

## Mamasun (Aksaray) Gabroyidlerinin Petrojenetik Karakteristiği

**Bahattin GÜLLÜ<sup>1\*</sup>, Mustafa YILDIZ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Aksaray Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Aksaray, Türkiye

**ÖZET:** Çalışma alanı Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisinde, Ağaçören İntrüzif Takımı olarak adlandırılan birliğin güney kesiminde, Aksaray İlinin doğusunda yer almaktadır. Bölgede yapılan arazi ve petrolojik çalışmalara göre gabro ve diyorit bileşimli kayalar ve bu kayalarla ilişkili mikrogabroporfir, mikrodiyorit, mikrodiyoritporfir ve diyabaz bileşimli damar kayaları ayırtlanmıştır. Genel olarak holokristalin tanesel dokusal özellikte gözlenen gabrolarda yer yer kümülat doku da gözlenmektedir. Plajiyoklaz (labrador) + hornblend + ojit ± kuvars ± epidot ± kalsit ± titanit ve opak mineral birlikteliğinden oluşan gabroyidler kendi içerisinde piroksen-hornblend gabrodan diyorit bileşimine kadar değişim gösterirler. Bununla birlikte gabro ve damar kayalarının MORB'a göre iz element dağılımlarını gösteren spider diyagramlarında; gabrolar, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerde (LIL) bir zenginleşme gözlenirken, kalıcılığı yüksek elementlerde (HFS) ise fakirleşme göze çarpmaktadır. Gabroların ortalama karakteristik ana oksit, iz element ve nadir toprak element değerleri (SiO<sub>2</sub> %49.88, Na<sub>2</sub>O %1.59, CaO %11.51, La 0.9 ppm ve Sm/Nb oranı 1.31) okyanusal kabuk değerleriyle karşılaştırıldığında (SiO<sub>2</sub> %49.5, Na<sub>2</sub>O %2.8, CaO %11.3, La 3.7 ve Sm/Nb ppm oranı 0.33) benzer dağılıma sahip oldukları ancak gabroların daha tüketilmiş bir karakteri yansıttığı gözlenmektedir.

Mamasun Gabroyidlerine ait Kondrite normalize edilen Nadir Toprak Element (NTE) örümcek diyagramlarına bakıldığında, R1-R2 diyagramıyla benzer şekilde fraksiyonel kristallenme sürecini yansıtmaktadır. Kondrite normalize edilen NTE dağılım desenlerinin, piroksen-hornblend gabrolarda gözlenen pozitif Eu anomalisi dışında genel olarak yataya yakın bir şekilde gözlenmesi de tüketilmiş MORB benzeri bir üst manto kaynağını işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Malzeme Mamasun, Aksaray, İntrüzyon gabro, magma homojen/heterojen karışımı*

### Petrogenetic Characteristic of Mamasun (Aksaray) Gabbroids

**ABSTRACT:** The research area is located at the southern part of Ağaçören Intrusive Suite at the North East of Aksaray in Central Anatolian Crystalline Complex. Field and petrology studies show that the lithology of the area is mainly composed of two main units which are gabbro and diorite and associated rocks microgabbroporphyry, microdiorite, microdioriteporphyry vein rocks and diabase composition are distinguished. Generally, gabbros have holocrystalline and cumulus texture. The plagioclases (labradorite) + hornblende + augite ± quartz ± epidote ± calcite ± titanite and opaque minerals form the compositions of the Mamasun gabbroid, which are changing from pyroxene-hornblende gabbro to diorite in compositions. The MORB normalized elemental patterns of the gabbroid and mafic dykes reveal enrichment in LIL element and depletion in HFS elements. There are a clear similarity between the major oxide, trace and rare earth element contents of the gabbroids (SiO<sub>2</sub> %49.88, Na<sub>2</sub>O %1.59, CaO %11.51, La 0.9 ppm and Sm/Nb ratio 1.31) and Oceanic Crust contents (SiO<sub>2</sub> %49.5, Na<sub>2</sub>O %2.8, CaO %11.3, La 3.7 and Sm/Nb ppm ratio 0.33).

The Chondrite normalized REE Spider diagram reflects fractional crystallization process similar to R1-R2 diagram of Mamasun Gabbroids. The chondrite normalized REE diagrams, except for positive Eu anomalies in pyroxene-hornblende gabbros, show that nearly horizontal patterns which significate that upper mantle source similar to depleted MORB.

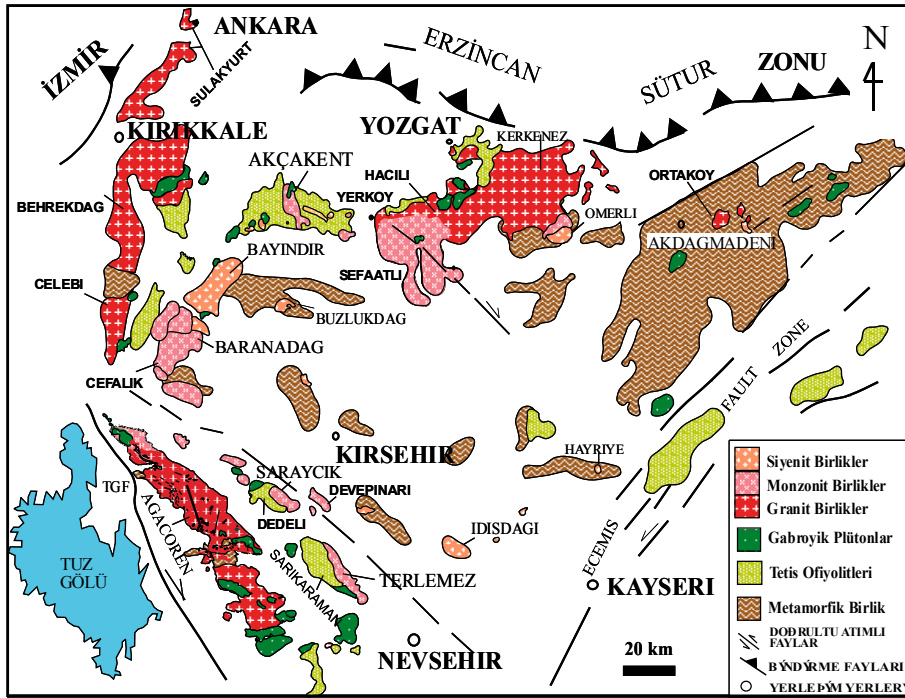
**Keywords:** *Mamasun, Aksaray, Intrusion gabbro, magma mixing/mingling*

\*Sorumlu Yazar: Bahattin GÜLLÜ, [bgullu@ankara.edu.tr](mailto:bgullu@ankara.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Çalışma alanı Göncüoğlu vd., [1-2] tarafından adlandırılan Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) içerisinde yer almaktadır. Kristalen karmaşık ana hatlarıyla üç kaya türünden oluşmaktadır. Bu kaya gruplarından oldukça düzenli bir istif sunan metamorfite Orta Anadolu metamorfite olarak adlandırılmıştır. Metamorfite üzerinde yer alan okyanusal kabuğa ait kayalar Orta Anadolu Ofiyolitleri, metamorfite ve ofiyolitleri sıcak dokanakla kesen farklı kaya türleri içeren felsik ve intrüzif kayalar ise Orta Anadolu Granitoidleri olarak adlandırılmıştır [1-2].

Kristalen karmaşık içerisinde yüzeyleyen gabroyik kayalar ile ilgili olarak yapılan birçok çalışmada, bu kayaların İzmir-Ankara-Erzincan Sütür zonu boyunca kapanan Neo-Tetisin kalıntıları oldukları ve ofiyolitik kütleleri temsil ettikleri ifade edilmiştir [3-4-5-6-7-8-9-10]. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarla beraber, Neo-Tetisin kalıntı ürünleri olduğu pek çok araştırmacı tarafından kabul edilen bu ofiyolitik kayalardan farklı, masife sokulum yapan manto kökenli mafik kütlelerin varlığı da belirlenmiştir [11-12-13-14-15-16-17-18-19-20].



Şekil 1. Basitleştirilmiş Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeoloji haritası (Kadıoğlu ve Güleç (2001)'den [21])

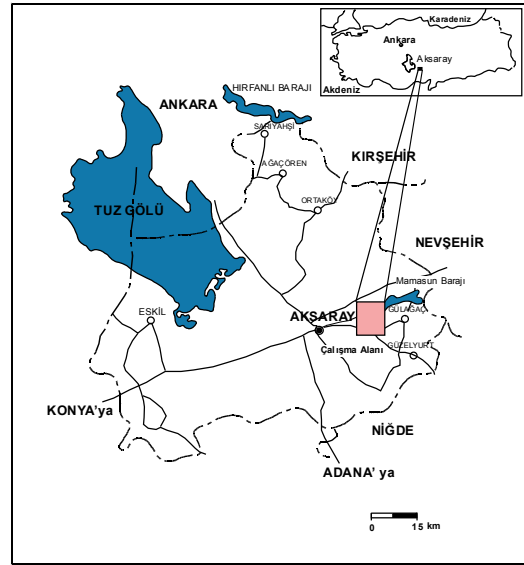
Bu çalışmada Aksaray doğusunda yer alan gabroyik kayalar, ayrıntılı saha özellikleri, petrografisi ve jeokimyasal özellikleri ile değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile önceki bazı çalışmalarda [8-9-10], Orta Anadolu Ofiyolitlerinin bir parçası olarak bilinen bu gabroların kökenine yönelik farklı bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır.

