

**ELEKDAĞ (TAŞKÖPRÜ-KASTAMONU)
OFİYOLİTİNE AİT ELEKKUZU EKLOJİTLERİNİN
PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ**

**PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF ELEKKUZU
ECLOGITES FROM ELEKDAĞ OPHIOLITES
(TAŞKÖPRÜ-KASTAMONU)**

GONCA AKSOY

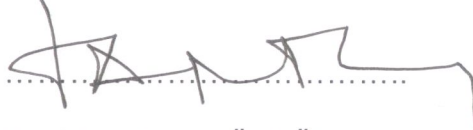
Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
JEOLojİ Mühendisliğı Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

2007

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

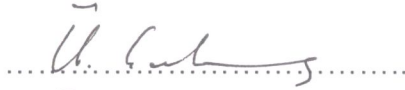
Bu çalışma, jürimiz tarafından **JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan



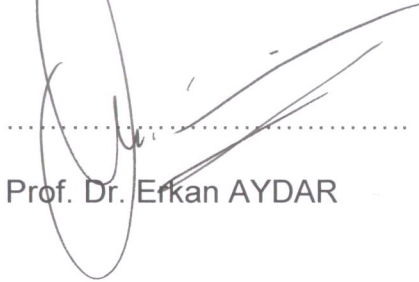
Prof. Dr. Taner ÜNLÜ

Üye (Danışman)



Doç. Dr. Üner ÇAKIR

Üye



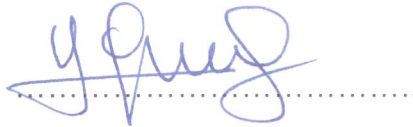
Prof. Dr. Erkan AYDAR

Üye



Doç. Dr. Ersen BUKET

Üye



Yrd. Doç. Dr. Yurdal GENÇ

ONAY

Bu tez/...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../.....

Prof.Dr. Erdem YAZGAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ELEKDAĞ OFİYOLİTİ'NE AİT (TAŞKÖPRÜ-KASTAMONU) ELEKKUZU EKLOJİTLERİ'NİN PETROLOJİK ÖZELLİKLERİ

Gonca AKSOY

ÖZ

Bu çalışma, Pontidler'in orta bölümünde Elekdağ Masifi olarak adlandırılan bölgede gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, inceleme alanı içerisinde yer alan eklojitlerin mineralojik-petrografik ve petrolojik özelliklerinin belirlenmesi, oluşum koşullarının ortaya çıkarılmasıdır.

Çalışma alanında Elekdağ Masifi kayaçlarından Elekdağ Metaofiyoliti'ne ait serpantinitle ve eklojitler tanımlanmıştır. Eklojitler, serpantinitle içerisinde farklı boyutlarda blok ve mercekler şeklinde bulunmaktadır. Bölgenin 1/2.500 ölçekli detay jeoloji haritasında ayrıntılı olarak gösterilen ve yüksek basınç-düşük-orta sıcaklık metamorfizma koşullarını temsil eden eklojitlerde, granat + omfazit + epidot + klorit + glokofan + muskovit ve tali olarak titanit mineralleri saptanmıştır. Birincil granat + piroksen eklojit fasiyesi kayaçları üzerinde bölgede sonradan etkili olan yeşilşist fasiyesi metamorfizmasını yansıtan izler yer almıştır.

Eklojitlerdeki granat minerallerinin türlerini belirlemek amacı ile mineral kimyası, X-ışınları kırınımı ve özgül kütle analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda granatların grossular ve almandin bileşiminde oldukları anlaşılmıştır. Granatlarda demir miktarının artmasına bağlı olarak yoğunluklarında da artış gözlenmiştir.

Eklojitlerdeki mineral birliktelikleri kayaçların minimum 500 °C sıcaklık ve 11 kbar basınç koşullarında oluştuklarını göstermiştir.

Elekkuzu Eklojitleri yüksek basınç koşullarının egemen olduğu bir dalma-batma zonunda yer alan oluşan C grubu eklojitler olarak nitelendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elekdağ, Elekkuzu, metamorfizma, eklojit, granat

Danışman: Doç.Dr. Üner ÇAKIR, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mineraloji-Petrografi Anabilim Dalı.

PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF ELEKKUZU ECLOGITES FROM ELEKDAĞ OPHIOLITES (TAŞKÖPRÜ-KASTAMONU)

Gonca AKSOY

ABSTRACT

This study was carried out in Central Pontides which is also known as Elekdağ Massif. The aim of the study is to determine the mineralogic, petrographic characteristics as well as the genetic conditions.

Serpantinities and eclogites of the Elekdağ Metaophiolite rocks of the Elekdağ Massif were defined in the study area. Eclogites, which are in the shapes of different sized blocks and lenses, exist in serpentinites. Eclogites shown in the detailed 1/2.500 scaled geological map of the area, present high pressure-low-medium temperature metamorphism conditions with the mineral combination of, garnet + omphacite + epidote + chlorite + glaucophane + muscovite and an accessory mineral such as titanite. This primary garnet+pyroxene eclogite facies mineral paragenesis was partly overprinted with subsequent greenschist facies metamorphism.

Mineral chemistry, X-ray diffraction and density analysis were carried out on the rock samples to determine the type of the garnet minerals in the eclogites. Garnets are grossularite and almandine in composition. Furthermore, an increase in their densities by the rise of the iron amount was observed.

The mineral paragenesis in eclogites show that the minimum 500 °C temperature and 11 kbar pressure values were reached.

It is interpreted that the Elekkuzu Eclogites are C group eclogites formed in a subduction zone, at which high pressure conditions are dominant.

Keywords: Elekdağ, Elekkuzu, metamorphism, eclogite, garnet.

Supervisor: Doç.Dr. Üner ÇAKIR, Hacettepe University, Geological Engineering Department, Minerology-Petrography Sub-division.

TEŞEKKÜR

2004-2007 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Mühendislik Tezi olarak hazırlanan bu çalışma Doç. Dr. Üner Çakır danışmanlığında gerçekleştirilmiştir.

Yüksek mühendislik tez çalışmamın her aşamasında bilimsel katkılarda bulunan, görüş, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, ilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Üner Çakır'a,

Mineralojik-Petrografik çalışmalarında ve tezimle ilgili diğer tüm çalışmalarında görüş, bilgi ve deneyimlerine başvurduğum Sayın Prof. Dr. Yavuz Erkan'a, Doç. Dr. Ersen Buket'e, Prof. Dr. Erkan Aydar'a

Arazi çalışmalarında ve çeşitli konularda desteğini ve yardımını benden esirgemeyen Sayın Kenan Erol'a,

Tezimin her aşamasında yanımda olan, görüş ve bilgilerinden yararlandığım Sayın Tijen Üner'e,

Çeşitli konularda görüşlerinden yararlandığım, Maden Tetkik ve Arama (MTA) Enstitüsü çalışanlarından Yüksek Mühendis Engin Sümer'e, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı asistanlarından Sayın H. Evren Çubukçu'ya,

Tez çalışmam sırasında her türlü fedakarlıkta bulunan ve beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| ÖZ | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ | iv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vii |
| ÇİZELGELER VE TABLOLAR DİZİNİ | ix |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Çalışmanın Amacı | 2 |
| 1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması | 3 |
| 1.3. Çalışma Yöntemleri | 5 |
| 1.3.1. Saha Çalışmaları | 5 |
| 1.3.2. Laboratuvar Çalışmaları | 6 |
| 1.4. Önceki Çalışmalar | 7 |
| | |
| 2. BÖLGESEL JEOLJİ | 16 |
| 2.1. Elekdağ Ofiyoliti | 21 |
| 2.1.1. Serpantinit | 21 |
| 2.1.2. Eklojitler | 24 |
| | |
| 3. MİNERALojİK-PETROGRAfİK İNCELEMELER | 28 |
| 3.1. Elekdağ Ofiyoliti | 28 |
| 3.1.1. Serpantinit | 28 |
| 3.1.2. Eklojitler | 32 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4. EKLOJİTLER | 42 |
| 4.1. Eklojitlerde Granat Minerali | 44 |
| 4.1.1. Mineral Kimyası | 48 |
| 4.1.2. X-Işınları Kırınımı | 50 |
| 4.1.3. Özgül Kütle Analizi | 52 |
| 5. METAMORFİZMA | 55 |
| 5.1. Serpantinleşme | 55 |
| 5.2. Eklojit Oluşumu | 60 |
| 6. KARŞILAŞTIRMA | 64 |
| 6.1. Mineralojik Karşılaştırma | 65 |
| 6.2. Kimyasal Farklılıklar | 65 |
| 7. SONUÇLAR | 67 |
| 8. KAYNAKÇA | 69 |
| 9. ÖZGEÇMİŞ | 72 |
| EKLER | 73 |

EKLER:

EK-1: Çalışma alanına ait kayaçların petrografik tanımlamaları

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | | | |
|------|------------------------------|-----|------------------------------|
| Ak | Aktinolit | Ö.N | Örnek numarası |
| Al | Alüminyum | Pa | Paskal |
| Alm | Almandin | Pg | Paragonit |
| Ar | Argon | Phe | Fengit |
| Atg | Antigorit | Prp | Pirop |
| B | Basınç | Prx | Piroksen |
| C | Karbon | Pst | Pistazit |
| Ca | Kalsiyum | Rb | Rubidyum |
| Cprx | Klinopiroksen | S | Sıcaklık |
| DS | Düşük sıcaklık | Si | Silisyum |
| Ep | Epidot | Sps | Spessartin |
| Fe | Demir | Spt | Serpantinit |
| Gl | Glokofan | Sr | Stronsiyum |
| GPa | Basınç birimi | Ti | Titanit |
| Grn | Granat | UHP | Çok yüksek basınç |
| Grs | Grossular | Y | İtriyum |
| H | Hidrojen | YB | Yüksek basınç |
| Hb | Hornblend | Zo | Zoizit |
| Klr | Klorit | Zr | Zirkonyum |
| Lzd | Lizardit | | |
| m | Metre | B | Batı |
| Meo | Elekdağ metaofiyoliti | K | Kuzey |
| Mg | Magnezyum | G | Güney |
| mm | milimetre | GD | Güneydoğu |
| Mn | Manganez | GB | Güneybatı |
| MORB | Okyanus ortası sırtı bazaltı | KB | Kuzeybatı |
| Msk | Muskovit | | |
| Na | Sodyum | HÜ | Hacettepe Üniversitesi |
| Nb | Niobyum | İTÜ | İstanbul Teknik Üniversitesi |
| O | Oksijen | | |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa | |
|------------|--|----|
| Şekil 1.1 | Türkiye'nin tektonik birliklerini gösterir harita, Okay (1986) | 1 |
| Şekil 1.2 | İnceleme alanı yer bulduru haritası | 4 |
| Şekil 2.1 | Çalışma alanı ve yakın çevresinde gözlenen birimlere ait harita ve jeolojik kesit (Çakır et al., 2006, Çakır, 1995, Aydın et al., 1986, Yılmaz, 1980 ve Eren, 1979'dan uyarlanmıştır). | 17 |
| Şekil 2.2 | (A,B,C) Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş ve karşılaştırmalı stratigrafik istifleri. | 18 |
| Şekil 2.3 | a) Okay ve diğ., 2006'dan sadeleştirilerek hazırlanmış jeoloji haritası b) İnceleme alanının detay jeoloji haritası | 20 |
| Şekil 2.4 | İnceleme alanının doğusunda yüzeyleyen ezilmiş ve blok halindeki serpantinit örnekleri | 22 |
| Şekil 2.5 | Bölgenin batısında yer alan serpantinit birimleri içerisindeki eklojit blokları | 23 |
| Şekil 2.6 | Bölgenin kuzeybatısında yer alan serpantinit bloklarından genel görünüm | 23 |
| Şekil 2.7 | Okay ve diğ., 2006'dan sadeleştirilerek hazırlanmış jeoloji haritası üzerine işaretlenmiş eklojit lokasyonlarının dağılımı | 24 |
| Şekil 2.8 | a) Bölgenin kuzeyinde gözlenen eklojit blokları., b) Bölgenin kuzeybatısında yer alan eklojit bloklarının genel görünüm. | 25 |
| Şekil 2.9 | a) Bölgenin kuzeybatısında yer alan iri granatlı eklojit bloğunun genel görünüm., b) Bölgenin kuzeybatısında yer alan iri granatlı eklojit bloğu.. | 26 |
| Şekil 3.1 | Psödomorfik olmayan doku gösteren serpantinit örnekleri (Ö.N: T-17, T-22) | 29 |
| Şekil 3.2 | Psödomorfik dokulu, kalıntı piroksen minerali içeren serpantinit örneklerinin mikroskobik görünümü (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: G-11). | 30 |
| Şekil 3.3 | XRD analizi yapılan serpantin grubu minerallerinden Antigorit mineraline ait sonuçlar (a-b). | 31 |
| Şekil 3.4 | Eklojitlerin sıcaklık/basınç diyagramındaki yerleri (Evans., 1990'dan uyarlanmıştır). | 32 |
| Şekil 3.5 | Eklojitlerde gözlenen piroksen, muskovit, granat, klorit ve glokofan minerallerinin mikroskobik görünümü (a: Tek Nikol, b: Çift Nikol, Ö.N: G-14). | 34 |
| Şekil 3.6 | Eklojitlere ait kenarlarından itibaren yuvarlanmış granat örnekleri, epidot ve klorit mineralleri (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-13). | 35 |
| Şekil 3.7 | Anizotropi gösteren granat örnekleri (a-b) ve sektör ikizi gösteren granat örnekleri (c-d) (Ö.N: T-23, G-10) . | 36 |
| Şekil 3.8 | Eklojitlerde klinopiroksen mineralinin mikroskobik görünümü (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-21). | 37 |
| Şekil 3.9 | Eklojitlerde uralitleşmiş ve kloritleşmiş klinopiroksen ve granat minerallerinin detay görünümü (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-11). | 38 |
| Şekil 3.10 | Eklojitlerde özşekilli epidotlar ve klorit minerali (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-8) | 39 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

