflandırılması 20
4.2.1.2. Ana elementlerin değişim diyagramları 21
4.2.2. İz element karakteristikleri 23
4.2.2.1. İz elementlerin değişim diyagramları 23
4.2.2.2. Nadir toprak element karakteristikleri 26
4.2.2.3. Çoklu element karakteristikleri 27
5. PETROJENEZ 29
5.1. Toprakkale Alkali Volkanik Kayaçlarının Kristalizasyon Süreçleri 29
5.2. Th/Yb ve Ta/Yb Oranları: kaynak zenginliğinin modellemesi 32
5.3. Kaynak Karakteristikleri 33
5.3.1. Ana ve iz element kısıtlamaları 33
5.4. Bölümsel Ergime Modellemesi 35
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 38
KAYNAKLAR 40
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 45
ÖZGEÇMİŞ 46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İskenderun körfezi bölgesinin jeoloji haritası ve bazaltik volkanik kayaçların dağılımı 7
Şekil 2.2. Deli Halil tepesinin güneydoğu yamacındaki sütunsal bazaltlar 9
Şekil 2.3. Toprakkale kalesi yamacındaki sütunsal bazaltlar 10
Şekil 2.4. Toprakkale çevresinde bulunan gaz boşluklu bazalt 10
Şekil 3.1. Alkali bazaltların genel mikroskop görüntüsü (Ç.N.), İntergranüler doku; Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen 11
Şekil 3.2. Olivin fenokristallerinin hidrotermal alterasyon ile kenarları boyunca iddingsitleşmesi (Ç.N.), İntergranüler doku, Alkali bazalt; Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen 12
Şekil 3.3. Olivin fenokristallerinin bir araya gelerek oluşturdukları glomeroporfirik yığışım (Ç.N.), İntergranüler doku, Alkali bazalt; Ol: Olivin 12
Şekil 3.4. Olivin fenokristallerinde gözlenen iskelet yapısı (Ç.N.), İntergranüler doku, Ol: Olivin 13
Şekil 3.5. Yarı özşekilli ve özşekilli (altıgen) olivin fenokristalleri ve gelişi güzel yayılmış plajioklas mikrolitleri, Hiyalopilitik doku (Ç.N.), Bazanit; Ol: Olivin 14
Şekil 3.6. Yarıözşekilli ve özşekilli (altıgen) olivin fenokristalleri ve gelişi güzel yayılmış plajioklas mikrolitleri, Hiyalopilitik doku (Ç.N.), Bazanit; Ol: Olivin 15
Şekil 3.7. Zonlu ve polisentetik ikizlenme gösteren plajioklas fenokristalleri, İntergranüler doku (Ç.N.), Alkali bazalt; Ol: Olivin, Plj: Plajioklas 15
Şekil 4.1. Toprakkale (Osmaniye) bazaltlarının toplam alkali-silis (TAS) diyagramındaki adlandırılması ve alkali- subalkali ayırımı 20
Şekil 4.2. Çalışma alanındaki örneklerin ana elementlerinin SiO_2'ye göre değişim diyagramları 22
Şekil 4.3. Çalışma alanındaki örneklerin iz elementlerinin SiO_2'ye göre değişim diyagramları 24
Şekil 4.3. (Devam) Çalışma alanındaki örneklerin iz elementlerinin SiO_2'ye göre değişim diyagramları 25
Şekil 4.4. Kondrite normalize edilmiş Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarına ait Nadir Toprak Element (REE) diyagramı 26
Şekil 4.5. N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş Toprakkale (Osmaniye) alkali bazaltlarına ve bazanitlerine ait çoklu element diyagramı 28
Şekil 4.6. Primitif mantoya (PM) göre normalize edilmiş Toprakkale (Osmaniye) alkali bazaltlarına ve bazanitlerine ait çoklu element diyagramı 28

Şekil 5.1. Toprakkale (Osmaniye) alkali volkanik kayaçlarına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri 30
Şekil 5.2. (a) Toprakkale alkali kayaçların Ni-MgO ilişkileri, ilksel ergiyik bileşimi ve olivin fraksiyonasyonu etkileri. (b) Fe2O3–MgO diyagramı; ilksel ergiyik bileşimi üzerinde olivin fraksiyonasyonu etkisi..... 31
Şekil 5.3. Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının Th/Yb karşı Ta/Yb diyagramı..... 32
Şekil 5.4. a. Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının V-Ti ayrım diyagramı. b. Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının Ba/Nb'a karşı La/Nb diyagramı. 34
Şekil 5.5. Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının Shaw (1970) tarafından önerilen modal olmayan yığın ergime denklemi ile oluşturulmuş ergime eğrileri ve ergime derecelerini gösteren $(La/Yb)_N$-$(Dy/Yb)_N$ diyagramı. 37

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Toprakkale volkanik kayaçlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları 17
Tablo 5.1. Toprakkale alkali kayaçlarına ait ergime modellemesinde kullanılan D ve P değerleri 36

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BABB	: Back Arc Basin Basalt (Yay Ardı Havza Bazaltları)
Cpx	: Klinopiroksen
Ç.N.	: Çift Nikol
DM	: Depleted Mantle (Tüketilmiş Manto)
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
EM	: Enriched Mantle (Zenginleşmiş Manto)
FC	: Fractional Crystallization (Fraksiyonel Kristalizasyon)
HFSE	: High Field Strength Elements (Yüksek Alan Şiddetli Elementler)
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer (Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi)
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KOFZ	: Karataş-Osmaniye Fay Zonu
LILE	: Large-İon Lithophile Elements (Geniş İyonlu Litofil Elementleri)
LREE	: Light Rare Earth Elements (Hafif Nadir Toprak Elementler)
MORB	: Mid-Ocean Ridge Basalts (Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları)
N-MORB	: Normal Mid-Ocean Ridge Basalts (Normal Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı)
OIB	: Ocean İsland Basalts (Okyanus Adası Bazaltları)
OIT	: Ocean İsland Tholeiite (Okyanus Adası Toleyiti)
Ol	: Olivin
Plj	: Plajiyoklas
PM	: Primitive Mantle (Primitif Manto)
REE	: Rare Earth Elements (Nadir Toprak Elementleri)
TAS	: Toplam Alkali-Silis Diyagramı

TOPRAKKALE (OSMANİYE) BÖLGESİ PLİYO-KUVATERNER ALKALİ LAVLARININ PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ

ÖZET

Toprakkale (Osmaniye) volkanik alanı sol yanal atımlı Karataş-Osmaniye Fay zonu içinde yer almakta olup, Pliyo-Kuvaterner yaşlı mafik alkali kayalardan oluşmaktadır. Bu kayalar tüm kaya ana element verileri ve petrografik özellikleri temelinde alkali bazalt ve bazanit olarak sınıflandırılmıştır. Volkanik kayalar LILE, HFSE ve L-MREE bakımından N-MORB bileşimlere göre belirgin zenginleşmeler ve HREE bakımından ise tüketilmelerle tipik olan OIB tipi iz element dağılımları sunarlar. İz element göreceli oranlarının teorik modellemeleri ile elde edilen sonuçlar Toprakkale alkali volkanik kayalarında olivin ve klinopiroksenin baskın olduğu fraksiyonel kristalizasyon ile uyumludur. Fraksiyonasyon düzeltmesi yapılmış veriler üzerinde uygulanan kantitatif iz element modellemeleri, Toprakkale mafik volkanik kayalarını oluşturan alkalin magmaların tüketilmiş MORB mantosu (DMM) veya primitif manto (PM) bileşimlerine göre uyumsuz elementler bakımından zenginleşmiş manto kaynağının değişken derecelerde kısmi ergimesinin ürünleri olduğuna işaret eder. Buna karşın, alkali bazalt ve bazanit bileşimlerinde gözlenen farklı iz element oranları bu kayaların oluşumu esnasında farklı bileşimlerde birden fazla manto kaynağından katkı olduğunu göstermektedir. Normalize diyagramlarda bazı örneklerde gözlenen Rb, K ve Pb negatif anomalileri kaynakta kalıntı bir sulu mineral (olasılıkla amfibol) varlığına işaret ederken, bazı diğer örneklerin iz element göreceli oranları kuru peridotit kısmi ergimesi ile uyumludur. Jeokimyasal veriler Toprakkale alkali lavlarının oluşumunda sulu mineral içeren metasomatize litosferik manto ve kuru peridotit bileşimli astenosferik manto gibi farklı kaynaklardan ergiyiklerin değişken oranlarda katkısına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ergime Modellemeleri, Fraksiyonel Kristalizasyon, Manto Kaynağı, Toprakkale (Osmaniye).

PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF PLİO-QUATERNARY ALKALI LAVAS FROM THE TOPRAKKALE (OSMANIYE) REGION

ABSTRACT

The Toprakkale (Osmaniye) volcanic field, which is located within the left lateral strike slip Karataş-Osmaniye fault zone, is composed of Plio-Quaternary mafic alkaline rocks. On the basis of their whole-rock major element compositions and petrographic characteristics these rocks are classified as alkali basalt and basanite. The volcanic rocks display prominent enrichments in LILE, HFSE and L-MREE, and depletions in HREE relative to the N-MORB composition, and are characterized by typical OIB-type trace element distributions. The results from the theoretical modeling of trace element relative abundances are consistent with melt evolution with olivine- and clinopyroxene-dominated fractional crystallization. Quantitative trace element modeling utilized using fractionation corrected data indicate that the alkaline magmas forming the mafic volcanic rocks are the products of variable degrees of partial melting of a mantle source that is enriched in incompatible elements compared to the depleted MORB mantle (DMM) and primitive mantle (PM) compositions. However, distinct trace element compositional variations of alkali basalt and basanites suggest that more than one compositionally different source materials have been involved in the genesis of the alkaline lavas. Some of the samples display negative Rb, K, and Pb anomalies on their normalized trace element plots, suggesting melt generation with involvement of a hydrous phase (most probably amphibole) in the solid residue, while trace element relative abundances of some others can be modeled by partial melting of an anhydrous peridotite source. Overall, the geochemical data indicate that the formation of the alkaline lavas in the Toprakkale area requires involvement of melts from both the hydrous mineral-bearing metasomatized lithospheric mantle and anhydrous asthenospheric mantle.

Keywords: Melting Models, Fractional Crystallization, Mantle Source, Toprakkale (Osmaniye).

GİRİŞ

Bazaltlar; manto kökenli magmaların ürünü olup, ince taneli dokuları ile köken kaya çalışmalarında yaygın olarak tercih edilirler. Yeryüzünde yaygın olarak bulunan bu kayaçlar; plajioklas + klinopiroksen +/- olivin fenokristallerini içeren, volkanik kayaç grubudur.

Mineralojik bileşimlerine göre silisçe doygun bazaltlar ve silisçe doygun olmayan bazaltlar olarak ikiye ayrılırlar. Silisçe doygun olanlar toleyitik bazaltlar olarak adlandırılıp, bileşimlerinde genellikle normatif kuvars ve hipersten bulunup, olivin içermezler. Silisçe doygun olmayanlar ise alkali bazaltlar olarak adlandırılır. Alkali bazaltlar fenokristal olarak olivin, plajioklas ve klinopiroksen (titanojit) içerirler. Olivin ve klinopiroksen hamurda küçük taneler olarak da bulunabilir. Bu kayaçlar genellikle yüksek K_2O/Na_2O oranlarına ve yüksek K_2O ve TiO_2 içerikleri ile karakterizedir. Bu kayaçlar yaygın olarak kıtasal rift zonları ve okyanus adalarında oluşurlar.

Okyanus adalarındaki alkalen magmatizma ürünü kayalar genelde alkali bazaltlar ve bunların yarı derinlik-derinlik kayaçlarıdır. Farklı volkanik alanlardan alınan örneklerin ana element dağılım diyagramlarında düzgün çizgisel gidişler göstermesi, alkali bazaltlara kaynak oluşturan magmaların düşük basınçta fraksiyonel kristallenmesine işaret etmektedir (Wilson,1989). İz element dağılımları dikkate alındığında ise; okyanus adası alkali bazaltları (OIB), okyanus ortası sırt bazaltlarına (MORB) ve okyanus adası toleyitlerine (OIT) göre LILE elementlerce (Cs, Rb, K, Ba, Pb, Sr) zenginleşme gösterirken, Cr ve Ni gibi geçiş elementlerince tüketilmişlerdir. Okyanus adası bazaltları (OIB), Nadir toprak element (REE) dağılım desenlerinde LREE'lerce zenginleşme HREE'lerce tüketilmesiyle N-MORB'dan ayrılırken, OIT ise benzer REE deseni göstermelerine karşın daha fazla tüketilmiştir. Ayrıca OIB'lerin LREE'lerce zenginleşmesi ve HREE'lerce tüketilmesi kaynak

kayalarının düşük derecede ergimiş ve granatın kalıntı fazda korunduğu tüketilmemiş /az tüketilmiş manto kayası olacağına işaret eder.

Ancak iz element oranlarındaki farklılıklar (La/Ce, La/Yb, La/Sm gibi) OIB'lerin tek ve aynı kaynaktan kökenlenmeyeceğini gösterir. Yapılan izotop ve iz element çalışmalarıyla alkalen magmaların heterojen bir manto kaynağından oluştuğunu kanıtlamıştır (örn.,Walker,1993). Bu çalışmalarla göre köken magmanın; ya farklı magmaların karışması (mixing-model) ile ya da üç ayrı uç bileşenden meydana gelen karmaşıktan (complex source-model) oluşacabileceğini göstermektedir.

Toprakkale' de görülen bazaltik volkanizma; kuzeyde Misis-Andırın kompleksi ile güneyde İskenderun Körfezi arasında olup, kuzeydoğu-güneybatı gidişli sol yanal atımlı Karataş-Osmaniye Fay zonunda (KOFZ) yer almaktadır. İnceleme alanından alınan tüm kayaçlar Pliyo-Kuvaterner yaşlı alkali bazaltlardır. Tez kapsamında Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının ilk olarak petrografik çalışmaları yapılarak, tüm kaya ana ve iz element içerikleri çeşitli diyagramlarda değerlendirilip, bu kayaçları oluşturan magmatik işlemlerin yorumlanmasında kullanılmıştır. Tezin son bölümü olan petrojenez de ise bu alkali kayaçların iz element verilerinden yararlanılarak, kayaçların kristalizasyon geçmişi, kontaminasyon etkisi ve kaynak bileşenleri belirlenip, kısmi ergime modeli yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, elde edilen ana ve iz element içerikleri ve petrografik incelemeler ile Toprakkale (Osmaniye) alkali bazaltik kayaçlarına kaynak oluşturan mantonun jeokimyasal karakteristikleri ve ergime geçmişi gibi köken karakteristikleri hakkındaki sorulara cevaplar aranmıştır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada İskenderun Volkanik provensinde bulunan Toprakkale alkali volkanizması incelenmiş ve bu kayaçların jeokimyasal karakteristikleri ortaya konmuştur.

Çalışma alanında 25 örnek alınarak 11 tanesinden ince kesit hazırlanmıştır. 25 örnek de kimyasal analiz için seçilmiştir. Kimyasal analiz sonuçları jeokimya olarak tek bölümde değerlendirilmiş, bu bölümde tüm kaya ana oksit ve iz element jeokimyası olarak çalışılmıştır.

1.2. Çalışma Yöntemleri

Çalışma yöntemleri; büro çalışmaları, saha çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları olarak üç adımda gerçekleştirilmiştir.

Büro çalışmalarında, çalışma alanı ve yakın çevresine ait literatür taraması yapılarak gerekli ön çalışmalarla, çalışma alanı hakkında gerekli bilgiler ve haritalar toplanmıştır. Çalışma bölgesinden petrografik ve jeokimyasal incelemeler için bazaltik kayaçlar toplanmıştır. Saha çalışmalarında toplanan kayaç örneklerinin kırma ve öğütme işlemleri ve ince kesitleri hazırlanarak petrografik çalışmaları Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda toz haline getirilen numuneler, jeokimyasal analizi ALS Chemex (Toronto-Kanada) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen tüm veriler düzenlenerek tez haline getirilmiştir.

1.3. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu

1.3.1. İnceleme alanı

İnceleme alanı Osmaniye ilinin kuzeybatısında yer alan Toprakkale ilçesinde bulunan bazaltik kayaçlardır.

1.3.2. Ulaşım, iklim ve bitki örtüsü

Tez inceleme alanına ulaşım karayolu ile yapılmaktadır. Çalışma alanının iklimi dağlık ve ovalık alanlarda farklılık göstermekle birlikte Akdeniz iklimi etkisindedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü yerlerde olduğu gibi buranında tipik bitki örtüsü makidir.

1.4. Önceki Çalışmalar

İskenderun Körfezi Alkali Volkanik kayaçları olarak da adlandırılan Toprakkale (Osmaniye) Pliyo-Kuvaterner yaşlı alkali volkanik kayaçları birçok araştırmacı tarafından petrografik ve jeokimyasal açıdan incelenmiştir. Bu incelemeler özetle aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

Bilgin ve Ercan (1981), Ceyhan-Osmaniye-Yumurtalık ve Haruniye yörelerinde geniş bir alanda yüzlekler veren Kuvaterner yaşlı volkanitlerin petrolojik inceleme sonuçları göre plajiyoklas, olivin ve ojit fenokristallerinden ve eş bileşimde hamur maddesinden oluştuğu saptanan bu bazaltik lavların, petrokimyasal araştırmalarla da hafif alkalin bir özellik gösteren toleyitik nitelikli plato bazaltları olduğu sonucuna varmıştır.

Polat ve diğ. (1997), Kuvaterner Ceyhan-Osmaniye ovası ve Hassa grabeni alkali olivin bazaltları Türkiye'nin güneyindeki Adana ve Hatay provenslerinde sırasıyla Doğu Anadolu ve ölüdeniz sol yanal faylarının transtansiyonel depresyon alanları boyunca püskürmüştür. Bu iki volkanik provens Doğu Anadolu ve Ölüdeniz faylarıyla oluşan litosferik kırıklar boyunca metazomatize olmuş astenosferik mantonun düşük derecede bölümsel ergimesiyle oluşmuştur.