## 2. GENEL JEOLJİ

Çalışma alanı Aksaray il'i doğusunda (Şekil 2) yer alan Aksaray L32 a1 ve L32 a2 paftalarını kapsamaktadır. Çalışma alanı içerisinde gabro/tonalitler ile granodiyoritten biyotit granite kadar değişim gösteren magmatik birimler haritalanmıştır (Şekil. 3).

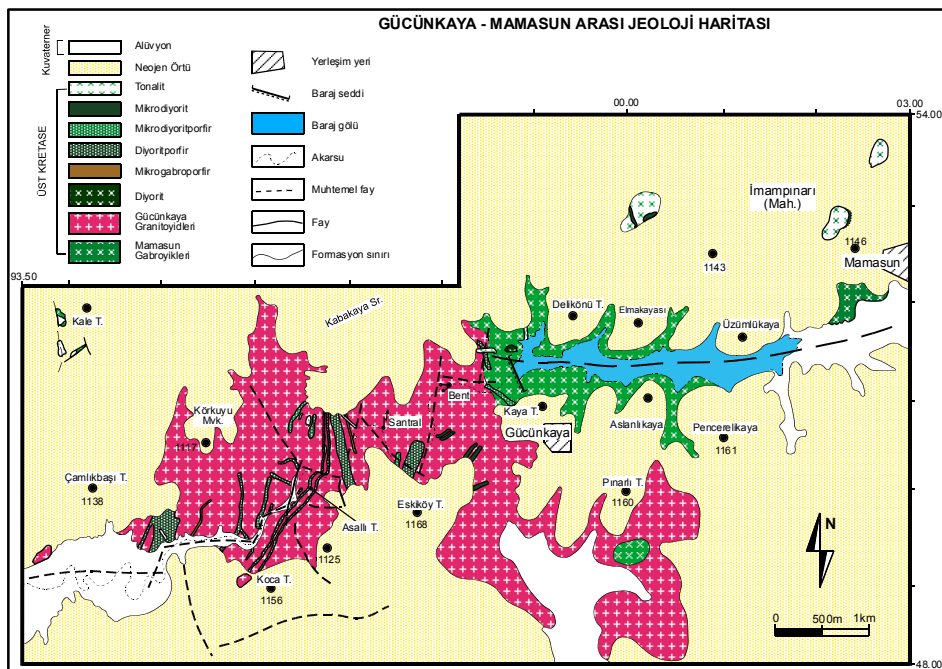
İnceleme alanında yer alan gabroyik kayalar; genelde koyu yeşil-siyahimsi yeşil renklerde olup, orta-iri tanelidirlir. Gabrolara göre daha dar alanlarda yüzeyleme gösteren, diyorit-kuvarsdiyorit türündeki mafik kayalar en iyi Mamasun barajı dolu savak yarmasında sert, ince taneli ve masif bir şekilde gözlenmektedir. İnceleme alanında gabrolarla olan sınırının belirlenmesi oldukça zor olan diyoritlerin taze yüzeyleri daha çok koyu yeşilimsi renklerde gözlenmektedir. Gabrolar; diyorit porfir, mikro diyorit, diyabaz ve tonalit türü damar kayaları tarafından kesilmişlerdir. Gabroların, çalışma alanında geniş yüzeyleyimler sunan biyotit granit/granodiyoritlerle temsil edilen Gücünkaya Granitoidleriyle olan dokanağı kesin olarak ayırt edilememekle birlikte geçiş

zonu olarak gözlenmektedir. Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan bu zon en iyi Mamasun Barajı, baraj seddi kuzeyinde gözlenmektedir. Bu geçiş zonu içerisinde boyutları 2-70cm'ye varan mafik mikrogranüler anklavlar ve sin-plütonik dayk oluşumları göze çarpmaktadır. Mamasun Barajının 5 km kuzeybatısında Gençosman (Dorukini) Köyü güneyinde yüzeyleyen gabroyik kayalar içerisinde de yersel olarak 20-50cm boyutunda belirli açık renkli mineral tabanlı, üzerinde çubuksu mafik minerallerinden oluşan zonlar yer almaktadır. Bu zonlar feldispat minerallerinden oluşan bir matris içerisinde çubuksu, yer yer iğnemi amfibol minerallerinin varlığıyla karakterize olmaktadır. Apinit olarak adlandırılan bu kaya grubunu Batema [22] ve Sha [23] daha çok mafik ve felsik magmaların karışımı sonucu ile oluşan lokal magmatik oluşumlar olarak yorumlamışlardır. Bu şekilde sınırlı alanlarda yüzeyleyen oluşumlar Sulakyurt granitoidindeki gabrolarda ve Ağaören İnrüzif kütlesindeki Çokumkaya gabrosunda da yer almaktadır [12-13]. Bölgede yüzeyleyen gabro ve granodiyorit bileşimli kaya grupları, yönelimleri K32°-52°D arasında değişen mafik damar kayaları tarafından kesilmektedir. Bu damar kayaları inceleme alanında Gençosman (Dorukini) Köyü civarında piroksenli diyorit porfir ve mikrogabroporfir; Gücünkaya yöresinde ise, piroksensiz diyorit porfir, mikrodiorit ve mikrodioritporfir türü kayalardan oluşmaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Bölgede, magmatik kayalar üzerine ilk olarak Oligo-Miyosen yaşlı bordo-kırmızı renkli, karasal konglomeralarla başlayan ve orta üst seviyelere doğru gevşek tutturulmuş ve yer yer evaporitli seviyeler içeren birim gelmektedir. İnceleme alanında oldukça geniş yayılımlar sunan birim, çakıltaşı-kumtaşı ardalanmasıyla temsil edilen yer yer çapraz tabakalı Alt Pliyosen yaşlı kaya grupları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Bölgedeki volkanik faaliyetin piroklastik ürünlerinden olan Kızılkaya ignimbiritiyle yanal ve düşey geçişli olarak gözlenen birim oldukça sınırlı alanlarda yüzeylenmektedir. Tüm bu birimler yine Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülürler.



Şekil 3. Çalışma alanı ve civarı jeoloji haritası (Güllü (2003)'den [19] alınmıştır)

### 3. PETROGRAFI

#### 3.1. Gabrolar

Bölgedeki gabrolar petrografik özellikleri bakımından iki farklı gruba ayrılmıştır. Birinci grup gabrolar, Streckeisen'in (1976) prx-plj-hrb içeriklerine göre mafik kayaların sınıflandırılması diyagramında piroksen-hornblend gabro alanında yer alırken, ikinci grup gabrolar hornblend-gabro alanında yer almaktadır (Şekil 4).

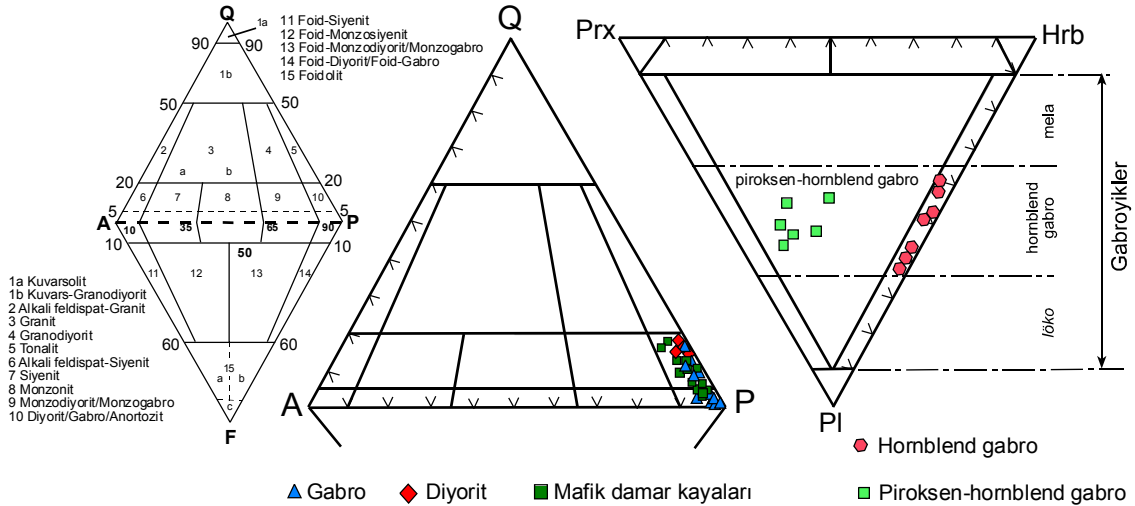
Birinci grupta yer alan gabrolar orta-iri taneli olup, tane boyları 0.2-3.5 mm arasında değişmektedir. Kaya içerisindeki baskın bileşenleri, plajiyoklaz (labrador), hornblend, ojit/diyopsit, epidot, kalsit, titanit ve opak mineral oluşturmaktadır (Şekil 5a). Genel olarak holokristalin hipidyomorf taneler dokuda gözlenen piroksen-hornblend gabrolarda yer yer kümülat/interkümülat dokusal özellikleriyle temsil

olunan piroksen ve hornblend mineralleri gözlenmektedir.

