

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ASAL-GHOUBET'DE (CİBUTİ) YERALAN VOLKANİZMANIN PETROLOJİSİNE
GENEL BİR BAKIŞ

AWALEH DJAMA İLTİREH

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2017

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

ASAL-GHOUBET'DE (CİBUTİ) YERALAN VOLKANİZMANIN PETROLOJİSİNE
GENEL BİR BAKIŞ

AWALEH DJAMA İLTİREH

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2017

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASAL-GHOUBET'DE (CİBUTİ) YERALAN VOLKANİZMANIN PETROLOJİSİNE
GENEL BİR BAKIŞ

AWALEH DJAMA İLTİREH

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından FYL-2017-2552 nolu BAP projesi ile desteklenmiştir.

EKİM 2017

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASAL-GHOUBET'DE (CİBUTİ) YERALAN VOLKANİZMANIN PETROLOJİSİNE
GENEL BİR BAKIŞ

AWALEH DJAMA İLTİREH

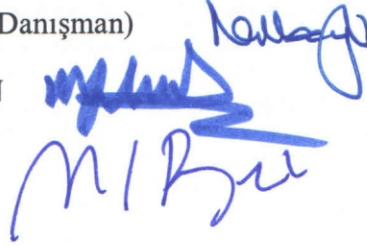
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 02.10.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ (Danışman)

Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Yrd. Doç. Dr. Metin BAĞCI



ÖZET

ASAL-GHOUBET'DE (CİBUTİ) YERALAN VOLKANİZMANIN PETROLOJİSİNE GENEL BİR BAKIŞ

AWALEH DJAMA İLTİREH

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. NURDANE İLBEYLİ

Ekim 2017, 55 sayfa

Asal riftinin orta kesimde yer alan Asal-Ghoubet çöküntü alanı, hiyaloklastitler ve gösel kalkerler ve bunların da üzerinde yeralan güncel bazaltlarla kaplanmıştır.

Bu bölgede bulunan volkanik birimler pahoehoe tipi ve aa tipi lavlar ile karakteristik özellik gösterirler. Bu lavlar porfirik ve afirik doku özelliği gösterirler ve fenokristaller plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen bileşimlidir. Ayrıca matriks (hamur) içinde de aynı mineraller bulunmaktadır. Opak mineraller, manyetit ve ilmenit bileşimli olup; hamurda yeralmaktadır. Manyetitler hamurda kalıntılar halinde, ilmenitler ise ince taneli kristaller olarak görülmektedir.

Tüm volkanik kayalar normalize edilmiş N-MORB diyagramlarında MORB'a göre LILE ve HFSE'de zenginleşme gösterirler. Kondrite göre normalize edilmiş volkanik kayaların REE değerleri ise N-MORB ile E-MORB değerleri arasında geçişli bir trend göstermektedir. Bu örnekler, LREE'ce zenginleşme ve HREE'ce hafif tüketilme gösterirler. MORB ya da geçişli MORB özelliklerine sahip olan bu kayalar; LILE'ce zenginleşme gösteren mantonun kısmi ergimesi ile oluşan magmadan itibaren türemiş olabilirler.

ANAHTAR KELİMELER: Asal-Ghoubet, rift, hiyaloklastit, bazalt, aa lav, pahoehoe lav, afirik, porfirik, MORB, LILE, HFSE, REE.

JÜRİ: Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ (Danışman)

Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Yrd. Doç. Dr. Metin BAĞCI

ABSTRACT

GENERAL PETROLOGICAL OVERVIEW OF VOLCANIC ROCKS FROM ASAL-GHOUBET AREA (DJIBOUTI)

AWALEH DJAMA ILTIREH

MSc Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. NURDANE İLBEYLİ

October 2017, 55 pages

The entire Asal-Ghoubet rift is covered by hyaloclastites and lacustrine limestones being overlaid by recent-aged basalts.

The volcanic units in this region are characterized by the pahoehoe and aa type lavas. These lavas show porphyric and aphyric textures and the phenocrysts are composed of plagioclase, olivine and clinopyroxene. There are also the same minerals in the matrix. Opaque minerals are composed of magnetite and ilmenite and they are also present in the matrix. Magnetites are found in the matrix as relicts and ilmenites are also found as fine-grained crystals.

All the volcanic rocks enrichment in large ion lithophile elements (LILE) and in heavy rare earth elements (HFSE) according to MORB in normalized N-MORB patterns. REE values of volcanic rocks normalized to chondrite show a transitional trend between N-MORB and E-MORB values. These samples display an enrichment in LREE and slight depletion in HREE. These rocks have MORB or transitional MORB properties; they may have been derived from the magma formed by partial melting of the mantle which is enriched by LILE.

KEYWORDS: Asal-Ghoubet, rift, hyaloclastite, basalt, pahoehoe, aa lava, porphyric, aphyric, MORB, LILE, HFSE, REE.

COMMITTEE: Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ (Supervisor)

Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Assist. Prof. Dr. Metin BAĞCI

ÖNSÖZ

Asal-Ghoubet alanı arazi özellikleriyle açık bir laboratuvar niteliğinde olan, jeolojik açıdan aktif bir bölgedir. Bu bölge, aktif volkanizması ve halen açılması devam eden riftleşmesi ile tanınmaktadır. Bu rift alanı içerisinde yer alan volkanik kayaçların petrolojisi bu yüksek lisans tezinin konusunu oluşturmuştur.

Çalışma bölgesi olarak Cibuti'ye gidilerek örnekler toplanmıştır. CERD (Cibuti'nin Araştırma ve Eğitim Merkezi) şirketinde staj yapılarak, şirket çalışanlarıyla birlikte çalışma alanından uygun örnekler alınmıştır.

Bu tez çalışmasının tamamlanmasında desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ'ye katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca, mikroskopla örneklerin incelenmesi, petrolojik ve jeokimyasal özelliklerin yorumlanmasında bana yardımcı olduğu için teşekkür ederim.

Ekim 2016 ile Şubat 2017 tarihleri arasında CERD'deki stajım boyunca bana yardımcı olan Yerbilimleri Enstitüsü Müdürü Dr. Mohamed AHMED AWALEH'e teşekkür ederim.

Jeoloji laboratuvarının başkanı Dr. Mohamed AHMED DAOUD'a numune alım tekniklerini bana gösterdiği ve arazi çalışmalarında yardımcı olduğu için teşekkür ederim.

Bana arazi çalışmaları boyunca çalışma alanı hakkında bilgiler veren Petroloji laboratuvarı sorumlusu Dr. Antoine-Marie CAMİNİTİ'ye teşekkür ederim.

Son olarak, tezimi zamanında bitirmek için bana yardımcı olan Arş. Gör. Alper GÜNEŞ'e teşekkür ederim.

Bugüne kadar benden desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
AKADEMİK BEYAN	vi
KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Taraması ve Genel Jeoloji	3
1.2. Volkanoloji	7
1.2.1. Manda	8
1.2.2. Galelé Koma (Gale le Koma)	10
1.2.3. Inki Garrayto	10
1.2.4. Galae'le Koma	12
1.2.5. Fialé	13
1.2.6. Ardoukoba	16
2. MATERYAL VE METOT	19
2.1. Arazi Çalışmaları	19
2.2. Petrografik Çalışmalar	20
2.3. Kimyasal Analizler	20
3. BULGULAR	21
3.1. Petrografi	21
3.1.1. Manda ve Galelé Koma Lav akışları	21
3.1.2. Inki Garrayto lav akışı	22
3.1.3. Galae'le Koma	24
3.1.4. Fialé	26
3.1.5. Lave de Ardoukoba	29

3.2. Jeokimya	31
3.2.1. Asal-Ghoubet volkanik kayaçların sınıflandırması.....	34
3.2.2. Harker Major Element Diyagramları	37
3.2.3. Harker İz Element Diyagramları.....	40
3.2.4. Örümcek ve Nadir Toprak Elementleri Diyagramları.....	44
4. TARTIŞMA	46
5. SONUÇLAR	51
6. KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	55

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Asal-Ghoubet’de (Cibuti) Yeralan Volkanizmanın Petrolojisine Genel Bir Bakış” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

02.10.2017

Awaleh DJAMA ILTIREH



KISALTMALAR

CERD : Cibuti Araştırma ve Eğitim Merkezi

ACME: Bureau Veritas Mineral Laboratuvarları (Kanada)

REE : Nadir Toprak Elementleri

HFSE : Yüksek Çekim Alanlı Elementler

LILE : Büyük İyon Yarıçaplı Litoofil Elementler

MORB: Okyanus Sırt Bazaltlar

LREE : Hafif Nadir Toprak Elementleri

HREE : Ağır Nadir Toprak Elementleri

KB : Kuzeybatı

KD : Kuzeydoğu

GB : Güneybatı

GD : Güneydođu

G : Güney

K : Kuzey

My : Milyon yıl

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kuzey Doğu Afrika ve Orta Doğu'nun tektonik haritası (Anonymous 1).	1
Şekil 1.2. Cibuti'nin Topografi Haritası (Anonymous 2).....	1
Şekil 1.3. Cibuti'nin jeolojik haritası (Le Gal vd. 2015), siyah kare çalışma alanını göstermektedir.	3
Şekil 1.4. Asal-Ghoubet riftleşme alanının jeolojik haritası (Stieltjes 1980; Berger 2001; Manighetti vd. 1998'den sonra değiştirilerek alınmıştır).	4
Şekil 1.5. Afar çöküntü alanının uydu görünümü (Anonymous 3).	5
Şekil 1.6. Asal-Ghoubet riftinin kuzeyinde bulunan normal faylar.	6
Şekil 1.7. Asal-Ghoubet rift zonunun havadan görünüşü ve riftin aksenal kısmındaki volkanların yerini göstermektedir (Anonymous 4).....	8
Şekil 1.8. Manda volkanının arazi görünümü (Anonymous 4).....	9
Şekil 1.9. Manda'nın lav alanının görünümü.	9
Şekil 1.10. Galele Koma volkanının arazi görünümü (Anonymous 4).	10
Şekil 1.11. İnki Garrayto volkanı ve lav alanının arazi görünümü (Anonymous 4).	11
Şekil 1.12. İnki Garrayto volkanının arazi görünümü.	11
Şekil 1.13. Galae'le Koma volkanı ve lav alanının arazi görünümü (Anonymous 4).	12
Şekil 1.14. Galae'le Koma volkanının arazi görünümü.	12
Şekil 1.15. Fiale volkanı ve lav alanının arazi görünümü (Anonymous 4).	13
Şekil 1.16. Fiale bazalt lavının arazideki görünümü (Prof. Dr. Joël ROLET ve Dr. Mohamed Ahmed DAOUD 2016 ile arazi çalışmasından bir görünüm).	14
Şekil 1.17. Fialé volkanının arazi görünümü.	14
Şekil 1.18. Fialé volkanının oluşturduğu lav alanı.	15
Şekil 1.19. Fialé volkan ve lav alanı.	15
Şekil 1.20. Arkoukoba volkanı ve lav alanının arazi görünümü (Anonymous 4).....	16

Şekil 1.21. Ardoukoba volkanının patlamasının gerçekleştiği anı gösteren fotoğrafı (Anonymous 5)	17
Şekil 1.22. Ardoukoba volkanının arazi görünümü (Anonymous 6)	17
Şekil 1.23. Ardoukoba volkanın patlamadan önceki (A) ve sonraki (B) hali (Anonymous 5-6).....	18
Şekil 3.1. Örnek AF23; A (tek nikol): Fenokristal olarak iri taneli plajiyoklaz ve olivin ve ince taneli klinopiroksen ve hamurda ise plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen bulunmaktadır (Pinzuti vd. 2013).	21
Şekil 3.2. Örnek AF23; B (çift nikol): Fenokristal olarak iri taneli plajiyoklaz ve olivin ve ince taneli klinopiroksen ve hamurda da plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen bulunmaktadır (Pinzuti vd. 2013).	22
Şekil 3.3. Örnek AF 17; A (tek nikol) ve B (çift nikol): İri taneli plajiyoklaz, orta taneli olivin ve ince taneli klinopiroksen bulunmakta hamurda da plajiyoklaz ve olivin bulunmaktadır (Pinzuti vd. 2013).	23
Şekil 3.4. Örnek AS6; polisentetik ikizlenme ve zonlanma gösteren iri taneli plajiyoklaz ve ince taneli plajiyoklaz ve olivin mineralleri bulunmakta hamurda ise plajiyoklaz ve olivin bulunmaktadır.....	24
Şekil 3.5. Örnek AS6; çift nikol (A) ve tek nikol (B), iri taneli ve ince taneli plajiyoklaz bulunmakta ve olivin ise iri ve ince taneli olarak bulunmaktadır.....	25
Şekil 3.6. Örnek AS9; çift nikol, polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklaz.	26
Şekil 3.7. Örnek AS9; tek nikol, polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklaz.	27
Şekil 3.8. Örnek AS9; çift nikol, iri taneli olivin ve hamurda ince taneli plajiyoklaz ve olivin bulunmaktadır.....	27
Şekil 3.9. Örnek AS9; tek nikol, iri taneli olivin ve hamurda ince taneli plajiyoklaz ve olivin mineralleri bulunmaktadır.	28
Şekil 3.10. Örnek AS10; çift nikol, iri taneli olivin ve mikrolitik plajiyoklazlar bulunmaktadır.....	28
Şekil 3.11. Örnek AS10; tek nikol, iri taneli olivin ve mikrolitik plajiyoklazlar bulunmaktadır.....	29
Şekil 3.12. Örnek AS2; çift nikol, hamurda bulunan plajiyoklaz ve olivin mineralleri.	30
Şekil 3.13. Le Bas vd (1986)'nin toplam alkali – SiO ₂ diyagramında Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının konumu.....	34

Şekil 3.14. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının toplam alkali – SiO ₂ diyagramına göre sınıflandırılması (Irvine ve Barragar 1971).....	35
Şekil 3.15. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının K ₂ O - SiO ₂ diyagramına göre sınıflaması (Peccerilo ve Taylor 1976).....	36
Şekil 3.16. Tüm kaya bileşimini Na ₂ O + K ₂ O cinsinden, FeO _T ve MgO cinsinden gösteren AFM diyagramı (Irvine ve Baragar 1971'den değiştirilerek alınmıştır).....	37
Şekil 3.17. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının Harker ana element diyagramları (TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO, CaO – SiO ₂).....	38
Şekil 3.18. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının Harker ana element diyagramlarına göre değerlendirilmesi (Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , Cr ₂ O ₃ – SiO ₂).....	39
Şekil 3.19. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının Harker iz elementler diyagramlarına göre değerlendirilmesi (V,Co, Ni, Cu – SiO ₂).	40
Şekil 3.20. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının Harker iz elementler diyagramlarına göre değerlendirilmesi (Zn, Ga, Ba, Nb, Rb, Sr – SiO ₂).	41
Şekil 3.21. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının Harker iz elementler diyagramlarına göre değerlendirilmesi (Y, Zr, U, Th – SiO ₂).....	42
Şekil 3.22. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının Harker iz elementler diyagramlarına göre değerlendirilmesi (Hf, La, Ce, Nd – SiO ₂).....	43
Şekil 3.23. Cibuti, Asal-Ghoubet bölgesindeki volkanik kayaçlar için N-MORB ile normalize edilmiş örnekler (N-MORB normalleştirme değerleri Sun ve McDonough 1989'dan alınmıştır).	44
Şekil 3.24. Asal-Ghoubet'ten volkanik kayaçlar için Kondrite göre normalleştirilmiş REE diyagramları (Kondrit normalleştirme değerleri Boynton (1984) ve N-MORB ve E-MORB değerleri Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır)	45
Şekil 4.1. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaçların Al ₂ O ₃ /CaO - SiO ₂ diyagramı.	46
Şekil 4.2. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaçların Y-Th log-log diyagramı.....	47
Şekil 4.3. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaçların Sm - Rb log-log diyagramı.	47
Şekil 4.4. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaçların Sr - Rb log-log diyagramı.	48
Şekil 4.5. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaçların (Eu/Eu*) - SiO ₂ diyagramı, plajiyoklaz fraksiyonlaşmasının olası etkileri.	49

Şekil 4.6. Cibuti'deki Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaçlar için Th/Yb - Ta/Yb diyagramı (Pearce 1983'ten değiştirilerek alınmıştır)..... 50



ÇİZELGELER DİZİNİ

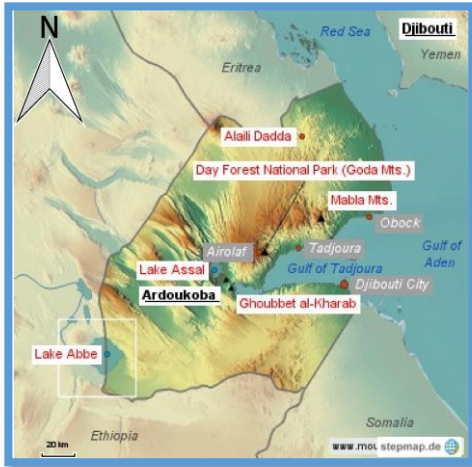
Çizelge 1.1. Asal-Ghoubet volkanların özellikleri	18
Çizelge 2.1. AS numunelerin coğrafik koordinatları.....	19
Çizelge 3.1. Asal-Ghoubet volkanik kayaçların petrografik özeti (Plj: plajiyoklaz; Ol: olivin; Kps: klinopiroksen).....	30
Çizelge 3.2. Asal Ghoubet bölgesinden alınan örneklerin tüm kaya ana ve iz element sonuçları (AS1-AS6).....	31
Çizelge 3.3. Asal-Ghoubet bölgesinden alınan örneklerin tüm kaya ana ve iz element sonuçları (AS7-AS12).....	32

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın konusu olan Asal-Ghoubet riftleşme alanı, Cibuti Cumhuriyeti'ndeki Afar çöküntüsünün bir parçasıdır (Şekil 1.1 ve 1.2). Asal-Ghoubet bölgesi, yaklaşık 12-15 km genişliğinde, dar bir alanı kapsamaktadır (Vellutini vd. 1993). Bu alan, kuzeybatıda Asal Gölü, güneydoğuda Ghoubet-EL-Kharab bölgesi ile çevrelenmiştir. İnceleme alanı yer alan volkanikler, coğrafi olarak Asal Gölü ve Ghoubbet El-Kharab arasında bulunmaktadır. Bu volkanikler farklı doğrultularda bulunan çizgisel volkanlardan oluşmaktadır ve hepsi bazaltik lavlar üretmektedirler. Riftleşmenin olduğu bölgelerde bulunan volkanlar Ghoubet'ten Asal Göl'e kadar doğrusal bir yönde dizilmişlerdir. Bu bazaltlar volkanik konilerden ve Asal Gölüne KB-GD olan püskürme çatlaklarından oluşmaktadır ve bu yön aynı zamanda rift açılımının yönünü de göstermektedir.



Şekil 1.1. Kuzey Doğu Afrika ve Orta Doğu'nun tektonik haritası (Anonymous 1).



Şekil 1.2. Cibuti'nin Topografik Haritası (Anonymous 2).

Asal-Ghoubet bölgesi Cibuti'de en son meydana gelen volkanik faaliyetlerin gerçekleştiği yerdir. Ayrıca sismik hareketlilik sürekli takip edilmektedir. Bu hareketlilik bölgenin aktif olduğu hipotezini doğrulamaktadır (Doubre ve Peltzer 2007). Bu bölgede volkanlardan ve çatlaklardan yeryüzüne çıkan lavlar; Manda, Galele koma, Inki Garayto, Galae'le Koma, Fialé ve Ardoukoba volkanlarını oluşturmaktadırlar. Asal-Ghoubet alanından çıkan lavlar pahoehoe ve aa lavları olarak karakterize edilmektedir ve bu aa lavları riftleşme alanında en çok görülen lav çeşididir¹.

Asal-Ghoubet alanındaki volkanik oluşumların yaşları Kuvaterner olup 1 My'dan daha genç olduğunu tahmin edilmektedir ve jeokronolojik olarak tam bir yaş tayini yapılmamıştır¹.

Asal rift alanı, aktif riftleşme ve riftleşme alanında oluşan volkanizma için güzel bir örnek teşkil eder (De Chabaliere ve Avouac, 1994). Bu nedenle, Asal-Ghoubet çalışma alanı bazik magmaların kökeni ve bunların oluşum ortamlarının belirlenmesi amacıyla petrografik, jeokimyasal ve petrolojik çalışmalar için uygun bir alandır.