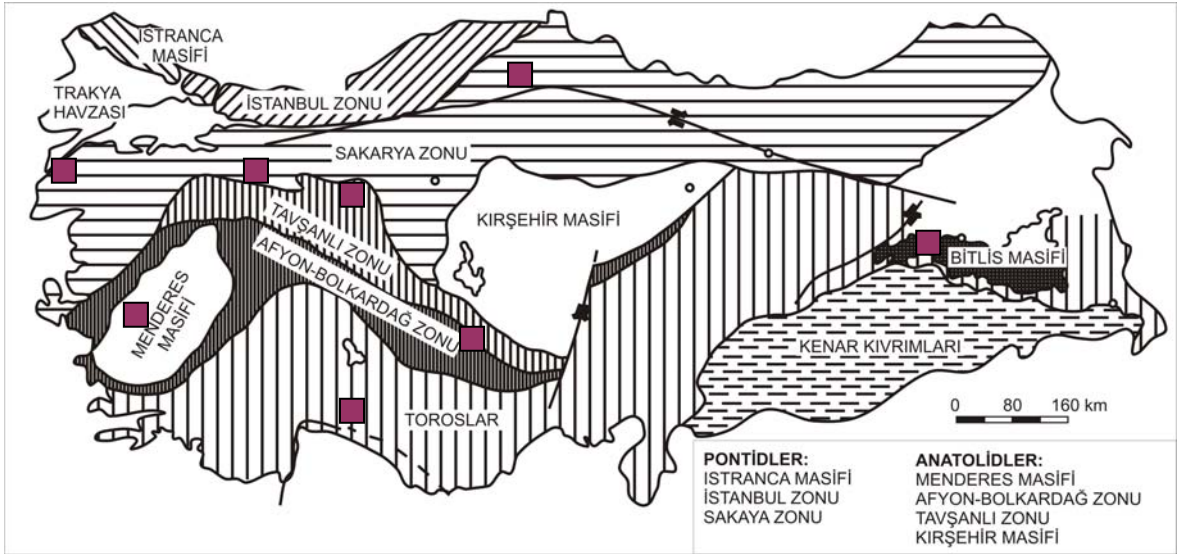
| | | |
|------------|---|----|
| Şekil 3.11 | Eklojitlerde pistazit ve zoizit minerallerinin mikroskopik görünümü (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-8). | 39 |
| Şekil 3.12 | Muskovit, epidot, granat ve klorit mineralleri (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-24). | 40 |
| Şekil 3.13 | Eklojitlerde omfazit ve glokofan minerallerinin mikroskopik görünümleri (a-b: Tek Nikol, Ö.N: T-19). | 40 |
| Şekil 3.14 | Eklojitlerde tali olarak bulunan titanit ve granat, glokofan birlikteliği (Tek Nikol, Ö.N: T-19). | 41 |
| Şekil 4.1 | T-4 nolu eklojit örneğine ait granat mineralleri | 45 |
| Şekil 4.2 | T-23 nolu eklojit örneğine ait granat mineralleri. | 46 |
| Şekil 4.3 | T-28 nolu eklojit örneğine ait granat mineralleri. | 47 |
| Şekil 4.4 | Eklojitlerde granat minerallerinin SEM görünümleri. | 48 |
| Şekil 4.5 | Eklojitlerde tespit edilen granatların Alm+Sps+Grs+Prp diyagramı üzerindeki bileşimsel dağılımları (Şekil Figueroa et al., 2003'ten uyarlanmıştır). | 50 |
| Şekil 4.6 | a) T-4 ve b) T-23 nolu eklojitlere ait granat örneklerinin XRD analiz sonuçları | 51 |
| Şekil 4.7 | T-28 nolu eklojitlere ait granat örneklerinin XRD analiz sonuçları | 52 |
| Şekil 5.1 | Ultramafitlerin metamorfizması ile ilişkili basınç-sıcaklık diyagramı (Bucher and Frey, 1994) | 58 |
| Şekil 5.2 | Kıtasal kabuk altına dalan okyanus kabuğunun kesiti (Mason, R., 1978). | 61 |
| Şekil 5.3 | Metamorfik fasiyes alanları ve eklojit, mavişist, yeşilşist fasiyesi koşullarında mafik kayaçların metamorfizmalarını temsil eden ACF diyagramları (Bucher and Frey, 1994'ten uyarlanmıştır). | 62 |
| Şekil 6.1 | a: İnceleme alanı eklojitlerindeki granatların dağılımı, b: Erol., 2007'ye ait eklojitlerdeki granatların dağılımı. | 66 |

ÇİZELGELER VE TABLOLAR DİZİNİ

| | | |
|-----------|---|----|
| Tablo 4.1 | Eklojitlerin oluşum, bileşim, denge sıcaklığı ve muhtemel kökene göre sınıflandırılması | 42 |
| Tablo 4.2 | Granat türleri ve özellikleri | 44 |
| Tablo 4.3 | Aşağı Elekkuzu eklojit örneklerindeki granat mineraline ait mineral kimyası analiz sonuçları | 49 |
| Tablo 4.4 | T-4, T-23, T-28 nolu eklojit örneği üzerinde yapılan özgül kütle analiz verileri ve sonuçları | 53 |

1. GİRİŞ

Ketin (1966) Türkiye'nin tektonik birliklerini şu şekilde özetlemiştir; kuzeyden güneye doğru, Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları olarak başlıca dört ana tektonik birlik bölgesine ayırmak mümkündür. Okay (1986), en kuzeydeki Pontidlerin, Istranca Masifi, İstanbul Zonu ve incelemeye konu olan Elekdağ Masifi'nin de içerisinde yer aldığı Sakarya Zonu birimlerinden oluştuğunu belirtmiştir (Şekil 1.1). İç ve Batı Anadolu'daki Kırşehir Masifi, Tavşanlı Zonu, Kütahya-Bolkardağ Zonu ve Menderes Masifi birimleri Anatolidleri meydana geldiğini ve Kenar Kıvrımları ve Bitlis Masifi kayaçları da önemli oluşumlardan olduklarını ifade etmişlerdir. Bu masiflerin bazılarında bu teze konu olan eklojitlere rastlanılmıştır. Eklojitlerin Türkiye genelinde gözlemlendiği yerler Şekil 1.1'de kırmızı alanlar şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Türkiye'nin tektonik birliklerini gösterir harita, Okay, (1986).

Elekdağ Masifi; Domuzdağ Metamorfik Karışığı, Elekdağ Ofiyoliti ve Bekirli Metamorfiti'nden oluşmaktadır. Tabanda, mafik ve pelitik kökenli değişik derecelerde metamorfizma geçirmiş kayaç bloklarından ve bu bloklar arasındaki kırıntılı malzemeden oluşan Domuzdağ Metamorfik Karışığı yer almaktadır. Bunun

üzerine metamorfizmaya uğramış, belirli bir iç düzeni olmayan ve iç düzenini kısmen koruyabilmiş ofiyolitik kayaç topluluğunun meydana getirdiği Elekdağ Ofiyoliti ve en üstte Bekirli Metamorfiti bulunmaktadır. Yüksek basınç metamorfizmasından etkilenen bu birimler daha sonra meydana gelen yeşilşist fasiyesi etkisinde kalmışlardır. Buna bağlı olarak Elekdağ Masifi'nin dalma-batmaya bağlı süreçler sonucunda oluştuğu söylenebilmektedir (Okay, 1986).

Metamorfik kayaçlar yüksek basınç / düşük sıcaklık koşullarını temsil eden eklojitler ve mavişistler ile yeşilşist ve epidot-amfibolitlerden oluşan karışık bir birimden; ofiyolitik birim ise büyük ölçüde metamorfizmadan etkilenmiş peridotit, gabro, diyabaz daykları ve bazik volkanik kayaçlardan meydana gelmektedir. Basıncın daha etkili olduğu, Domuzdağ Metamorfik Karışığı'nın Elekdağ Ofiyoliti ile sınır teşkil ettiği bölgelerde eklojitler oluşmuştur (Okay, 1986).

Taşköprü-Boyabat hattının güneyinde bulunan inceleme alanı Elekdağ Masifi içerisinde yaklaşık 1 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bölge içerisinde bu masife ait serpantinitle ve serpantinitle içerisinde blok ve mercekler şeklinde eklojitler yer almaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada öncelikle, Elekdağ Ofiyoliti'ne ait (Taşköprü-Kastamonu) Aşağı Elekkuzu Eklojit'lerinin petrolojik özelliklerinin tanımlanması amaçlanmıştır. Kayaçlarda mevcut olan mineral birliktelikleri ile metamorfizma koşullarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Orta Pontidler bölgesinde, Elekdağ Masifi olarak isimlendirilen ofiyolitik birim içerisinde yüksek basınç metamorfizmasına uğramış kayaçlar yer almaktadır ve Elekkuzu Köyü civarında yaklaşık 1 km²'lik alanda mostra vermektedirler. Bu kayaçlar arasında bulunan eklojitler bölgenin jeolojik evriminin yorumlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bunlar üzerinde yapılan önceki çalışmalar petrografik tanımlamanın ötesine geçememiştir. Hatta Sütçü vd., (1994) bu kayaçların eklojit olmadıklarını öne sürmüşlerdir .

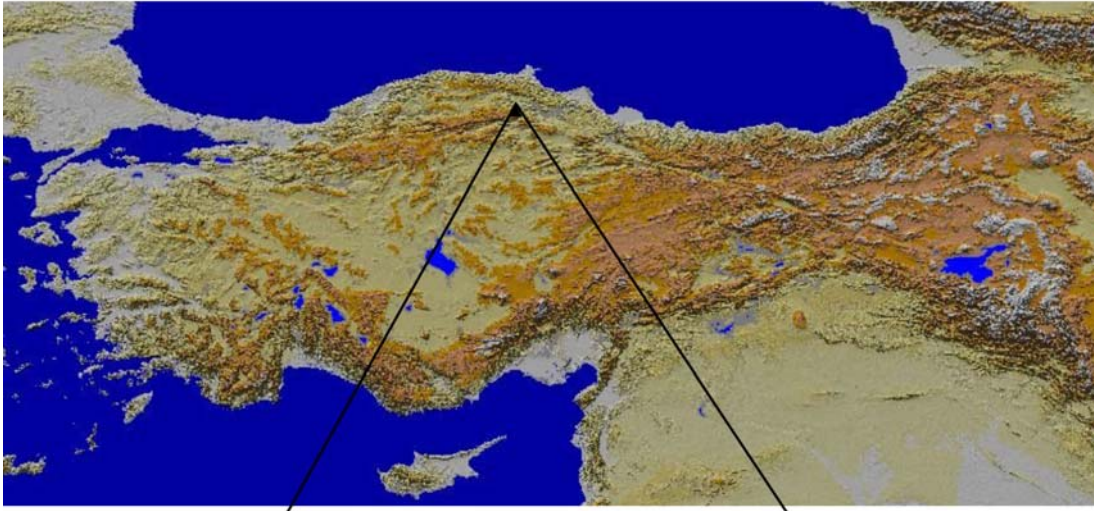
Bu çalışmada Elekdağ Ofiyoliti'ne ait Elekkuzu eklojitleri incelenmiştir. Bilindiği gibi eklojitler çok yüksek basınç / düşük-orta sıcaklık koşullarını temsil etmektedirler ve genellikle dalma-batma bölgelerinde oluşurlar. Ancak bölgede eklojitlerle birlikte düşük dereceli metamorfizma geçirmiş kayaçlar da yer almaktadırlar. MTA'nın yapmış olduğu 1/25000 ölçekli haritalar yardımı ile ve GPS verileri göz önüne alınarak, bölgede eklojitlerin diğer kayaçlarla olan ilişkileri değerlendirilmek suretiyle ayrıntılı jeolojik haritasının hazırlanması amaçlanmıştır. Kayaçlar mineralojik-petrografik olarak tanımlanmış ve geçirmiş oldukları metamorfik süreçler yorumlanmıştır. Sonuç olarak, eklojitlerin gerçek anlamda bir dalma-batma sonucu mu oluştuğu yoksa oluşumlarında metasomatizma gibi farklı süreçlerin etkili olup olmadığı tartışılmıştır.

1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması

İnceleme alanı Orta Karadeniz Bölgesi'nde ve Orta Pontidler içerisinde yer almaktadır. Bölgenin batısında Kastamonu iline bağlı Taşköprü ilçesi, doğusunda Sinop'a bağlı Boyabat ilçesi ve kuzeyinde ise Kastamonu iline bağlı Hanönü ilçesi bulunmaktadır. Aşağı Elekkuzu Köyü'nü de içine alan ve yaklaşık 1 km²'lik bir alanı kapsayan çalışma alanı, Kastamonu E32c3 topografik harita paftası içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.2).

Çalışma alanı çevresindeki en önemli yerleşim yerleri; Kastamonu iline bağlı Taşköprü ve Hanönü ilçesi ile Sinop iline bağlı Boyabat ilçeleridir. Aşağı Elekkuzu Köyü inceleme alanı içerisinde yer alan tek yerleşim yeridir. Taşköprü ilçesi, Kastamonu iline 45 km, Hanönü ise yaklaşık 70 km uzaklıktadır. İlçeler arası ulaşım asfalt yollar ile sağlanmaktadır. Bu yolların dışında Orman Genel Müdürlüğü tarafından açılmış olan orman yolları ve köyler arası bağlantıyı sağlayan stabilize köy yolları da bulunmaktadır. Gerek bitki örtüsünün sık orman olmasından gerekse topografyanın engebeli olmasından dolayı birçok yerleşim yeri arası ulaşımında stabilize yollar kullanılmaktadır.

İnceleme alanında genel topografya batıya ve kuzeye doğru alçalmaktadır. Topografik olarak engebenin yoğun olarak gözlemlendiği bu bölgenin çevresindeki en önemli yükselti Elekdağ, Dikmen Tepe (1440m)'dir. Bölgede yağış rejimleri düzenlidir.