İkinci grupta yer alan gabrolarda ise mafik mineral olarak hornblend, felsik mineral olarak da plajiyoklaz ve nadiren kuvars mineralleri görülmektedir. Hornblend gabrolardaki plajiyoklazlar andezin-labrador türündendir.

#### 3.2. Diyoritler

Çalışma alanında haritalanamayacak kadar sınırlı alanda gözlenen diyoritler ince-orta taneli olup, koyu yeşilimsi-siyah renktedirler. Ana minerallerini, plajiyoklaz (andezin) ve hornblendlerin oluşturduğu kaya diyoritporfir, mikrodiorit ve tonalitler tarafından kesilmektedir. Genel olarak holokristalin hipidyomorf taneler dokunun hakim olarak gözlendiği kayada poiklitik plajiyoklaz/zonlu plajiyoklaz ve kuvars-hornblend gözlü (ocellar) doku oluşumları da yaygın olarak gözlenmektedir.



Şekil 4. Gabroların, diyoritlerin ve mafik damar kayalarının QAP ve gabroların Plajiyoklaz-Hornblend-Piroksen sınıflaması [26]

#### 3.3. Mikrodiorit/Mikrodioritporfir

Koyu yeşilimsi siyah renkte gözlenen kayada ana bileşenleri plajiyoklaz, hornblend, biyotit oluştururken çok az miktarda kuvars, aktinolit ve piroksen minerali gözlenmektedir. Opak mineral, titanit ve apatit minerallerinin tali bileşen olarak yer aldığı kayada biyotitten itibaren ikincil olarak gelişmiş epidot ve klorit mineralleri gözlenmektedir (Şekil 5c). Holokristalin hipidyomorf porfirik dokulu bu kayalarda kuvars mineralleri kenarları yenmiş bir şekilde gözlenmektedir. Kuvars mineralleri kuvars-hornblend ocellar doku özelliği göstermektedir (Şekil 5d). Plajiyoklaz, albit-karlsbat ikizli ve mantolanmış bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 5e). Andezin-labrador bileşiminde olan plajiyoklaz fenokristalleri içinde lata

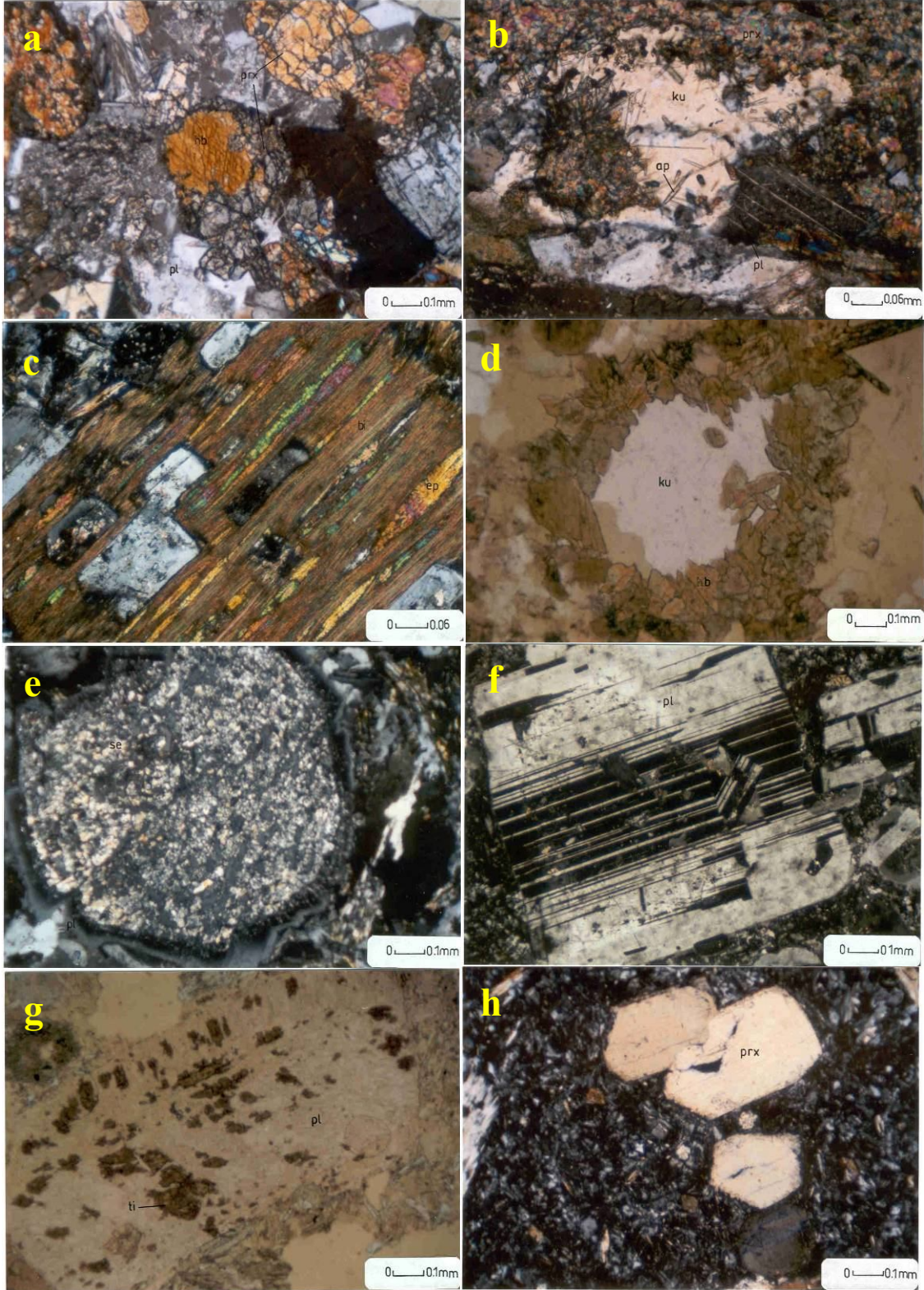
biçimli küçük plajiyoklaz oluşumları gözlenmektedir (Şekil 5f). Ayrıca plajiyoklaz minerallerinde sossuritleşme nedeniyle epidot ve titanit agregaları gözlenmektedir (Şekil 5g).

#### 3.4. Mikrogabroporfir

Kaya oldukça ince taneli, grimsi-koyu yeşil renktedir. Kayayı oluşturan mineraller yarı özşekilli-kısmen özşekilli olarak gözlenmektedir. Mineralojik olarak plajiyoklaz, hornblend ve piroksen minerallerinden oluşan kaya içerisinde nadiren kuvars minerali görülmektedir. Ayrıca kaya içerisinde epidot, klorit ve kalsit gibi ikincil oluşumlar olarak gözlenirken, opak mineraller ise tali bileşen olarak gözlenmektedir.

Plajiyoklazlar, daha çok yarı özşekilli kısmen de özşekilsiz olup, kısa prizmatiktirler. Kaya içerisinde açık renkli bileşenlerin %75-90'ını oluşturan

plajiyoklazlar labrador bileşimindedir. Piroksenler ojit türünden olup, çoğunlukla glomeroporfirik doku özelliği göstermektedir (Şekil 5h).

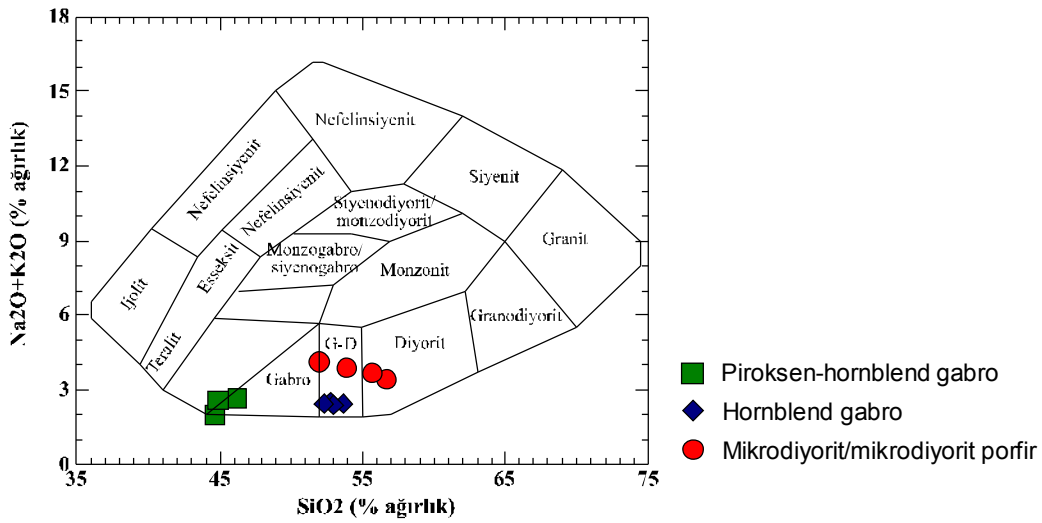


Şekil 5. Mamasun gabroyik kayalarının mineralojik ve dokusal özelliklerini gösteren mikrofotografılar

Gabroyik kayaların ayrıntılı petrografik çalışmalarında gözlenen ve yukarıda belirtilen bazı özel dokular, bu kaya grubunun Koçak vd.'nin [9] aynı bölgedeki gabrolar için öne sürdüğü ofiyolit kökenden farklı olabileceğini düşündürmektedir. Magma karışım ürünlerini yansıtan bu dokusal özelliklerden mafik mikrogranüler anklavların varlığı heterojen (mingling) karışımın; poiklitik hornblend, poiklitik plajiyoklaz, kuvars-hornblend/klinopiroksen gözlü dokusu (ocellar), süngerimsi-hücremsi plajiyoklaz oluşumları ve iğnemi apatit oluşumları şeklinde gözlenen dokular ise homojen (mixing) karışımın varlığına işaret etmektedir.