Asal-Ghoubet bölgesi ile ilgili daha önceden birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda bölgede meydana gelen deformasyonlar incelenmiş, rift segmentlerinin uzaklığı ve riftleşme bölgesinde görülen lavların olduğu magma odasının derinliği ve yapısal modelleri önerilmiştir. Ancak bu çalışma konusu olan riftlerin iç kısımlarında yer alan volkanik kayalar ile ilgili yapılan çalışmalar kısıtlıdır. Bu bazaltik magmaların oluşumu ve evrimi üzerine bir hipoteze ve litosfer-astenosfer etkileşiminin değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır ve böylece bölge ile ilgili bir magma modeli ortaya çıkarılmaya çalışılacaktır.

Tezin giriş kısmında çalışma alanının tanımı yapılacak ve Asal-Ghoubet riftleşme alanında bulunan volkanizmalar tanımlanacaktır. Materyal ve metodlar kısmında ise incelenen lavların mineral bileşimi tespit etmek amacıyla ve aynı zamanda farklılıklarını tanımlamak için ayrıntılı petrografik incelemeler yapılacaktır. Ayrıca, jeokimyasal çalışmalar ile her bir lavın kimyasal bileşimleri tanımlayarak bu magmanın kökeni ve evrimi anlaşılacaktır.

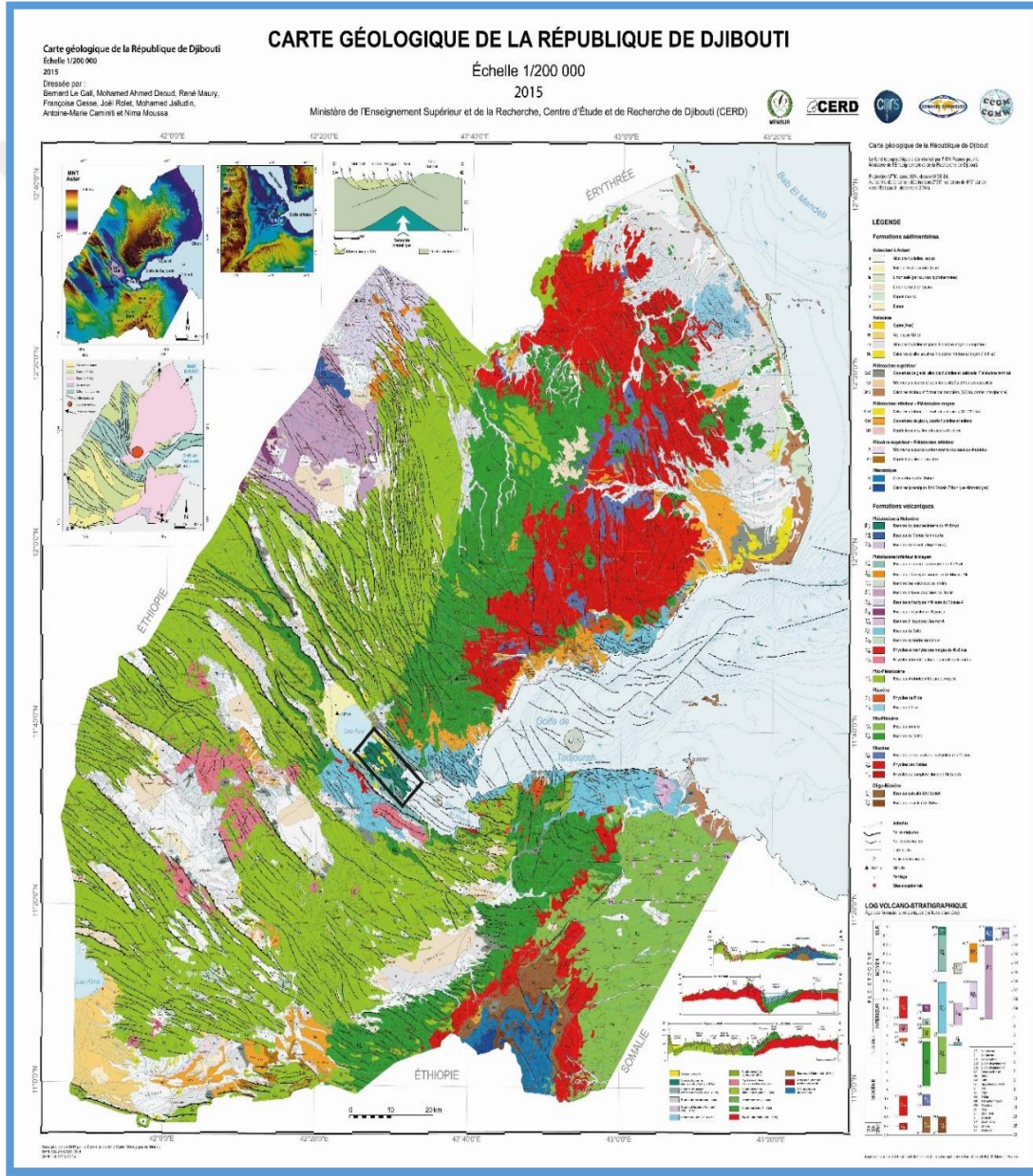
Bu tez ile cevaplamaya çalışılacak olan sorular aşağıdaki gibidir:

1. Arazideki volkanik kayaların özellikleri nelerdir?
2. Asal-Ghoubet'te yer alan volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal farklılıkları var mıdır?
3. Bölgedeki volkanik kayaların petrolojik özellikleri nelerdir?

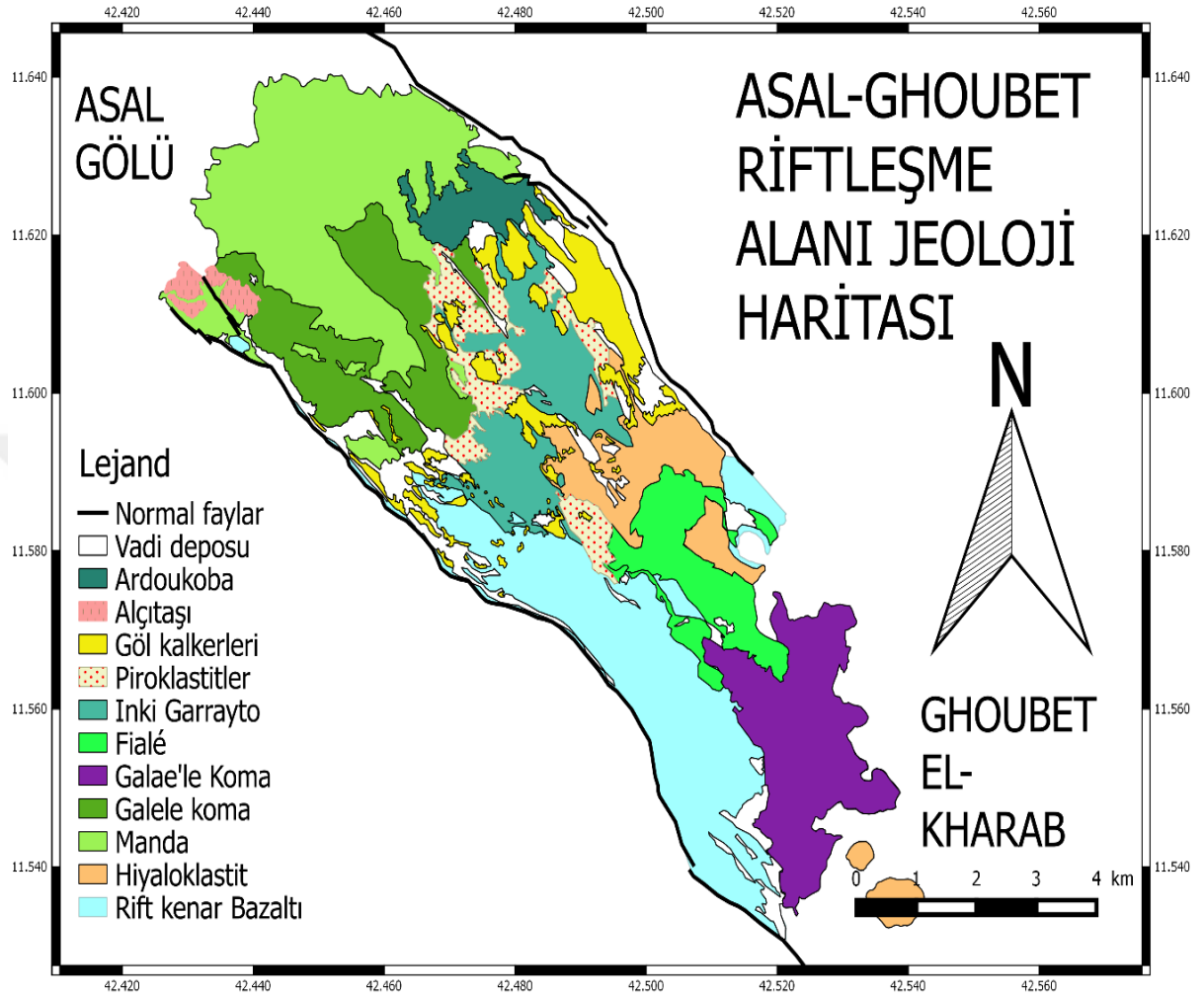
¹ Daoud, M.A., Rolet, J., ve Le Gal, B. 2016. Arazide sözlü görüşme.

1.1. Kaynak Taraması ve Genel Jeoloji

Asal rifti, Afar çöküntü alanı içinde, Miyo-Pliyosen yaşlı Stratoide Formasyonu içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1-1.2). Bu formasyon bazaltik ve riyolitik kayalardan oluşmaktadır. Asal riftinin açılması Pleyistosen olarak kabul edilmiştir (Stieltjes vd. 1976). Asal rifti, dünyada (Şekil 1.3-1.4), kıta içi riftleşmeden-okyanusal kabuk oluşumuna geçişin devam ettiği ve gözlemlenebildiği tek bölgedir (Pinzuti vd. 2013).



Şekil 1.3. Cibuti'nin jeolojik haritası (Le Gal vd. 2015), siyah kare çalışma alanını göstermektedir.



Şekil 1.4. Asal-Ghoubet riftleşme alanının jeolojik haritası (Stieltjes 1980; Berger 2001; Manighetti vd. 1998'den sonra değiştirilerek alınmıştır).

Aden sırtı (Şekil 1.1-1.3 ve 1.5) batıya doğru yayılmakta (Manighetti vd. 1998) ve aktif olan Tadjourah sırtında etkisiyle Afar çöküntü alanına doğru eklenmektedir (Stieltjes vd. 1976). Bu etki ile oluşan ilk segment (ilk ortaya çıkan bölümü), Asal-Ghoubet olarak adlandırılmıştır. Aden sırt sistemi, kıtasal riftleşme alanında bulunmaktadır ve böylece riftleşme süreçleri, Asal rift'inin tabanındaki açılma ve yayılımı ile ilgili mekanizmalarını incelemek için eşsiz bir yer oluşturmaktadır (Smittarello vd. 2016). Kıta riftleşmesinden okyanus genişlemesine kadar, zamanla magmatizmanın türü de değişmiştir (Pinzuti vd. 2013).



Şekil 1.5. Afar çöküntü alanının uydu görünümü (Anonymous 3).

KB-GD yönünde yayılan bu bölge, tektonizmadan etkilenerek KD-GB yönündeki birbirlerine paralel olan segmentleri kesmektedir ve kısmi çökme ile kenarlarda ve iç bölümde, tektonik ve magmatik aktivitelerin bulunduğu yerlerde bulunmaktadır (Vellutini vd. 1993). Asal-Ghoubet rifti, KB-GD yönlerinde normal faylar oluşturan kıta kenarlarında bulunmaktadır. Bu tektonizma, KB-GD yönlü olarak gerçekleşmektedir. Normal faylar ve çatlaklar yakın zamanda bu tektonik yöne paralel olarak sıralanmıştır. Bu, çatlaklar ve çökmeler aynı uzantıda olduğunu göstermektedir. Bu çatlakların açılım genişliği genellikle bir metre kadardır (Stieltjes 1973).

Asal bölgesi, KB-GD eksenini boyunca uzanan bir çöküntü alanıdır. Bu çöküntü alanı, ardarda bulunan normal faylarla sınırlanmaktadır (Şekil 1.6). Bu alan, 200 m'lik normal faylarla sınırlanan, Ghoubbet ile Asal Gölü arasında 12 km'yi aşan bölgede bulunmaktadır. Ayrıca, KB-GD yönlü çökme eksenine merkezi bir yükselmeden etkilenmiştir. Genişliği 3 ila 6 km arasında değişen bu alana bağlı olarak, Asal Gölü'nü Ghoubbet'ten ayırmaktadır (Vellutini vd. 1993).



Şekil 1.6. Asal-Ghoubet riftinin kuzeyinde bulunan normal faylar.

Asal'da yer alan volkanlar, KB'da Asal Gölü, GD'da Ghoubet Körfezi ile sınırlanmıştır. Bu bölge, volkanik ve sismik faaliyetlerin sürekli olarak gerçekleştiği bir alandır.

Rift'in açılması, yaklaşık 3-4 My'dan itibaren başlamış ve yılda 1 cm kadar genişleme ile devam etmektedir (Bizouard ve Richard 1980). Ruegg ve Kasser (1987), Vigny vd (2007) ve Pinzuti vd. (2013) göre rift, yılda 1.6 cm hızla açılmakta ve Delibrias vd (1975) genişleme hızının tahmini 1.5-2 cm/yıl olarak vermiştir. Genişleme hızı ile riftleşme okyanus ortası sırtı oluşumunun göstergesidir. Dolayısıyla bu genişleme çatlakların aksel kısmında yer alan magmatik sokulumlardan meydana gelmektedir.

Bu nedenle Asal zonu, okyanusal sırtla yapısal benzerliklere sahiptir (Stieltjes vd. 1976). Böylece, Harrison vd. (1975), bu bölgenin morfoloji ve yapısıyla okyanusal sırtların

eksenel vadilerine çok benzer olduğunu belirtmişlerdir. Asal'ın yapısal özelliklerine bakıldığında uzun sürede ortaya çıkan bir okyanus sırtı olarak düşünülmektedir. Ancak, Vellutini (1990) tarafından yapılan çalışmalar ve Abdallah ve Demange (1988) göre gerçekleştirdiği jeotermal sondajlar, Asal riftinin bir okyanus sırtı olmadığını göstermektedir.

Asal-Ghoubet rifti, aktif bir tektono-volkanik eksendir ve bu eksenel bölge, Afar çöküntüsünün en aktif bölgesidir. Asal-Ghoubet riftinin kırılmasıyla, lavların, Afar'ın diğer eksenel zincirlerine benzer bir KB yönelimi ile ve çatlak sistemi üzerinde oluşmuş bir bazaltik özelliği bulunmaktadır. Courtilot vd. (1984), bu bazaltların 0.7 My'dan daha genç oluştuğunu iddia etmiştir.

Fialé volkanının gözlenen gaz çıkışı, bu volkanın güneybatı kısmında bir jeotermal potansiyel olduğunun göstergesidir (Vellutini vd. 1993). Bazı noktalarda 2000 m'ye ulaşan jeotermal sondajlar ile Asal serisinin kalınlığının değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Eksenel açıdan kalınlık yaklaşık 400 metredir (Abdallah ve Demange, 1988). Zumbo vd (1995) tarafından yapılan çalışmalarda da kalınlığın yaklaşık aynı değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Rift'in altındaki kabuğun kalınlığı ise yapılan jeofiziksel çalışmalarla 5 km olduğu tahmin edilmektedir (Tarantola vd. 1980; Lepin ve Hirn 1992; De Chabaliere ve Avouac 1994; Doubré vd. 2007a, b).

Asal-Ghoubet bölgesini etkileyen riftleşme ve magmatizmayı açıklayan birkaç model önerilmiştir. Bazı yazarların (Stieltjes vd. 1976; Pinzuti vd. 2013; Zan vd. 1990; Caminiti 2007) önerdikleri modellerle ilgili yapılan bu çalışma sonucu riftleşme alanındaki magmatizmanın oluşumu için basitleştirilmiş bir model üretilmiştir.

1.2. Volkanoloji

Bölgenin volkanizması, Ghoubet'ten Asal Gölü'ne kadar olan volkanik dağların sıralanmasıyla oluşmuştur. Volkanizma, riftin eksenel kısmında yoğunlaşmakta ve bu volkanizmanın esasen fissürel olduğunu belirtilmektedir¹.

Bu bölümde, bölgedeki volkanların morfolojisi, yapısal farklılıkları ve ürettikleri lav türleri incelenecektir. Bu bölge arazi özelliklerine göre 6 (altı) farklı lav bölgesine ayrılmıştır (Şekil 1.7):

1. Manda
2. Galelé Koma
3. Inki Garrayto

¹. Caminiti, A-M. 2017. Laboratuvarında sözlü görüşme.

4. Galae'le Koma

5. Fialé

6. Ardoukoba



Şekil 1.7. Asal-Ghoubet rift zonunun havadan görünüşü ve riftin aksenal kısmındaki volkanların yerini göstermektedir (Anonymous 4).

1.2.1. Manda

Manda, Asal gölünün kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 1.8, 1.9). Bu bölge, plajiyoklaz bakımından zengin aa lavlardan oluşmakta ve geniş bir bazaltik alana sahiptir. Bazı noktalarda, üzerinde aa akışlarına dayanan bir tüp şeklinde olan pahoehoe tipi lavı gözlemlenir (Stieltjes 1973).

Bu lavlar yaklaşık 20 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Ayrıca açılan rift yarıklarının yönüne göstermektedir (Stieltjes 1973).

Bu lav alanı, rifleşmenin orta kısmını, yani çökme hendeklerinin en çok çöküntü alanlarını kaplar. En son ortaya çıkan magma akışları, alanın G ve GB sınırında yer almakta olup; bu akışlar grabenlerin varlığını da göstermektedir (Stieltjes 1973).



Şekil 1.8. Manda volkanının arazi görünümü (Anonymous 4).



Şekil 1.9. Manda'nın lav alanının görünümü.

1.2.2. Galele Koma (Gale le Koma)

Bu volkandan üretilen lavalar hiyaloklastitler ve aa bazaltlardan oluşmaktadır. Hiyaloklastiti örten bir aa lav alanı oluşturur (Şekil 1.10).

Galéle koma terimi, Afarca "iki renkli dağ" anlamına gelmektedir; Bu volkandan oluşan hiyaloklastitler ve bazaltlar, bu masiflerin iki renkli isimlendirilmesini haklı çıkarmaktadır (Stieltjes 1973).



Şekil 1.10. Galele Koma volkanının arazi görünümü (Anonymous 4).

Galele Koma, rift açılımının başlangıcında ilk hiyaloklastit üretmiş ve patlama döngüsünün sonunda aa bazaltları oluşmuş ve eski hiyaloklastitlerin üstüne yerleşmiştir. Bazalt akışları, çöküntü alanında aynı volkandan çıkan hiyaloklastitin tamamen yok olmasına neden olmuştur. Bu hiyaloklastit, yalnızca riftin dış kenarlarında bulunur (Stieltjes 1973).

Bu volkanın akışı KB doğrultusunda yayılmış ve Manda'nın lav alanına yerleşmiş olup, Manda ile uyumlu bir görüntü göstermektedir.

1.2.3. Inki Garrayto

Inki Garrayto ya da aksenal volkanik zinciri, Ardoukoba ile karıştırılması nedeniyle bilinen bir volkandır (Şekil 1.11 ve 1.12). Bazı araştırmacılar ona "yalancı Ardoukoba" demektedirler.

Bu volkan, kuzeybatıdaki Ardoukoba volkanı ile güneydoğudaki Fialé volkanı arasındaki çatlak çöküşünün tam ortasında yer alır. 150 m yükseklikte, riftin eksenine paralel sıralanan iki volkanik bölgeden oluşmaktadır.

Lavların yayılımı her yönde dağılım göstermektedir.



Şekil 1.11. İnki Garrayto volkanı ve lav alanının arazi görünümü (Anonymous 4).



Şekil 1.12. İnki Garrayto volkanının arazi görünümü.

1.2.4. Galae'le Koma

Aa tipi lavlarından oluşan önemli bir bazaltik alan olan Galae'le (Şekil 1.13, 1.14), plajiyoklaz bakımından Manda volkanı ile benzer özellikler göstermekte ve bu volkanın son fissürel akışları afiritiktir ve Ardoukoba volkanına benzemektedir.



Şekil 1.13. Galae'le Koma volkanı ve lav alanının arazi görünümü (Anonymous 4).



Şekil 1.14. Galae'le Koma volkanının arazi görünümü.

