

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MALATYA-DOĞANŞEHİR BERİT METAOFİYOLİTLERİNDEKİ YAKUT
OLUŞUMLARININ GEMOLOJİK VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Tuğba VELİOĞLU

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

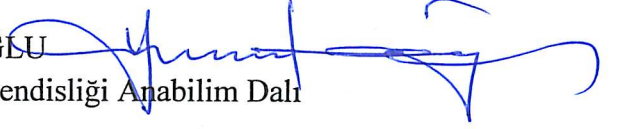
**ANKARA
2017**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Tuğba VELİOĞLU tarafından hazırlanan “Malatya-Doğuşehir Berit Metaofiyolitlerindeki Yakut Oluşumlarının Gemolojik ve Petrolojik Özellikleri” adlı tez çalışması 03/05/2017 tarihinde aşğıdaki jüri tarafından oy birliğı ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı

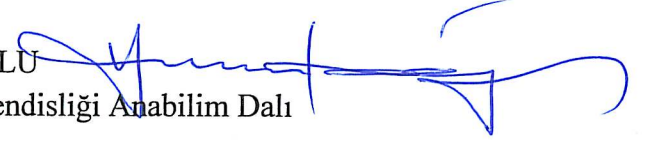


Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Doğan AYDAL
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. Elif VAROL MURATÇAY
Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

03.05.2017


Tuğba VELİOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MALATYA-DOĞANŞEHİR BERİT METAOFİYOLİTLERİNDEKİ YAKUT OLUŞUMLARININ GEMOLOJİK VE PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ

Tuğba VELİOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU

Çalışma alanı Malatya ili Doğanşehir ilçesinin güneyinde yer almaktadır. İnceleme alanının temel kayasını Kretase yaşlı metaofiyolit birimleri oluşturmakta ve bunlara Eosen yaşlı Doğanşehir granitoidleri sokulum yapmaktadır. Bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak sırasıyla kumtaşı, traverten ve alüvyon gelmektedir. Metaofiyolit çalışma alanının büyük bir kısmını oluşturmakta ve fazlaca süreksizlikler içermektedir. Metaofiyolitler; başlıca harzburjit, dunit, gabro, piroksenit, eklojit ile metabazik ve metaultrabazik kayalardan oluşmaktadır. Yakut kristallerinin segregasyonu, başlıca metamorfizmaya uğramış piroksenitlerde ve anortitçe zengin metagabrolarda daha fazla yoğunlaşmaktadır. Metagabro ve piroksenitler, taze mostralara sergiler ve iri kristalin dokuludurlar. Yakut içeren metagabroların renkleri yeşilden koyu yeşilimsi siyaha doğru bir renk aralığı sergilerler. Bu kayalarda, el örneğinde yakutun varlığıyla birlikte diyopsit, albit, tremolit ve aktinolit mineralleri gözlenmiştir. Yakut kristalleri, bölgedeki koyu yeşil metagabro ve piroksenitlerin içerisinde pembeden morumsu kırmızıya kadar değişen renklerde olup belirgin bir ikizlenmeye sahiptirler. Mikroskopta yapılan incelemeler sonucunda, yakut kristallerinin yarı özşekilli olduğu ve çoğunlukla piroksen ve tremolit mineralleri ile birlikte yer aldığı görülmektedir. Bu kristallerin mikro konkofal raman spektrometre analizleri, kristallerin korundumdan ibaret olduklarını göstermektedir. EPMA analiz sonuçlarına göre bu korundumların %1.87'e kadar varan Cr_2O_3 ve %98'e kadar Al_2O_3 içerdiği belirlenmiştir. Jeoloji, petrografî, raman karakteristik ve EPMA analiz sonuçları; yakut kristallerinin bölgedeki ofiyolitlerdeki anortitçe zengin spinel içeren gabro ve piroksenitlerin metamorfizması sırasında oluşmuş olabileceğini göstermektedir. Al içerikli mineraller ile kromitin metamorfizma altındaki reaksiyonları, bölgede Cr içerikli korundum oluşumlarına neden olabilmektedir.

Mayıs 2017, 97 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yakut, korundum, granitoid, metaofiyolit, Doğanşehir

ABSTRACT

Master Thesis

GEMOLOGICAL AND PETROLOGICAL PROPERTIES OF RUBY OCCURENCES WITHIN BERİT METAOPHIOLITES OF MALATYA DOGANSEHIR

Tugba VELIOGLU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU

The study area is located to the South of Malatya province, Dogansehir district. The basement rock of the investigated area is represented by Cretaceous metaophiolite and they are intruded by Dogansehir granitoids. Sandstone, travertine and alluvion overlay these units respectively. Metaophiolite forms a large part of the study area and have many discontinuities. Metaophiolites are mainly composed of harzburgite, dunite, gabbro, pyroxenite, eclogite, metabasic and metaultrabasic rocks. The segregation of ruby crystals are mainly concentrated in the anorthite rich metagabbro and metamorphosed of pyroxenite unit in the area. Metagabbro and pyroxinite exhibit fresh outcrops and they have coarse crystalline grain textures. Ruby bearing metagabbros are greenish to dark greenish black in color. All these rocks are composed of diopside, albite, tremolite and actinolite minerals with the ruby crystals in hand specimen. The ruby crystals have a clear twinning with pink to purplish red in color within the dark green crystals of metagabbro and pyroxenite in the region. The ruby crystals are subhedral in shape and mostly accumulated within the pyroxene and tremolite minerals under the microscope. The micro Confocal Raman Spectrometry analysis of these crystals show that they are in the composition of corundum. According to the results of EPMA analysis, the concentration of Cr_2O_3 reach up to %1.87 and the Al_2O_3 contents reach up to %98. The geology, petrography, raman characteristic features and the results of EPMA analysis reveal that ruby crystals might be formed during the metamorphisim of anorthite rich spinel bearing gabbro and pyroxenite of the metaophiolite in the region. The reactions of the Al bearing minerals with the chromite under the metamorphisim may cause to form Cr bearing corundum (ruby) in the region.

May 2017, 97 pages

Key Words: Ruby, corundum, granitoid, metaophiolite, Dogansehir

TEŞEKKÜR

Jeolojiyi bana sevdiren, çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarıyla akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de yetişmeme katkıda bulunan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı değeri asla unutmayacağım danışman hocam sayın Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında benden desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Araştırma Görevlisi Dr. Kıymet Deniz (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve Araştırma Görevlisi Cumhur Özcan KILIÇ'a (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü); “‘Türkiye’deki Süstaşlarının Araştırılması” Projesi’nde bugüne kadar birlikte çalıştığım değerli arkadaşlarım Dr. Ali Murat AY, Handan GÜNEL, Serkan KILINÇARSLAN, Erhan DURAN ve Dr. Koray SÖZERİ’ye; bizimle gönül birliği yapmış iş arkadaşımız arkeolog Taner SONGÖREN’e manevi destekleri için teşekkür ederim. İnsani ve vicdani yönleriyle herkese örnek olan, çalışmalarım sırasında önemli katkılarda bulunan sevgili arkadaşım ve kardeşim rahmetli Şehit Mehmet ALAN’a (MTA) sonsuz ve en samimi teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince birçok fedakarlıklar göstererek beni destekleyen aileme; sevgisi ve ışığı ile sonsuz desteğini daima yanımda hissettiğim sevgili Muammer UYSAL'a en derin duygularla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, MTA Tabiat Tarihi Müzesi bünyesinde yürütülmekte olan “‘Türkiye’deki Süstaşlarının Araştırılması (2017-08-16-02)’” Projesi tarafından desteklenmiştir.

Tuğba VELİOĞLU
Ankara, Mayıs 2017

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Korundum Mineraline Olan İlginin Tarihçesi.....	2
1.2 Yakut ve Safir.....	11
1.3 Sentetik Korundum Üretimi ve Tanımlanması.....	13
1.3.1 Alev-füzyon Yöntemi (Verneuil Metodu).....	14
1.3.2 Flaks-Ergiyik Metodu.....	15
1.3.3 Kristali Çekerek Büyütme Metodu (Czochralski Metodu).....	16
1.3.4 Hidrotermal Metod.....	16
1.4 Yakut ve Safir İmitasyonları.....	17
1.5 Çalışma Alanının Coğrafik Konumu.....	18
1.6 Bölgenin Türkiye Jeolojisindeki Konumu.....	19
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
2.1 Literatür Derlemesi.....	21
2.2 Arazi Çalışmaları.....	21
2.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	21
2.4 Büro Çalışmaları.....	23
2.5 Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi.....	23
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	24
4. BÖLGSEL JEOLJİ.....	30
4.1 Bölgenin Stratigrafisi.....	33
4.1.1 Temel Birimler.....	33
4.1.1.1 Malatya Metamorfikleri.....	33
4.1.1.2 Berit Metaofiyoliti.....	34
4.1.1.3 Maden Grubu.....	36
4.1.2 Magmatik Birimler.....	36
4.1.2.1 Doğanşehir Granitoyidi	36
4.1.3 Örtü Birimleri.....	38
5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ.....	39
5.1 Eklojit.....	45
5.2 Amfibolit	46
5.3 Serpantinit.....	46
5.4 Metagabro ve Metapiroksenit.....	46
5.5 Lökometagabro.....	48
5.6 Milonitik Granit.....	49
5.7 Killi Kireçtaşı.....	50
6. MİNERALJİ VE PETROGRAFİ.....	51
6.1 Eklojit.....	51

6.2 Amfibolit	53
6.3 Serpantinit.....	53
6.4 Metagabro.....	55
6.5 Metapiroksenit	56
6.6 Lökometagabro	58
6.7 Milonitik Granit	59
7. RAMAN SPEKTROSKOPİSİ	60
7.1 Doğanşehir Yakutlarının Raman Spektroskopik İncelemesi.....	64
8. JEOKİMYA.....	65
9. TARTIŞMA.....	74
9.1 Korundum oluşumu.....	74
9.2 Korundumdaki Renk Farklılığı.....	77
10. SONUÇLAR.....	79
KAYNAKLAR.....	80
EKLER.....	86
EK 1 İnceleme alanındaki kayaların petrografik incelemesi.....	87
EK 2 Doğanşehir yakutlarının Oksit (%) ve iz element (ppm)	
Konsantrasyonları.....	92
EK 3 İnceleme Alanından alınan önemli kaya örneklerinin	
ana element (%) analiz sonuçları.....	94
EK 4 İnceleme Alanından alınan önemli kaya örneklerinin	
iz element (ppm) analiz sonuçları.....	96
ÖZGEÇMİŞ.....	97

SİMGELER DİZİNİ

As	Arsenik
Ba	Baryum
Br	Brom
BH	Blasto holokristalin doku
Bi	Bizmut
Cd	Kadmiyum
Ce	Seryum
Cl	Klor
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
Ga	Galyum
Ge	Germanyum
gr	Gram
Hf	Hafniyum
Hg	Civa
I	İyot
In	İndiyum
La	Lantan
Km	Kilometre
Mo	Molibden
Nb	Niyobyum
Nd	Neodim
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Pr	Praseodim
Rb	Rubidyum
S	Kükürt
Sb	Antimon
Se	Selenyum
Sn	Kalay
Sr	Stronsiyum
Ta	Tantal
Te	Tellür
Th	Toryum
Tl	Talyum
U	Uranyum
V	Vanadyum
Zr	Zirkon
Zn	Çinko
W	Tungsten
Y	İtriyum
%	Yüzde
~	Yaklaşık

Kısaltmalar

aktnlt	Aktinolit
albt	Albit
ankrt	Ankerit
apnt	Apinit
argnt	Aragonit
BM	Blastomilonitik doku
dh	Demir Hidroksitleşme
epdt	Epidotlaşma
EPMA	Electron Probe Micro-Analysis
GBD	Granoblastik Doku
GIA	Amerikan Gemoloji Enstitüsü
GPS	Global Position System
grnt	Granat
HHT	Holokristalin Hipidyomorf Tanesel
hgrnt	Hidrogranat
ICA	Uluslararası Renkli Taşlar Birliği
ICP	Inductively Coupled Plasma emission spectrometry
kar	Karbonatlaşma
kbar	Kilobar
kil	Killeşme
klrt	Klorit
klrtş	Kloritleşme
klsdn	Kalsedon
klst	Kalsit
krnd	Korundum
kvrs	Kuvars
LOI	Loss of ignition
MD	Milonitik Doku
MK	Mikritik Doku
My	Milyon Yıl
ND	Nematogranoblastik Doku
olvn	Olivin
opk	Opaklaşma
ops	Opasitleşme
ortklz	Ortoklaz
PED-XRF	Polarized Energy Dispersive X-Ray Floresence
plj	Plajiyoklaz
ppm	Parts per million
prk	Piroksen
sfn	Sfen
srpn	Serpantinleşme
srst	Serisit
srzt	Serizitleşme
tlk	Talklaşma
trmln	Turmalin
trmlt	Tremolit

uvrvt	Uvarovit
VAG	Volkanik Yay Granitoyidi
VSK	Vesiküler Doku
yakutsaf	Saf Yakut
YEBİM	Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi
ykt	Yakut



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Korundum içeren kayaların sınıflandırılması (Simonet vd. (2007)'den değiştirilmiştir.).....	12
Şekil 1.2 Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	19
Şekil 1.3 Türkiye'deki tektonik birlikler (Okay ve Tüysüz, 1999).....	20
Şekil 4.1 Güneydoğu Anadolu orojenik kuşakları (Karaoğlu vd. 2013, Yılmaz vd. 1993'den değiştirilmiştir).....	30
Şekil 4.2 Çalışma alanının Malatya ili jeoloji haritasındaki konumu (MTA, 2009'dan değiştirilmiştir).....	32
Şekil 4.3 Berit metaofiyolitinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Karaoğlu, 2012).....	33
Şekil 4.4 Berit metaofiyolitinin (B5h) Sm-Nd mineral+tüm kayaç izokron metamorfizma yaşı (Karaoğlu, 2012).....	35
Şekil 5.1 İnceleme alanının jeoloji haritası. (Haritadan alınan KB-GD yönlü jeolojik kesit güzergahı üzerinde gösterilmiştir.)	40
Şekil 5.2 İnceleme alanından alınan örneklerin yerbulduru haritası.....	41
Şekil 5.3 İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti	42
Şekil 5.4 İnceleme alanının A-B doğrultusu boyunca alınmış jeolojik kesiti ve arazi fotoğrafı.....	44
Şekil 5.5 Metaofiyolit içerisinde yer alan eklojitlerin arazi görünümü.....	45
Şekil 5.6 Metaofiyolit içerisinde yer alan serpantinitleşmiş yüzleklerin a) genel görünümü b) serpantinitleşmiş yüzleklerin yakın görünümü.....	46
Şekil 5.7.a.b. Metagabro ve metapiroksenitlerin içerisinde görülen farklı açıdan yakut oluşumlarının arazi görünümü.....	47
Şekil 5.8 Metapiroksenit kayasındaki yakut ve piroksen kristallerinin Makrofotografı.....	48
Şekil 5.9 Metaofiyolit içerisinde yer alan lökometagabroların arazi Görünümü.....	49
Şekil 5.10 Kırıklanma ve çatlaklanma gösteren milonitik granitlerin arazi Görünümü.....	49

Şekil 5.11 Çalışma alanındaki killi kireçtaşı birimlerinin arazi görünümü.....	50
Şekil 6.1 Eklojit kayasının genel dokusunu gösteren fotomikrograf	51
Şekil 6.2 Eklojit kayasındaki uvarovit minerallerinin fotomikrografı.....	52
Şekil 6.3 Eklojit kayasındaki tremolit ve aktinolit minerallerini gösteren Fotomikrograf.....	52
Şekil 6.4 Eklojit kayasındaki korundum mineralini gösteren fotomikrograf.....	52
Şekil 6.5 Amfibolit kayasının fotomikrografı.....	53
Şekil 6.6 Serpantinleşmiş elek dokulu dunit kayasının fotomikrografı.....	54
Şekil 6.7 Serpantinleşmiş elek dokulu harzburjit kayasının fotomikrografı.....	54
Şekil 6.8 Serpantinleşmiş elek dokulu harzburjit kayasındaki uvarovit mineralini gösteren fotomikrograf.....	54
Şekil 6.9 Metagabro kayasındaki kataklastik etkiyi gösteren fotomikrograf.....	55
Şekil 6.10 Metagabro kayasındaki uvarovit ve serpantinleşmiş olivinleri gösteren fotomikrograf.....	56
Şekil 6.11 Metagabro kayasındaki korundum kristallerini gösteren Fotomikrograf.....	56
Şekil 6.12 Metapiroksenit kayasındaki yakut kristallerini gösteren Fotomikrograf.....	57
Şekil 6.13 Metapiroksenit kayasındaki yakut kristallerini gösteren fotomikrograf.....	57
Şekil 6.14 Metapiroksenit kayasındaki yakut ve tremolit-aktinolit kristallerini fotomikrograf.....	58
Şekil 6.15 Lökometagabro kayasındaki milonitleşmeyi gösteren Fotomikrograf.....	58
Şekil 6.16 Milonitik granit kayasını gösteren fotomikrograf.....	59
Şekil 7.1 Rayleigh ve Raman saçılmaları.....	61
Şekil 7.2 Stokes ve anti-Stokes türündeki Raman saçılmasının molekül enerji diyagramı ile gösterilmesi.....	62
Şekil 7.3 Doğanşehir yakutlarının raman spektroskopik incelemesi.....	64

Şekil 8.1 İnceleme alanındaki kaya örneklerinin (%) SiO_2 'ye karşı ana oksit ve iz element değerlerinin değişim diyagramları.....	67
Şekil 8.2 İnceleme alanındaki kaya örneklerinin (%) SiO_2 'ye karşı ana oksit ve iz element değerlerinin değişim diyagramları (devam).....	68
Şekil 8.3 İnceleme alanındaki kaya örneklerinin (%) SiO_2 'ye karşı ana oksit ve iz element değerlerinin değişim diyagramları (devam).....	69
Şekil 8.4 İnceleme alanındaki kaya örneklerinin Al_2O_3 'e karşı Cr değişim grafikleri.....	69
Şekil 8.5 Yakut minerallerinin sınıflandırılmasında kullanılan Cr_2O_3 'e karşı Fe_2O_3 ve $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 'ye karşı Cr_2O_3 diyagramı (Garnier vd., 2002'den değiştirilmiştir.).....	71
Şekil 8.6 Yakut minerallerinin sınıflandırılmasında kullanılan $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 'ye karşı $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ diyagramı (Rakotondrazafy vd., 2008'den değiştirilmiştir.).....	72
Şekil 9.1 Berit metaofiyolitinin basınç-sıcaklık diyagramı (Karaoğlu, 2012).....	75
Şekil 9.2 Bölgede görülen yakutların şematik oluşum modeli.....	76

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 8.1 Malatya Doğanşehir'deki yakut örneklerinin EPMA analizi	
Sonuçları	73



1. GİRİŞ

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olmak üzere hazırlanmış; MTA Genel Müdürlüğü'nün "Türkiye'deki Süstaşları Potansiyelinin Araştırılması" projesi kapsamında yürütülmüştür.

İnceleme alanı, Malatya'nın Doğanşehir ilçesinin 3 km güneyinde yer almakta, bölgedeki Doğanşehir Metaofiyolitleri içerisinde yer alan korundum mineral oluşumlarını ve özelliklerini kapsamaktadır (Bkz. Şekil 1.2).

Bu çalışmada, Doğanşehir ve çevresinde bulunan kayaçların 1/25.000'lik ayrıntılı jeoloji haritası hazırlanmıştır. Saha incelemesi sırasında bölgeden toplanan örneklerin petrografik incelemeleri ve uygun görülen taze örneklerin jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Doğanşehir metaofiyolitleri içerisindeki korundum oluşumlarının mineralojisi ve jeokimyasal verileri sahanın jeolojik ve petrolojik konumu ile birlikte değerlendirilerek mineralin kompozisyonu ve hangi süreçlerde oluşmuş olabileceği belirlenmiştir. Bölgedeki korundum oluşumlarının gemolojik açıdan değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma sahasında belirlenen metagabro, metapiroksenit ve eklojit kayaları metaofiyolit kimliği ile tanınmışlardır.

Çalışma sahasını jeolojik, petrografik, petrolojik, metalojenik ve tektonik açıdan ele alan çalışmalar yapılmıştır (Perinçek ve Kozlu 1984, Yılmaz 1992, Genç vd. 1993, Yılmaz vd. 1993, Önal 1995, Önal ve Bingöl 1996, Önal ve Altunbey 1999, Karaoğlu 2005, Karaoğlu vd. 2009, Robertson vd. 2006, Parlak vd. 2009 gibi). İlkay Kaydu, Malatya ve çevresindeki süstaşı oluşumlarıyla ilgili yapmış olduğu doktora tezinde (Kaydu 2014); korundumların renk, sertlik ve işlenebilirlik özelliklerine deyinmiştir. Fakat, bölgede bulunan bu oluşumların jeolojisi ve oluşum koşulları bilimsel literatürde hiç yer almamıştır.

Malatya ili Doğanşehir ilçesindeki korundumların oluşumu ve kökeninin ortaya konulması, petrolojik anlamda bir önem teşkil etmesinin yanı sıra, coğrafik kökeni jeolojik köken yoluyla belirlemeye çalışan gemologlara da daha fazla bilimsel destek verecektir. Bu çalışmada, Malatya Doğanşehir Metaofiyolit kayalarındaki korundum kristallerinin oluşumu ve kökenini ortaya koymak amacıyla, korundum içeren kayaçlar jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal olarak incelenmiştir.

1.1 Korundum Mineraline Olan İlginin Tarihçesi

Bu tez çalışmasının Malatya Doğanşehir bölgesinde oluşan korundum mineralinin özellikleri ve oluşum şeklini ele alması ve tarih boyunca korundum mineraline olan ilginin kayda değer olması dolayısıyla bu konunun tarihi hakkında bilgi toplanmıştır.

Korundum, Hintçe “kurand” (Streeter 1892), “kuruvinda” (Tagore 1879) ya da “Kauruntaka” (Mitchell 1979) kelimesinden türemiştir. Bu terim, Hindistan’da korundumun saf olmayan formu için kullanılmaktaydı (Hughes 1997).

Yakut ve safirin korundumun farklı renklerdeki varyasyonları olduğunu bugün biliyoruz. Fakat bunun böyle olduğu önceden bilinmiyordu. S.M. Tagore (1879) tarafından çevirisi yapılan eski Sanskrit metni “Garuda Purana”, Hindistan’da, eski zamanlardan beri bu gerçeğin biliniyor olabileceğine; fakat batılıların 18. yy’ın sonuna kadar bunu farketmediklerine işaret etmektedir. Daha önceleri Avrupa’da çoğu taş sadece renge göre sınıflandırılıyordu. Mesela yakut, granat ve spinel gibi birçok diğer kırmızı taşla birlikte, “carbunculus” (kızıl renk) başlığı altında yer alıyordu. Safir ise topaz, kuvars, zirkon gibi diğer sarı ve mavi renkli taşlarla birlikte “hyacinthus” (sümbül) adı altında listeleniyordu (Hughes 1997).

Milattan önce 300-500 tarihlerinde, demokrasinin doğduğu yer olan Yunan şehir devletleri, insan uygarlığının en önemli bilimsel ve kültürel yükselişlerinden birine sebep olmuştur. Süs taşları konusunda birtakım çalışmalar yazılırken, bunlardan bir kısmı korunmuştur. Bunlardan biri Yunan bilim adamı Theophrastus’un yaklaşık olarak

milattan önce 315 zamanına ait olan Peri Lithon (Taşlar Üzerine)'udur. Bu kısa ve öz metinde, taşlar özelliklerine göre ayrıldıkları alt gruplarıyla birlikte renge göre sınıflandırılmışlardır. Buna göre yakut, “anthrax” grubu içerisinde yer almaktadır. Theophrastus'un anthrax'ı, yakutu içermekle birlikte, çoğunluğunun kırmızı renkli granat ve spinel olması olası görülmektedir (Hughes 1997).

Caley ve Richards, “Theophrastus on Stones” (1956) isimli metinlerinde, “anthrax” ı, yakılamadığı için tamamen farklı özellikte bir tür değerli taş olarak tanımlamaktadırlar. Metne göre, taş mühür yapımında kullanılmakta; kırmızı renkte ve güneşe karşı tutulduğunda yanan kömür renginde olup Carthage (Kuzey Afrika) ve Massalia (Marseilles)'dan getirilmekteydi.

Yine aynı metne göre, “Miletus” (Türkiye'nin batı kıyısında, günümüzde harabe halinde olan Milet antik liman şehri) civarında da bu yanmayan, köşeli ve üzerinde hekzagonal şekiller olan taştan bulunmuştu. Miletus civarında bulunan anthrax, muhtemelen Türkiye'nin ana kaynağı olduğu zımpara taşıdır. Zımpara taşı, griden siyaha doğru değişen renkte, manyetit ya da hematit içeren, korundumun saf olmayan bir türüdür.

Daha fazla detay MS 23-79'da Pliny tarafından verilmiştir. “Great Roman polymath's encyclopedia” (Büyük Romalı bilgenin ansiklopedisi)'nin 37'nci ve son kitabı “Natural History” (Tabiat Tarihi), değerli taşları ele almaktadır. Yakut, kuvvetle muhtemel olarak Pliny'nin carbunculus' u altında bulunmaktadır.

Ball (1950), Pliny'nin MS 1.yy'da yazdığı metinlere yer vermiştir. Bu metinlere göre Pliny, carbunculus'u dişi ve erkek olarak iki kategoriye ayırır. Daha ateşli kırmızı olanı erkek, daha az parlak olanlarını dişi olarak tanımlamıştır. Kitapta carbunculus'un cam imitasyonundan bahsedilir ve imitasyonun daha yumuşak, kırılğan ve hafif olduğu belirtilir. Pliny, safirden “hyacinthos” olarak bahseder ve “amethystos” (ametist) arasındaki farklılıkları parlaklık, renk ve renk doygunluğu açısından karşılaştırır.

Değerli taşlar konusunda eski Hindistan’da yazılmış değerli eserlerden özellikle bahsetmek gerekir. Süstaşları hakkında birçok eski Sanskrit metin bulunmakta ve bunlar “Sarma (1984)” tarafından tartışılmaktadır. 2.yy’ın sonunda yazılan Tamil klasiği Shilappakikaram, Güney Hint Süstaşı piyasası Madurai’nin etkileyici bir tasvirini içerir. Fakat, sadece gemoloji ile ilgili olan en eski eser, Budist yazar Buddhaghata’nın Ratnapariksa (Gemoloji)’sıdır. 6. yy civarında kaleme alınmış eser, birçokları için bir model teşkil etmektedir. Garuda Purana tüm metni birleştirmiştir (Hughes 1997).

Muhtemelen Hint kıymetli taş sanatına ait en iyi İngilizce yazılmış kaynak S.M.Tagore’nin Mani-Mala (1879-1881)’sıdır. Hem Avrupa hem de Arap gemologlardan bilgiler içermekle birlikte, büyük ölçüde Hint metinleri olan Puranalar’a dayandırılmaktadır (Hughes 1997).

Puranalar, Antik Hint döneminden kalma, evrenin yaratılması, tanrılar ve kralların hikayelerini, Hint coğrafyası ve inanışları ile ilgili konuları içeren masalları veya efsaneleri anlatan metinlerdir (<https://tr.wikipedia.org/wiki/Puranalar> 2017a). Hem Garuda Purana hem de Skanda Purana süstaşları ile ilgili araştırmalar içerir (Hughes 1997).

Hughes (1997), Tagore, Pliny ve Theophrastus’un metinlerini karşılaştırmış, Tagore’nin Ceylon (Sri Lanka)’u korundum için başlıca lokalite olarak tanımlaması dolayısıyla, coğrafi köken bakımından diğerlerinden daha doğru olduğunu belirtmiştir. Pliny, taşları sirke içerisine sokarak renklerini iyileştirmekten bahsetmiştir. Puranalar da benzer bir süreci tartışmakta; fakat taşların ateş üzerinde pişirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bunun ısı işlem uygulamasının erken keşfi olduğu sonucu da çıkartılabilir (Hughes 1997).

Roma imparatorluğu’nun yıkılmasından sonra, Avrupa katolik dogma ve entellektüel karanlık içerisine düştü. Avrupa uykudayken, Mısırlılar, Yunanlar ve Romalılar başta olmak üzere yakın doğu çalışmaya devam etti. Kuzey Afrika’dan Afganistan’a kadar olan topraklar doğu ile aktif olarak ticarete katıldı ve bu gelişmeler, birtakım önemli

mineralojik eserlerle sonuçlandı. Jeoloji ve mineraloji üzerine yazılmış öne çıkan kökeni Arap alfabesine dayalı yazılı eserler arasında Pseudo-Aristotle, Mohammad Ben Mansur, Ibn-i Sina (980-1037), Teifaschi (1184-1253) ve Biruni (973-1048)'nin eserleri de yer almaktadır.

Aristo'nun "The Stone Book"u, ünlü Yunan bilim adamı Aristo'ya yanlışlıkla atfedilen, kökeni Arap alfabesine dayalı yazılı bir çalışmadır. Gerçek yazar bilinmemektedir (Hughes 1997).

Kunz (1915)'e göre, MS 7.yy ile 9.yy arasındaki dönem içerisinde bir zamanda yazılmış sözde Aristo'ya ait eser, korundumun önde gelen üç çeşidinin aslında aynı mineral olup sadece renkte farklılık gösterdiğini net bir şekilde tanımlayan ilk eserdir. Bunlar yakut, oryantal topaz (jacinthus citrinus) ve safirdir.

Kunz, Mohammed Ben Mansur'un MS 13.yy'da değerli taşlar üzerine yazdığı Farsça bir eserine de değinmiştir. Buna göre, Mohammed Ben Mansur yakutu 6 gruba ayırır: Kırmızı, sarı, siyah, beyaz, yeşil ya da tavuzkuşu rengi, mavi ya da dumanlı renk. Aynı eserde, yakutun, karnelyan ve elmas hariç tüm taşları kestiğinden bahsedilir.

Kunz (1915), Mansur'un eserinin MS 13.yy kaynaklı olduğunu ifade etse de; Sinkankas (1993) Mansur'un MS 9.yy'da yaşadığını vurgular.

Diğer bir eser, 11.yy Fars kökenli bilgin Al-Biruni'ye aittir. Mineraloji üzerine yazdığı eserinde, yakutun kırmızı, sarı, beyaz ve mavi çeşitleri olduğundan bahseder ve bunların uzun tanımlarını verir. Aristo'nun "The Stone Book" u ile bu eser, yakut ve safirin aynı mineral olduğunun farkında olunduğunu gösteren en eski dökümanlardır.

Mısırlı değerli taş tüccarı Teifaschi (Taifashi, Teifashi vs.) (1184-1253) tarafından MS 1240 civarında yazılmış iyi bilinen bir eseri de kökeni Arap alfabesine dayalı çeşitli çalışmalar arasında yer almaktadır. Teifaschi'nin süstaşları üzerine çalışması, Kitab al

adhjar (Book of Flowery Thoughts on Precious Stones) ya da Azhar al- akfar fi jawahir al-ahjar (Blossom of Thoughts on Precious Stones) olarak isimlendirilmiştir. Değerli taşlarla ilgili eserler yazan diğer Araplara benzer olarak Teifaschi de yakut üzerine çok fazla vurgu yapmıştır. Yakutun renklerini tarif eder, kaynaklarını tartışır ve aynı boyutlardaki diğer taşlardan daha ağır olduğunu belirtir (Sersen 1991).

Fars kökenli bilgin Al-Biruni, dönemindeki bir çok önemli bilim adamı gibi tarih, kronoloji, astronomi, matematik, felsefe gibi farklı konularda uzmanlaşmıştır. Biruni'nin değerli taşlarla ilgili çalışmaları da vardır. Kitab al-jamahir fi ma'rifat al-jawahir (The People's Book on the Knowledge of Gems), Al-Biruni'nin değerli taşlarla ilgili birkaç yüz sayfalık bir metnidir. Bu metnin İngilizce çevirisi 1989'da yayımlanmıştır.

Biruni'nin çalışmalarından en önemli olanlarından biri, katıların yoğunluklarını belirleme üzerine yazılmış Maqala fi'Inisab allati bayn al-filizzat wa'l-jawahir fi'l-hajm (Treatise on the ratios between the Volumes of Metals and Jewels)'dır. Bu kitap kurtarılamamakla birlikte, bölümleri farklı yazarlar tarafından tartışılmıştır. Kitapta Biruni düzensiz şekildeki katıların özgül ağırlıklarını belirlemek için kullanan bir teknik üzerinde çalışmıştır. 8 metalin, 15 diğer katının (çoğunlukla süstaşı) ve 6 sıvının özgül ağırlık değerlerini doğru bir şekilde rapor etmiştir (Hughes 1997). Biruni, birçok yönden modern bir bilim adamının ilk örneğidir.

Ball (1922), makalesinde Abu Zeid al Hasan'ın MS 850'de yazdığı metinlere yer vermiştir. Abu Zeid al Hasan, bu metinlerde Serendib (Ceylon)'in dağlarında çeşitli renklerde çoğu mağara ya da çatlaklardan yikanmış değerli taşlardan bahsetmektedir.

1832'de James Prinsep ve Raja Kalikishen "Journal of the Asiatic Society of Bengal" de etkileyici bir makale yayımlamıştır. Bu makale, İngilizceye Kalikishen tarafından tercüme edilen, doğuya özgü üç farklı çalışmanın özetini içermektedir. Huges (1997), Prinsep'in bu çalışmaları nasıl tanımladığına, makaleden yaptığı alıntılarla değinmiştir.

Prinsep, bu çalışma kapsamındaki bilgilerin farklı çağlardaki üç kitaptan alındığını belirtmektedir:

1. Kufa yerlisi Zakarya tarafından, tabiat tarihi üzerine yazılmış, tarihi bilinmeyen eski Farsça çalışma “Ajaib-ul-makhlukat o Gharaib-ul-moujudat”,
2. Mahomed of Berar tarafından MS 1673’te, bilim üzerine yazılmış “Aqul-i-ashreh”,
3. Modern bir isimsiz derleme olan “Jawahir-nameh”.

Buna göre, “Yaqut” başlığı yakut ve safirin bütün çeşitlerini kapsar. Yakutun; kırmızı, mavi, sarı ve beyaz (ya da renksiz) olmak üzere 4 ana türü tartışılır;. Jawahir-nameh’te, Ceylon, “yaqut” un tek yurdu olarak belirtilir.