#### 4. JEOKİMYA VE PETROJENEZ

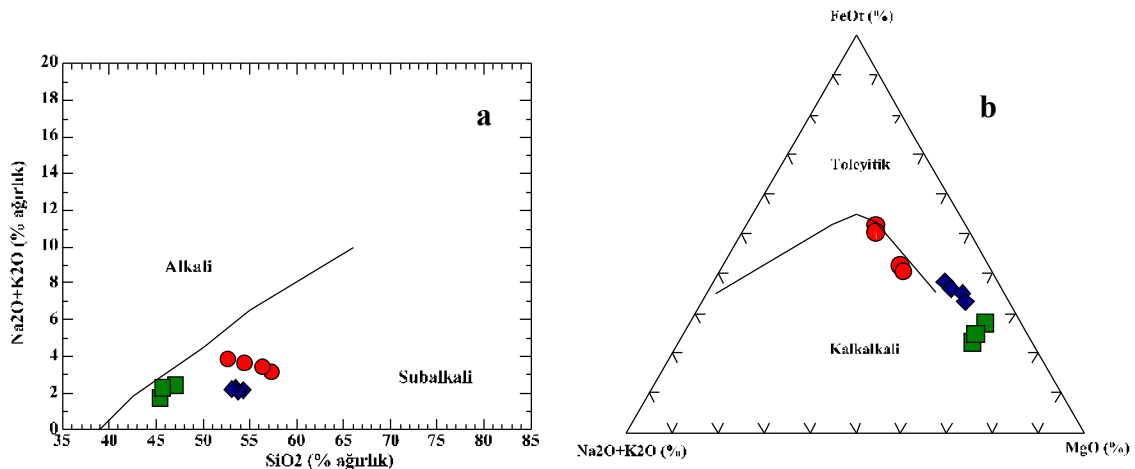
Çalışma alanından derlenen 73 adet kaya örneğinden ince kesitler hazırlanmış, detaylı mineralojik-petrografik incelemeler sonucunda taze ve karakteristik olduğu belirlenen 11 adet örneğin kimyasal analizleri yapılmıştır. Analizler Kanada ACME Analitik Laboratuvarında yaptırılmış olup, analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Jeokimyasal analizi yapılan kayalardaki  $\text{SiO}_2$  miktarındaki değişim dikkate alınarak çizilen toplam alkali – silika diyagramında [24] bölgedeki kayaların gabro-gabro/diyorit-diyorit alanlarına düştüğü belirlenmiştir. (Şekil 6).



Şekil 6. Toplam alkali-silis diyagramında [24] Mamasun gabrolarının adlandırılması

Ana oksit, iz ve nadir toprak element jeokimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilen Mamasun gabroyik kayaları ve mafik damar kayalarının Irvine ve Baragar [25] tarafından farklı magma ünitelerinin ayrımı için öne sürdükleri diyagramda,

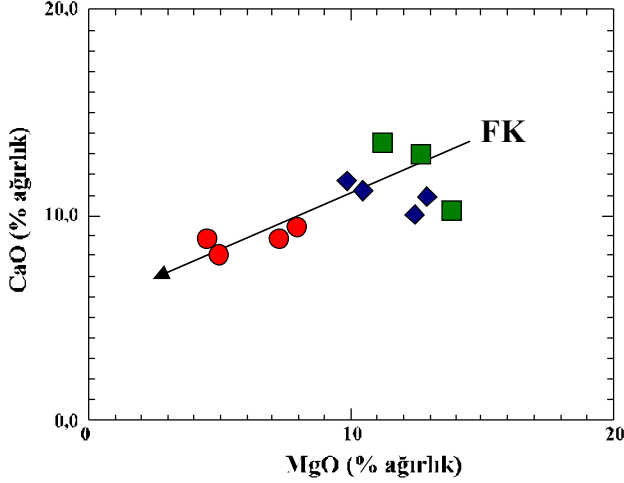
tamamının subalkali karakterde oldukları görülmektedir (Şekil 7a). Subalkali kayaların ayrımı için Irvine ve Baragar'ın [25] önerdiği AFM diyagramında ise örneklerin, toleyitikten kalkalkaliye doğru tedrici bir geçiş yönelimi sergiledikleri gözlenmektedir (Şekil 7b).



Şekil 7. Gabroların toplam alkali-silis (a) ve AFM (b) diyagramlarında dağılımları [25] (Semboller şekil 6'da verilmiştir)



Ana oksit elementlerinin MgO'ya göre değişim diyagramlarında CaO değerlerinde düzenli bir artma gözlenirken (Şekil 8), SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerlerinde ise düzenli bir azalma gözlenmektedir (Şekil 9).

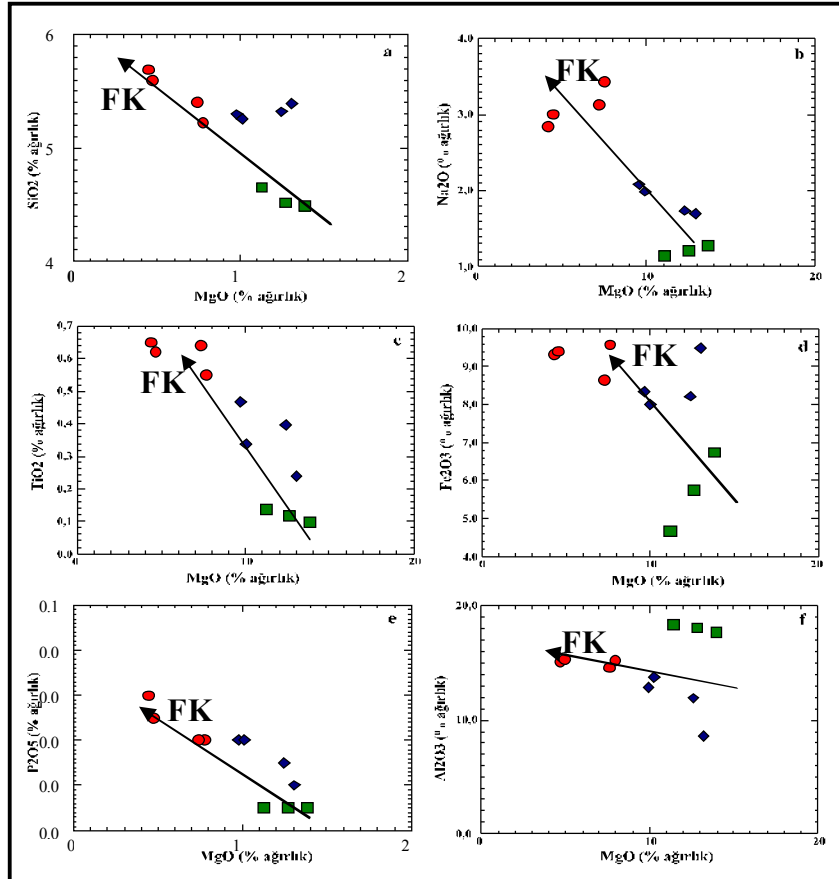


Şekil 8. (%)MgO'ya karşı (%)CaO'nun dağılımını gösteren Harker diyagramı (Semboller şekil 6'da verilmiştir; FK: Fraksiyonel Kristallenme,)

Streckeisen [26] QAP diyagramında gabro-diyorit bileşim sergileyen bu kaya gruplarında SiO<sub>2</sub>

içeriğinin magmanın kristalleşmesine bağlı olarak, MgO'nun azalan değerlerine karşılık artma yönünde düzenli bir yönelim sergilemektedir (Şekil 9a). Aynı şekilde CaO içeriği de Ca'ca zengin plajiyoklazların kristalleşmesi sonucunda artık magmada Ca tüketildiği için CaO miktarında bir azalma gözlenmektedir (Şekil 8). MgO ve CaO'nun magmadan ilk kristalleşen minerallerin bünyelerine girerek ortamı terk etmesiyle Na<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> artık magmada zenginleştiğinden fraksiyonel kristalleşmeyle düzenli bir artış sergilemektedir (Şekil 9b-e). Genel olarak toleyitik (gabro/gabro-diyorit) kalkalkali'ye (mafik damar kayaları) doğru geçiş gösteren Mamsun gabroyidlerinden, özellikle gabro bileşimli birimlerde toleyitik kayalar için karakteristik olan Fe zenginleşmesi [27] gözlenmektedir (Şekil 9d). Aynı şekilde TiO<sub>2</sub> zenginleşmesi de Fe zenginleşmesiyle aynı yönde bir yönelim sunmaktadır (Şekil 9c). Bu da gabro-diyorit bileşimli kayaların toleyitik niteliğini doğrulamaktadır.