Çok sayıda bulunan KB-GD doğrultulu çatlakları, çoğunlukla bunların eksenel bölgelerinde bulunan lav alanını kesmektedir. Bu da riftleşmenin en kırılğan bölümünü göstermektedir. Bu çatlaklardan bazıları 1,5 k'den daha uzundur (Stieltjes 1973).

1.2.5. Fialé

Fialé volkanı geniş bir alanı kaplayan koyu renkli, aa bazaltik lavlar üretmiştir. Bu volkan tarafından yayılan lavlar farklı türlere sahiptir: İlki bazaltik ürün tüplerine benzemekte olup, KB-GD yönlüdür ve ikinci ürünler ilksel ürünlerin üzerinde oluşur (Şekil 1.15). İkinci oluşum hafif ve çok parlak olup, bazı yerlerde gaz kabarcıkları tarafından oluşturulan 5 m veya daha fazla uzunlukta tüneller bulunmaktadır (Şekil 1.16-1.19).



Şekil 1.15. Fiale volkanı ve lav alanının arazi görünümü (Anonymous 4).

Halen, bu volkanik yapının ve riftin kuzeydoğu kesiminin çevresinde en önemli deformasyonlar görülmeye devam etmektedir (Dobre ve Peltzer 2007; Dobre vd. 2007a; b; Manighetti vd. 1998; Peltzer ve Dobre 2006).

Bu magmatik hareketlilik, tahmini olarak 300-50 bin yıllık sürede rift alanını doldurmuştur (Manighetti vd. 1998).

Bu lav alanının yüzeyi çok değişkindir: pahoehoe tipi lavların pürüzsüz yüzeyleri ile kalın aa lavlar tipi ve magma çıkış merkezleri bulunmaktadır (Stieltjes 1973).

Fialé tarafından üretilen en son lavların akıntıları, 12 m kalınlıkta olan afirik bazaltı oluşturur (Stieltjes 1973).



Şekil 1.16. Fiale bazalt lavının arazideki görünümü (Prof. Dr. Joël ROLET ve Dr. Mohamed Ahmed DAOUD 2016 ile arazi çalışmasından bir görünüm).



Şekil 1.17. Fialé volkanının arazi görünümü.



Şekil 1.18. Fialé volkanının oluşturduğu lav alanı.



Şekil 1.19. Fialé volkan ve lav alanı.

1.2.6. Ardoukoba

Ardoukoba aktif bir tektonik zonda olup, çok sayıda fay kontrolüyle ortaya çıkmıştır ve bu volkan sırtın kuzeybatı ucunda yer almaktadır (Demange vd. 1980).



Şekil 1.20. Arkoukoba volkanı ve lav alanının arazi görünümü (Anonymous 4).

Bir hafta boyunca süren fissürün bazalt çıkışı (Şekil 1.19), volkanik zincirin kuzeybatı ucunda üretilerek, Ardoukoba volkanını oluşturmuştur (Allard vd. 1979). Volkanik koni oluşumu ve bu fissürel bazaltik çıkışı, 7-14 Kasım 1978'de Asal riftin aksel bölgesinde gerçekleşmiştir (Şekil 1.20-1.22). Magmatik faaliyet 7 Kasım'da, 200 ila 300 metre uzunluğundaki paralel çatlaklara yerleşen ve yaklaşık bir kilometre boyunca "adım adım" ilerleyen üç küçük volkan konisinden oluşmaktadır. Patlama sırasında oluşan cüf konilerinin oluşumu hizalanması ve senkronizasyonu ile tektonik ve volkanik olaylar arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir (Demange vd. 1980). Bu, çatlaklarda meydana gelen son volkanik olaydır.

Bu zincir birbirine çok yakın olan (yaklaşık on metre uzaklıktaki) bir dizidir ve KB-GD yönelimli Eritre fissürü etrafında oluşmuştur (Stieltjes 1973).

Demange vd. (1980), akış emisyonunun, esasen kuzey yönünde bulunan çok geniş bir kanaldan akan 15 milyon m³ den fazla lav ürettiğini göstermiştir.

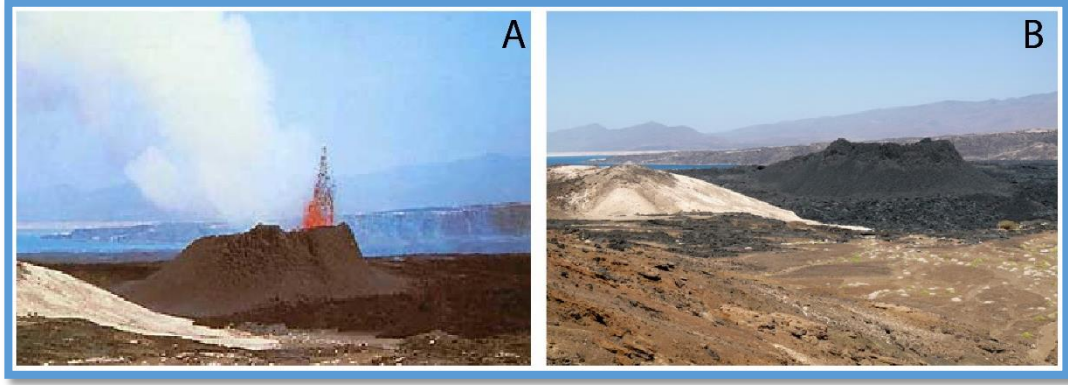
Lav akıntıları, genellikle yeniden üretilen hiyaloklastitlerden oluşan kalın bir tabaka (en az 20 m) üzerine dayanır. Tüm lav akışının kalınlığı 10 m'yi geçmemektedir (Stieltjes 1973).



Şekil 1.21. Ardoukoba volkanının patlamasının gerçekleştiği anı gösteren fotoğrafı (Anonymous 5).



Şekil 1.22. Ardoukoba volkanının arazi görünümü (Anonymous 6).



Şekil 1.23. Ardoukoba volkanın patlamadan önceki (A) ve sonraki (B) hali (Anonymous 5, 6).

Arazide gözlenen volkanik kayaların özelliklerin özeti aşağıdaki çizelgede (Çizelge 1.1) verilmiştir:

Çizelge 1.1. Asal-Ghoubet volkanların özellikleri.

Volkanlar	Renk	Tane Boyu	Özellikleri
Manda	Siyah	İnce ve iri	aa lavı
Galelé Koma	Siyah	İnce ve iri	aa lavı
Inki Garrayto	Siyah	İnce	aa lavı
Galae'le Koma	Siyah	İnce ve iri	aa ve pahoehoe lavları
Fialé	Siyah	İnce	aa ve pahoehoe lavları
Ardoukoba	Siyah	İnce	aa lavı

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Arazi Çalışmaları

Cibuti’de Aralık 2016-Ocak 2017 aylarında Asal-Ghoubet bölgesinde arazi çalışmaları yapılmıştır. Arazide bölgenin jeolojisi ve bölgede var olan volkanizmanın özellikleri incelemek amacıyla çalışmalar yürütülmüştür. Aynı zamanda petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemek amacıyla araziden uygun olan örnekler sistematik olarak tarafımdan toplanmış ve (AS) olarak isimlendirilmiştir.

Birçok araştırmacı tarafından yapılan jeolojik haritalama ve diğer çalışmaların tamamı detaylı olarak gözden geçirilmiştir. Bölgenin çeşitli kurumlardan daha önce yapılmış detaylı haritaları birleştirilerek farklı ölçekte daha detaylı jeolojik haritalar yapılması da öngörülmektedir.

Çizelge 2.1. AS numunelerin coğrafik koordinatları

Örnek no	X koordinatı	Y koordinatı
AS 1	42°30’20	11°32’28
AS 2	42°30’31	11°32’10
AS 3	42°31’14	11°32’36
AS 4	42°31’03	11°32’68
AS 5	42°31’08	11°32’92
AS 6	42°30’66	11°33’96
AS 7	42°30’55	11°34’65
AS 8	42°30’77	11°34’93
AS 9	42°30’47	11°35’44
AS 10	42°29’95	11°34’93
AS 11	42°30’54	11°30’19
AS 12	42°30’54	11°30’19

2.2. Petrografik Çalışmalar

Bu tez kapsamında araziden toplanan 12 el örneğinden 11 adet örnek petrografik özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla ince kesit yapımı için uygun şekilde kesilmiştir. İnce kesitler MG Grup (Ankara) firmasına ücret karşılığında yaptırılmıştır. İnce kesit yapımı tamamlanan örneklerin petrografik özellikleri belirlemek amacıyla bölüm laboratuvarındaki polarizan mikroskoplar (Nikon Eclipse 50i POL ve Nikon Eclipse 100i POL) kullanılmıştır.

2.3. Kimyasal Analizler

Bu çalışmada tüm kayaç (ana-iz, nadir toprak elementleri) analizleri ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Kanada) XRF ve ICP-MS aletleri kullanılarak yaptırılmıştır. ACME laboratuvarında ana element oksit analizleri XRF ile iz ve nadir toprak elementler ise ICP-MS aletleri ile yaptırılarak jeokimyasal analizlerden elde edilen veriler ile kayaç türleri ayırt edilmiş, bazaltların jeokimyasal karakteristikleri belirlenmiş, köken kayaçları tespit edilmeye çalışılmıştır.

3. BULGULAR

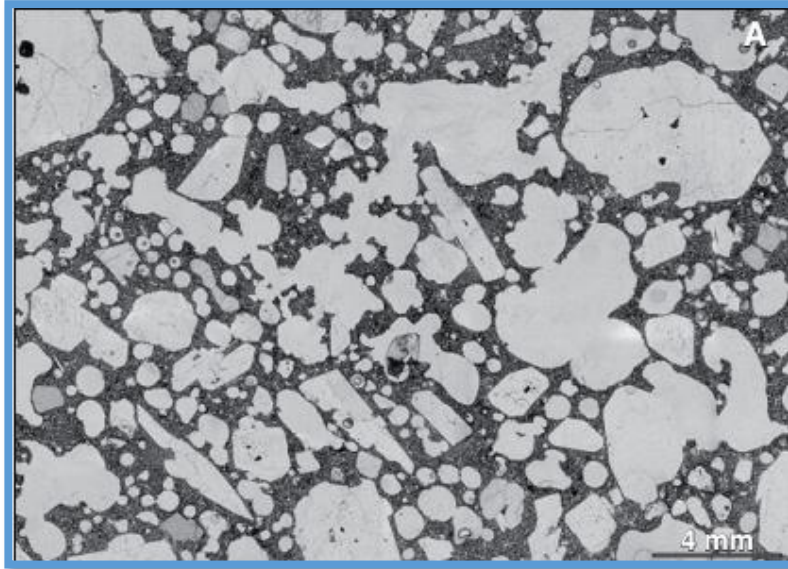
3.1. Petrografi

3.1.1. Manda ve Galelé Koma Lav akışları

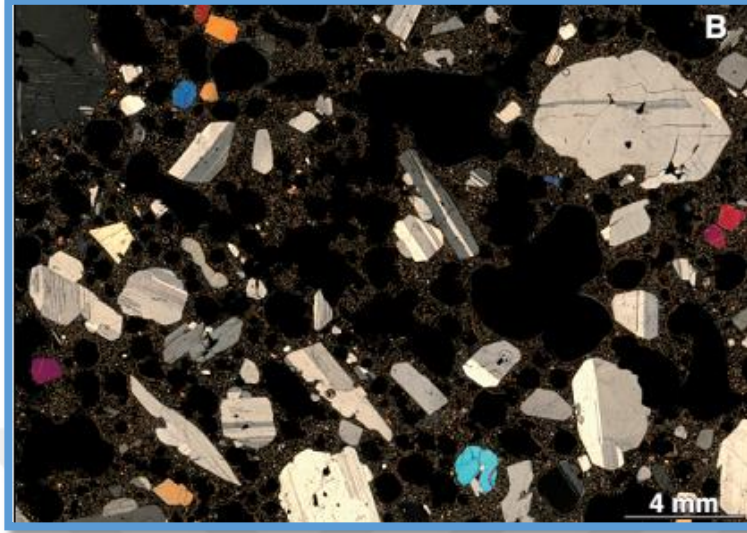
Bu iki bölgeden çıkan lavların petrografik özellikleri benzerlik göstermektedir. Plajiyoklaz, klinopiroksen ve olivin fenokristallerinden oluşmaktadır (Şekil 3.1-3.2). Plajiyoklaz fenokristalleri kayalarda en çok bulunan mineral olup, öz şekilli ve yarı öz şekillidir. Bu fenokristallerin büyüklüğü 4 mm'den 6 mm'ye kadar değişir. Normatif olarak % 67'lik bir değere sahiptirler. Klinopiroksenler ise fenokristal olarak ince taneli ve hamurda görülmektedir.

Ayrıca olivinler fenokristaller halinde bulunmakta ve ayrıca hamurda da görülmektedir. Öz şekilli yarı öz şekilli özelliği gösteren olivinlerin normatif değeri % 5.20'dir. Bu miktar plajiyoklazlardan çok daha düşüktür. Bu mineralin genişliği yaklaşık 1 mm'dir.

Opak mineraller olarak ilmenit ve hematit bulunur.



Şekil 3.1. Örnek AF23; A (tek nikol): Fenokristal olarak iri taneli plajiyoklaz ve olivin, ve ince taneli klinopiroksen; ve hamurda ise plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen bulunmaktadır (Pinzuti vd. 2013).



Şekil 3.2. Örnek AF23; B (çift nikol): Fenokristal olarak iri taneli plajiyoklaz ve olivin ve ince taneli klinopiroksen ve hamurda da plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen bulunmaktadır (Pinzuti vd. 2013).

3.1.2. Inki Garrayto lav akışı

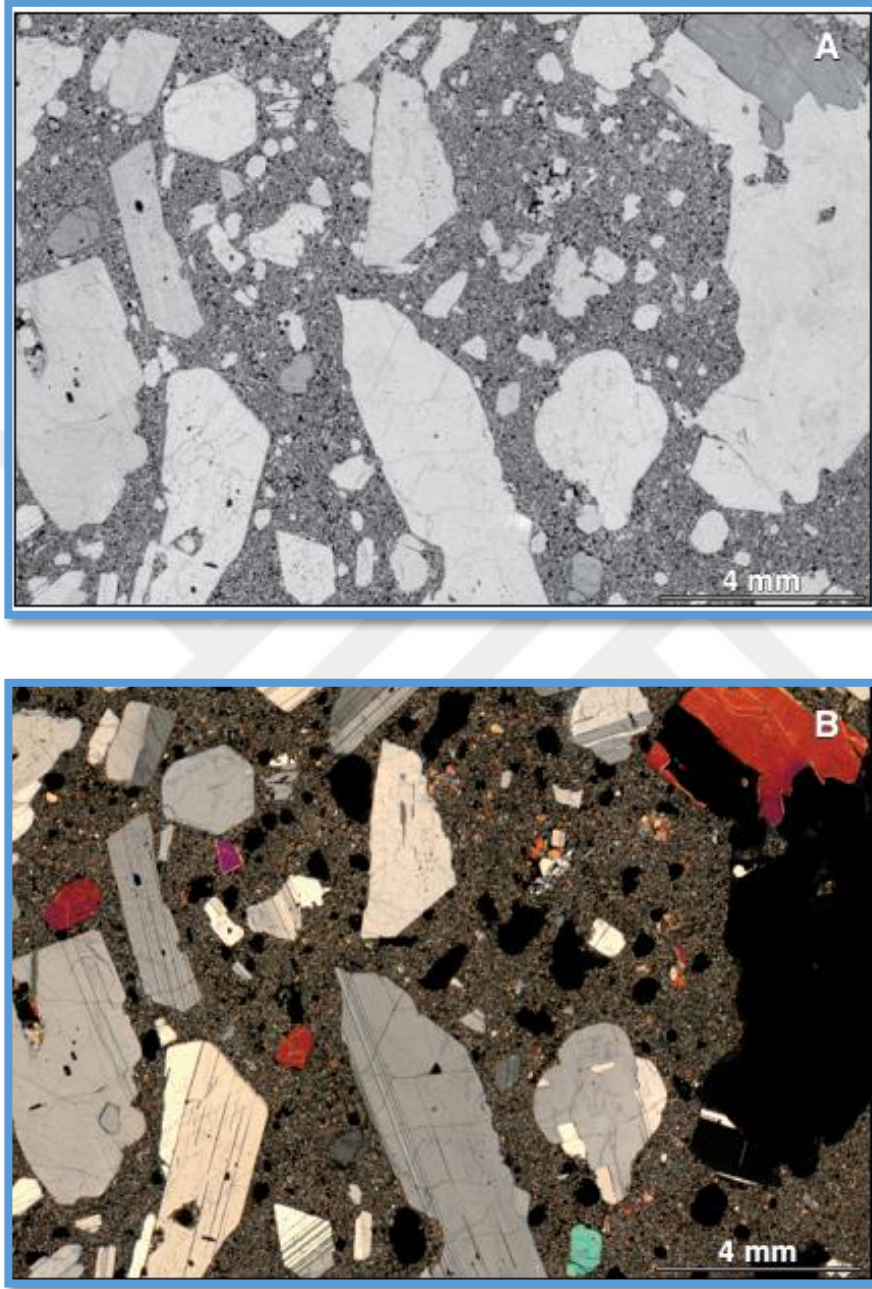
Inki Garrayto volkanı iki farklı bazaltik lav akışı ile tanımlanmaktadır; ikinci lavlar ilk lavları tamamen kaplamıştır. Bu bazaltik lavlar porfirik dokuya sahiptirler ve çok plajiyoklaz fenokristallerinden, olivinlerden ve az miktarda klinopiroksenlerden oluşmaktadır (Şekil 3.3).

Plajiyoklazlar, fenokristal olarak bol oranda bulunmakta ve bileşiminin % 63'ünü oluşturmaktadır. Plajiyoklazlar öz şekilli ve genişliği 4mm'ye kadar ulaşmaktadır.

Olivinlerin genişliği 1mm ile 4mm arasında değişir. Olivinler öz şekilli ve yarı öz şekilli doku gösterirler ve normatif değeri % 6.60'tır.

Klinopiroksenler hem fenokristal olarak hemde hamurda bulunmasına rağmen; fenokristal olarak çok fazla bulunmamaktadır. Klinopiroksenlerin boyu birkaç milimetredir ve yarı öz şekillidir.

Hamurda plajiyoklaz, olivin ve piroksen kristalleri bulunur. Bu kristaller öz şekilli ve yarı öz şekilli doku gösterirler.



Şekil 3.3. Örnek AF 17; A (tek nikel) ve B (çift nikel): İri taneli plajiyoklaz, orta taneli olivin ve ince taneli klinopiroksen bulunmakta hamurda da plajiyoklaz ve olivin bulunmaktadır (Pinzuti vd. 2013).

3.1.3. Galae'le Koma

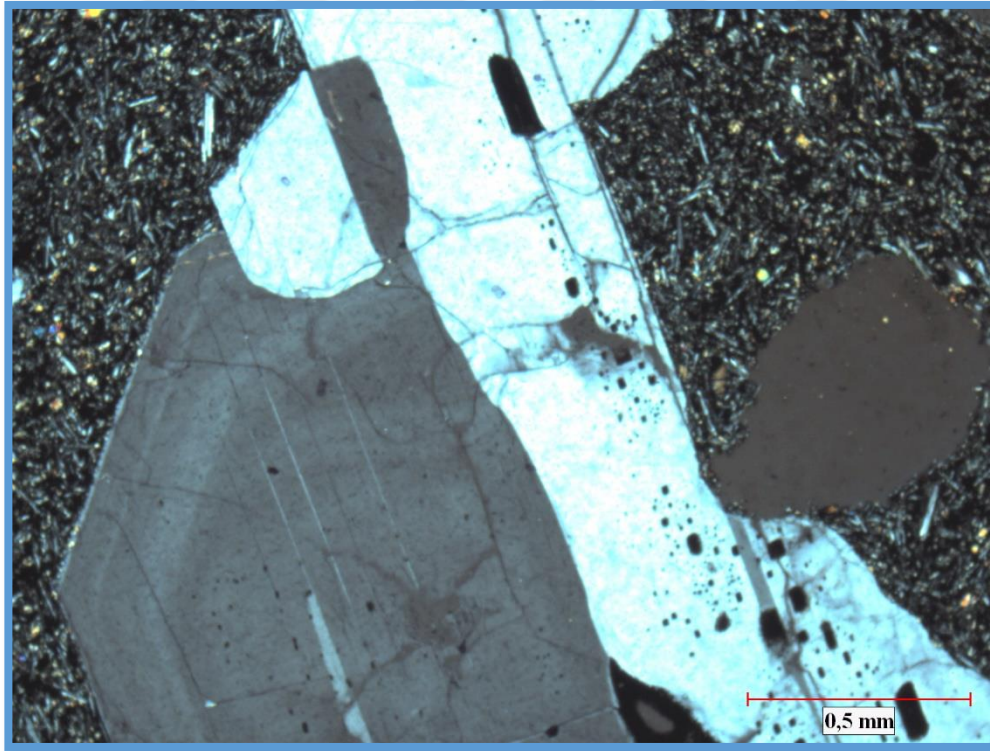
Galae'le Koma volkanından açığa çıkan lavlarda plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksenden bulunmaktadır (Şekil 3.4, 3.5). Plajiyoklazlarda zonlanma görülmekte ve öz şekilli bir görünüme sahiptir. Plajiyoklazların genişliği 4mm'den daha geniştir ve ayrıca fenokristal olarak bulunmaktadır. Normatif bileşimi de % 60'a ulaşmaktadır. Plajiyoklazlar Michel-levy yöntemi ile incelendiğinde labrador olduğu tespit edilmiştir. Bu plajiyoklazlar polisentetik ikizlenme göstermektedir.