Arger ve diğ. (2000), Toprakkale bazaltik kayaçlarının yaş tayinlerini yaparak, bu kayaçların Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduklarını tespit etmişlerdir.

Yurtmen ve diğ. (2000); İskenderun körfezi alkali bazaltlarının ana ve iz element özelliklerinin okyanusal ve kıta-içi alkali bazaltlarına benzemekte olup K, Rb, Sr, Pb, Nb ve Ti'de zenginleşme gösterdiklerini belirtmiştir. Ayrıca bu alkali bazaltların herhangi bir kabuksal kontaminasyona uğramadıklarını ve manto kaynağının OIB kaynağına benzer bir astenosferik mantodan türediklerini savunmaktadır.

Parlak ve diğ. (2000) Yumurtalık Fayı (Adana) boyunca gözlenen alkali bazaltlarının REE desenleri ve primitif mantoya göre normalize edilen uyumsuz iz element içeriklerinin okyanus adası bazaltlarına (OIB) jeokimyasal olarak benzerlik gösterdiğini ve bu volkanik kayaçlardan elde edilen jeokimyasal veriler, Güney Türkiye'de gözlenen kıta-içi volkaniklerin Geç Pliyosen'den beri Anadolu-Afrika plakaları arasındaki sınırı oluşturan sol yönlü doğrultu atımlı fayların neden olduğu kıtasal kabuktaki kırıklar boyunca astenosferik mantodan türedikleri sonucuna ulaşmışlardır.

Yaşar ve Erdoğan (2001), Deli Halil tepe ve civarındaki bölgedeki kayaç tiplerini formasyonlara ayırarak, bu formasyonları oluşturan litolojileri açıklamıştır.

Aksu ve diğ. (2005), İskenderun havzası ilk olarak Miyosende dağ içi bir depresyon alanı olduğunu ve Pliyo-Kuvaterner zamanlarında küçük çaplı rahatlama alanları sağlayan gerilmeli faylar sayesinde delta sedimantasyonun baskın olarak doldurulduğunu belirtmiştir.

Albora ve diğ. (2006), Yaptıkları çalışmada İskenderun körfezi için yeni bir tektonik model önermişlerdir. Bu modele göre Doğu Anadolu fay zonu dar bir fay zonu olarak havzayı kesmektedir ve Kıbrıs yayına doğru devam etmektedir.

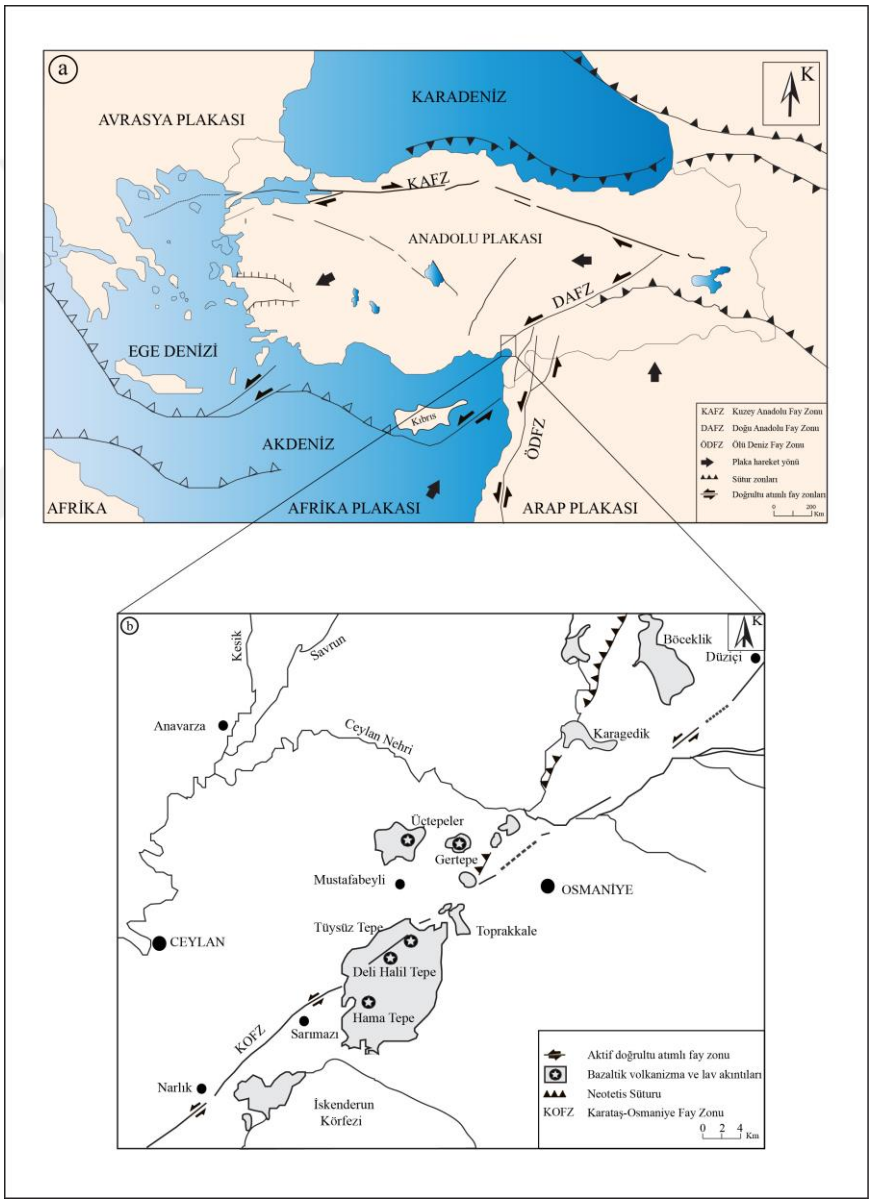
Bağcı ve diğ. (2010); Toprakkale alkali bazaltlarının ve bazanitlerinin benzer jeokimyasal özelikler sergilemekte olup LILE ve LREE'de farklı zenginleşmeler ile karakterize olup, aynı kaynaktan farklı kısmi ergime derecesi ile türetildiklerini belirtmiştir. Her iki kaya türündeki yüksek TiO_2 içeriği, eriyiklerin tamamen peridotitik materyalden kaynaklanmadığını, ancak piroksenitler gibi TiO_2 açısından zengin bir materyalden türetildiğini belirterek, bu kayaçların genel jeokimyasal özellikleri ise yitime bağlı metasomatizmanın varlığına işaret ettiğini savunmuşlardır.

2. BÖLGESEL JEOLOJİ

Türkiye tektonik açıdan yerküredeki en aktif kıtasal bölgelerinden biri üzerinde yer almaktadır. Oligosen'de Kızıldeniz ve Süveyş Körfezi'nin açılmaya başlamasıyla Arabistan plakası Afrika plakasından ayrılmaya başlamıştır (McKenzie, 1972; Cochran, 1981; İzzeldin, 1987; Bayer ve diğ., 1988; Le Pichon ve Gaulier, 1988). Arabistan plakasının Ölüdeniz Fay Zonu boyunca kuzeye hareketi, Eosen-Miyosen zamanlarında yitimi izleyen Orta ve Geç Miyosen'de Avrasya ve Arabistan plakaları arasında, Doğu Anadolu'da kabuğun kısalması ve kalınlaşmasına sebep olan kıtasal çarpışmaya neden olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Fyitkas ve diğ., 1984; Buket ve Temel, 1998; Temel ve diğ., 1998; Yılmaz ve diğ., 1998; Yürür ve Chorowicz, 1998). Bu kıtasal çarpışmadan dolayı, Anadolu bloğu Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca batıya doğru hareket etmeye başlamıştır (Şekil 2.1.a.) (McKenzie, 1972; McKenzie ve Yılmaz, 1991). Ayrıca Arabistan-Avrasya çarpışması buradaki kıtasal kabuğun kısalması, kalınlaşması ve Anadolu bloğunun deformayonuna sebep olmuştur (McKenzie ve Yılmaz, 1991; Lyberis ve diğ., 1992). Sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Geç Miyosen-Pliyosen'den beri aktiftir (Ambrasasey, 1970; Tatar, 1975; Ketin, 1976). Kuzey Anadolu fay zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu kuzeyde Karlıova kavşağında birleşirken; Doğu Anadolu Fay Zonu güneyde Anadolu-Arap-Afrika üçlü eklemin şekillendirdiği Maraş üçlü kavşağında Ölüdeniz Fayı ile birleşmektedir (Karing ve Kozlu, 1990; Perinçek ve Çemen, 1990).

Afrika Plakası, Arabistan Plakası ve Anadolu Bloğu arasındaki üçlü birleşme ve Doğu Anadolu Fay sistemi için çeşitli modellemeler öne sürülmüştür. Bu modellemelerden birincisine göre, Doğu Anadolu Fay Zonu, Antakya'ya kadar uzanır ve burada Ölü Deniz Fay Sistemi (ÖDFZ) ile birleşir (Arpat ve Şaroglu, 1975; Perinçek ve Çemen 1990; Lyberis ve diğ., 1992; Şaroglu ve diğ., 1992; Kiratzi ve Papazachos, 1995). Başka bir modellemeye göre Doğu Anadolu Fay Zonu,

Osmaniye ve Ceyhan'ın güneyinden geçerek, Karataş üzerinden Akdeniz'in içinden Kıbrıs'a kadar uzanmaktadır (McKenzie, 1976; Dewey ve diğ., 1986; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988;Westaway, 1994). Diğer bir modele göre ise Doğu Anadolu Fay Zonu'nun ise üçlü eklem noktasında sonlandığı savunulmaktadır (Şengör ve diğ., 1985; Gülen ve diğ., 1987; Muehlberger ve Gordon, 1987). Tüm bu bilgilere dayanarak, Osmaniye ve çevresini kapsayan Doğu Akdeniz Bölgesinde plaka sınırları düzensiz olup, bu bölgede bir çok aktif fay bulunmaktadır.



Şekil 2.1. İskenderun Körfezi bölgesinin jeoloji haritası ve bazaltik volkanik kayaçların dağılımı (Bilgin ve Ercan, 1981; Arger ve diğ., 2000)

Toprakkale (Osmaniye) volkanik alanı; güneydoğudaki Amanos Dağları ile kuzeybatıdaki Misis-Andırın kompleksi ile sınırlanan İskenderun Havzasında bulunmaktadır (Albora ve diğ., 2006). İskenderun körfezi alkali volkanik kayaçları olarak da adladırılan Toprakkale (Osmaniye) volkanizması, modern Türk-Afrika Levha sınırının bir parçasını oluşturan kuzeydoğu-güneybatı gidişli sol yanal atımlı Karataş-Osmaniye Fay Zonunda (KOFZ) yer almaktadır (Şekil 2.1.b.). Geç Pliyosen döneminden sonra genişlemeli tektonik rejiminin etkisiyle KD-GB gidişli Karataş-Osmaniye fayı ve diğer faylar bu bölgede kabuk incelmesine neden olmuştur. Bu tektonik rejimin sonucu olarak kıta içi Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazik karakterli volkanizmalar ana fay zonu boyunca oluşmuşlardır. Oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazaltlar karasal sedimanları örtmüştür (Kozlu, 1987; Karig ve Kozlu, 1990).

Çalışma alanının görünür temelini filiş karakterindeki çamurtaşı, kumtaşı ve kumlu kireçtaşı istiflerinden oluşan Karataş formasyonu oluşturmaktadır (Yaşar ve Erdoğan, 2001). Bilgin ve diğ. bu formasyonun Alt-Orta miyosen yaşlı olduğunu kumlu kireçtaşı içerisindeki fosil bulguları ile saptamıştır. Karataş formasyonu üzerine Kuzgun formasyonu gelmiştir. Bu formasyon kumtaşı, konglomera, marn, silttaşı ve kiltaşı ardalanmasından oluşup, fosil bilgilerine göre yaşı Üst Miyosen-Pliyosen olarak belirlenmiştir (Bilgin ve Ercan, 1981). Kuzgun Formasyonunun üzerine serpantinit, serpantinize peridotit, kireçtaşı, kuvars ile çört çakılları içeren karbonat çimentolu, iyi pekişmiş çakıl taşından oluşan, Pliyosen yaşlı Haydar Formasyonu gelmiştir (Yaşar ve Erdoğan, 2001). Bu birimleri kısmen örten Toprakkale formasyonu ise geniş bazaltik lav akıntıları, piroklastik blok ve küllerden oluşmaktadır (Yaşar ve Erdoğan, 2001). Birimle bağlantılı ilk patlama ürünleri lav akıntıları olup, bunlar K-Ar yaşları 2.1 ile 2.3 My arasındadır (Arger ve diğ., 2000). Bu akıntılar Neojen sedimanter birimlerini üzerler ve 1-2 metre kalınlığında iri lav akışı olarak ortaya çıkarak koyu gri ile siyah renkleri tarafından tanınabilirler (Bağcı ve diğ., 2010).

Toprakkale volkanizmasının Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazaltları, KD-GB gidişli doğrultu boyunca yüzeylenerek (Bilgin ve Ercan, 1981), 4 ana bölgede yoğunlaşmıştır. Bunlar Deli Halil Tepe, Üç Tepeler, Gertepe ve Toprakkale'dir (Şekil 2.1.b.).

Deli Halil Tepe, bölgedeki en geniş bir yayılıma sahiptir. Bu bazaltik volkanizmanın KD-GB yönlü çizgisel skorya konileri ve birkaç parazit konileri, cüruf ve sütun bazaltlarından oluşmaktadır (Şekil 2.2.). Büyükser, Küçükser, Domuz Tepe ve Kale Tepe bu skorya konilerinden önemli olanlarıdır.

Üç Tepeler, Deli Halil Tepe'ye benzer özelliklere sahiptir. Bu volkanın bir parazit konisi ve bir skorya konisi vardır (Yurtmen ve diğ. 2000). Ayrıca Üçtepeler de cüruf konileri gözlenmiş ve bu koninin üst seviyelerinde taze ve gri renkli bazaltik lav akıntıları bulunmaktadır. Gertepe dolaylarında gözlenen bazaltik lavlar, Pliyo-Kuvaterner yaşlı konglomeralar üzerinde akıntı şeklindedir (Bilgin ve Ercan,1981).

Toprakkale küçük bir monojenetik merkez olup, Deli Halil Tepenin kuzeydoğusunda yer almaktadır (Yurtmen ve diğ., 2000). Bu volkanizma da Delil Halil Tepe gibi boşluklu bazalt, skorya, cüruf ve sütun bazaltlarından oluşmuştur (Şekil 2.3-2.4.).



Şekil 2.2. Deli Halil Tepesinin güneydoğu yamacındaki sütun bazaltları



Şekil 2.3. Toprakkale Kalesi yamacındaki sütun bazaltları



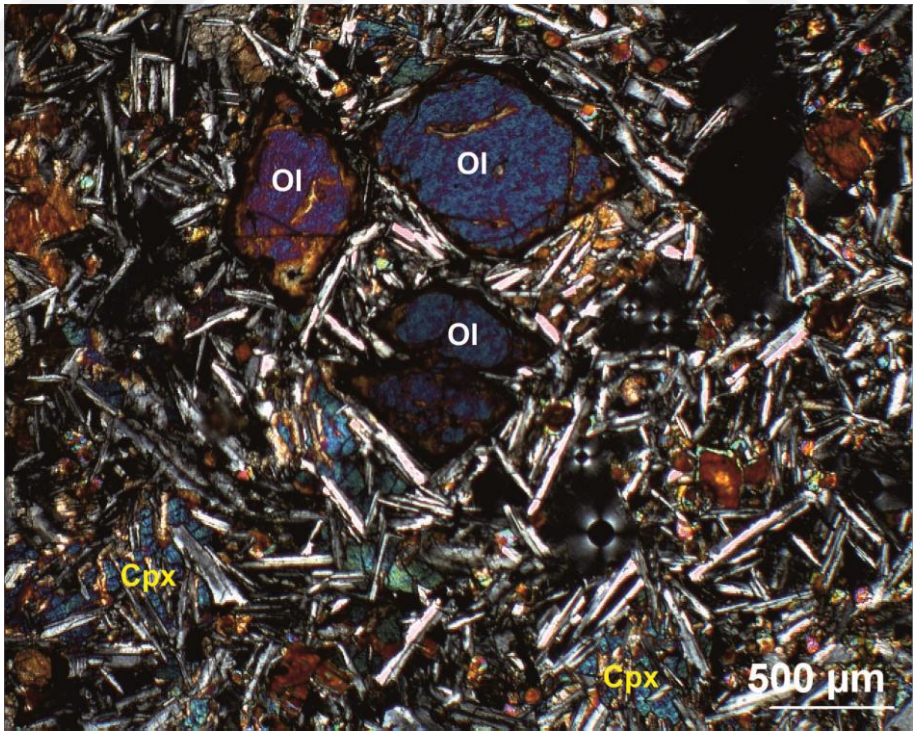
Şekil 2.4. Toprakkale çevresinde bulunan gaz boşluklu bazalt

3. PETROGRAFİ

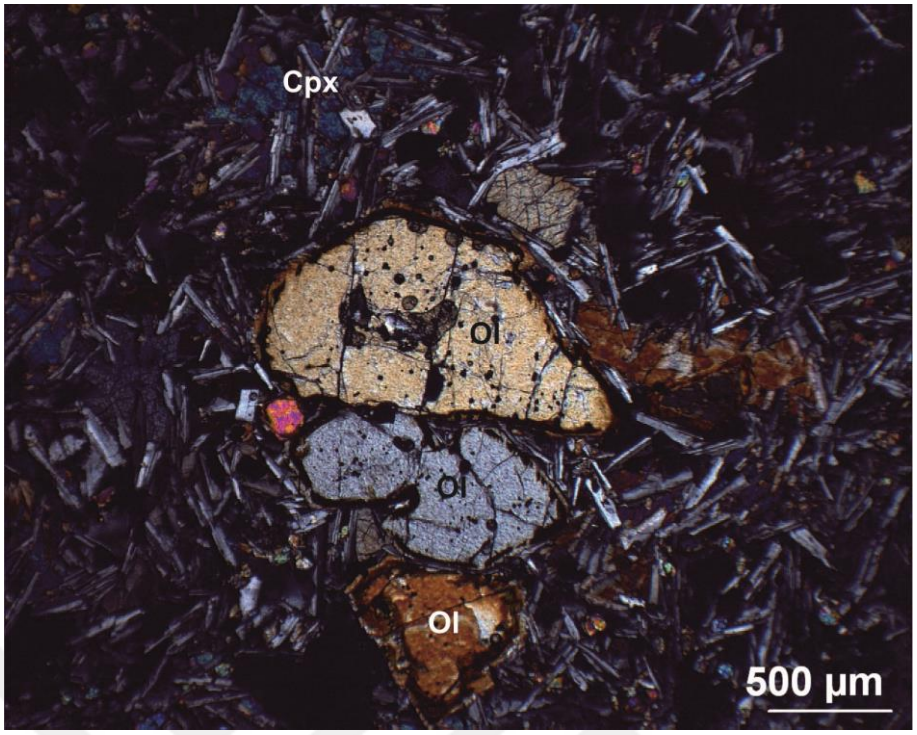
Bu bölümde Toprakkale (Osmaniye) volkanik sahasından alınan alkali kayaçların petrografik çalışmaları yapılmıştır. 25 adet kayaç örneğinin 11 tanesinin ince kesiti hazırlanıp, petrografik çalışmaları yapılarak; bu kayaçları oluşturan fenokristaller, mineral/matriks oranları ile fenokristallerin yüzdeleri ve kayaç dokuları tespit edilmiştir.