Şekil 1.2: İnceleme alanı yer bulduru haritası (■ Çalışma bölgesi-Aşağı Elekkuzu)

1.3. Çalışma Yöntemleri

Yüksek mühendislik tez çalışması olarak gerçekleştirilen bu araştırma amacına uygun olarak iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

1.3.1. Saha Çalışmaları

2004 ve 2005 yaz aylarında gerçekleştirilen saha çalışmalarına Kastamonu E32 c3 paftasının genel olarak incelenmesi ile başlanmıştır. Çalışma alanı içerisindeki tüm birimleri simgeleyecek şekilde yaklaşık 100 adet el örneği alınmıştır. Arazide gözlenen serpantin ve eklojitlerin arazi görünüşleri tanımlanmış ve bu kayaçların birbirleri ile olan dokanakları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bölgede Elekdağ Ofiyoliti'ne ait serpantinler, çalışma alanı içerisinde en yaygın kayaç grubunu oluşturmaktadır. Bunlar içerisinde gözlenen eklojitler ise mercerler ve bloklar şeklinde yer alırlar. Bu kayaçlara ait arazi tanımlamaları yapılmış ve birbirleri ile olan ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanının, Elekdağ Ofiyoliti ve Domuzdağ Metamorfik Karışığı'nın sınırında yer alması nedeniyle, çalışma alanı içerisinde olmayan birimlerde de gözlemler yapılmıştır.

Saha çalışmalarında 1/25.000 ölçekli topografik haritalar ve daha önceden hazırlanmış çeşitli ölçekteki jeolojik haritalardan faydalanılarak 1/2.500 ölçekli topografik harita hazırlanmıştır. Birimlere ait dokanaklar GPS ile belirlendikten sonra, 1/2.500 detay jeolojik haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanı içerisinde yüzeylenen kayaç örneklerinden bu amaca uygun olarak yeterli sayıda el örneği alınmıştır. Gerekli görülen kayaçların, tanımlamanın daha rahat yapılabilmesi açısından, çeşitli yönlerden fotoğrafları çekilmiştir.

1.3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları; mikroskopik incelemeler, X – ışınları Difraksiyonu (XRD), mineral kimyası çalışmaları ve özgül kütle deneyi yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

Öncelikle araziden alınan el örneklerden yaklaşık 60 örneğin mineralojik ve petrografik tanımlarının yapılabilmesi için ince kesitleri yapılmış ve Leica marka polarizan mikroskopta incelenerek mineralojik ve petrografik tanımlamaları yapılmıştır (Ek-1). Yapılan bu tanımlamalara destek olması açısından, aynı laboratuvarda gerekli bulunan örneklerin mikrofotoğrafları, Leica marka polarizan mikroskop ile dijital ortamda çekilmiştir.

XRD çalışmaları, H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü X – ışınları laboratuvarında bulunan Philips marka PW 1140 model X-ışınları difraktometresiyle, esas olarak serpantinleşmiş ultramafik kayalardaki serpantin grubu minerallerin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Bunun yanında, eklojitlerdeki granat türlerinin tespiti gerçekleştirilmiştir. XRD çözümleri aşağıdaki şartlarda gerçekleştirilmiştir.

| | | | |
|------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|
| Anot | Cu(CuK, 1.5418) | Kağıt Hızı | 2 cm/dak |
| Filtre | Ni | Duyarlılık | 4*10 ² |
| Gerilim | 40 kV | Zaman Sabiti | 4 sn |
| Akım | 40 mA | Yarıklar | 1°-0.1m ² -1° |
| Gonyometre Hızı | 2 °/dak | Kağıt Aralığı | 5-35° (2Ø) |

XRD sonucunda elde edilen difraktogramlar, ASTM standart kartları esas alınarak değerlendirilmiştir.

Mikroprop analizleri için çeşitli granat örnekleri üzerinde H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü SEM Laboratuvarında bulunan Carl Zeiss EVO-50 EP model taramalı elektron mikroskop üzerine takılan Bruker-AXS XFLASH 3001 SDD (Silicon Drift Dedector) EDS (Energy Dispersive Spectrometer) cihaz ile incelemeler yapılmıştır. Analizler 15 kv ivmelendirici gerilim, 15 Nm demet akımı, 500.000 count koşullarında gerçekleştirilmiştir.

1.4. Önceki Çalışmalar

Eren (1979), yapmış olduğu çalışma ile Ilgaz Masifinin doğu-kuzeydoğu uzantısını oluşturan metamorfitleerin, yüksek basınç-düşük sıcaklık türünden olan glokofanşistleri ve eklojitleri içerdiklerini belirlemiştir. Bunların yayılımları ve oluşumlarına yaklaşım yapabilmeyi, metamorfitleerin hakim karakterlerini ortaya koyacak ayrıntılı petrografi incelemesi ile metamorfizmanın oluşum şartlarını belirlemiştir. Araştırmacı bölgenin stratigrafik istifini alttan üste doğru şu şekilde tanımlamıştır:

1. Elekdağ serpantiniti
2. Kürüztepe metagabrosu
3. Düздаğ metadiyabazı
4. Fındıcak metabazaltı
5. Gökbelen formasyonu
6. Domuzdağı formasyonu
7. Alüvyon birimleri

Eren, çalışma alanının özelliklerini yansıtacak şekilde alınan kayaç örneklerinde mikroskobik tayinlerle, ayrıtlanan birimlerin çeşitli metamorfizma koşullarında kazandıkları mineral topluluklarını ortaya koymuştur ve bu birimlerde etkili olan metamorfizmayı yüksek basınç düşük sıcaklık tipi metamorfizma olarak belirtmiştir.

Çalışma alanı içerisinde yer alan metamorfitleeri “atipik yüksek basınç” oluşuklarından ibaret olduklarını ve ilerleyen metamorfizmaya göre de;

- I. Zon: Prehinit-pumpellyit fasiyesi
- II. Zon: Glokofanşist fasiyesi
- III. Zon: Yeşilşist fasiyesi
- IV. Zon: Albit-epidot amfibolit fasiyesi
- V. Zon: Eklojit fasiyesi

şeklinde beş farklı fasiyes zonu ayırt etmiş ve bunların metamorfik fasiyes haritalarını hazırlamıştır.

Bu fasiyelerden prehnit-pumpellyit fasiyesi kayaçları dışındaki kayaçların geçirmiş oldukları metamorfizmaya ilişkin olarak ilksel metamorfizmalarını tam olarak silmeyecek şekilde gerileyen metamorfizmaya maruz kaldıklarını ve gelişen tüm metamorfik fasiyelerin Winkler (1979)'e göre, çok düşük ve düşük dereceli koşullarda “ yüksek basınç/düşük sıcaklık” (YB/DS) koşullarında ve yitim zonlarında oluşabileceklerine değinmiştir. Yapmış olduğu jeokimyasal çalışmalar ile metabazitlerin köken kayaçlarının çoğunlukla okyanus adası ve kısmen de okyanus sırtı kayaçları olduğunu ve bu kayaçların toleyitik bileşimde olduklarını belirtmiştir.

Eren, bölgede yer alan ve üzerinde çeşitli tartışmalar doğan eklojitik kayaçları bazik kayaçların metamorfizmaları ile oluştuklarını ileri sürmektedir. Bu kayaçları bölgede beş farklı lokasyonda tanımlamıştır:

1. Kazanpınarı eklojitleri
2. Yılanlı eklojitleri
3. Sarnıç eklojitleri
 - Hanyeri eklojitleri
 - Badıkıran eklojitleri
4. Aluç eklojitleri
5. İmamlı-Keşler eklojitleri

Genel olarak bu bölgedeki eklojitlerin tümünü “Elekdağ eklojitleri” olarak adlandırmıştır. Yapmış olduğu kimyasal analiz sonuçlarını farklı diyagramlar üzerinde nasıl dağıldıklarını inceleyerek, alkali bazalt alanında toplandıklarını belirtmiştir. Araştırmacıya göre eklojitler, ofiyolitik eklojitler (O grubu) veya C grubu eklojitleri olarak ifade edilebileceğini belirtmişlerdir.

Yılmaz ve Tüysüz (1984), Kastamonu-Boyabat-Vezirköprü-Tosya arasındaki Bölgesi' nde bulunan tektonik birlikleri ayırt etmişlerdir. Bu bölgede iki okyanus kalıntısının ayırt edilebildiğini ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar bölgede var olan ofiyolit topluluğun farklı dönemlerde var olup tüketilmiş iki okyanusa ait olduğunu belirtmişlerdir. Bunların da; Paleotetis ofiyolitini temsil eden Elekdağ Ofiyoliti ve Neotetis ofiyolitini temsil eden Kargı ofiyolit topluluğu olduğunu ifade etmişlerdir.

Bunlardan yaşlı olanın Malm öncesinde, genç olanın ise Geç Kretase sonu, Paleosen'de bölgeye yerleştiği, Neotetis okyanus kabuğunun kuzeye dalarak Üst Kretase sonrasında tüketildiği ve dilinimlenme sırasında ada yayının giderek güneye kaydığını söylemişler, Elekdağ Ofiyolitinin kümülattan spilitik lavlara kadar giden eksiksiz bir ofiyolit dizisi şeklinde olduğunu belirtmişlerdir.

Şengün vd., (1990), Elekdağ Ofiyoliti'nin, düşük dereceli metamorfizmler, glokofan şistler, eklojitler ve serpantinleşmiş ultrabazik kayalardan meydana geldiğini belirtmişlerdir. Domuzdağ Karışığı olarak ifade ettikleri kuvarsit, mikaşist, metakarbonat ve daha az miktarda serpantin mercerlerinden oluşan, yatay ve düşey olarak geçişli olabilen metamorfik karışık üzerinde Elekdağ Ofiyoliti'nin yer aldığını ifade etmişlerdir. Önceki çalışmalarda ilk kez Eren (1979) tarafından tanımlanan eklojitlerin, Domuzdağ Karışığı ile Elekdağ Ofiyoliti arasında yer aldıklarını belirtmişlerdir.

Araştırmacılar, Paleotetis'e ait okyanusal litosferin kuzeye doğru Avrasya altına dalması ile Elekdağ Ofiyoliti'nin oluştuğunu belirtmişlerdir. Bölgede soğuk okyanusal kabuğun dalma-batması sonucu gelişen bir metamorfizmadan ve ofiyolit yerleşmesinden sonra gelişen yeşilşist fasiyesi metamorfizmasının varlığına değinmişlerdir. Metamorfizma yaşını Jura öncesi olarak belirlemişlerdir.

Sütçü vd., (1994), Kastamonu E32c3 ve F32b2 paftalarını içine alan bölgelerde ofiyolit, metamorfik ve örtü kayalarının jeolojik haritalarını hazırlamışlardır. Çalışma alanlarında otuz dört formasyon ve sekiz üyeden oluşan birimleri tanımlamışlardır. Bölgede en altta ilk kez Eren (1979) tarafından tanımlanan Domuzdağ Formasyonu'nun bulunduğunu belirtmişlerdir. Formasyonun pelitik bir matris ile bu matris içinde bulunan çeşitli bloklardan oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Domuzdağ Formasyonu'nun alt sınırının arazide izlenemediğini, ancak üzerinde tektonik olarak Elekdağ Ofiyoliti'nin yer aldığını vurgulamışlardır. Formasyonun kuzeyinde yer alan Elekdağ Ofiyoliti'nin kuzeyden güneye bindirmeli olarak bulunduğunu ve bu bindirme zonu boyunca, eklojit bileşimli kayaların yer aldığını ifade etmişlerdir. Elekdağ Ofiyoliti'nin, Bekirli Formasyonu ile olan ilişkisinin de tektonik olduğunu ve bu formasyon tarafından stratigrafik olarak örtüldüğünü belirtmişlerdir.

Elekdağ Ofiyoliti'nin Bekirli Formasyonu tarafından örtülen, kendi içinde düzenli bir ofiyolit istif sunmasına rağmen; geçirmiş oldukları metamorfizma nedeni ile kısmen bozunmuş, farklılaşmış ve iç düzenini kaybetmiş durumda olduklarını vurgulamışlardır. Yaş bulgusu olmamasına rağmen Bekirli Formasyonu'nun yaşı Liyas ve Triyas aralığında verildiğinden, bu bölgenin stratigrafik konumu göz önüne alınarak formasyonun yaşı Triyas ve Triyas öncesi olarak belirtilmiştir.

Elekdağ Ofiyoliti tektonik dokanakla Domuzdağ Formasyonu üzerine yerleşmiştir. Elekdağ Ofiyoliti (Meo)'nun altta ultramafitler ile başlayıp üstte diyabaz-bazalt (spilit) ve çökele kadar uzanan, kısmen içyapısını korumuş bir ofiyolit topluluğu olduğunu belirtmişler ve stratigrafik istifi alttan üste doğru şu şekilde vermişlerdir:

- 1- Lavlarla girik şeyl-fillat
- 2- Metabazalt
- 3- Metadiyabaz
- 4- Pegmatitik gabro
- 5- Mikrogabro
- 6- Katmanlı gabro
- 7- Serpantinit
- 8-Serpantinleşmiş katmanlı peridotit
- 9-Eklojit

Stratigrafik istifte de belirttikleri gibi katmanlı gabroların çeşitli yapı ve doku özellikleri (katmanlı, mafik pegmatitik, mikro) sunduklarını vurgulamışlardır. Söz konusu olan bu gabroların çeşitli boyuttaki diyabaz daykaları tarafından kesildiğini belirtmişlerdir. Metadiyabazların üzerinde yer alan metabazaltların masif ya da yastık yapılı olarak gözlendiklerini ifade etmişlerdir. Ofiyolit tabanında, serpantinit ile şistlerin dokanaklarında aşırı deforme olmuş bölgelerde daha önceki çalışmalarda C grubu eklojit olarak belirtilen kayaçların tam olarak eklojit olmadıklarını ileri sürmüşlerdir. Bölgede serpantinit şist dokanağında gözlenen ve daha önceleri ilk kez Eren (1979) tarafından C grubu eklojit olarak belirlenen bu kayaçların granat içermelerine rağmen, omfazit minerali içermemelerinden dolayı eklojit olmadıklarını belirtmişlerdir.