Olivinler nadiren fenokristal olarak bulunur ve yarı öz şekillidir. Normatif bileşimi de % 2.24'tür. Bu olivinler tek nikolda renksiz ve çift nikolda sarı-mavi renkli göstermektedir. Bol çatlaklıdır.

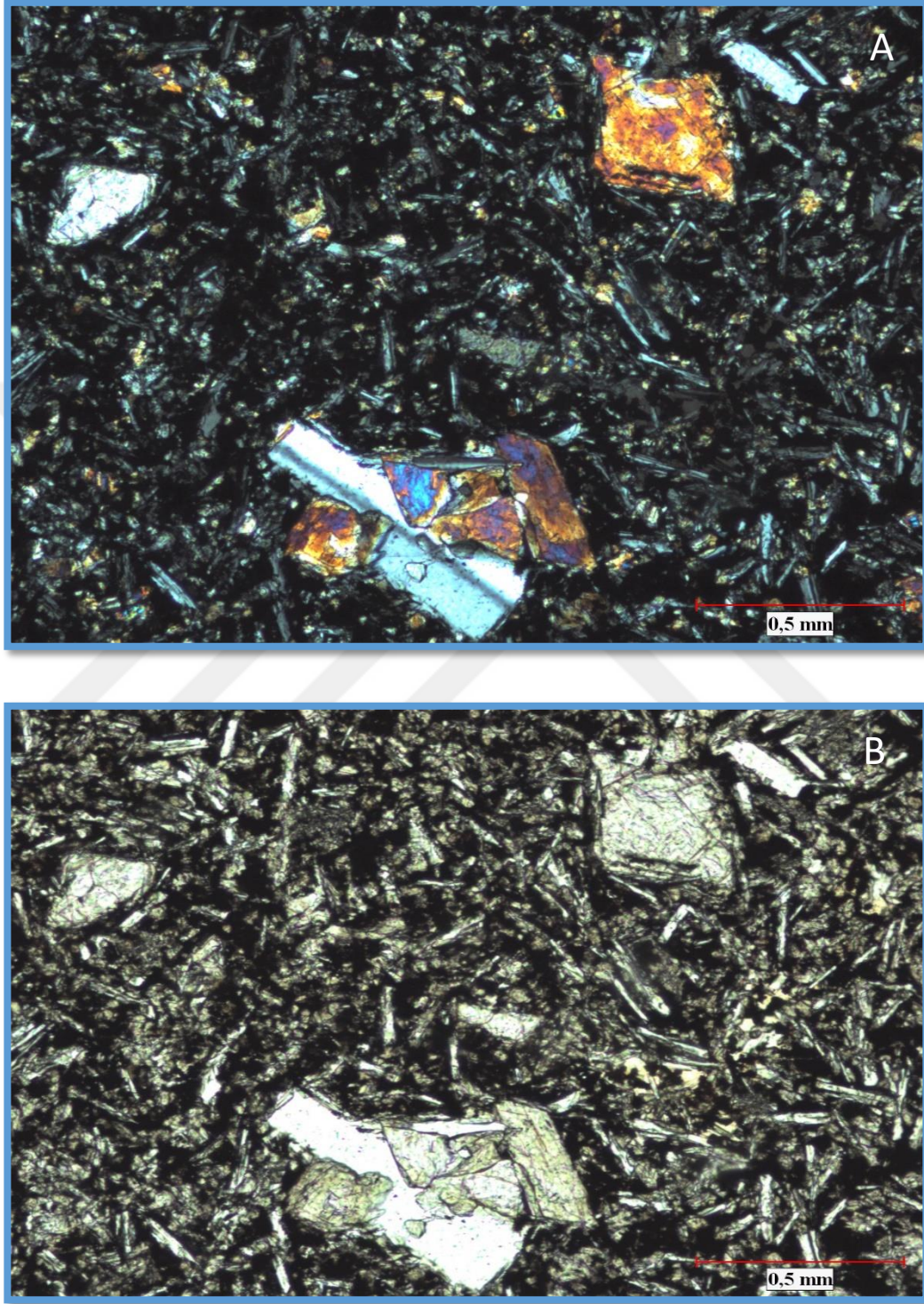
Klinopiroksenler çift nikolda olivinlere benzemekte ve normatif bileşim % 18.83'dir.

Opak mineraller olarak manyetit ve ilmenit bulunmakta ve bulunma oranı ise olivinlere göre daha yüksektir.

Hamurda plajiyoklaz ve olivin bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Örnek AS6; polisentetik ikizlenme ve zonlanma gösteren iri taneli plajiyoklazlar fenokristal olarak bulunurken; hamurda ise plajiyoklaz ve olivin mineralleri bulunmaktadır.



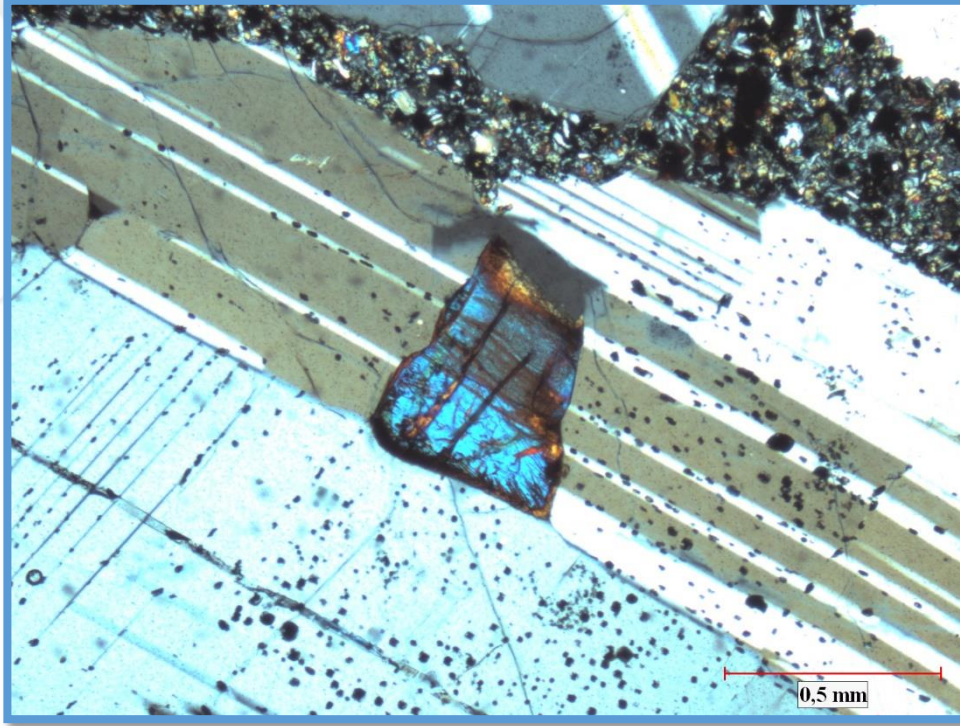
Şekil 3.5. Örnek AS6; çift nikol (A) ve tek nikol (B): plajiyoklaz ve olivin iri ve ince taneli olarak bulunmaktadır.

3.1.4. Fialé

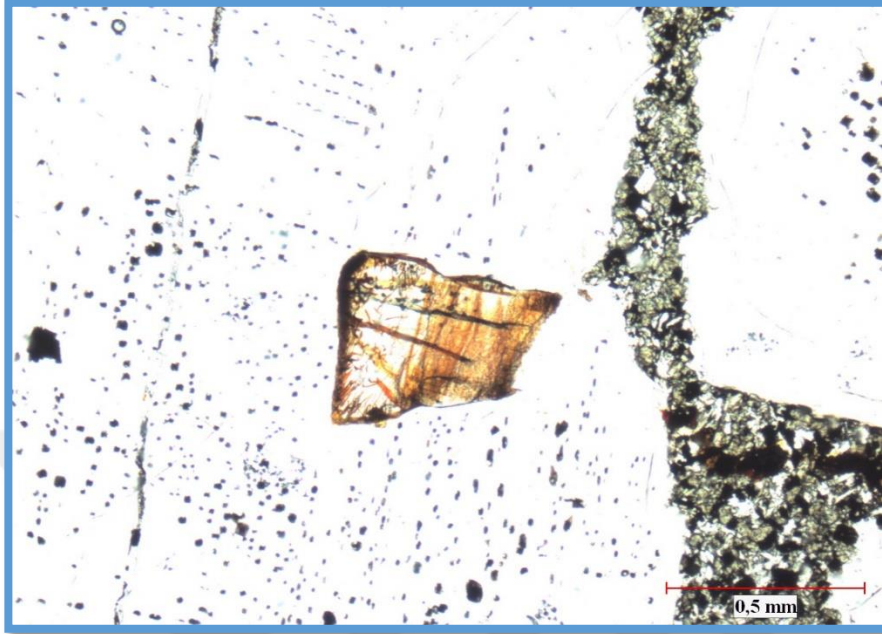
Fialé bazaltları (Şekil 3.6-3.9), porfirik doku göstermekte, plajiyoklaz ve olivinden oluşmaktadır. Plajiyoklazlar polisentetik ikizlenme göstermekte ve yer yer de poikilitik doku göstermektedir.

Olivinler yeşil renklidir ve bol çatlaklı olarak görünmektedir ve opak mineralleri içermektedir (Şekil 3.10-3.11). Olivinler diğer minerallere göre optik engebesi yüksektir. Ayrıca görülen olivinler paralel sönme göstermektedir. Bu olivinler öz şekilli ve yarı öz şekillidir ve yer yer glomeroporfiritik dokuya sahiptirler.

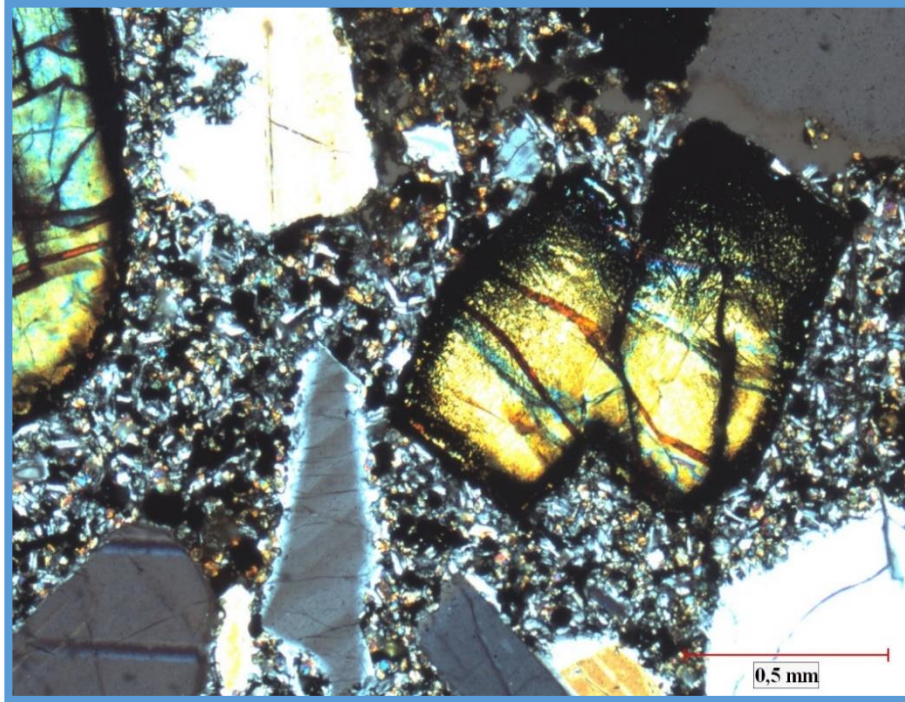
Hamurda ayrıca, lavların hızlı soğuması nedeniyle normal olarak kristalleşme zamanları bulunmayan plajiyoklaz ve olivin mineralleri bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Örnek AS9; çift nikol: polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklaz.



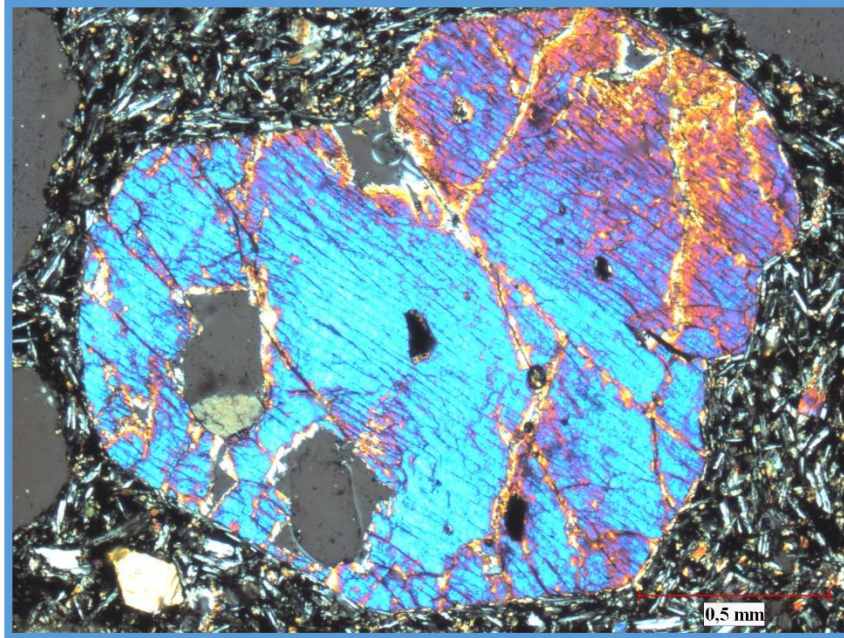
Şekil 3.7. Örnek AS9; tek nikel: polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklaz.



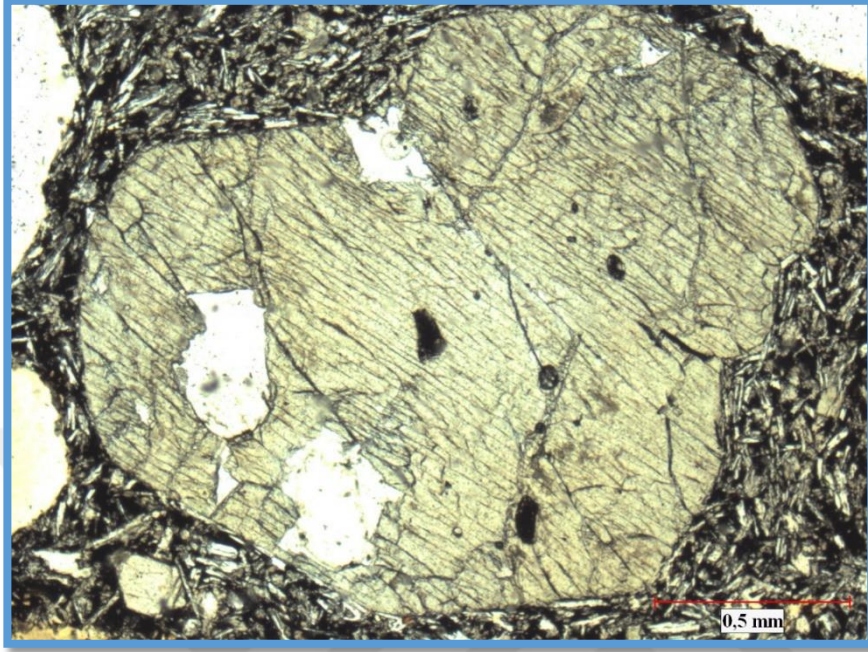
Şekil 3.8. Örnek AS9; çift nikel: iri taneli olivin ve hamurda ince taneli plajiyoklaz ve olivin bulunmaktadır.



Şekil 3.9. Örnek AS9; tek nikol: iri taneli olivin ve hamurda ince taneli plajiyoklaz ve olivin mineralleri bulunmaktadır.



Şekil 3.10. Örnek AS10; çift nikol: iri taneli olivin ve mikrolitik plajiyoklazlar bulunmaktadır.

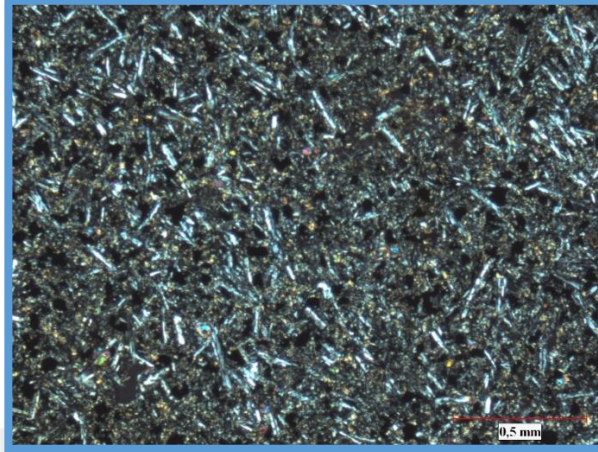


Şekil 3.11. Örnek AS10; tek nikol: iri taneli olivin ve mikrolitik plajiyoklazlar bulunmaktadır.

3.1.5. Lave de Ardoukoba

En genç bazaltik lavlar Ardoukoba volkanından ortaya çıkmıştır. Bu lavlar, tamamen afirik doku gösterirler (Şekil 3.12) ve mikrolitik plajiyoklazlar, klinopiroksenler ve olivinlerden oluşmuştur. Minerallerin gelişimi hızlı soğuma nedeniyle durmuştur.

Normatif bileşimlerine göre klinopiroksenlerin (% 28.89) oranı, olivinlerden (% 4.88) daha fazla olduğu gözlenmektedir. Opak mineral olarak manyetit ve ilmenit bulunmaktadır.



Şekil 3.12. Örnek AS2; çift nikol, hamurda bulunan plajiyoklaz ve olivin mineralleri.

Kayaçların petrografik özelliklerinin özeti aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.1. Asal-Ghoubet volkanik kayaçların petrografik özeti (Plj: plajiyoklaz; Ol: olivin; Kps: klinopiroksen).

	<u>Fenokristal</u>	<u>Hamur</u>	<u>Tane boyu</u>	<u>Özellikler</u>
Manda: Örnek AF23	Plajiyoklaz + Olivin + Klinopiroksen	Plajiyoklaz + Olivin + klinopiroksen	Plj 1-6 mm Ol 1-2 mm Kps 1 mm	Porfiritik
Galelé Koma: Örnek AF23	Plajiyoklaz + Olivin + Klinopiroksen	Plajiyoklaz + Olivin + klinopiroksen	Plj 1-6 mm Ol 1-2 mm Kps 1 mm	Porfiritik
Inki Garrayto: Örnek AF17	Plajiyoklaz + Olivin + klinopiroksen	Plajiyoklaz + Olivin + klinopiroksen	Plj 1-6mm Ol 1 mm Kps 1 mm	Porfiritik
Galae'le Koma: Örnek AS6	Plajiyoklaz + Olivin + klinopiroksen	Plajiyoklaz + Olivin	Plj 1-4 mm Ol 0.5-1 mm	Porfiritik
Fialé: Örnek AS9-10	Plajiyoklaz + Olivin	Plajiyoklaz + olivin	Plj 1-4 mm Ol 1-2 mm	Porfiritik
Ardoukoba: Örnek AS2	Plajiyoklaz + Klinopiroksen + Olivin	Plajiyoklaz + klinopiroksen + Olivin		Afirik

3.2. Jeokimya

Bu bölümde, Cibuti'deki Asal-Ghoubet'teki kayaç örneklerinin jeokimyasal özellikleri verilecektir.