3.1. Toprakkale (Osmaniye) Alkali Kayaçlarının Petrografik Özellikleri

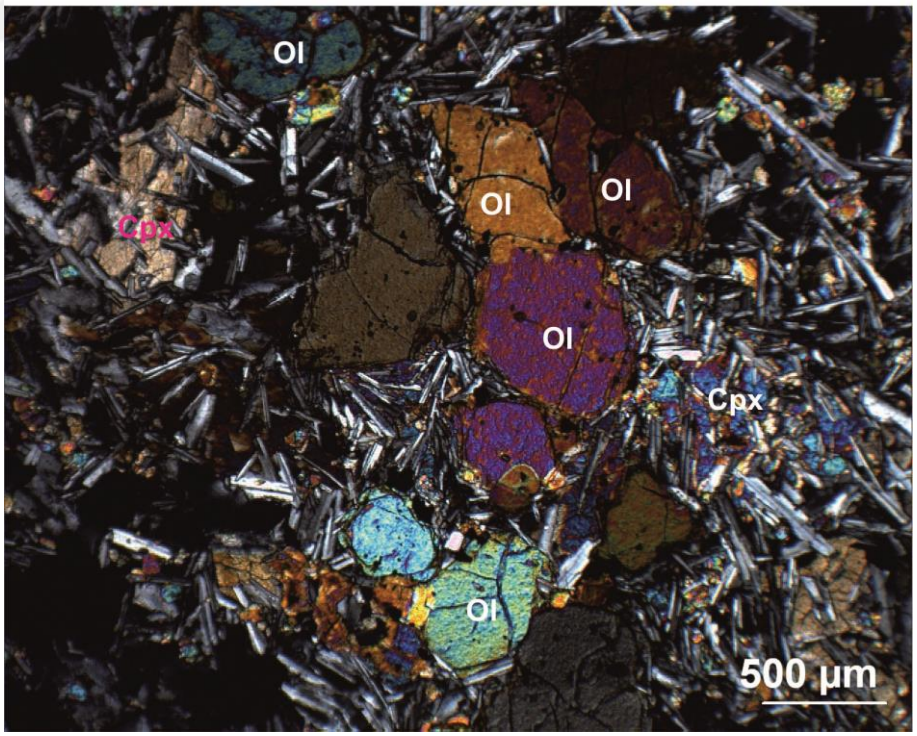
Kesit incelemesinde alkali bazaltların ve bazanitlerin plajiyoklas (plj), klinopiroksen (cpx), olivin (ol) ve opak minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.1.). Bu kayaçlar hiyalopilitik ve intergranüler doku göstermektedir. Fenokristal içeriği değişkendir, genel olarak<10 (afrik) ila% 20 (zayıf porfiritik) arasında değişir.



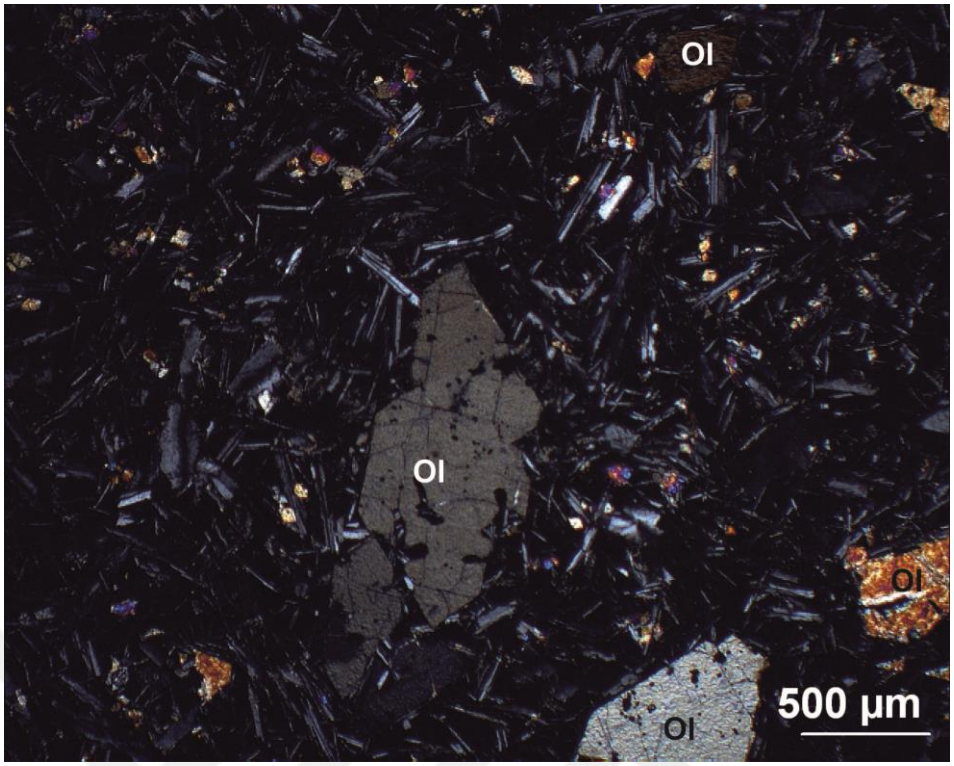
Şekil 3.1. Alkali bazaltların genel mikroskop görüntüsü (Ç.N.), İntergranüler doku; Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen



Şekil 3.2. Olivin fenokristallerinin hidrotermal alterasyon ile kenarları boyunca iddingsitleşmesi (Ç.N.), İntergranüler doku, Alkali bazalt; Ol: Olivin, Cpx: Klinopiroksen



Şekil 3.3. Olivin fenokristallerinin bir araya gelerek oluşturdukları glomeroporfirik yığışım (Ç.N.), İntergranüler doku, Alkali bazalt; Ol: Olivin



Şekil 3.4. Olivin fenokristallerinde gözlenen iskelet yapısı (Ç.N.), İntergranüler doku, Ol: Olivin

Olivinler fenokristal halinde bulunup, hamurda birbirini kesen veya gelişi güzel yayılmış plajiyoklas mikrolitleri ve bu mikrolit araları dolduran klinopiroksen ve opak mineralleri bulunmaktadır.

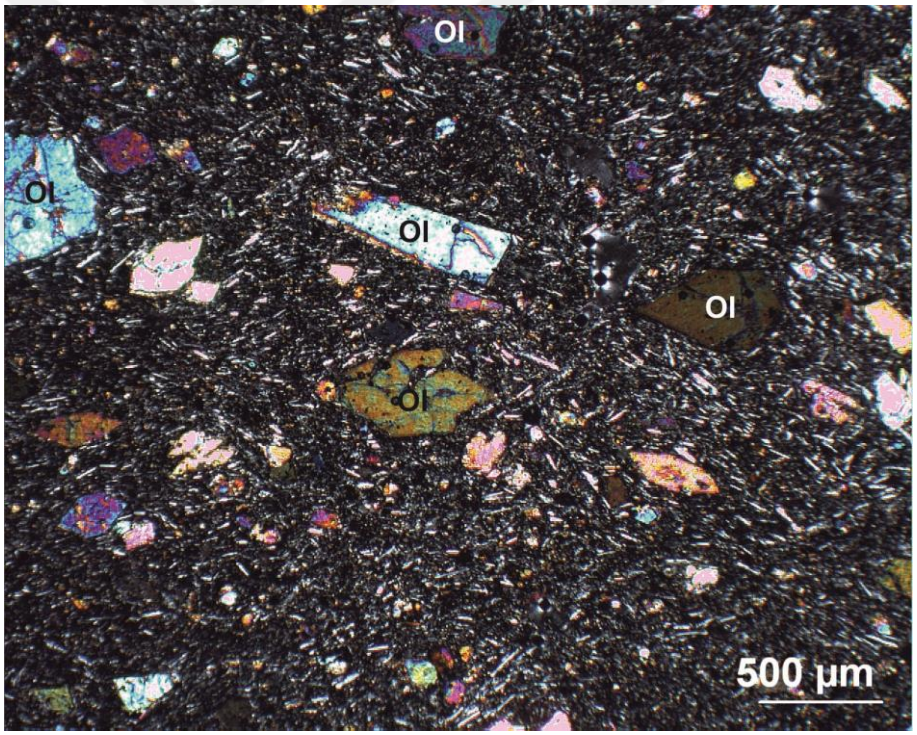
Kayaçlardaki olivin fenokristalleri yarıözşekilli ve/veya özşekillidir. İncelenen kesitlerde bazı Olivin fenokristallerinin kenarlarından iddingsitleştikleri ve bazılarında ise iddigsitleşmenin olmadığı gözlenmiştir (Şekil 3.1.-3.2.). Ayrıca bazı kesitlerde olivin fenokristalleri birleşerek glomeroporfirik yığışımları oluşturdukları gözlenmektedir (Şekil 3.3). Olivinlerdeki ise iskelet dokuları olivinin hamur tarafından kemirildiğini göstermekte olup, olivinin ilk oluşan mineral olduğunu göstermektedir (Şekil 3.4.).

Plajiyoklaslar, hamurda birbirini kesen veya gelişi güzel yayılmış mikrolitler şeklinde bulunmaktadır. Zonlu ve polisentetik ikizlenme göstermektedir.

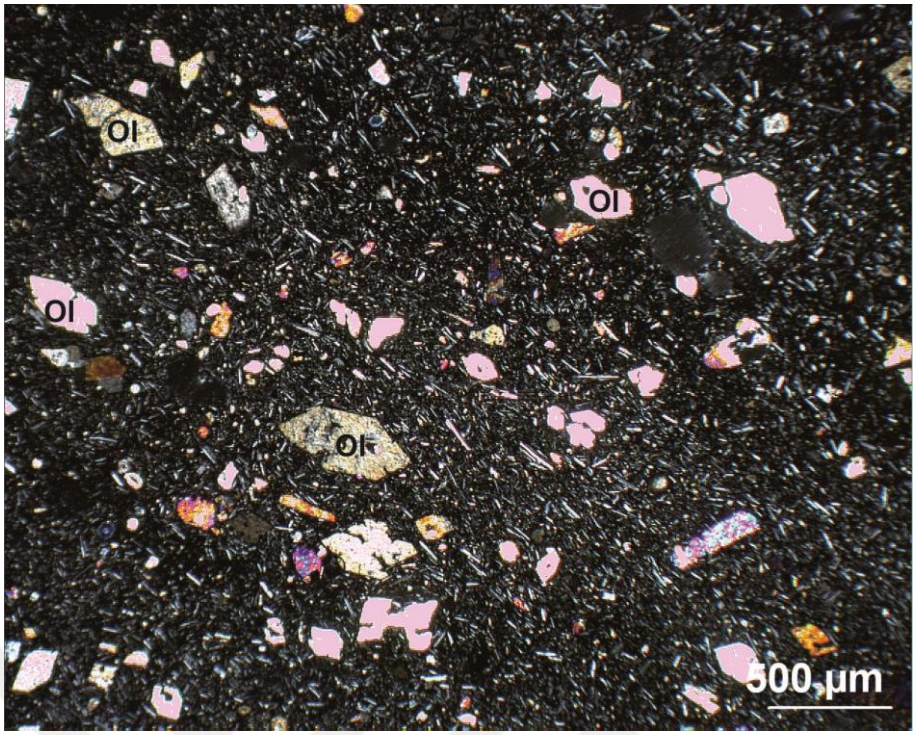
Klinopiroksenlerde genelde hamurda plajiyoklas mikrolitlerinin aralarını dolduracak şekilde gelişmiş özşekilsiz veya yarı özşekilli taneler halinde bulunup, tek nikolde zayıf pleokroizma göstermektedir.

Ayrıca kayaçların petrografik özelliklerine bakılarak; kayaçların türedikleri magma özellikleri hakkında yorumlamalar yapılmaktadır. Olivin refrakter bir mineral olup, içinde bulunduğu eriyik ile kimyasal ya da termal dengesizlik halinde bulunması, yaygın bir durum değildir.

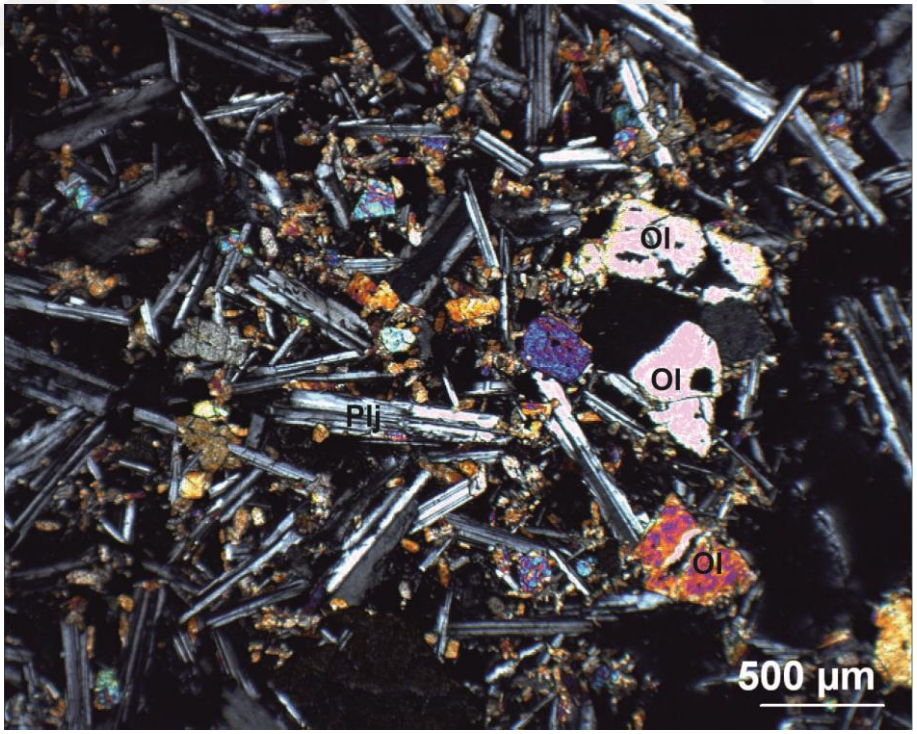
Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının petrografik çalışmalarında; özşekilli ve iskeletimsi olivin fenokristalleri ile oval ve kemirilmiş olivin fenokristallerin bir arada bulundukları gözlenmiştir. Bu durum bir dengesizlik durumuna işaret etmektedir.



Şekil 3.5. Yarı özşekilli ve özşekilli (altıgen) olivin fenokristalleri ve gelişi güzel yayılmış plajiyoklas mikrolitleri, Hiyalopilitik doku (Ç.N.), Bazanit; Ol: Olivin



Şekil 3. 6. Yarıözşekilli ve özşekilli (altıgen) olivin fenokristalleri ve gelişi güzel yayılmış plajiyoklas mikrolitleri, Hiyalopilitik doku (Ç.N.), Bazanit; Ol: Olivin



Şekil 3. 7. Zonlu ve polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklas fenokristalleri, İntergranüler doku (Ç.N.), Alkali Bazalt; Ol: Olivin, Plj: Plajiyoklas

4. JEOKİMYA

Arazi çalışmaları sonucunda toplanan örneklerden 25 tanesi için jeokimyasal analiz yapılmıştır. Bu 25 tane örneğin tüm kayaç ana oksit, iz element ve nadir toprak element (REE) bileşimlerinin jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Toprakkale bazaltlarına ait ana oksit ve iz element bileşimleri Tablo 4.1. 'de verilmiştir.

4.1. Kullanılan Analitik Yöntemler

Toprakkale volkanizmasının jeokimyasal karakteristiklerini belirlemek için petrografik çalışmalara göre seçilen 25 volkanik kayacın alterasyonlu yüzeyleri temizlenip daha sonra kırma ve öğütme işlemleri, Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi laboratuarlarında yapılmıştır. Hazırlanan numunelerin ana ve iz element analizleri sırasıyla ICP-MS ve ICP-OES kullanılarak ALS Chemex (Toronto-Kanada) laboratuvarında analiz edilmiştir.