Ana element oksit bileşenlerinin MgO içeriğine göre değişimine dayandırılan değişim diyagramlarında gabro-diyorit ve mikrodiyorit/diyoritporfir bileşimindeki kaya topluluklarının mafik bir magmanın kristalleşme evrelerinde oluşan tek bir topluluk olabilecekleri düşünülmektedir.



Şekil 9. (%)MgO'ya karşılık azalan ana oksit değerlerinin Harker diyagramlarındaki dağılımları (Semboller şekil 6'da verilmiştir; FK: Fraksiyonel Kristallenme,)



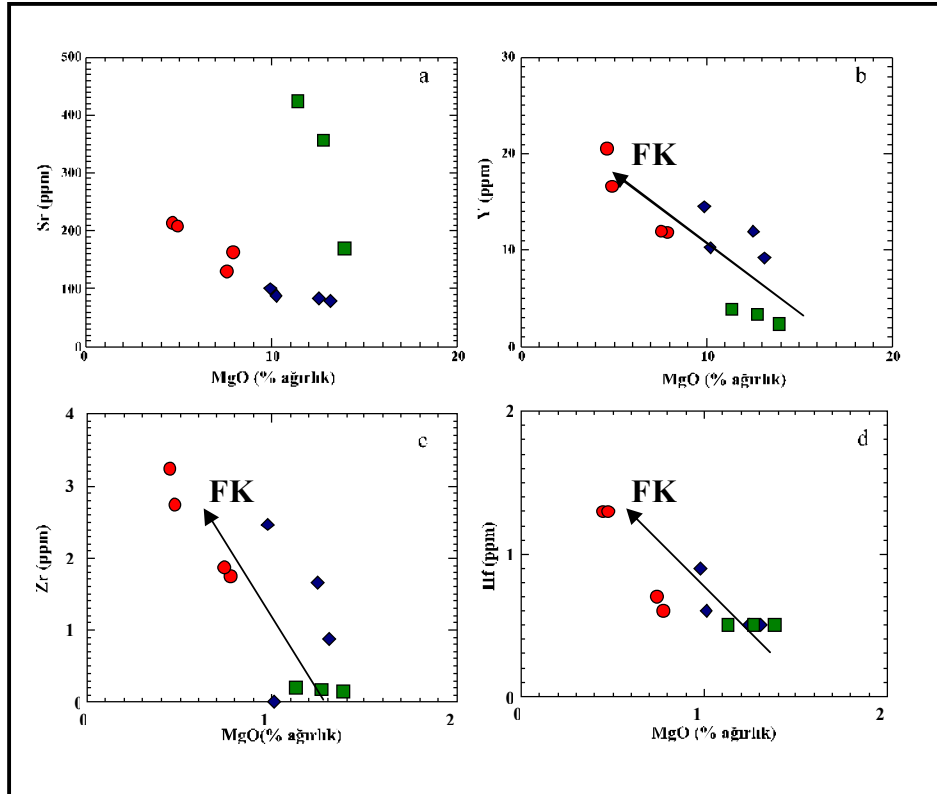
Mamasun gabroyidlerine ait iz element analiz sonuçlarından başlıca geçiş metalleri (TM), büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LIL) ve kalıcılığı yüksek elementlerden (HFS) seçilen 7 iz elementin MgO'ya karşı değişimleri incelendiğinde; geçiş metallerinde (Ni, Cr) artma, kalıcılığı yüksek elementlerde (Zr, Hf, Y) azalma ve büyük iyon yarıçaplı elementlerden Sr'da ise her ne kadar normal bir dağılım gözlenirse de azalan bir yönelime sahip oldukları gözlenebilmektedir (Şekil 10 ve Şekil 11).

MgO'ya karşılık çizilen iz element jeokimyasal analiz değerleri tek tek incelenecek olursa; Şekil 10a'da LIL elementler grubunda bulunan Sr'un An içeriği bakımından zengin olan ve plajiyoklaz gibi yüksek sıcaklık minerallerinde daha bol miktarda bulunduğu dikkati çekmektedir. Kristalleşmede Ca'lu minerallerin (özellikle plajiyoklazların) yapısına girme eğiliminde olan Sr'un normalde kristalleşme derecesine bağlı olarak azalması beklenirken Şekil 10a'da bunun tam tersine artma yönünde bir yönelim göstermektedir. Bunun sebebi gabro-diyorit bileşimli kayalarda minerallerin kristalleşmeleri esnasında yüksek Sr içeriği nedeniyle, daha ağır olan bazı plajiyoklazların,

yoğunluğu  $2,95 \text{ g/cm}^3$  olan ağır artık magmada apatitlerle birlikte dibe çökebilmesidir [28].

HFS elementlerinin (Y, Zr, Hf) dağılımlarının gözlemlendiği Şekil 10b-c ve d'de fraksiyonel kristalleşmeye bağlı olarak azalan MgO'ya karşı artma eğiliminde oldukları gözlenmektedir. Zr tipi elementler olarak adlandırılan ve kristalizasyon sonucu zenginleşme eğiliminde olan [29] bu elementlerin, hemen hemen tamamının granitik kayalarda tali mineraller olarak bulunan zirkon, allanit, monazit, sfen, rutil vb. minerallerin bünyelerinde yer almaları ve granitik magma içerisinde önce düşük konsantrasyonlarda olduğu için bu minerallerin oluşumlarını sağlayacak doygunluğa ulaşmaya kadar, magma içerisinde zenginleşirler.

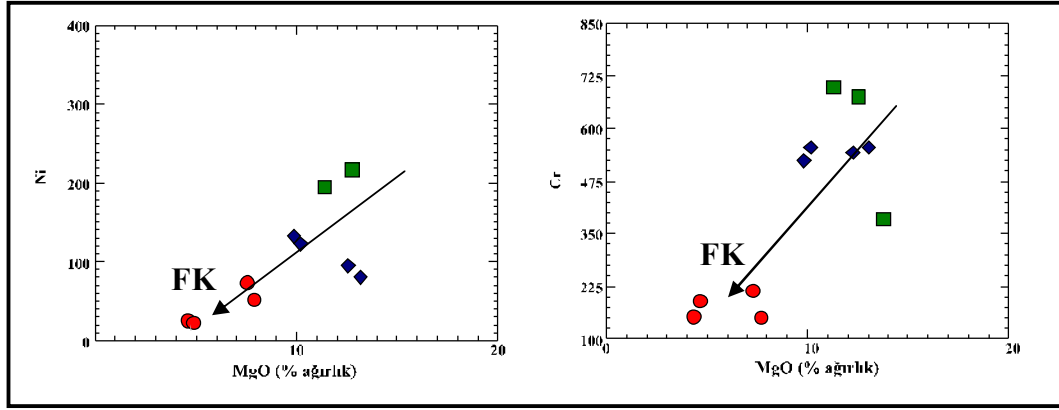
Böylece magmatik kristalleşme sırasında geç evrede zenginleşen eriyik içerisinde ancak belirli bir doygunluğa ulaştıktan sonra, yukarıda belirtilen tali minerallerin oluşumunu gerçekleştirirler [28]. Bu nedenle Şekil 10b-c ve d'de MgO'ya karşı değişimleri izlenen HFS elementleri kristalleşme arttıkça artan bir yönelim sunmaktadırlar.



Şekil 10. Mamasun gabroyik kaya örneklerinin (%) MgO'ya karşı azalan iz element değerlerinin Harker değişim diyagramları (Semboller şekil 6'da verilmiştir; FK: Fraksiyonel Kristalleşme)

Geçiş metalleri (TM) olarak bilinen Ni, Cr elementlerinin MgO'ya karşı çizilen değişim diyagramlarında ise bu elementlerin magmanın katılması esnasında diğer bazı elementlerle birlikte davranarak bazı mafik minerallerin bünyesine girerek ortamdan ayrıldıkları gözlenmektedir (Şekil 11a-b).

Kristalleşme süreci dikkate alınacak olursa, bu elementlerin çalışma alanındaki gabroyik kayaları oluşturan mafik magmadan ilk kristalleşen piroksen ve hornblend bünyesine girerek ortamdan uzaklaştıkları açıkça belli olmaktadır.