Volkanik kayaçların kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.2-3.3'de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Asal Ghoubet bölgesinden alınan örneklerin tüm kaya ana ve iz element sonuçları (AS1-AS6)

Örnek no	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6
(% ağırlık)						
SiO ₂	42.90	47.60	48.20	48.90	48.00	47.80
TiO ₂	1.28	2.73	1.36	1.76	1.37	1.97
Al ₂ O ₃	21.60	13.70	21.10	18.10	19.60	18.40
Fe ₂ O _{3(T)}	6.35	14.20	8.47	10.70	9.04	10.60
MnO	0.09	0.21	0.13	0.17	0.14	0.16
MgO	4.02	6.39	4.92	5.10	5.75	5.30
CaO	18.40	11.60	13.70	11.90	13.80	12.60
Na ₂ O	1.76	2.86	2.36	2.85	2.32	2.59
K ₂ O	0.10	0.47	0.24	0.36	0.22	0.34
P ₂ O ₅	0.10	0.42	0.19	0.26	0.18	0.26
Cr ₂ O ₃	0.06	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01
Kızdırma kaybı	3.59	-0.74	-0.42	-0.53	-0.46	-0.43
Toplam	100.25	99.49	100.27	99.58	99.98	99.60
(ppm)						
V	162	416	207	256	226	285
Ni	36.4	32.1	33.4	26.1	39.8	31.1
Co	23.8	46.6	29.4	33.8	33.5	34.5
Cu	81.5	183.8	64.2	86.3	86	94.6
Zn	128	138	40	53	85	122
Ga	14.2	18.1	15.9	16.5	15.2	16.7
Rb	1	7.6	4.1	6.5	3.3	5
Sr	408.4	352.2	339.3	329.5	316.4	365.1
Y	10.2	31.9	17.6	27.5	17.9	21.8
Zr	51	196.9	82.8	130.7	80.6	112.8
Nb	6.7	24.8	9.4	14.7	8.6	13.9
Ba	52	169	80	106	70	106

Çizelge 3.2. Devamı

Örnek no	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6
Hf	1.3	4.5	2.2	3.2	2.2	2.8
Ta	0.4	1.5	0.4	1	0.5	0.8
Pb	1.2	0.7	1.7	0.8	1	1.2
Th	0.3	1.2	0.7	1	0.7	0.9
U	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
La	4.30	22.40	8.30	13.60	8.20	11.70
Ce	10.50	50.20	19.60	29.30	18.30	25.90
Pr	1.62	6.50	2.57	3.93	2.43	3.61
Nd	7.90	28.30	11.10	18.30	11.50	16.60
Sm	2.12	6.07	2.97	4.55	2.77	3.89
Eu	0.08	2.11	1.14	1.55	1.06	1.43
Gd	2.27	6.88	3.39	5.10	3.26	4.67
Tb	0.36	1.07	0.55	0.83	0.56	0.75
Dy	2.04	6.16	3.47	4.90	3.29	4.24
Ho	0.42	1.22	0.66	1.08	0.73	0.89
Er	1.16	3.55	2.07	3.25	2.04	2.64
Tm	0.16	0.46	0.27	0.44	0.28	0.37
Yb	1.12	3.13	1.80	2.68	1.67	2.29
Lu	0.15	0.44	0.27	0.43	0.26	0.34

Çizelge 3.3. Asal-Ghoubet bölgesinden alınan örneklerin tüm kaya ana ve iz element sonuçları (AS7-AS12).

Örnek no	AS7	AS8	AS9	AS10	AS11	AS12
SiO ₂	48.70	48.90	46.80	48.00	46.50	47.00
TiO ₂	2.99	3.15	0.75	1.65	0.81	0.79
Al ₂ O ₃	14.00	13.80	23.60	18.90	22.90	22.70
Fe ₂ O _{3(T)}	14.50	14.70	5.77	10.10	5.85	5.83
MnO	0.23	0.23	0.09	0.15	0.09	0.09
MgO	5.78	5.22	5.93	5.62	5.96	6.14
CaO	10.50	9.70	15.10	12.90	14.60	15.40
Na ₂ O	3.10	3.33	1.68	2.44	1.77	1.66
K ₂ O	0.51	0.60	0.12	0.27	0.15	0.07
P ₂ O ₅	0.44	0.53	0.09	0.21	0.09	0.08
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0.03	0.02	0.03	0.04

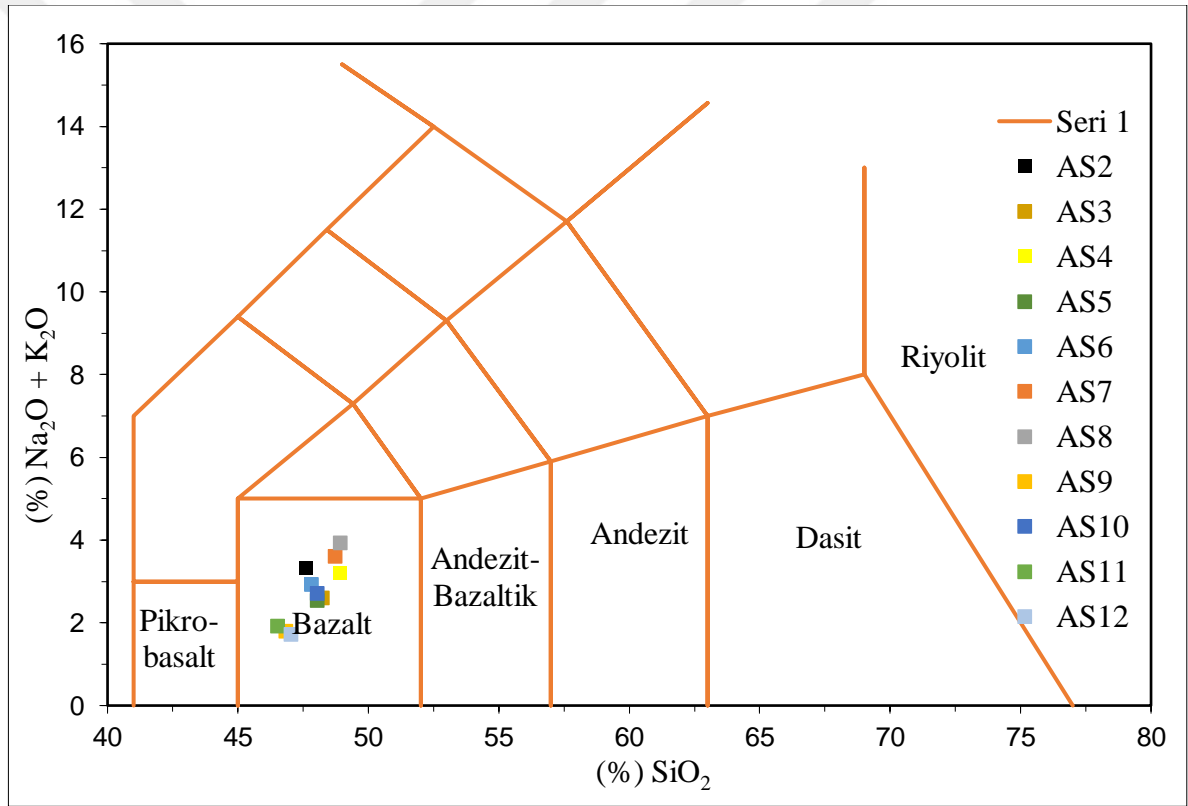
Çizelge 3.3. Devamı

Kızdırma kaybı	-0.65	-0.65	0.17	-0.33	1.45	0.24
Toplam	100.10	99.51	100.13	99.93	100.20	100.04
V	411	419	116	255	126	91
Ni	26.7	19	79.2	43.2	60	54.7
Co	46.9	41.8	28.2	37.6	26.6	27
Cu	117.2	93.8	39.5	107.4	40.7	31.5
Zn	237	180	107	155	52	49
Ga	19.6	19.7	13.5	15.9	13.7	13.3
Rb	9.3	11.3	1.3	4.2	1.7	0.3
Sr	321.2	303.2	358.6	337.9	356.4	334.1
Y	39.1	42.5	8.8	20.6	9	8.1
Zr	198.6	235.3	38.8	95.6	42	38.9
Nb	23.7	28	4.3	11	4.4	3.9
Ba	153	178	47	86	48	38
Hf	4.9	5.7	1	2.5	1.2	1.1
Ta	1.5	1.7	0.3	0.7	0.3	0.2
Pb	2.1	1	0.7	1.1	0.5	0.5
Th	1.5	1.9	0.4	0.7	0.4	0.3
U	0.4	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1
La	19.80	23.80	4.40	10.30	4.80	4.10
Ce	45.50	52.20	10.40	21.20	10.00	9.70
Pr	6.11	7.26	1.30	2.96	1.35	1.34
Nd	26.80	32.30	6.50	13.70	6.40	6.20
Sm	6.64	7.78	1.51	3.46	1.62	1.42
Eu	2.24	2.55	0.62	1.29	0.66	0.59
Gd	7.63	8.70	1.59	4.26	1.80	1.64
Tb	1.28	1.42	0.28	0.66	0.30	0.29
Dy	7.56	8.34	1.56	3.94	1.75	1.60
Ho	1.59	1.75	0.36	0.86	0.35	0.36
Er	4.43	5.23	0.88	2.44	1.03	0.93
Tm	0.61	0.71	0.13	0.33	0.14	0.13
Yb	4.04	4.64	0.81	2.19	0.85	0.84
Lu	0.60	0.68	0.12	0.31	0.13	0.12

3.2.1. Asal-Ghoubet volkanik kayaların sınıflandırması

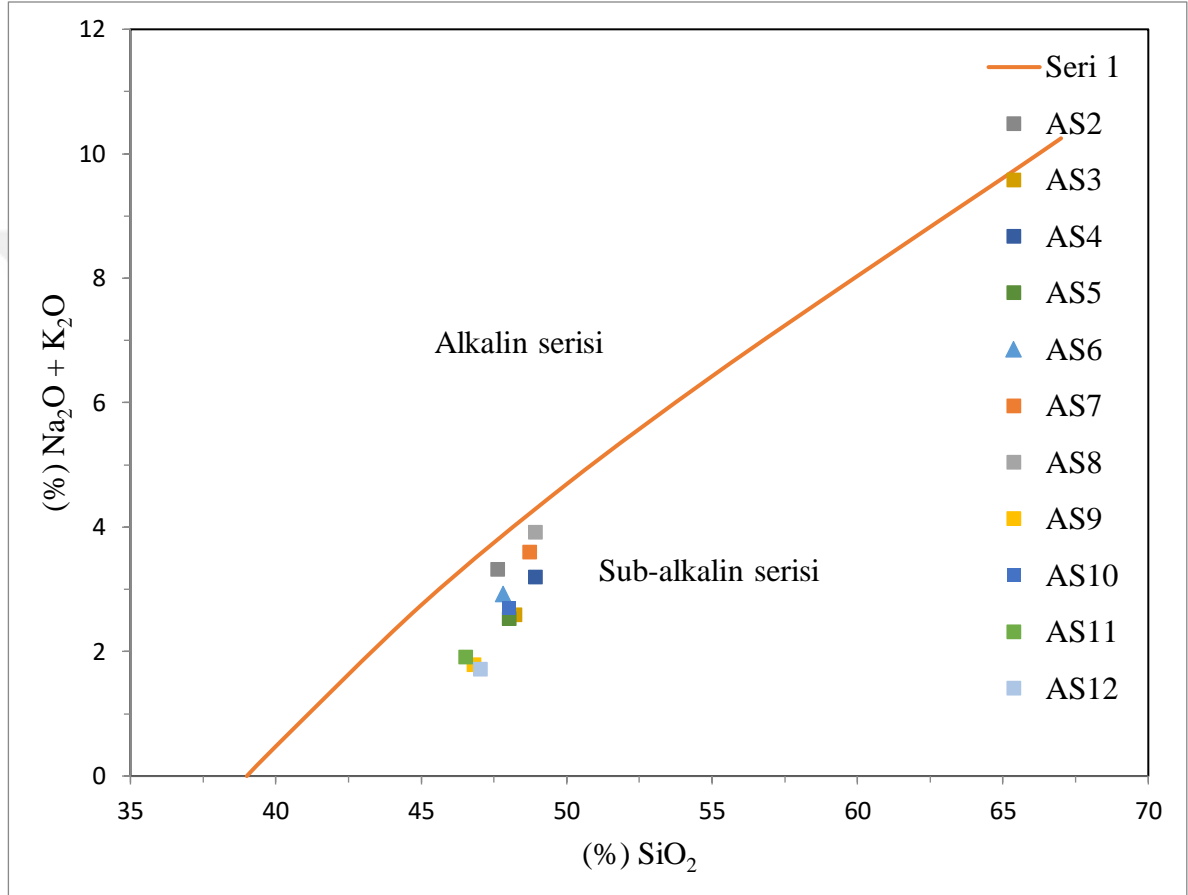
Asal-Ghoubet bölgesinin volkanik kayaları, Le Bas vd. (1986)'nın SiO₂ TAS sınıflandırma diyagramı (Şekil 3.13) ve toplam alkali - (K₂O + Na₂O) kullanarak toplam alkali ve silis içeriği temelinde sınıflandırılmıştır. Alkali ve subalkali diyagramları (Irvine ve Barragar 1971) Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

TAS sınıflandırma diyagramında, tüm kayalar bazalt alanında yer almaktadırlar. Bu kayaların jeokimyasal bileşimleri birbirine çok yakındır, bu da jenetik olarak bağlantılı olduklarını gösterir.



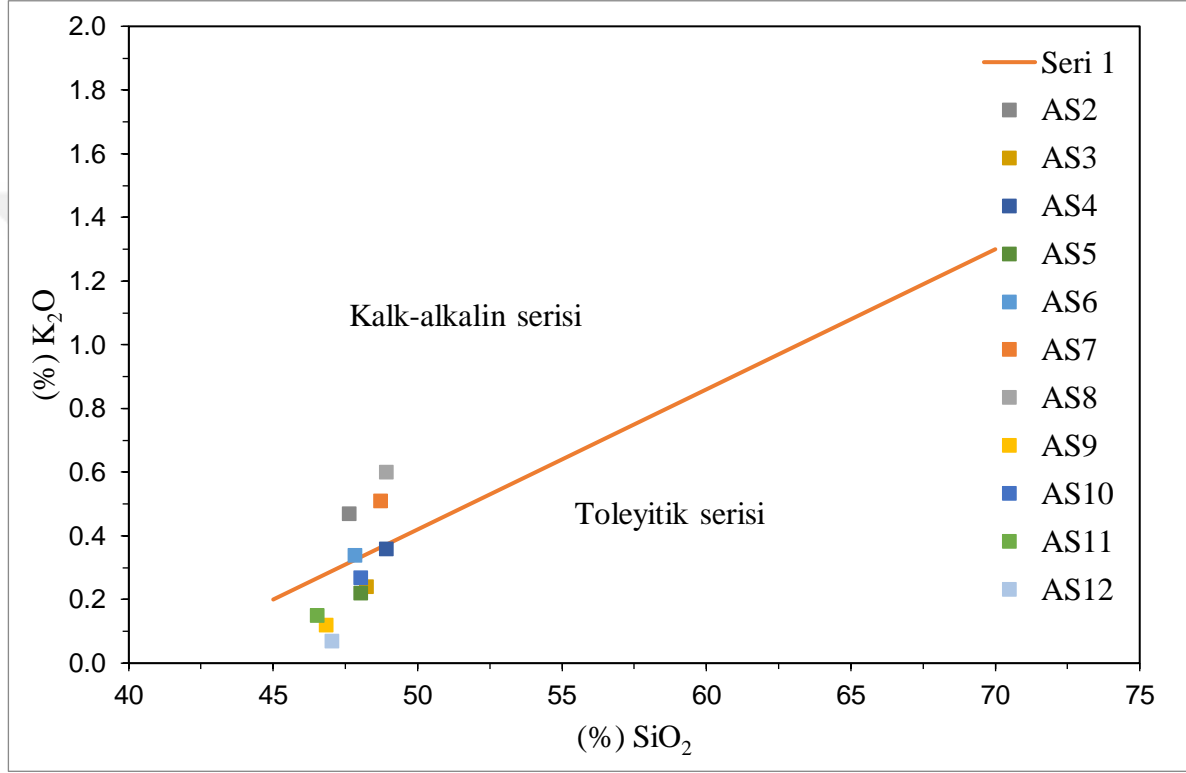
Şekil 3.13. Le Bas vd. (1986)'nin toplam alkali - SiO₂ diyagramında Asal-Ghoubet volkanik kayalarının konumu.

Tüm bazaltlar (Şekil 3.14) subalkalin serisinde yer almaktadır. Kayaçlar bu şekilde görüldüğü gibi toplam alkali değerleri silika değerlerinin artmasıyla bir artış göstermektedir. Bu artış doğrusaldır ve bazaltların aynı tür kaynaktan olduğu kabul edilmiştir.

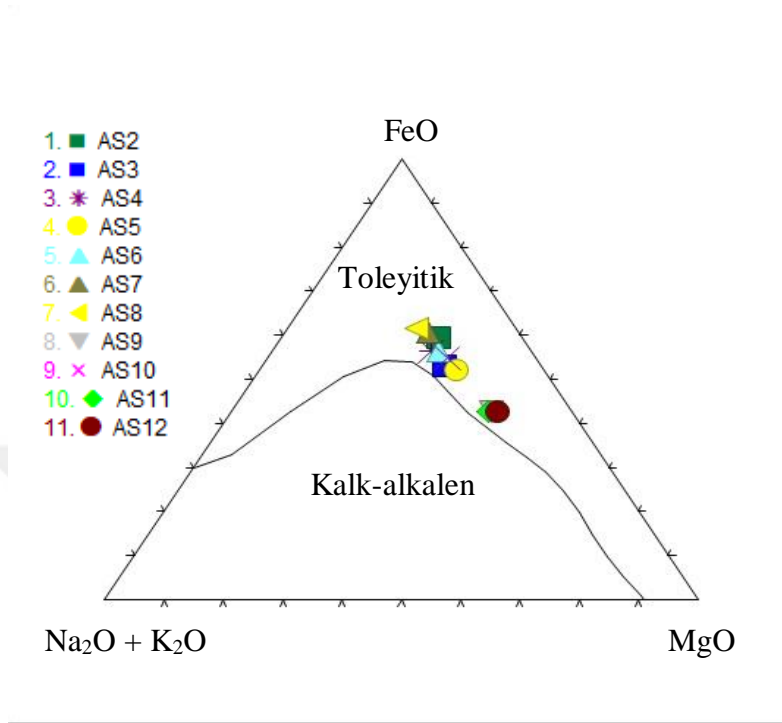


Şekil 3.14. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının toplam alkali – SiO₂ diyagramına göre sınıflandırılması (Irvine ve Barragar 1971).

$K_2O - SiO_2$ sınıflandırma (Şekil 3.15) kayaların özelliklerini belirtmek amacıyla yapılmıştır. Elde edilen veriler diyagrama (Şekil 3.15) iz düşürüldüğünde bazaltlar genelde toleyitik-kalk-alkalen özellik gösterirler. Bu bazaltlar ayrıca AFM diyagramında da toleyitik bir trende sahiptir (Şekil 3.16).



Şekil 3.15. Asal-Ghoubet volkanik kayalarının $K_2O - SiO_2$ diyagramına göre sınıflandırılması (Peccerilo ve Taylor 1976).