Elekdağ Ofiyoliti'nin genel olarak yüksek basınç/düşük sıcaklık koşullarında metamorfizma geçirdiklerini, ilk olarak glokofanşist ve sonra da bu ilksel metamorfizmayı kısmen üzerleyen koşullarda yeşilşist fasiyesi metamorfizmasının etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Araştırmacılara göre bu bölge Paleozoyik sonu, Mesozoyik başından itibaren kuzey-güney yönlü bir sıkışma rejiminin etkisi altına girmiştir. Üst Kretase'den Miyosen'e kadar bu sıkışma rejiminin etkisi ile doğu-batı uzanımlı kıvrımlar, Elekdağ ve güneyinde kuzeyden güneye bindirmeler, daha sonraki dönemlerde ise düşey faylanmalar gerçekleşmiştir. Üst Miyosen-Paleosen döneminde bölgede yanal atımlı faylar gelişerek, bölge günümüzdeki yapısal konumunu kazanmıştır.

Ustaömer and Robertson (1999), yaptıkları çalışmalarda Orta Pontidler'de tektonik birimleri kuzeyden güneye doğru; Küre Ofiyolitleri, Daday-Devrakani Masifi, Çangaldağ Karışığı, Elekdağ Ofiyolitleri, Elekdağ Eklojitleri, Bayam Melanjı, Domuzdağ Karışığı ve Kargı Masifi olarak sınıflamışlardır. Araştırmacılara göre Orta Pontidler; Paleotetis okyanusunun kalıntıları, dalma-batma yitim karmaşığı birimleri ve Avrasya'ya ait geç Paleozoyik - erken Mesozoyik yaşlı kayalardan meydana gelmektedir.

Elekdağ Ofiyolitinin tabanında peridotitler ve kromit içeren ultramafik ve mafik kayalar yer almaktadır. Üste doğru ultramafik ve mafik kümülatlara geçilir. Eklojitler, Elekdağ Ofiyoliti kenarı boyunca yerleşmiş tektonik mercekler ve bloklar olarak serpantinitle içinde yer almaktadır. Tektonik birimler ve ofiyolitlerle arakatkılı olarak mavişist blokları bulunmaktadır. Araştırmacılar mavişistlerin Nb/Y – Zr/Ti diyagramlarında değerlendirildiğinde MORB karakterli, toleyitik özellikte ve aynı zamanda sub-alkali alanda dağılım gösterdiklerini belirtmişlerdir.

Domuzdağ-Sarayıkdağ Karışığı içerisinde kuzeyde Domuzdağ melanjı olarak isimlendirilen formasyon, güneyde ise daha düzenli bir istiflenme şeklinde Sarayıkdağ birimi olarak adlandırılan formasyon bulunmaktadır. Yazarlar, Domuzdağ melanjının, çoğunlukla metabazit, serpantinitle ve daha az miktarda da sedimanter kökenli kayalardan oluştuğunu ve dalma-batma zonunu karakterize eden özellikler taşıdığını, yaşının Geç Paleozoyik - Erken Triyas olduğunu ifade

etmişlerdir. Metabazitler üzerinde yapmış oldukları çeşitli jeokimyasal analizler ile bu kayaçların subalkali karakterde, bazalt bileşimde olduklarını belirlemişlerdir. Bölgede yer alan bazik bileşimli kayaçların, dalma-batma bölgelerinde gözlenen yığışım prizması özelliğinde de olabileceklerini ifade etmişlerdir.

Araştırmacılar yapmış oldukları bu çalışma ile alternatif bir tektonik model geliştirmişlerdir. Buna göre; bölgede volkanik yayın Lavrasya güney sınırında bulunduğunu ve kuzeye doğru bir dalma-batma süreci gerçekleştiğini ve Orta Pontidler'deki tek volkanik yayın Çangaldağ Karışığı olduğunu belirtmişlerdir.

Altherr vd., (2004)'nin Elekdağ Bölgesindeki turmalin içerikli lavsonit eklojitler üzerinde yapmış oldukları çalışmalarda mineral bileşimlerini ve kayaç dokularını kullanarak eklojitlerin metamorfik evrimini açıklamışlardır. Serpantinit matriksi içerisinde yer alan ve turmalin içeren bu eklojitler de genel olarak, granat + omfazit + epidot/zoizit + fengit ± turmalin ± lavsonit ± glokofan ± klorit ± rutil mineral birlikteliğini tespit etmişlerdir. Bu kayaçların yükselimi ve gerileyen metamorfizmadan etkilenmesi ile ortaya çıkan turmalinlerdeki Bor'un izotopik bileşimini göz önüne alarak eklojitlere sızan bor bakımından zengin bu sıvının kaynağını araştırmışlardır.

Serpantinitler içerisindeki bu eklojit bloklarının oluşturduğu yüksek basınç-düşük sıcaklık tektonik melanjinin MORB benzeri kayaçlardan türediklerini ifade etmişlerdir. Dalma-batma sırasında ilerleyen bir metamorfizmanın geliştiğini, tam olarak metamorfizma koşullarının bilinmemesine rağmen yaklaşık olarak 400–430 °C sıcaklık ve > 1.35 GPa basınç değerlerine ulaşılabildiğini belirtmişlerdir. Eklojit-serpantinit karmaşığının yükselimi sırasında sızan bor ve sodyumca zengin sıvıların etkisi ile eklojit bloklarının dış kısımlarında titanit ve klorit gibi gerileyen metamorfizma ürünlerinin oluştuğunu ileri sürmüşlerdir.

Okay et al., (2006)'nın Orta Pontidler'de gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Elekdağ lerzolitleri ve bununla ilişkili eklojitleri Domuzdağ Karışığı içerisinde değerlendirmişlerdir. Domuzdağ Karışığı, büyük ölçüde kuvars-mikaşist (%60), metabazit (%25) ile çok az mermer ve metaçört (%3) ve farklı büyüklüklerde lensler ve dilimler halinde metamorfize olmuş ofiyolitik birimler ve serpantinitlerden

(%12) oluşmaktadır. Bu birimlerin oluşum yaşına ait herhangi bir veri tespit edilememiştir.

Araştırmacılar yaptıkları çalışmada yüksek basınç metamorfizmaları ve eklojitler üzerinde gerçekleştirdikleri jeokronolojik analizler ve petrolojik çalışmalar ile yüksek basınç metamorfizmasının yaşını, yani dalma-batma zamanını erken Kretase olarak belirtmişlerdir. Domuzdağ Karışığı'na ait eklojit ve mikaşistlerde yapmış oldukları tüm kayaç ve mineral analizleri ile 95–116 ve 104–137 milyon yıl arasında değişen yaşlar vermişlerdir. Yaş aralığının yaklaşık olarak 105 ± 5 milyon yıla (Kretase-Albiyen) denk geldiğini ve metamorfizmanın yaşının 100 milyon yıldan daha eski olduğunu vurgulamışlardır. İncelenen bu kayaçların Neotetis ürünü olduklarını ifade etmişlerdir.

Eklojitler, genellikle Elekdağ lertzoliti sınırlarında ve bazen de kuvars-mikaşistler ve diğer mavişistlerle beraber bulunmaktadır. Buradan gidilerek, eklojitlerin (sadece) tektonik lensler halinde değil de diğer YB/DS metamorfik kayaçları ile birlikte eşkökenli (cogenetic) olarak oluştuklarını ileri sürmektedirler.

Erol (2007), Elekdağ Masifi'ne ait Domuzdağ Metamorfik Karışığı, Elekdağ Ofiyoliti ve Bekirli Metamorfiti'ne ait metamorfik kayaçları tanımlamıştır. Bölgede gözlenen bu birimlerin farklı özellikte metamorfizmadan etkilendiklerini belirtmiştir. Domuzdağ Metamorfik Karışığı ve Elekdağ Ofiyoliti'nin dalma-batma bölgelerinde görülen, yüksek basınç metamorfizmasına maruz kalırken, Bekirli Metamorfiti'nin daha düşük dereceli metamorfik kayaç içerdiklerini vurgulamıştır.

Araştırmacı genel olarak üç evreli bir metamorfik gelişimden söz etmektedir. Bunların; birincil okyanus tabanı hidrotermal metamorfizması, dalma-batma ile ilişkili yüksek basınç metamorfizması ve bölgesel yeşilşist fasiyesi üzerlemesi ile geç evre kırık/çatlaklarda etkili olan hidrotermal alterasyon olduğunu belirtmiştir. Bölgedeki metagabrolarda gerçekleşen eklojit fasiyesi metamorfizmasının maksimum koşulları temsil ettiğini ve bunun yaklaşık olarak 14-18 kbar basınç ve $500-550^{\circ}\text{C}$ sıcaklık değerlerinde gerçekleştiğini vurgulamıştır. Daha sonra etkili olan bölgesel özellikteki Barrow metamorfizmasının ise 4-7 kbar basınç ve $400-550^{\circ}\text{C}$ sıcaklık altında etkili olduğunu ifade etmiştir.

Metamorfizmalar içerisinde bazı metabazit örneklerinde granat + omfazit + glokofan + fengit + epidot + klorit gibi eklojit fasiyesine ait mineral birliktelikleri tespit etmiştir. Ayrıca ilksel granat + piroksen eklojit fasiyesi birlikteliğinin, sonradan gelişen mavişist ve yeşilşist fasiyesi metamorfizması tarafından üzerlendiğini belirtmiştir.

Eklojit örneklerindeki granat, piroksen, klorit, mika ve epidot minerallerinden mikroprop analizi yapmıştır. Yapılan bu analizler sonucunda granatların almandin, piroksenlerin omfazit, beyaz mikaların fengitik, epidotların ise zoizit, klinozoit bileşiminde olduğu saptanmıştır. Granat-piroksen arasında gelişen Fe-Mg değişim reaksiyonlarından, piroksenlerdeki maksimum jadeit miktarından ve fengitlerdeki Si⁴⁺ içeriğinden giderek yapmış olduğu hesaplamalar ile eklojit fasiyesi için yaklaşık 470 ± 25 °C sıcaklık ve 16 ± 2 kbar basınç değerleri saptanmıştır.

Araştırmacı bölgedeki eklojitik kayaçları beş farklı lokasyona ayırarak incelemiştir: Bunlar; Koçak Köyü eklojitleri, Aluç eklojitleri, Hanyeri Tepe –Sarnıç eklojitleri ve ilk kez bu çalışmada adı geçen Acısu Köyü-Yayla Mevki eklojitleri ile Salmanlı Tepe eklojitleridir.

Bölgedeki kayaçların, Tetis okyanusal litosferinin kuzeye doğru dalma-batması ile gerçekleşen yüksek basınç metamorfizması ile geliştiklerini belirtmiştir.

Turan (2007, yayımlanmamıştır) yapmış olduğu doktora tez çalışmasında Elekdağ Ofiyoliti'nin batı bölümünü çalışmıştır. Çalışma alanında Triyas-Jura ve daha öncesi yaşlı, ultramafik kümülatlar, masif serpantinleşmiş peridotitler ve ultramafik-mafik kayaçlarla tanımlanan meta-ofiyolit istif, yeşilşist, mavişist ve eklojit fasiyesi koşullarını yansıtan metamorfik kayaçlar, Oligosen yaşlı kumtaşı-marn-kiltaşı ardalı birim ve Miyosen-Pliyosen yaşlı bazaltik kayaçlar bulunduğunu belirtmiştir.

Elekdağ Ofiyoliti'nin görünür tabanında yüksek B/S koşullarında oluşan, omfazit + grossular + klinozoit + glokofan birlikteliklerine sahip eklojitlerin bulunduğunu ve bu kayaçların serpantin ve metamorfik kayaçların dokanağında belirlendiğini belirtmiştir.

Bölgedeki eklojitleri yedi farklı lokasyonda ayrıntılı olarak incelemiştir: Bunlar; Elekkuzu eklojitleri, Hanyeri eklojitleri, Kazanpınarı-Bakacak sırtı eklojitleri, Kozanlı eklojitleri, Sarıyar eklojitleri, Yılanlı (Esentepe) eklojitler ve Yörükören eklojitleridir.

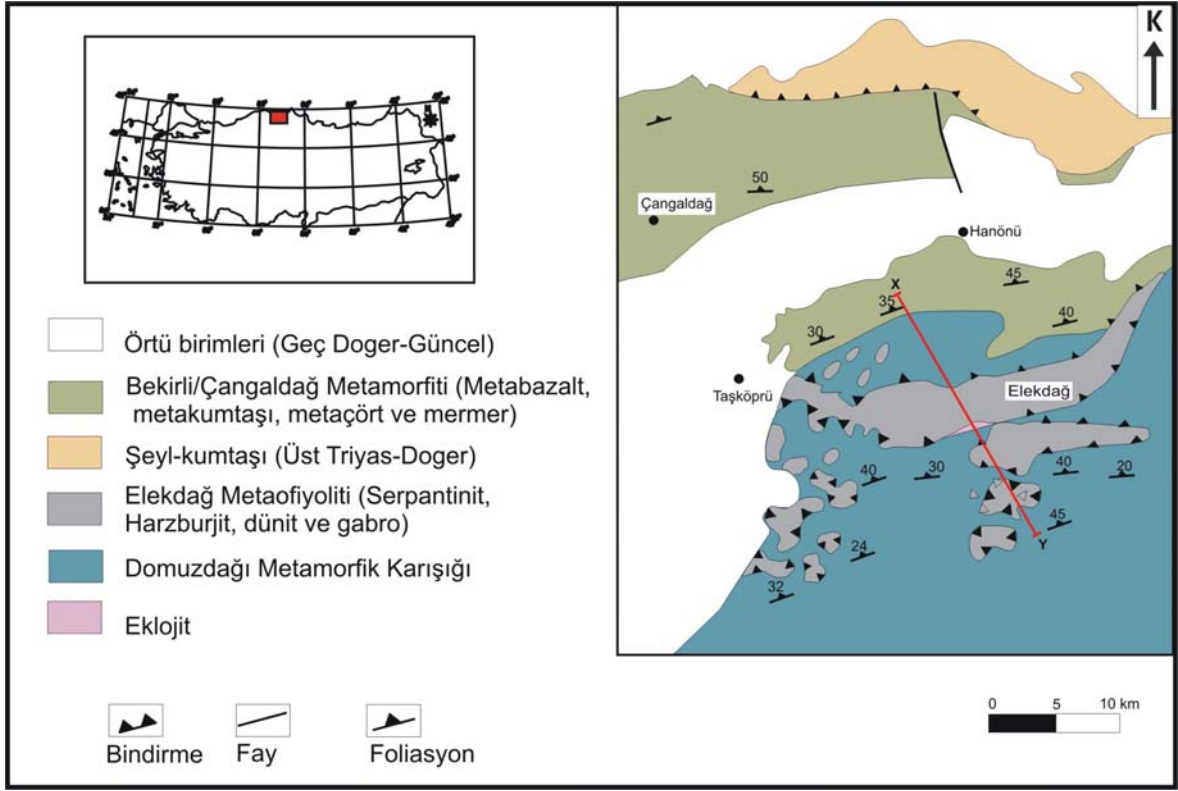
Eklojitler üzerinde yapmış olduğu ana ve iz element jeokimyasal analizleri sonucunda alkali bazalt ve alkali karakterli oldukları sonucuna varmıştır. Dalma-batma sonucu oluşan bu eklojitlerin C grubu eklojitler olduğunu belirtmiştir. XRD çalışmaları ile bu kayalarda bulunan granat mineralinin grossular, piroksen grubu minerallerinin omfazit, epidot grubu minerallerinin klinozoit, klorit grubu minerallerinin klinoklor ve serpantin grubu minerallerin antigorit bileşimde olduğunu belirlemiştir. Mineral parajenezleri yardımı ile eklojit fasiyesine ait kayaların oluşum koşulları için 500 °C sıcaklık ve 11 kbar basınç öngörmüştür. Eklojitlerin gerileyen metamorfizma etkisi ile mavişist ve yeşilşist fasiyesi koşullarını yansıtan mineral topluluklarına sahip olduklarını vurgulamıştır. Elekdağ bölgesinde gözlenen kayalarda gelişen metamorfizma fasiyeslerini, eklojitik kayaların diğer birimlerle olan ilişkilerini belirlemiştir.