Korundumun tarihi araştırıldığında, günümüzün en iyi kaynaklarından biri olan Sri Lanka (Ceylon)’dan başka tarihi kaynaklarda da bahsedildiği anlaşılmaktadır. “Adam’s Peak”; Sri Pada (kutsal ayak izi), Samanalakande (kelebek dağı-kelebeklerin ölmek için gittiği yer) ve Shivan Adipatham (yaratıcı Siva dansı)’ı içeren çeşitli isimlerle bilinir (Hughes 1997). Fakat hangi isimle anılırsa anılsın, birçok din için en kutsal yerler arasındadır.

Henry Yule’un “Cathay and the Way Thither (1866)” isimli eserinden alınarak Hughes (1997)’un kitabında yer verilen alıntıya göre; Friar Odoric, 1316-1330 yılları arasında şimdiki adıyla Sri Lanka’ya yaptığı ziyaretiyle ilgili metinlerinde “Adam’s Peak”ten şöyle bahsetmektedir:

“Bu ülkede aynı zamanda olağanüstü büyük bir dağ vardır ki, halk Adem’in burada oğlu için 100 yıl yas tuttuğunu anlatır. Bu dağın ortası, çok büyük olmayan fakat oldukça derin bir göl ihtiva eden, güzelliği şüphe götürmeyen bir yerdir. Bunun Adem ve Havva’nın gözlerinden dökülen yaşlar olduğunu söylerler; fakat suyun doğal olarak

topraktan ortaya çıktığını görmem sebebiyle buna inanmıyorum. Bu havuzun dibi değerli taşlarla doludur...

Dağdan aşağıya inen su, bu gölden gelir. En iyi yakutlar buradan çıkartılır. İyi elmaslar ve başka bir çok iyi taş da burada bulunur. Suyun denize indiği yerde güzel inciler bulunmuştur. Bu yüzden bu kralın dünyadaki herhangi bir başka kraldan daha fazla değerli taşa sahip olduğu söylenir.”

Pliny’nin “hyacinthos” olarak bahsettiği safirden Marbodius "Lapidarium (1067 ve 1081) " isimli bir şiirinde yine aynı isimle söz etmektedir (Hughes 1997). Hughes (1997), bu şiire kitabında yer vermektedir. Burada Marbodius, hyacinthos’un renkte çeşitlilik gösterebileceğini ifade etmekte ve hyacinthos altında yer alan kırmızı, sarı ve gök mavisi olmak üzere üç renge değinmektedir.

Wyckoff (1967), Albertus Magnus’un 1261-63 yıllarında yazdığı “Book of Minerals” isimli kitabından bir alıntı yapmıştır. Buna göre, Albertus Magnus bazıları tarafından “rubinus” olarak bilinen “Carbunculus”un son derece temiz, kırmızı ve sert bir taş olduğundan bahseder.

Marco Polo, Gutenberg ve Avrupa’nın uyanışı, değerli taşlar konusundaki bilginin yayılması ve gelişimi açısından son derece önemli gelişmelerdir.

Marco Polo, 13.yy’da Asya’nın doğusuna yaptığı seyahatindeki tecrübelerine ilişkin ayrıntılı bir kitap yazmıştır. Zengin ve hayranlık uyandırıcı topraklar hakkındaki hikayelerin okuyucuyu yakaladığı ve ilham verdiği bilinmektedir.

Johannes Gutenberg, 1450 civarında hareketli parça ile yazı baskısını Avrupa’da başlatmıştır. Böylelikle kitapların seri üretimi ilk defa mümkün olmuştur.

Columbus, “Yeni Dünya” ya olan meşhur seyahatini yapmış (1492); Vasco da Gama, 1498’de Afrika’nın etrafını dolaşarak ve Hint sularına demir atarak hayalini gerçekleştirmiştir.

İlk defa Asya’ya seyahat eden Avrupalı gezginler, Asya’daki değerli taş oluşumlarının bilgisini ilk elden Avrupa’ya getirmişlerdir. Avrupa’da bilimdeki gelişmelerle birlikte, mineralojik bilgi de büyük bir oranda gelişmiştir (Hughes 1997).

Anselmus Boetius de Boodt (Bruges 1550 - Bruges 21 Haziran 1632), Flaman bir hümanist, mineralog, fizikçi ve doğa bilimcidir. Alman Georgius Agricola ile birlikte, modern mineralojinin kurulmasında rol oynamıştır. “*Gemmarum et Lapidum Historia*” isimli latince yazılmış kitabının ilk baskısı 1609’da Hanover’de yayımlanmıştır (https://en.wikipedia.org/wiki/Anselmus_de_Boodt 2017b). Kitap değerli taşlar üzerine 17.yy’ın en önemli çalışmaları arasında yer alalmakta ve modern sistemlere öncülük ettiği düşünülen bir sınıflandırma şeması içermektedir (Adams 1938, Hughes1997). De Booth, yakutu “*carbuncolo*” başlığı altında listelemiş, Hindistan ve Arabistan’da bu taşların nasıl beğenildiğini anlatmıştır (Hughes 1997).

İngilizce ilk çalışma, 1652’de yayımlanan Thomas Nicols’un “*A Lapidary: Or The History of Pretious Stones.*” isimli kitabıdır. Nicols, yakut (ve safir) kaynakları hakkında üstün bir bilgiye sahiptir. Sertlik’ten haberdardır ve yakut ve safir arasında bir ilişki olduğuna işaret etmiştir. Sonuçta, Nicols’un yazıları, Asya kaynaklarından doğrudan gelen ve bilimsel bilginin genişlemesinden doğan ilerlemeyi göstermektedir.

Erken zamanlardan 1700’e kadar gemoloji literatürü, insanların yakut ve safir arasındaki ilişkiyi ilk olarak Hint Yarımadası’nda, sonra yakın doğuda fark ettiklerini ortaya koyar. Fakat bu durumun 18.yy’ın sonlarına kadar kanıtlanmadığı su götürmez bir gerçektir. Örneklerin mevcudiyeti ve yeterli kaynak bilgisi, analitik kimya ve kristalografi alanlarında atılan büyük adımlarla bulmacanın son parçalarını biraraya getirmek için birleştirilmiştir (Hughes 1997).

17. ve 18.yy'larla birlikte, batı mineral bilimi istikrarlı bir şekilde ilerleme kaydetmiştir. 18.yy boyunca Avrupa sömürge imparatorluğu doğuya doğru genişlerken, yeni sömürgelerden çeşitli mineral örnekleri Avrupa'ya gönderilmiştir.

1782'de Fransız kristalograf Rome de L'Isle, yakut ve safirin kristalografik olarak benzer olduğunu fark eden ilk Avrupalıydı (Ball 1950). M.J. Brisson 1787'de yakut ve safiri de içeren çeşitli süstaşlarının özgül ağırlıkları (gr/cm^3) üzerine veri yayımlamıştır (Anderson 1938):

Mavi safir = 3.99

Yakut = 4.28

Oryantal topaz (sarı safir) = 4.01

(Özgül Ağırlık = Havadaki ağırlık $\div$ (Havadaki ağırlık – sudaki ağırlık))

Bu ölçümler, yakut hariç modern değerlere oldukça yakındır.

1796'da Rene Just Haüy, yakut ve safiri tek tür ve "tettesia" (kusursuzluk) olarak tanımlamıştır (Ball 1950). Fakat bu keşif için asıl övgü 1798 ve 1802'de "Philosophical Transactions of Royal Society of London" (Greville 1798, de Bournon 1802)'da yayımlanan iki yazıyla Count de Bournon ve Charles Greville'e gitmiştir. Haüy, tüm varyeteleri resmi olarak korundum adı altında birleştirdiği son bölümü 1805'de eklemiştir (Barlow 1915).

Bu tarihe kadar, şimdi korundum olarak tanımladığımız değerli taşlarda yüksek sertliği ifade etmek için "oryantal" terimi kullanılmıştır. Bu sebeple, mavi safir oryantal safir; yakut oryantal yakut; sarı safir oryantal topaz; mor safir oryantal ametist ve yeşil safir oryantal zümrüt olarak adlandırılmaktaydı. Oryantal ön takısı, "orient" yani

Akdeniz'in doğusundaki ülkelerin bu taşların ana kaynağı olduğu gerçeğinden türemiştir (Hughes 1997).

Birçok farklı türün sadece sertlik ve renge göre bir araya getirilmesiyle ortaya çıkan bu adlandırma herhangi bir mineralojik bilgiye dayalı değildir. Fakat bunların gerçek özelliklerinin tespit edilmesi noktasında mineraloji yavaş yavaş gelişim göstermiştir (Hughes1997).

Korundumun saf olmayan bu türlerini mineralogların çalışmaya başlamasıyla birlikte, onları bir araya getiren göstergeler kristal simetrilerinde bulunmuştur. Greville ve de Bournon sonunda bulmacanın son parçasını da yerine koymuşlardır. De Bournon, özgül ağırlık, sertlik ve kimyasal analizler gibi test uygulamaları ve keskin gözlemlerin birleşimiyle tüm bu farklı malzemeyi korundum adı altında birleştirebilmiştir. Bu sebeple 1802 yılı, yakut ve safirin korundum başlığı altında resmi olarak birleştirildiği tarihtir (Hughes1997).

1.2 Yakut ve Safir

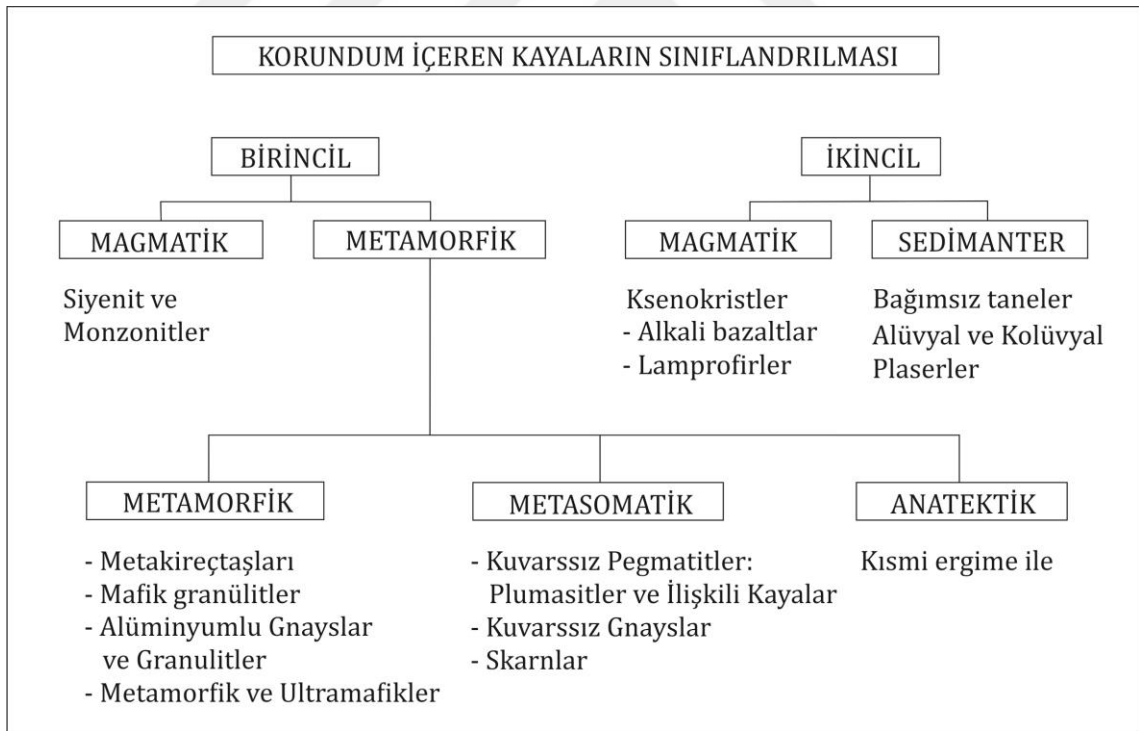
Değerli taş oluşumlarının mineralojisine olan ilgi, özellikle zümrüt ve korundum (yakut ve safir) üzerinde çok sayıda çalışmalara sebep olarak hızlı bir şekilde artmaktadır. (Simonet vd. 2004, Rakotondrazafy vd. 2008 gibi).

Yakuta benzeyen renklerdeki bazı süs taşları, sıklıkla “ruby” kelimesini andıran ticari isimler almışlardır. Kırmızı turmalin “rubelit”; kırmızı opal “rubolit”; kırmızı spinel “rubicelle” olarak adlandırılırlar.

Korundum, kimyasal kompozisyonu nedeniyle (Al_2O_3) alüminyumca zengin, silikaca fakir kayalarda bulunur. Gemolojik anlamda yaygın olarak kullanılan yakut ifadesi kırmızı renkli korundum için, safir ifadesi ise değerli korundumun tüm diğer renkleri için kullanılır. Safir ifadesi tek başına kullanıldığında genellikle mavi renk tonlarına

işaret ederken, diğer renklerde olanlar, renk sıfatıyla birlikte kullanılırlar (örn. yeşil safir). Değerli korundumun rengi ve dolayısıyla kalitesi, alüminyum oksit kristal kafesi içerisinde yerini alan iz elementlere (ya da kromofor elementlere) bağlıdır. Bu elementler, çoğunlukla Cr, Fe ve Ti'dur. Bununla birlikte, V ve nadiren Mn da bulunabilir. Bunların varlıkları jeolojik ortamla fazlasıyla ilişkilidir. Yakutun kırmızı rengi Cr^{3+} un varlığı sebebiyledir. Mavi renk, $\text{Ti}^{4+} - \text{Fe}^{2+}$ ve $\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$ çiftlerini kapsayan süreçlerle alakalıdır. Yeşil renk ise genellikle Fe^{3+} 'ün varlığıyla ilişkilidir. Diğer renkler, bu farklı sebeplerin çakışması ya da kombinasyonu sonucu oluşur (Simonet vd. 2008).

Simonet vd. (2008), kristalleşmeye elverişli jeolojik ortamları ve değerli korundumun dağılımını ana hatlarıyla özetleyen ve bu minerallerin araştırılması ile madenciliğini kolaylaştıran bir sınıflandırma ortaya koymuştur (Şekil 1.1)



Şekil 1.1 Korundum içeren kayaların sınıflandırılması (Simonet vd. (2008)'den değiştirilmiştir.)

Giuliani vd. (2005)'e göre, yakutun birincil oluşumları, oksijen-izotop kompozisyonlarının yanı sıra sahadaki bulunuşlarından yola çıkılarak 5 şekilde gelişir:

- (1) Mafik minerallerce zengin gnayslarda bulunan yakutlar (örn., Mysore, India)
- (2) Amfibolit, serpantinit gibi mafik-ultramafik kayalarındaki yakutlar (örn., Gogogogo ve Ejeda, Madagascar)
- (3) Mafik-ultramafik kayalar içerisinde kapanımlanmış kuvarssız pegmatitlerdeki yakutlar (örn., Khe Thuan, Vietnam)
- (4) Sillimanit gnayslarda, ultramafik mercekleri ve pegmatitleri çapraz kesen makaslama zonlarındaki yakutlar (örn., Lukande, Tanzania)
- (5) Mermerlerde bulunan yakutlar (örn., Mogok, Myanmar).

İkincil yakut oluşumlarına ise, Tayland'ın doğusunda Chanthaburi–Trat bölgesindeki bazaltik sahalarda bulunan plaserlerdeki yakutlar örnek olarak verilebilir.

1.3 Sentetik Korundum Üretimi ve Tanımlanması

Sentetik süstaşı, genel olarak doğal karşılığıyla aynı kimyasal kompozisyon, optik ve fiziksel karakteristiklere sahip laboratuvar ürünüdür. Bunun yanında, bazı istisnai durumlarda ek içeriğe de sahip olabilmektedir.

Sentetik bir süstaşı, dışarıdan bakıldığında birçok özelliği bakımından doğal taşla benzer. Fakat gemologlar ayrıntılı bir incelemeyle sentetik ve doğal taşlar arasındaki farkı anlamalarını sağlayacak ipuçlarını tespit edebilirler.

Sentetik süstaşları, üretildikleri yönteme göre farklılık gösterir ve hem doğal taşlara göre, hem de kendi aralarında maliyetleri farklıdır. Bu sebeple, sentetik bir taşı satarken, satıcının mutlaka taşın doğal ya da sentetik olduğunu açıklaması gerekir.

Sentetik yakutlar mücevhercilikte ve endüstriyel amaçlarla, doğal yakutlara göre daha düşük fiyatlarda olması sebebiyle sıklıkla kullanılır. Sentetik yakut üretimde Alev-Füzyon (Flame-Fusion) , Flaks-Ergiyik (Flux-Melt), kristali çekerek büyütme (pulling) yöntemi ve hidrotermal metod (hydrothermal method) olmak üzere dört farklı metod kullanılır.

Alev-Füzyon yöntemi hızlı ve düşük maliyetli bir süreçtir. Mücevherlerde ve endüstriyel amaçlarla kullanılırlar. Flaks sürecinde ise yakut ve safirlerin üretilmesi hem çok daha fazla zaman alır hem de daha pahalıdır. Bunlar genellikle mücevher yapımında kullanılırlar. Kristali çekerek büyütme yöntemi, genellikle ileri teknoloji uygulamaları için sentetik korundum üretilmesinde kullanılır. Hidrotermal yöntem ise, yine flaks metodu gibi hem yüksek maliyetli hem de zaman alan bir yöntemdir.

Alev-Füzyon yöntemiyle üretilmiş sentetik yakut ve safirlerde, yıldız etkisi yaratmak için solüsyona titanyum ekleyerek süreç sonunda iğnemsiz inklüzyonlar oluştururlar.

1.3.1 Alev-Füzyon Yöntemi (Verneuil Metodu)

Çoğu kaynakta, korundum kristallerini laboratuvar ortamında büyüten ilk kişi olduğu belirtilen “Auguste Verneuil” bu yöntemi kullandığı için yönteme “Verneuil Metodu” da denir. Auguste Verneuil, 1902’de süstaşı kalitesindeki ilk sentetik yakut kristalinin üretildiğini duyurmuştur.

Alev-Füzyon yönteminin ilk uygulanişından O’donoghue (2005) şöyle bahseder: “Başlangıç materyalinin mükemmel olması için sentetik yakut üretiminde kırmızı rengi sağlayacak kromun eklenmesi ve kahverengi renklenmeyi önlemek amacıyla demirin hariç tutulması gerekiyordu. Amonyak alüminyum sülfat ve krom potasyum sülfat saflaştırılıp karıştırıldı. Su, amonyak ve sülfürü uzaklaştırmak için karışım ısıtıldı. Elde edilen toz, büyüme için başlangıç malzemesini oluşturdu. Bugün de bu yöntem için aynı süreç takip edilmektedir.”

Oluşturulan toz, aparatın tepesindeki bir muhafaza kabından dikey olarak düştükten sonra oksî-hidrojen alev içerisinde erir. Eriyik, dönen ve alçalan seramik bir kaide üzerinden tek bir kristal oluşturacak şekilde düşer. Bu tek kristal “boule” olarak bilinir (O’donoghue 2005). Verneuil yönteminde “boule” un büyütülmesi bir ya da iki saat alır.

Her “boule”, polikristalin agregattan ziyade tek bir kristaldir. Düşey eksenî doğal bir kristalin düşey eksenine tekabül eder. Korundumda bu eksen tek kırma doğrultusudur.

1.3.2 Flaks-Ergiyik Metodu

Verneuil yakutları mücevher kullanımı için uygun olmakla birlikte, şüphe uyandıracak kadar temiz olan görünümü (doğal kapanımların eksikliği), eğitimli bir göze camsı görünmelerine sebep olur. Alternatif bir büyütme metodu olan flaks (eritici) devreye sokularak doğala daha yakın sentetik yakutlar üretilebilmektedir. Kristallerin büyümesi bir yılı bulmaktadır. Büyüme, daha da önemlisi istikrarlı soğuma bilgisayar kontrollüdür ve değerli bir metal krozedede gerçekleşir. Tüm bu işlemler çok daha pahalı bir ürünle sonuçlanır (O’donoghue 2005).

Flaks, kendisi ergidiği zaman, ergime derecesi yaklaşık 2050°C olan korundumun başlangıç materyalini eritecek olan içerik ya da içeriklerdir. Planlanan uygulamaya bağlı olarak, genellikle hazırlanmış bir çekirdek üzerinde büyüyen kristalin son şeklini etkilediği için flaks seçimi son derece önemlidir. Bazı flakslar düz bir kristalin oluşumuna sebep olurken, diğerleri bloklu bir şekil üretir. En son elde edilen ürün süstaşı olarak kullanılacaksa, şüphesiz ikincisi daha kullanışlıdır. İz miktarda flaks damlacıkları, doğal korundum için karakteristik sıvı kapanımlara benzeyecek şekilde birleşebilir (O’donoghue 2005).

1.3.3 Kristali Çekerek Büyütme Metodu (Czochralski Metodu)

Genellikle iridium (Büyüyen maddeyle istenmeyen bir içerik oluşturmayacaktır ve 2442°C gibi yüksek bir ergime noktası vardır.)’dan yapılmış açık bir kroze (pota) ergiyiği içerir. Bir şekilde ergiyiğin yüzeyine indirilen bir çekirdek kristal yükseldiğinde, ergiyiği de arkasından çeker. Gerekli olan sıcaklık, çekirdek kristalin ergimesine ya da ergiyiği katılaştırmasına müsaade edilmemesi gerektiğinden son derece önemlidir. Süreç, ergiyikten çekilmiş çubuk benzeri bir kristalle sonuçlanır ve bilgisayar kontrollüdür (O’donoghue 2005).

Bu yöntemle büyütülen yakutlar, 30 yıl kadar önce lazer uygulamaları için kullanıma uygun tek tip olarak görülürken, bugün Verneuil tekniği de uygulanan birtakım değişikliklerle, lazer çalışmalarına oldukça uygun örnekler üretebilmektedir.

1.3.4 Hidrotermal Metod

Hidrotermal kelimesinden de anlaşılabilirdiği gibi, kristal büyümesi için su ve ısı gereklidir. Özellikle çok büyük kristallerin üretimi için tercih edilen bir metottur.

Hidrotermal büyüme; kapalı bir krozede, basınç altında gerçekleşir. Krozeler otoklav olarak adlandırılır. Sıcaklık 700°C civarına, basınç 3000 atmosfere kadar çıkabilir (O’donoghue 2005).

Otoklavlar mühürlenmiştir ve sadece kesilerek açılır. Genellikle çelikten yapılır ve istenmeyen bir içeriği önlemek amacıyla değerli metalle kaplanır (platinyum ya da altın). Besleme malzemesi, aşağıdan uygulanan ısıyla eriyeceği yer olan otoklavın dibine yerleştirilir. Konveksiyon, ergiyiği hazırlanmış çekirdekler üzerinde birikmesi için otoklavda yukarıya doğru taşır. Çekirdek doğal ya da sentetik kristal olabilir (O’donoghue 2005).

Az maliyetli sentetik yakutları Alev-Füzyon yöntemiyle; daha iyi kalitede olanları ise Flaks-Ergiyik metoduyla üretmek kolay olduğundan, daha pahalı olan hidrotermal yöntemle çok sayıda sentetik yakut üretilmemektedir. Katkı maddesi, sodyum bikromattan gelen krom ve besleyici madde ya korundumun kendisi ya da ilişkili mineral gibsit (alüminyum hidroksit). Bu besleyici madde, gümüşle kaplanmış ve sodyum karbonatla doldurulmuş otoklavın tabanına yerleştirilir. Çekirdek kristal, ya sentetik ya da doğal korundumdur. Otoklav alttan 400°C'ye kadar ısıtılır. Konveksiyonla birlikte çekirdek plakalar üzerinde büyüme gerçekleşir. Süstaşı kullamına uygun ve kabul edilebilir büyüklükte kristaller için bir ya da iki aylık büyüme gerekebilir (O'donoghue 2005).

1.4 Yakut ve Safir İmitasyonları

İmitasyon, bir doğal taş benzeyen ve o taşın yerine kullanılan herhangi bir malzemedir. İmitasyonlarda kullanılan malzeme, sentetiklerin aksine, doğal malzemeye aynı kimyasal kompozisyon ve kristal yapısına sahip değildir. Doğal taşları taklit etmek için kullanılan bu malzemeler daha az maliyetli başka bir doğal taş, sentetik bir ürün, cam ya da plastik gibi malzemeler olabilir.

Yakutları taklit etmek için cam çok kullanılan bir malzemedir. Bunun dışında kırmızı granatlar, doğal spinel kristalleri, çatlatılıp kırmızıya boyanan kuvarslar, sentetik kübik zirkonya, kırmızıya boyanan doğal korundum gibi farklı malzemeler de kullanılabilir.

Bunların yanında, imitasyon yapmak için kullanılan ve kompozit (doublet) adı verilen bir yöntemden de bahsetmek gerekir. Alev-Füzyon yöntemiyle üretilen sentetik yakutları külah kısmında, yeşil renkteki doğal safir kristalini ise taç kısmında kullanmak suretiyle bu iki malzemeyi yapıştırıp, safirdeki doğal inklüzyonlardan kaynaklı doğal bir görüntü elde edilmeye çalışılabilmektedir. Taş yukarıdan bakıldığında kırmızı görünür. Aynı şekilde, kırmızı renkli granat ve cam birleştirilerek de aynı etki yaratılmaya çalışılır.

Safiri taklit etmek için cam ve sentetik spinel yaygın olarak kullanılır. Alev-Füzyon sentetik safir ve yeşil renkli doğal safir birleştirilerek yapılan kompozit taşlar da mavi renkli safir imitasyonlarındandır. Diğer renklerdeki safirler ise en çok camla imite edilirler.

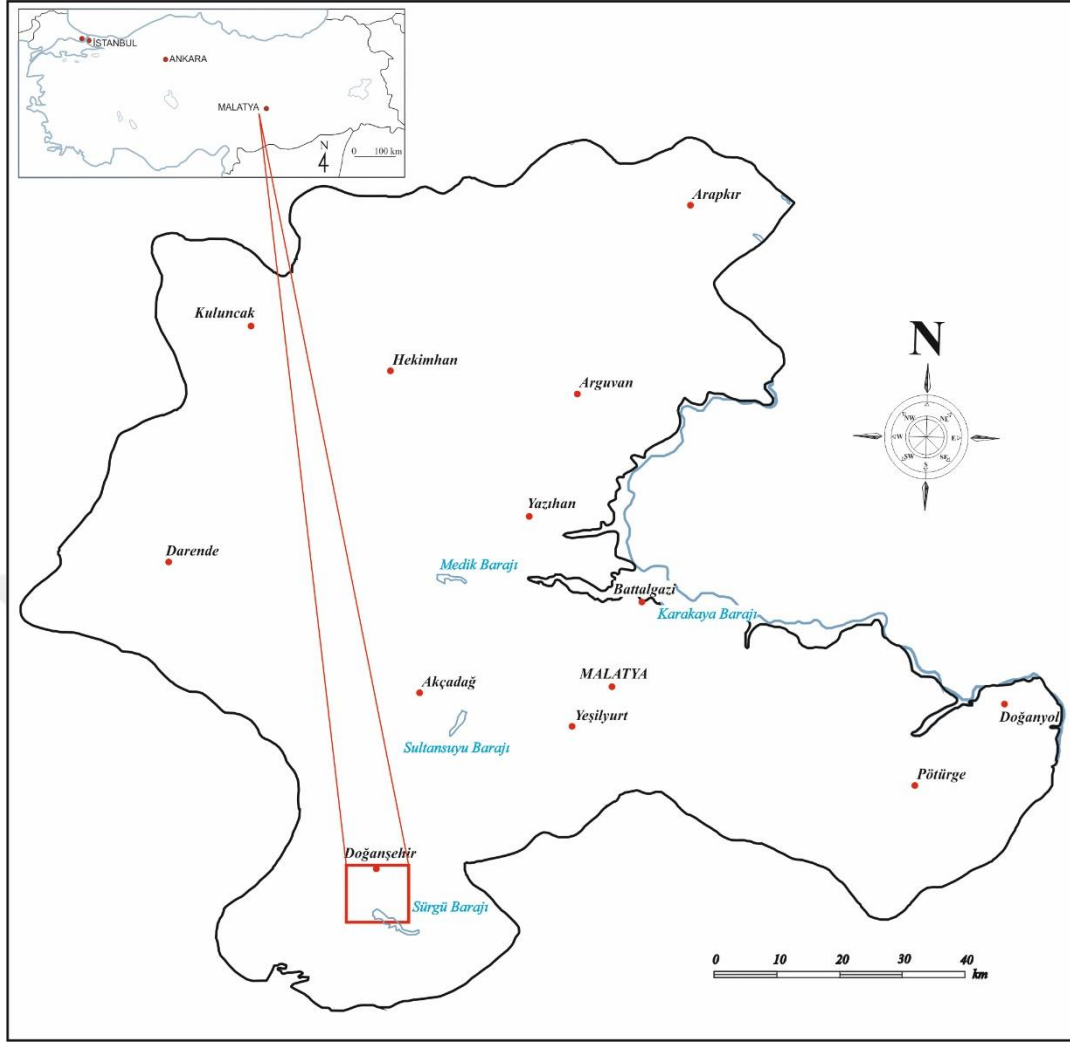
Korundumda yıldız etkisi oluşturmak için, üzerine kazınmış çizgileri olan bir parça folyo kaboşon şeklinde kesilmiş korundumun arkasına yapıştırır.

1.5 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma alanı; Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde, Malatya'ya yaklaşık 60 km uzaklıkta olan Doğanşehir ilçesinin 3 km güneyinde, ova ve dağlık bir kısımda yer almaktadır (Şekil 1.2). İnceleme alanı, Malatya L39-c3 ve c4 paftalarında yer almakta, yaklaşık olarak 72km²'lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 1.2). İnceleme alanının en önemli yükseltilerini Tavşan Tepe (1361m), Keleş Tepe (1484m) ve Tavşan Tepe (1424m) oluşturmaktadır.

Malatya ilinde karasal iklim koşulları hüküm sürer. İnceleme alanı ve çevresi çayır, mera, ekili ve dikili araziler ile kaplıdır.

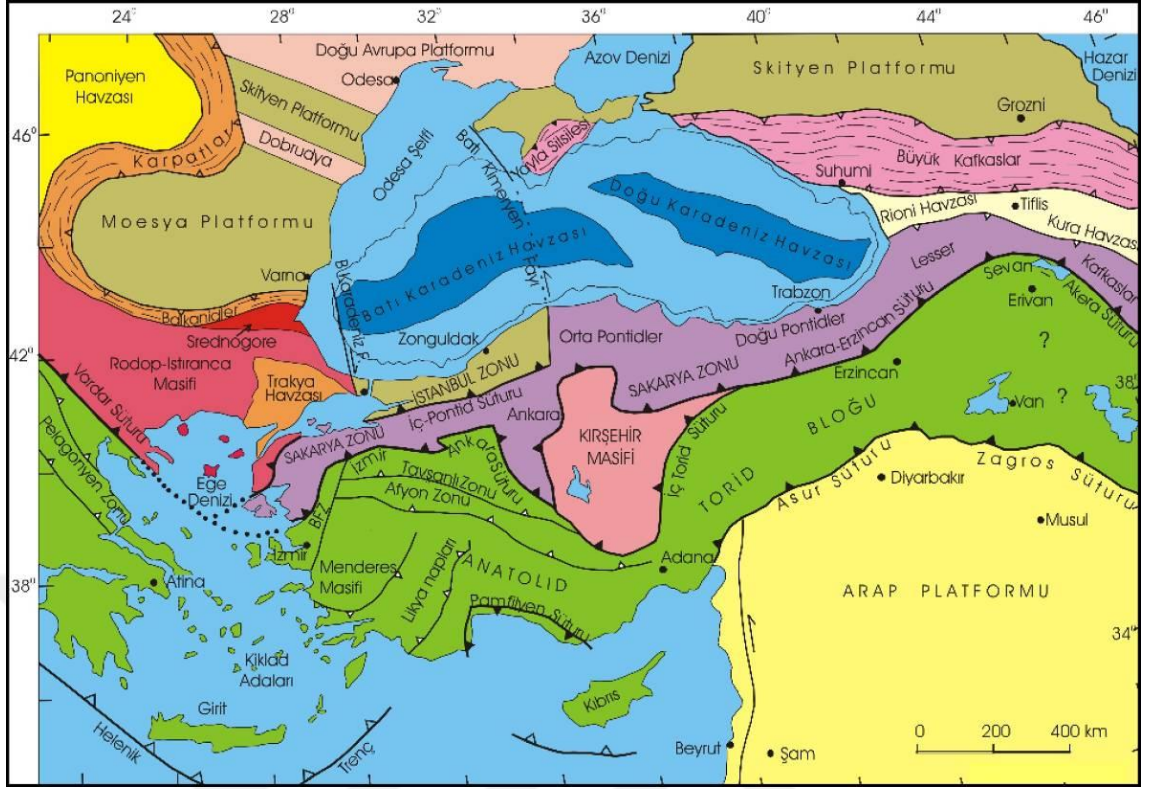
Çalışma alanı çevresindeki köyler ve yollardan dolayı ulaşım problemi bulunmamaktadır.



Şekil 1.2 Çalışma alanının yer bulduru haritası

1.6 Bölgenin Türkiye Jeolojisindeki Konumu

Okay ve Tüysüz (1999), yapmış oldukları çalışmada Türkiye'deki tektonik birlikleri İstanbul Zonu, Sakarya Zonu, Rodop-Istıranca Zonu, Kırşehir Masifi, Torid-Anatolid Bloğu ve Arap Platformu olmak üzere altı bölümde sınıflandırmışlardır (Şekil 1.3). Buna göre inceleme alanı Torid Bloku'nda yer almaktadır.



Şekil 1.3 Türkiye’deki tektonik birlikler (Okay ve Tüysüz 1999)

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması beş aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar sırasıyla; literatür derlemesi, arazi çalışması, labotuvan çalışması, büro çalışması ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi şeklindedir.

2.1 Literatür Derlemesi

Çalışma alanında yapılmış önceki çalışmalar derlendikten sonra kaynak özetleri çıkartılmıştır. Çalışmanın alt yapısını hazırlamak amacıyla konuyla ilgili literatür incelenmiş ve bu çalışmaların ilgili bölümlerine tezde yer verilmiştir.

2.2 Arazi Çalışmaları

Bu çalışmada, Malatya Doğanşehir ilçesi ve çevresinde bulunan metaofiyolitik kayaçların 1/25.000'lik jeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanı, L39c3 ve L39c4 paftaları içerisinde yer almaktadır. Çalışma amacına uygun olarak 92 örnek alımı yapılmış ve örnekleme yapılan koordinatlar GPS (Global Positioning System) kullanılarak topografik harita üzerine işlenmiştir (Bkz. Şekil 5.2). Gerekli görülen alanların ölçeksiz olarak enine jeolojik kesitleri alınmıştır (Bkz. Şekil 5.4). Çalışma alanında bulunan metaofiyolitik kayaçların makroskobik incelemeleri yapılmıştır. Arazide gözle ayırt edilebilen yapısal unsurlarla kayaçların tipik özelliklerinin fotoğrafları çekilmiştir.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışması sırasında toplanan el örneklerinden ince kesit yapılmış; bu kesitler polarizan mikroskop altında ayrıntılı bir şekilde petrografik olarak incelenmişlerdir. İnce kesitlerden uygun olanlarının polarizan mikroskop altında tek nikol ve çift nikol görüntüleri alınmıştır.