İz element analizleri için yaklaşık 0,2 g kayaç tozu 1,4 g $LiBO_2$ ile ergitilmiş, sonrasında 50 ml %5'lik HNO_3'te çözündürülmüş ve sonuçlar ICP-MS cihazı ile okunmuştur. Analizlerde 20 ppb Re, Rh internal standart örneklere otomatik olarak eklenmiştir. Analizlerde rölatif standart sapma (RSD) değerleri %5'ten küçüktür. Ana oksitler ergitilmiş diskler hazırlandıktan sonra XRF spektrometresi kullanılarak ölçülmüştür. Bu işlem için 0,6 g kayaç tozu 3 g $LiBO_2$ ile karıştırılıp 1100^0C'de 15 dakika ısıtılmıştır. Analizlerde standart hata %2'den küçüktür. Ateşte kayıp değerleri ise kayaç tozlarının 2 saatten fazla bir süre 900^0C'de ısıtılması ile belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Toprakkale alkali kayaçlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6	O-7	O-9
Kayaç Tipi	Bazanit	Bazanit	Bazanit	Bazanit	Al. Baz.	Bazanit	Al. Baz.	Al. Baz.
Boylam	36° 04′ 16″ E	36° 04′ 15″ E	36° 05′ 14″ E	36° 05′ 16″ E	36° 08′ 06″ E	36° 08′ 09″ E	36° 08′ 08″ E	36° 08′ 24″ E
Enlem	37° 02′ 09″ N	37° 02′ 10″ N	37° 02′ 15″ N	37° 02′ 10″ N	37° 03′ 06″ N	37° 03′ 04″ N	37° 02′ 28″ N	37° 01′ 37″ N
SiO_2	43,22	43,38	46,13	46,34	48,02	43,67	47,32	47,10
TiO_2	2,90	2,90	2,52	2,54	1,94	2,89	1,96	2,06
Al_2O_3	14,38	14,28	15,99	16,01	15,15	14,64	14,95	14,75
Fe_2O_3	13,27	13,17	11,15	11,38	12,46	13,18	12,77	12,98
MnO	0,18	0,18	0,18	0,19	0,16	0,18	0,15	0,17
MgO	9,65	9,49	7,17	7,30	7,92	9,29	7,42	8,58
CaO	9,46	9,29	7,58	7,64	9,70	10,26	9,72	9,79
Na_2O	4,18	3,71	5,19	4,98	3,19	3,59	2,96	3,36
K_2O	1,63	1,91	2,72	2,45	0,73	1,42	0,68	0,89
P_2O_5	0,98	1,04	0,71	0,72	0,33	0,86	0,32	0,38
L.O.I.	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,4	1,4	0,4
Total	99,61	99,62	99,67	99,68	99,76	99,65	99,73	99,74
Sc	21	21	18	19	23	24	23	24
Cr	246,3	246,3	109,5	116,3	266,9	239,5	266,9	287,3
V	208	203	163	166	193	235	203	204
Ni	195	189	114	117	112	164	120	152
Co	50,7	48,1	37,4	35,5	44,6	48,9	44,3	47,7
Cu	58,5	64,8	37,7	33,7	37,7	52,9	43,5	43,6
Zn	90	93	65	55	62	70	73	75
Ga	19,8	20,3	20,2	19,6	18,5	19,6	19,8	19,5
Rb	18,7	19,5	31,4	33,1	6,8	13,4	4,2	9,1
Sr	1046	1054	845,8	817,3	484,6	953,7	797,8	551,7
Y	22,3	23,0	24,7	24,3	18,2	22,2	18,3	18,4
Zr	219,5	221,9	324,5	315,5	107,1	169,4	103,5	117,9
Nb	58,0	58,1	60,9	60,7	16,0	42,2	15,6	19,8
Ba	358	355	346	324	166	309	171	195
La	40,3	42,6	44,3	43,8	19,1	34,7	18,9	20,8
Ce	84,8	86,0	83,6	83,3	37,3	69,5	36,1	42,4
Pr	10,10	10,33	9,44	9,27	4,53	8,67	4,42	4,99
Nd	40,5	43,5	37,1	33,5	18,0	35,8	19,6	20,8
Sm	7,70	8,04	6,78	6,58	4,00	6,88	4,10	4,53
Eu	2,55	2,61	2,17	2,17	1,45	2,32	1,48	1,58
Gd	6,71	6,93	5,90	6,12	4,25	6,11	4,39	4,47
Tb	0,97	0,99	0,90	0,93	0,69	0,95	0,68	0,72
Dy	4,91	5,17	5,03	4,93	3,70	4,97	3,86	3,95
Ho	0,82	0,85	0,94	0,92	0,69	0,89	0,70	0,70
Er	2,13	2,21	2,57	2,48	1,76	2,19	1,85	1,91
Tm	0,27	0,29	0,35	0,34	0,24	0,30	0,26	0,25
Yb	1,63	1,70	2,35	2,21	1,54	1,74	1,58	1,60
Lu	0,24	0,24	0,35	0,32	0,23	0,25	0,22	0,23
Hf	5,5	5,5	7,4	6,8	2,8	4,2	3,4	2,9
Ta	3,4	3,8	4,1	4,4	1,0	2,5	1,0	1,2
Pb	2,3	2,9	1,2	1,2	1,2	1,3	1,7	1,5
Th	3,9	4,2	7,6	8,1	2,6	3,0	2,0	2,3
U	1,2	1,4	2,2	2,3	0,6	0,9	0,2	0,6
Mg#	61,6	61,3	58,6	58,8	58,30	60,08	56,1	59,3
Düzeltilmiş fraksiyonasyon değerleri								
La	30,1	31,5	30,1	29,8	12,8	25,3	11,9	14,3
Nb	42,9	42,4	40,8	40,7	10,6	30,4	9,6	13,5
Dy	3,92	4,08	3,73	3,65	2,71	3,89	2,70	2,96
Yb	1,28	1,32	1,71	1,61	1,11	1,34	1,08	1,84
Th	2,9	3,1	5,1	5,4	1,7	2,1	1,2	1,6

Tablo 4.1. (Devam) Toprakkale alkali kayaçlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	O-10	O-11	O-12	O-14	O-16	O-17	O-18	O-19
Kayaç Tipi	Al. Baz.	Al. Baz.	Al. Baz.	Al. Baz.	Bazanit	Bazanit	Bazanit	Bazanit
Boylam	36° 07′ 55″ E	36° 07′ 59″ E	36° 08′ 01″ E	36° 03′ 19″ E	36° 04′ 26″ E	36° 04′ 47″ E	36° 04′ 44″ E	36° 04′ 55″ E
Enlem	37° 01′ 41″ N	37° 01′ 53″ N	37° 01′ 56″ N	37° 06′ 32″ N	37° 06′ 52″ N	37° 06′ 58″ N	37° 06′ 56″ N	37° 06′ 50″ N
SiO_2	45,48	47,18	46,67	45,34	44,62	44,76	45,82	45,00
TiO_2	1,84	2,02	2,07	2,47	2,86	2,79	2,62	2,80
Al_2O_3	14,38	14,78	14,72	15,26	14,93	14,88	15,66	14,77
Fe_2O_3	12,45	12,80	12,78	12,17	11,37	11,74	11,13	11,66
MnO	0,17	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17
MgO	8,80	8,56	8,72	8,79	9,02	9,31	7,67	9,09
CaO	11,14	9,81	9,79	10,12	8,50	8,51	7,31	8,57
Na_2O	3,03	3,27	3,08	3,26	4,57	4,49	5,05	4,49
K_2O	0,73	0,82	0,87	1,12	2,38	2,15	2,77	2,27
P_2O_5	0,32	0,36	0,40	0,42	0.73	0,76	0,72	0,78
L.O.I.	1,4	0,1	0,4	0,6	0,4	0,0	0,7	0,0
Total	99,75	99,74	99,73	99,71	99,64	99,64	99,66	99,64
Sc	24	23	23	26	21	21	18	21
Cr	307,9	287,3	287,3	205,2	212,1	225,8	136,9	232,6
V	195	203	203	236	236	231	187	222
Ni	151	146	151	135	160	177	130	178
Co	49,1	48,5	47,4	50,1	47,6	50,2	42,8	48,3
Cu	40,1	41,4	31,2	43,3	39,3	41,1	32,6	45,1
Zn	70	69	56	60	59	60	59	60
Ga	18,6	19,5	17,9	18,9	21,2	21,5	22,7	19,3
Rb	7,2	7,8	8,7	9,1	24,6	24,3	29,0	22,8
Sr	498,1	518,7	531,1	670,4	917,9	910,8	881,1	945,6
Y	16,1	17,7	17,7	19,5	23,7	24,0	24,7	24,3
Zr	102,2	113,2	119,8	138,2	274,1	271,9	327,9	266,5
Nb	16,1	18,9	20,2	24,6	55,8	52,8	60,4	53,4
Ba	153	169	196	201	325	319	317	324
La	17,4	19,1	20,7	21,8	41,4	40,6	39,8	39,3
Ce	34,6	39,4	41,8	44,8	79,7	78,0	81,0	80,7
Pr	4,14	4,69	4,92	5,33	9,54	9,29	9,21	9,32
Nd	17,0	19,7	21,5	22,3	39,5	37,6	35,9	38,4
Sm	3,69	4,24	4,42	4,90	6,99	7,02	6,86	7,02
Eu	1,36	1,56	1,56	1,67	2,25	2,30	2,20	2,21
Gd	4,14	4,53	4,47	4,63	6,06	6,37	5,96	6,18
Tb	0,64	0,69	0,71	0,75	0,92	0,95	0,93	0,93
Dy	3,47	3,81	3,98	3,97	4,77	4,96	4,81	4,75
Ho	0,63	0,68	0,69	0,74	0,87	0,86	0,85	0,85
Er	1,76	1,86	1,79	2,03	2,26	2,38	2,51	2,39
Tm	0,23	0,24	0,26	0,27	0,33	0,34	0,35	0,32
Yb	1,41	1,47	1,56	1,62	1,94	1,96	2,13	1,87
Lu	0,20	0,23	0,22	0,23	0,29	0,29	0,31	0,28
Hf	3,0	3,2	3,2	3,4	5,6	5,9	7,0	6,0
Ta	1,0	1,1	1,1	1,4	3,6	3,5	3,9	3,1
Pb	1,3	1,3	1,1	1,3	2,2	1,0	2,4	1,8
Th	2,2	2,4	2,2	1,9	5,4	4,9	5,1	4,4
U	0,4	0,6	0,6	0,6	1,6	1,4	1,7	1,5
Mg#	60,9	59,6	60	61,4	63,60	63,6	60,3	63,2
Düzeltilmiş fraksiyonasyon değerleri								
La	12,7	13,4	14,7	16,1	32,5	31,9	28,2	30,6
Nb	11,6	13,0	14,1	18,0	43,5	41,2	42,3	41,1
Dy	2,71	2,88	3,05	3,13	3,96	4,12	3,68	3,90
Yb	1,09	1,10	1,18	1,26	1,59	1,61	1,61	1,52
Th	1,6	1,7	1,5	1,4	4,2	3,8	3,6	3,4

Tablo 4.1. (Devam) Toprakkale alkali kayaçlarına ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	O-21	O-22	O-23	O-24	O-26	O-27	O-28	O-30	O-31
Kayaç Tipi	Bazanit	Bazanit	Bazanit	Bazanit	Bazanit	Al. Baz.	Bazanit	Al. Baz.	Bazanit
Boylam	36º 05′ 17″ E	36º 05′ 29″ E	36º 05′ 36″ E	36º 05′ 30″ E	36º 05′ 35″ E	36º 59′ 59″ E	36º 09′ 20″ E	36º 08′ 00″ E	36º 11′ 06″ E
Enlem	37º 07′ 01″ N	37º 06′ 55″ N	37º 07′ 15″ N	37º 02′ 14″ N	37º 02′ 20″ N	36º 05′ 42″ N	37º 04′ 10″ N	37º 01′ 47″ N	37º 06′ 30″ N
SiO_2	44,43	45,32	44,39	45,30	45,04	47,68	44,18	47,22	43,9
TiO_2	2,80	2,73	2,49	2,70	2,76	1,84	3,46	2,03	2,29
Al_2O_3	14,88	15,73	15,31	15,38	15,04	14,66	14,83	14,78	13,62
Fe_2O_3	11,90	11,20	10,72	11,49	11,51	12,61	12,67	12,84	12,79
MnO	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
MgO	9,38	8,08	8,03	8,62	9,04	8,56	6,26	8,07	12,28
CaO	8,67	7,83	7,38	8,03	8,50	9,73	11,42	9,82	8,57
Na_2O	4,40	4,97	4,64	4,84	4,34	3,29	3,47	3,16	3,69
K_2O	2,24	2,55	2,47	2,50	2,11	0,70	1,51	0,81	1,51
P_2O_5	0,78	0,73	0,63	0,74	0,76	0,41	0,89	0,36	0,86
L.O.I.	0,1	0,3	3,4	0,2	0,3	0,0	0,8	0,4	0,2
Total	99,63	99,66	99,67	99,65	99,65	99,72	99,67	99,73	99,60
Sc	21	19	18	20	21	22	25	23	20
Cr	225,8	164,2	198,41	184,7	218,9	342,1	102,6	287,3	335,2
V	217	198	174	202	204	200	263	216	192
Ni	184	138	148	159	175	176	54	139	322
Co	48,6	42,3	47,8	46,5	46,8	53,2	42,6	52,6	62,9
Cu	44,4	37,1	100,9	36,9	41,9	39,0	46,6	42,2	46,2
Zn	59	56	57	61	59	85	71	72	68
Ga	20,0	20,3	17,9	21,1	18,4	18,8	20,6	19,4	17,8
Rb	22,8	27,7	26,0	26,0	23,0	9,5	13,8	7,6	16,8
Sr	938,7	888,3	802,9	888,6	894,9	602,8	1060	550,4	907,3
Y	23,5	24,2	21,5	24,1	23,0	19,6	24,1	19,7	20,8
Zr	264,3	306,3	291,8	298,3	258,2	130,3	194,5	123,1	202,8
Nb	51,8	56,1	52,3	54,9	49,4	22,7	55,5	19,6	44,5
Ba	313	313	271	309	300	250	407	283	316
La	38,9	40,8	34,6	38,9	37,5	32,3	34,7	19,9	39,0
Ce	80,5	80,5	71,7	78,7	77,1	63,4	80,6	43,3	80,9
Pr	9,26	9,17	7,73	8,96	8,76	6,81	9,54	4,76	8,62
Nd	36,1	36,6	29,5	35,5	34,8	25,2	41,6	20,8	34,7
Sm	7,10	6,68	5,54	6,62	6,66	4,87	7,82	4,45	6,43
Eu	2,19	2,21	1,90	2,22	2,24	1,71	2,68	1,58	2,20
Gd	6,21	6,20	5,31	6,20	6,17	4,68	7,31	4,57	5,74
Tb	0,91	0,91	0,79	0,91	0,91	0,74	1,02	0,72	0,84
Dy	4,82	4,74	4,03	4,67	4,71	3,76	4,81	3,67	4,17
Ho	0,87	0,87	0,79	0,88	0,84	0,73	0,95	0,71	0,78
Er	2,29	2,36	2,03	2,37	2,26	1,92	2,27	1,83	1,98
Tm	0,33	0,35	0,32	0,33	0,32	0,27	0,29	0,26	0,28
Yb	1,89	2,18	1,83	2,17	1,93	1,66	1,85	1,62	1,65
Lu	0,28	0,30	0,26	0,29	0,27	0,24	0,25	0,22	0,22
Hf	6,0	6,2	6,3	7,1	5,8	3,2	4,9	2,8	4,1
Ta	3,3	3,5	3,3	3,5	3,3	1,4	3,0	1,0	2,6
Pb	1,0	1,7	1,8	1,1	1,0	0,8	1,4	1,6	1,1
Th	5,0	5,8	5,1	5,5	4,5	5,2	2,9	2,1	4,4
U	1,6	1,8	1,8	1,8	1,3	1,1	0,8	0,5	1,1
Mg#	63,40	61,3	62,2	62,30	63,30	59,90	52,10	58,00	67,90
Düzeltilmiş fraksiyonasyon değerleri									
La	30,6	30,1	26,2	29,5	29,5	22,9	34,7	13,3	33,7
Nb	40,4	41,0	39,2	41,2	38,5	15,9	55,5	12,9	38,3
Dy	4,00	3,74	3,25	3,76	3,91	3,76	4,81	2,69	3,72
Yb	1,55	1,70	1,46	1,73	1,58	1,25	1,85	1,17	1,46
Th	3,9	4,3	3,9	4,2	3,5	3,7	2,9	1,4	3,8

4.2. Jeokimyasal Karakteristikler

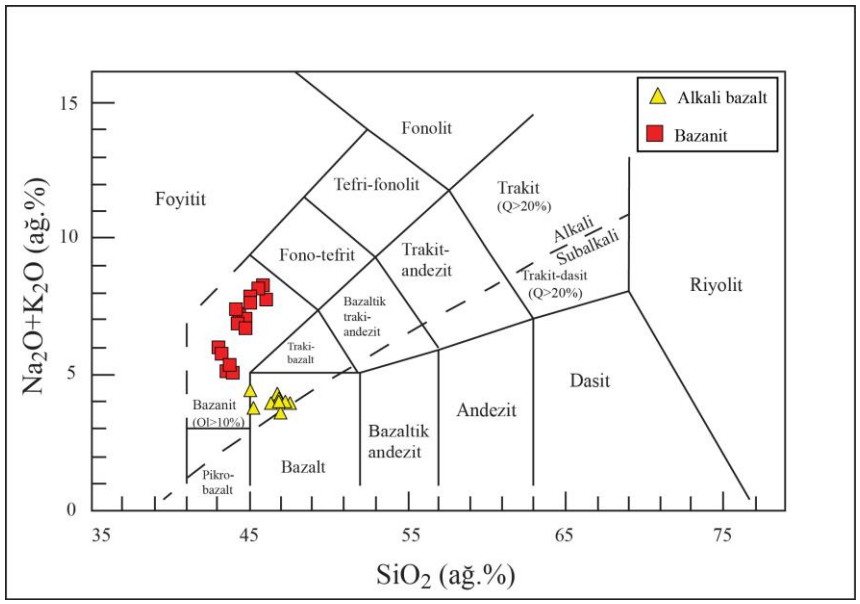
Jeokimyasal analizler sonucu çalışma alanından alınan örnekler alkali içeriklerine göre gruplandırılmıştır. Ve bu volkanik kayaçların ana ve iz element içerikleri çeşitli diyagramlarda değerlendirilip, bu kayaçları oluşturan magmatik işlemlerin yorumlanmasında kullanılmıştır.