2. BÖLGESEL JEOLJİ

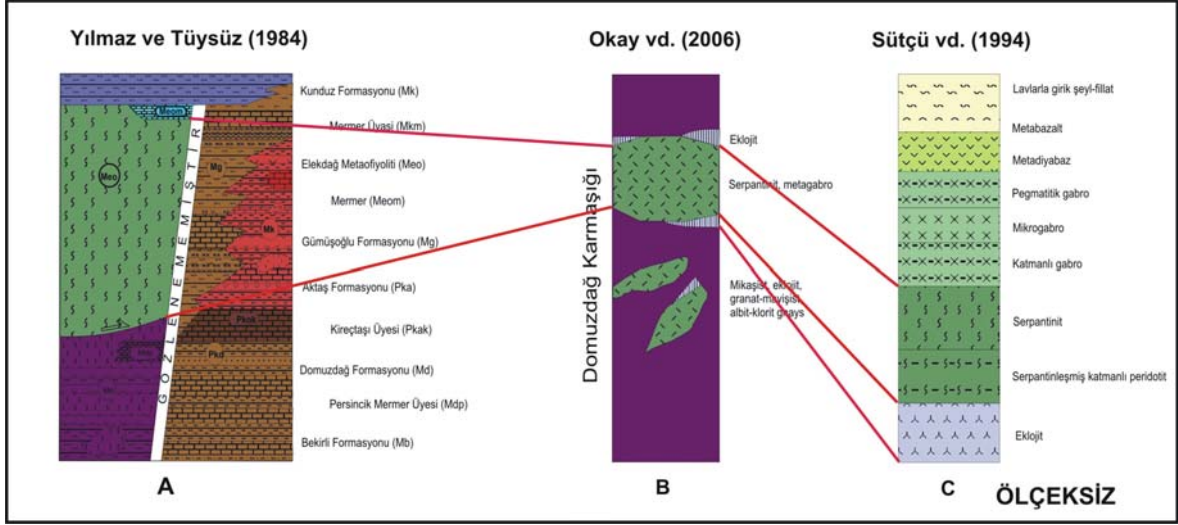
İnceleme alanında ve yakın çevresinde yer alan birimler Şekil 2.1'de harita üzerinde ve Şekil 2.2'de bu birimlerin dikme kesitleri gösterilmiştir. Bölge için çeşitli stratigrafik istifler söz konusu olduğundan Yılmaz ve Tüysüz (1984; 1988), Sütçü vd. (1994) ve Okay vd. (2006)'nın çalışmalarından basitleştirilmiş olarak alınan kesitler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Çalışma alanı içerisine girmemesine rağmen; bölgenin genel jeolojisini açıklık getirebilmek amacı ile çeşitli formasyonlara literatür bilgisi olarak değinmekte fayda görülmüştür.

Sütçü vd. (1994) bölgede en altta ilk kez Eren (1979) tarafından tanımlanan Domuzdağ Formasyonu'nun bulunduğunu belirtmişlerdir. Formasyonun pelitik bir matriks ile bu matriks içinde bulunan çeşitli bloklardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Blokları oluşturan sedimanter kökenli kayaçların metakumtaşları ve fillitler olduğunu, magmatik kayaçların ise boyutları birkaç cm'den yüzlerce metreye ulaşan mataultramafit, mataserpantinit, metadiyabaz, metagabro ve metalavlar olduğunu vurgulamışlardır. Bu blokların olistostromal olarak yerleştiğini ve etkilendikleri yüksek basınç metamorfizması ile de birimin içyapısının daha da karmaşık bir hal aldığı belirtmişlerdir. Domuzdağ Formasyonu'nun alt sınırının arazide izlenemediğini, ancak üzerinde tektonik olarak Elekdağ Ofiyoliti'nin yer aldığı vurgulamışlardır. Bekirli Formasyonu ile olan ilişkisinin de tektonik olduğunu ve bu formasyon tarafından stratigrafik olarak örtüldüğünü belirtmişlerdir. Yaklaşık olarak kalınlığı 1200 m'yi bulan Domuzdağ Formasyonu'na yaş verebilecek herhangi bir paleontolojik veriye rastlanmamasından dolayı, Bekirli Formasyonu tarafından örtülmüş olmasını göz önüne alarak Triyas öncesi yaş vermişlerdir.



Şekil 2.1: Çalışma alanı ve yakın çevresinde gözlenen birimlere ait harita ve jeolojik kesit (Çakır et al., 2006, Çakır, 1995, Aydın et al., 1986, Yılmaz, 1980 ve Eren, 1979'dan uyarlanmıştır).



Şekil 2.2 (A,B,C): Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş ve karşılaştırmalı stratigrafik istifleri.

Bölgede gözlenen Elekdağ Ofiyoliti'nin altta ultramafitler ile başlayıp üstte diyabaz-bazalt (spilit) ve çökele kadar uzanan, kısmen içyapısını korumuş bir ofiyolit topluluğu olduğunu belirtmişlerdir. Birimin tabanında serpantinleşmiş harzburjitlerin çok yaygın olduğunu ve üste doğru katmanlı peridotite dönüşen ultramafik düzeylerin yer aldığını vurgulamışlardır. Gabroların, katmanlı gabrodan, mafik, pegmatitik ve mikrogabroya kadar değişen yapı ve doku özellikleri gösterdiklerini ve içlerinde bunları kesen değişik boyutlarda diyabaz dayklarının gözlendiğini ifade etmişlerdir. Gabroların üzerinde metadiyabazların yer aldığını belirtmişlerdir. Üst seviyelere doğru ise masif ya da yastık yapılı metabazaltların varlığından söz etmişlerdir. Yaklaşık olarak 800 m kalınlığındaki Elekdağ Ofiyoliti'nin Bekirli Formasyonu tarafından örtülen, kendi içinde düzenli bir ofiyolit istif sunmasına rağmen; geçirmiş oldukları metamorfizma nedeni ile kısmen bozunmuş, farklılaşmış ve iç düzenini kaybetmiş durumda olduklarını belirtmişlerdir. Yaş bulgusu olmaması nedeni ile Bekirli Formasyonu'nun yaşı Liyas ve Triyas aralığında verildiğinden ve bu bölgenin stratigrafik konumu göz önüne alınarak formasyonun yaşı Triyas ve Triyas öncesi olarak belirtilmiştir.

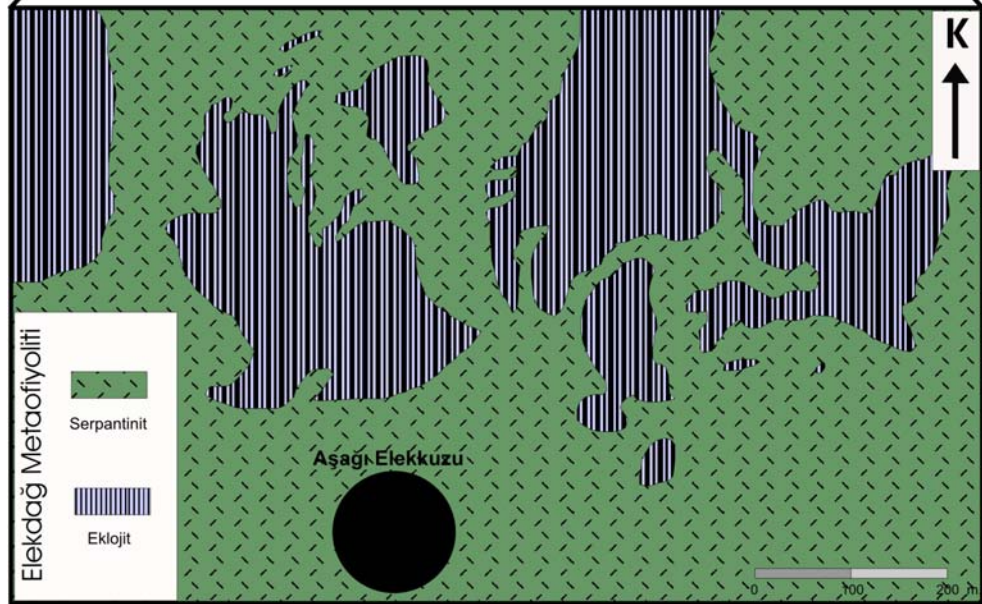
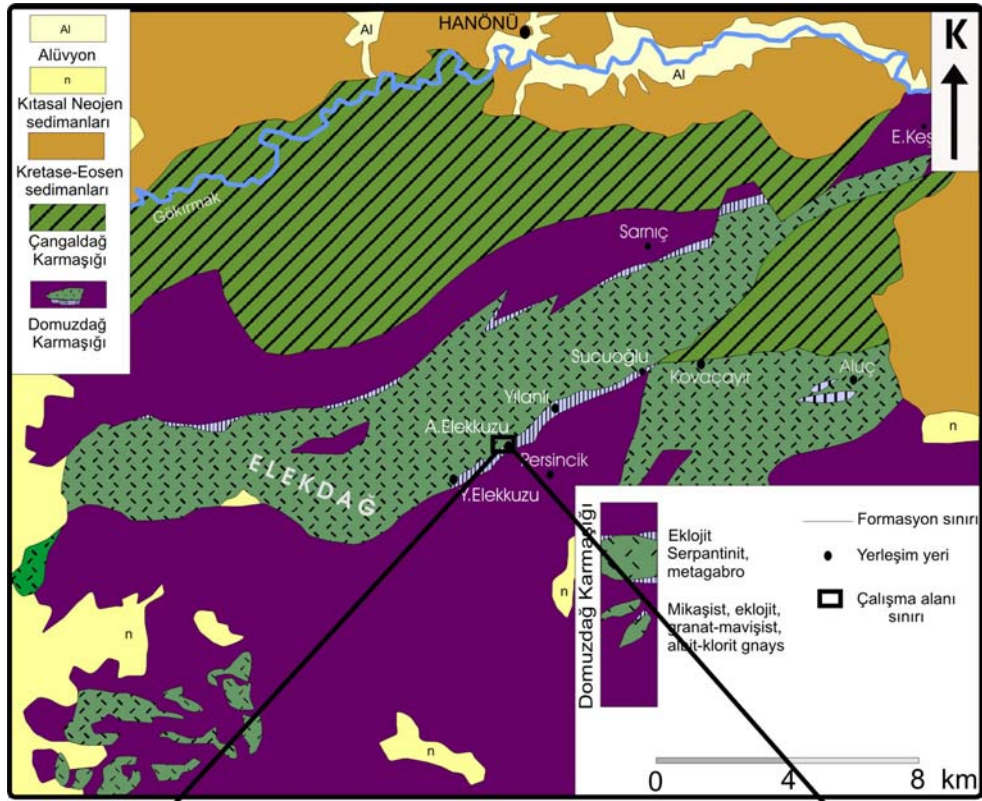
Domuzdağ Formasyonu'nun Elekdağ Metamorfiti tarafından kuzeyden güneye bindirmeli olarak örtüldüğü kesimde aşırı deformasyona uğramış, kataklastik

kayaçlar ve yer yer eklojitik blokların bulunduğunu belirtmişlerdir. Ancak daha önceki çalışmalarda Eren (1979), Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından kimyasal bileşimleri yönünden alkali bazalt alanında dağılım gösteren, ofiyolit tabanındaki serpantinitle şistlerin dokanaklarında, aşırı deforme olmuş bölgelerde C grubu eklojit olarak belirtilen bu kayaçların tam olarak eklojit olmadıklarını savunmaktadırlar.

Okay vd. (2006) bu bölgede yapmış olduğu çalışmalar ile diğer araştırmacılardan daha farklı bir istif ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar Domuzdağ ve Elekdağ birimlerini Domuzdağ Karışığı adı altında bir bütün olarak ele almışlardır. Domuzdağ Kompleksi'nin kuvars-mika şist, metabazit, mermer, çört ve serpantinlerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Metabazitlerin, gerileyen metamorfizmaya bağlı olarak eklojitlerden, granat-mavişiste ve albit-klorit gnaysa kadar değişen kayaçlardan oluştuğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılar Ar-Ar ve Rb-Sr izotopik yaş analizleri ve eklojitler ile mikaşistler üzerinde yaptıkları tüm kayaç ve mineral analizleri ile yaklaşık olarak 95–116 ve 104–137 milyon yıl arasında değişen yaş aralıkları vermişlerdir. Bu analizlerden yola çıkarak Domuzdağ Karışığı için Albiyen (Kretase) yaşına denk gelen 105 ± 5 milyon yıllık bir yaş aralığı belirtmişlerdir. Yüksek basınç metamorfizmaları ve eklojitler üzerinde yaptıkları jeokronolojik yaş analizleri ile dalma-batma yaşını erken Kretase olarak ifade etmişlerdir.