Şekil 11. Mamasun gabroyik kaya örneklerinin (%)MgO'ya karşı azalan iz element değerlerinin Harker değişim diyagramları (Semboller şekil 6'da verilmiştir; FK: Fraksiyonel Kristallenme)

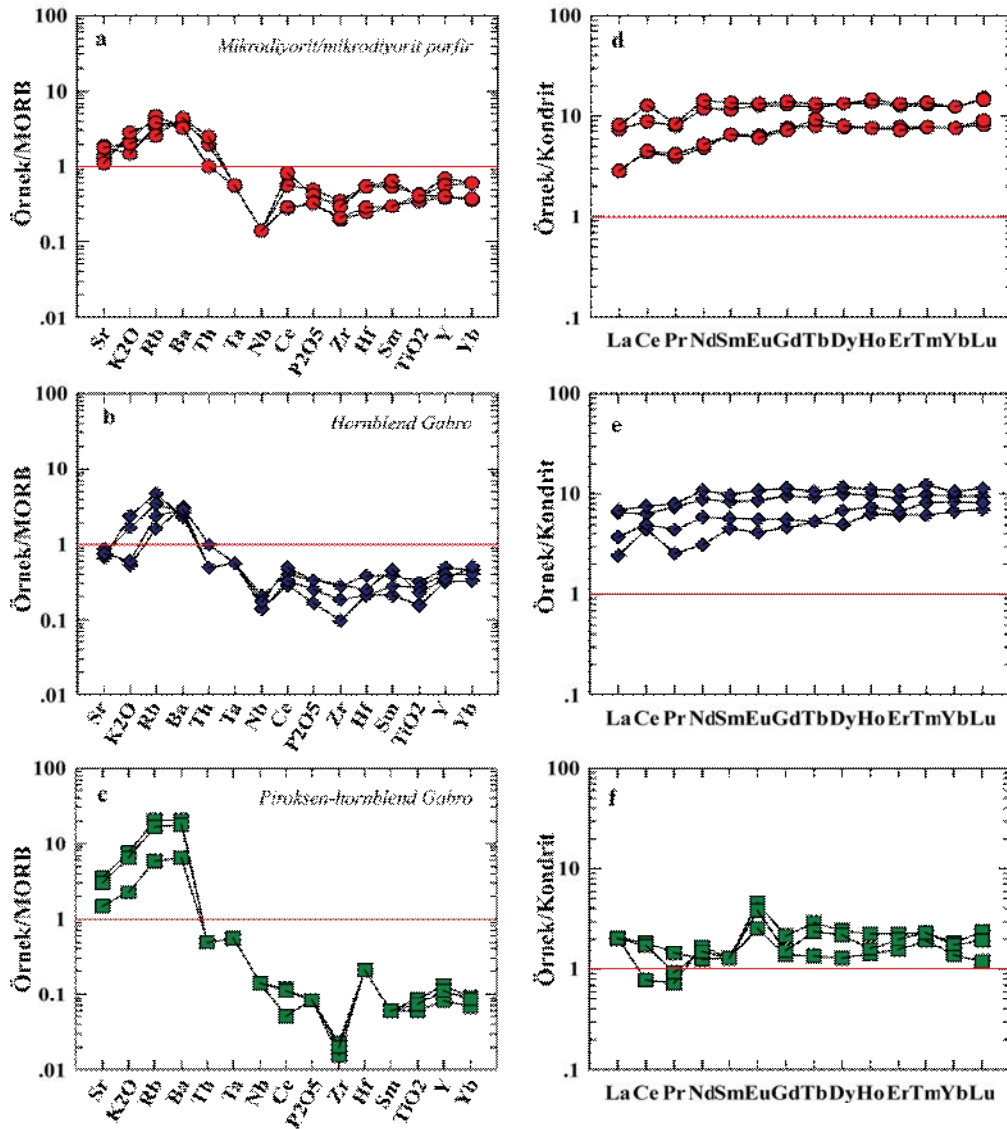
Piroksen-hornblend gabroların, hornblend gabroların ve mafik damar kayalarını oluşturan magmanın evrimini ortaya koymak amacı ile MORB'a göre normalize edilmiş iz element dağılımlarını gösteren örümcek diyagramları hazırlanmıştır. Diyagramlarda, Mamasun gabroyidlerinin erken evrede piroksen hornblend gabro ile başlayan, geç evreye doğru ise hornblend gabro ve diyoritik bileşimler sergileyen tipik bir fraksiyonlanma ürünleri oldukları görülmektedir. Diyagramlarda; piroksen-hornblend gabrolarda daha belirgin olmak üzere, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerde (LIL) bir zenginleşme gözlenirken kalıcılığı yüksek elementlerde (HFS) ise bir tüketilme gözlenmektedir (Şekil 12a-b-c).

Zenginleşme gösteren LIL elementlerden Sr elementi Ca elementi ile birlik oluşturmasından ve özellikle An içeriği bakımından zengin olan yüksek sıcaklık plajiyoklazlarında daha bol miktarda bulunmasından dolayı ilk oluşan piroksen hornblend gabrolarda diğer kaya gruplarına göre düşük bir zenginleşme göstermektedir. Rb ve Ba elementleri ise başlıca K elementi ile birlik oluşturduklarından dolayı K ile birlikte aynı davranışı sergilerler. HFS elementlerinin ise hemen hemen tamamı ana minerallerden ziyade tali minerallerin bünyelerinde yer alırlar. Magmanın kristalleşme derecesine bağlı olarak artık sıvıda, bu tali minerallerin oluşum sıcaklığına

ulaşınca kadar artma eğiliminde olacaklarından ilk oluşan kayalardan, daha sonra oluşan kayalarına gidildikçe artan bir anomali gösterdikleri görülmektedir. Hornblend gabro ve mafik damar kayalarına ait iz element dağılım desenlerinde belirgin negatif Nb anomalisi dikkati çekmektedir. Toleyitik-mafik magma kristalizasyonunda negatif Nb anomalisi kıtasal kirlenmeyi ifade etmektedir [30].

Mamasun Gabroyidlerine ait Kondrite normalize edilen NTE örümcek diyagramlarına bakıldığında, elde edilen diğer verilerle benzer şekilde fraksiyonel kristallenme sürecini yansıtmaktadır (Şekil 12d-e-f). Piroksen-hornblend gabrolarda gözlenen pozitif Eu anomalisi dışında genel olarak yataya yakın bir şekilde gözlenen değişimler, tüketilmiş üst manto ürünleriyle benzerlikler sunmaktadır [31].

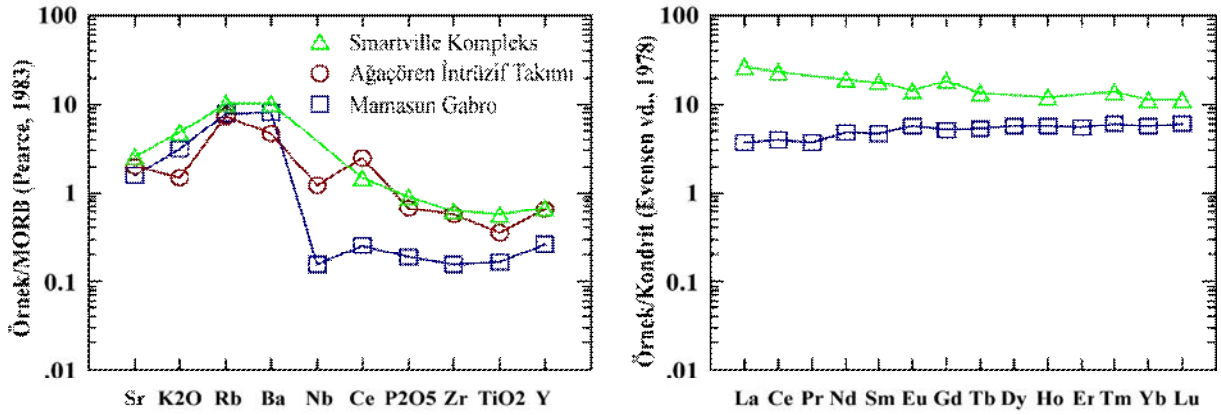
Hornblend gabrolarda ve mafik damar kayalarında NTE bakımından yaklaşık 10 kat zenginleşme görülmektedir (Şekil 12d-e). Kondrit benzeri bir dağılım sergileyen piroksen hornblend gabrolarda ise düşük NTE içeriği ve pozitif Eu anomalisi dikkati çekmektedir. Pozitif Eu anomalisi özellikle plajiyoklazca zengin kümülat doku özelliği gösteren kayalarda karakteristik olarak gözlenmektedir [32-33] (Şekil 12f).



Şekil 12. (a-d) Mafik damar kayalarının, (b-e) hornblend gabroların (c-f), Piroksen-hornblend gabroların MORB'a göre normalize edilen iz element ve Kondrit' normalize edilen NTE dağılımları (MORB değerleri Pearce [35], Kondrit değerleri Evensen'den [36] alınmıştır).