Hazırlanan 92 adet ince kesitin ayrıntılı petrografik incelemesi Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Laboratuvarlarında Leica marka ahtapot araştırma mikroskobunda yapılmıştır.

İnceleme sonucunda çalışma alanındaki kayaların mikroskobik ve dokusal özellikleri, mineralojik bileşimleri ve bozunma türleri belirlenmiştir. Detaylı olarak petrografik incelemesi yapılan örneklerin değerlendirmesi Ek-1’de gösterilmiştir. İnce kesitlerde gözlenen minerallerin ve önemli dokusal özelliklerin fotomikrograflarının çekimi Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Laboratuvarlarındaki Leica marka polarizan mikroskopta yapılmıştır.

Arazi çalışması sırasında alınan 35 adet örnek Mikro Analiz-ICP Laboratuvarında jeokimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Numuneler Retsch Marka otomatik taş kırıcıda kırılarak küçültüldükten sonra FRITSCH marka otomatik öğütücüde Tungsten Karbid değirmene yerleştirilerek öğütülmüştür. 4g örnek ve 0,9g bağlayıcı malzeme (Wachs) karıştırılmış, hidrolik pres altında sıkıştırılıp pres-pastil halinde analiz için hazır hale getirilmiştir. Bu örneklerin Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)’nde Spectro X-Lab 2000 model PED-XRF (Polarized Energy Dispersive XRF) cihazında ana element, oksit ve iz element analizleri yapılmıştır. XRF analizleri Tq-7220 yöntemi kullanılarak GEO-7220 standardı yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Petrografik incelemelerden sonra seçilen bazı ince kesitlerin Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)’ndeki HORIBA Jobin Yvon LabRAM HR model Konfokal Raman Spektrometresinde ayrıntılı mineral tanımlanmaları yapılmıştır.

Yakutların EPMA analizleri Cameca SX-100 EPMA yardımı ile Fransa’da Paris Six University’de ölçülmüştür.

2.4 Büro Çalışmaları

Arazi çalışmalarında hazırlanan, inceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası bilgisayar ortamında Corel DRAW programı kullanılarak çizilmiştir. Örnek lokaliteleri koordinatlarına uygun olarak Global Mapper programında jeoloji haritası üzerine yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 5.2).

1/25.000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde A-B doğrultusunda bir jeolojik enine kesit alınarak litolojilerin birbirleriyle olan ilişkileri ve jeolojik yapılar gösterilmiştir. Arazide hazırlanan ölçeksiz enine kesitler de bilgisayar ortamında çizilmiş, çekilen fotoğraflar değerlendirilmiştir (Bkz. Şekil 5.4). İnceleme alanındaki litolojilerin ölçeksiz stratigrafik dikme kesiti hazırlanmıştır (Bkz. Şekil 5.3).

Laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen petrografik ve jeokimyasal veriler bilgisayar ortamında değerlendirilerek yakut içeren kayaçların ortam ve özellikleri araştırılmıştır.

2.5 Elde edilen verilerin değerlendirilmesi

Literatür, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bütün veri ve bilgiler birlikte değerlendirilip yorumlanmış, yakut içeren birimlerin jeolojisi ile değerli korundum oluşumlarının petrolojisi ve kökeni belirlenmiştir. Böylece elde edilen sonuçlar, Dünya'daki bazı değerli korundum oluşumları ile karşılaştırılarak kökensel olarak benzerlikleri tartışılmıştır.

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Perinçek ve Özkaya (1981), Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nin farklı kesimlerinde yürütmüş oldukları çalışmalarda; Bitlis, Pötürge, Keban, Malatya metamorfikleri, Yüksekova, Maden karmaşıkları, Guleman ofiyoliti ve Arabistan levhası şelf çökelleri arasındaki ilişkileri kurmaya yönelik araştırmalar yapmışlardır. Araştırmacılar, bölgeyi etkileyen deformasyon ve transgresyon fazlarını Alt Kretase sonu, Turoniyen sonu, Alt Maestrihtiyen sonu, Alt Paleosen sonu, Orta Eosen sonu, Alt Miyosen sonu ve genç fazlar olarak ayırmışlardır. Yazarlar, bölgenin neotektonik evriminde küçük levhalar arasındaki dar okyanusal havzaların evrimin etkin olduğunu belirtmişler ve bunların içinde Keban levhacığının önemine vurgu yapmışlardır.

Yazgan (1981), Arap ve Anadolu levhalarının arasındaki aktif bir kıta kenarının varlığını ortaya koymuştur. Üst Kretase'de Yüksekova volkanizması ve Orta Eosen'de Maden volkanizmasını ve bu volkanik kayaların derinlik ve yarı derinlik kayalarını incelemiştir. Araştırmacıya göre bu iki volkanik seri, genç ve fazla kalın olmayan bir kıta kabuğu üzerine yerleşen aktif bir kıta kenarının ürünleridir.

Perinçek ve Kozlu (1984), Doğu Toros orojenik kuşağının evrimine yönelik çalışmalarında; Doğu Toroslar'da 5 farklı tektonik evrenin olabileceğini öne sürmüşlerdir. Yazarlar, Maden karmaşığının Berit grubu tarafından Orta Eosen'de üzerlendiğini; Malatya-Keban Metamorfikleri'nin ise Berit grubunu Üst Kretase zamanında üzerlediğini belirtmişlerdir.

Bingöl (1984), Elazığ yöresinde yüzeyleyen kayaç gruplarını ve bunların evrimini araştırmıştır. Buna göre, Elazığ yöresinde Paleozoyik yaşlı Keban metamorfikleri, Geç Kretase yaşlı Yüksekova karmaşığı, Maastrihtiyen yaşlı Harami Formasyonu, Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu yüzeyler. Araştırmacıya göre, inceleme alanının temelini oluşturan Keban metamorfikleri Permo-Karbonifer'de çökelmiş ve Jura-Üst Kretase zaman aralığında metamorfizmaya uğramıştır. Bir ada yayı volkanizması ürünü Yüksekova kalkalkalen magmatik karışığı Keban metamorfikleri

tarafından üzerlenmiştir. İki birim arasındaki skarn zonunun varlığından hareketle yazar, ada yayının kıta platformundan çok uzak olmaması gerektiğini öne sürmüştür. Yazara göre Yüksekova kalkalkalen magmatik karışığı ve bunu üzerleyen Keban metamorfikleri Orta Miyosen'de güneye doğru Kırkgeçit Formasyonu'nu üzerlemişlerdir.

Yazgan (1984), Elazığ ve civarında yapmış olduğu çalışmada 7 ana tektonik birim tanımlamıştır. Yazara göre Jura - Üst Kretase zaman aralığında açılan Güney Tetis okyanusu, Senomaniyen-Turaniyen'de sıkışma tektoniğine bağlı olarak okyanus içi yakınsamalarla Keban platformunun altına doğru dalmaya başlamıştır. Bunun bir ürünü olarak da Baskil Magmatikleri yükselmiş ve Arap Platformu'nun üzerine ilk ofiyolit yerleşimi gerçekleşmiştir. Araştırmacı, Pötürge metamorfiklerinin ofiyolit yerleşimi sonucu Arap Platformu'nun kuzeyinde oluştuğunu, Maden Karmaşığı'nın ise Orta Eosen'de kıta içi dalma-batma ile ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Aksu ve Robertson (1990), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Tetis sutur zonunda yer alan Geç Kretase ve Orta Eosen yaşlı volkanik kayalar ile ilgili ayrıntılı petrolojik ve jeokimyasal çalışmalar yapmışlar ve bölgenin tektonik modelini ortaya koymaya çalışmışlardır. Yazarların önerdikleri tektonik modele göre; Geç Kretase yaşlı ofiyolitik kayalarının oluşumu, kuzeye dalımlı okyanus içi dalma-batma ve bunun devamındaki okyanus içi ada yayı volkanizması ile ilişkilidir. Araştırmacılar dalma-batmanın bölgede yeterince etkili olmadığı, Erken Tersiyer'e kadar okyanusal kabuk kalıntılarının varlığını sürdürdüğü ve dalma-batmanın Paleosen'de tekrar başladığını öne sürmüşlerdir.

Yılmaz vd. (1993), Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağının evrimini inceleyerek bir model önerdiği çalışmada, güneydoğu Anadolu orojenik kuşağının Alpidlerin bir kolu olduğunu belirtmiş ve bu kuşağı üç kısımda incelemiştir. Buna göre, güneydoğu Anadolu orojenik kuşağı, güneyden kuzeye doğru sırasıyla Arap platformu, Yığılma Prizması Zonu ve Nap Zonu'ndan oluşmaktadır. Arap önkıtası, üç alt kısma ayrılmış, alt ve üst otokton sedimanter oluşumlar Geç Kretase ofiyolitik napları ile bölünmüştür.

Yazar, Yığılım Prizması Zonu, Arap platformu ile Nap Zonu arasında sıkışmış dar bir kuşaktan oluştuğunu, Geç Kretase ile Erken Miyosen zaman aralığında dilimlerden olduğunu belirtmiştir. Nap Zonu'nda ise altta yay-ardında aktif Maden havzasını Orta Eosen'de dolduran Maden Grubu, bunun üstünde Berit ofiyoliti ve Yüksekova grubu, en üstte ise metamorfik masif yer almaktadır.

Genç vd. (1993), Misis-Andırın, Berit ve Engizek dağları arasında kalan bölgede ayrıntılı jeolojik harita alımı ve laboratuvar çalışmaları yürütmüşler, yoğun olarak da Engizek ve Berit dağları (Kahramanmaraş kuzeyi) arasında yüzeyleyen Berit metaofiyolitini incelemişlerdir. GD nap alanı içinde yer alan Berit metaofiyoliti, temel olarak iki tektonik dilimden oluşmasına rağmen, yazarlar tarafından genel olarak metamorfizmaya uğramış düzenli bir ofiyolit topluluğu olarak tanımlanmıştır. Alt dilim yeşilist fasiyesinde okyanus tabanı metamorfizmasından etkilenmiştir. Üst dilimin alt kısımları ise ultramafik kümülat ve tektonitlerden oluşmaktadır. Bu kısım, üstte doğru önce yeşilist ve epidot-amfibolit fasiyesinde, daha sonra granülit eklojit fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Yazarlar, birimin alta ve üste doğru metamorfizmanın dereceli olarak azaldığı bir kontak dinamotermal hale özelliğinde olduğunu ve kontak dinamotermal metamorfizmanın üst dilimde okyanus tabanı metamorfizması özelliğini tamamen yitirdiğini belirtmişlerdir. Daha sonra gelişen gerileyen ve dinamik metamorfizma ile de bu iki metamorfizma fazının üzerlendiğini ve kataklastik doku ile retrograd mineral dönüşümlerinin oluştuğunu belirtmişlerdir.

Önal (1995), Polat-Begre (Doğanşehir, Malatya) yöresinde yüzeyleyen magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özelliklerini incelediği doktora çalışmasında, çalışma alanındaki magmatik kayaçların orta-düşük K serilerinin karakteristiğini gösteren, diyorit, kuvars-diyorit, ve tonalit türü kayaçlar olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, bölgedeki magmatik kayaçların kıtasal ve okyanus yay bölgelerinde geliştiğini belirtmiştir ve bunlardan diyorit grubu kayaçların manto fraksiyonlaşması ile ilgili, tonalit grubu kayaçların ilk-levha çarpışması (pre-plate collision) gerçekleşmeden önce oluştuklarını belirtmiştir.

Önal ve Altınbey (1999), Dedeyazı-Çavuşlu (Doğanşehir/Malatya) yöresinde yürütmüş oldukları skarn oluşumlar ve demir cevherleşmelerini konu alan çalışmalarında, Malatya Metamorfitle'ne ait karbonat kayaçlarının içinde küçük tektonik dilimler halinde bulunan peridotitleri Berit Grubu'ndan kopan parçalar olarak düşünmüşler; peridotitlerde olivin, yoğun serpantinleşme, piroksen ve kromit gibi bileşenler saptamışlardır.

Rızaoğlu vd. (2005), Gözpınarı-Deveboynu-Esence yöresinde (Göksun-Kahramanmaraş) yürütmüş oldukları petrografik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda, Yüksekova Ofiyoliti'nin düzenli bir ofiyolitik istif sunduğunu ve granitoyidin oluşma ortamının çarpışma ile eş-yaşlı (Syn-Collisional) oluşan bir granitoyid olduğunu belirtmiştir.

Parlak vd. (2004), Kahramanmaraş kuzeyindeki Göksun dolaylarında yaptıkları çalışmada, bölgede yüzeyleyen Malatya Metamorfitle, Göksun Ofiyoliti ve bunları, çarpışma ile eş-yaşlı olarak kesen granitoid birimlerini ayırtlamışlardır. Araştırmacılar, granitoidin yerleşim yaşını ~85My olarak belirtmişler ve bölgedeki volkaniklerin bazalttan riyolite kadar değişen kayaçlarla karakterize edildiğini belirtmişlerdir. Yazarlar; Göksun Ofiyoliti'nin, Üst Kretase'de, kuzeyde Malatya-Keban Metamorfitle, güneyde Arabistan levhası ile sınırlı olan Neotetis okyanusu içinde gelişmiş olan bir subra-subduction zonda gelişmiş olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bölgedeki magmatikler ile Baskil dolayındaki magmatikleri birlikte düşünüp, bölgede iki farklı dalma-batma zonunun geliştiğini, bunlardan birincisinin Malatya-Keban metamorfitlelerinin altına doğru olduğunu ve Baskil magmatik yayını oluşturduğunu, ikincisinin ise daha güneyde okyanus içinde gelişip, bir supra-subduction zon içinde Göksun Ofiyolitini oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Karaoğlu (2005), Günedoğru-Begre (Doğanşehir-Malatya) arasında yüzeyleyen tektonomagmatik birimlerin petrografisi ve jeokimyasını konu alan tez çalışmasında, çalışma alanında yüzeyleyen değişik litolojiler haritalanmış, Doğanşehir granitoyidi ile Berit metaofiyoliti ayrıntılı incelenmiş ve bölgesel jeoloji içerisindeki konumlar ortaya

konulmuştur. Çalışma alanında Berit metaofiyoliti'nin ultramafik kayalardan ve şist serilerinden oluştuğu belirtilmektedir. Çalışmacıya göre bu şist serileri, Berit Metaofiyoliti'nin granülit fasiyesinden epidot fasiyesine değin ters metamorfizma geçirdiğini göstermektedir.

Robertson vd. (2006), Güney Neotetis'in kapanmasıyla ilişkili Geç Kretase-Erken Senozoyik çarpışma süreçleriyle ilgili çalışmalarında, güneyde Berit Ofiyoliti'nin geç Kretase (c.90 Ma) boyunca Güney Neotetis içerisinde başlamakta olan bir okyanusal yay olarak oluştuğunu ileri sürmüşlerdir.

Parlak vd. (2009), Güneydoğu Anadolu ofiyolitlerinin jeokimyası ve petrolojisinin tektonik önemini ele alan çalışmasında, Güneydoğu Anadolu'daki geç Kretase ofiyolitlerinden Göksun, Berit, İspendere, Kömürhan ve Guleman ofiyolitlerinin kuzey aktif kenarı boyunca Torid Platformu'nun kenarına bağlandığını; Kızıldağ (Hatay) ofiyolitinin ise güneyde Arap pasif kenarı üzerine itildiğini belirtmiştir. Tektonik ayırım diyagramlarının, Güneydoğu Anadolu ofiyolitlerinin kabuk kayalarında IAT ve düşük-Ti boninitik olmak üzere iki ana tip bazik magmanın varlığına işaret ettiğini vurgulamışlardır.

Karaoğlu (2012) doktora tezi çalışmasında, Berit metaofiyolitine ait örneklerin 13.2-17.5 kbar basınç ve 690-94°C sıcaklık aralığında granülit fasiyesi ile eklojit fasiyesinin alt sınırında metamorfizmaya uğradığını belirtmiştir.

Karaoğlu vd. (2013), Doğanşehir Bölgesi'nde yapılan çalışmada, Neotetis dalma-batma süreçleri ile ilişkili olan granitoid intrüzyonu ve ofiyolitik kayaların Eosen yüksek sıcaklık/yüksek basınç metamorfizmasını araştırmışlardır. Çalışmada, bölgesel olarak önem teşkil eden granülit fasiyesindeki ofiyolitik kayalar ve bunları kesen granitoid kayaları için yeni veriler sunulmuş ve tartışılmıştır.

Kaydu (2014), Doğanşehir ve Arguvan bölgelerinde gözlenen süstaşlarını mineralojik, jeokimyasal ve gemolojik olarak incelediği doktora tezinde, Korundum grubu

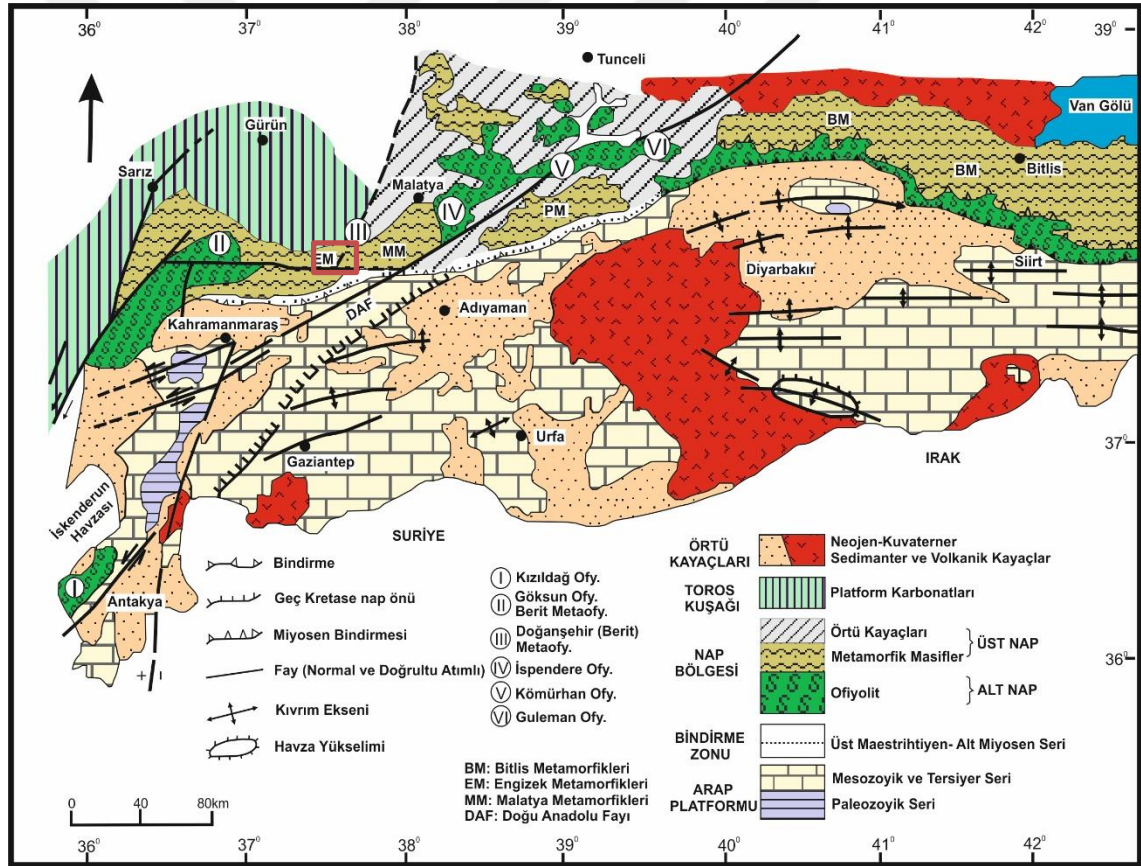
minerallerin renk, sertlik, işlenebilirlik açısından süstaşı özelliği taşıdığını fakat granatların bu özelliği taşımadığını belirtmiştir.

Velioğlu ve Kadioğlu (2014 ve 2015), Doğanşehir bölgesinde yaptıkları çalışmalar sonucu, yakut kristallerinin bölgedeki koyu yeşil metagabroların ve metapiroksenit içerisinde pembeden kırmızıya kadar değişen renklerde ve belirgin bir ikizlenmeye sahip olduklarını belirtmişler; kristallerin yarı özşekli olup çoğunlukla piroksen ve tremolit mineralleri içerisinde toplandığını gözlemlemişlerdir.



4. BÖLGESEL JEOLojİ

Neotetis okyanusunun güney kolunun Üst Kretase-Alt Miyosen’ de kapanması ile kuzeydeki allokon birimler güneydeki Arap platformu üzerine hareket etmiş ve böylece Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağını oluşturmuştur. Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağı Alpid sistemi (Şengör ve Yılmaz, 1981) içerisinde yer alıp, üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar güneyden kuzeye doğru; Arap Platformu, Yığılım Prizması Zonu ve Nap bölgesidir (Yılmaz, 1993). Bu çalışmalara göre, inceleme alanı; Doğu Toros kuşağında nap bölgesi içerisinde yer almaktadır (Yılmaz, 1991; Yılmaz, 1993). (Şekil 4.1)



Şekil 4.1 Güneydoğu Anadolu orojenik kuşakları (Yılmaz vd. 1993, Karaoğlu vd. 2013’den değiştirilmiştir.)

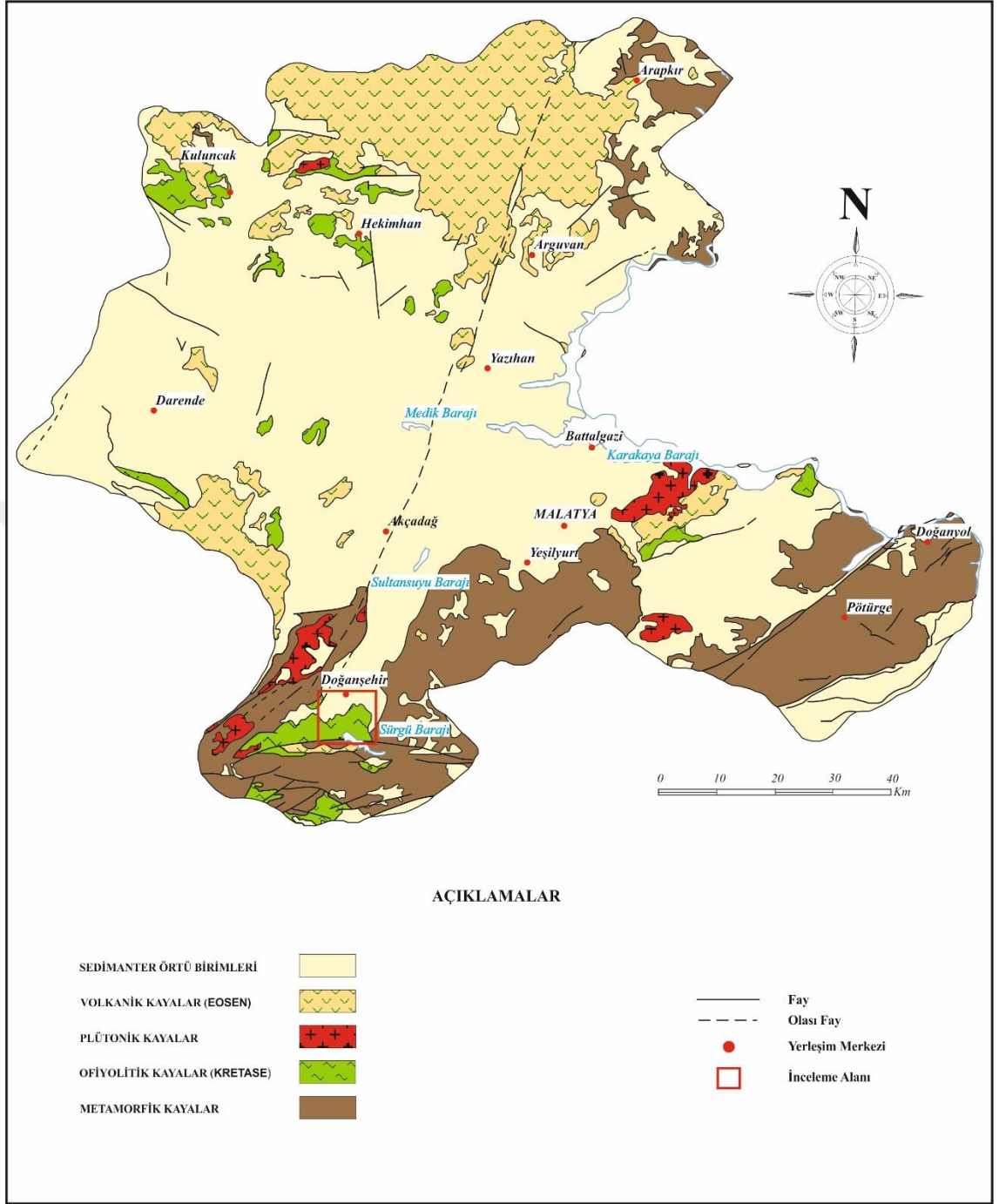
İnceleme Alanı

Güneydoğu'ya özgü ofiyolitler, Arap Platformu ile Toridler arasındaki bir kıtasal çarpışmaya işaret eden Bitlis-Zagros sutureunun hemen kuzeyindeki okyanusal kısmın süreksiz çizgisel kuşaklarını oluşturur (Parlak vd. 2008). Güneydoğu Anadolu'daki geç Kretase ofiyolitleri, Hatay Bölgesi'nde Kızıldağ; Kahramanmaraş kuzeyine doğru Göksun ve Berit; Malatya Bölgesi'nde İspendere ve Elazığ Bölgesinde Kömürhan-Guleman ofiyolitleri ile temsil edilir. Ofiyolitlerdeki kümülat kayalar; dünit, verlit, lerzolit, olivin klinopiroksenit, olivin gabronorit, olivin gabro, gabronorit ve gabro ile temsil edilir (Parlak vd. 2008).

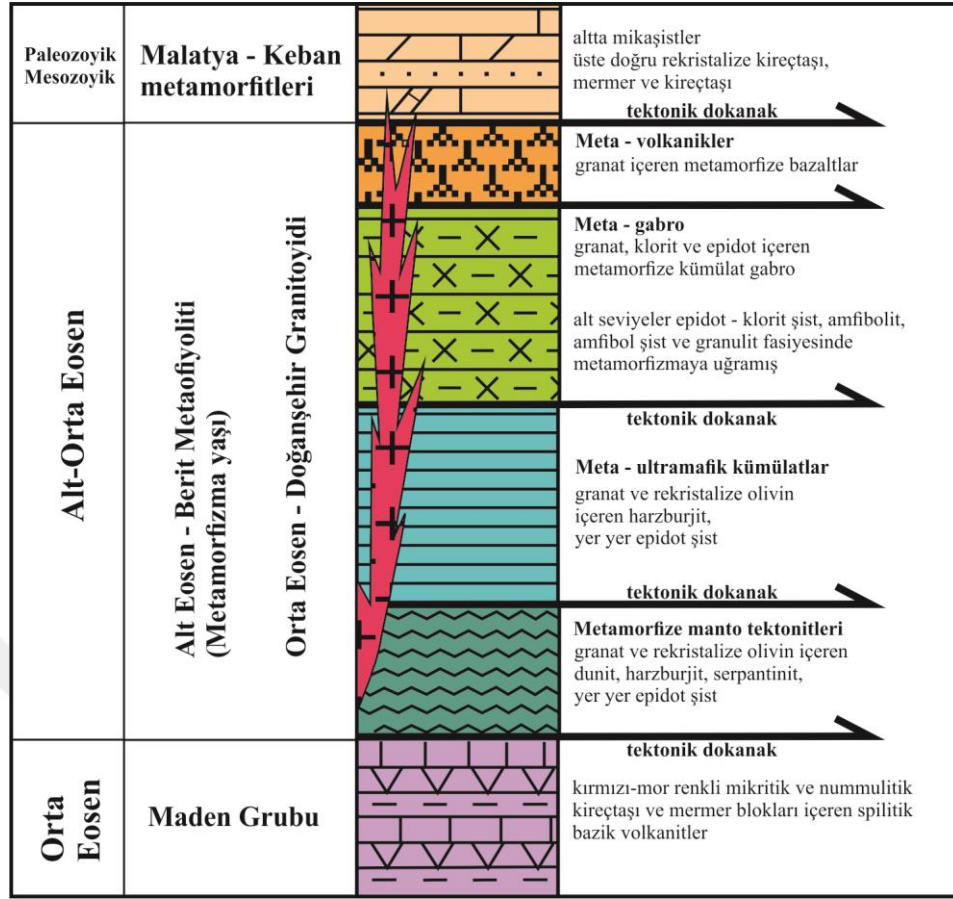
Ofiyolitler, bölgede var olan okyanusun Geç Kretase'de kapanması sonucu yerleşmişlerdir. Ofiyolitlerin oluşum yaşı Üst Kretase (Yazgan 1983, Genç vd. 1993); yerleşmesi ise Geç Kretase'den başlayarak farklı evrelerde gerçekleşmiştir (Önal ve Bingöl 1997). Ofiyolitlerin yerleşimini, yine bu okyanusun yitilmesi ile ilişkili olan granitoidlerin yerleşimi izlemiştir. Bölgede tüm bu birimleri Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik birimler ve sedimanter örtü birimleri üzerlemektedir (Şekil 4.3).

MTA tarafından hazırlanmış Malatya ili jeoloji haritasına göre, çalışma alanı ve çevresindeki kaya toplulukları genel itibariyle metamorfik, magmatik ve sedimanter kayalardan oluşmaktadır. Magmatik olanlar ofiyolitik, plütonik ve volkanik birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 4.2).

Genel itibariyle inceleme alanı çevresinde yaşlıdan gence doğru dört ayrı jeolojik birim yüzlemektedir (Karaoğlu vd. 2013). Bunlar; Malatya-Keban Metamorfikleri, Berit Metaofiyoliti, Doğanşehir Granitoidi ve Maden grubudur (Şekil 4.3).



Şekil 4.2 Çalışma alanının Malatya ili jeoloji haritasındaki konumu (Anonim, 2009'dan değiştirilmiştir.)



Şekil 4.3 Berit metaofiyolitinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Karaoğlu, 2012)

4.1 Bölgenin Stratigrafisi

4.1.1 Temel Birimler

4.1.1.1 Malatya Metamorfikleri

Malatya Metamorfikleri, Malatya ve çevresinde tabandan tavana doğru genel olarak çeşitli şist (mikaşist, kuvars-serizit şist), fillit, dolomit, mermer ve kristalize kireçtaşlarından oluşan bir istif sunmaktadır (Gözübol ve Önal 1986, Önal 1995, Yılmaz 1992, Yılmaz vd. 1987, Yılmaz vd. 1992, Yiğitbaş 1989).

Kuzeye doğru bindiren Malatya metamorfik birliği, Eosen granitoid kayaçları tarafından kesilir (Şekil 4.3) (Karaoğlan vd. 2013).

4.1.1.2 Berit Metaofiyoliti

Çalışmamızın ana konusu olan yakut kristallerini içerisinde bulunduran Doğanşehir metaofiyolitik kayaçları; daha önceki çalışmalarda Genç vd. (1993) tarafından Berit Metaofiyoliti, Perinçek ve Kozlu (1984) tarafından Berit Grubu, Robertson vd. (2006) tarafından Güney Berit Ofiyoliti olarak adlandırılan birim içerisinde yer almaktadır (Şekil 4.1, 4.3).

Metaofiyolitik kayaçlar, Doğanşehir bölgesinin GB'sına doğru Malatya Metamorfik birliği ve Maden Grubu arasındaki KD-GB gidişli tektonik bir zon içerisinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.1) (Parlak vd. 2008). Bu kayaçlar, Göksun-Sürgü fay zonunun güneyine yerleşimli Berit metaofiyolitinin doğudaki genişlemesini temsil eder. Berit metaofiyolitleri, tabanında Maden Grubu üzerine itilir ve tektonik olarak Malatya metamorfik birliği tarafından üzerlenir (Parlak vd. 2008).

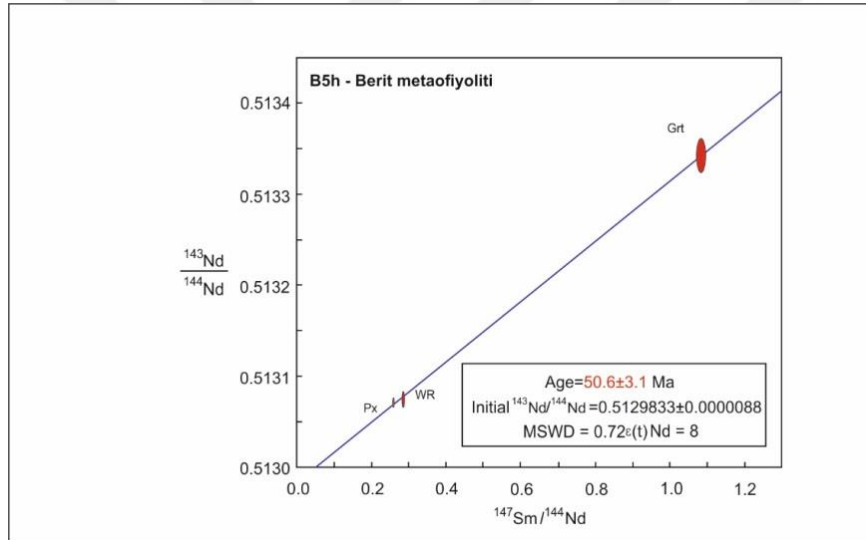
Birimin oluşum yaşı Üst Kretase (Genç vd. 1993, Yazgan 1983); yerleşmesi ise Geç Kretase'den başlayarak farklı evrelerde gerçekleşmiştir (Önal ve Bingöl, 1997). Birim bir ofiyolit takımının hem metamorfik hem de metamorfizma geçirmemiş kısımlarından oluşur (Parlak vd. 2008).

Metaofiyolitik kayaçlar; metaharzburjrit, metadunit (kromitçe zengin), granulit, masif garanat-amfibolit, amfibolit, plajiyoklaz-amfibol şist, metagabro ve metavolkanik kayaçlarla karakterize edilir (Karaoğlan vd. 2013). Metaofiyolitik kayaçlar, tümüyle kalkalkalin granitoid kayaçları tarafından kesilirler (Karaoğlan vd. 2009).