Çalışma alanındaki birimler karşılaştırıldığında; Yılmaz ve Tüysüz (1984; 1988) ve Sütçü vd., (1994)'nin Elekdağ Ofiyoliti, Okay vd. (2006)'nin Elekdağ Lerzolitleri ile, Sütçü vd., (1994)'nin Domuzdağ Formasyonu ise Yılmaz ve Tüysüz (1984; 1988)'ün Domuzdağ Metamorfik Karmaşığı ile deneştirilebilir.

(a)



(b)

Şekil 2.3: a) Okay ve diğ., 2006'dan sadeleştirilerek hazırlanmış jeoloji haritası b) inceleme alanının detay jeoloji haritası

2.1 Elekdağ Ofiyoliti

İlk kez Eren (1979) tarafından adlandırılan Elekdağ Ofiyoliti, metamorfizmaya uğramış ve iç düzenini kısmen koruyabilmiş, belirli iç düzeni olmayan, ofiyolitik kayaç topluluğudur. Bu topluluğa ait kayaçlar yapısal olarak Domuzdağ Metamorfik Karışığı'nın üzerinde yer almaktadır. Elekdağ Ofiyoliti'ni oluşturan kayaç gruplarının yanal ve düşey devamlılıkları ve düzenli bir stratigrafik konumları bulunmamaktadır. Diğer birimlerle olan sınır ilişkisi çoğunlukla tektonik niteliktedir. Elekdağ Ofiyoliti, meta-serpantinit, metaultramafitik (harzburjit, lertzolit ve dünit) metagabro, metabazik (eklojit, mavişist ve klorit-talkşist gibi) kayaç blokları yer almaktadır. Ancak çalışma alanı içerisinde bu kayaçlardan sadece serpantinitlere ve eklojit bloklarına rastlanılmıştır.

Okay vd., (2006) gerçekleştirmiş olduğu çalışmada eklojitler üzerinde yaptığı jeokronolojik yaş analizleri ile metamorfizma için yaklaşık 105 milyon yıllık bir zaman aralığı belirtmiştir. Böylelikle daha önceleri Paleotetis okyanusal kabuğunun ürünleri olarak değerlendirilen ve Liyas öncesi yaş verilen Elekdağ Ofiyoliti'nin Neo-tetis okyanusunun bir ürünü olduğunu ve geç Kretase (Albiyen) yaşında olduğunu vurgulamışlardır.

Çalışma alanı içerisinde Elekdağ Ofiyoliti'ne ait serpantinitler ve bu birim içerisinde bloklar ve mercekler halinde eklojitlere rastlanılmıştır.

2.1.1 Serpantinit

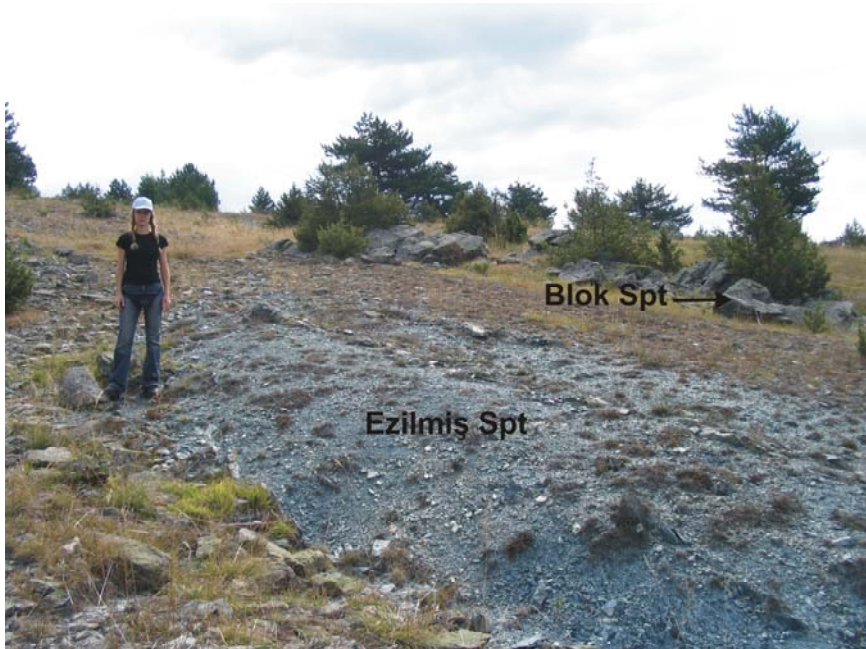
Serpantinit, bölgenin genelinde en yaygın görülen litolojinin başında gelmektedir. İnceleme alanı içerisinde de gözlenen bu kayaçlar, Taşköprü'nün doğusundan başlayıp, Boyabat çevresine kadar BGB/DKD yönünde bir kuşak şeklinde devam etmektedir.

İnceleme alanındaki serpantinitleri, taze yüzeylerinde tipik yeşil renkli, yağ parlaklığında gözlenirken, yüzeysel bozunmaya uğramış kesimlerde mat, siyahımsı ve sarımsı renklerde de gözlemek mümkündür. Genel olarak arazide masif bloklar olarak karşımıza çıkmalarına rağmen yer yer yapraklanmanın olduğu aşırı ezilmiş

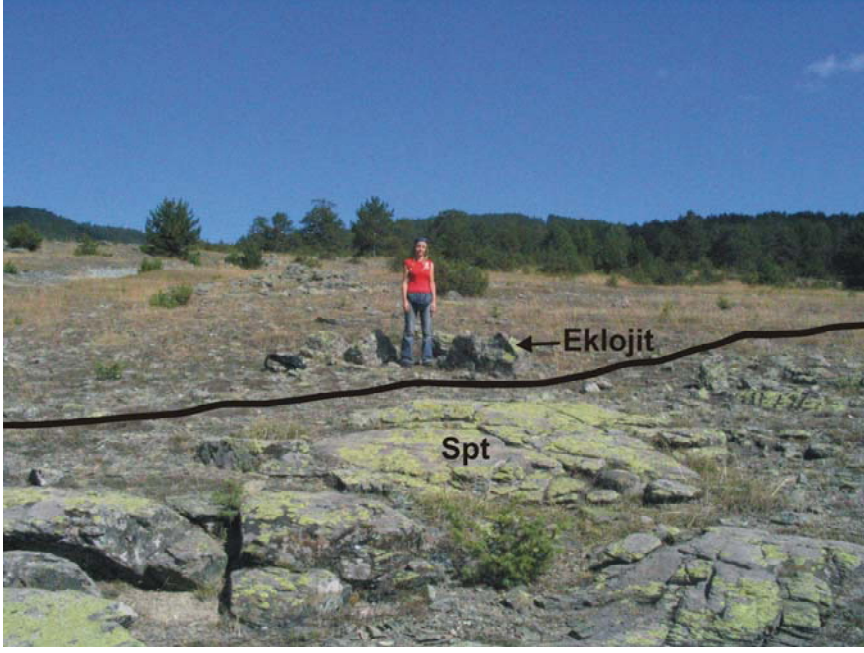
durumda serpantinitist olarak da bulunmaktadırlar (Şekil 2.4). Aşırı ezilmiş kısımlarda son derece ayrılmış olarak ve yeşil renkleriyle göze çarpmaktadır.

İnceleme alanının doğu ve güneydoğu kısmında foliasyon ölçümleri yapılabilen kayalara rastlanılmıştır. Domuzdağ Metamorfik Karmaşığında yakın kısımlarda yüzeylenen birimler arazi koşullarında Domuzdağ Karmaşığı'na ait metamorfik birimler olarak değerlendirilmiştir. Makroskobik olarak mineralleri belirgin olmayan bu kayalar üzerinde daha sonra yapılan incekesitleri incelendiğinde serpantinit oldukları ortaya çıkmıştır.

Bölgede yer alan serpantinit birimleri içerisinde eklojit blokları yayılım göstermektedir (Şekil 2.5). Elekdağ Ofiyoliti ile Domuzdağ Metamorfik Karışığı'nın sınır zonunda yer alan çalışma alanındaki bu eklojit bloklarının devamını arazide görmek mümkün olmamıştır. Yerlerini çalışma alanın kuzey ve kuzeybatısına doğru tamamen serpantinitlere bırakılmaktadırlar (Şekil 2.6).



Şekil 2.4: İnceleme alanının doğusunda yüzeylenen ezilmiş ve blok halindeki serpantinit örnekleri



Şekil 2.5: Bölgenin batısında yer alan serpantin birimleri içerisindeki eklojit blokları

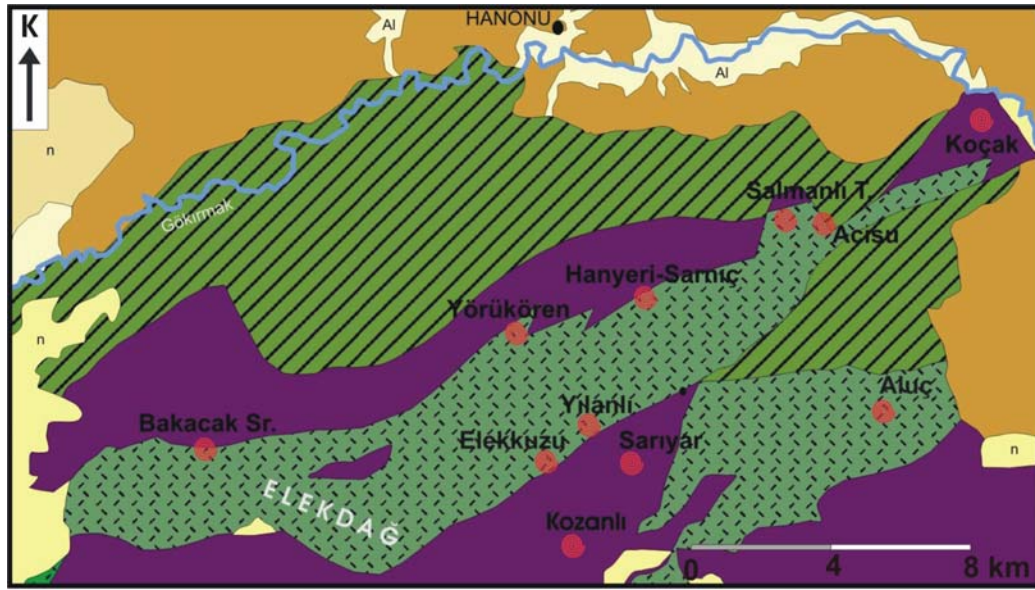


Şekil 2.6: Bölgenin kuzeybatısında yer alan serpantin bloklarından genel görünüm

2.1.2 Eklojitler

Elekdağ Ofiyoliti'nin diğer birimler ile sınır teşkil ettiği bölgelerde ve yer yer Elekdağ Ofiyoliti' ne ait serpantinitler içinde farklı boyutlarda blok ve mercekler şeklinde bulunan eklojitler yer almaktadır (Şekil 2.7).

Elekdağ bölgesinde araştırma yapan Eren (1979), Sütçü vd. (1994), Yılmaz ve Tüysüz (1984) ve Okay et al., (2006) eklojitlerin varlığını vurgulamışlardır.



AÇIKLAMALAR

| | | | |
|----|----------------------------|--|----------------------------------|
| Al | Alüvyon | | Domuzdağ Karmaşığı |
| n | Kıtasal Neojen sedimanları | | Domuzdağ Karmaşığı - Serpantinit |
| | Kretase-Eosen sedimanları | | Eklojit blokları |
| | Çangaldağ Karmaşığı | | |

Şekil 2.7: Okay ve diğ., 2006'dan sadeleştirilerek hazırlanmış jeoloji haritası üzerine işaretlenmiş eklojit lokasyonlarının dağılımı

Elekdağ bölgesinin geneline göre eklojitlerin en geniş yayılıma sahip olduğu bölge Aşağı Elekkuzu bölgesidir. Genellikle Domuzdağ Metamorfik Karmaşığına yakın kesimlerinde yayılımını arttıran eklojit bloklarının bölgenin genelinde devamlılıkları

takip edilememiştir. Serpantinitler içerisinde farklı boyutlarda bloklar ve merccekler şeklinde bulunmaktadırlar (Şekil 2.8. a ve b). Birkaç metreden birkaç yüz metreye kadar ulaşan boyutta eklojit blokları görmek mümkündür. Dayanımları nedeni ile arazide bu şekilde çıkıntılar ve bloklar olarak gözlenmektedirler. Arazide genel olarak koyu yeşil, kahverengi tonlarında gözlemlenmektedirler.



Şekil 2.8.a: Bölgenin kuzeyinde gözlenen eklojit blokları.

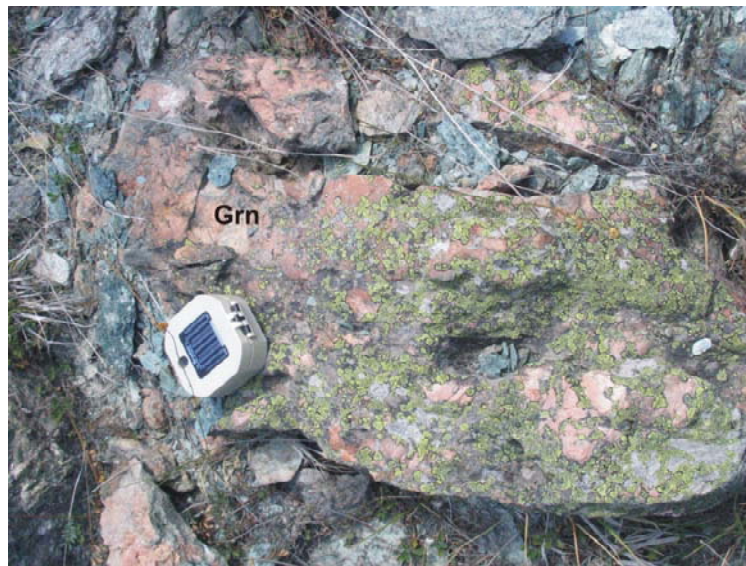


Şekil 2.8.b: Bölgenin kuzeybatısında yer alan eklojit bloklarının genel görünüm.