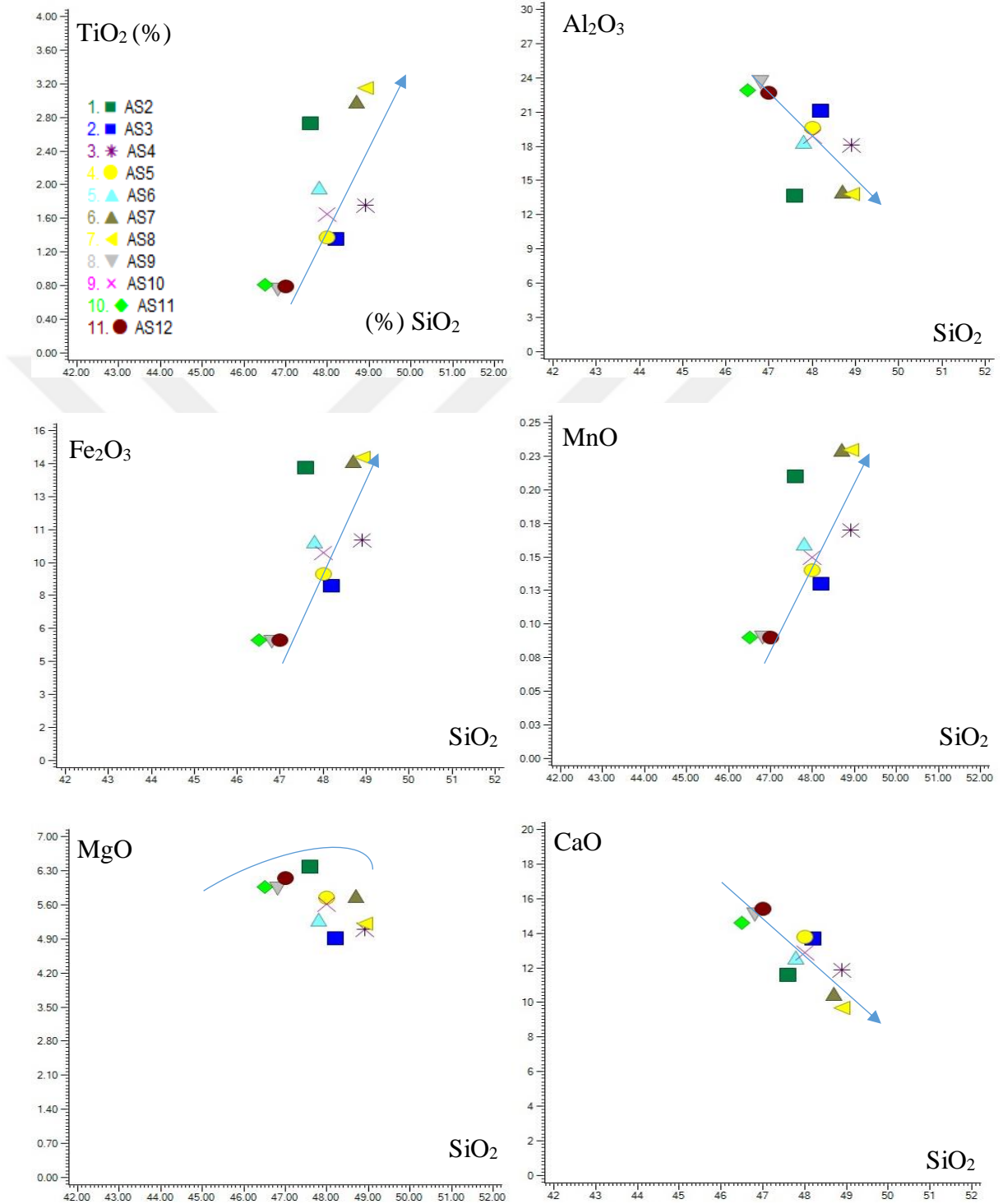
Şekil 3.16. Tüm kaya bileşimini $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ cinsinden, FeO_T ve MgO cinsinden gösteren AFM diyagramı (Irvine ve Baragar 1971'den değiştirilerek alınmıştır).

3.2.2. Harker Major Element Diyagramları

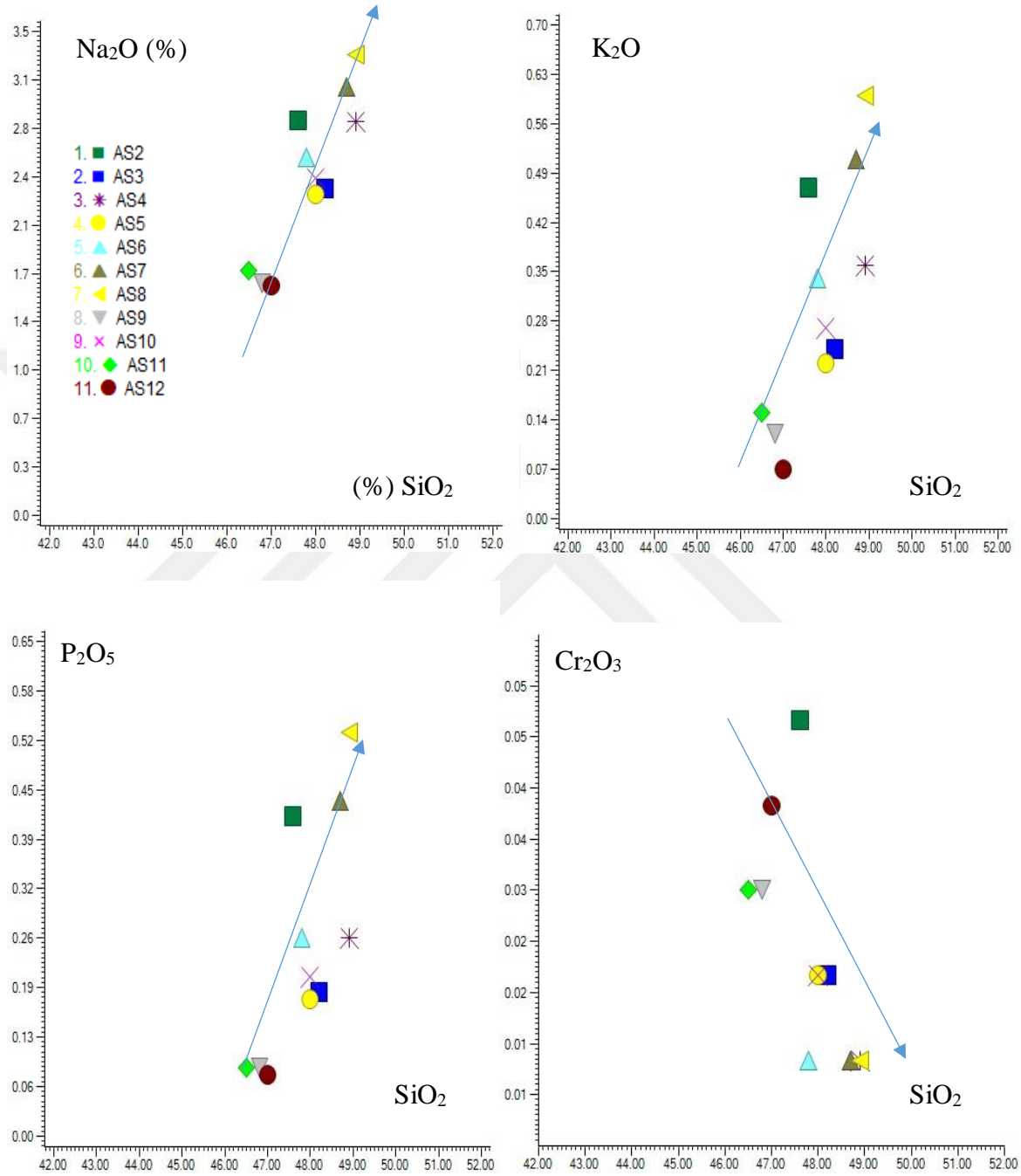
Major elementlerin SiO_2 'ye göre karşılaştırıldığı Harker diyagramı (% ağırlık) Şekil 3.17-3.18'te gösterilmektedir. Bazaltlar, % 42.09 ve % 49.04 SiO_2 ihtiva etmektedir. Ağırlıkça % 0.75-3.15 TiO_2 içeriğine sahiptirler. Al_2O_3 % 13.65 ile % 23.6 arasında değişir. % MgO ağırlığı % 4.02 ile % 7.58 arasında değişir. Fe_2O_3 konsantrasyonu, ağırlıkça % 5.71 ile % 14.7 aralığını göstermektedir. CaO , ağırlıkça % 9.09 ile % 18.4 arasında değişir. % K_2O konsantrasyonu, ağırlıkça % 0.07 ile 0.6 arasında değerlere sahiptir. Na_2O ağırlıkça % 1.66 ve 3.69 arasında değişir.

TiO_2 , MnO , K_2O ve Na_2O ile SiO_2 'e göre pozitif trend gözlemlenmiştir. Bu, plajiyoklazın kristalleşme evresinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Fe_2O_3 ve P_2O_5 'in SiO_2 'ye göre pozitif trend göstermesi manyetit, ilmenitin fraksiyonel kristalleşmeyle oluştuğunu göstermektedir.

Al_2O_3 , CaO ve Cr_2O_3 ile SiO_2 'ye göre negatif trende gözlemlenmiştir ve plajiyoklazın ve klinopiroksenin önemli ölçüde kristalleşmelerini göstermektedir. MgO oranları nispeten sabittir, bu da fraksiyonasyon sırasında olivin fraksiyonlaşmasının baskın olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.17. Asal-Ghoubet volkanik kayaçlarının Harker major element diyagramları (TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO – SiO₂).



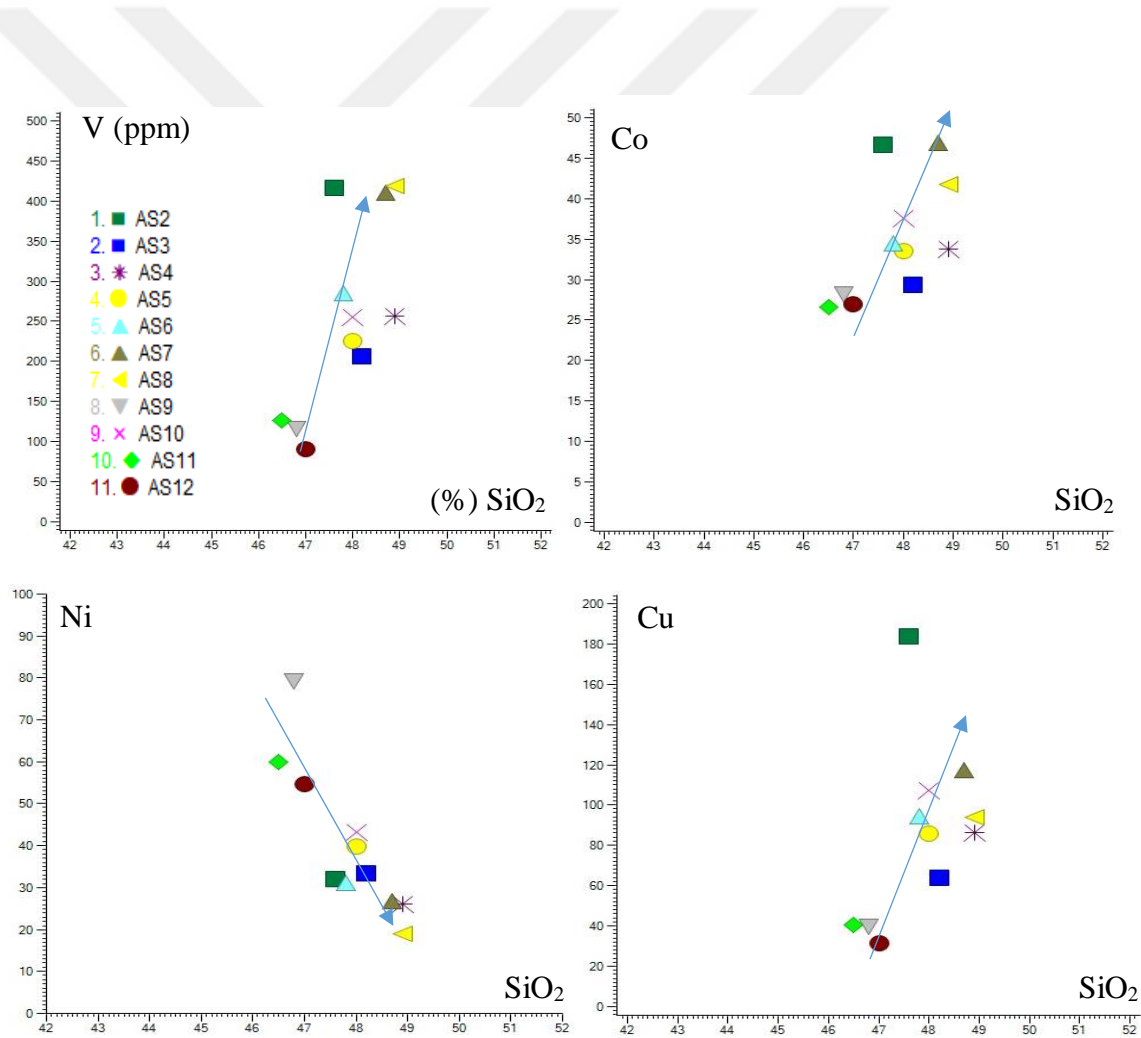
Şekil 3.18. Asal-Ghoubet volkanik kayaların Harker major element diyagramlarına göre değerlendirilmesi (Na₂O, K₂O, P₂O₅, Cr₂O₃ – SiO₂).

3.2.3. Harker İz Element Diyagramları

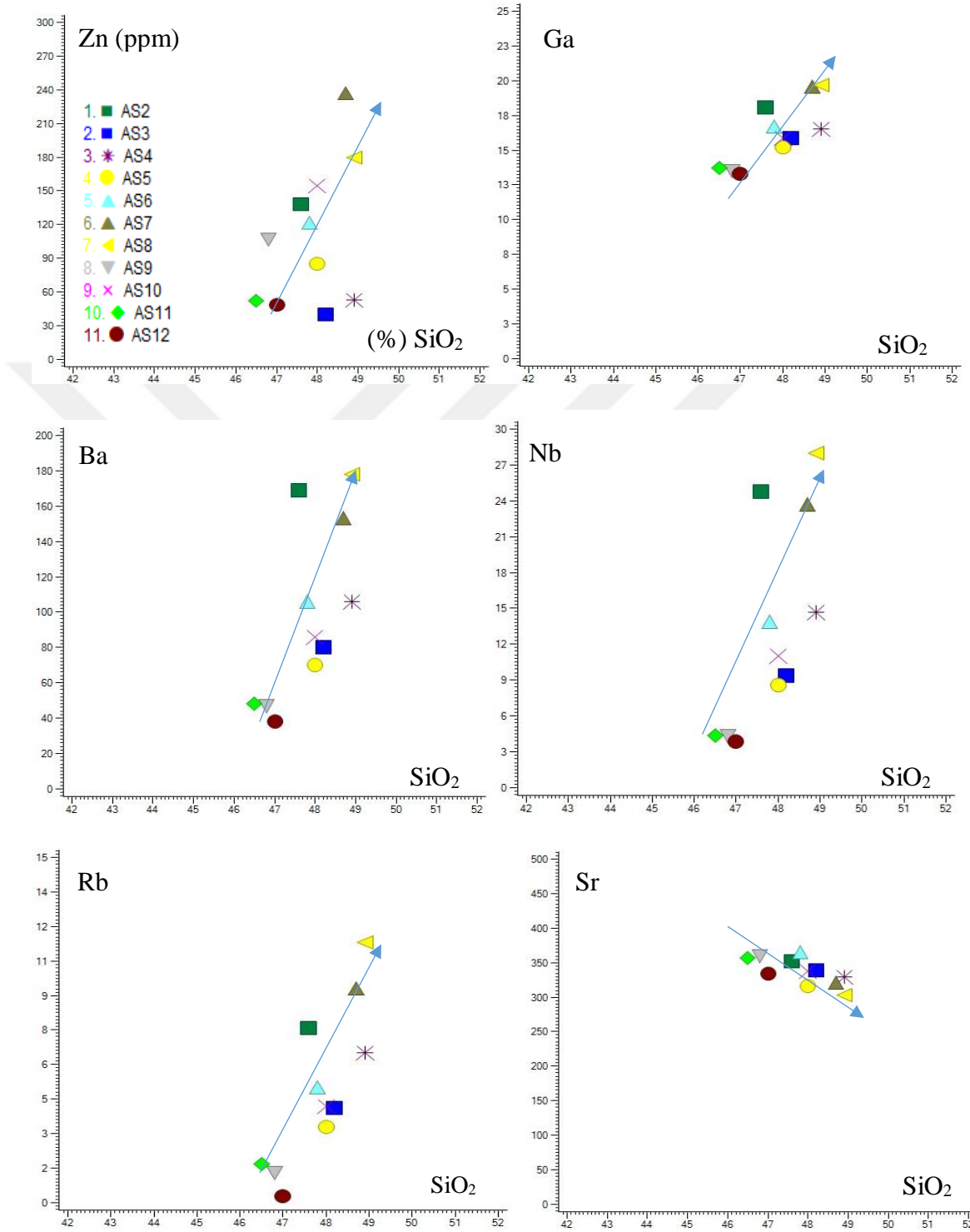
İz elementlerin SiO_2 'ye (% ağırlıkça) göre çizildiği Harker diyagramı Şekil 3.19 -3.22'da gösterilmektedir.

Geçiş metalleri olarak bilinen Zn, Co, V, Cu ve La, Rb, Ba, Th, Nb, Ce, Nd, Zr, Y ve Hf gibi uyumsuz iz elementleri, tüm bazaltlar için SiO_2 ile pozitif bir korelasyon göstermektedir. U ve Ga içeriği de SiO_2 ile pozitif bir korelasyona sahiptir. Gözlenen V'deki artış, klinopiroksen fraksiyonlaşmasının bu bazaltik kayalarla etkilediğini düşündürmektedir.

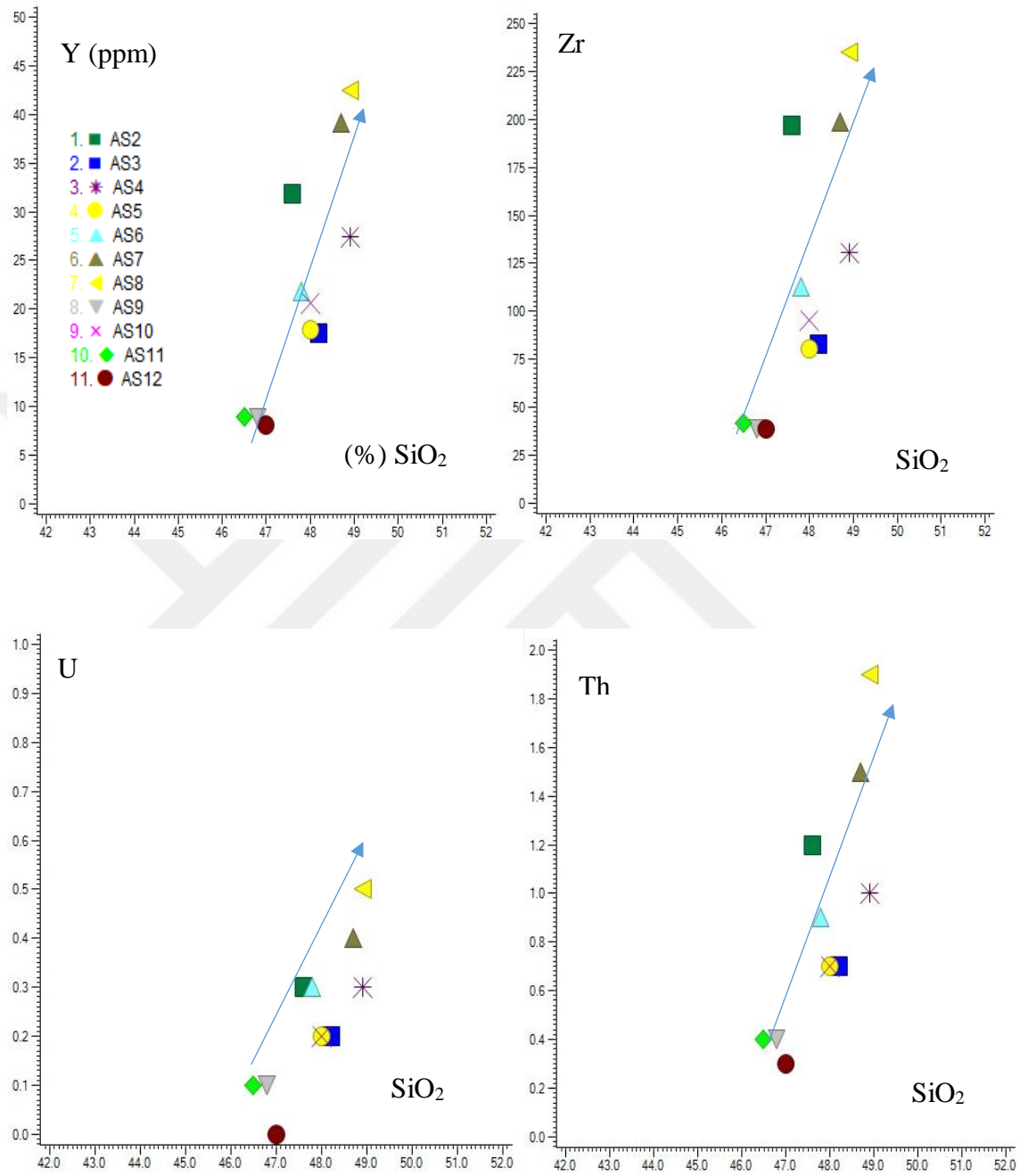
Silika değerleri arttıkça Ni ve Sr konsantrasyonları azalış göstermekte ve bu azalış trendi, tüm bazaltlarda olivin ve plajiyoklazların erken fraksiyonlaşmasını göstermektedir.