4.2.1. Ana Element Karakteristikleri

Toprakkale volkanik kayaçlarının ana oksit özellikleri kullanılıp volkanik kayaç sınıflaması yapılarak kayaç adlandırılması yapılmıştır. Ana elementlerin SiO_2 değişim diyagramlarına da bu bölümde yer verilmiştir.

4.2.1.1. Volkanik kayaçların sınıflandırılması

Mikroskop çalışmalarında bazalt olarak adlandırılan örnekler, tüm kayaç ana element verilene göre Le Bas ve diğ., (1986) toplam alkali-silis adlandırma diyagramında (TAS) alkali-subalkali ayırt çizgisinin alkali tarafına düşmektedir (Şekil 4.1). Mineralojik ve petrografik özelliklerine göre Pliyo-Kuvaterner yaşlı örneklerin 9 tanesi alkali bazalt ve 16 tanesi ise bazanit olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1.).



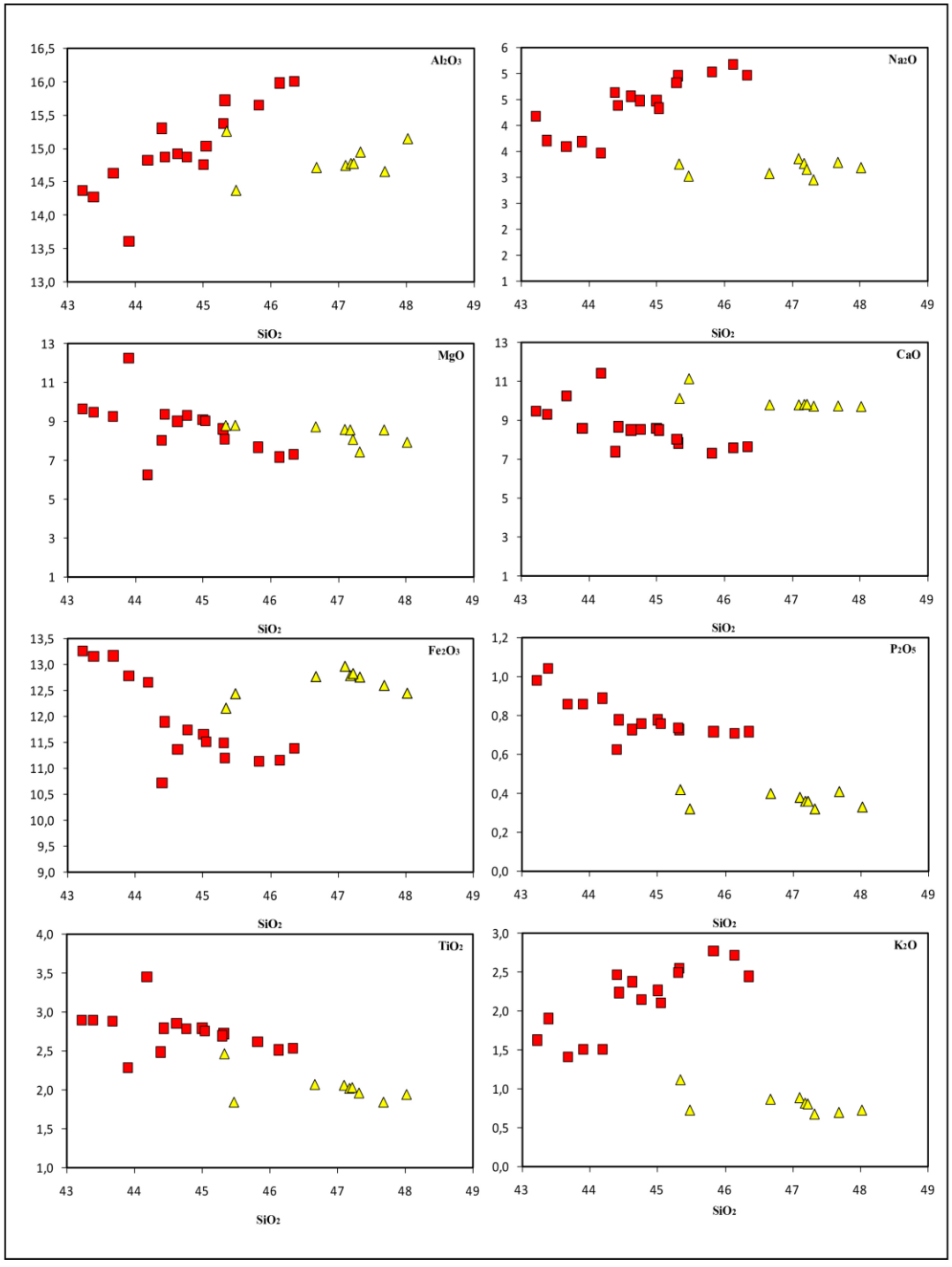
Şekil 4.1. Toprakkale (Osmaniye) bazaltlarının toplam alkali-silis (TAS) diyagramındaki adlandırılması

4.2.1.2. Ana elementlerin değişim diyagramları

Pliyo-Kuvaterner yaşlı alkali bazalt ve bazanitlerin tüm kayaç bileşimlerine bakıldığında SiO_2 içeriği 43,22-48,02 ağ.% arasında olup, mafik (MgO=6,26-12,28 ağ.%) ve sodik (Na_2O/K_2O=1,82-4,36 ağ.%) karakterdedir. Bu kayaçların düşük SiO_2 içerikleri ilksel magmalardan türediklerini düşündürse de düşük MgO içerikleri evrimleşmiş magmadan türemiş olduklarını göstermektedir. Ayrıca ortaç CaO (7,31-11,42 ağ.%) ve yüksek Al_2O_3 (13,62-16,01 ağ.%) içeriğine sahiptir.

Magmatik kayaçların gelişimi sırasında etkili olan süreçleri gözlemlemek için ana ve iz elementlerin SiO_2'ye göre değişim diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 4.2.-4.3.). Bu elementlerin yönelimlerindeki değişimler kayaçlar içinde bulunan fenokristal fazların fraksiyonlaşmasıyla açıklanabilir.

Ana elementlerin SiO_2'ye göre değişim diyagramında; Toprakkale alkali bazaltlarının ve bazanitlerinin genellikle iki farklı trende sahip olduğu gözlenmektedir. Bazanitler Al_2O_3, Na_2O ve K_2O'te pozitif korelasyon gösterirken, Fe_2O_3, TiO_2, CaO negatif korelasyonlar dikkat çekmektedir. Alkali bazaltlarda Al_2O_3 pozitif, TiO_2 negatif korelasyon izlenirken, diğer ana elementlerin SiO_2'ye göre dağılımları çok belirgin trendler göstermemektedir.



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki örneklerin Ana elementlerinin SiO_2'ye göre değişim diyagramları

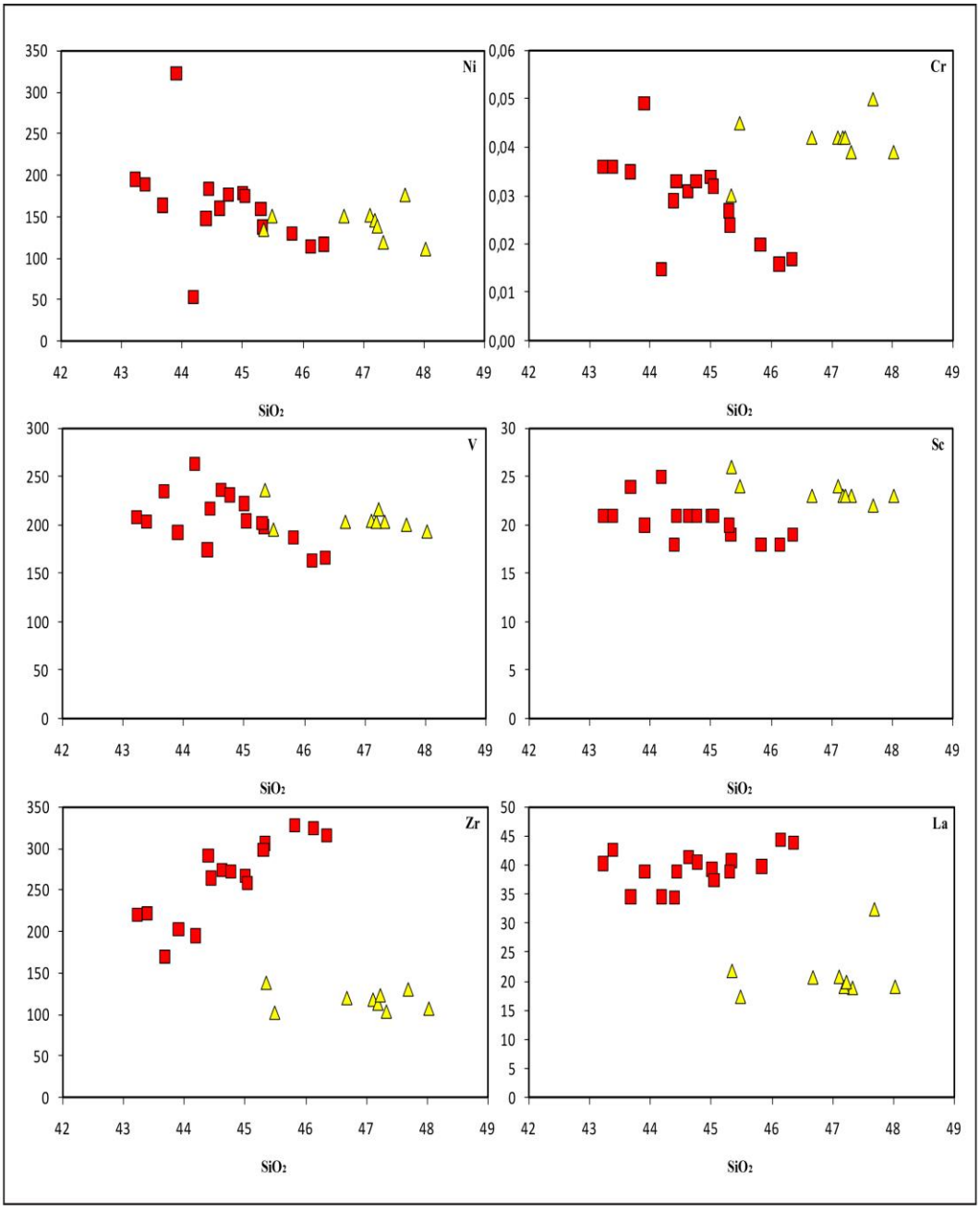
4.2.2. İz Element Karakteristikleri

Toprakkale (Osmaniye) yöresinden alınan kayaçların iz element karakteristiklerini değerlendirmek için Ni, Cr, V, Sc gibi çeşitli elementler; Zr, Nb, Y, Th gibi kalıcılığı yüksek olan elementler (HFSE); Rb, Sr, Ba gibi geniş iyonlu litofiller (LILE) ve La gibi hafif nadir toprak elementler SiO_2'e göre değişim diyagramında değerlendirilmiştir. Ayrıca bu elementler Nadir toprak element diyagramı, çoklu element diyagramı gibi çeşitli diyagramlarda da değerlendirilmiştir.

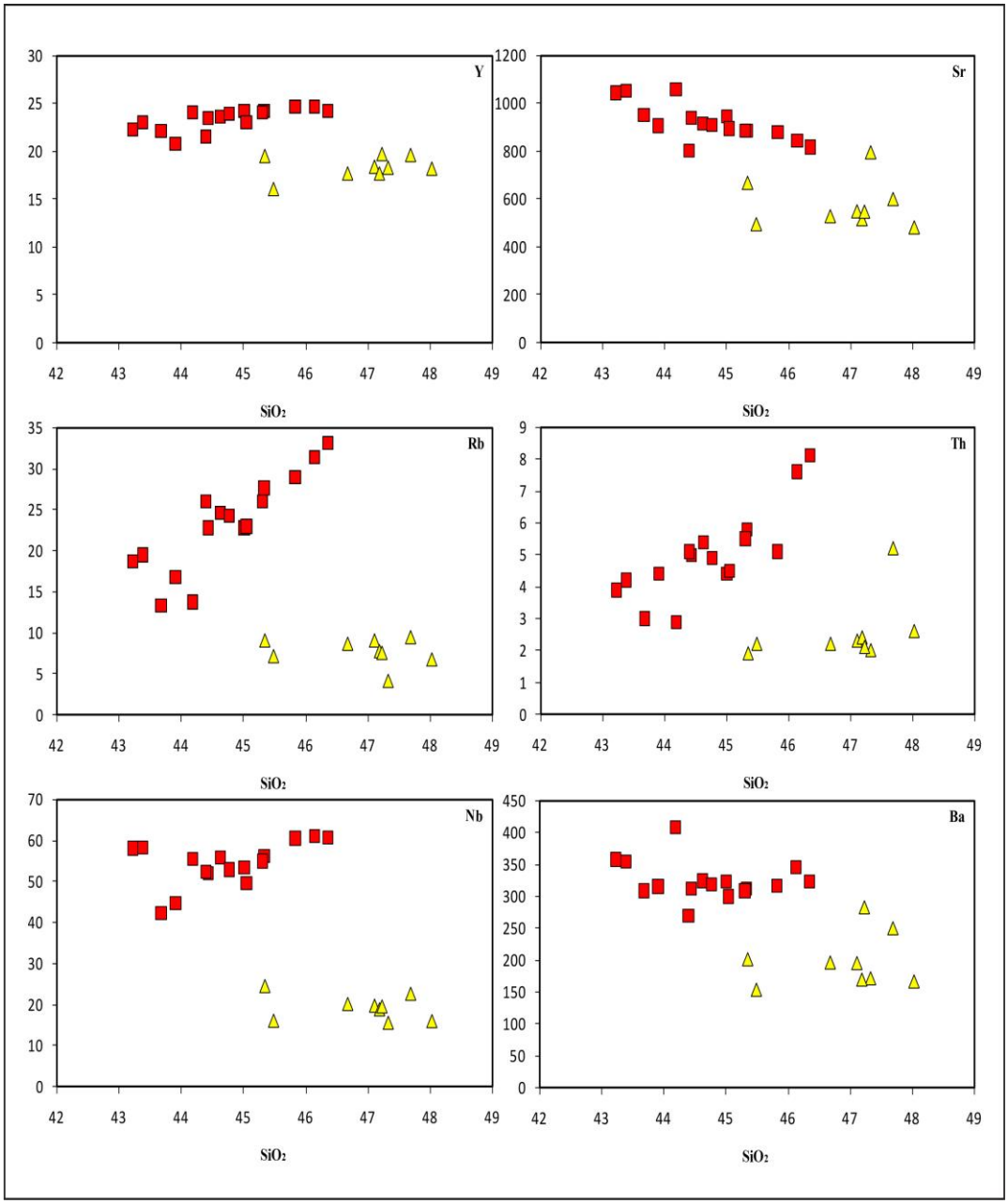
4.2.2.1. İz elementlerin değişim diyagramları

Çalışma alanındaki alkali bazaltların ve bazanitlerin iz element içerikleri Tablo 4.1.'de verilmiştir. Toprakkale bölgesindeki Pliyo-Kuvaterner yaşlı Alkali bazalt ve bazanitlerin uyumlu ve uyumsuz iz element içerikleri SiO_2 korele edilmiştir (Şekil 4.3.).

Şekil 4.3. incelendiğinde alkali bazaltlar ve bazanitler, ana element değişim diyagramlarında olduğu gibi iz element değişim diyagramlarında da iki farklı trend sunmaktadır. Bazanitlerde Ni, Cr ve V elementleri SiO_2 artışıyla negatif korelasyon gösterirken, alkali bazaltlarda da Ni ve V negatif korelasyon; Cr ise belirgin bir korelasyon göstermektedir. Uyumsuz element olan V, SiO_2 ile negatif korelasyon göstermesi klinopiroksen fraksiyonu ile ilişkilendirilirken, Ni ve Cr içeriği azalan SiO_2 ile birlikte düzenli azalması olivin ve klinopiroksen fraksiyonlanmasını işaret edebilir. Bazanitler Th, Rb, Zr ve Nb içerikleri SiO_2 ile pozitif korelasyon gösterirken, alkali bazaltlardaki bu elementlerde belirgin bir korelasyon izlenmemektedir.