Şekil 2.9.a: Bölgenin kuzeybatısında yer alan iri granatlı eklojit bloğunun genel görünümü.

El örneklerinde granat mineralleri oldukça rahat ayırtedilebilmektedirler. Genel olarak kayacın dış kısımlarında belirgin olarak gözlenmelerine karşın bazı örneklerde iç kesimlere doğru tanınmaları güçleşmektedir. Granat mineralinin sahip olduğu dayanım oldukça yüksektir. Bu nedenle kayacın maruz kaldığı alterasyondan en az derecede etkilendiği düşünülmektedir. Granat minerallerinin iri ve fazla olduğu bloklarda kayaç pembemsi bir renk almaktadır (Şekil 2.9. a ve b).



Şekil 2.9.b: Bölgenin kuzeybatısında yer alan iri granatlı eklojit bloğu.

Masif bir görünümde olan eklojitler oldukça sert yapıları ve yüksek yoğunlukları ile dikkati çekmektedirler. Kayaca yeşil rengini veren bileşenin klorit mineralleri olduğu tespit edilmiştir. İç kesimlerinde omfazit minerallerine de rastlanılmıştır. Eklojitlerin dikkat çeken bir diğer özelliği ise heterojen bir görünümde olmalarıdır. Granoblastik doku gösteren eklojit blokları olduğu gibi özşekilsiz, iri taneli granatların diğer bileşenlere göre daha fazla bulunduğu bloklara da rastlamak olasıdır. Gerileyen metamorfizmaya uğramış, ilksel omfazit ve granat birlikteliğine ek olarak klorit, muskovit ve epidot mineralleri gelişmiştir.

Elekdağ bölgesinde eklojitlerin en geniş yayılıma sahip olduğu yer Aşağı Elekkuzu bölgesidir. Bölgedeki eklojitlerin, ofiyolitik birimler içerisindeki dağılımlarının belirlenerek jeolojik yoruma ulaşabilmek amacı ile 1/2.500 ölçekli detay harita hazırlanmıştır. Ancak yapılan haritalama sonucunda eklojitlerin serpantinitle içerisinde belli bir seviye şeklinde değil, gelişigüzel dağılıma sahip oldukları tespit edilmiştir.

3. MİNERALojİK – PETROGRAfİK İNCELEMELER

Arazi alışmaları sırasında Elekdağ Ofiyolitine ait birimlerden alınan yaklaşık 100 adet kayaç örneğinden 60 adet incekesit yaptırılmış ve örnekler alttan aydınlatmalı Leica marka binoküler polarizan mikroskopta incelenmiştir. İleri derecede serpantinleşmiş örneklerin mineralojisi ise X-ışınları difraksiyonu (XRD) yöntemiyle belirlenmeye çalışılmıştır.

3.1. Elekdağ Ofiyoliti

3.1.1. Serpantinit

Kayacın serpantinit olarak isimlendirilebilmesi için hacim olarak en az %70'inin serpantin minerallerinden oluşması gerekmektedir. Serpantinitler krizotil, lizardit ve antigorit olmak üzere üç ana serpantin mineralinden meydana gelir. Bu üç minerali mikroskobik olarak ayırtedebilmek tam olarak mümkün değildir.

Serpantin mineralleri, Mg-silikatların özellikle olivin ve piroksen minerallerinin metasomatizması sonucu oluşurlar. Serpantinite dönüşüm birincil magmatik minerallerin hidrasyonu şeklinde gelişir. Piroksen minerallerinin serpantinleşmiş haline bastit adı verilir. Bastit oluşumu sonucunda ilksel piroksen mineraline ait yapısal kalıntılar ve izler gözlemlenebilmektedir.

Dokusal olarak ele alındıklarında serpantinitlerde iki doku türü tanımlamak mümkündür (O'Hanley, 1996).

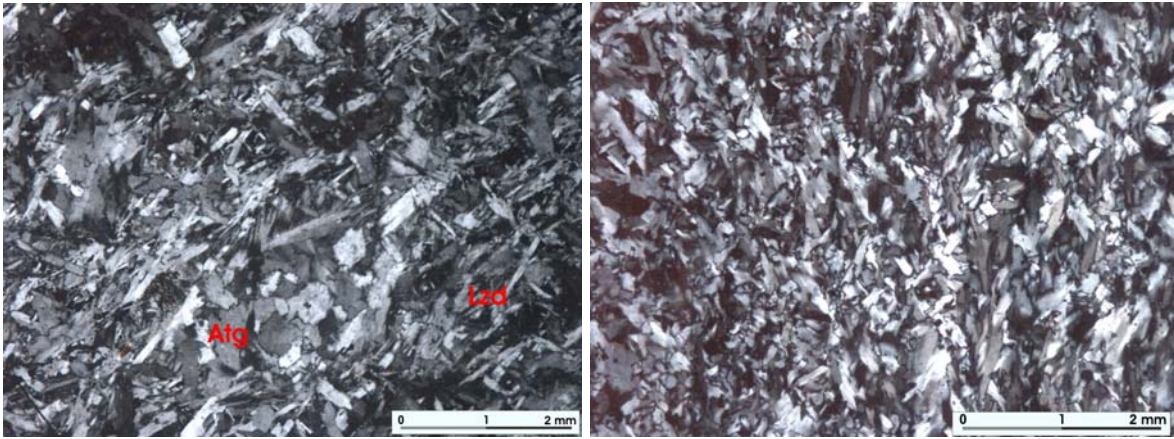
- 1- Psödomorfik doku
- 2- Psödomorfik olmayan doku
 - a-Girik (Interpenetrating)
 - b-Kenetli (Interlocking)

Psödomorfik doku, serpantinleşme öncesi dokunun kısmen korunduğu ultramafik evreye ait minerallerin kalıntı mineral olarak gözleendiği bir doku türüdür. Piroksenlerden itibaren bastit oluşumu ve lizarditlerce sarılması, olivin

minerallerinin serpantinitle sarılmasıyla gelişen elek dokusu bu dokunun tipik özellikleri arasındadır.

Psödomorfik olmayan dokuyu iki alt başlığa ayırmak mümkündür. Bunlardan psödomorfik olmayan girik doku genellikle uzamış antigorit minerallerinden oluşmaktadır. Psödomorfik olmayan kenetli doku ise yaklaşık eşit tane boyutundaki farklı serpantin minerallerinin (krizotil-antigorit-lizardit) birbirlerine kenetlenmesi ile oluşan bir doku türüdür.

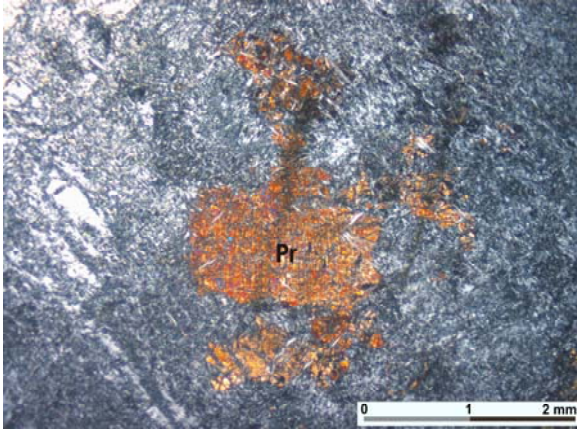
Çalışma alanı içerisinde gözlenen serpantinlerin çoğunda ileri derecede bir serpantinleşme gözlemlenmiştir. Esas olarak antigorit ve krizotil minerallerine bir dönüşüm söz konusudur. Herhangi bir kalıntı mineralin bulunmadığı bu örnekler tali olarak opak mineral içermektedir. Psödomorfik olmayan girik dokulu bu örneklerde ağırlıklı olarak antigorit mineraline rastlanılmıştır. Psödomorfik olmayan kenetli doku gösteren örneklerde ise antigorit, krizotil, lizardit mineralleri bulunmaktadır ve bu mineraller birbirleri içine geçmiş durumdadırlar (Şekil 3.1).



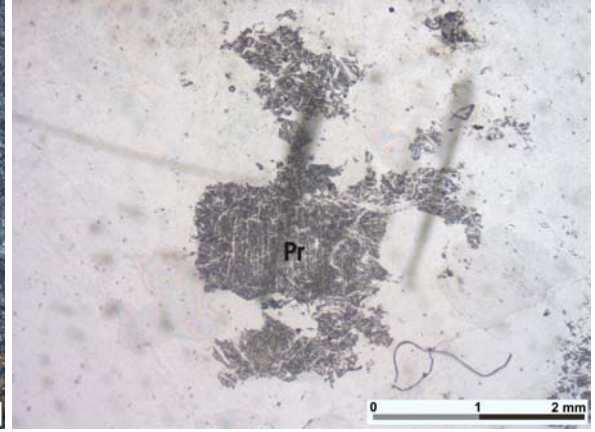
Şekil 3.1: Psödomorfik olmayan doku gösteren serpantin örnekleri (Ö.N: T-17, T-22)

Yaygın olmamakla beraber orta derecede serpantinleşme gösteren örnekler de mevcuttur. Bu örnekler de antigorit ve krizotilin yanı sıra bastit ve tali olarak da talk, kalsit ve opak mineral içermektedirler (Şekil 3.2). Psödomorfik dokulu bu örnekler inceleme alanı içerisinde geniş bir yayılıma sahip değildir.

a



b



Şekil 3.2: Psödomorfik dokulu, kalıntı piroksen minerali içeren serpantinit örneklerinin mikroskobik görünümü (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: G-11).

İnce kesitlerde gözlenen mineral birliktelikleri:

Antigorit + Lizardit / Krizotil ± Opak mineraller

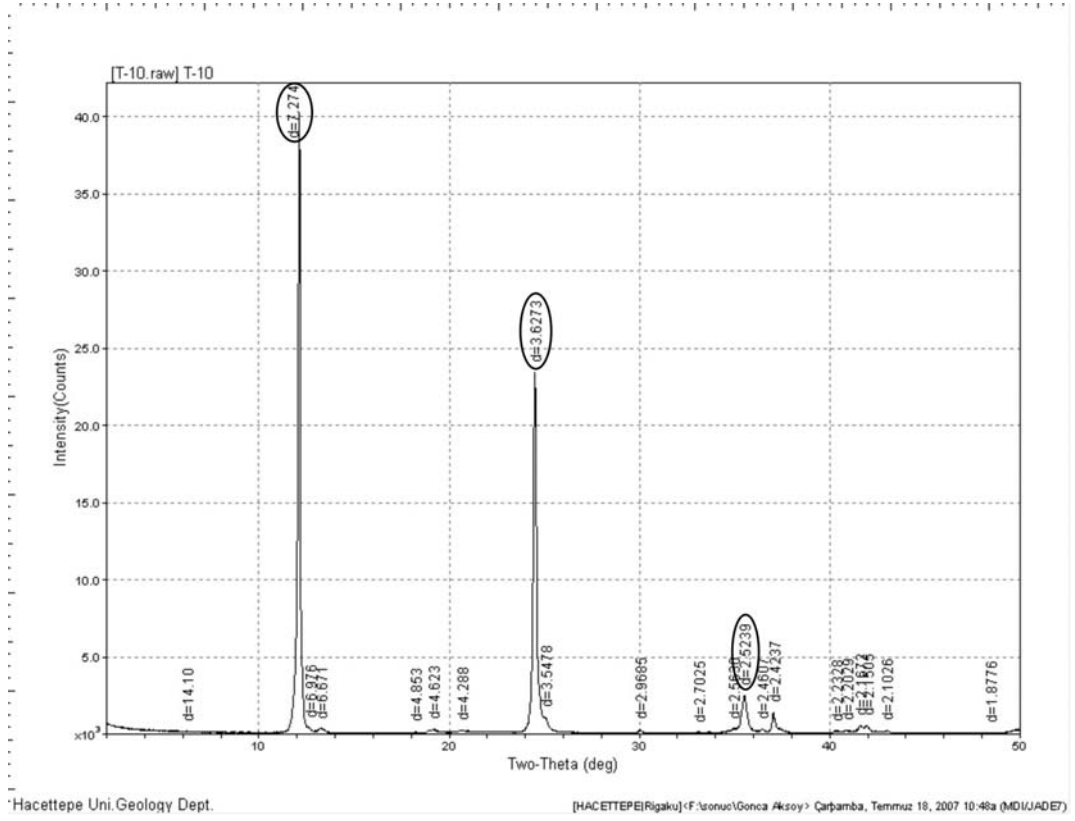
Lizardit / Krizotil + Antigorit + Kalıntı Cprx + Opak mineraller