Mamasun Gabroyiderinin ortalama iz element dağılımları, Ağaören İnrüzif Takımında Kadioğlu vd. [18] tarafından İnrüzif gabro olarak tanımlanan gabrolarla ve kuzey Kaliforniya'da Smartville Kompleksi içerisinde Beard ve Day [34] tarafından tanımlanan gabro-diyorit bileşimli plütonla beraber değerlendirildiğinde aralarında büyük benzerlikler olduğu gözlenmektedir MORB'a göre normalize edilen bazı iz element değerlerinin karşılaştırıldığı bu diyagramda, LIL elementlerce bir zenginleşme göze çarpmaktadır (Şekil 13a). Bu zenginleşme deseni dalma-batma ve/veya çarpışmalı tektonik rejimlerle

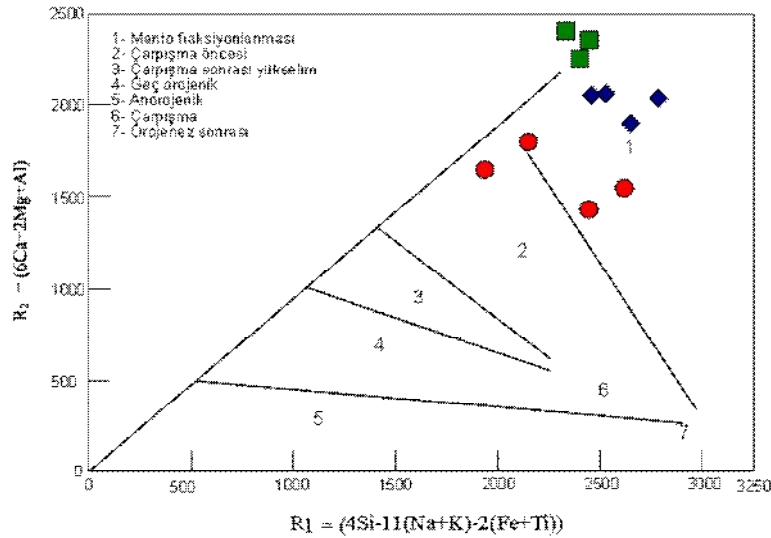
ilişkili magmatik kayaların dağılım desenlerine benzerlik sunmaktadır [35-30]. Aynı şekilde Kondrite normalize edilen NTE dağılım desenleri de incelendiğinde Mamasun gabrolarının Smartville Kompleksindeki gabrolarla benzerlikler sunduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 13b). Her ne kadar Mamasun Gabroları, Smartville Kompleksi gabrolarıyla benzer NTE dağılımı sunsa da, bu diyagramda Mamasun Gabrolarının nadir toprak elementleri bakımından daha tüketilmiş bir kaynaktan türemiş olabileceği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 13. Çalışma alanındaki gabroların bazı ortalama iz ve nadir toprak elementlerinin, Ağaören İntrüzif Takımı (Orta Anadolu, Kadioğlu vd., [18]) ve Smartville Kompleksi (K Kaliforniya, Beard ve Day [34]) içerisindeki intrüzif gabro kütleleriyle karşılaştırılması

Mamasun Gabroyidlerinin kökenine ışık tutabilmek amacı ile Batchelor ve Bowden [37] tarafından öne sürülen  $R_1\{4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)\}-R_2\{6Ca+2Mg+Al\}$  parametrelerine bağlı jeotektonik ortam ayırma diyagramı çizilmiştir (Şekil 14). Bu

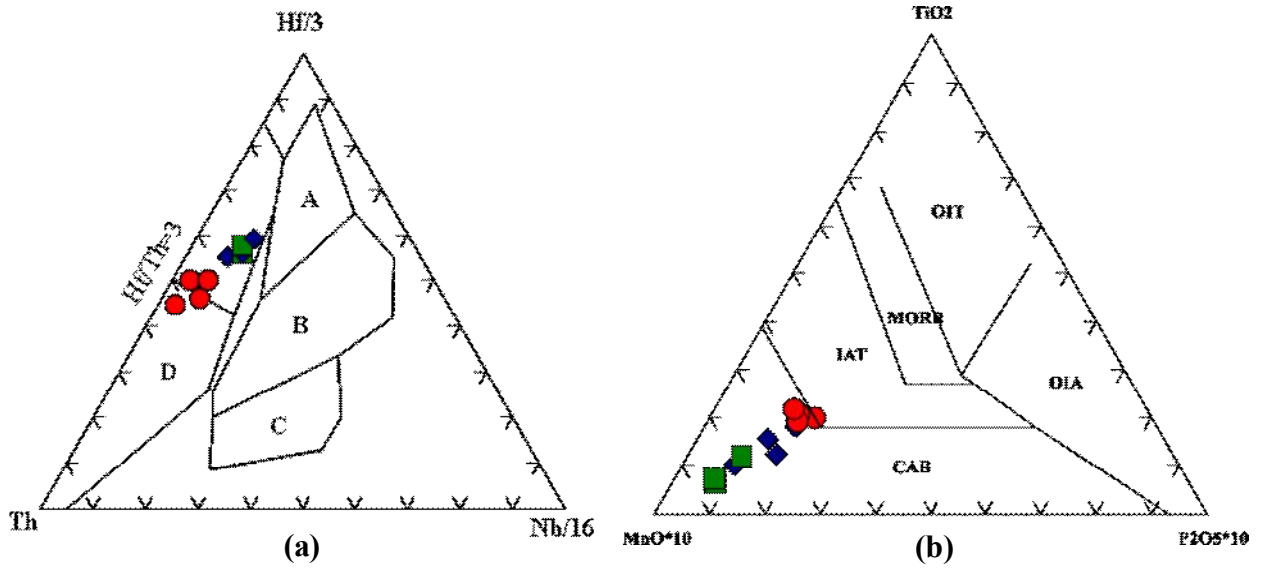
diyagram da Mamasun gabroyik ve mafik damar kayalarının tamamının, manto fraksiyonlanması ürünü olabileceğini destekler niteliktedir.



Şekil 14. Mamasun gabroyik kayalarının  $R_1-R_2$  diyagramında [37] dağılımları (Semboller şekil 6'da verilmiştir)

Mamasun gabroyidlerinin jeotektonik konumlarının belirlenebilmesi amacı ile duraylı elementlerden Th, Hf ve Nb değişimleri göz önünde bulundurularak Wood [38] tarafından öne sürülen diyagramda gabroların Hf/Th içeriklerine göre ada yayı toleyitlerinden ( $Hf/Th > 3.0$ ) kalk alkali bazaltlara ( $Hf/Th < 3.0$ ) geçişli olduğu görülmektedir (Şekil 15a).

Ayrıca Mullen'in [39]  $SiO_2$  içeriği %45-52 olan mafik kaya gruplarının jeotektonik ortamlarını belirlemek için önerdiği  $MnO-TiO_2-P_2O_5$  değişim grafiğinde gabroyik kayaların kalk-alkali bazaltları alanında yer aldığı görülmektedir (Şekil 15b).



**Şekil 15.** Mamasun gabroyik kayalarının (a) Hf/3-Th-Nb [38] ve (b) MnO-TiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diyagramındaki [39] dağılımları (Wood, [38] diyagramında; A: N-MORB, B: E-MORB ve levha içi toleyitleri, C: Levha içi alkali bazaltlar, D: Volkanik yay bazaltları, Hf/Th>3 ada yayı toleyitleri, Hf/Th<3 kalk alkali bazalt. Mullen, [39] diyagramında; OIT: okyanusal ada toleyitleri, MORB: okyanus ortası sırt bazaltları, IAT: ada yayı toleyitleri, CAB: kalk-alkali bazaltlar, OIA: okyanusal ada alkali bazaltları) (Semboller şekil 6'da verilmiştir)

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışma alanında yüzeyleyen ve gabro, diyorit, diyoritporfir, mikrodiyorit ve mikrogabroporfir bileşimli mafik kayaların tamamı Mamasun Gabroyidleri olarak adlandırılmıştır. Arazi düzeyinde göstermiş oldukları karakteristikler (MMA ve sin plütonik dayk oluşumları, apinit oluşumları) göz önüne alındığında gabroların, granodiyoritlerle temsil edilen Gücünkaya Granitoyidi ile kesme-kesilme ilişkisinden ziyade, kökensel ilişkili olabileceği ortaya çıkmaktadır.

Arazi, petrografi ve jeokimyasal analiz sonuçları Mamasun gabroyidlerinin erken evre piroksen-hornblend gabro bileşiminden geç evre diyorit/mikrodiyorit bileşime kadar değişim gösteren fraksiyonel kristalleşme sürecinin ürünleri olduğunu düşündürmektedir. İz element jeokimyasal değişimleri incelendiğinde, bu fraksiyonlanma süreci içerisinde diyoritik bileşime doğru kabuksal kirlenmenin etkili olduğu düşünülmektedir.

MORB'a normalize edilen iz element dağılım desenlerinde piroksen hornblend gabroların bölgedeki en mafik ürünleri temsil ettiğini ve bunlarında oldukça tüketilmiş MORB benzeri bir kaynaktan türemiş olabileceğini işaret etmektedir.

Tüm bu petrolojik veriler ışığında jeotektonik olarak toleyitik-kalk alkali geçişli ada yayı toleyitleri alanında yer alan Mamasun gabroyidlerinin tüketilmiş bir manto kaynağından türeyen mafik bir magmanın ürünleri olabileceği düşünülmektedir. Manto

kaynağından yükselen bu mafik magmanın alt kıta kabuğuyla yoğun mekanik etkileşimleri sonucu alt kıta kabuğunu ergiterek daha felsik bir magma kaynağı oluşumunu tetiklemiş olabilecektir. Böylece oluşan eş yaşlı mafik ve felsik magmaların karışım süreçleri başlamış olacaktır. Mafik ve felsik magmaların viskozite, sıcaklık ve bileşim zıtlıklarına bağlı olarak yoğun mekanik etkileşimiyle gelişen heterojen karışma (magma mingling) sonucu mafik mikrogranüler dokulu anklavlar, porfirik dokulu anklavlar ve sin-plütonik dayklar meydana gelmiş olabilir.

Son olarak farklı bölgelerde yüzeyleyen mafik sokulumlarla karşılaştırılması yapılan Mamasun gabroyidlerinin özellikle Ağaçören İntrüzif Takımındaki gabrolarla büyük benzerlikler sunduğu ortaya çıkmaktadır. AİT içindeki gabrolarla aynı petrojenetik özellikleri yansıtan Mamasun gabroyidlerinin, bölgesel ölçekte düşünüldüğünde Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisinde Neo-Tetisin kalıntı ürünleri olarak köksüz bloklar halinde değilde kristalen komplekse sokulum yapan eş yaşlı mafik-felsik magmalardan mafik magmanın kristalizasyon ürünleri olabileceği düşünülmektedir.