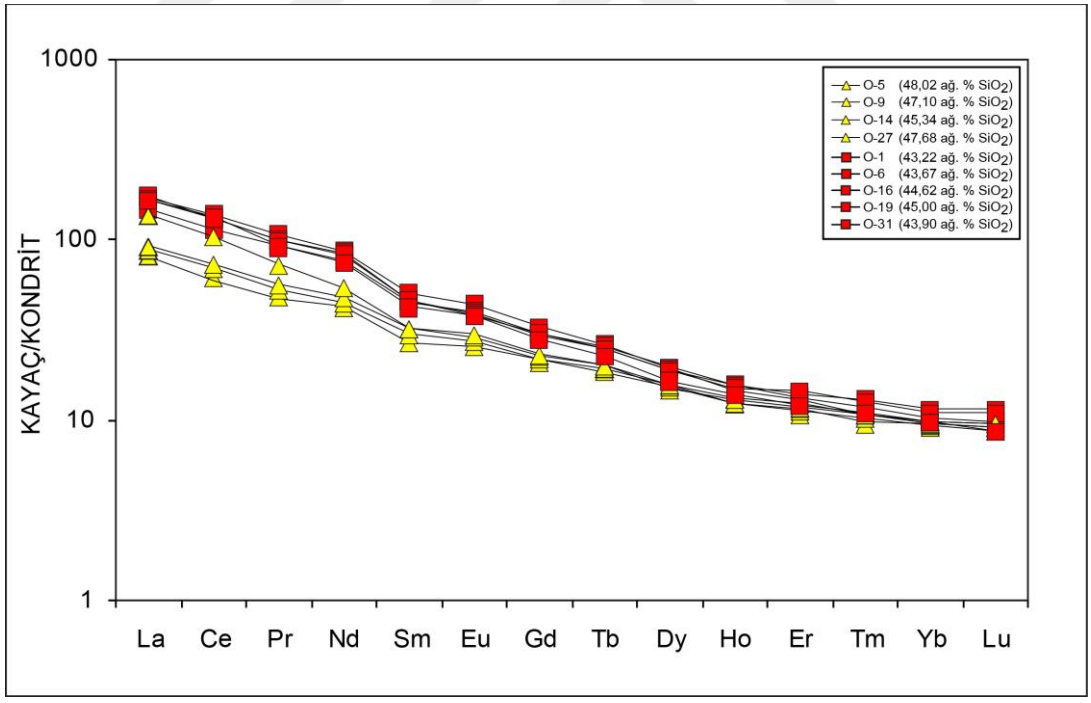
Şekil 4.3. Çalışma alanındaki örneklerin iz elementlerinin SiO_2'ye göre değişim diyagramları



Şekil 4.3. (Devam) Çalışma alanındaki örneklerin iz elementlerinin SiO_2'ye göre değişim diyagramları

4.2.2.2. Nadir toprak element karakteristikleri

Toprakkale (Osmaniye) alkali bazalt ve bazanitlerinin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element (REE) diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 4.4.). İki kayaç grubunun nadir toprak element kondrite normalize edilmiş diyagramında hafif nadir toprak elementlerinin (LREE) ağır nadir toprak elementlerine (HREE) oranla göreceli olarak zenginleşmesi gözlenmektedir. Alkali bazaltların ve bazanitlerin kondrite normalize edilmiş nadir toprak element (REE) desenlerinin şekli, ortalama okyanus adası bazaltları (OIB) desenine benzemektedir. Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarına ait örneklerin REE desenlerinde LREE bakımından zenginleşme ve HREE'lerce göreceli tüketilmeleri bu alkali bazaltların kaynak kayalarının düşük derecede ergimiş ve granatın kalıntı fazda korunduğu tüketilmemiş/az tüketilmiş bir manto kayası olabileceğine işaret etmektedir. Toprakkale alkali bazaltlarında belirgin bir Eu anomalisi bulunmaması, plajiyoklasın önemli bir fraksiyonlanma fazı olmadığını düşündürmektedir.



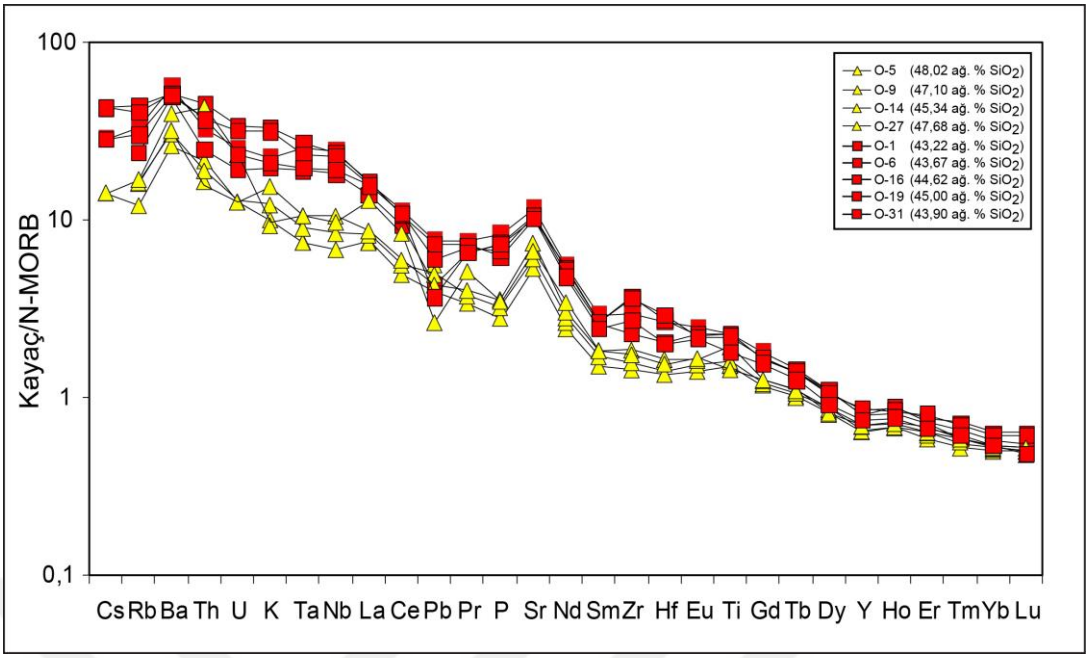
Şekil 4.4. Kondrite normalize edilmiş Toprakkale (Osmaniye) alkali bazalt ve bazanitlerine ait nadir toprak element (REE) diyagramı, Kondrite değerleri (Sun ve McDonugh, 1989)

4.2.2.3. Çoklu element karakteristikleri

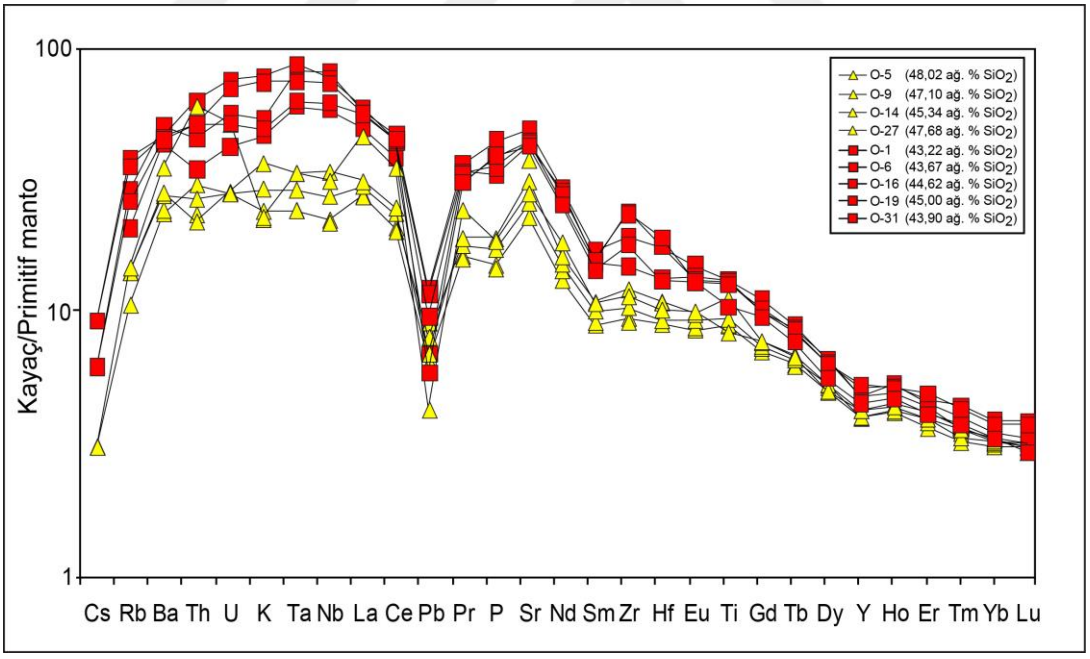
N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş çoklu element diyagramı Şekil 4.5.'te verilmektedir. Bu diyagramlarda kullanılan kayaçlar nadir toprak element diyagramları için kullanılan kayaçlar olup diyagram içerisinde kayaç grubu ve örnek numarası belirtilmiştir. N-MORB normalize diyagramında Ba ve Sr, Rb, Th, U, K gibi geniş iyonlu litofil (LILE) elementlerinde ve hafif nadir toprak elementlerinde (LREE) zenginleşme, Pb, Zr, Hf, Ti gibi kalıcılığı yüksek element (HFSE) ve ağır nadir toprak elementlerinde (HREE) göreceli tüketilme gözlenmektedir. Ayrıca N-MORB normalize diyagramında Ba ve Sr belirgin pozitif anomalisi, belirgin Pb negatif anomalisi ve bazı örneklerde Rb, K negatif anomalisi göze çarpmaktadır. Geniş iyonlu litofil (LILE) elementlerdeki zenginleşme, yitim bileşeni etkisi nedeniyle manto kaynağındaki metasomatizmayla açıklanabilir (Pearce, 1983).

Toprakkale (Osmaniye) alkali bazalt ve bazanitlerinin primitif manto normalize edilmiş iz element diyagramı Şekil 4.6.'da verilmiştir. Toprakkale alkali bazaltları bazanitlere oranla daha az zenginleşme göstermektedir. Primitif mantoya göre normalize edilmiş diyagramında belirgin negatif Pb anomalisi, bazı örneklerde K negatif anomalisi ve pozitif Sr anomalisi gözlenmektedir. Ayrıca bu kayaçlarda negatif Ta veya Nb anomalileri göstermemektedir; bu da yitim etkisi olmayan ve önemli bir kabuksal kontaminasyona uğramayan primer eriyiklerin yükseldiği bir manto kaynağından türemiş olduğunu göstermektedir.

N-MORB ve Primitif Manto Normalize diyagramlarında bazı örneklerde gözlenen Rb, K ve Pb negatif anomalileri kaynakta kalıntı bir sulu mineral (olasılıkla amfibol) varlığına işaret ederken, bazı diğer örneklerin iz element göreceli oranları kuru peridotit kısmi ergimesi ile uyumludur.



Şekil 4.5. N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş Toprakkale (Osmaniye) alkali bazaltlarına ve bazanitlerine ait çoklu element diyagramı, Normalize değerleri (Sun ve McDonough, 1989)



Şekil 4.6. Primitif mantoya (PM) göre normalize edilmiş Toprakkale (Osmaniye) alkali bazaltlarına ve bazanitlerine ait çoklu element diyagramı, Normalize değerleri (Sun ve McDonough, 1989)

5. PETROJENEZ

Toprakkale (Osmaniye) volkanik kayaçlarının iz element verilerini kullanarak, petrojenetik modelleme çalışmaları yapılmıştır. Bu petrojenetik çalışmalarla fraksiyonel kristallenme incelenerek; bu kayaçların kaynak bileşenleri belirlenip kısmi ergime modellemeleri yapılmıştır. Daha sonra bu modellemelerden elde edilen veriler yorumlanarak kayaçların jenezi hakkındaki sorulara cevaplar aranmıştır.

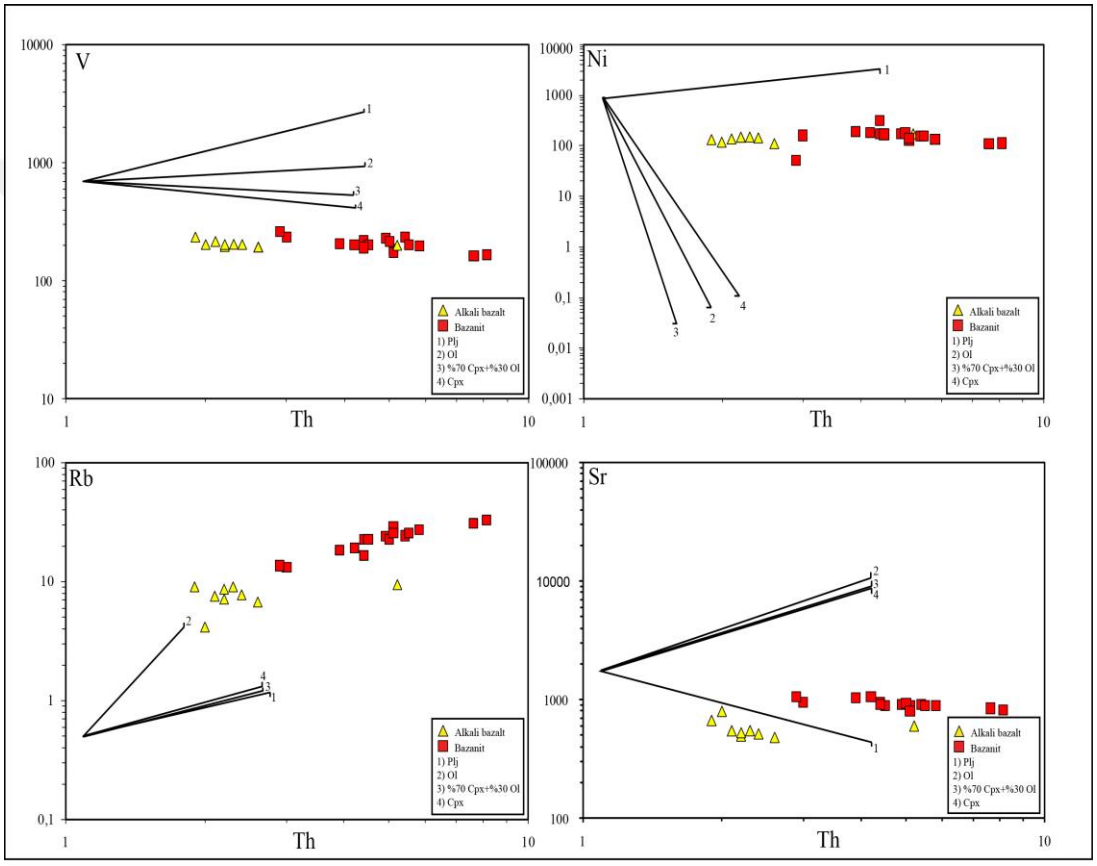
5.1. Toprakkale Alkali Volkanik Kayaçlarının Kristalizasyon Süreçleri

Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının kristalizasyon geçmişini belirlemek için fraksiyonel kristalizasyon modellemeleri yapılmıştır. Teorik fraksiyonlanma trendleri 'Rayleigh' eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca fraksiyonel kristallenme modellemesinde kullanılan mineral vektörlerinin başlangıç değerleri önemli değildir. Önemli olan bu mineral vektörlerinin trendleridir. Diyagramda fraksiyonlanma indeksi olarak uyumsuz Toryum elementi, klinopiroksenlerin kristalizasyona etkisini gözlemlemek için Vanadyum, olivinlerin ve piroksenlerin yapısında bulunduğu için Nikel, uyumsuzluğu yüksek element olması nedeniyle Rubidyum, plajiyoklastaki yüksek ayrımlanma katsayısına sahip olan Stronsiyum kullanılmıştır.

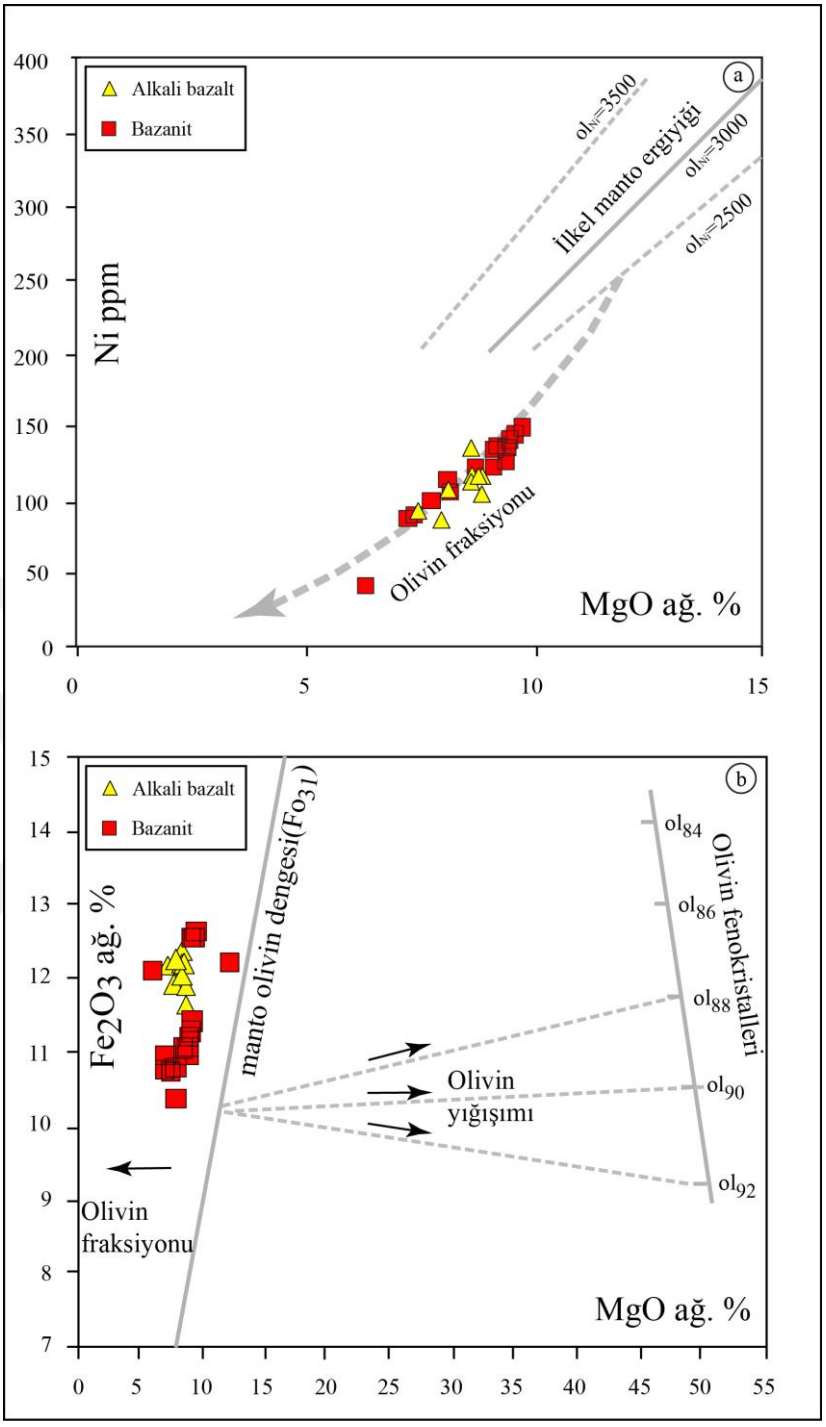
Toprakkale alkali kayaçlarının petrografik çalışmalarının sonucunda mineral toplulukları, olivin + klinopiroksen + plajiyoklas olarak saptanmıştır. Fraksiyonel kristalizasyon diyagramlarında teorik vektörler oluşturulurken bu mineral topluluklarına dikkat edilmiştir. Şekil 5.1. incelendiğinde farklı mineral fazları numaralarla gösterilmiştir.