Metamorfizma geçirmemiş olan kısım ise, kromit içeren dunit, harzburjit, verlit ve serpantinit ile karakterize edilir (Yiğitbaş 1989, Genç vd. 1993, Yılmaz 1993, Yılmaz vd. 1993, Karaoğlu 2005).

Metamorfizma geçiren ve metamorfizma geçirmeyen kısımlar arasındaki kontakt, Doğanşehir bölgesinde tektoniktir (Parlak vd. 2008).

Karaoğlu vd. (2013), en yüksek metamorfizma derecesinin mafik granülit bloklarında gerçekleştiğini; amfibolit fasiyesi kayaçlarının ise yükselmeye (exhumation) ilişkili retrograd metamorfizmayı ifade ettiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.4 Berit metaofiyolitinin (B5h) Sm-Nd mineral+tüm kayaç izokron metamorfizma yaşı (Karaoğlu, 2012)

Karaoğlu doktora tezinde (2012) elde edilen izotopik veriler ile Berit metaofiyolitinin en yüksek metamorfizma yaşı Sm-Nd mineral izokron yöntemi ile hesaplanmıştır (Şekil 4.4). Buna göre, Berit metaofiyolitlerinin metamorfizma yaşı, yaklaşık olarak 50 My olarak bulunmuştur.

4.1.1.3 Maden Grubu

Orta Eosen Maden grubunun Güney Neotetis'in yitimi ile ilişkili bir magmatik yay (Helete arc) gerisinde oluştuğu yorumlanmıştır. (Yiğitbaş ve Yılmaz 1996, Robertson vd. 2006, 2007, 2012). Maden grubu, Berit dağı bölgesinde Berit metaofiyolitini uyumsuz olarak üzerler (Perinçek ve Kozlu 1984, Yazgan ve Chessex 1991, Genç vd. 1993, Robertson vd. 2006, 2007). Karaoğlu vd. (2013), Maden grubunun alttaki Berit Metaofiyolitinin yükselmesinden sonra, Erken-Orta Eosen'de oluştuğunu belirtmiştir (Karaoğlu vd. 2013). Yazgan (1984) birimden aldığı kuvars-diyorit örneğinden yaptığı K/Ar yaş tayini analizine göre birimin yaşını 48 My olarak bulmuştur.

Birim bazik lav-polijenik konglomera-kaba kumtaşı istifi ile başlayıp kumlu-killi kireçtaşı ile devam etmektedir. Bu seviyelerin içinde olistostromal seviyeler bulunur. Tabandaki seviyelerin üzerinde bordo renkli çört ve yeşil spilitik lav aralanması bulunmaktadır. Aynı seviyeler üzerinde metapelitler ve pelajik meta-çamurtaşları bulunmaktadır. Bunların üzerinde koyu gri - kırmızımsı kahverenkli fillat seviyesi yer almaktadır. Fillat seviyesinin üstünde olistostromal çakıltaşları bulunmaktadır. Üst seviyeye doğru ise; nummulitli kireçtaşı – serpantin, gabro-amfibolit çakılları içeren çakıltaşları yer alır. Burada yer alan çakılların rengi ve içerikleri değişmektedir (Yiğitbaş vd. 1993).

4.1.2 Magmatik Birimler

4.1.2.1 Doğanşehir Granitoyidi

Yüksek sıcaklık/yüksek basınç Berit metaofiyoliti, metamorfizma geçirmemiş Eosen yaşlı (51-45 milyon yıl) kalkalkalin granitoid kayaçları tarafından kesilir (Karaoğlu vd. 2013) (Şekil 4.3). Karaoğlu (2005), Doğanşehir granitoidinin aktif kıta kenarında bir volkanik yay granitoyidi (VAG) olduğunu belirtmiştir.

Eosen'de kuzeye doğru dalım, yükselen metaofiyolitik kayaçları ve Torit kıtasının güney kenarını temsil eden Malatya metamorfik birliğini kesen kalkalkalin granitoidlerinin oluşumuna yol açmıştır (Karaoğlu vd. 2013).

Önceki çalışmalarda, Doğanşehir bölgesindeki metaofiyolitik kayaçlarla birlikte Malatya metamorfik birliğini kesen granitoyid kütlelerinin de Geç Kretase yaşlı olduğu varsayılıyordu (Perinçek ve Kozlu 1984, Genç vd. 1993, Yılmaz 1993, Yılmaz vd. 1993, Parlak vd. 2004, 2009, Robertson vd. 2006). Fakat Karaoğlu vd. 2013'te yaptıkları çalışmada sundukları yeni radyometrik yaşlandırmaya göre bu granitoyid kütlelerinin aslında Eosen (Karaoğlu 2012) yaşlı olduğunu belirtmişlerdir.

Karaoğlu'nın doktora tezinde (2012) Malatya Doğanşehir intrüzif kütlelerinden tonalit ve diyorit bileşimli kayalarda $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş tayini yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Doğanşehir granitoyidinden alınan örnekten amfibol fazı 50.3 ± 5.2 My izokron yaşı; biyotit fazı 48.38 ± 0.3 My plato yaşı elde edilmiştir. Elde edilen jeokronolojik yaş bulgusu ile Malatya Doğanşehir granitoidlerinin bölgeye yerleştikten sonra Alt Eosen döneminde soğudukları ortaya konulmaktadır.

Yine aynı çalışmada (Karaoğlu 2012) Apatit Fizyon İzi yaş tayinlerine göre, Doğanşehir'deki granitoyid kütlelerinden 16 ile 37 milyon arasında değişen farklı yaşlar elde edilmiştir. Bu yaşın Malatya Doğanşehir granitoid kütlelerinin yükselme yaşı olarak kabul edilmesi, ana plütonun Üst Eosen'den başlayarak Alt Miyosen'e kadar yükselmesine karşılık gelmektedir.

Doğanşehir granitoidi, büyük ölçüde sokulum yaptığı Malatya Metamorfik Birliği'nde yüzlek vermektedir. Ayrıca, iki küçük intrüzif kütle, Doğanşehir'in GB'sında Berit metaofiyolitini keser. Granitoid kayaçlar, mafik bileşimden felsik bileşime kadar değişen plütonik (amfibol gabro, diyorit, kuvars diyorit, granodiyorit, tonalit) ve yarı plütonik (kuvars diyorit porfir, tonalit porfir) kayaçlar tarafından karakterize edilir. Mafik bileşimden felsik bileşime kadar değişen dayklar, ana granitoid kütlelerinin çeşitli seviyelerinde sokulum yaptığı belirlenmiştir (Karaoğlu vd. 2013).

4.1.3 Örtü Birimleri

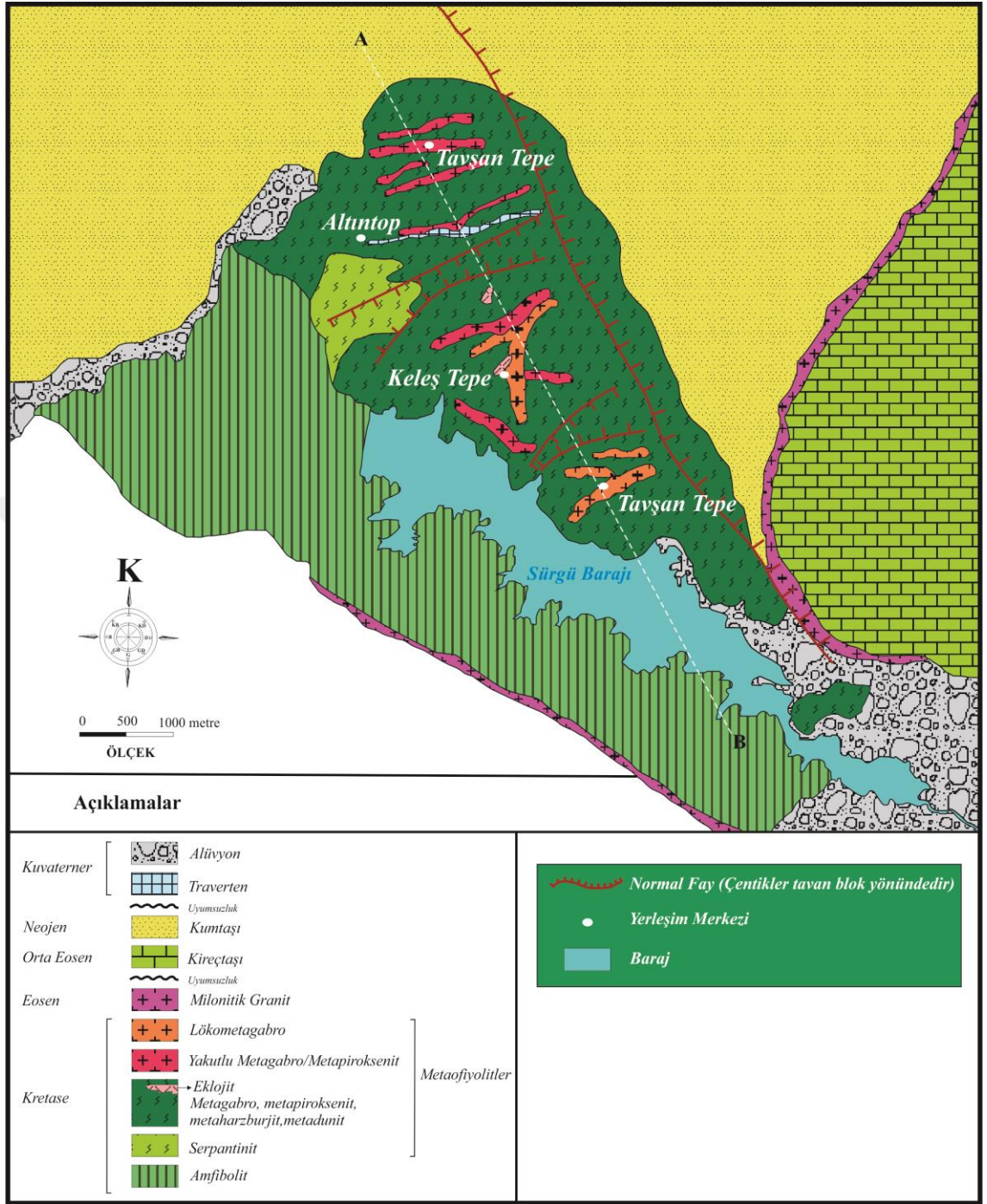
Bölgedeki birimler genel itibariyle Eosen yaşlı volkanik kayalar ve sedimanter örtü birimleri tarafından üzerlenmektedir (Şekil 4.2).



5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanı, Malatya ilinin yaklaşık 60 km GB' sındaki Doğanşehir ilçesi ile daha güneydeki Sürğü Barajı arasında kalan bölgeyi kapsar (Bkz. Şekil 4.2).

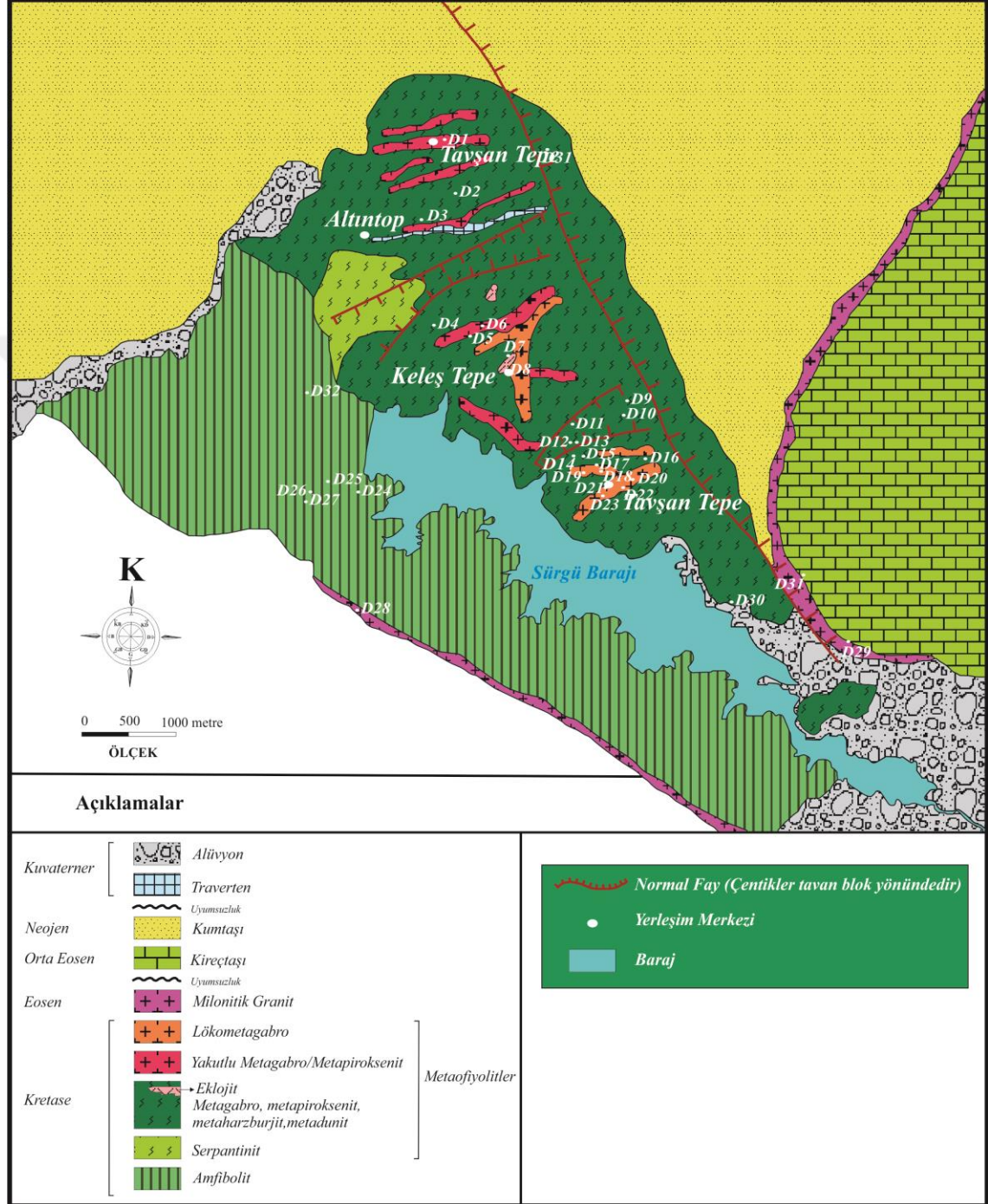
Arazi çalışmaları kapsamında; bölgede bulunan eklojit, serpantinit, ofiyolit, amfibolit, milonitik granit, kireçtaşı ve genç birimlerin örneklendiğı alanın jeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 5.1). Bu kayaçların arazide gözlenen makroskobik ve mezoskobik ölçekteki özellikleri fotoğraflanmıştır. Sistematiğ şekilde 92 adet örnek alınmış ve bunlardan taze olanları seçilip analizi yapılmıştır. Örnek alımı sırasında kayaçların bir kısmı altere olmasına rağmen mümkün oldukça taze örnek alımına özen gösterilmiştir.



Şekil 5.1 İnceleme alanının jeoloji haritası

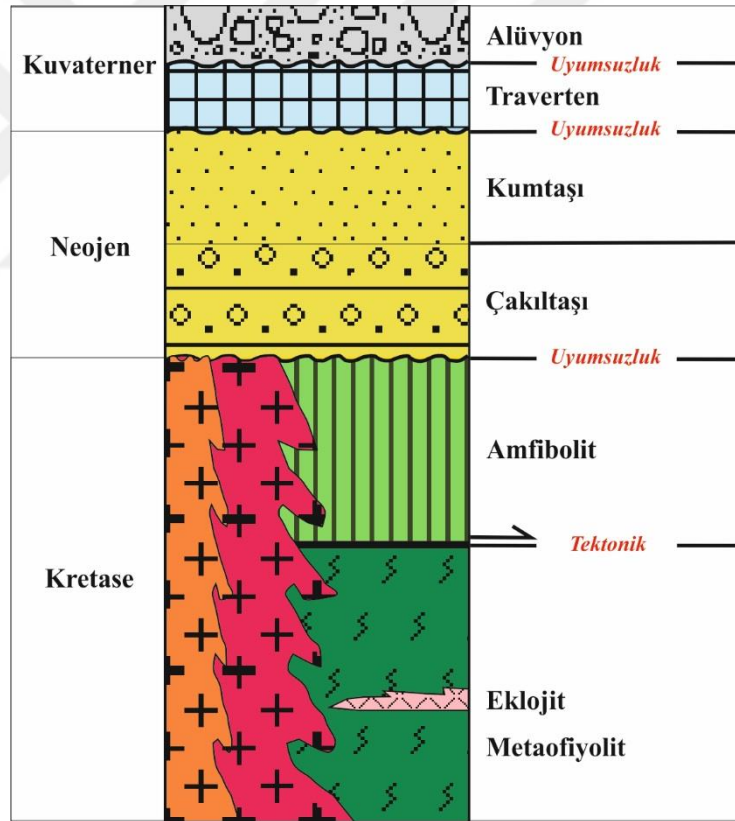
Eklojitlerin boyutları haritalanamayacak kadar küçük olmasından dolayı yerleri abartılarak gösterilmiştir. Haritadan alınan KB-GD yönlü jeolojik kesit güzergahı üzerinde gösterilmiştir.

Arazi çalışmaları süresince toplanan örneklerin GPS yardımıyla koordinatları kaydedilmiş, örnek alım yerleri haritada gösterilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 İnceleme alanından alınan örneklerin yerbulduru haritası

İnceleme alanının temelini, birbirleri ile tektonik dokanaklı, Kretase yaşlı metaofiyolitler ve ofiyolit kökenli amfibolitler oluşturur. Metaofiyolitler, genel bindirme sonucu tektonizmadan önemli ölçüde etkilenmişlerdir ve yer yer ekloit blokları içerirler. Bölgedeki dinamik metamorfizma etkisi mikroskobik çalışmalarda da tespit edilmiştir. Milonitleşmiş granit apofizleri yer yer yüzlek vermektedir. Bu apofizler büyük olasılıkla Malatya Doğanşehir granitoid intruziflerine ve onların türevlerindeki kollarına karşılık gelebilmektedir. İncelemeye konu olan yakutlu metagabro ve meta piroksenitler, bu birimleri keser. Bu temel birimlerin üzerine, tabanda çakıltaşı ile başlayıp üste doğru kumtaşları ile devam eden Neojen örtü birimleri gelir. İnceleme alanındaki genç faylarla ilişkili traverten ve güncel alüvyal çökeller tüm bu birimleri uyumsuzlukla örter (Şekil 5.3).

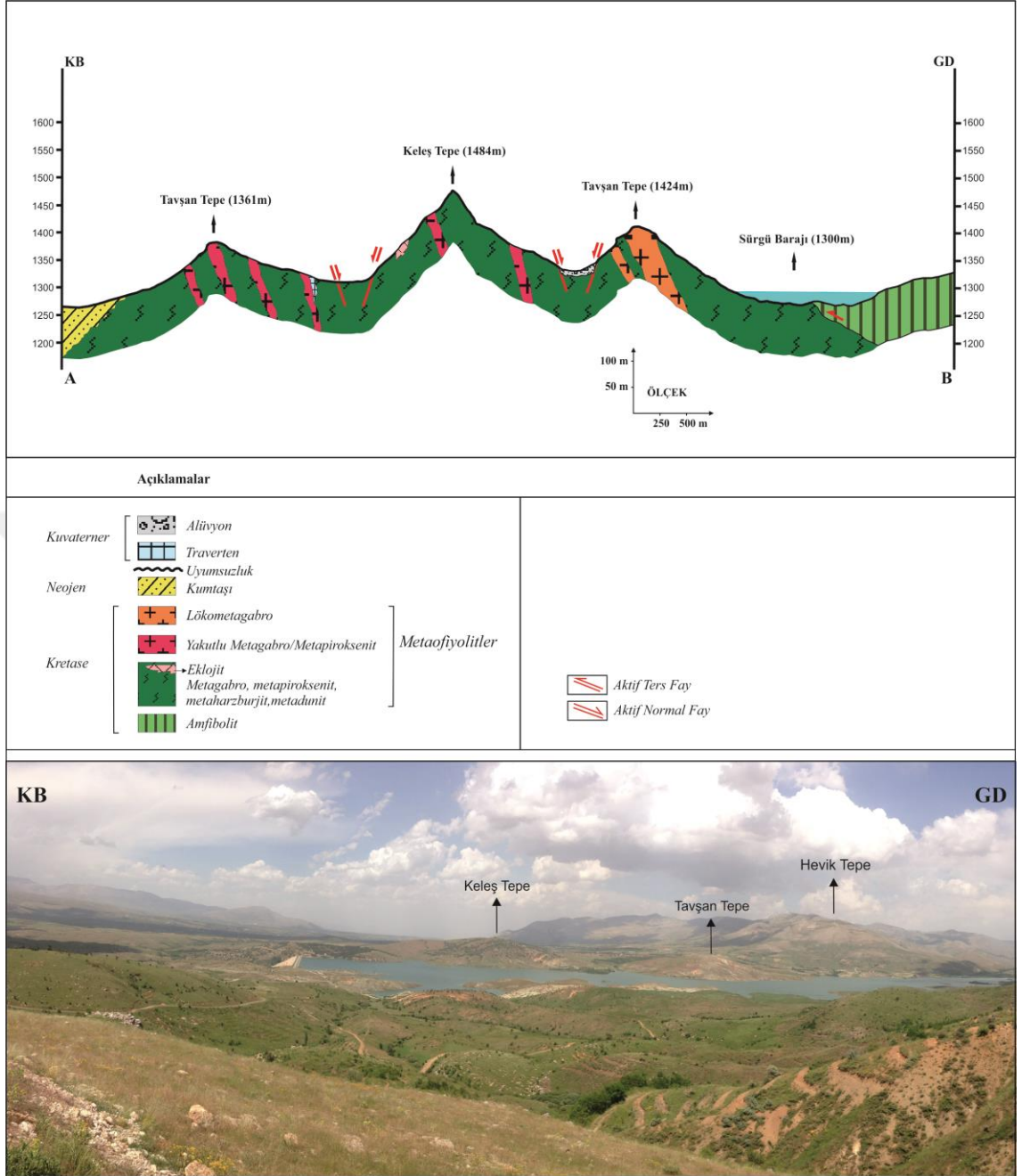


Şekil 5.3 İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti

Bölgedeki Doğanşehir metaofiyolitleri, kendi içerisinde yer yer metamorfizma geçirmiştir ve başlıca harzburjit, dunit, gabro, piroksenit, ekloit ile metabazik ve

metaultrabazik kayalardan oluşmaktadır. Çalışmanın ana konusunu oluşturan yakut oluşumları, KB-GD uzanımlı Doğanşehir metaofiyolitleri içerisinde, KD-GB doğrultusunda gözlenen metagabro ve metapiroksenitler içerisinde yaygın olarak bulunmaktadır (şekil 5.1).

Haritadan KB-GD doğrultulu alınmış olan jeolojik enine kesitte (şekil 5.4) görüldüğü gibi; çalışmaya konu olan yakutlar, çoğunlukla Sürgü Barajı'nın KB'sındaki Tavşan Tepe ve Keleş Tepe dolaylarındaki metaofiyolitler içerisine sokulmuş, kalınlıkları 100m'den fazla olan metagabro ve metapiroksenitler içerisinde gözlenmektedir. Metaofiyolitler, kendi içerisinde eklojit, serpantinit ve metamorfizma geirmış harzburjit, metadunit şeklindedir. İnceleme alanındaki gabrolar; koyu renkli (metagabro/metapiroksenit) ve açık renkli (lökometagabro) olarak kendi içerisinde ayrılmaktadır. Tavşan Tepe ile Keleş Tepe, Altıntop Köyüne doğru normal atımlı düşey bir faylanmaya maruz kalmıştır.



Şekil 5.4 İnceleme alanının A-B doğrultusu boyunca alınmış jeolojik kesiti ve arazi fotoğrafı

5.1 Eklojit

Çalışma sahasındaki eklojitler oldukça kısıtlı alanda metaofiyolitik birimlerin içerisinde kompakt ve boyutları 50 cm ile 1-2 m arasında değişen bloklar halinde bulunmaktadır. Bunlar, karakteristik olarak kırmızımsı kahverengi granat segregasyonları içermektedirler (Şekil 5.5).

El örneğinde koyu yeşilimsi gri renkli, başlıca piroksen, granat, az da olsa kromit kristalleri içermektedirler. Boyutları haritalanamayacak kadar küçük olmasından dolayı, jeolojik haritada yerleri abartılarak gösterilmiştir. Metaofiyolitler içerisinde kısmen de olsa belirgin dokanaklarla ayrılabilir. Bu zuhurların metaofiyolitlerden en önemli farkı; kompakt, özgül ağırlığı yüksek ve kahverengi granat içermeleridir.



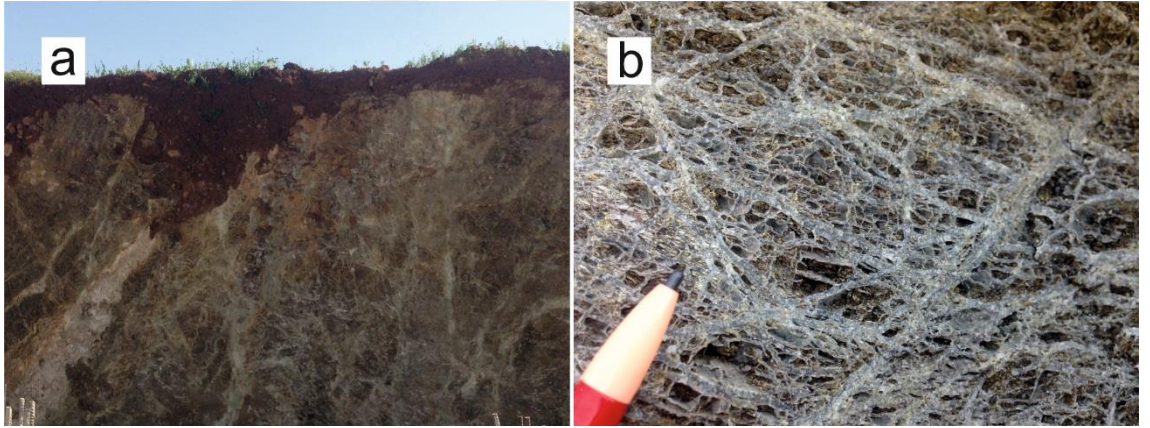
Şekil 5.5 Metaofiyolit içerisinde yer alan eklojitlerin arazi görünümü

5.2 Amfibolit

Amfibolitler genel olarak çalışma alanının güney ve güney batısında yüzlek vermektedir. El örneğinde koyu grimsi yeşil renkli belirgin foliasyon yapıları göstermektedir. Yayvan bir topografyaya sahip olan bu birim bölgenin temel istif kayasını temsil etmektedir. El örneğinde başlıca amfibol grubu minerallerinden oluşmaktadır.

5.3 Serpantinit

Metaofiyolitlerin ana litolojisini yeşil renkli, serpantinleşme sonucu kayganlaşma özelliği sergileyen ve önemli ölçüde serpantinit dokusu gösteren metaperidotitler oluşturmaktadır. Bunlar, içermiş oldukları mineralojik bileşime göre dunit, harzburgit ve kısmen de lerzolit bileşimindedirler.



Şekil 5.6 Metaofiyolit içerisinde yer alan serpantinitlerin: a. genel görünümü
b. serpantinitleşmiş yüzleklerin yakın görünümü

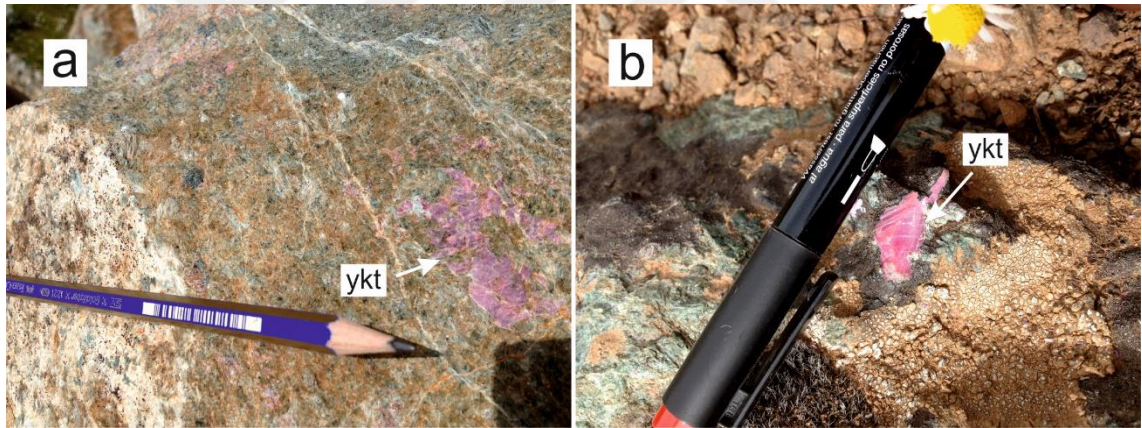
5.4 Metagabro ve Metapiroksenit

Arazi gözlemlerine göre; mafik mineralce zengin, metamorfizma geçirmiş gabro ve piroksenit, diğer birimlerle mukayese edildiğinde oldukça taze mostralara sergilerler. Oldukça kırılgan bir özellik sergileyen bu birimler, çekiçle vurulduğunda kırılanıp

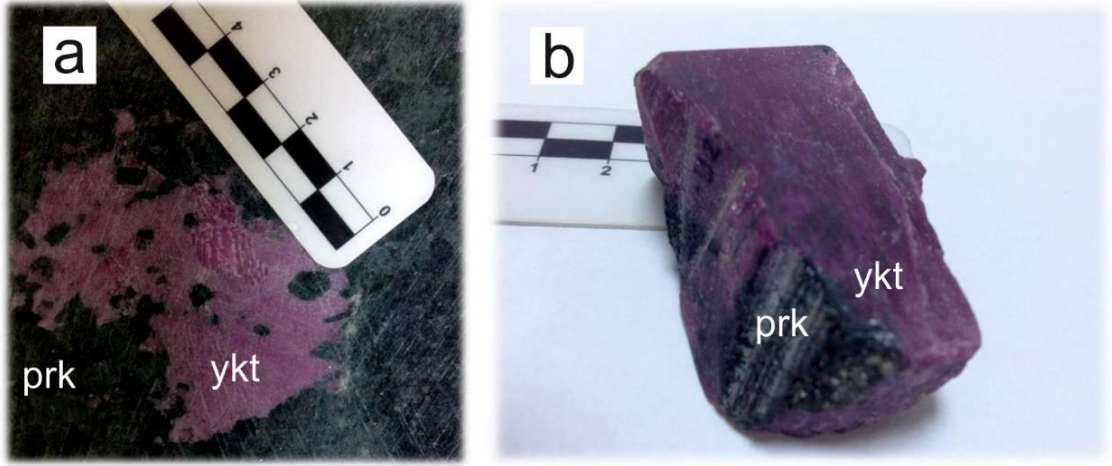
parçalanabilmektedir. Tavşan Tepe ile Keleş Tepe, Altıntop Köyüne doğru normal atımlı düşey bir faylanmaya maruz kalmıştır (Şekil 5.1, 5.4). Bu nedenle, birimin kırılğan yapı sergilemesine neden olabilmektedir.

Metagabro ve metapiroksenit kayaları, iri kristalin dokulu olup yeşilden koyu yeşil ve siyaha doğru bir renk aralığı sergiler (Şekil 5.7). Bu kayaçlar, zeytin yeşili renkli iri piroksen ve iri tremolit-aktinolit mineralleri içermektedir. Bunların arasında, düzensiz bir şekilde, boyutları genellikle 0.2mm'den 15mm'ye varan pembe ve morumsu kırmızı renkli yakut ve renksiz korundum içermektedir (Şekil 5.7-5.8). Yakut kristalleri, belirgin bir ikizlenmeye sahiptirler.

Kayalarda korundum mineralleri ile birlikte migmatitik doku da yer almaktadır.



Şekil 5.7.a.b. Metagabro ve metapiroksenitlerin içerisinde görülen farklı açıdan yakut oluşumlarının arazi görünümü

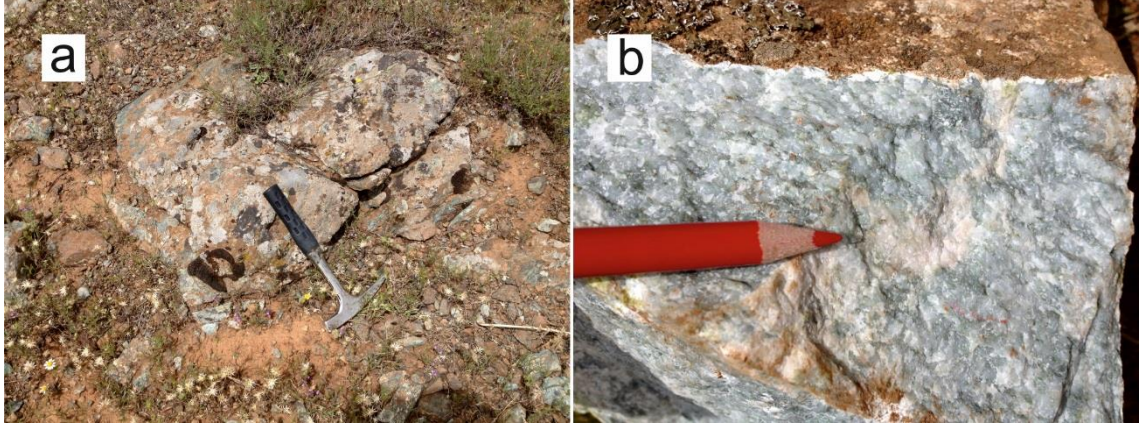


Şekil 5.8 Metapiroksenit kayasındaki yakut ve piroksen kristallerinin makrofotografı
Ölçek birimi:cm

5.5 Lökometagabro

Çalışma sahasında, metaofiyolitler içerisinde, açık renkli minerallerce zengin gabrolar yer almaktadır. Bunlar lökometagabrolar şeklinde adlandırılmıştır.

Lökogabrolar, oldukça açık renklidirler. Bu kayaçlar genel olarak Keleş Tepe, Altıntop ve Tavşan Tepe’de uyumlu konumda yüzlek vermektedir. Kendi içerisinde yer yer ikincil kuvars damarcıkları içermektedirler. Bu kayaçlarda korundum görülmemiştir (Şekil 5.9).