## REFERANSLAR

- [1]. Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A. ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu Masifinin Batı Bölümünün Jeolojisi, Bölüm 1-Güney Kesim: Tpa0 Rapor No. 2909, 140 s., yayınlanmamış.
- [2]. Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., Olgun, E., ve Rojay, B., 1992. Orta Anadolu Masifinin Batı Bölümünün Jeolojisi, Bölüm 2: Orta Kesim, T.P.A.O. Rap.No:3155,76s.
- [3]. Önen, A. P. ve Unan, C., 1988. Kaman (Kırşehir) Kuzeydoğusunda Bulunan Gabroların Minerolojisi, Petrografisi ve Jeokimyası. Türkiye Jeoloji Bülteni 31/1, 23-28s.
- [4]. Göncüoğlu, M.C., ve Türel, T. K., 1993. Petrology and Geodynamic Interpretation of Plagiogranites from Central Anatolian Ophiolites (Aksaray, Turkey), Turkish Journal of Earth Sciences, v.2, p. 195-203.
- [5]. Floyd, P.A., Yalınz, M.K., and Göncüoğlu, M. C., 1998. Geochemistry and Petrogenesis of Intrusive and Extrusive Ophiolitic Plagiogranites, Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey, Lithos, v.42, p. 225-242.
- [6]. Yalınz, M. K., and Göncüoğlu, M. C., 1999. Clinopyroxene Compositions of the Isotropic Gabbros From the Sarýkaraman Ophiolite: New Evidence on Supra-Subduction Zone Type Magma Genesis in Central Anatolia, Turkish Journal of Earth Sciences, v.8, p. 103-111.
- [7]. Toksoy-Köksal, F., Göncüoğlu, M. C., and Yalınz, M. K., 2001. Petrology of the Kurancali phlogopitic metagabbro: An island arc-type ophiolitic sliver in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey: International Geology Review, v. 43, p. 624-639.
- [8]. Işık, F., Baş, H., ve Koçak, K., 2002. Gabroyik Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal Karakteristikleri: Orta Anadolu Masifi, Yeşilhisar-Kayseri (Türkiye). Pamukkale Ü. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8/2, s. 227-238.
- [9]. Kocak, K., Isik, F., Arslan, M., and Zedef, V., 2005. Petrological and source region characteristics of ophiolitic hornblende gabbros from the Aksaray and Kayseri regions, Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey: Journal of Asian Earth Sciences, v. 25, p. 883-891.
- [10]. İlbeyli, N., 2008. Geochemical Comparison of Ultramafic-Mafic Cumulate Rocks from the Central Anatolian Ophiolites, Turkey, International Geology Review, Vol. 50, 2008, p. 810-825.
- [11]. Kadioğlu, Y. K., ve Güleç, N., 1995. Ağaçören (Aksaray) İntüzif Takımının Petrolojisi. Ç.Ü.20.Yıl Sempozyumu Bildiri Özleri, 35s.
- [12]. Kadioğlu, Y. K., ve Güleç, N., 1996. Ağaçören Granitoidinde Yer Alan Gabro Kütlelerinin Yapısal Konumu. Jeoloji ve Jeofizik (Özdirenç) Verilerinin Yorumu. Tr. Journal of Earth Sciences, 5, 153-159s.
- [13]. Kadioğlu, Y. K. ve Özsan, A., 1998. Sulakyurt Granitoidindeki Gabroların Derin Yapısının Sondajlarla Belirlenmesi. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 41, No:2, 177-185s.
- [14]. Kadioğlu, Y. K., Ates, A., and Güleç, N., 1998a, Structural interpretation of gabbroic rocks in Ağaçören Granitoid, central Turkey: Field observations and aeromagnetic data: Geological Magazine, v. 135, p. 245-254.
- [15]. Kadioğlu, Y. K., Kurt, H. and Arslan, M., 1998b. Determination of Ophiolitic and Nonophiolitic Gabbroic Rocks in Central Anatolia Using The Cr/Si Ratio in Clinopyroxene. Mineralogical Magazine, 62a.
- [16]. Boztug, D., Yagmur, M., Oflu, N., Tatar, S., And Yesiltas, A., 1998. Petrology of the Post-Collisional, Within-Plate Yıldızdag Gabbroic Pluton, Yıldızeli-Sivas Region, Central Anatolia, Turkey , Turkish Journal of Earth Sciences, v.7, p. 37-51.
- [17]. Kadioğlu, Y.K., Güleç, N., 1999. Types and genesis of the enclaves in Central Anatolian granitoids. Geological Journal 34, 233-242.
- [18]. Kadioğlu, Y.K., Dilek, Y., Güleç, N., Kenneth, A.F., 2003. Tectonomagmatic evolution of bimodal plutons in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. Journal of Geology 111, 671-690.
- [19]. Güllü, B., 2003. Mamasun Barajı (Aksaray) magmatik kayalarının jeolojik, petrografik ve
- [20]. Jeokimyasal İncelemesi. 163 s. Niğde Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış)
- [21]. Kadioğlu Y.K., Koralay, T., Zoroğlu, O., Güllü, B., Akçe, M. A., Deniz, K., and Yıldırım, B., 2011. Differentiation of Ophiolitic and nonophiolitic Gabbros using Confocal Raman Spectroscopy: Central Anatolia Turkey, 2011, Mineralogical Magazine, 75-3, p. 1133.
- [22]. Kadioğlu, Y. K. ve Güleç, N., 2001. Nature and Distribution of Felsic Plutons in Central Anatolian Crystalline Complex: Time-Space Relations, Fourth International Turkish Geology Symposium, Abstracts, 24-28 September, 2001, Çukurova University, Adana-Turkey, 202 s.
- [23]. Batema, P. C., 1995. As Summary of Critical Relations in The Centralpark of the Sierra Nevada Batolith, California, USA. Geol. Soc. Am., Men., 159:241-254.
- [24]. Sha, L., 1995. Studies on the Origin of Dark-Colored Microgranular Enclaves in Daning Pluton. Unpublished M. Sc. Thesis, Central South Univ. of Technology Changsha.
- [25]. Cox, K. G., Bell, J. D. ve Pankhurst, R. J., 1979. The interpretation of Igneous Rock. George Allen and Unwin, London.
- [26]. Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A., 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks: Canadian J. Earth Sci., v. 8, s. 523-548.
- [27]. Streckeisen, A., 1976. To Each Plütonic Rocks Its Proper Name. Earth Sci. Rev., 12. 1-33.
- [28]. Yoder, H. S., 1979. The Evolution of the Igneous Rocks: Princeton University Press. 588s.
- [29]. Boztuğ, D., 2001. Granitoidlerin Ana-Eser Element ve REE Jeokimyası Karakteristikleri, Magmatik Petrojenez, Tübitak Lisansüstü Yaz Okulu, 7-12 Haziran 2001, Akçakoca Düzce, 139-158.
- [30]. Baş, H. ve Terzioğlu, N., 1986. Jeokimya Ortamlar, Editör Ayhan Erler, TJK Yerbilimleri Eğitim Dizisi, 15-92.
- [31]. Wilson, M., 1989. Igneous Petrogenesis. Unwin Hyman, London.
- [32]. McDonough, W.F. and Frey, F.A., 1989. Rare earth element in upper mantle rocks. In: Lipin, B.R. and McKay, G.A. (eds.), Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements, Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, Volume 21, 99-145.

- [33]. Snoke, A. W., Quick, J. E., and Bowman, H. R., 1981. Bear Mountain Igneous Complex, Klamath Mountains, California: An Ultramafic to Silicic Calc-alkaline Suite. *Journal of Petrology*, 22, 501-52.
- [34]. Beard, J. S., and Day H. W., 1986. Origin of Gabbro Pegmatite in the Smartville Intrusive Complex, Northern Sierra Nevada, California, *Am. Miner.* v. 71, 1085-99.
- [35]. Beard, J. S., and Day H. W., 1988. Petrology and Emplacement of Reversely Zoned Gabbro-Diorite Plutons in the Smartville Complex, Northern California. *Journal of Petrology*, v. 29-5, p. 965-995.
- [36]. Pearce, J. A., 1983. The Role of Sub-continental Lithosphere in Magma Genesis at Destructive plate Margins. In *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. C. J. Hawkesworth and M.J. Norry (eds), 49-230. Nantwich:Shiva.
- [37]. Evensen, N. M., Hamilton, P. J. ve O'niions, R. K., 1978. Rare Earth Abundances in Chondritic Meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42, 1199-1212.
- [38]. Batchelor, B. ve Bowden, P., 1985. Petrogenetic Interpretation of Granitoid Rock Series Using Multicationic Parameters. *Chemical Geology*, 48, 43-55.
- [39]. Wood, D.A.: The application of a Th-Hf-Ta Diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth Planet. Sci. Letts.* 50, 11-30 (1980).
- [40]. Mullen E.D., 1983. MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: A Minor Element Discriminant for Basaltic Rocks of Oceanic Environment and its Implication for Petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 62, 53-62.