Toprakkale alkali kayaçları, teorik olarak oluşturulan mineral topluluğu ile (ol $_{(\%30)}$+ cpx $_{(\%70)}$) uyum sağlamaktadır (Şekil 5.1.). İz element göreceli oranlarının teorik modellemeleri ile elde edilen sonuçlar Toprakkale alkali volkanik kayalarında olivin ve klinopiroksenin baskın olduğu fraksiyonel kristalizasyon ile uyumludur.

Şekil 5.2.a.'da Toprakkale alkali kayaçlarının düşük Ni ve yüksek Mg oranlarına sahip olması, bu kayaçların hiçbirinin ilksel manto ergiyiğini temsil etmediğini göstermektedir. Şekil 5.2.b. incelendiğinde ise bu alkali kayaçların manto oliviniyle dengede olamayacak kadar yüksek Fe/Mg oranları vardır. Tüm alkali kayaçlardaki olivin fenokristallerinin, değişik derecelerde düşük basınç fraksiyonel kristallenmeye maruz kaldıklarını ve bunun için fraksiyonasyon düzeltmesi yapılmasını gerektiği anlamına gelmektedir.

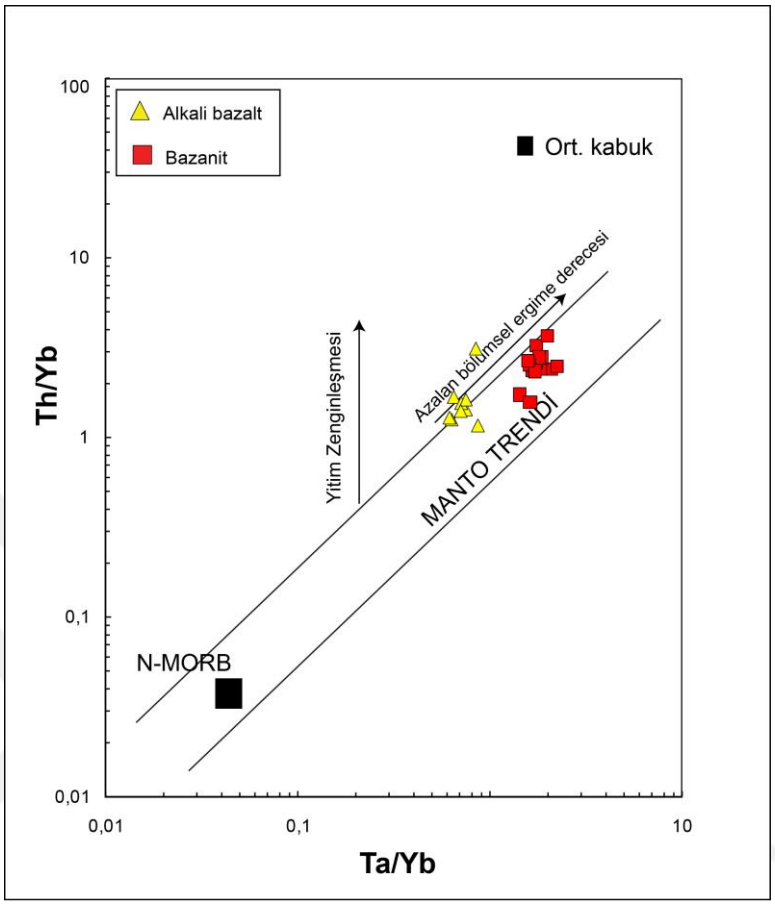


Şekil 5.1. Toprakkale (Osmaniye) alkali volkanik kayaçlarına ait teorik fraksiyonlanma vektörleri



Şekil 5.2. (a) Toprakkale alkali kayaçların Ni-MgO ilişkileri, ilksel ergiyik bileşimi ve olivin fraksiyonasyonu etkileri, (b) Fe_2O_3–MgO diyagramı; ilksel ergiyik bileşimi üzerinde olivin fraksiyonasyonu etkisi

5.2. Th/Yb ve Ta/Yb Oranları: kaynak zenginliğinin modellemesi



Şekil 5.3. Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının Th/Yb karşı Ta/Yb diyagramı (Pearce, 1983), Ortalama kabuk bileşimi (Aldanmaz ve diğ., 2000)

Toprakkale (Osmaniye) volkanik sahasından alınan örneklerin, kabuksal kirlenmeye uğrayıp uğramadıklarını belirlemek için, Pearce (1983) tarafından önerilen Th/Yb'e karşı Ta/Yb diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 5.2). Bu diyagram esas olarak okyanus ortası sırtı bazalt (MORB) veya okyanus adası bazaltı (OIB) gibi olağan mantodan türemiş kayaçları ve diyagramda manto eğilimi olarak belirlenmiş hat üzerinde olan kayaçları, yitim etkisiyle zenginleşmiş mantodan türemiş veya yükselimi esnasında kabuk tarafından kirlenmiş magmalardan oluşan kayaçları birbirinden ayırt etmek için kullanılmaktadır. Astenosferden küçük dereceli eriyiklerle zenginleştirilmiş astenosferik manto ve litosferik mantodan türetilen bazaltik magmalar, sabit Th/Ta oranları ile tanımlanan diyagonal manto trendinin yakınlarında ya da trendinde bulunur (Aldanmaz ve diğ., 2000).

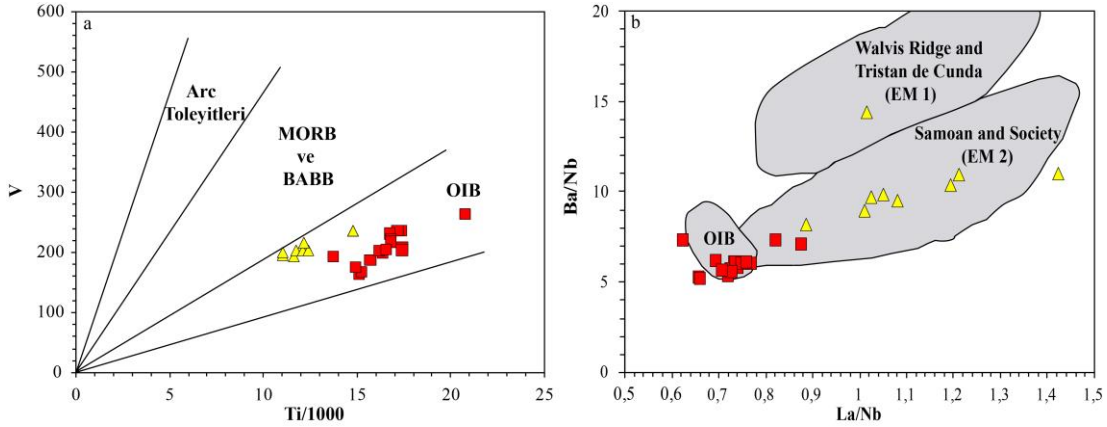
Şekil 5.2. incelendiğinde diyagonal manto trendini takip eden Toprakkale (Osmaniye) bazanitlerinin belirgin kabuksal kirlenmeye uğramadıklarını ancak alkali bazaltların diyagonal manto trendinden az da olsa görülen sapmaları, bu kayaçların zayıf kabuksal kirlenmeye maruz kaldıklarını göstermektedir.

5.3. Kaynak Karakteristikleri

5.3.1. Ana ve İz Element Kısıtlamaları

Manto kaynak özelliklerinin belirlenmesine yönelik ana odak, astenosfer (plume dahil) ve litosferden veya her iki kaynağın karışımından türetilmiş olup olmadığıdır (Kay ve Gast, 1973; Fitton ve Dunlop, 1985; Fitton, 1987; Weaver ve diğ., 1987; Wilson ve Downes, 1991). Kaynak bölge özellikleri ve kısmi ergime derecesini belirlemek için bazı ana ve iz element oranları kullanılır. Toprakkale alkali kayaçlarının, nadir toprak element desenleri ve yüksek $(La/Yb)_N$ oranları rezidüel granat içeren manto kaynağından türemiş olduğunu göstermektedir (bazanitler için 17,9-12,8 alkali bazaltlar için 13,9-8,5) (Shimizu ve Kushiro, 1975; Wood, 1979).Astenosferik manto düşük La/Nb (=0,7) oranına sahipken litosferik manto yüksek La/Nb (1'den büyük) değerlerine sahiptir. Toprakkale alkali bazaltlarının La/Nb oranları 1,01 ile 1,42, bazanitlerinin ise 0,62 ile 0,87 arasındadır. Bu veriler alkali bazaltların litosferik mantodan bazanitlerin ise astenosferik mantodan olmak üzere iki farklı kaynaktan türemiş olabileceklerini göstermektedir.

Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının V-Ti iz element oranları, alkali bazaltların ve bazanitlerin OIB kökenli olduğunu desteklemektedir (Şekil 5.4.a.). Ba/Nb'a karşı La/Nb diyagramına bakıldığında bu alkali volkanik birimin zenginleştirilmiş bir manto kaynağından kaynaklandığı işaret etmektedir (Şekil 5.4.b.).



Şekil 5.4. a. Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının V-Ti ayrım diyagramı, b. Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarının Ba/Nb'a karşı La/Nb diyagramı

Şekil 4.4.'teki Toprakkale (Osmaniye) alkali kayaçlarına ait örneklerin nadir toprak element (REE) desenlerinde hafif nadir toprak elementleri (LREE) bakımından zenginleşme ve ağır nadir toprak elementlerince (HREE') göreceli tüketilme bu alkali bazaltların kaynak kayalarının düşük derecede ergimiş ve granatın kalıntı fazda korunduğu tüketilmemiş/az tüketilmiş bir manto kayası (granat-lerzolit) olabileceğine işaret ederken, bazı iz element oranlarındaki farklılıklar (La/Sm, La/Yb, La/Ce, Ce/Yb) tüm OIB'lerin tek ve aynı kaynaktan kökenlenmeyeceğini göstermektedir. Ayrıca bu alkali kayaçların primitif manto ve N-MORB'a göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında belirgin Rb, Pb ve K negatif anomalisi gözlenirken, negatif Nb ve Ta anomalileri gözlenmemektedir (Şekil 4.5.-4.6.). Bu iz element özellikleri kaynakta kalıntı bir sulu mineral (olasılıkla amfibol) varlığına işaret ederken, bazı diğer örneklerin iz element göreceli oranları kuru peridotit kısmi ergimesi ile uyumludur. Geniş iyonlu litofil (LILE) elementlerindeki zenginleşme ise manto kaynağındaki metasomatizmayla açıklanabilir (Pearce, 1983).

Peridotitin düşük dereceli bölümsel ergimesi alkali ergiyikler üretirken, peridotitten deneysel olarak üretilen mafik ergiyiklerin element içeriği doğal alkali bazaltlardan farklıdır.Peridotitik ve harzburjitik bir matriksteki sulu mineral içeren damarlarda yapılan ergime deneyleri, böylesi bir kaynaktan oluşan ürünlerin düşük SiO_2 ve MgO yüksek TiO_2 ve Al_2O_3 içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Toprakkale alkali bazaltlarının ve bazanitlerinin yüksek Ti içeriğine ve OIB'e kıyasla daha düşük CaO içeriğine sahip olması bu bazaltların oluşumu için granat veya spinel-peridotitik malzeme yani saf peridotitik malzeme ergimesiyle değil, kaynak materyalin Ti ve

kalıcığı yüksek diğer elementlerce zenginleşmiş amfibolit gibi metasomatize bir damar kayacının veya peridotitik olmayan bir kaynak katkısının olduğuna işaret etmektedir. Amfibolitler, websiteritler ve klinopiroksenitler zengin Ti içeriklerine sahip olup, lerzolit ve harzburgitlerden daha yüksek TiO_2 ve Al_2O_3 ve uyumsuz elementleri içermektedirler. Bu kayaç türleri zengin klinopiroksen, amfibol veya flogopit içerirken, apatit, rutil ve ilmenit aksesuar minerallerini de içermektedir (Foley, 1992; Witt-Eickschen ve Harte, 1994; McPherson ve diğ., 1996; Woodland ve diğ., 1996; Kopylova ve diğ., 1999; Ho ve diğ. 2000b; Downes, 2001).

Tüm jeokimyasal verileri değerlendirildiğinde Toprakkale alkali lavlarının oluşumunda amfibolit bileşimli sulu mineral içeren metasomatize litosferik manto ve kuru peridotit bileşimli astenosferik manto gibi farklı kaynaklardan ergiyiklerin değişken oranlarda katkısına işaret etmektedir.

5.4. Bölümsel Ergime Modellemesi

Toprakkale alkali kayalarının manto kaynağının bileşimi ve kısmi ergime derecelerinin hesaplanmasında Shaw (1970) tarafından önerilen modal olmayan yığın denge ergime denklemi kullanılmıştır. Manto ergime modellemelerinde kayaçları oluşturan kaynak bölgelerinin; kimyasal ve mineralojik karakteristiklerinin ve ergime derinliğinin belirlenmesinde oldukça kullanışlı olan Nadir Toprak Element (REE) içeriklerinin fraksiyonasyon düzeltilmesi yapılarak hesaplanan değerleri kullanılmıştır. Ayrıca ergime modellemesi hesaplamasında; REE'ler için McKenzie ve O'Nions (1991, 1995) tarafından önerilen dağılım katsayı değerleri alınmıştır.

Ergime modellemelerinde; manto kökenli primitif ergiyikler üzerinde fraksiyonasyon etkisinin kısmi ergime etkisinden ayırt edilebilmesinde, manto kaynağının referans bileşimine göre zenginleşme derecesinin belirlenmesinde ve manto kaynağının modal mineralojisinin tahmin edilmesine yönelik bilgileri sağladıkları için yüksek uyumsuz elementler ve daha az uyumsuz element oranlarına karşı plot edilen diyagramlar kullanılır.

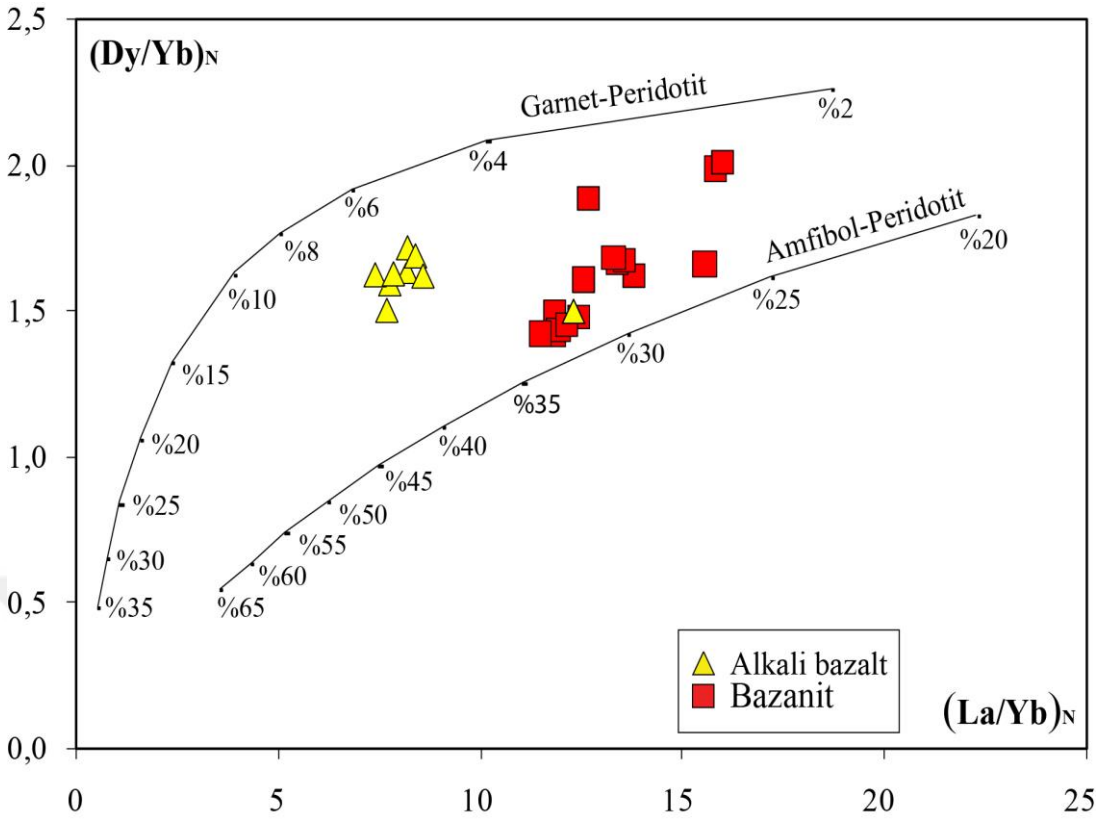
Bu nedenle Toprakkale alkali lavlarının ergime modellemesinde $(Dy/Yb)_N$ karşı $(La/Yb)_N$ diyagramı (Şekil 5.5.) oluşturularak, bu modellemede köken bölge konsantrasyonları için; primitif manto (PM) değerleri Sun McDonough (1989);

metasomatik damar değerleri Pilet ve diğerleri (2008); Mineral/matriks bölümsel katsayıları McKenzie ve O'Nions (1991,1995)'den alınarak Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Manto kaynağının mineralojisi tam olarak bilinmediği için, manto ergime modellemesinde garnet-lerzolit ve garnet-amfibol olmak üzere iki farklı kaynak bileşimi kullanılmıştır. Kullanılan manto modal mineralojileri ve ergiyik modları; Garnet-lerzolit ve garnet-amfibol bileşimleri sırasıyla Thirlwall ve diğ., (1994), Witt-Eickschen ve diğ., (1998) alınmıştır (Tablo 5.1.).