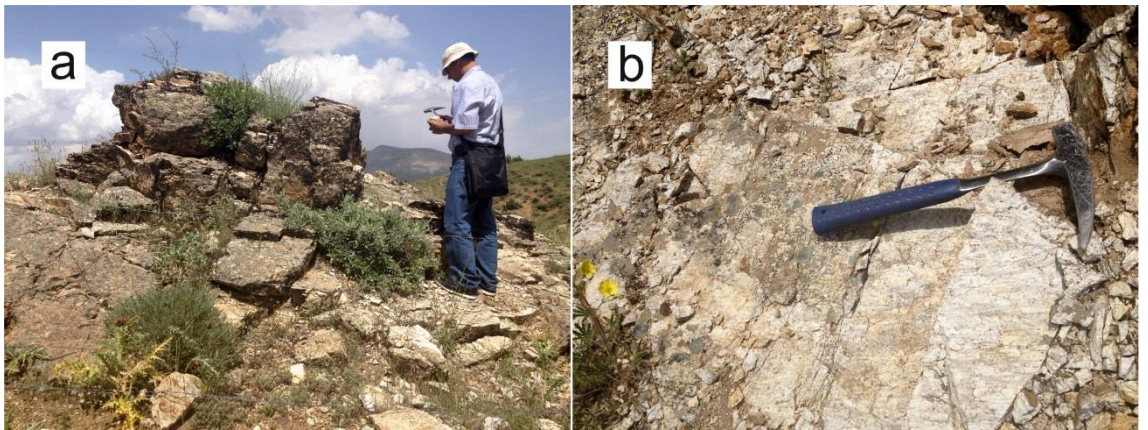


Şekil 5.9 Metaofiyolit içerisinde yer alan lökometagabroların arazi görünümü

a. uzak görünüm, b.yakın görünüm

5.6 Milonitik Granit

Milonitik granitler açık bej renkli felsik bileşenlerce doymuş ve genel olarak çalışma alanının doğu ve güneybatısında yüzlek vermektedir (Şekil 5.10). Bunlar 50cm ile 1.5m genişliğindedir ve kilometrelerce uzunluk göstererek genellikle damar yapısı şeklinde yüzlek vermektedir. El örneğinde düzensiz kırık ve çatlak içeren fanaritik dokulu olup başlıca kuvars, alkali feldispat, muskovit ve az oranda opak mineral içerdiği belirlenmiştir.



Şekil 5.10 Kırıklanma ve çatlaklanma gösteren milonitik granitlerin arazi görünümü

a. uzak görünüm, b.yakın görünüm

5.7 Killi Kireçtaşı

Çalışma alanındaki killi kireçtaşı birimleri, önceki çalışmalarda belirtilen Orta Eosen Maden Grubu istifinde yer almaktadır (şekil 5.11).



şekil 5.11 çalışma alanındaki killi kireçtaşı birimlerinin arazi görünümü

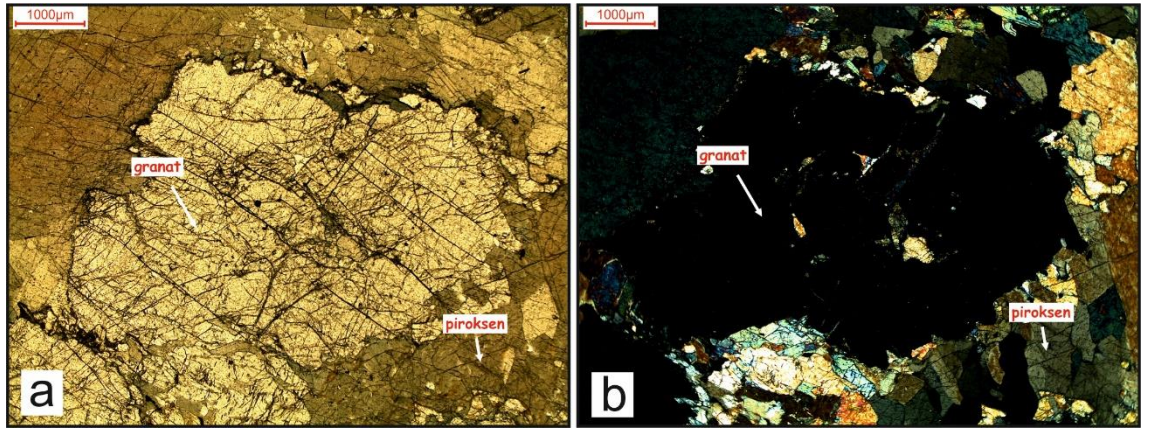
a. uzak görünüm, b.yakın görünüm

6. MİNERALOJİ-PETROGRAFİ

Arazi çalışması sırasında toplanan kaya örneklerinin taze olanlarından 92 adet örnek seçilerek ince kesitleri hazırlanmıştır. Hazırlanan incekesitlerin mineralojik ve dokusal özellikleri polarizan mikroskobu altında incelenerek tanımlamaları yapılmıştır. Bu tanımlamalar sonucunda kaya birimlerinin ayrıntılı mineralojik bileşimleri ve adlandırmalarına göre bölgede yer alan kayalar başlıca eklojit, amfibolit, serpantinit, metagabro, metapiroksenit, lökometagabro, milonitik granit şeklinde adlandırılmıştır. Bu kaya birimlerinin ayrıntılı petrografik özellikleri aşağıda verilmiştir.

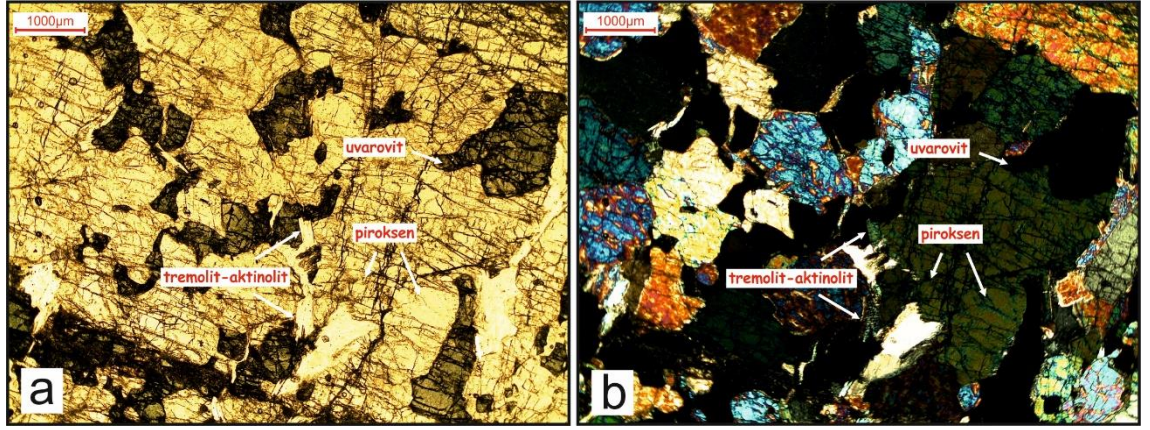
6.1 Eklojit

Ana bileşen olarak omfazit ve granatlardan oluşan bu birimde epidot mineralleri alterasyon ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Kaya içerisinde tali mineralleri retrograd metamorfizma ürünleri olan tremolit ve aktinolit mineralleri, uvarovit, korundum ve opak mineraller (kromit) oluşturmaktadır. Kaya genel olarak nematogranoblastik doku özelliği göstermektedir (Şekil 6.1- 6.4).

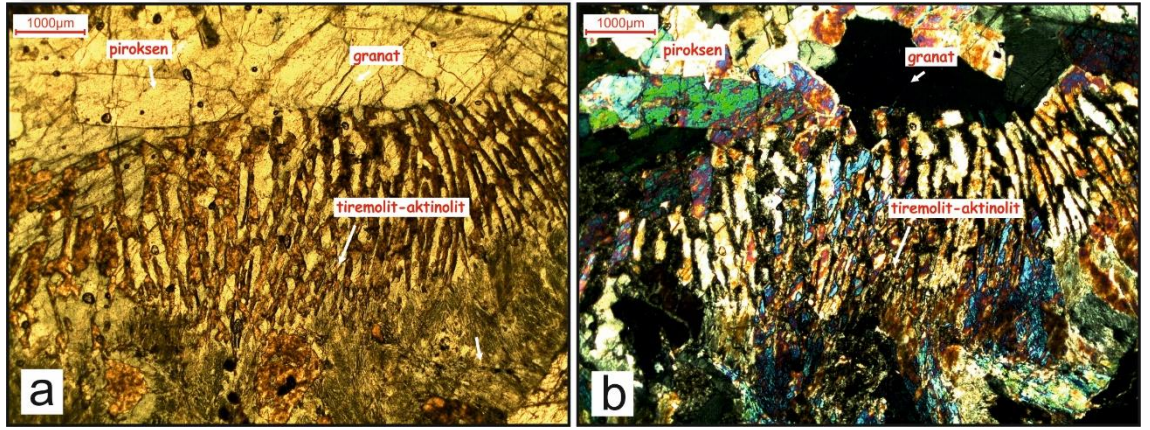


Şekil 6.1 Eklojit kayasının genel dokusunu gösteren fotomikrograf

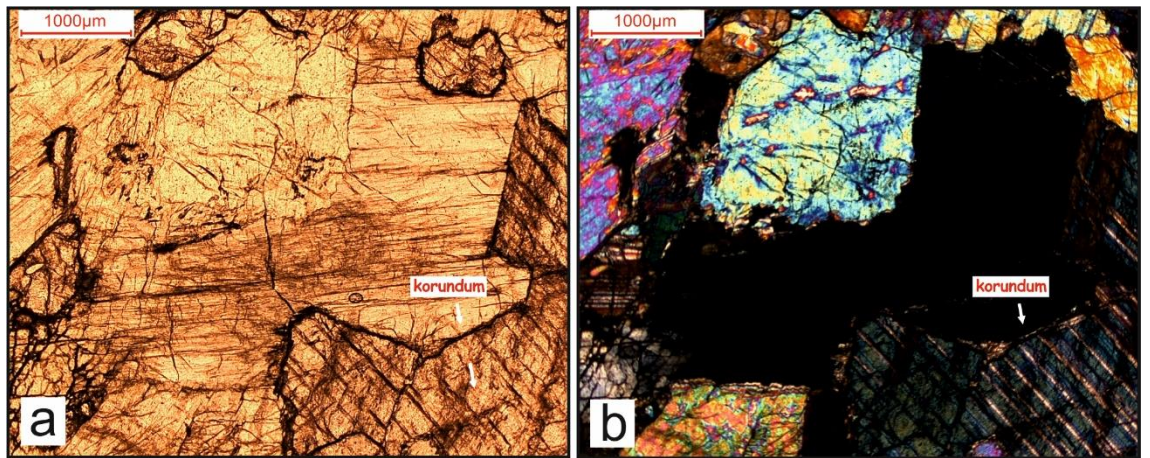
a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol



Şekil 6.2 Eklojit kayasındaki uvarovit minerallerinin fotomikrografi
a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol



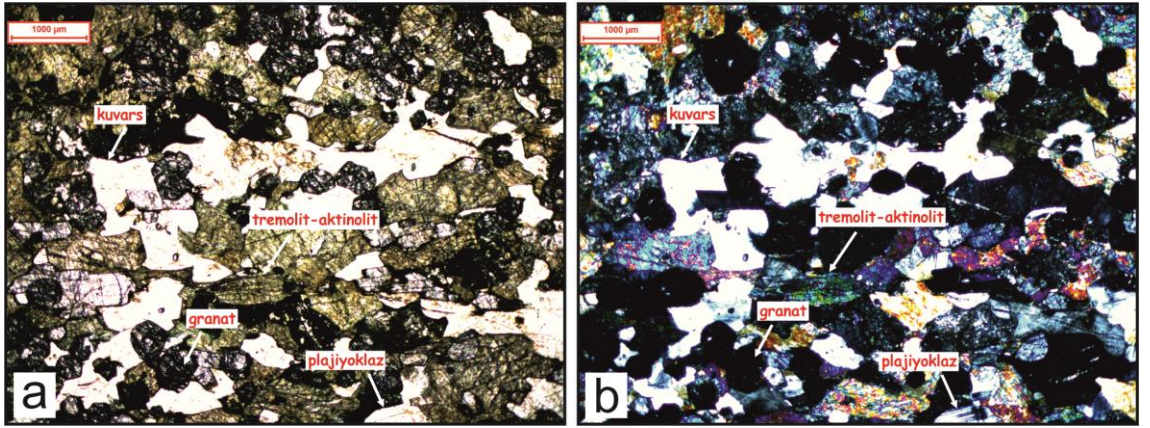
Şekil 6.3 Eklojit kayasındaki tremolit ve aktinolit minerallerini gösteren fotomikrograf
a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol



Şekil 6.4 Eklojit kayasındaki korundum mineralini gösteren fotomikrograf
a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

6.2 Amfibolit

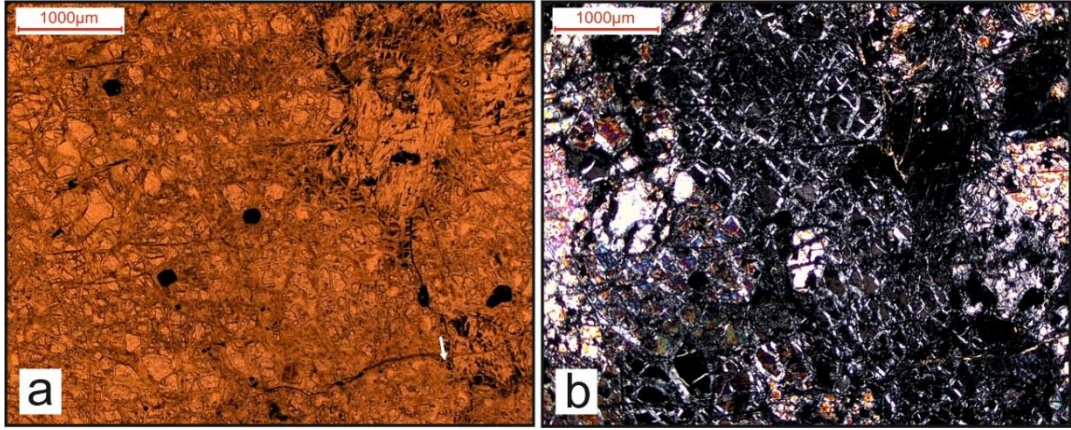
Amfibolitler mikroskop altında nemato porfiroblastik ve nematogranoblastik doku özelliği göstermektedir. Örnekler başlıca tremolit, aktinolit, kuvars, plajiyoklaz, granat, titanit ve az oranda opak mineral içermektedir. Kayanın göstermiş olduğu belirgin lineasyon, klivaj, mikroskobik dokusal özellikleri, basıncın etkin olduğu ve kayalardaki granatların göstermiş olduğu granular dokusu kayanın sıcaklık etkisi altında kaldığını gösterebilmektedir (Şekil 6.5). Tremolit ve aktinolitler kaya bileşinin % 80'den fazlasını oluşturmaktadır. Granat mineralleri genel olarak sıcaklık etkisi ile oluşmasından dolayı daha çok özşekilli olmakla birlikte az oranda kırıklanma ve çatlaklanma içermektedir.



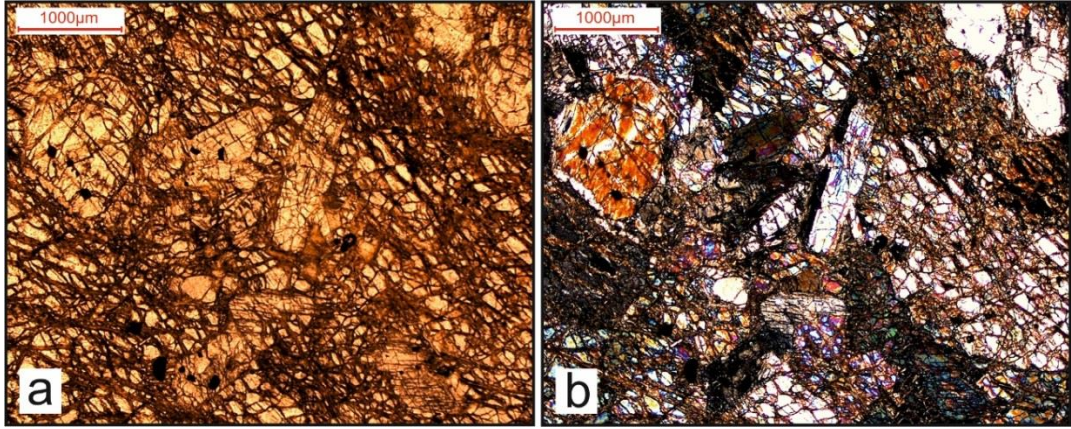
Şekil 6.5 Amfibolit kayasının fotomikrografı
a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

6.3 Serpantinit

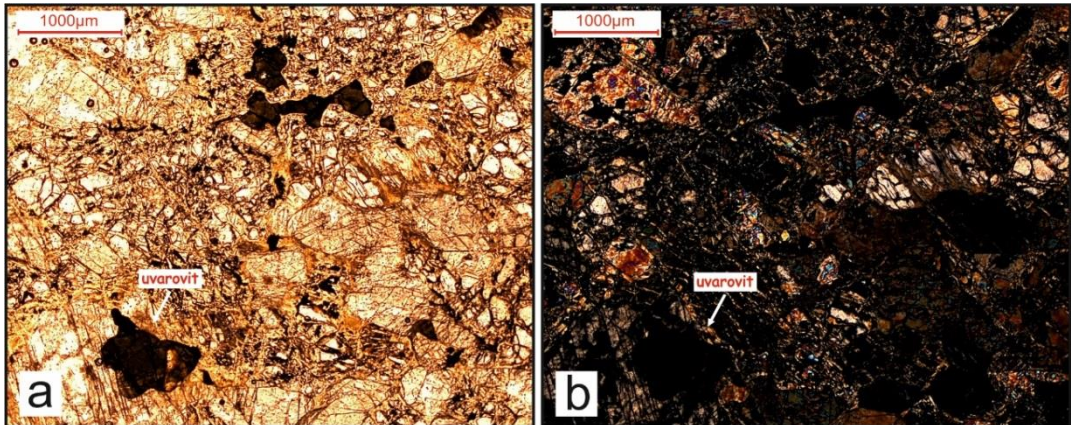
Petrografik inceleme sonucu, birimler içerisinde yer alan olivin ve piroksenlerin önemli bir bölümünün serpantinleşmiş olarak yer almasından dolayı birimler serpantinleşmiş dunit ve serpantinleşmiş harzburgit şeklinde adlandırılmışlardır. Bunlar mikroskop altında belirgin bir elek dokusu sergilemekte ve kaya içerisinde krizotil, antigorit gibi ana serpantin minerallerinin yanında olivin, piroksen ve kromit mineralleri de yer almaktadır (Şekil 6.6 - 6.8).



Şekil 6.6 Serpantinleşmiş elek dokulu dunit kayasının fotomikrografı
a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol



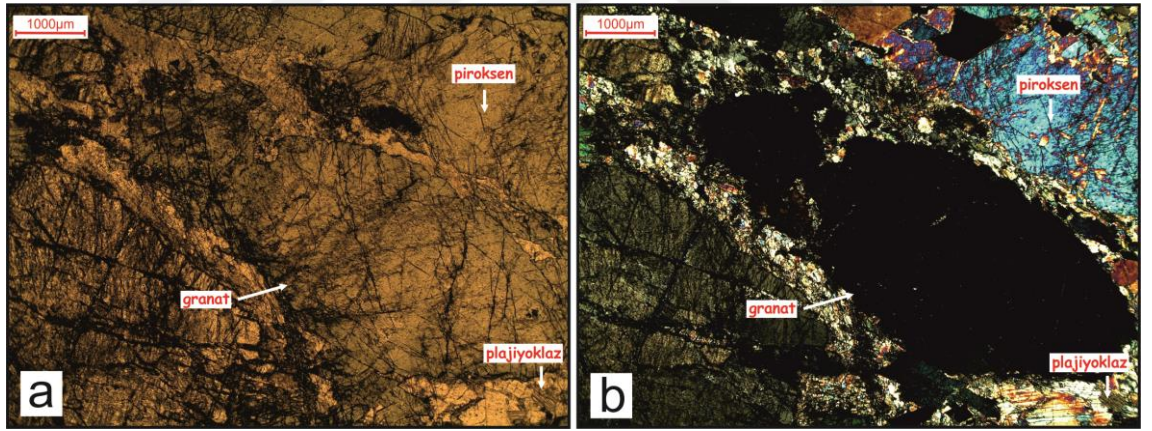
Şekil 6.7 Serpantinleşmiş elek dokulu harzburgit kayasının fotomikrografı
a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol



Şekil 6.8 Serpantinleşmiş elek dokulu harzburgit kayasındaki uvarovit mineralini gösteren fotomikrograf
a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

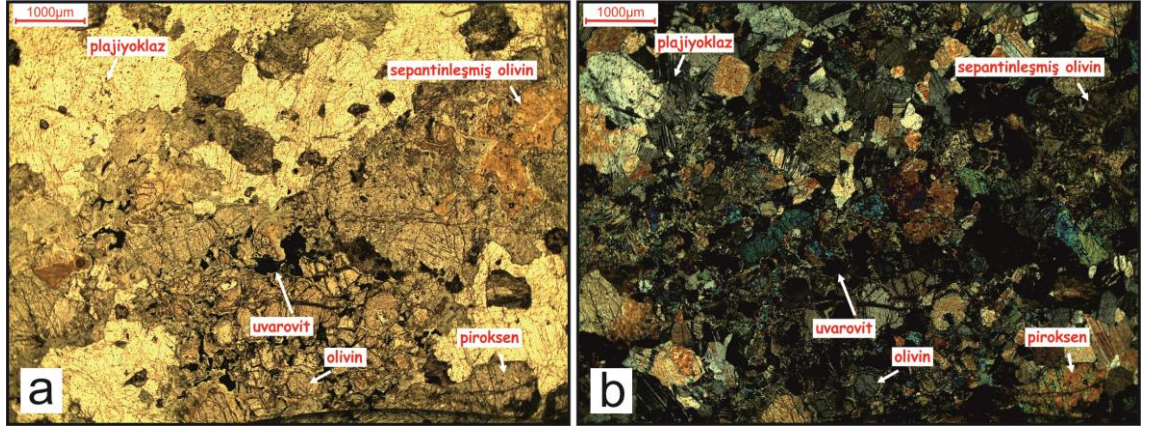
6.4 Metagabro

İnceleme alanındaki metagabrolar, faylanmadan kaynaklanan dinamik etki sebebiyle yer yer kırılğan özellikte olduğundan ince kesitlerde kataklastik yapı kendisini göstermektedir. Milonitik gabrolarda blastomilonitik doku hakim olup ana mineraller piroksen, plajiyoklaz ve bazı kesitlerde olivin mineralleridir. Kaya içerisindeki tali mineraller; korundum, granat, tremolit, aktinolit ve klorit olup opak mineraller; çatlaklarda ikincil olarak oluşmuş epidot ve kalsedon, sıcaklık etkisiyle oluşan kalsit ve aragonit mineralleridir. Tremolit, aktinolit ve klorit mineralleri retrograt metamorfizma sonucu oluşmuşlardır. Epidot mineralleri yer yer alterasyon ürünleri olarak da göze çarpmaktadır. Mineraller genel olarak yarı özşekli ve metamorfizma etkisiyle uzamış kristaller şeklinde gözlenmektedir. Piroksen minerallerinin bünyesindeki demirin açığa çıkmasıyla opasitleşme görülmektedir. Olivin minerallerinde serpantinleşme gerçekleşmiştir (Şekil 6.9 - 6.11).



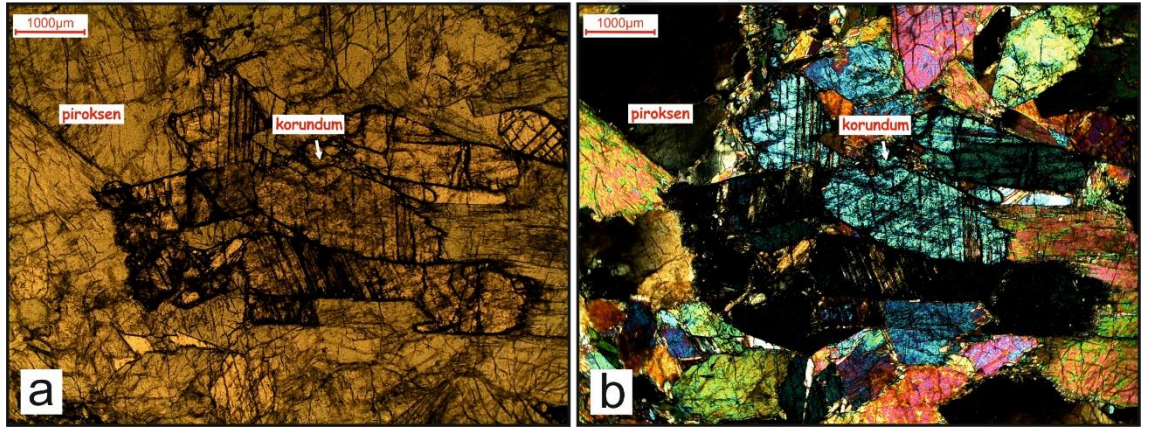
Şekil 6.9 Metagabro kayasındaki kataklastik etkiyi gösteren fotomikrograf

a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol



Şekil 6.10 Metagabro kayasındaki uvarovit ve serpantinleşmiş olivinleri gösteren fotomikrograf

a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

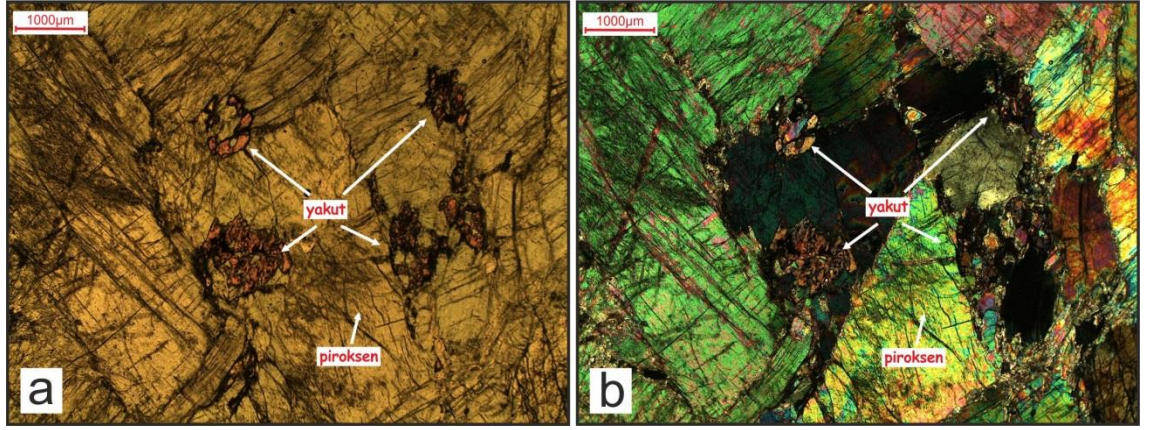


Şekil 6.11 Metagabro kayasındaki korundum kristallerini gösteren fotomikrograf

a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

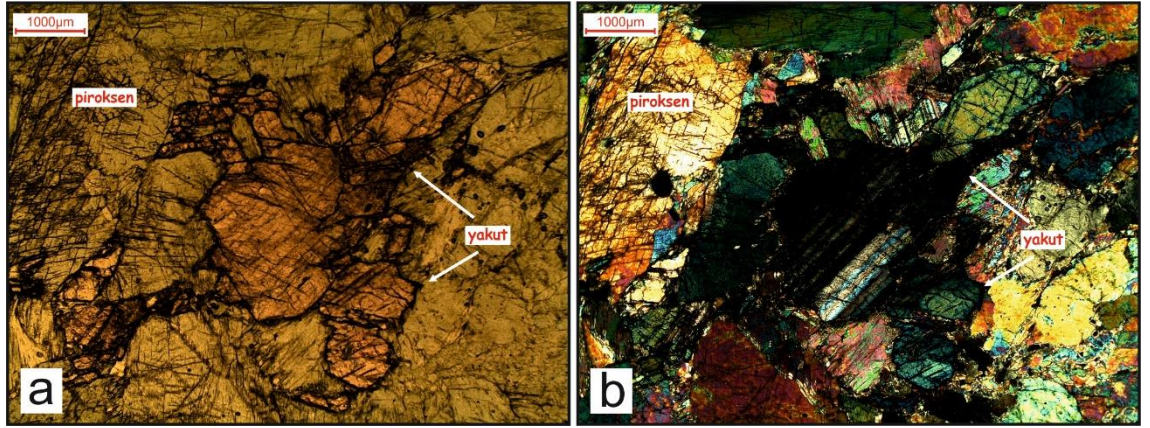
6.5 Metapiroksenit

Kaya içerisinde ana bileşen piroksen olup; tali mineralleri korundum, tremolit, aktinolit, granat, epidot ve opak mineraller oluşturmaktadır. Epidotlar, metamorfizma sonucu ve alterasyon ürünleri olmak üzere iki şekilde karşımıza çıkmaktadır. Mineraller yarı özşekli kristaller halinde görülmektedir (Şekil 6.12 - 6.14).



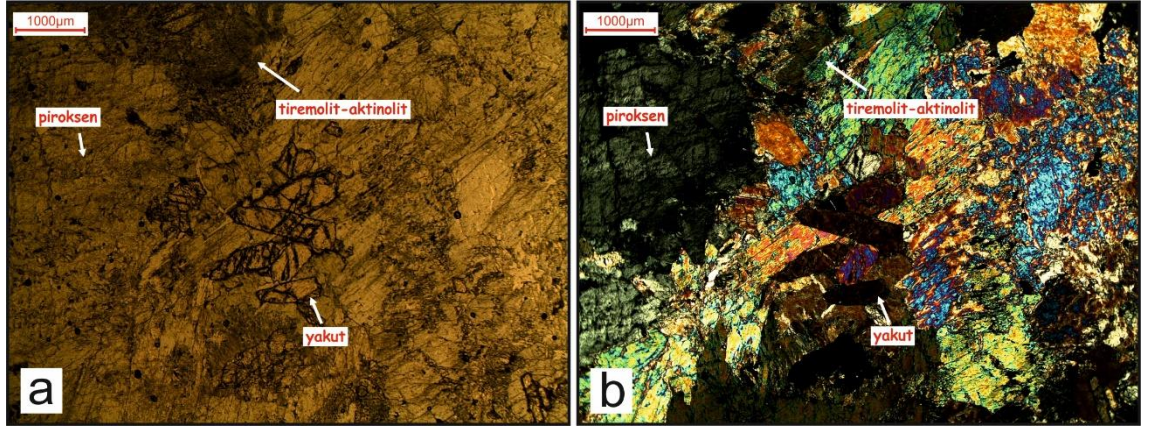
Şekil 6.12 Metapiroksenit kayasındaki yakut kristallerini gösteren fotomikrograf

a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol



Şekil 6.13 Metapiroksenit kayasındaki yakut kristallerini gösteren fotomikrograf

a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

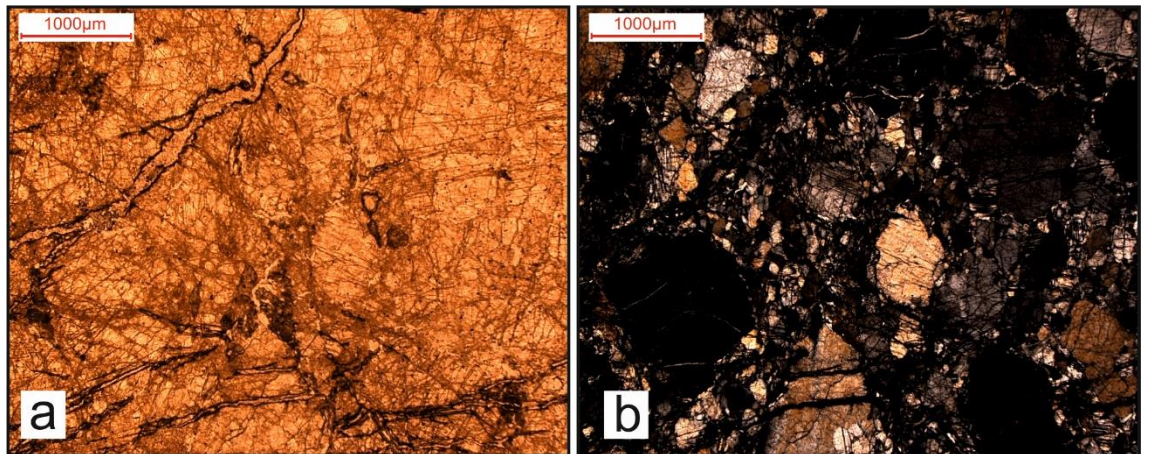


Şekil 6.14 Metapiroksenit kayasındaki yakut ve tremolit-aktinolit kristallerini gösteren fotomikrograf

a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

6.6 Lökometagabro

Genel olarak holokristalin doku özelliği sergileyerek başlıca labrador, bitovnit, piroksen ve tali olarak opak mineraller içermektedir. Bunlar mikroskop altında belirli zonlar boyunca kataklazma yapısı da sergilemelerinden dolayı milonitik gabro şeklinde de adlandırılmışlardır. Bu kayalarda bölgedeki dinamik metamorfizma etkisi görülmektedir.

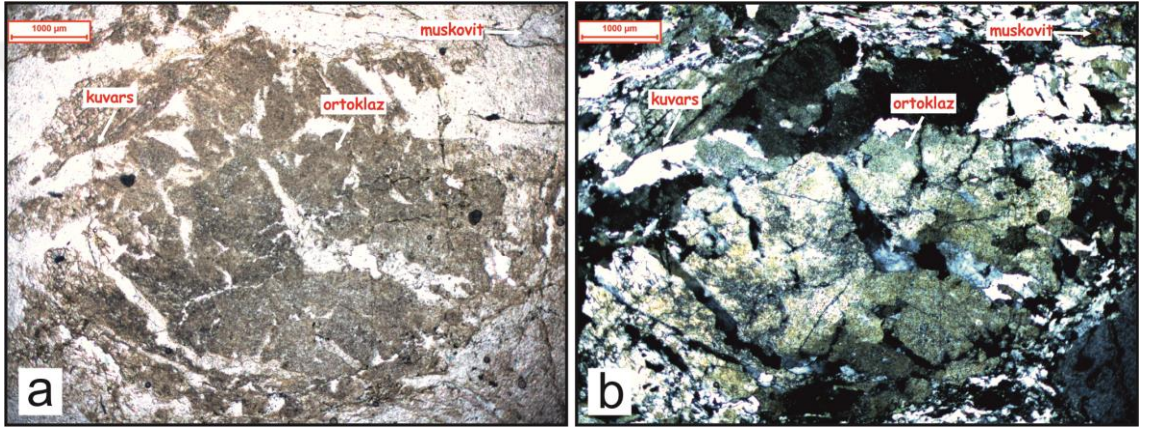


Şekil 6.15 Lökometagabro kayasındaki milonitleşmeyi gösteren fotomikrograf

a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

6.7 Milonitik Granit

İnceleme alanındaki granitler, mikroskop altında kataklastik ve yer yer mörter dokusu gösteren kuvars ve ortoklaz porfiroklastlarının da yer aldığı felsik bileşimlerle zengin kayayı temsil etmektedirler. Birim dinamik metamorfizma etkisi sonucu kazanmış olduğu dinamik metamorfik dokularından dolayı düzensiz bir doku ve mineral dağılımı göstermektedir. Bu birim mikroskop altında başlıca kuvars, ortoklaz, albit, serisit, muskovit, epidot, kalsit, klorit ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 6.16).