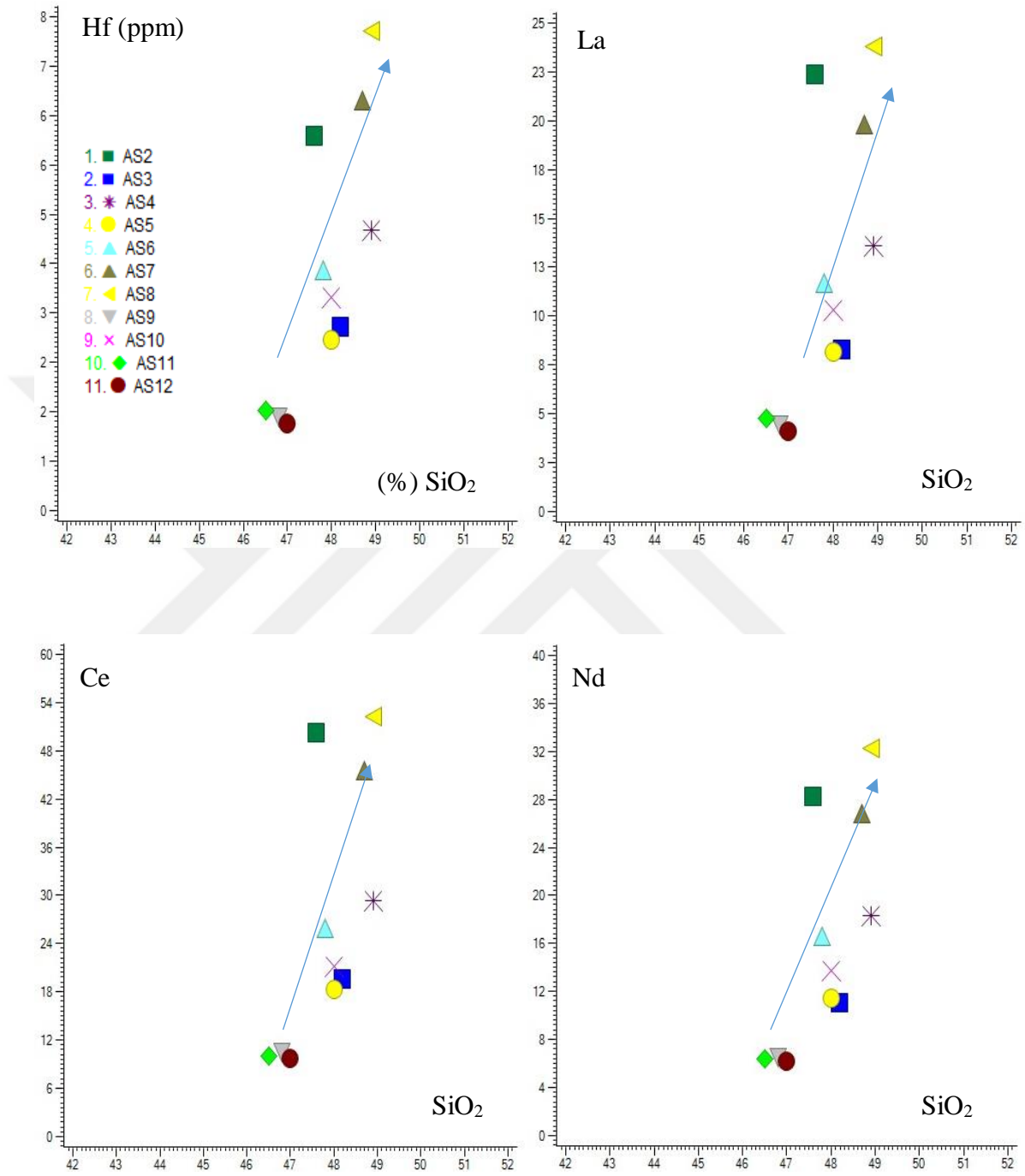
Şekil 3.19. Asal-Ghoubet volkanik kayalarının Harker iz elementler diyagramlarına göre değerlendirilmesi (V, Co, Ni, Cu – SiO_2).



Şekil 3.20. Asal-Ghoubet volkanik kayaların Harker iz elementler diyagramlarına göre değerlendirilmesi (Zn, Ga, Ba, Nb, Rb, Sr – SiO₂).



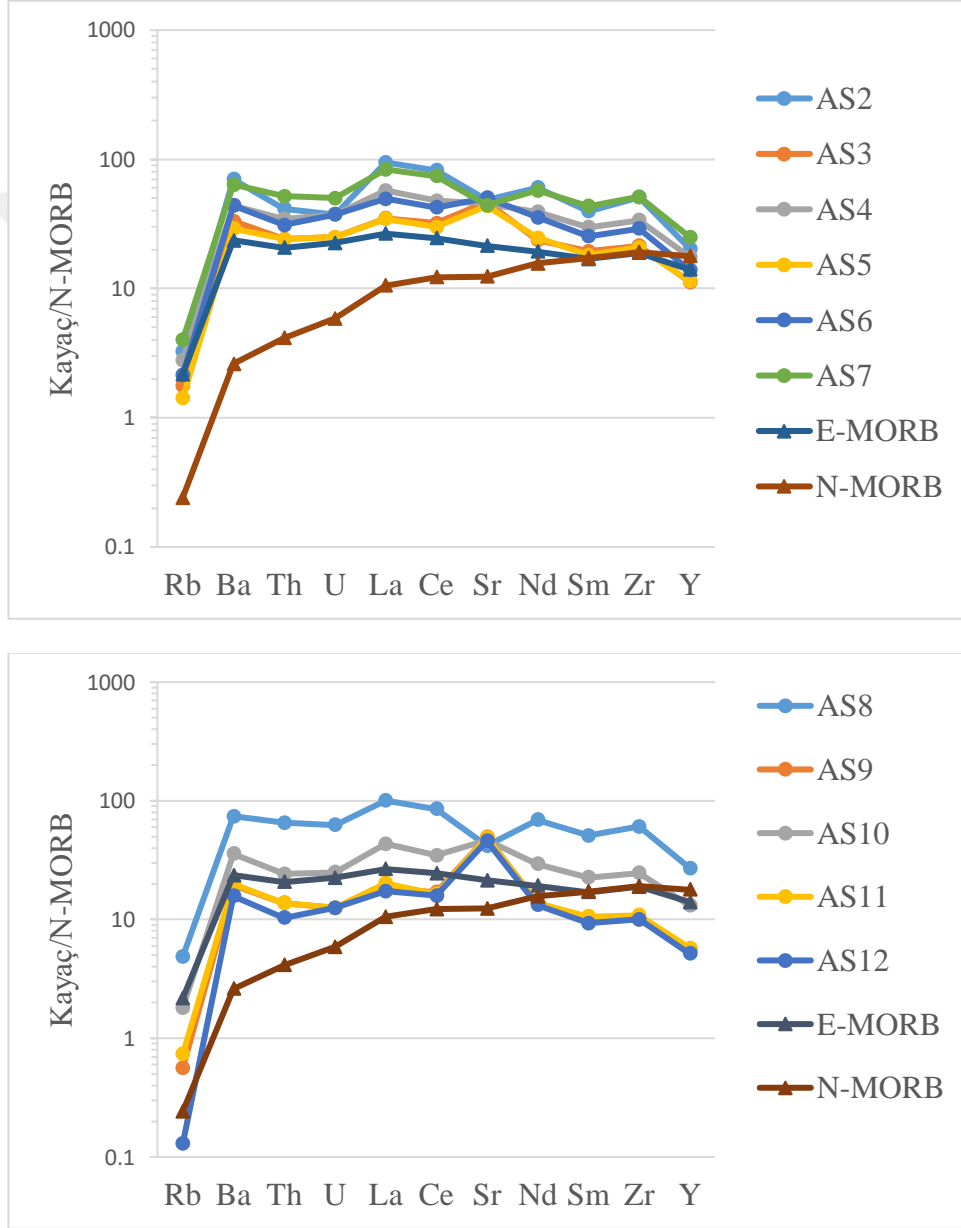
Şekil 3.21. Asal-Ghoubet volkanik kayaların Harker iz elementler diyagramlarına göre değerlendirilmesi (Y, Zr, U, Th – SiO₂).



Şekil 3.22. Asal-Ghoubet volkanik kayaların Harker iz elementler diyagramlarına göre değerlendirilmesi (Hf, La, Ce, Nd – SiO₂).

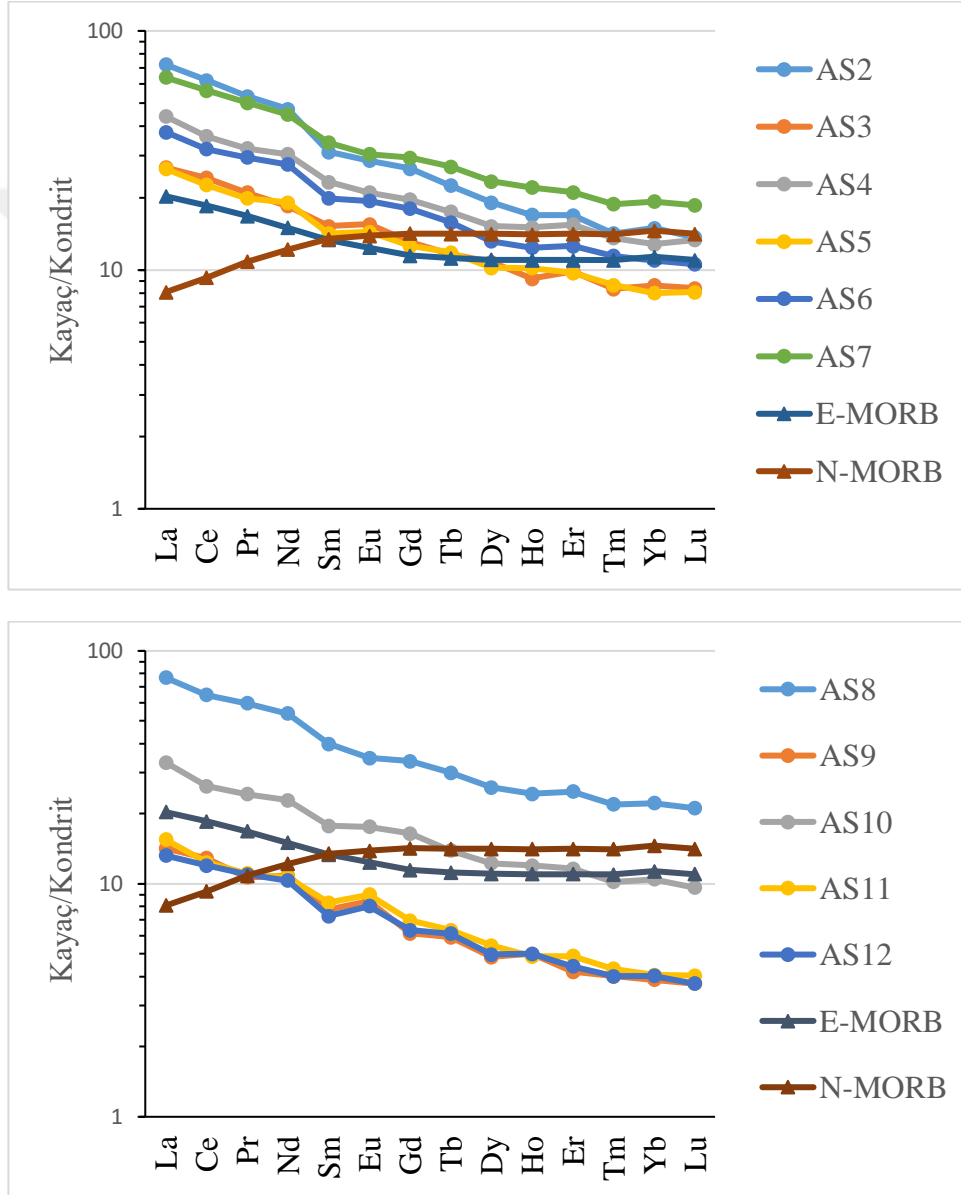
3.2.4. Örümcek ve Nadir Toprak Elementleri Diyagramları

Cibuti'deki Asal-Ghoubet bölgesinden alınan örneklerin iz element konsantrasyonları N-MORB değerlerine göre normalize edilmiş, hemen hemen tüm örnekler benzer trende sahiptir (Şekil 3.23). Yüksek çekim alanlı elementler (HFSE) ve büyük iyonlu yarıçaplı litofil elementler (LILE) Rb belirgin negatif anomaliyle hafif bir zenginleşme gösterirler.



Şekil 3.23. Cibuti, Asal-Ghoubet bölgesindeki volkanik kayalar için N-MORB ile normalize edilmiş örnekler (N-MORB normalleştirme değerleri Sun ve McDonough 1989'dan alınmıştır).

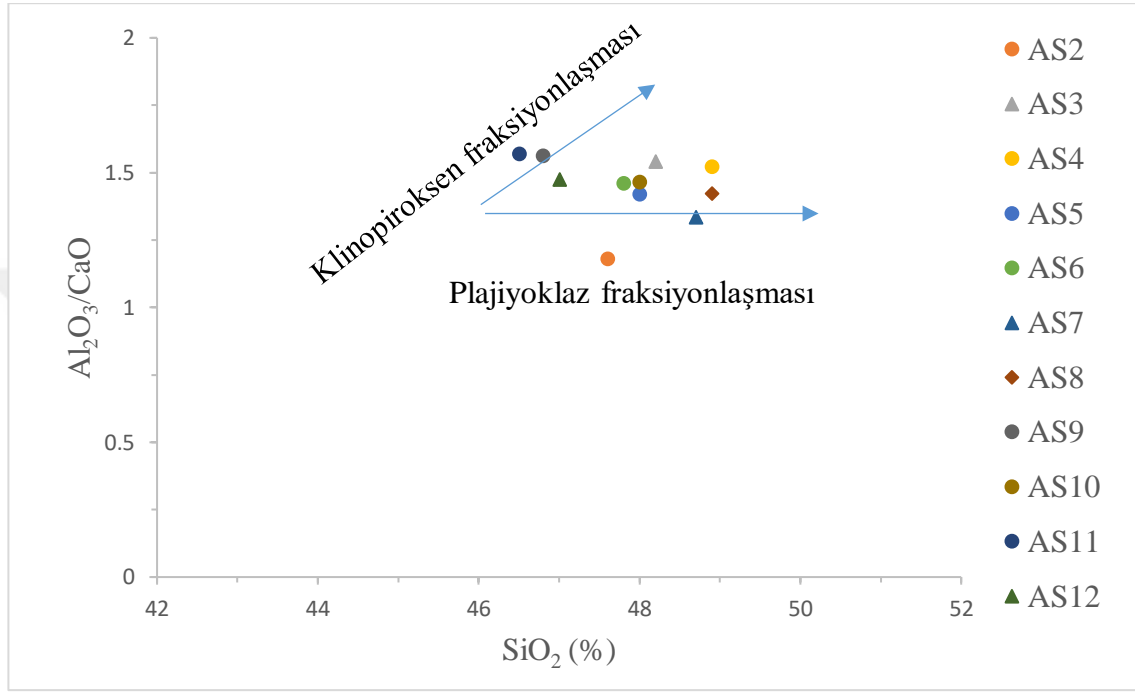
Kayaaların nadir toprak element (REE) konsantrasyonları, Boynton (1984) tarafından önerilen kondrit değerlerine göre normalize edilmiştir (Şekil 3.24). Bazaltik kayaçlar örnekleri için kondrit diyagramları Şekil 3.24'de gösterilmektedir. Elde edilen diyagramında incelenen volkanik kayaçların REE konsantrasyonları N-MORB ve E-MORB verileriyle çakışmaktadır. Örneklerde yer alan hafif nadir toprak elementlerinde bir zenginleşme görülmekte ve ağır nadir toprak elementlerinde bir miktar tükenme göstermektedir.



Şekil 3.24. Asal-Ghoubet'ten volkanik kayaçlar için Kondrite göre normleştirilmiş REE diyagramları (Kondrit normleştirme değerleri Boynton (1984) ve N-MORB ve E-MORB değerleri Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır).

4. TARTIŞMA

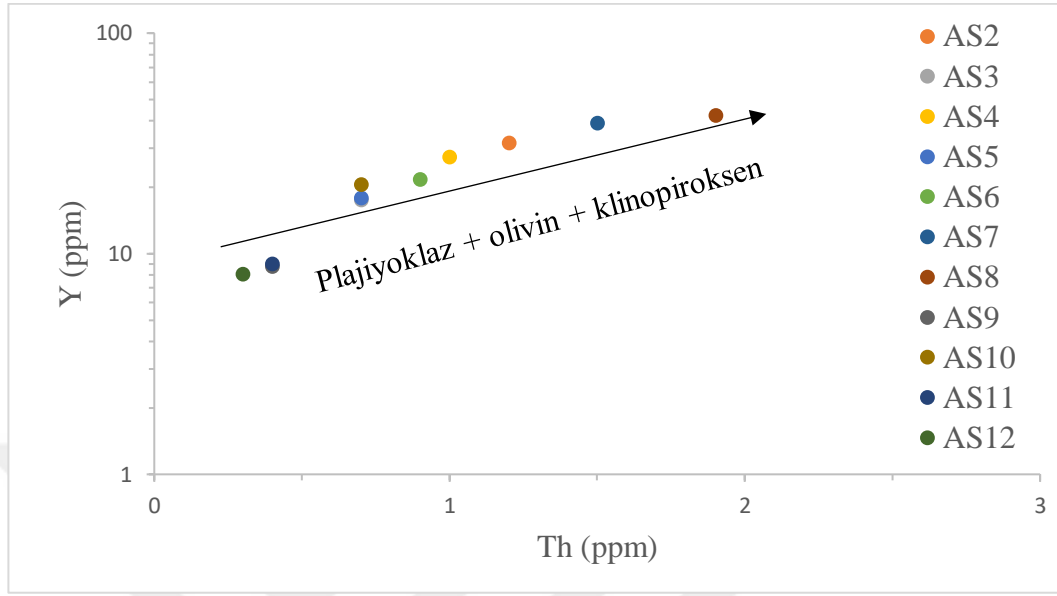
Şekil 4.1'de, Al_2O_3/CaO oranının SiO_2 'e göre sabit kalması, kayalarda plajiyoklaz fraksiyonlaşmasını göstermektedir.



Şekil 4.1. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaların Al_2O_3/CaO - SiO_2 diyagramı.

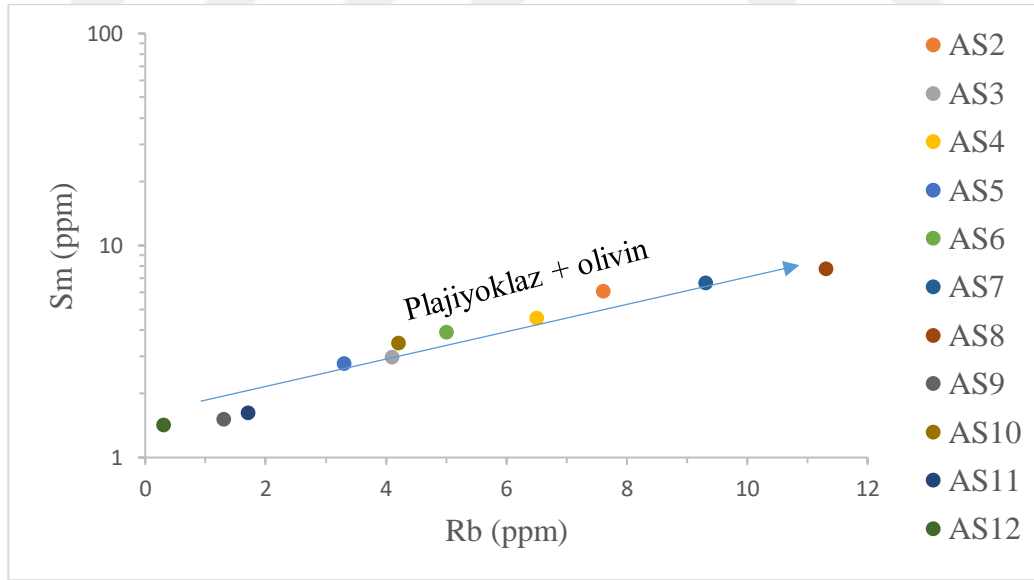
Fraksiyonel kristalleşme modellemesi için, fraksiyonlaşma indeksleri olarak Th ve Rb tercih edilmiştir çünkü bu mineraller petrografik çalışmaları destekler niteliktedir.