Tablo 5.1. Toprakkale alkali kayaçlarına ait ergime modellemesinde kullanılan D ve P değerleri.

	Bölümsel ergime katsayıları				
	Ol	Opx	Cpx	Gt	Amp
La	0,0004	0,002	0,054	0,01	0,17
Yb	0,0015	0,049	0,28	4,03	0,59
Dy	0,022	0,33	0,055	1	0,78
	Kaynak Modu				
	Ol	Opx	Cpx	Gt	Amp
Garnet-lerzolit					
Mineral Modu	0,598	0,211	0,076	0,115	
Ergime Modu	0,05	0,2	0,3	0,45	
Metasomatik Garnet-amfibol damarı					
Mineral Modu	0,55	0,19	0,007	0,008	0,11
Ergime Modu	0,05	0,15	0,1	0,3	0,25
	Kaynak (ppm)				
	PM	Damar			
La	0,648	52,7			
Yb	0,441	2,54			
Dy	0,674	7			



Şekil 5.5. Toprakkale (Osmaniye) Alkali kayaçlarının Shaw (1970) tarafından önerilen modal olmayan yığın ergime denklemi ile oluşturulmuş ergime eğrileri ve ergime derecelerini gösteren $(La/Yb)_N$ - $(Dy/Yb)_N$ diyagramı

Şekil 5.5. de verilen Toprakkale (Osmaniye) alkali volkanik kayaçlarının Nadir Toprak Element (REE) verisine dayalı bölümsel ergime modellemesi incelendiğinde, bu alkali kayaçlarını oluşturan magmanın tek bir kökenden kaynaklanmadığını, garnet-peridotitin düşük dereceli bölümsel ergimesi (%2 - %8) sonucu oluşan ergiyik ile amfibol-peridotitin yüksek dereceli bölümsel ergimesiyle (%25 - %35) oluşan ergiyiğin karışımıyla oluştuğu gözlenmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Toprakkale (Osmaniye) volkanik alanı sol yanal atımlı Karataş-Osmaniye Fay Zonu (KOFZ) içinde yer almakta olup, Pliyo-Kuvaterner yaşlı mafik alkali kayaçlardan oluşmaktadır. Bu kayaçlar tüm kaya ana element verileri ve petrografik özelliklerine göre alkali bazalt ve bazanit olarak sınıflandırılmıştır.

Petrografi çalışmalarında kayaçların; plajiyoklas (plj), klinopiroksen (cpx) ve olivin (ol) minerallerini içerip, hiyalopilitik ve intergranüler doku gösterdikleri tespit edilmiştir. Özşekilli ve iskeletimsi olivin fenokristalleri ile yuvarlaklaşmış ve kemirilmiş olivin fenokristallerinin bir arada bulunması dengesizlik durumunu gösterir.

Pliyo-Kuvaterner yaşlı alkali bazalt ve bazanitlerin tüm kayaç bileşimlerine bakıldığında SiO_2 içeriği 43,22-48,02 ağ. % arasında olup, mafik (MgO= 6,26-12,28 ağ. %) ve sodik (Na_2O/K_2O= 1,82-4,36 ağ. %) karakterdedir. Ayrıca orta CaO (7,31-11,42 ağ. %) yüksek Al_2O_3 (13,62-16,01 ağ. %) ve yüksek Ti içeriğine sahiptir. Bu kayaçların OIB'e kıyasla yüksek Ti ve daha düşük CaO içeriğine sahip olması bu bazaltların oluşumu için saf peridotitik malzeme ergimesiyle değil, kaynak materyalin Ti ve kalıcığı yüksek diğer elementlerce zenginleşmiş amfibolit gibi metasomatize bir damar kayacının veya peridotitik olmayan bir kaynak katkısının olduğuna işaret etmektedir.

Toprakkale (Osmaniye) alkali bazalt ve bazanitleri, LILE, HFSE ve LREE bakımından N-MORB bileşimlerine göre belirgin zenginleşmeler ve HREE bakımından göreceli tüketilmesiyle tipik OIB tipi iz element dağılımı sunmaktadır.

N-MORB ve Primitif Manto Normalize diyagramlarında bazı örneklerde gözlenen Rb, K ve Pb negatif anomalileri kaynakta kalıntı bir sulu mineral (olasılıkla amfibol) varlığına işaret ederken, bazı diğer örneklerin iz element göreceli oranları kuru peridotit kısmi ergimesi ile uyumludur.

İz element verileri ve teorik olarak hesaplanan fraksiyonasyon vektörleri sonucu Toprakkale alkali kayaçlarının gelişiminde, olivin ve klinopiroksen fazlarının baskın olduğu fraksiyonel kristalizasyon ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Örneklerin Th/Yb-Ta/Yb oranları dikkate alındığında; alkali bazaltlarda diyagonal manto trendinden az da olsa görülen sapmalar, bu kayaçların zayıf kıtasal kontaminasyona maruz kaldığını gösterirken, bazanitlerde herhangi bir kıtasal kontaminasyon etkisi gözlenmemiştir.

Toprakkale alkali volkanik kayaçlarının Nadir Toprak Element (REE) verisine dayalı bölümsel ergime modellemesine göre, bu alkali kayaçları oluşturan magmanın tek bir kökenden kaynaklanmadığını, garnet-peridotitin düşük dereceli bölümsel ergimesi (%2 - %8) sonucu oluşan ergiyik ile amfibol-peridotitin yüksek dereceli bölümsel ergimesiyle (%25 - %35) oluşan ergiyiğin karışımıyla oluştuğu sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Aksu A. E., Calon T. J., Hall J., Mansfield S. and Yaşar D., The Cilicia-Adana basin complex, Eastern Mediterranean: Neogene evolution of an active fore-arc basin in an obliquely convergent magrin, *Marine Geology*, 2005, **221**(1-4), 121-159.

Albora A. M., Sayın N. and Uçan O. N., Evaluation of tectonic structure of İskenderun Basin (Turkey) using steerable filters, *Marine Geophysic Research*, 2006, **27**(4), 225-239.

Aldanmaz E., Pearce J. A., Thirwall M. F. and Mitchell J. G., Petrogenetic evolution of Late Cenozoic post-collision volcanism in Western Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2000, **102**(1), 67-95.

Ambraseys N. N., Some characteristic features of the Anatolian fault zone, *Tectonophysics*, 1970, **9**(2-3), 143-165.

Arger J., Mitchell J. and Westaway R. W. C., Neogene and Quaternary Volcanism of Southeastern Turkey, *Geological Society*, 2000, **173**(1), 459-487

Arpat E. ve Şaroglu F., Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar, *TJK Bülteni*, 1975, **18**(1), 91-101.

Bağcı U. et al., Different degrees of partial melting of the enriched mantle source for Plio−Quaternary basic volcanism, Toprakkale (Osmaniye) region, southern Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2011, **20**(1), 115-135

Barka A. and Kadinsky-Cade K., Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics*, 1988, **7**(3), 663-684.

Bayer H. J., Hötzl H., Jado A. R., Rocher B., and Voggenreiler W., Sedimentery and structural evolution of the northwest Arabian Red Sea Margin, *Tectonophysics*, 1988, **153**(1-4), 137-151.

Buket E. and Temel A., Major-element, trace element and Sr-Nd isotopic geochemistry, and genesis of Varto (Muş) volcanic rocks, eastern Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1998, **85**(1), 405-422.

Bilgin A. Z. and Ercan T., Petrology of the Quaternary basalts of Iskenderun Gulf-Osmaniye area, *Geological Society of Turkey Bulletin*, 1981, **24**, 21-30.

Cochran C. R., The Gulf of Aden: structure and evolution of a young ocean basin and continental magrin, *Journal of Geophysical Research*, 1981, **86**(B1), 263-287.

Dewey J. F., Hempton M. R., Kidd W. S. F., Şaroğlu F. and Şengör A. M. C., Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone, *Geological Society of London*, 1986, **19**(1), 3-36.

Downes H., Formation and modification of the shallow sub-continental lithospheric mantle: a review of geochemical evidence from ultramafic xenolith suites and tectonically emplaced ultramafic massifs of Western and Central Europe, *Journal of Petrology*, 2001, **42**(1), 233-250.

Fitton J. G., The Cameroon line, West Africa: a comparison between oceanic and continental alkaline volcanism, *Geological Society of London*, 1987, **30**(1), 273-291.

Fitton J. G., and H. M. Dunlop., The Cameroon Line, West Africa, and its bearing on the origin of oceanic and continental alkali basalt, *Earth and Planetary Science Letters*, 1985, **72**(1), 23-38.

Foley S., Vein-plus-wall-rock melting mechanisms in the lithosphere and the origin of potassic alkaline magmas, *Lithos*, 1992, **28**(3-6), 435-453.

Fytikas M., Innocenti F., Manetti P., Peccerillo A., Mazzuoli R., and Villari, L., Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region, *Geological Society of London*, 1984, **17**(1), 687-699.

Gülen L., Barka A., Toksöz M. N., Continental collision and related complex deformation: Maras triple junction and surrounding structures, SE Turkey, *Hacettepe University Earth Science Journal*, 1987, **14**, 319-336.

Ho K. S., Chen J. C., Smith A. D. and Juang W. S., Petrogenesis of two groups of pyroxenite from Tungchihsu, Penghu Islands, Taiwan Strait: implications for mantle metasomatism beneath SE China, *Chemical Geology*, 2000, **167**(3-4), 355-372.

İzzeldin A. Y., Seismic gravity and magnetic surveys in central part of the Red Sea: their interpretation and implications for the structure and evolution of the Red Sea, *Tectonophysics*, 1987, **143**(4), 269-306.

Karig D. E. and Kozlu H., Late Palaeogene-Neogene evolution of the triple junction region near Maraş, south-central Turkey, *Journal of the Geological Society*, 1990, **147**(6), 1023-1034.

Kay R. and Gast P. W., The rare earth element content and origin of alkali-rich basalts, *Journal of Geology*, 1973, **81**(6), 653-682.

Ketin İ., San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 1976, **19**, 149-154.

Kiratzi A. and Papazachos C. B., Active crustal deformation from the Azores triple junction to the Middle East, *Tectonophysics*, 1995, **243**, 1-24.

Kopylova M. G., Russell J. K. and Cookenboo H., Petrology of peridotite and pyroxenite xenoliths from the Jericho kimberlite: implications for the thermal state of the mantle beneath the Slave craton, Northern Canada, *Journal of Petrology*, 1999, **40**(1), 79-104

Kozan B., Ellek-Böceklik (Osmaniye) Yöresi Kuvaterner Yaşlı Bazaltik Volkanizmanın Petrolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 2007, 221926.

Kozlu H., Misis-Andırın Dolaylarının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi, *Türkiye Petrol Kongresi Dergisi*, 1987, **7**, 104-116.

Le Bas M. J., Le Maitre R. W., Streckeisen A. and Zanettin B., A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram, *Journal Of Petrology*, 1986, **27**, 445-450.

Le Pichon X., and Gaulier J. M., The rotation of Arabia and the Levant fault system, *Tectonophysics* , 1988, **153**(1-4), 271-294.

Lyberis N., Yürür T., Chorowicz J., Kasapoğlu E., and Gündoğdu N., The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt, *Tectonophysics*, 1992, **204**(1-2), 1-15.

McKenzie D., Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 1972, **30**(2), 109-185.

McKenzie D., The East Anatolian Fault: a major structure in eastern Turkey, *Earth and Planetary Science Letters*, 1976, **29**(1), 189-193.

McKenzie D. and Yılmaz Y., Deformation and volcanism in western Turkey and Aegean, *Bulletin of the Technical University of Istanbul*, 1991, **44**(1-2), 345-373.

McKenzie D. and O'Nions R. K., Partial melt distributions from inversion of rare earth element concentrations, *Journal of Petrology*, 1991, **32**(5), 1021-1091.

McKenzie, D. and O'Nions, R. K., The source regions of ocean island basalts, *Journal of Petrology*, 1995, **36**(1), 133-159.

McPherson C. E., Horowitz R., Woodcock C. L., Jiang C., and Zaret K. S., Nucleosome positioning properties of the albumin transcriptional enhancer, *Nucleic acids research*, 1996, **24**(3), 397-404.

Muehlberger W. B., Gordon M. B., Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey, *Journal of Structural Geology*, 1987, **9**(7), 899-903.

Parlak O., Delaloye M., Kozlu H. and Fontignie, D., Trace element and Sr-Nd isotope geochemistry of the alkali basalts observed along the Yumurtalık Fault (Adana) in southern Turkey, *Yerbilimleri*, 2000, **22**, 137-148.

Pearce J. A., Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins, Editors: Hawkesworth C. J., Norry N. J., *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, 1st ed., Cheshire, UK, 230-249, 1983.

Perinçek D. and Çemen İ., The Structural Relationship between the East Anatolian and Dead Sea Fault Zones in Southeastern Turkey, *Tectonophysic*s, 1990, **172**(3-4), 331-340.

Polat A., Kerrich R. and Casey J. F., Geochemistry of Quaternary basalts erupted along the East Anatolian and Dead Sea fault zones of Southern Turkey: implications for mantle sources, *Lithos*, 1997, **40**(1), 55-68.

Pilet S., Baker M. B., and Stolper E. M., Metasomatized lithosphere and the origin of alkaline lavas, *Science*, 2008, **320**(5878), 916-919.

Shaw D. M., Trace element fractionation during anatexis, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1970, **34**(2), 237-243.

Shimizu N. and Kushiro I., The partitioning of rare earth elements between garnet and liquid at high pressures: preliminary experiments, *Geophysical Research Letters*, 1975, **2**(10), 413-416.

Sun S. S., and McDonough W. S., Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, *Geological Society of London*, 1989, **42**(1), 313-345.

Şaroglu F., Emre Ö. ve Kusçu İ., The East Anatolian fault zone of Turkey, *Annales Tectonicae*, 1992, 99-125.

Şengör A. M. C. and Yılmaz Y., Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 1981, **75**(3-4), 181-241.

Şengör A. M. C., Görür N. and Şaroğlu F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, 1985, **37**, 227-264.

Tatar Y., Tectonic structures along the North Anatolian fault zone, northeast of Refahiye (Erzincan), *Tectonophysics*, 1975, **29**(1-4), 401-409.

Temel A., Gündoğdu N., Gourgaud A., Le Pennec J. L., Ignimbrites of Cappadocia, Central Anatolia, Turkey: petrology, geochemistry and evolution through time, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1998, **85**(1), 447-471

Thirlwall M. F., Upton B. G. J. and Jenkins C., Interaction between continental lithosphere and the Iceland plume Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of Tertiary basalts, NE Greenland, *Journal of Petrology*, 1994, **35**(3), 839-879.

Walker George P. L., Basaltic-volcano systems, *Geological Society of London*, 1993, **76**(1), 3-38.

Westaway R., Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean., *Journal of Geophysical Research*, 1994, **99**(B6), 12071-12090.

Wilson M., *Igneous Petrogenesis: a Global Tectonic Approach*, 7th ed., Unwin Hyman, London, 1989.

Wılson M., and Downes H., Tertiary-Quaternary extension-related alkaline magmatism in western and central Europe, *Journal of Petrology*, 1991, **32**(4), 811-849.

Wıtt-Eıckschen G. and Harte B., Distribution of trace elements between amphibole and clinopyroxene from mantle peridotites of the Eifel (western Germany): an ion-microprobe study, *Chemical Geology*, 1994, **117**(1-4), 235-250.

Witt-Eickschen G., Kaminsky W., Kramm U. and Harte B., The nature of young vein metasomatism in the lithosphere of the West Eifel (Germany): Geochemical and isotopic constraints from composite mantle xenoliths from the Meerfelder Maar, *Journal of Petrology*, 1998, **39**(1), 155-185.

Woodland A. B., Kornprobst J., McPherson E., Bodinier J. L. and Menzies M. A., Metasomatic interactions in the lithospheric mantle: Petrologic evidence from the Lherz Massif, French Pyrenees, *Chemical Geology*, 1996, **134**(1-3), 83-112.

Yalım E., Turunçlu (Delihalil-Osmaniye) Bölgesindeki Bazaltik Oluşumların Derinliğe Bağlı Değişimlerinin Jeomekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2009, 244309.

Yaşar E., Erdoğan Y., Toprakkale Bazaltının Doğal Taş Endüstrisindeki Yeri, *4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu,* İzmir, Türkiye, 18-19 Ekim 2001.

Yurtmen S., et al., Petrogenesis of basalts from southern Turkey: the Plio-Quaternary volcanism to the north of Iskenderun Gulf, *Geological Society of London*, 2000, **173**(1), 489-512.

Yürür T. and Chorowıcz J., Recent volcanism tectonics and plate kinematics near the junction of African, Arabian and Anatolian plates in the eastern Mediterranean, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1998, **85**(1-4), 1-15.

Yılmaz Y., Güner Y., Şaroğlu F., Geology of the Quaternary volcanic centers of the east Anatolia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1998, **85**(1-4), 173-210.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Yorulmaz C**., Güçtekin A., Aldanmaz E., Toprakkale (Osmaniye) Bölgesi Pliyo-Kuvaterner Alkali Lavlarının Petrolojik Özellikleri, *71. Uluslararası Katılımlı Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, 23-27 Nisan 2018.

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Muğla'nın Fethiye ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Göcek'te, lise öğrenimini Ortaca'da tamamladı. 2010 yılında girdiği Kocaeli Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2015 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2016-2018 yılları arasında, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.