Şekil 6.16 Milonitik granit kayasını gösteren fotomikrograf

a. Paralel Nikol, b. Çapraz Nikol

7. RAMAN SPEKTROSKOPİSİ

Raman Konfokal spektrometresi, tahribatsız olarak çalışan bir analitik yöntem olup geniş bir alanda kullanılmaktadır (Malzeme bilimi, Jeoloji, Biyoloji, Kimya, Tıp, Forenzik, Narkotik vb.). Molekül ile etkileşen ışığın dalga boyu ile saçılan ışığın dalga boyu arasında meydana gelen farklar ölçülür.

1928 de Hint asıllı Amerikalı fizikçi Sir Chandrasekhara Venkata Raman , yaptığı eşsiz çalışmalar sonucunda, ortam tarafından etrafa saçılan ışınların dalga boylarının ortamda bulunan maddeye bağlı olarak değiştiğini bulmuştur. Bu buluşundan dolayı kendisine 1930 yılında Nobel ödülü verilmiştir.

Raman cihazları başlıca üç kısımdan meydana gelir. Bunlar:

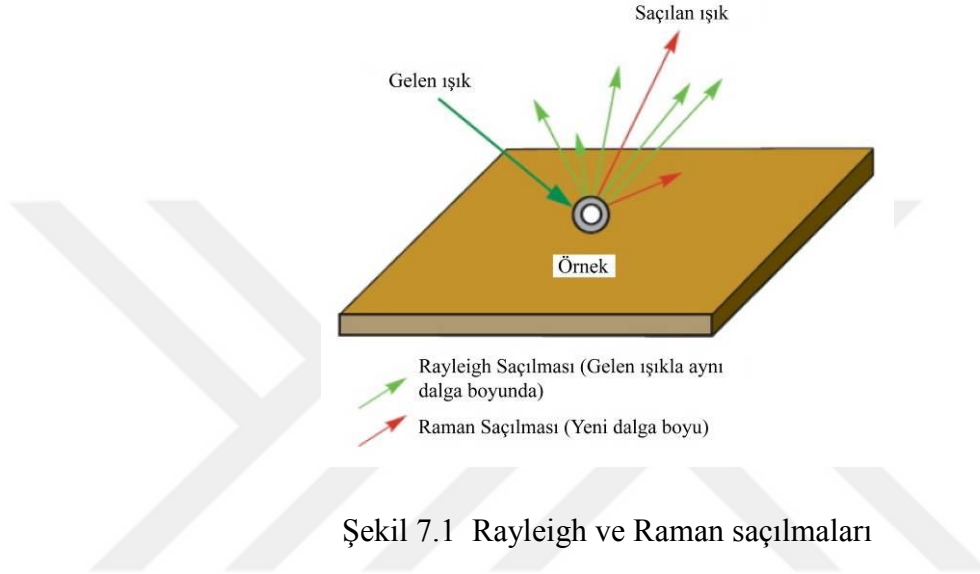
- 1) Lazer kaynağı
- 2) Numuneyi ışınlama sistemi
- 3) Uygun bir spektrometre

Raman spektrometresi, titreşim enerjisi üzerine kurulmuştur. Raman deneyleri yapılırken monokromatik bir ışık huzmesi örneğe gönderilir. Işığın çoğu doğrudan içinden geçer, fakat bazı durumlarda ışık saçılır.

Madde görünür bölge veya yakın-IR bölgesinde, güçlü bir monokromatik ışın kaynağı (lazer) tarafından ışınlanmakta, maddeden saçılan ışınlar, bir spektrometreyle incelenmektedir. İncelenen ışınlar, ışınlamada kullanılan ve adına Rayleigh ışını denen ışınla Raman ışınlarıdır. Raman ışınlarının şiddeti, genel olarak ışın kaynağı şiddetinin yüz binde biri mertebesinde.

Moleküllerin şiddetli bir monokromatik ışın demeti ile etkileşmesi sırasında ışık absorpsiyonu olayı gerçekleşmiyorsa ışık saçılması olayı meydana gelir. Bu esnada

saçılan ışığın büyük bir kısmının enerjisi madde ile etkileşime geçen ışığın enerjisine eşit olur ki, bu elastik saçılma olayı Rayleigh saçılması adını alır (Şekil 7.1). Çözünmüş moleküller veya çok atomlu iyonlardan saçılması Rayleigh saçılmasıdır. Elastik saçılma olayının yanında, saçılan ışığın çok azı elastik olmayan türde saçılır. Buna Raman saçılması denir. Parçacıklarla etkileşen dalga boyunun, ışığı saçan moleküllerin titreşim enerji düzeylerine göre değiştiği saçılma türüdür.

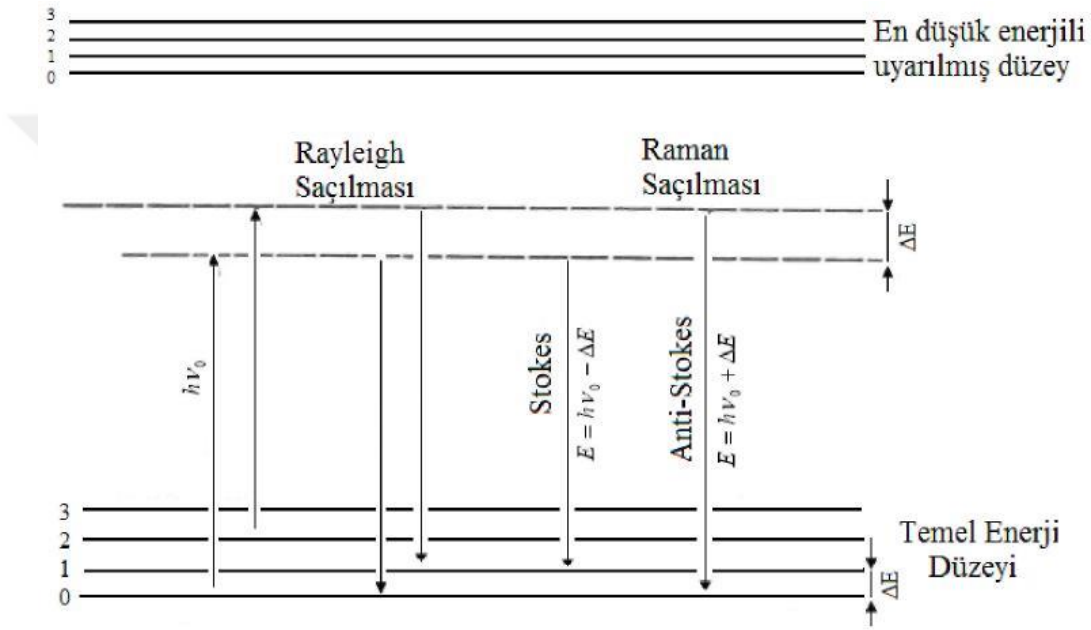


Şekil 7.1 Rayleigh ve Raman saçılmaları

Rayleigh saçılmasında, saçılmış ışık Raman saçılmasına göre 104 - 105 kez daha şiddetlidir. Fakat Rayleigh saçılması tek bir pik vermekle birlikte, titreşim geçişleri hakkında bilgi vermemektedir. Raman saçılmasında; saçılan ışığın enerjisinde molekül ile etkileşen ışığinkine göre oluşan fazlalık ya da azlık ışık ile etkileşen molekülün titreşim enerji düzeyleri arasındaki enerji farklarıyla aynıdır. Bu sebeple, bu tür saçılmanın spektroskopik incelenmesi, moleküllerin titreşim enerji düzeyleri hakkında bilgi verebilmektedir.

Bu yöntemle molekül ile etkileşen ışığın dalga boyuna göre saçılan ışığın dalga boyunda oluşan farklar ölçülür. Bu farklar Raman kaymalarıdır. Titreşim spektroskopisinde ışınlar dalga sayılarıyla belirlenir. Yani, Rayleigh ışınının dalga sayısı, bir Raman ışınının dalga sayısı arasında belirli bir frekans farkı vardır. Bu farka Raman kayması denir. Raman kaymaları artı ve eksidir. Bir Raman dalga sayısı, Rayleigh dalga sayısından ne kadar dalga sayısı büyükse(+), bir başka Raman sayısı,

Rayleigh dalga sayısından o kadar küçüktür (-). İşareti eksi olan raman kaymalarına Stokes kaymaları da denir. İşareti artı olan Raman kaymalarına da anti-stokes kaymaları denir. Raman spektrumunda, şiddetli çizgiler Rayleigh çizgileri, zayıf çizgiler Stokes ve daha zayıf çizgiler anti-Stokes çizgileridir. Her çizgi spektrumda bir piktir. Rayleigh piki, diğerleriyle mukayese edilemeyecek kadar şiddetlidir. Yani bir maddenin Raman spektrumunda üç tür pik görülür; Rayleigh ışını piki, Stokes ışını piki, anti-Stokes ışını piki (Şekil 7.2).



Şekil 7.2 Stokes ve anti-Stokes türündeki Raman saçılmasının molekül enerji diyagramı ile gösterilmesi

Raman kaymaları, uyarıcı ışığın dalga sayısına değil, tamamen üzerinde çalışılan maddeye bağlıdır. Bu nedenle madde için Stokes ve anti-Stokes pikleri çok önemlidir. Raman spektrometrelerinde dalga boyu ayırıcıları olarak prizmalar kullanılır. Prizmadan geçen ışın demetleri bir fotoğraf filmi üzerine düşürülür. Prensip olarak sulu çözeltilerin, tek kristallerin ve polimerlerin incelenmesinde kullanılır.

Konvansiyonel metotlarda numune homojen olarak aydınlatılmakta ve bu nedenle tüm numune alanından aynı anda kümülatif olarak bilgi alınmaktadır. Bu durumda odak

dışında kalan unsurlardan da istenmeyen sinyallerin gelmesi söz konusudur. Konfokal metotta ise aydınlatmanın ve bilgi toplamanın yapıldığı alan aynıdır ve 1 mikrondan daha küçük çapa sahiptir. Analiz için numunenin bir tarafının düzgün yüzey olması gerekmektedir. TEM ve SEM metotlarıyla karşılaştırdığında, daha basit, daha ucuz ve tahribatsız bir yöntemdir.

Konfokal metotta incelenen malzemenin, herhangi bir noktasından üç boyutlu görüntü alınabilmektedir. X-Y-Z doğrultularında tarama yapılarak X-Y düzleminde 100 mikronluk bir bölgenin haritası elde edilebilir.

Raman spektroskopisiyle şiddet ve frekans ölçümlerinin dışında, bir molekülün yapısının belirlenmesi için depolarizasyon oranı da ölçülür. Bunun için polarizasyon ve polarizlenebilme, moleküler bir özellik olup molekülde bulunan bir bağın deformasyonunu tayin etmede kullanılır. Polarizasyon ise, ışın demetinin bir özelliği olup kullanılan ışın demetinin içinde titreştiği düzlemlerle ilgilidir.

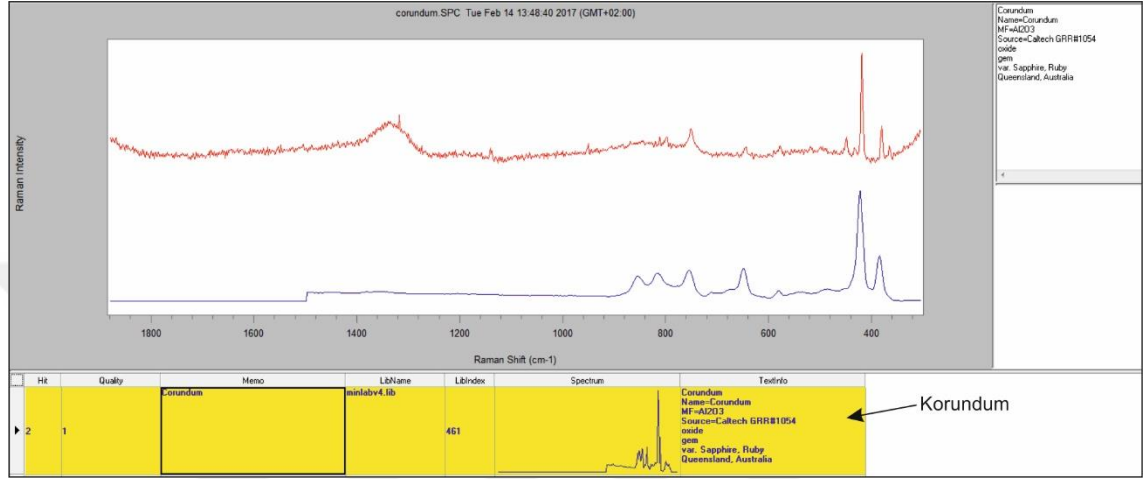
Titreşim spektroskopisinin akademik ve endüstriyel araştırmalarda geniş uygulama alanları vardır. Örneğin molekül yapılarının açıklanmasında, karışım yapılarının incelenmesinde, molekül etkileşimlerinin anlaşılmasında, katı yüzeylerin nümerik değerlerinin hesaplanmasında kullanılır.

Titreşimsel spektroskopi olarak kızılötesi spektroskopinin bir tamamlayıcısıdır ama birçok durumda gerekli bilgi tek başına Raman Spektrometresinden çıkarılabilir.

Raman spektroskopisi yöntemi ile katı sıvı ve gaz örnekler incelenebilir. Daha çok nitel analiz yapılır. Bu amaçla izlenen yol infrared spektrumlarının yorumunda izlenen yola benzer. Bir molekülün Raman ve infrared spektrumlarının birlikte değerlendirilmesi ile nitel analiz daha kolaylaşır.

7.1 Doğanşehir Yakutlarının Raman Spektroskopik İncelemesi

Çalışma kapsamında, inceleme alanındaki metapiroksenit ve metagabrolar içerisinde bulunan yakut oluşumlarının raman spektroskopik incelemesi yapılmıştır (Şekil 7.3).



Şekil 7.3 Doğanşehir yakutlarının raman spektroskopik incelemesi

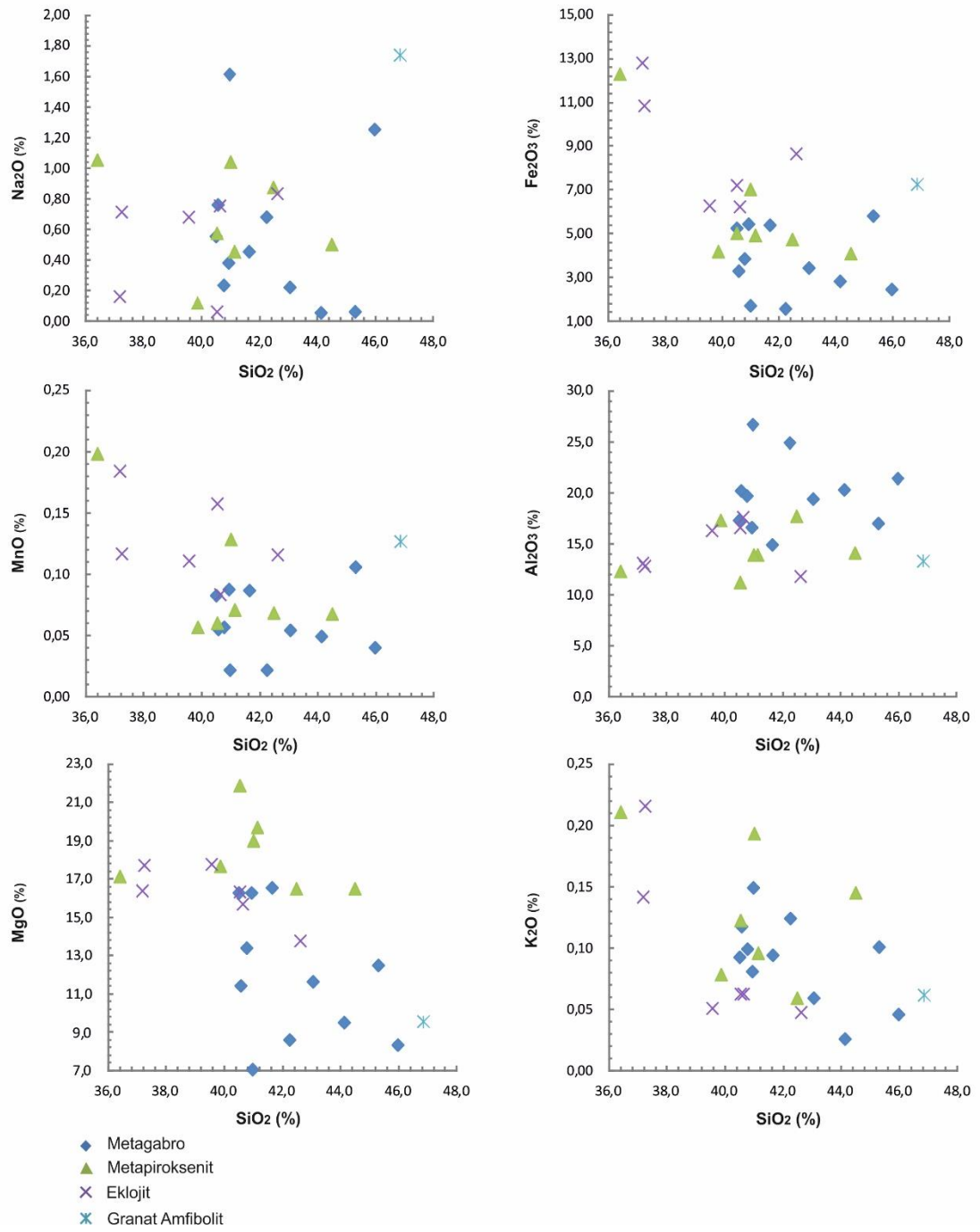
8. JEOKİMYA

İnceleme alanından alınan kaya örneklerinin ayrıntılı mineralojik-petrografik incelemelerinden sonra kayalarının jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması amacıyla kaya gruplarını temsil eden ve mümkün olduğu kadar taze ve karakteristik örnekler seçilerek tüm kaya jeokimyasal analizleri yapılmıştır. 92 adet örnekten 29 adet taze kaya örneği seçilmiş, bu örneklerden tüm kaya ana oksit (EK 3) ve iz element (EK 4) analizleri yapılmıştır. Seçilen 7 adet saf korundum örneğinin ana oksit ve iz element analizleri ayrıca yapılmıştır (EK 2).

Numune analizleri Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrografi Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı'nda, "SPECTRO X-LAB 2000" model PEDXRF cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eser element analizleri ICP ile yaptırılmış ve USGS standartlarına göre kalibre edilmiştir.

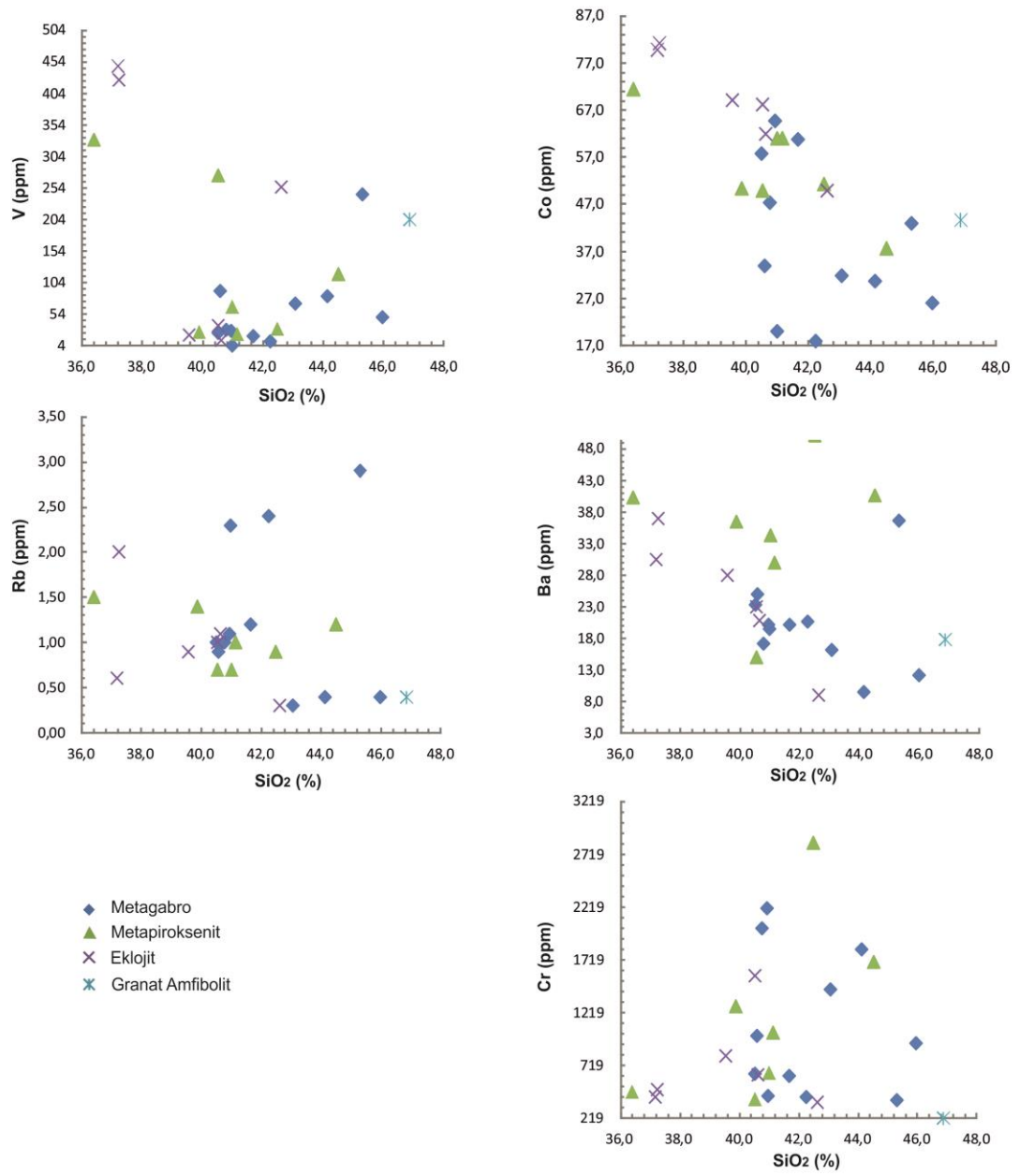
Ana element oksit bileşenlerinin % SiO_2 içeriğine göre değişimine dayandırılan Harker element değişim diyagramlarında ana oksit elementlerin değişimlerini izlemek için grafikler çizilmiştir. Genel olarak kristalizasyon ve diferansiasyon ilişkilerini belirlemek ve/veya magma katılma sürecinde meydana gelen kirlenme ve karışım gibi süreçleri anlamada değişim diyagramları oldukça yararlı olmaktadır. Ancak kayalarda gelişen bozunma, metasomatizma ve metamorfizma süreçleri gibi ikincil olaylar değişim diyagramlarında beklenen gözlenimleri bozabilmektedir. Örneğin, SiO_2 'ye karşı çizilen Fe, Ca, Mg ve Ti gibi elementlerin negatif ilişki; Na, K ve Al gibi elementlerin ise pozitif ilişki sergilemesi beklenirken, ikincil olayların etkisi ile bu elementlerin azalması veya fazlaşmasından dolayı beklenen değişim ilişkileri gözlenememektedir. Bölgede yer alan kayaların neredeyse tamamının metamorfizma ve metasomatizma ilişkisi göstermesinden dolayı benzer sorunlar değişim diyagramlarında gözlenebilmektedir (Şekil 8.1). Ancak yine de bu ilişkileri gösterebilme açısından bu diyagramlar çizilmiştir. Element değişim diyagramları metagabro, metapiroksenit, eklojit ve granat amfibolit kaya örneklerinin kimyasal sonuçlarına göre elde edilmiştir. Bu diyagramlara genel anlamda bakıldığında zaman, % SiO_2 'nin % Fe_2O_3 , %MgO ve %MnO'e karşı negatif

bir ilişki sergilediği; $\%Al_2O_3$ değerlerine karşı ise pozitif bir ilişki sergilediği gözlenmiştir. Kayaların Fe, Mg ve Al açısından aşırı yüksek olmalarının içermiş oldukları piroksen, olivin, magnetit ve korundumdan kaynaklanmış olabileceği ortaya konulmuştur. Buna karşın $\%Na_2O$ ve K_2O değerlerinin oldukça düşük olmasından ve analizi yapılan kayalarda ana element özelliklerini oluşturmamasından dolayı belirgin bir dağılım ilişkisi sergilemedikleri görülmektedir (Şekil 8.1). Aynı değişim diyagramları eser elementlere karşı çizildiği zaman, $\%SiO_2$ ye karşı Co ve Ba (ppm) negatif ilişki sergilemektedir. Diğer taraftan $\%SiO_2$ ' nin V, Rb ve Cr elementlerine karşı belirgin bir element dağılım ilişkisi sergilemediği görülmektedir. Esas itibarı ile değişim diyagramları çizilen bu kayaların tamamının hem önemli ölçüde bozunmaya; hem de tektonizmaya uğrayarak yer değiştirmelerinden dolayı düzenli bir element değişim ilişkisi gözlenememiştir (Şekil 8.2 ve 8.3). Ancak metagabro ve metapiroksenit kayalarında oluşan korundum minerallerinin kaya üzerindeki Cr ve Al açısından değerlendirmelerini ortaya koymak için $\%Al_2O_3$ ün Cr'a karşı değerine bakıldığında (Şekil 8.4), özellikle yakut içeren kaya örneklerinde uvarovit ve korundum (yakut) minerallerinden dolayı yüksek $\%Al_2O_3$ ve Cr (ppm) içerikleri gözlenmiştir. Düşük $\%Al_2O_3$ ve Cr (ppm) içerikli örneklerde bu değerlerin düşük olduğu görülmüştür (Şekil 8.4). Beklenen üzerindeki ilave Al ve Cr değerlerinin kaya içerisindeki sırasıyla korundum ve uvarovit minerallerinden kaynaklandığı söylenebilir.

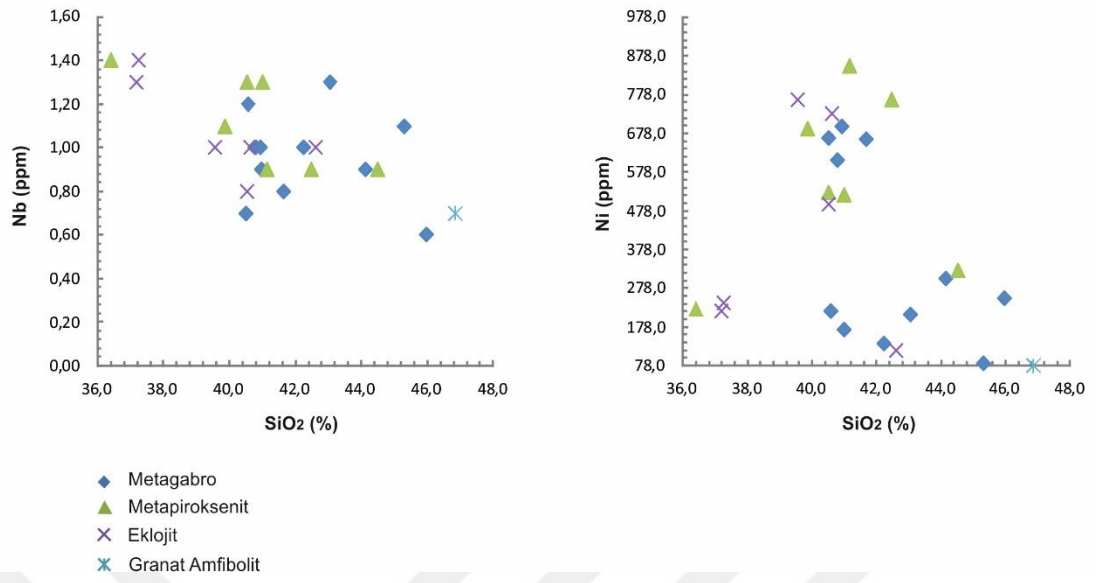


Şekil 8.1 İnceleme alanındaki kaya örneklerinin % SiO₂'ye karşı ana oksit ve iz element değerlerinin değişim diyagramları

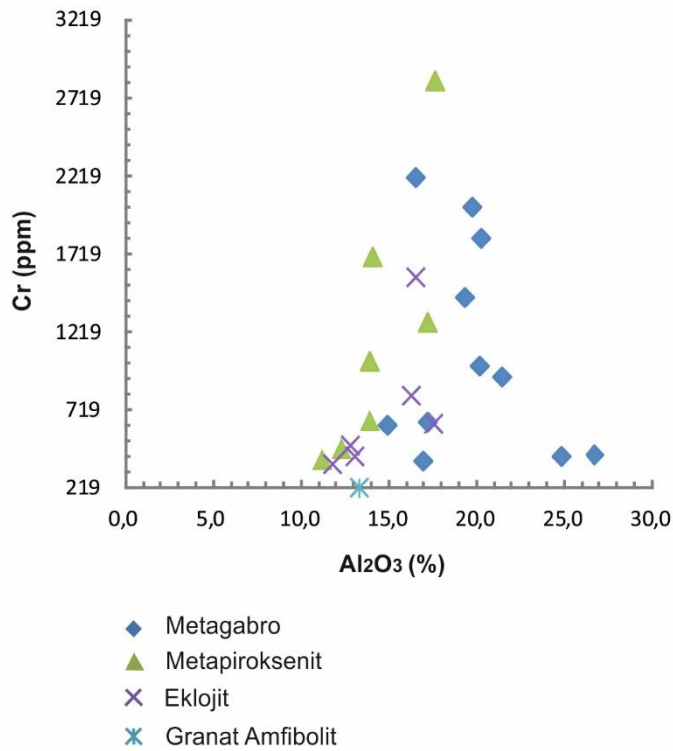
Diyagramlarda, örneklerden biri (D6A) benzerlerine göre Cr içeriği yüksek korundum minerali olduğu için Cr (ppm) ve (%) Al₂O₃ değerleri nispeten daha yüksektir (Şekil 8.2).



Şekil 8.2 İnceleme alanındaki kaya örneklerinin (%) SiO₂'ye karşı ana oksit ve iz element değerlerinin değişim diyagramları (devam)

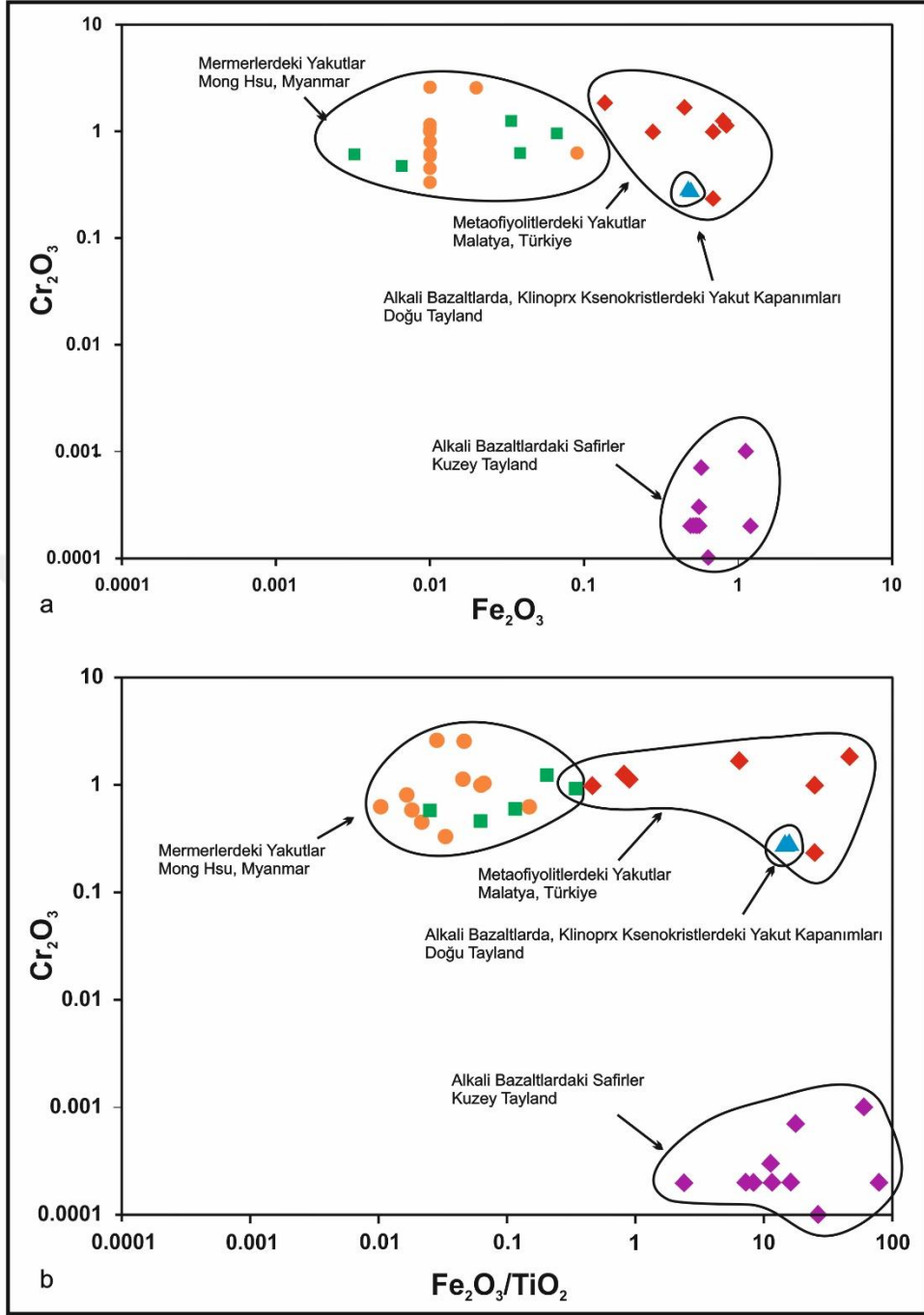


Şekil 8.3 İnceleme alanındaki kaya örneklerinin % SiO₂'ye karşı ana oksit ve iz element değerlerinin değişim diyagramları (devam)



Şekil 8.4 İnceleme alanındaki kaya örneklerinin Al₂O₃'e karşı Cr değişim grafikleri

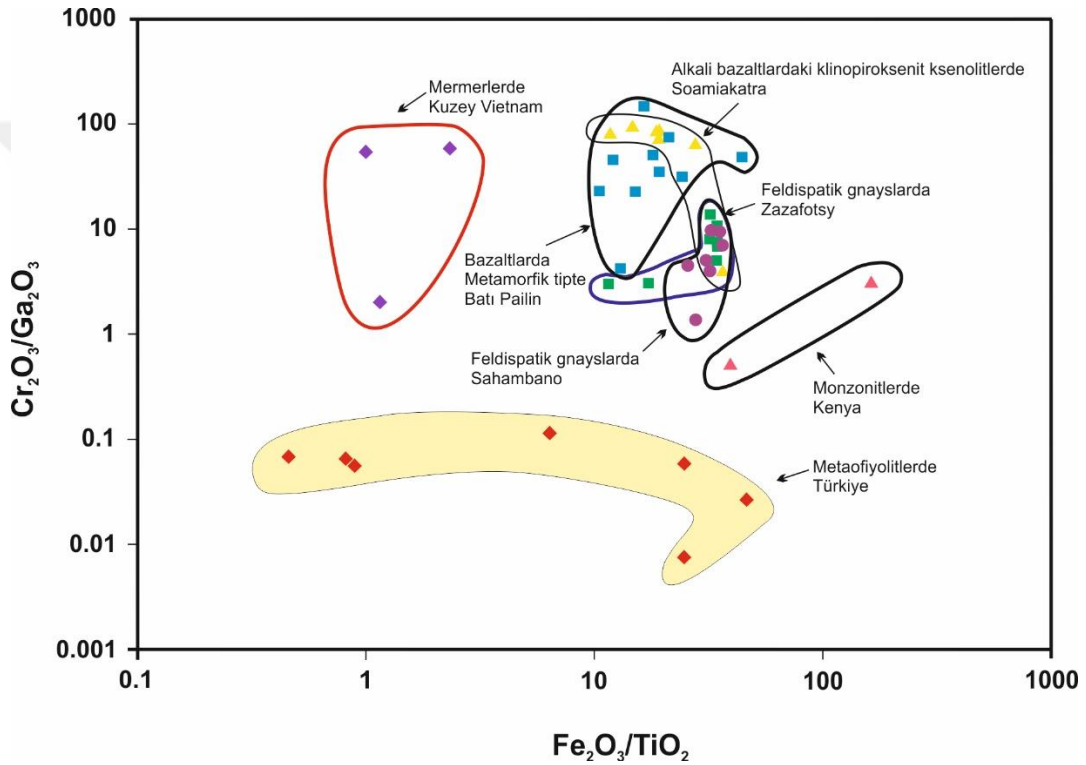
Yakut örneklerinin kimyasal bileşimlerinden yararlanılarak kökensel ilişkilerini belirlemek amacı ile farklı diyagramlar kullanılmaktadır. Malatya- Doğanşehir'deki yakut örneklerinin ve farklı jeolojik kökenlerden korundum örneklerinin kimyasal kompozisyonları, Cr_2O_3 - Fe_2O_3 ve Cr_2O_3 - $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ diyagramlarında gösterilmektedir (Şekil 8.5). Malatya Doğanşehir yakutlarının iz element konsantrasyonları, Myanmar ve Tayland'daki yakut ve safirleriyle karşılaştırıldığında; mermerlerde oluşan yakutlardan ve alkali bazaltlardaki safirlerden belirgin bir şekilde farklılık göstermekte (Garnier vd. 2002, Peretti vd. 1995, Limkatrun vd. 2001), alkali bazaltlardaki klinopiroksen ksenokristlerdeki yakut kapanımlarıyla benzerlik sergilemektedir (Sutthirat vd. 2001). Elde edilen verilere göre Malatya Doğanşehir bölgesinde oluşan yakutların diğerlerine göre hem Cr ve hem de Fe açısından nispeten daha zengin olduğu görülmektedir (Şekil 8.5).