Asal-Ghoubet bölgesindeki volkanik kayaların Y-Th diyagramında (Şekil 4.2) pozitif bir korelasyona sahiptir. Bu da plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen kristallenmesi ile açıklanabilir.



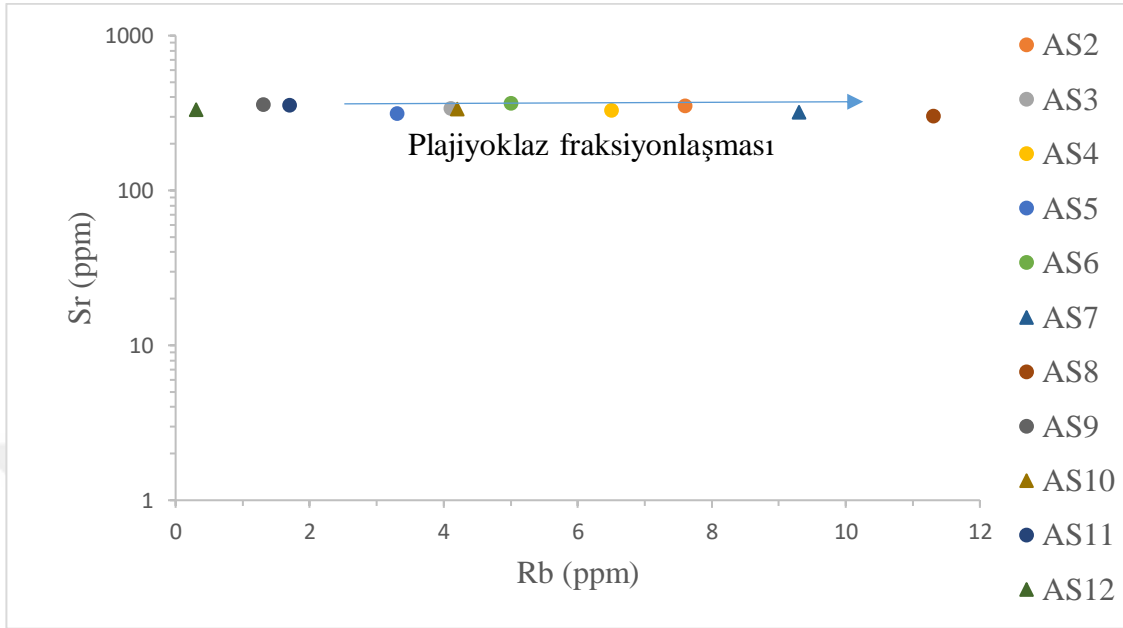
Şekil 4.2. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaların Y-Th log-log diyagramı.

Sm içeriği Rb arttıkça artar (Şekil 4.3). Bu artışın görebilmesi, plajiyoklaz kristalleşmesinin önemini göstermektedir.



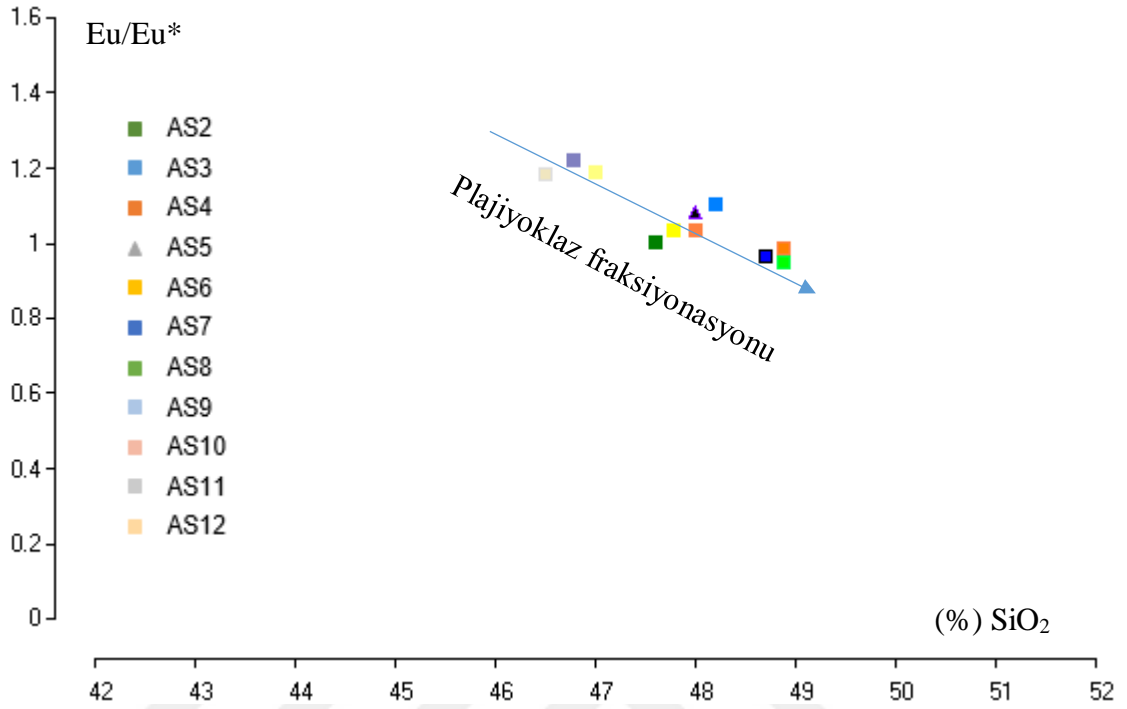
Şekil 4.3. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaların Sm - Rb log-log diyagramı.

Sr ve Rb konsantrasyonları (Şekil 4.4) fraksiyonasyon ile sabit kalır ve bu volkanik kayalar için plajiyoklaz esas fraksiyonel kristalleşmeyi göstermektedir.



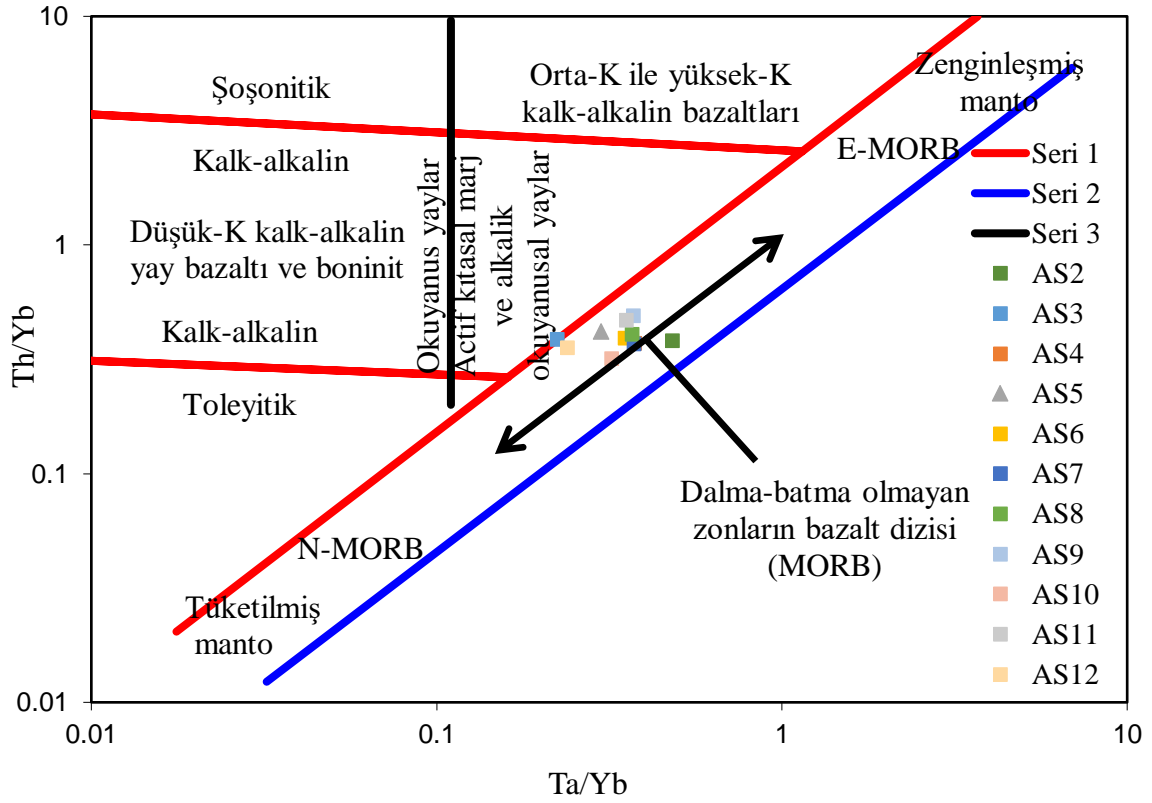
Şekil 4.4. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaların Sr - Rb log-log diyagramı.

Şekil 4.5, volkanik kayaların 0.8 ile 1.2 arasında değişen Eu / Eu^* oranlarına sahiptir ve Eu anomalileri ile silika içerikleri arasında negatif bir korelasyon bulunmaktadır. Negatif anomalilerin varlığı genelde plajiyoklaz fraksiyonlaşmasından kaynaklanmalıdır. Bunun nedeni, Eu'nin uyumsuz olan +3 değeri REE'nin (La, Y, Lu) tersine, plajiyoklazda uyumlu olmasıdır.



Şekil 4.5. Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayaların (Eu/Eu*) - SiO₂ diyagramı, plajiyoklaz fraksiyonlaşmasının olası etkileri.

Şekil 4.6, Th/Yb ve Ta/Yb oranının düşük olduğunu göstermektedir. Bazaltik kayalar, N-MORB ve E-MORB arasındaki manto diziliminde eğilim oluşturmaktadır. Bu, kayaların geçişli MORB tarafından üretildiğini göstermektedir.



Şekil 4.6. Cibuti'deki Asal-Ghoubet alanındaki volkanik kayalar için Th/Yb - Ta/Yb diyagramı (Pearce 1983'ten değiştirilerek alınmıştır).

5. SONUÇLAR

Asal-Ghoubet bölgesi, tektonik faaliyeti ve aktif volkanizma ile tanınmaktadır. Bölgenin açılma tektoniği açık çatlaklar yaratarak, magma bu çatlaklardan yükselmesini sağlamaktadır.

Manda, Galele koma, İnki Garrayto, Galae'le Koma ve fiale lavları bol oranda fenokristal mineralleri içermektedir. Bunlar plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen mineralleri içerir. Plajiyoklaz, olivin ve klinopiroksen minerallerin boyu sırasıyla yaklaşık 4 mm, 2 ve 1 mm vardır. Bu mineraller aynı zamanda hamur olarak bulunmaktadır. Diğer lavlardan farklı olan Ardoukoba volkanın camsı dokuludur.

Asal-Ghoubet rifti, toleyitik, K-ca fakir bazaltik lavlar üretmiştir. Yakınlarındaki diğer okyanusal sırtlarla (Aden Körfezi ve Tadjoura sırtları) kıyaslanmaktadır. Bu, çatlakların sırtının sabit halini temsil ettiğini düşünmemizi sağlar. Bizouard ve Richard 1980 yılında yaptığı araştırmalara göre Asal riftin akışlarının, kararlı bir rejim dengesi ve okyanus altı orta kırışıklıkların dengesine henüz ulaşmamış olan okyanus magmaları arasındaki geçişi işaretlediğini varsaymaktadır.

Sonuç olarak bu jeokimyasal çalışma, Manda, Galele Koma, İnki Garrayto, Galae'le Koma, Fiale ve Ardoukoba volkanlarının lavları, MORB ile zenginleştirilmiş bir litosferik manto ile karışımı sonucu oluştuğu hipotezini önerebiliriz. Bu hipotezi güçlendirmek için elektron mikroprob ile mineral tayinleri ve tüm kaya ve minerallerde radyojenik ve duraylı izotop yapılması bir sonraki aşamada düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Abdallah, A. et Demange, J. 1988. Forages géothermiques d'Asal : contribution à la connaissance de la géologie du rift d'Asal (République de Djibouti). in : "Le magmatisme mésozoïque à actuel de la plaque Afrique et son contexte structural", Workshop PICG 227, Giens.

Anonymous 1: <http://www.emse.fr/~bouchardon/enseignement/processusnaturels/up1/web/wiki/MC%20-%20Tectonique%20-%20Obduction%20%20-%20Martin.htm>

Anonymous 2: <https://www.mountainstamp.com/index.html>

Anonymous 3: <http://www.tageo.com/index-e-dj-v-05-d-m2824310.htm>

Anonymous 4: http://www.jpib-imaginer.com/Sharjah/Infos/ImagMois/07_05_Asal/07_05_Asal.html

Anonymous 5: https://www.geocaching.com/geocache/GC2EDX5_ardoucoba?guid=8e320681-6730-4ab3-8fd1-0881809501b9

Anonymous 6: (<https://volcanohotspot.wordpress.com/2016/11/27/ardoucoba-the-seven-day-wonder-in-the-afar-triangle/>)

Allard, P Tazieff, H. and Dajlevic, D., 1979. Observations of seafloor spreading in Afar during the November 1978 fissure eruption. *Nature* 282, 17-23.

Barberi, F. and Varet, J. 1970. The Erta'ale volcanic range (Danakil depression, Northern Afar, Ethiopia). *Bull. Volc.*, t. XXXIV, 4, p. 848-917.

Le Gal, B., Daoud, M.A., Maury, R., Gasse, F., Rolet, J., Jalludin, M., Caminiti A-M and Neima Moussa., 2015. Carte géologique de la République de Djibouti, 1/200 000. Centre d'Etude et de Recherche de Djibouti (CERD) et CCGM.

Bizouard, H., Clocchiatti, R., and Marinelli, G. 1980. Les tholéiites à olivine à mégacristsaux de bytownite du rift d'Asal (République de Djibouti). Quelques suggestions pour un modèle génétique. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. XXII, n°6, p. 845-850.

Bizouard, H., and Richard, O., 1980. Etude de la transition dorsale océanique rift émergé: golfe de Tadjoura, Asal, Afar central. Approche pétrographique et minéralogique. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. XXII, n°6, p. 935-943.

Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies, in P. Henderson editor (Editor), *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, pp. 63-114.

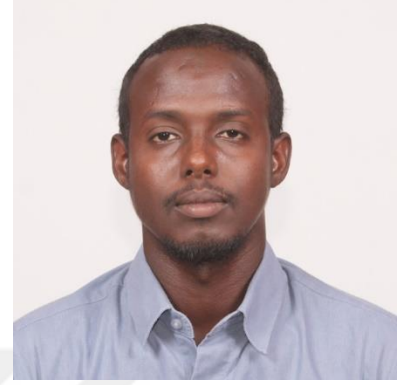
- Courtillot, V., Achache, J., Landre, F., Bonhommet, N., Montigny, R., and Féraud, G., 1984. Episodic spreading and rift propagation: new paleomagnetic and geochronologic data from the Afar nascent passive margin. *J. Geophys. Res.*, 89 (B5): 3315-3333.
- De Chabaliér, J-B and Avouac J-P., 1994. Kinematics of the Asal Rift (Djibouti) Determined from the Deformation of Fialé Volcano. *Science*, Vol. 265, p. 1677-1681.
- Demange, J., Stieltjes, L., Varet, J., 1980. L'éruption d'Asal de novembre 1978. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t, XXII, n°6, p. 837-843.
- Dobre, C., and Peltzer, G., 2007. Fluid-controlled faulting process in the Asal Rift, Djibouti, from 8-year radar interferometry observations. *Geology* 35 (1), 69–72.
- Dobre, C., Manighetti, I., Dorbath, C., Dorbath, L., Jacques, E., Delmond, J.-C., 2007a. Crustal structure and magmato-tectonic processes in an active rift (Asal-Ghoubbet, Afar, East Africa): 1. Insights from a 5-month seismological experiment. *J. Geophys. Res.* 112, B05405. doi:10.1029/2005JB003940.
- Dobre, C., Manighetti, I., Dorbath, L., Dorbath, C., Bertil, D., Delmond, J.-C., 2007b. Crustal structure and magmato-tectonic processes in an active rift (Asal-Ghoubbet, Afar, East Africa): 2. Insights from the 23-year recording of seismicity since the last rifting event. *J. Geophys. Res.* 112, B05406. doi:10.1029/2006JB004333.
- Harrisson C. G. A., Bonatti E. and Stieltjes L. (1975). Tectonism of axial valleys in spreading centers: data from the Afar rift. In: *Afar depression of Ethiopia*. Schweizerbart, Stuttgart, p. 178-198.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Science*, 8, 523-448.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., and Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram: *Journal of Petrology*, v. 27, p. 745-750
- Lépine, J.-C., and A. Hirn (1992). Seismotectonics in the Republic of Djibouti, linking the Afar depression and the Gulf of Aden, *Tectonophysics*, 209, 65-86.
- Manighetti, I., Tapponnier, P., Gillot, P.-Y., Jacques, E., Courtillot, V., Armijo, R., Ruegg, J.-C., King, G., 1998. Propagation of rifting along the Arabia-Somalia plate boundary: into Afar. *J. Geophys. Res.* 103 (B3), 4947–4974.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds), *Continental basalts and mantle xenoliths*, Shiva, Orpington (London), and Birkhauser Boston, Cambridge, Massachusetts, pp. 230-249.

- Peccerilo, A. and Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-91.
- Peltzer, G., Doubre, C., 2006. Asymmetric opening and episodic faulting in the Asal Rift, Djibouti. *Alaska Satellite Facility Newsletter* 3 (2), 2–3.
- Pinzuti P., Humler E., Manighetti I., Gaudemer Y., 2013. Petrological Constraints on melt generation beneath the Asal Rift (Djibouti) using quaternary basalts, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 14, 2932-2953, doi: 10.1002/ggge.20187
- Ruegg, J.C., and M. Kasser, 1987. Deformation across the Asal-Ghoubbet Rift, Djibouti, uplift and crustal extension 1979-1986, *Geophys. Res. Lett.*, 14, 745-748.
- Smittarello D., Grandin R., De Chabaliier J-B., Doubre C., Deprez A., Masson F., Socquet A., Saad I.A. 2016. Transient deformation in the Asal-Ghoubbet Rift (Djibouti) since the 1978 diking event: Is deformation controlled by magma supply rates?, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 121, 6030-6052, doi:10.1002/2016JB013069.
- Stieltjes L. 1973. L'axe tectono-volcanique d'Asal (Afar central – T.F.A.I.). Thèse de spécialité, Université de Paris Sud.
- Stieltjes L., Joran J. L., Treuil M., and Varet J. 1976. Le rift d'Asal, segment de dorsale émergé: discussion pétrologiques et géochimique. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. XVIII, n°4, p. 851-862.
- Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and process. In: Saunders, A.D., Norry, M.J.M (Eds), *Magmatism in the ocean basins*. Geological society of London 42, pp. 313-343.
- Tarantola, A., J. C. Ruegg, and J. P. Lepine (1980). Geodetic evidence for rifting in afar, 2. Vertical displacements, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 48, 363-370.
- Vellutini, P., 1990. The Manda-Inkir rift, Republic of Djibouti : A comparison with the Asal rift and its geodynamic interpretation. *Tectonophysics*. 172, 141-153.
- Vellutini, P., Piguet, P., Recroix, F., Demange, J., Abdallah, A., 1993. Carte géologique de la République de Djibouti au 1/100000 : Notice d'Asal. Edition BRGM
- Vigny, C., J.-B de Chabaliier, J.C. Ruegg, P. Huchon, K. L. Feigl, R. Cattin, L. Asfaw, and K. Kynbari, 2007. Twenty-five years of geodetic measurements along the Tadjoura-Asal rift system, Djibouti, East Africa, *J. Geophys. Res.*, 112; B06410., doi: 10.1029/2004JB003230.
- Zumbo, V., Féraud, G., Vellutini, P., Piguet, P., Vincent, J., 1995. First $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating on Early Pliocene to Plio-Pleistocene magmatic events of the Afar - Republic of Djibouti. *J. Volcanol. Geotherm. Res* 65: 281-295.

ÖZGEÇMİŞ

AWALEH DJAMA İLTİREH

Email: awalehiltireh@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2015-2017	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği, Antalya
Staj Ekim 2016-Şubat 2017	Cibuti Eğitim ve Araştırma Merkezi, Cibuti
Lisans 2010-2013	Djibouti Üniversitesi Fen Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Cibuti
Staj 2012-2013	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Cibuti Tabii Kaynaklar Müdürlüğü. Cibuti