Şekil 8.5 Yakut minerallerinin sınıflandırılmasında kullanılan Cr_2O_3 'e karşı Fe_2O_3 ve Fe_2O_3/TiO_2 'ye karşı Cr_2O_3 diyagramı (Garnier vd. (2002)'den v değiştirilmiştir)

Kırmızı eşkenar dörtgenler bu çalışmayı; turuncu daireler Mong Hsu'da mermerlerdeki yakutları (Garnier vd. 2002); yeşil kareler yine Mong Hsu'da mermerlerdeki yakutları (Peretti vd. 1995); mavi üçgenler Doğu Tayland'daki klinopiroksen ksenokristlerdeki yakut kapanımları (Sutthirat vd. 2001); mor eşkenar dörtgenler Kuzey Tayland'da alkali bazaltlardaki safirleri (Limkatrun vd. 2001) temsil etmektedir.

Doğanşehir'deki yakutlarla Soamiakatra, Zazafotsy, Sahambano, Kuzey Vietnam, Batı Pailin ve Kenya'daki yakut ve safirlerin kimyasal kompozisyonlarının $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ diyagramında yer aldıkları bölgeler karşılaştırılmaktadır (Şekil 8.6). Buna göre, Doğanşehir'deki yakutların eser element kimyası; düşük Ga_2O_3 (14 ppm ile 69 ppm arası) ve düşük $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ oranları ile temsil edilmektedir (Şekil 8.6). Bu verilere göre, Malatya Doğanşehir yakut örneklerinin yüksek $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ ve düşük $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 8.6).



Şekil 8.6 Yakut minerallerinin sınıflandırılmasında kullanılan $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 'ye karşı $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ diyagramı (Rakotondrazafy vd. (2008)'den değiştirilmiştir.)

Sahambano, Zazafotsy ve Soamiakatra jeokimyasal verileri Rakotondrazafy vd. (2008)'den; Batı Pailin (Kamboçya) verileri Sutherland vd. (2008)'den; Kuzey Vietnam verileri Pham Van Long vd. (2004)'den; Kenya verileri Simonet vd. (2004)'den alınmıştır.

Metapiroksenit içerisindeki yakut mineralleri üzerinde yapılan EPMA mineral kimyası analiz sonuçlarına göre ana bileşeni olan Al içeriğinin yanında %1'den fazla Cr içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 8.1). Yakut örneklerinin EPMA ile analizi sonucunda, çok yüksek bir Al_2O_3 ile birlikte yüksek Cr içeriği genel olarak yakut minerallerinin genel özelliğini oluşturmaktadır (Çizelge 8.1).

Çizelge 8.1 Malatya Doğanşehir’deki yakut örneklerinin EPMA analizi sonuçları

Element	Oran	Nokta 1	Nokta 2	Nokta 3
Na ₂ O	%	0,059	0,06	0,064
MgO	%	0,084	0,06	0,04
Al ₂ O ₃	%	98,077	97,364	98,336
SiO ₂	%	0,04	0,03	0,17
P ₂ O ₅	%	0,00379	0,0157	0,0042
SO ₃	%	0,02465	0,03019	0,01722
Cl	%	0,00024	0,00022	0,00541
K ₂ O	%	0,0065	0,0035	0,0092
CaO	%	0,087	0,076	0,024
TiO ₂	%	0,078	0,083	0,072
V ₂ O ₅	%	0,0099	0,0096	0,0093
Cr ₂ O ₃	%	1, 356	1, 874	1,142
MnO	%	0,0368	0,0485	0,0296
Fe ₂ O ₃	%	0,697	0,159	0,142

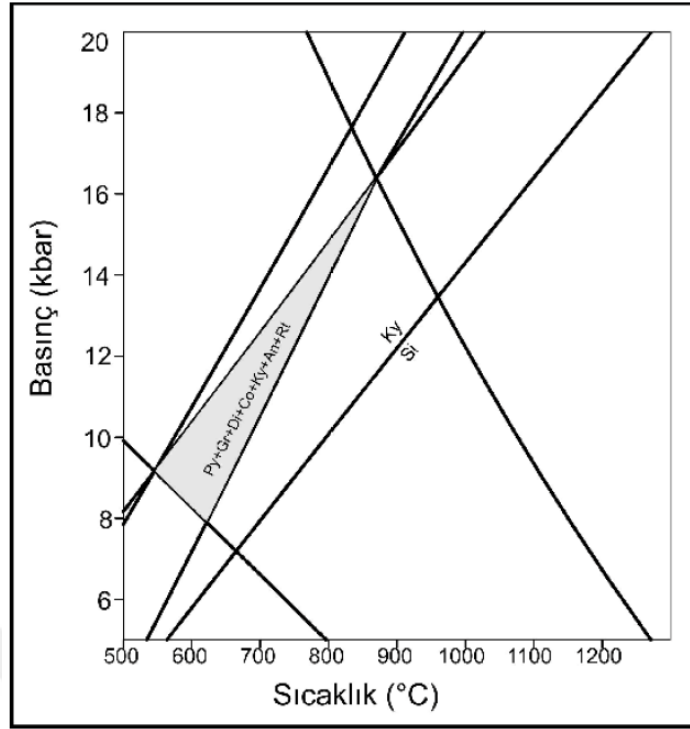
9. TARTIŞMA

9.1 Korundum oluşumu

Korundum genel olarak Al_2O_3 kimyasal bileşime sahip oksit mineral grubu içerisinde yer alan 9 Mohs sertliğinde bir mineral olmasından dolayı daha çok aşınma amaçlı abresif bir ürün halinde kullanılmaktadır. Her ne kadar renksiz olarak tanınsa da, içermiş olduğu eser miktardaki Fe, Ti, V ve Cr gibi elementler farklı renk özelliği kazanmasına neden olmaktadır. Tek bir bileşime sahip olması saflık derecesini; farklı renk gösterebilmesi ise çekiciliğini artırmaktadır. Korundum, yüksek basınca bağlı olarak metamorfik kayalarda rekristalizasyon sonucu ve daha çok mikaşist, mafik minerallerce zengin gnays, mermer ve metaultramafiklerde oluşabilmektedir. Bunun yanında silikaca doymun olmayan foid içerikli siyenit ve lamprofirlerde meydana gelebilmektedir. Sertliğinin yüksek olmasından dolayı akarsu ve göl yataklarında plaser oluşumlar halinde görülebilmektedir.

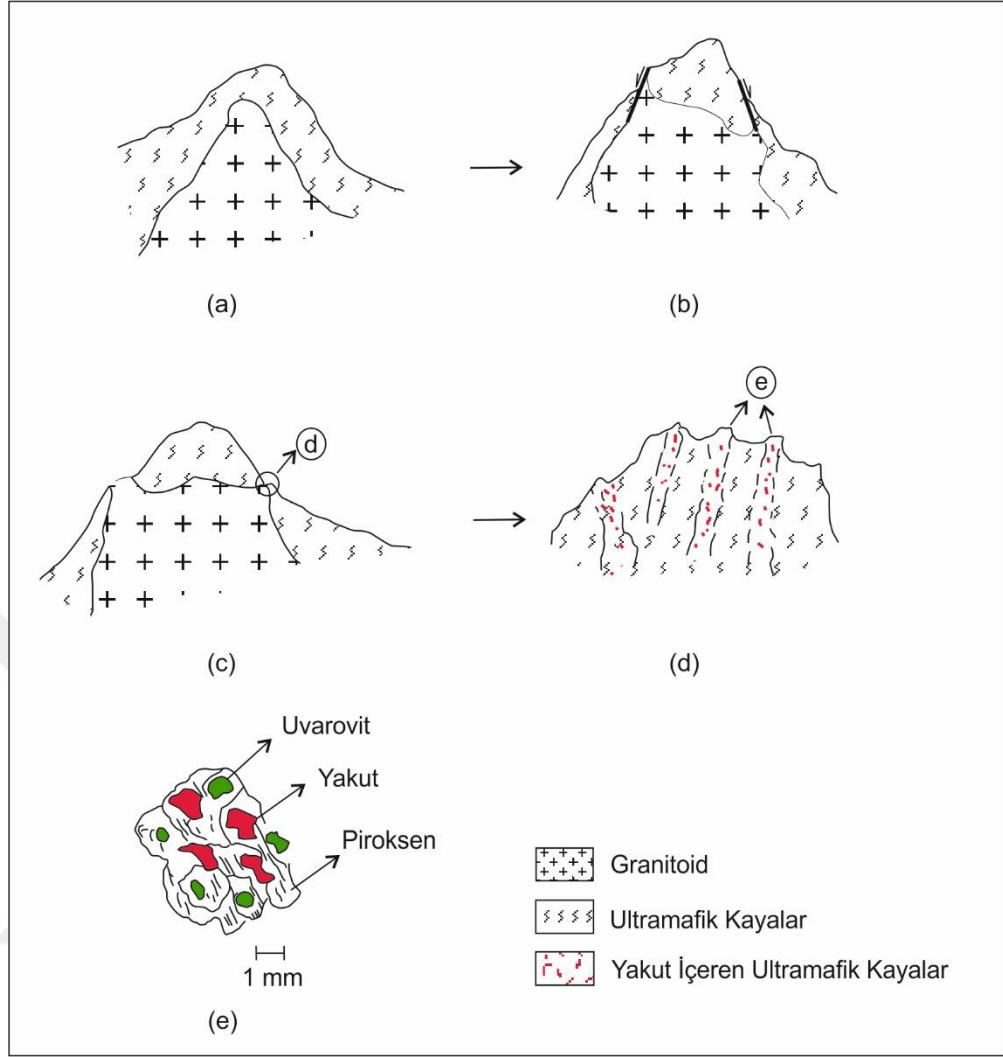
Korundum, oluşum özelliği bakımından, alüminyumca zengin ürünlerin büyük basınç altında kalmasıyla meydana geldiği kabul edilen varsayımlar içerisinde yer almaktadır. Çalışma sahasındaki korundumların metapiroksenit ve metagabro kayalarında gözlemlendiği tespit edilmiştir. Yapılan mineralojik ve petrografik incelemelere göre bu kayaların bindirme hareketlerin etkisiyle büyük basınç altında kalarak metamorfizmaya uğradıkları belirlenmiştir. Bu kayaların metamorfizma derecesi ve uğradıkları basınç hakkında bazı çalışmalar yapılmıştır.

Karaoğlu (2012), petrografi ve mineral jeokimyası verileri kullanılarak oluşturulan basınç-sıcaklık diyagramlarında, Berit metaofiyolitine ait örneklerin 13.2-17.5 kbar basınç ve 690-941°C sıcaklık aralığında granülit fasiyesi ile eklojit fasiyesinin alt sınırında metamorfizmaya uğradığını belirtmiştir (Şekil 9.1). Diyagramda granülit fasiyesi kayaçlarının 8-16 kbar basınç ve 550-900°C arasında oluştuğu gözlenmektedir.



Şekil 9.1 Berit metaofiyolitinin basınç-sıcaklık diyagramı (Karaoğlu 2012)

Buna göre çalışma sahasında bulunan ve korundum minerallerinin yer aldığı kayaların mineralojik ve kimyasal bileşimleri incelendiğinde Al_2O_3 içeriği açısından zengin oldukları belirlenmiştir. Bu kayaların metamorfizmaya uğramalarına bağlı olarak; oluşan korundumların metamorfizma kökenli olduğu ortaya çıkmaktadır. Ancak ultramafik kayaların yüksek basıncın yanında sıcaklıktan da etkilenmiş olmaları gerekmektedir (Şekil 9.2). Bölgede yapılan çalışmalar sırasında ultramafik kayaların çeper kısımlarında gözlenen metagranitler, ana ultramafik kütlelerin Doğanşehir granitoid sokulumlarının etkisiyle yüksek sıcaklığa maruz kalmış olabileceklerini göstermektedir. Ultramafik kayaların genel mineralojik bileşimlerine bakıldığında, bu kayaların başlıca olivin, piroksen, magnetit ve kromit içerdiği belirlenmiştir. Bu kayaların Doğanşehir granit sokulumlarına bağlı yüksek sıcaklık ve binderme ile kazanmış oldukları basınç etkisiyle Al ve Cr içerikli korundum ve uvarovit (yeşil granat) ikincil olarak oluşmuşlardır (Şekil 9.2.e). Aynı zamanda aynı kayada Al içerikli piroksen ve granitoid sokulumuna bağlı plajiyoklaz oluşumları da gözlenebilmektedir.



Şekil 9.2 Bölgede görülen yakutların şematik oluşum modeli

Oluşan bu mineral kombinasyonun 13.2-17.5 kbar basınç ve 690-941 °C sıcaklık aralığında granülit fasiyesinde metamorfizmaya uğraması sırasında Al_2O_3 bileşenince zengin aşağıda gösterilen mineral kombinasyonun oluşumuna yol açmış olabileceği sonucu ortaya çıkabilmektedir.

olivin + plg $\rightarrow$ ortopr + klinopr + spinel reaksiyonu ile spinel oluşabilir.

spinel + anortit $\rightarrow$ 2 korundum + diyopsit reaksiyonunu ile, yeterince yüksek bir Al_2O_3 içeriğinde korundum oluşabilir (Morishita vd. 2001).

Pembe ve morumsu kırmızı renkli korundumlar, daha çok uvarovitlerin fazlaca yayılım gösterdiği zonlar içerisinde gözlenmişlerdir. Uvarovitlerin, içerdiği krom nedeniyle krom içerikli korundum (yakut) oluşumlarına neden olabileceği ortaya konulmuştur.

9.2 Korundumdaki Renk Farklılığı

Krom içermelerinden dolayı pembe ve morumsu kırmızı renkli olarak görülen korundumlar farklı şekilde adlandırılabilir. Genel olarak, pembe ve kırmızının bütün tonlarındaki korundum yakut olarak adlandırılır. Fakat Amerika’da, korundumu yakut olarak sınıflandırmak için minimum bir renk doygunluğu kabul edilir. Bu minimum renk doygunluğunun ne olduğu kesin olarak belli değildir. Dolayısıyla kişiye göre değişebilir. Renk doygunluğu düşük olan ve göze açık tonda görünen pembe renkteki korundum, “pembe safir” olarak adlandırılır. Yakut ve pembe safir arasındaki bu ayrım göreceli olarak yeni olmakla birlikte, aradaki renk ayırımı çizgisi net değildir. Renk tonundaki bu ince ayırım beraberinde tartışmaları da getirebilmektedir.

Profesyonel gemoloji birlikleri bu konudaki görüşleri açısından kendi içlerinde ayrılırlar. Amerikan Gemoloji Enstitüsü (GIA), yakutu sadece kırmızı rengin baskın olduğu korundum çeşidi olarak tanımlar (<https://www.gia.edu/ruby-quality-factor> 2017d). Kırmızıdaki ton ve saturasyonun düşük olduğu durumlarda korundumu “pembe safir” olarak sınıflandırır. Uluslararası Renkli Taşlar Birliği (ICA) ise rengin yoğunluğu ya da tonuna bakılmaksızın, herhangi bir kırmızı korundumu yakut olarak değerlendirir. Başka bir deyişle ICA, pembe safir de dahil olmak üzere kırmızının tüm açık tonlarını da kapsaya daha geniş bir tanımlamayı kabul eder. Bu değerlendirme, bu tür ayrımlar söz konusu olduğunda ortaya çıkan zorluk ve subjektifliğin bir sonucudur. ICA’nın bu kabulünden Hughes şöyle bahseder:

“Mavi safirlerle ilgili böyle bir problemimiz yok; açık ya da koyu mavi olsunlar, onlar hala mavi safirdir. Rengin koyuluğu ya da yoğunluğundan bağımsız olarak, neden tüm kırmızı korundumlar 20.yy öncesindeki gibi yakut olarak sınıflandırılmasın? Bu, sözü geçen problemi ortadan kaldırır.”

1989’da Uluslararası Renkli Taşlar Birliği (ICA) böyle bir adlandırmayı kabul etmiştir. Ne yazık ki, güçlü Amerikan piyasası; hem üretici ülkeleri, hem de bizleri lüzumsuz problemlere yönlendirerek, pembe safir terimini kullanmaya devam etmektedir (<http://www.palagems.com/ruby-sapphire-borders/> 2017c).

Richard Hughes, bu ilginç yazısında, 20.yy öncesinde pembe rengin “açık kırmızı” olarak kabul edildiğinden ve bazı yakutların aslında “pembe yakut” olarak tanımlandığından bahseder. Huges’a göre, 20.yy’da pembenin kırmızı olmadığına karar verilmiş ve pembe safirin ilk referansları bu nedenle ortaya çıkmıştır.



10. SONUÇLAR

Tez çalışmasında, Malatya'nın Doğanşehir ilçesinin 3 km güneyinde yer alan Doğanşehir Metaofiyolitleri içerisindeki korundum mineralinin oluşum koşulları ve özellikleri ortaya konulmuştur. Doğanşehir bölgesindeki Berit metaofiyolitinin yüksek sıcaklık/yüksek basınç kaya toplulukları haritalanmıştır. Çalışma alanındaki metaofiyolitik kayalar Doğanşehir granitoid sokulumunun etkisi altında kalmıştır.

Metaofiyolitik kayaların granulit fasiyesinde metamorfizma geçirdiği ve genel olarak Eosen dönemindeki magmatik bir sokuluma bağlı olarak şekillenmiş olabileceği ortaya konulmuştur. Bu kayaların, bölgedeki granitoid sokulumu etkisiyle sıkışmadan dolayı oluşan büyük basıncın yanında yüksek sıcaklık etkisi altında da kaldığı belirlenmiştir.

Sahadaki yapısal ilişkiler, mineralojik ve petrografik incelemeler, jeokimyasal ve mineral kimyası analizleri sonucunda; bölgede yer alan olivin, piroksen, plajiyoklaz ve kromit minerallerinin yüksek basınç ve sıcaklık altında kalarak krom içerikli korundum (yakut) oluşumlarına neden olduğu ortaya çıkmıştır. Korundumların genel olarak renksizden pembeye ve morumsu kırmızı rengine kadar değişim gösterdiği belirlenmiştir. Morumsu kırmızı ve pembe rengindeki korundumların süstaşı olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Ancak renk ile ilgili olarak farklı tanımlamaların yer alması nedeniyle, bölgedeki korundumların bir kısmı pembe safir şeklinde de adlandırılabilir. Çalışma alanındaki metaofiyolitlerin bir kısmının yüksek sıcaklık ve basınç altında kalmaları, korundum mineralinin piroksenit, gabro ve eklojit gibi kayaların tamamında gözlenmesine neden olmuştur.

KAYNAKLAR

- Adams, F.D. 1938. The Birth and Development of the Geological Sciences. London, Williams & Wilkins, 550, Baltimore.
- Aksu, A. E. and Robertson, A.H.F. 1990. Tectonic evolution of the Tethys suture zone in SE Turkey: evidence from the petrology and geochemistry of Late Cretaceous and Middle Eocene Extrusives. Ophiolites: Oceanic Crustal Analogues. Proc. Int. Symp. "Troodos 1987," Geol. Surv. Dep., 311– 329, Cyprus.
- Anderson, B.W. 1938. Brisson's "Pesanteur Specifique des Corps". The Gemmologist, Vol. 8, No.87, 36-38.
- Anonim. 2009. Malatya İli Jeoloji Haritası, MTA Yer Bilimleri Kültür Serisi-5, 413, Ankara.
- Anonim. 2017a. Web Sitesi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Puranalar>, Erişim Tarihi: 15.01.2017.
- Anonymous. 2017b. Web Sitesi: https://en.wikipedia.org/wiki/Anselmus_de_Boodt, Erişim Tarihi: 15.01.2017
- Anonymous. 2017c. Web Sitesi: <http://www.palagems.com/ruby-sapphire-borders/>, Erişim Tarihi: 24.03.2017.
- Anonymous. 2017d. Web Sitesi: <https://www.gia.edu/ruby-quality-factor>, Erişim Tarihi: 24.03.2017.
- Ball, S.H. 1922. The geologic and geographic occurrence of precious stones. Economic Geology, Vol.17, No.7, 575-601.
- Ball, S.H. 1950. A Roman Book on Precious Stones. Gemological Institute of America, 338, Los Angeles.
- Barlow, A.E. 1915. Corundum, its occurrence, distribution, exploitation, and uses. Geological Survey of Canada, Memoir, No. 57, 377, Canada.
- Bingöl, F.A. 1984. Geology Of The Elazığ Area In The Eastern Taurus Region: Proceeding of the Int. Symposium On The Geology Of The Taurus Belt (edited by Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C.), 209–216, Ankara.
- Biruni, M.İ.A. 1040-1048. Kitab al-jamahir fi ma'rifat al-jawahir (The People's Book on the Knowledge of Gems). In Arabic, 38, 41, 81-82, Cairo.
- Biruni, M.İ.A. 1989. The Book Most Comprehensive in Knowledge on Precious Stones: al- Biruni's Book on Mineralogy (Kitab al-jamahir fi ma'rifat al-jawahir). Pakistan Hijra Council, 355, Pakistan.
- Bournon, C., de. 1802. Description of the corundum stone, and its varieties, commonly known by the names of oriental ruby, sapphire, &c.; with observations on

some other mineral substances. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 22, 233-326, London.

Brisson, M.J. 1787. *Pesanteur Specifique des Corps*. L’Imprimerie Royal, 453, Paris.

Caley, E.R. and Richards, J.C. 1956. *Theophrastus on Stones*. Ohio State University, 238, Columbus, Ohio.

Garnier, V., Ohnenstetter, D., Giuliani, G., Blane, P. and Schwarz, D. 2002. Trace-element contents and cathodoluminescence of “trapiche” rubies from Mong Hsu, Myanmar (Burma): geological significance. *Mineralogy and Petrology*, 76, 179-193.

Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E. ve Yılmaz, Y. 1993. Berit metaofiyolitinin jeolojisi, A. Suat Erk Geology Symposium, Ankara University Geology Department, 37–52, Ankara.

Gözübol, A.M. ve Önal, M. 1986. Çat Barajı isale tünelinin mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği incelemesi: Malatya-Çelikhan alanının jeolojisi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, TBAG-647 Projesi, İstanbul.

Greville, C. 1798. On the corundum stone from Asia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 18, 403-448.

Hughes, R.W. 1997. *Ruby & Sapphire*. RWH Publishing, 512, Colorado, USA.

Karaoğlu, F. 2005. Günedoğru-beğre (Doğanşehir-Malatya) arasında yüzeyleyen tektonomagmatik birimlerin petrografisi ve jeokimyası. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 111, Adana.

Karaoğlu, F. 2012. Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağındaki Ofiyolitik Ve Granitik Kayaçların Jeokronolojisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 288, Adana.

Karaoğlu, F., Parlak, O., Klötzli, U., Thöni, M., Koller, F., Hejl, E. and Rızaoğlu, T. 2009. Geochronology and Isotope Geochemistry of The Ophiolites And Granitoids Along the Southeast Anatolian Orogenic Belt, 62th Geological Kurultai of Turkey, 13-17 Nisan, cilt.1, no.1, 846-847, Ankara.

Karaoğlu, F., Parlak, O., Thöni, M., Robertson, A.H., Okay, A.İ. and Koller, F. 2012. Geochemistry, Geochronology And Tectonic Significance Of The Berit High-Temperature Meta-Ophiolit, Field Workshop, 16-18 Mayıs, vol.1, no.1, 32-32, Trabzon.

Karaoğlu, F., Parlak, O., Thöni, M., Robertson, A., Thöni, M., Klötzli, U., Koller, F. and Okay, A.İ. 2013. Evidence of Eocene high-temperature/high-pressure metamorphism of ophiolitic rocks and granitoid intrusion related to Neotethyan subduction processes (Dogansehir area, SE Anatolia). *Geological Society, Special Publications*, 372, 249-272.

- Kaydu, İ. 2014. Malatya ve Çevresindeki Süstaşı Oluşumlarının Mineralojik, Jeokimyasal İncelemesi ve Gemolojik Özellikleri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 135, Adana.
- Kunz, G.F. 1915. The Magic of Jewels and Charms. J.B. Lippincott company, 422, Philadelphia.
- Limtrakun, P., Khin Zaw, Ryan, C.G. and Memagh, T.P. 2001. Formation of the Denchai gem sapphires, northern Thailand: Evidence from mineral chemistry and fluid/melt inclusion characteristics. Mineralogical Magazine, 65(6), 725-735.
- Long, P.V., Hoáng Quang, V., Garnier, V., Giuliani, G., Ohnenstetter, D., Lhomme, T., Schwarz, D., Fallick, A.E., Dubessy, J. and Phan Trong, T. 2004. Gem corundum deposits in Vietnam. Journal of Gemmology, 29, 129-147.
- Mitchell, R.S. 1979. Mineral Names: What Do They Mean?. Van Nosttand Reinhold, 107, 176, 177, New York.
- Morishita, T. and Arai, S. 2001. Petrogenesis of Corundum-Bearing Mafic Rock in the Horoman Peridotite Complex, Japan. Journal of Petrology, Sayı 42, Numara 7, 1279-1299.
- Nicols, T. 1652. A Lapidary: Or The History of Pretious Stones. Thomas Buck, 239, Cambridge.
- O'donoghue, M. 2005. Artificial Gemstones. NAG Press, 294, London.
- Okay, A.I. and Tüysüz, O. 1999. Tethyan Sutures of northern Turkey. Geological Society of London, Special Publication, 156, 475-515.
- Önal, A. 1995. Polat-Begre (Doğanşehir) çevresindeki magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik özellikleri. Doktora tezi (yayımlanmamış). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 159, Elazığ.
- Önal, A. ve Altunbey, M. 1999. Dedeyazı-Çavuşlu (Doğanşehir/Malatya) yöresindeki skarn oluşumlar ve ilişkili demir cevherleşmeleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, Sayı 1, 15-27.
- Önal, A. ve Bingöl, A.F. 1996. Polat-Begre Granitoyidi'nin (Malatya) mineralojisi ve petrografisi. Çukurova Üniversitesi Geosound, Yerbilimleri, 29, 41-58.
- Önal, A. ve Bingöl, A.F. 1997. Doğanşehir (Malatya) Batısı'nın Jeolojisi. Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Dergisi, 12/1, 63-75.
- Özgül, N., Turkuca, A., Özyardımcı, N., Bingöl, I., Şenol, M. ve Uysal, S. 1981. Munzurların Temel Jeoloji Özellikleri. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, Unpublished Report, No 6995.
- Parlak, O., Höck, V., Kozlu, H. and Delaloye, M. 2004. Oceanic crust generation in an island arc tectonic setting, SE Anatolian Orogenic Belt (Turkey). Geological Magazine, 141, 583-603.

- Parlak, O., Rızaoğlu T., Bağcı, U., Karaoğlu, F. and Höck, V. 2008. Tectonic significance of the geochemistry and petrology of ophiolites in southeast Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 473 (2009), 173–187.
- Parlak, O., Rızaoğlu, T., Bağcı, U., Karaoğlu, F. and Höck, V. 2009. Geochemistry of ophiolites in the Southeast Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 473, 173–187.
- Peretti, A., Schmetzer, K., Bernhardt, H.H. and Mouawad, F. 1995. Rubies from Mong Hsu. *Gems and Gemology*, Vol 31, No.1, 2-26.
- Perinçek, D. and Kozlu, H. 1984. Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin–Elbistan–Doğanşehir region (Eastern Taurus), *Proceedings of International Symposium, Geology of Taurus Belt*, MTA, 181–198, Ankara.
- Perinçek, D. ve Özkaya, I. 1981. Arabistan Levhası Kuzey Kenarının Tektonik Evrimi. *Yerbilimleri*, 8, 91-101.
- Prinsep, J. and Kalikishen, R. 1832. Oriental accounts of the precious minerals. *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, Vol. 1, 353-363.
- Rakotondrazafy, A.F.M., Giuliani, G., Ohnenstetter, D., Fallick, A.E., Rakotosamizanany, S., Andriamamonjy, A., Ralantoarison, T., Razanatseheno, M., Offant, Y., Garnier, V., Maluski, H., Dunaigre, C., Schwarz, D. and Ratrimo, V. 2008. Gem corundum deposits of Madagascar: A review. *Ore Geology Reviews*, 34, 134–154.
- Rızaoğlu, T., Parlak, O. and İşler, F. 2005. Geochemistry of the Esence Granitoid (Göksun-Kahramanmaraş) SE Turkey, *Yerbilimleri*, 26, 1-13.
- Robertson, A.H.F., Parlak, O., Rızaoğlu, T., Ünlügenç, Ü., İnan, N., Taşlı, K. and Ustaömer, T. 2007. Tectonic evolution of the South Tethyan ocean: evidence from the Eastern Taurus Mountains (Elazığ region, SE Turkey). *Geological Society, London, Special Publications*, 272, 231–270.
- Robertson, A.H.F., Parlak, O. and Ustaömer, T. 2012. Overview of the Palaeozoic–Neogene evolution of Neotethys in the Eastern Mediterranean region (southern Turkey, Cyprus, Syria). *Petroleum Geoscience*, 18, 381–404.
- Robertson, A.H.F., Ustaömer, T., Parlak, O., Ünlügenç, U.C., Taşlı, K. and İnan, N. 2006. The Berit transect of the Tauride thrust belt, S. Turkey: Late Cretaceous–Early Cenozoic accretionary/collisional processes related to closure of the southern Neotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 108–145.
- Sarma, S.R. 1984. Thakkura Pheru's Rayanaparikkha: A Medieval Prakit text on gemology *Trans. Viveka Publications*, 84, Aligarh, India.
- Sersen, W.J. 1991. Gemstones and early Arabic writers. *Gemological Digest*, Vol. 3, No. 2, 34-40.
- Simonet, C., Fritsch, E. and Lasnier, B. 2008. A classification of gem corundum deposits, aimed towards gem exploration. *Ore Geology Reviews*, 34, 127–133.

- Simonet, C., Paquette, J.L., Pin, C., Lasnier, B. and Fritsch, E. 2004. The Dusi (Garba Tula) sapphire deposit, Central Kenya — a unique Pan-African corundum-bearing monzonite. *Journal of African Earth Sciences*, 38, 401–410.
- Sinkankas, J. 1993. *Gemology: An Annotated Bibliography*. The Scarecrow Press, 2 Vols., 1179, Metuchen, NJ.
- Streeter, E. W. 1892. *Precious Stones and Gems*, Bell, 5th edition, 355, London.
- Sutherland, F.L., Giuliani, G., Fallick, A.E., Garland, M. and Webb, G., 2008. Sapphire-ruby characteristics, West Pailin, Cambodia: Clues to their origin based on trace element and O isotope analysis. *The Australian Gemmologist*, 23, 329-368.
- Sutthirath, C., Saminpanya, S., Droop, G.T.R., Henderson, C.M.B. and Manning, D.A.C. 2001. Clinopyroxene-corundum assemblages from alkali-basalt and alluvium, eastern Thailand: constraints on the origin of Thai rubies. *Mineralogical Magazine*, 65, 277–295.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, 75,181-241.
- Tagore, S.M. 1879, 1881. *Mani-Mala, or a Treatise on Gems*. Bose & Co, 2 vols., 1046, Calcutta, I.C.
- Turan, M., Aksoy, E. ve Bingöl, A.F. 1993. Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 177-199.
- Velioğlu, T. ve Kadioğlu, Y.K. 2014. Metaofiyolitlerde Yakut Kristallerinin Raman Karakteristikleri ve Kökeni: Malatya Doğanşehir, Doğu Anadolu, Türkiye, Uluslararası Katılımlı 6. Jeokimya Sempozyumu, 14-17 Mayıs, Mersin Üniversitesi, Bildiri Özet Kitapçığı, 135-136, Mersin.
- Velioğlu, T. ve Kadioğlu, Y.K. 2015. Yakut Oluşumları ve İlgili Kaya Grupları: Doğu Anadolu, Türkiye, Değerli ve Yarı Değerli Taşlar Çalıştayı, 09-10 Aralık, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Bildiriler Kitabı, 119-125, İstanbul.
- Wyckoff, D. 1967. *Albertus Magnus: Book of Minerals*. Clarendon Press, 309, Oxford.
- Yazgan, E. 1981. Doğu Toros'larda Etkin Bir Paleokıta Kenarı Etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen), *Malatya-Elazığ, Doğu Anadolu. Yerbilimleri*, 7, 83-104.
- Yazgan, E., 1983, A Geotraverse between the Arabian platform and Munzur nappes. *Field Guidebook, Excursion. 5. International Symposium on Geology of the Taurus Belt*, Ankara, 17p.
- Yazgan, E. 1984. Geodynamic Evolution Of The Eastren Taurus Region (Malatya-Elazığ area, Turkey), *Proceedings of International Symposium, Geology of Taurus Belt*, MTA, 199-208, Ankara.

- Yazgan, E. and Chessex, R. 1991. Geology and tectonic evolution of the southeastern Taurides in the region of Malatya. Turkish Association of Petroleum Geologists, 3, 1–42.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Yusufoglu, H., Atabey, E. ve Aydın, N. 1992. Doğu Toroslar'da Uzunyayla ile Beritdağ arasının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No:9453 (yayımlanmamış), Ankara.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Yusufoglu, H. ve Aydın, N. 1993. Doğu Toroslar'da Uzunyayla ile Britdağ arasının jeolojik yapısı. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 5, 69-87.
- Yılmaz, H. 1992. Doğanşehir-Sürgü-Gözene (Malatya) yöresinin jeolojisi. Doktora Tezi (yayımlanmamış). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 141, Trabzon.
- Yılmaz, Y. 1991. Allochthonous Terranes In the Tethyan Middle East: Anatolia and the Surrounding Region. Allochthonous Terranes (Edited By Dewey, J.F., gass, i.g., curry, g.b., harris, n.b.w., and sengor, A.M.C.). Cambridge Univ. Press, 155-168.
- Yılmaz, Y. 1993. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian Orogen. Geological Society of America Bulletin, 105, 251–71.
- Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Kozlu, H., Gül, M.A., Yıldırım, M., Yiğitbaş, E., Genç, C. ve Keskin, M. 1987. Maraş Kuzeyinin Jeolojisi (Andırın-Berit-Engizek-Nurhak-Binboğa Dağları). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Rapor No: 2028, 1-3, 97 s.
- Yılmaz, Y. ve Yiğitbaş, E. 1991. GD Anadolu'nun farklı ofiyolit-metamorfik birlikleri ve bunların jeolojik evrimdeki rolü, Türkiye 8. Petrol Kongresi, 16-20 Nisan, Bildiriler Kitabı, 128-140, Ankara.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. and Genç, Ş.C. 1993. Ophiolitic and metamorphic assemblages of Southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt. Tectonics, 12, 1280–1297.
- Yiğitbaş, E. 1989. Engizek Dağı (Kahramanmaraş) dolayındaki tektonik birliklerin petrolojik incelemesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 347, İstanbul.
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y. 1993. Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağında Maden Grubunun Tektonik Konumu ve Jeolojik Önemi. A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu (2-5 Eylül 1991) Bildirileri, A.Ü. Fen Fak. Jeol. Müh. Böl., 251-264, Ankara.
- Yiğitbaş, E. and Yılmaz, Y. 1996. Post-late Cretaceous strike-slip tectonics and its implications on the Southeast Anatolian orogen – Turkey. International Geology Review, 38, 818–831.
- Yule, H. 1866. Cathay and the Way Thither. London, 456, London

EKLER

- EK 1 İnceleme alanındaki kayaların petrografik incelemesi
- EK 2 Doğanşehir yakutlarının Oksit (%) ve iz element (ppm) konsantrasyonları
- EK 3 İnceleme Alanından alınan önemli kaya örneklerinin ana element (%) analiz sonuçları
- EK 4 İnceleme Alanından alınan önemli kaya örneklerinin iz element (ppm) analiz sonuçları

EK 1 İnceleme alanındaki kayaların petrografik incelemesi

Örnek No	Mineralojik Bileşim	İkincil Mineraller	Doku	Bozunma	Kayaç Adı.
D1A	plj, prk, olvn, trmlt, aktnlt	klsgn	BM	epdt, kil, klrtş, dh	milonitik gabro
D1B	plj, olvn, prk		BM	epdt, kil,ops, dh	milonitik gabro
D1C	plj, prk		BM	epdt, kil,ops, dh	milonitik gabro
D1D	plj, prk	klsgn	BM	epdt, kil,ops, dh	milonitik gabro
D1E	prk, plj	klsgn	BM	epdt, klrtş, kil,ops	milonitik gabro
D1F	plj, prk	klsgn	BM	epdt, klrtş, kil,ops	milonitik gabro
D1G	plj, prk, trmlt, aktnlt	klsgn	BM	epdt, klrtş, kil	milonitik gabro
D1H	plj, prk	klsgn	BM	epdt, klrtş,kil,dh	milonitik gabro
D1I	plj, prk, olvn		BM	epdt, klrtş, kil,ops	milonitik gabro
D1J	plj, prk, olvn	klsgn	BM	epdt, klrtş, kil,ops	milonitik gabro
D1K	prk, plj, olvn, krnd, hgrnt, trmlt, aktnlt	klsgn, klst, argnt	BM	epdt, klrtş, kil,ops, kar, dh	milonitik gabro
D1L	prk, plj, trmlt, aktnlt	klst, argnt, ankrt	BM	ops, epdt, kil, dh	milonitik gabro
D1M	prx	epidot, kvrs, klst, argnt	BH	kil, dh	metapiroksenit
D1N	prx, ykt	epidot	BH	ops, dh	metapiroksenit
D1O	prk,plj, trmolit, aktinolit	klsgn	BM	kil	milonitik gabro
D1P	prk,plj, trmlt, aktnlt	kvrs	BM	epdt, klrtş, kil	milonitik gabro
D2C	prk, trmlt, aktnlt, grnt, krnd, uvrvt	epidot, klsgn	BH	epdt, kil, ops, dh	metapiroksenit
D2D	prk, krnd, trmlt, aktnlt, grnt		HHT	kil, dh	piroksenit

EK 1 İnceleme alanındaki kayaların petrografik incelemesi (devam)

Örnek No	Mineralojik Bileşim	İkincil Mineraller	Doku	Bozunma	Kayaç Adı.
D2E	prk, plj	klsgn, apnt	HHT		gabro
D2F	prk,plj, ykt		BH	kil	metagabro
D2G	prk,plj, krnd, uvrvt		BM	kil, dh	milonitik metagabro
D2H	prk,plj, krnd, uvrvt		BM	kil	milonitik metagabro
D2I	prk,plj, krnd		BM	opk, kil	milonitik metagabro
D2J	prk, plj, ykt, trmlt, aktnlt		BM	kil	milonitik metagabro
D2K	prk,plj, grnt, krnd, trmlt, aktnlt	epidot	BM	kil, dh	milonitik metagabro
D2L	prk, trmlt, aktnlt, krnd		BH	kil	metapiroksenit
D2M	prk, krnd, grnt, trmlt, aktnlt		BH	kil	metapiroksenit
D2N	prk, ykt, trmlt, aktnlt		BH	kil, dh	metapiroksenit
D2O	prk,plj, krnd, trmlt, aktnlt	klsgn, epidot	BM	epdt, kil	milonitik metagabro
D3B	prk, plj, krndm	klsgn	BM	epdt, kil	milonitik metagabro
D3C	prk,plj, trmlt, aktnlt	klsgn	BM	epdt, klrtş, kil	milonitik metagabro
D3D	prk		BH	epdt, kil	metapiroksenit
D3E	prk, krnd, trmlt, aktnlt, hgrnt		BH	kil, dh	metapiroksenit
D4A	prk, trmlt, aktnlt	epidot, klsgn	HHT		piroksenit
D4B	prk, trmlt, aktnlt		HHT		piroksenit
D4C	prk, trmlt, aktnlt		HHT		piroksenit

EK 1 İnceleme alanındaki kayaların petrografik incelemesi (devam)

Örnek No	Mineralojik Bileşim	İkincil Mineraller	Doku	Bozunma	Kayaç Adı.
D4G	prk, trmlt, aktnlt, krndm	klsgn	BH	ops, kil	metapiroksenit
D4H	prk		HHT	dh	piroksenit
D4I	prk, krnd, trmlt-aktnlt	epidot, klsgn	HHT	kil, ops	piroksenit
D4J	prx, grnt		HHT	ops, dh	piroksenit
D6A	prk, ykt, trmlt, aktnlt	klsgn	HHT	kil, dh	piroksenit
D7B	prk, krnd, trmlt, aktnlt	klsgn	BH	kil	metapiroksenit
D7C	prk, ykt, trmlt, aktnlt, mskvt		BH	kil	metapiroksenit
D7D	prk, grnt, trmlt, aktnlt		BH	dh	metapiroksenit
D8B	prk, krnd, trmlt, aktnlt		BH	kil,dh	metapiroksenit
D8D	prk, trmlt, aktnlt, uvrvt	klsgn	BH	epdt, klrtş, kil, ops, dh	metapiroksenit
D10A	plk, prk, uvrvt, serpantinleşmiş olvn, trmlt, aktnlt		BH	srpn, ops, epdt, kil	metagabro
D10B	plg, prx, uvrvt, serpantinleşmiş olvn, trmlt, aktnlt		BH	srpn, ops, epdt, kil	metagabro
D12A	prk, ykt, trmlt, aktnlt		BH	kil	metapiroksenit
D14A	prk		BH	ops, epdt, kil	metapiroksenit
D15A	prk, plj		BH	epdt, kil, ops, dh	metapiroksenit
D16A	prk		BH	epdt, ops, dh	metapiroksenit
D18A	plj, grnt, prk, srpntinleşmiş olvn		BH	srpn, ops	metagabro
D19A	plj, prk, grnt, olvn	klst	BH	srpn, ops	metagabro

EK 1 İnceleme alanındaki kayaların petrografik incelemesi (devam)

Örnek No	Mineralojik Bileşim	İkincil Mineraller	Doku	Bozunma	Kayaç Adı.
D19B	plj, prk, grnt, olvn, trmlt, aktnlt		BH	ops, kil	metagabro
D20A	plj, prk, olvn		BM	epdt, kil	milonitik metagabro
D21A	olvn, plj, prk, grnt		BH	epdt, kil, srpn	metagabro
D22A	plj, prk, olvn, grnt, trmlt, aktnlt		BH	epdt, kil	metagabro
D23A	plj, prk, grnt, olvn, trmlt, aktnlt		BH	ops	metagabro
D23B	prk, plj, grnt, trmlt, aktnlt	epdt	BM	ops, dh	milonitik metagabro
D24B	plj, prk, grnt, trmlt, aktnlt	kvrs	BM	epdt	milonitik metagabro
D25A	plj, prk, grnt	kvrs	BM	srzt, klrtş, kil, ops	milonitik metagabro
D25B	plj, prk, grnt		HHT		gabro
D26A	plj, prx, grnt		HHT	klrtş	gabro
D30A	prk, plj, trmolit, aktinolit		BM	klrtş, ops	milonitik metagabro
D2A	uvrvt, grnt, omfzt, krnd		ND	kil	eklojit
D2B	prk, grnt, trmlt, aktnlt, ykt, uvrvt		ND	kil	eklojit
D3A	prk, grnt, uvrvt, krndm		ND	epdt, kil	eklojit
D4D	prk, grnt, krnd		ND	ops, kil, epdt, dh	eklojit
D4E	prk, grnt, krnd		ND	ops, dh	eklojit
D5A	prk, uvrvt, grnt, krndm, trmlt, aktnlt		ND	epdt, kil, ops	eklojit
D5B	prk, grnt, trmlt, aktnlt		ND	kil	eklojit

EK 1 İnceleme alanındaki kayaların petrografik incelemesi (devam)

Örnek No	Mineralojik Bileşim	İkincil Mineraller	Doku	Bozunma	Kayaç Adı.
D7A	prk, grnt, trmlt, aktnlt		ND	kil, ops, dh	eklojit
D8A	omfzt, grnt, krnd		ND	opk, dh	eklojit
D8C	prk, omfzt, grnt, trmlt, aktnlt		ND	opk, dh	eklojit
D24A	plj, prk, grnt	kvrs	ND	dh	eklojit
D11A	prk, serpantinleşmiş olvn		HHT	srpn, ops	serpantinleşmiş dunit
D4F	olvn, prk		HHT	srpn, ops	serpantinleşmiş harzburjit
D5C	prk, olvn, trmlt, aktnlt		HHT	srpn, ops	serpantinleşmiş harzburjit
D13A	serpantinleşmiş olvn, prk, uvrvt		HHT	srpn, ops	serpantinleşmiş harzburjit
D13B	serpantinleşmiş olvn, prk, uvrvt		HHT	srpn, ops	serpantinleşmiş harzburjit
D17A	plj , prk, trmlt, aktnlt		NGD	epdt, kil	amfibolit
D27A	plj, prk, epidot, klrt, albt, trmlt, aktnlt, grnt		NGD	epdt, kil	granat amfibolit
D27B	prk, grnt, plj, ortkls, kuvars		NGD	kil, opk	amfibolit
D32A	sfn, prk, grnt, plj, ortkls		NGD		granat amfibolit
D28A	ortklz, mskvt, kvrs, plg, trmlt, aktnlt, grnt		MD	kil, srzt, dh	milonitik granit
D28B	ortklz, mskvt, kvrs, plj, trmln		MD	kil, srzt	milonitik granit
D29A	klst		GBD		mermer
D31A	klst, opk, ortkls, srst, talk, klrt		MK	srzt, tlk kil, klrtş	kireçtaşı
D9A	talk, klst, prk				talk
D9B	talk, klst				talk
D3F	klst, klstdn, argnt		VSK		traverten

EK 2 Doğanşehir yakutlarının Oksit (%) ve iz element (ppm) konsantrasyonları

Element	Oran	yakutsaf2	yakutsaf3	yakutsaf4	yakutsaf5	yakutsaf6	yakutsaf7	yakutsaf8
Na ₂ O	%	0,059	0,05	0,01	0,16	0,25	0,061	0,061
MgO	%	0,024	0,13	0,69	0,38	0,307	0,052	0,052
Al ₂ O ₃	%	94,99	95,31	92,81	93,06	92,43	96,69	98,69
SiO ₂	%	0,3973	0,4	0,24	0,18	0,96	0,08	0,08
P ₂ O ₅	%	0,0009	0,1008	0,1005	0,135	0,0219	0,0075	0,0075
K ₂ O	%	0,1113	0,2106	0,2158	0,1416	0,0458	0,1492	0,1492
CaO	%	0,0407	0,55	0,41	0,78	0,41	0,17	0,17
TiO ₂	%	0,00294	0,6092	0,939	0,9806	0,07013	0,02768	0,02768
Fe ₂ O ₃	%	0,1368	0,28	0,84	0,8	0,449	0,687	0,687
Cr ₂ O ₃	%	1,83	0,98	1,12	1,24	1,66	0,98	0,231
LOI	%	1,94	1,65	1,65	1,6	2,63	1,02	0,42
S	ppm	3	2,1	3,6	2,5	3,3	2,7	2,7
Cl	ppm	474,1	311,1	664,1	527,2	199,2	434,7	234,7
V	ppm	22,3	23	25	27	28	21	26
Co	ppm	6,7	13,4	31,2	39,7	26,1	20	34
Ni	ppm	2,3	223,7	239	217,5	250,2	171,9	145
Cu	ppm	1,2	2,8	3,9	5,7	4	2,98	3,99
Zn	ppm	1	36,6	33,7	37,5	15	10,8	10,8
Ga	ppm	51,6	10,7	15,2	14,3	10,9	12,6	23
Ge	ppm	0,9	1,7	1,4	0,8	0,8	0,9	1,7
As	ppm	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,6
Se	ppm	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
Br	ppm	0,3	0,2	0,2	0,3	0,9	2,2	1,5
Rb	ppm	0,4	1,5	2	0,6	0,4	2,3	4,6
Sr	ppm	1,2	2,4	3,1	1,54	3,5	2,5	2,55

EK 2 Doğanşehir yakutlarının Oksit (%) ve iz element (ppm) konsantrasyonları (devam)

Element	Oran	yakutsaf2	yakutsaf3	yakutsaf4	yakutsaf5	yakutsaf6	yakutsaf7	yakutsaf8
Y	ppm	2,2	3,5	5,7	6,3	2,6	4,76	3,7
Zr	ppm	14,7	23	16,6	22,6	17,8	12,2	17,3
Nb	ppm	5,7	1,4	1,4	1,3	3,6	3,2	2,6
Mo	ppm	2,7	1	1	2	1	2,5	1,9
Cd	ppm	1,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
In	ppm	1,2	0,7	0,6	0,4	0,57	0,82	0,42
Sn	ppm	3,1	0,45	0,32	0,12	0,3	0,4	0,7
Sb	ppm	1,2	0,9	0,9	0,6	0,9	0,4	0,5
Te	ppm	1,8	1,2	1,2	1,2	1,2	0,6	0,8
I	ppm	3,1	1,4	1,6	1,3	1,7	1,2	1,6
Cs	ppm	5,3	2,6	2,2	2,6	2,6	2,6	2,7
Ba	ppm	7,8	5,6	37	11,56	12,2	19,4	12
La	ppm	14,3	5,5	9,1	4,9	5	4,9	4,1
Ce	ppm	17,3	6,4	12,2	5,8	5,8	5,8	5,9
Pr	ppm	8.2	7,3	8	8	11,5	8	8,1
Nd	ppm	10.9	10	13,5	10	10	10	11
Hf	ppm	2,9	6,5	4,7	6	2,7	2,4	2,4
Ta	ppm	3,1	15	11	14	6,9	3,2	3,2
W	ppm	67,9	50,7	56,4	97,4	66,7	74,43	64,73
Hg	ppm	1,5	1,3	1,3	1,6	0,8	1	1
Tl	ppm	1,6	0,8	0,8	0,8	0,5	0,6	0,6
Pb	ppm	1	1,4	1	0,6	0,6	0,4	0,4
Bi	ppm	0,7	0,7	0,6	0,7	0,4	0,5	0,6
Th	ppm	0,5	0,65	0,87	1,4	1,2	0,93	1,3
U	ppm	12,7	11,4	12,5	9,5	6,4	7,5	6,4

EK 3 İnceleme Alanından alınan önemli kaya örneklerinin ana element (%) analiz sonuçları

Element	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI	Total
Oran	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
D10A	0,056	12,47	17,01	45,3	0,0055	0,101	18,91	0,2049	0,1055	5,811	0,33	100,3039
D11A	0,044	39,8	0,098	41,61	0,0089	0,00064	0,5104	0,01864	0,1299	9,642	7,94	99,80248
D18A	0,055	9,486	20,26	44,13	0,0099	0,0254	16,49	0,0785	0,04918	2,817	6,4	99,80098
D19A	0,68	12,24	26,46	54,44	0,0156	0,00926	2,938	0,01146	0,00786	2,69	0,32	99,81218
D19B	1,25	8,307	21,43	45,96	0,0219	0,0458	14,41	0,07013	0,04011	2,449	6,84	100,82394
D1H	1,61	7,052	26,69	40,98	0,0075	0,1492	14,17	0,02768	0,02186	1,687	7,74	100,13524
D1N	0,5	16,46	14,13	44,51	0,0068	0,1451	13,85	0,1074	0,06733	4,085	6,94	100,80163
D1P	0,76	11,41	20,2	40,58	0,0318	0,1173	16,99	0,09804	0,05509	3,294	6,93	100,46623
D23B	0,22	11,65	19,38	43,06	0,0108	0,0588	13,5	0,1639	0,05434	3,441	7,95	99,48884
D24	0,83	13,75	11,83	42,61	0,0113	0,047	13,74	0,5416	0,1153	8,632	7,93	100,0372
D2A	0,68	17,78	16,29	39,55	0,0093	0,0511	11,14	0,04802	0,1105	6,247	8,95	100,85592
D2B	0,75	15,69	17,6	40,62	0,0246	0,0623	10,57	0,02799	0,08298	6,218	8,3	99,94587
D2F	0,55	16,27	17,25	40,51	0,0119	0,0926	11,53	0,0446	0,08243	5,226	7,94	99,50753
D2H	0,68	8,576	24,89	42,24	0,0131	0,1239	13,87	0,03218	0,02194	1,558	8,94	100,94512
D2I	0,45	16,56	14,92	41,66	0,006	0,0942	11,92	0,04006	0,08624	5,364	8,93	100,0305

EK 3 İnceleme Alanından alınan önemli kaya örneklerinin ana element (%) analiz sonuçları (devam)

Element	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI	Total
Oran	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
D2J	0,23	13,37	19,73	40,77	0,0091	0,0991	13,43	0,04298	0,05614	3,849	7,95	99,53632
D2K	0,38	16,28	16,56	40,93	0,0172	0,0809	11,17	0,03889	0,08701	5,421	8,63	99,595
D32A	1,74	9,544	13,32	46,86	0,0087	0,0616	13,09	0,4081	0,1267	7,254	7,95	100,3631
D3A	0,061	16,35	16,54	40,52	0,0111	0,0628	10,97	0,05119	0,1575	7,22	8,73	100,67359
D3E	0,45	19,69	13,92	41,15	0,0065	0,0956	10,68	0,04053	0,07113	4,9	8,95	99,95376
D3F	0,042	15,97	0,011	66,81	0,0159	0,02946	6,553	0,00495	0,04516	3,316	7,73	100,52747
D46	0,57	21,86	11,21	40,52	0,0818	0,1221	10,36	0,5909	0,05948	5,019	8,84	99,23328
D4A	1,04	18,98	13,91	40,99	0,0053	0,1934	10,78	0,08126	0,1278	7,012	7,76	100,87976
D4B	1,05	17,13	12,31	36,4	0,1008	0,2106	10,55	0,6092	0,1983	12,28	9,75	100,5889
D4D	0,71	17,69	12,81	37,24	0,1005	0,2158	11,41	0,939	0,1168	10,84	8,73	100,8021
D4E	0,16	16,38	13,06	37,18	0,135	0,1416	11,78	0,9806	0,184	12,8	7,85	100,6512
D5C	0,063	29,73	6,981	43,92	0,0144	0,01358	1,506	0,02428	0,01835	9,078	8,83	100,17861
D6A	0,87	16,51	17,65	42,48	0,0113	0,0592	10,82	0,06704	0,06831	4,706	7,06	100,30185
D7C	0,12	17,66	17,25	39,87	0,0104	0,0784	11,27	0,03371	0,0569	4,146	8,74	99,23541

EK 4 İnceleme Alanından alınan önemli kaya örneklerinin iz element (ppm) analiz sonuçları

Element	S	Cl	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Hf	Ta	W	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U	
Oran	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
D10A	299,9	74,9	244,2	386,9	43	84,1	10,3	18,6	9,8	1,6	0,3	0,5	0,6	2,9	148,6	4,7	3,4	1,1	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	1,2	1,5	2,3	36,6	4,8	5,8	8,3	8	3,8	4,9	226,8	1,8	0,9	0,7	0,6	1,7	1,5	
D11A	612,4	382,6	18,6	2552	129,1	1858	1,6	37,1	2,2	0,4	0,3	0,3	1,9	0,3	5	0,5	1	0,4	1	0,5	0,7	0,7	0,6	1	1,5	2,6	3,4	4,4	5,8	7,4	10	2,3	9,5	11,3	0,7	0,5	0,8	0,5	1,5	1,3	
D18A	261,6	54,6	81,3	1818	30,6	302,3	85,1	15,6	10,8	1,1	0,3	0,4	0,6	0,4	98,5	1,8	2,6	0,9	0,6	0,5	0,7	0,7	0,9	1,1	1,5	2,6	9,5	4,2	5,8	8	6	3,1	7,8	124,7	1,3	0,8	0,6	0,4	1,4	1,9	
D19A	349,1	183,1	5	211,8	33,4	245,5	28,1	13,1	9,7	0,8	0,2	0,3	0,8	0,4	130,3	1,6	4,6	0,8	1	0,5	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	2,6	22,8	4,9	5,8	8	10	2,9	5,2	62,8	1	0,4	0,5	0,4	1,5	1,1	
D19B	333,3	199,2	49,1	927,3	26,1	250,2	63,3	15	10,9	0,8	0,3	0,4	0,9	0,4	163	1,5	7,8	0,6	1	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,6	12,2	5	5,8	11,5	4	2,7	6,9	119,3	0,8	0,5	0,6	0,4	1,4	1,5	
D1H	233,7	234,7	4	423	20	171,9	0,7	10,8	12,6	0,9	0,3	0,4	2,2	2,3	257,9	0,6	2,2	0,9	1	0,5	0,7	0,7	0,5	0,8	1,5	2,6	19,4	4,9	5,8	8	10	2,4	3,2	172,5	1	0,6	0,4	0,5	1,5	1	
D1N	323,7	632,5	117,9	1699	37,5	323,6	0,8	20,3	9,5	0,8	0,3	0,3	0,9	1,2	203,8	2,1	3	0,9	0,87	0,5	0,7	0,7	0,7	0,8	1,5	2,6	40,7	4,5	5,8	8	8	1,7	4,2	37,3	0,4	0,6	0,6	0,5	1,1	1,5	
D1P	249,1	142,8	90,5	996,5	33,9	218	0,9	12,7	12	1,7	0,4	0,4	0,6	0,9	480,7	3,3	2,8	1,2	1	0,5	0,7	0,7	0,4	1,2	1,5	2,6	25	4,9	5,6	8,6	10	2,9	3,9	82,5	1,2	0,7	3,6	0,5	1,9	1,6	
D23B	259,2	111,1	70,5	1433	31,9	210	162,5	15,3	11,3	0,7	0,3	0,3	0,2	0,3	329,8	1,9	7,8	1,3	1	0,5	0,7	0,7	0,7	1,2	1,5	2,6	16,2	4,4	5,8	8	10	3,6	9,8	52,3	1	0,6	0,6	0,5	1,5	1,5	
D24	243	520,5	256,1	369,3	49,8	115,2	79,3	45	13,6	1,1	0,4	0,4	0,2	0,3	106,4	13,5	12,9	1	1	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,3	9	5,6	5,8	8	3	3,4	8	53,7	1,2	0,7	0,6	0,6	1,8	1,2	
D2A	232,1	495,8	21,1	803	69,2	765,5	1,1	13,6	9,1	0,8	0,3	0,4	0,3	0,9	188,3	0,5	2,1	1	0,6	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,6	28	5,7	5,8	10,3	10	1,8	6	97,7	1,2	0,6	0,7	0,5	1,5	1,5	
D2B	236	355,1	12,3	626,7	61,9	728,4	1	16,7	10	0,7	0,3	0,4	0,2	1,1	123,1	0,6	1,6	1	1	0,5	0,7	0,7	0,9	0,8	1,4	2,6	20,8	4,9	5,8	8	10	1,3	5,7	79,5	1,1	0,6	0,9	0,5	2	1,6	
D2F	215,9	331,4	23,6	639,2	57,7	665,9	1,1	20,6	9,9	0,8	0,3	0,6	0,2	1	104,9	0,5	2,3	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,6	23,3	4,9	5,8	8	6	2	5,4	108,5	1,2	0,6	0,6	0,5	1,5	1,5	
D2H	297,1	222,3	9,8	421,6	17,9	133,5	23	9,3	12,8	0,6	0,8	0,3	2,2	2,4	242,1	0,5	1,9	1	1	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,6	20,7	4,7	5,8	8	10	2,2	5	51,1	0,9	0,6	0,7	0,4	1,8	1,5	
D2I	227,1	381,6	18,4	617,2	60,7	663,6	1	17,5	9,6	0,7	0,5	0,3	0,2	1,2	116,2	0,5	1,5	0,8	1,8	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,3	20,1	4,9	5,8	8	7	2,2	5,6	62,2	0,7	0,6	0,6	0,5	1,5	2,1	
D2J	237,6	287,3	28,8	2015	47,4	608,7	1	17,3	12,1	0,8	0,9	0,4	0,4	1	382,9	0,5	2,5	1	1	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5	1,5	2,6	17,1	4,6	5,8	7,3	10	1,3	5,4	119,1	1,3	0,6	0,7	0,5	1,8	1,7	
D2K	232,4	454,2	27,5	2208	64,8	695,3	1	27,6	9,6	0,6	0,3	0,3	0,2	1,1	123,7	0,8	1,5	1	1,2	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,6	20,2	4,5	5,1	8	12	2,3	5,5	53,6	1	0,6	0,6	0,5	1,9	1,4	
D32A	256	223,9	203,3	219,1	43,7	78,1	70,6	36,8	12,5	1,7	0,4	0,4	0,5	0,4	145,8	10,1	9,6	0,7	1,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,9	1	2,6	17,8	4,7	5,8	8	15	3,4	7,4	125,8	1,5	0,7	0,7	0,6	1,5	1,5	
D3A	257,6	586,2	34,8	1563	68,2	494	1,1	15,2	6,1	0,6	0,7	0,4	0,4	1	147	1,2	3,6	0,8	1	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,6	23	4,9	5,8	8	6	1,8	5,5	80,2	1,2	0,6	1	0,5	1,5	1,8	
D3E	239,1	561,3	21,3	1028	60,9	850,2	1,1	19,5	8,2	0,5	0,9	0,3	0,2	1	136,3	0,8	2,1	0,9	1	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,6	30	4,5	5,8	9,6	10	1,5	5,9	26,9	0,8	0,5	0,5	0,5	2,2	1,5	
D3F	342,1	48,9	16,1	679,9	36	1084	8,6	16,3	1,1	0,7	0,7	0,3	0,5	0,7	18,6	0,5	0,7	0,6	1,8	0,5	0,8	2,1	0,9	0,9	1	2,6	9,3	4,7	5,8	10,3	9	1,6	7,1	40,1	0,8	0,4	0,6	0,4	2,3	2,5	
D46	243,2	292,5	273,7	394,3	50	524,7	1	17,9	8	0,7	0,6	0,3	0,2	0,7	73,4	15	33,5	1,3	1	0,5	0,7	0,7	0,6	1,2	1,5	2,4	15	6,1	9,3	8,2	11	3,4	4,9	41,3	0,9	0,5	0,9	0,5	1,5	1,1	
D4A	237,3	675,7	64,7	651,4	61,1	517,1	0,9	27,8	8,9	0,9	0,3	0,3	0,3	0,7	143,7	2,5	2,9	1,3	1	0,5	0,7	0,7	0,6	1,1	1,5	2,6	34,3	4,9	5,7	8	10	1,9	5,4	29	0,9	0,6	0,9	0,5	1,5	1,1	
D4B	816,1	311,1	330,2	468,9	71,4	223,7	301,2	36,6	10,7	1,7	0,4	0,4	0,2	1,5	223,3	28,3	33,2	1,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,5	2,6	40,3	5,5	6,4	7,3	10	6,5	15	50,7	1,3	0,8	1,4	0,7	1,5	1,5	
D4D	441,6	664,1	424,9	485,9	81,2	239	158,1	33,7	15,2	1,4	0,9	0,4	0,2	2	175	15,1	28,6	1,4	0,6	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,5	2,2	37	9,1	12,2	8	13,5	4,7	11	56,4	1,3	0,8	1	0,6	1,1	1,5	
D4E	259,5	527,2	447,6	420,1	79,7	217,5	260,4	37,5	14,3	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	126,5	22,9	22,6	1,3	0,7	0,5	0,7	0,7	0,6	1,2	1,5	2,6	30,4	4,9	5,8	8	11	6	14	97,4	1,6	0,8	0,6	0,7	1,5	1,5	
D5C	417,2	419,6	22,4	556,5	82,5	1415	155,7	17,5	3,5	0,8	0,5	0,3	0,2	0,7	82	3,6	3,5	0,5	0,9	0,5	0,7	0,7	0,7	1,2	1	2,6	35,8	4,9	5,3	8	14	4	11	16,6	0,8	0,5	0,9	0,5	1,7	1,5	
D6A	250	414,5	30,3	2823	51,3	765,5	1,1	24,7	10,9	0,7	0,7	0,4	0,2	0,9	266,5	1,1	5,2	0,9	0	0,5	0,7	0,7	0,9	0,8	1,5	2,6	50,1	4,9	5,4	8	9	1,3	6	61,7	1,1	0,6	0,7	0,5	1,5	0,8	
D7C	285,9	514,2	25,1	1278	50,3	690,4	26,3	16,1	10,3	0,7	0,3	0,4	0,2	1,4	789,7	0,5	1,7	1,1	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,8	1,5	2,6	36,5	4,3	5,8	10	13	2	7	65,7	1,1	0,6	0,7	0,5	1,5	0,9	

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuğba VELİOĞLU
Doğum Yeri : Ankara
Doğum Tarihi : 19.08.1981
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İncirli Süper Lisesi (1999)
Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji
Mühendisliği Bölümü (2008)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji
Mühendisliği Anabilim Dalı (Şubat 2012-Haziran 2017)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Mühendisliği (2011-

Yayınlar, Kongreler vs.

Velioğlu, T., Kadioğlu, Y.K. 2014. Metaofiyolitlerde Yakut Kristallerinin Raman Karakteristikleri ve Kökeni: Malatya Doğanşehir, Doğu Anadolu, Türkiye, Uluslararası Katılımlı 6.Jeokimya Sempozyumu, 14-17 Mayıs, Mersin Üniversitesi, Bildiri Özet Kitapçığı, 135-136, Mersin.

Velioğlu, T., Kadioğlu, Y.K. 2015. Yakut Oluşumları ve İlgili Kaya Grupları: Doğu Anadolu, Türkiye, Değerli ve Yarı Değerli Taşlar Çalıştayı, 09-10 Aralık, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Bildiriler Kitabı, 119-125, İstanbul.