Krizotil + Antigorit + Kalıntı Prx ± Kalsit ± Opak mineraller

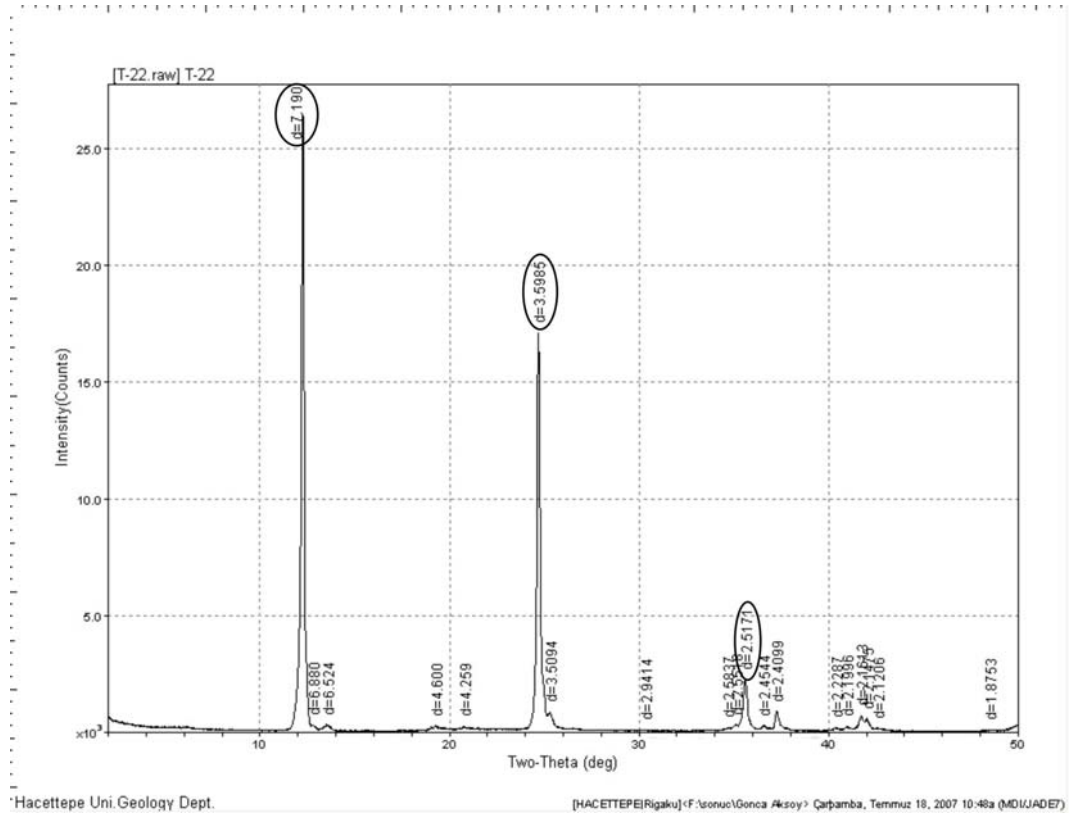
Krizotil + Antigorit + Talk + Klorit ± Opak mineraller

Serpantin grubu minerallerinden antigorit ve lizardit/krizotil ayrımını optik özelliklerine bakılarak yapmak mümkün değildir. Her ikisi de optik özellikleri açısından tek nikolde renksiz ve ikinci nikolde birinci dizi girişim renklerine sahiptirler. Ancak antigoritler krizotillerden daha büyük tane boyunda ve levhamsı şekillerde bulunurken krizotiller tam aksine ince taneli ve iğnemsî şekillerde bulunurlar. Bu şekillere bakılarak optik ayırma gidilmeye çalışılmış ve bu veriler XRD çalışmaları ile desteklenmiştir. Bölgede yer alan en yaygın serpantin grubu XRD verileri sonucu antigorit olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.3).

a



b

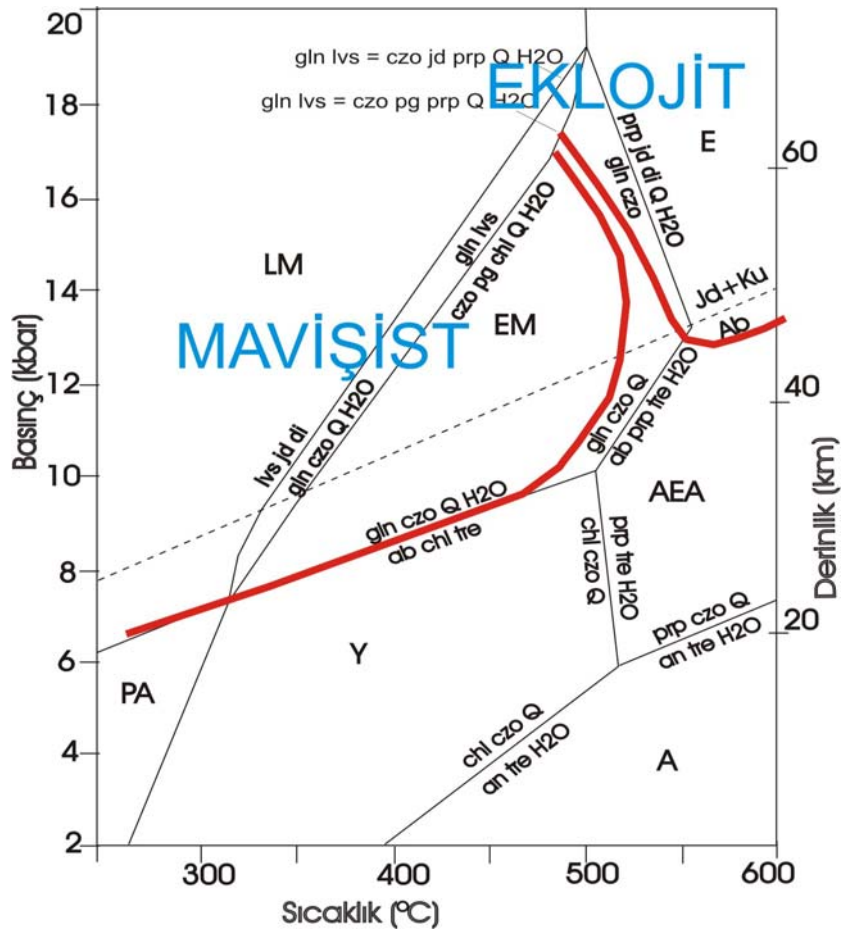


Şekil 3.3: XRD analizi yapılan serpantin grubu minerallerinden Antigorit mineraline ait sonuçlar (a-b).

3.1.2. Eklojitler

Eklojit, gabroyik-bazaltik bileşimde olan, ana bileşen olarak klinopiroksen ve kırmızı-kahve renklerinde granat içeren kayalar olarak tanımlanabileceği gibi, yüksek basınç ve geniş sıcaklık aralığındaki bir metamorfik fasiyes olarak da tanımlanır.

Eklojitler genel olarak değerlendirildiklerinde, yaklaşık olarak 9 kbar'dan yüksek basınçta ve 600 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşan kayalardır (Şekil 3.4, Evans, 1990). Yüksek yoğunlukları, plajiyoklaz minerali içermemeleri ve ana bileşen olarak omfazit ve granat mineraleri içermeleri yüksek basınçta oluştuklarını göstermektedir.



Şekil 3.4: Eklojitlerin sıcaklık/basınç diyagramındaki yerleri (Evans., 1990'dan uyarlanmıştır).

Eklojitler üç grup altında sınıflandırılmaktadır (Erkan, 2006):

1. A grubu eklojitler: ana bileşen olarak omfazit ve granat minerali ile birlikte disten içermektedirler. Ayrıca az miktarda kuvars, tali mineral olarak da rutile rastlamak mümkündür. (Yüksek sıcaklık eklojitleri)
2. B grubu eklojitler: omfazit ve granatın yanı sıra hornblend ve/veya zoizit minerali içerirler. Hornblendler Na ve Al bakımından zengin barroyizit bileşimindedir. (Orta sıcaklık eklojitleri)
3. C grubu eklojitler: omfazit ve granat minerali ile birlikte glokofan ve epidot minerali de içeren eklojitlerdir (düşük sıcaklık eklojitleri).

Yüksek basınç / düşük sıcaklık koşullarında metamorfizmaya uğramış mafik ve ultramafik kayalardan türeyen bölge eklojitlerinde aşağıda belirtilen mineral parajenezlerini görülmektedir:

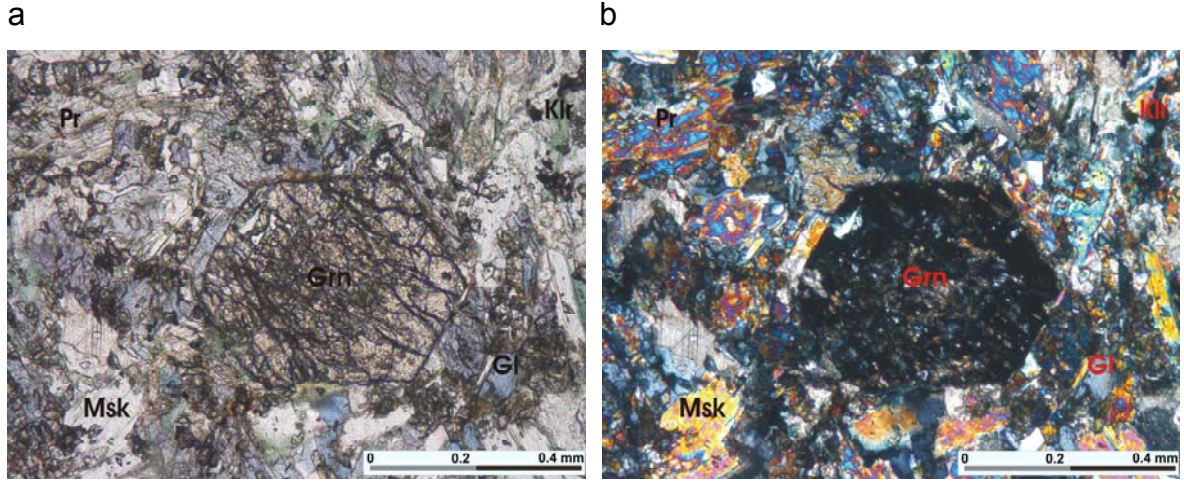
Granat + omfazit + klorit ± rutil

Granat + omfazit + klorit + epidot (zoi) ± titanit ± rutil

Granat + omfazit + epidot + klorit + muskovit

Granat + omfazit + Na-amfibol (gl) + klorit + muskovit.

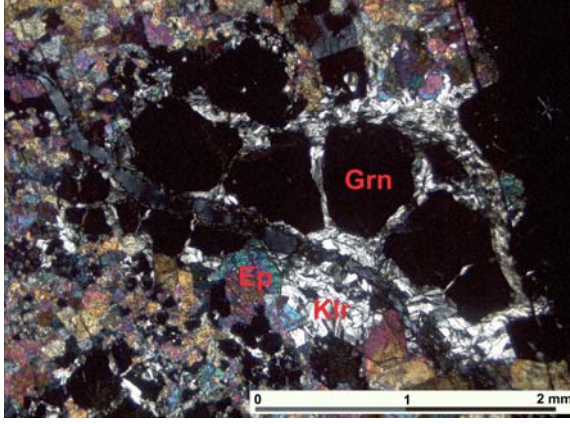
Çalışma bölgesindeki eklojitler, genel olarak granoblastik doku sergilemektedirler. Ana bileşen olarak granat ve omfazit minerallerini içermektedirler (Şekil 3.5). Retrograd metamorfizma ürünü olarak değerlendirilen epidot ve kloritten oluşan ince taneli malzemenin, omfazitik piroksenin tamamen duraylı kalamaması sonucu oluştuğu düşünülmüştür. Duraylı kalabilen omfazitik piroksen ve belirtilen retrograd ürünler yer yer granatlar arasındaki yeşil matriksi oluşturmaktadır.



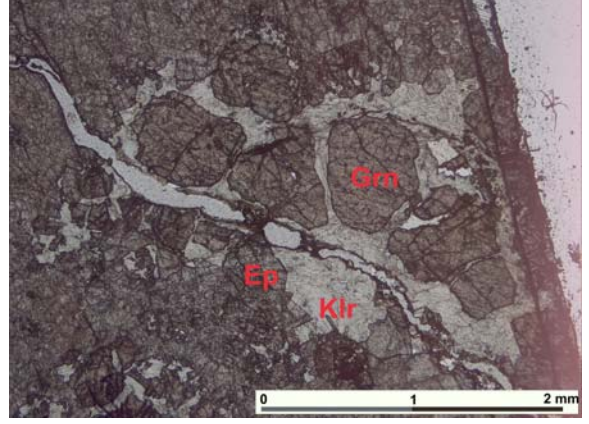
Şekil 3.5: Eklojitlerde gözlenen piroksen, muskovit, granat, klorit ve glokofan minerallerinin mikroskobik görünümü (a: Tek Nikol, b: Çift Nikol, Ö.N: G-14).

Mikroskobik incelemelerde granatların birbirlerinden çok farklı özellik gösterdikleri tespit edilmiştir. Kayaç içerisinde en bol bulunan granat mineralleri özşekilli iri taneler halinde olabildikleri gibi aşırı derecede parçalanmış küçük taneler halinde de gözlenmektedirler. Ancak çoğu tane, özşekilli ve kenarlarından itibaren yuvarlanmış durumdadırlar (Şekil 3.6). Boyutları genellikle 2-4 mm arasında değişen granatlar, tek nikelde pembe ve krem renginde gözlenmekte ve yüksek optik engebeleri ile rahatlıkla ayırt edilebilmektedirler. Bol çatlaklı granatlarda, çatlakları klorit mineralleri doldurmuştur. Klorit minerali ayrıca granatların etrafını sarmış ve/veya kapanım halinde kesitte yer almıştır. Bu da bölgede retrograd metamorfizmanın etkili olduğunu işaret etmektedir. Granatlar içerisinde çeşitli boyutta omfazit, epidot, muskovit ve rutil mineralleri, kapanımlar halinde yer almaktadır. Kapanımlar genellikle mineralin merkez kısımlarında yoğunlaşırken, mineralin kenarlarına doğru kapanımsız bir kenar zonu tespit edilmiştir. Bu durum granatlarda birden çok evrede kristalleşmenin geliştiği şeklinde yorumlanabilir. Farklı türlerde ve boyutlarda karşımıza çıkan bu kapanımlar kayacın yapısal gelişimi açısından oldukça önem taşımaktadırlar.

a



b

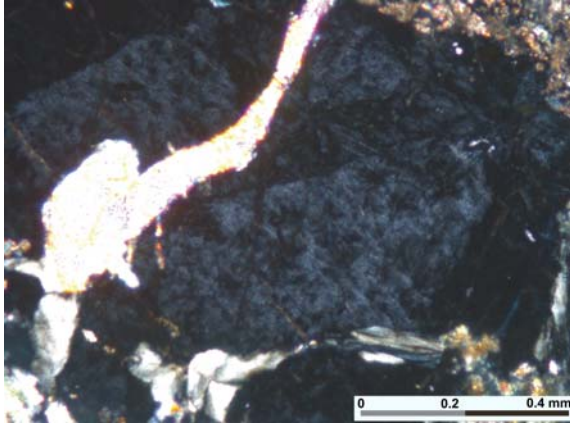


Şekil 3.6: Eklojitlere ait kenarlarından itibaren yuvarlanmış granat örnekleri, epidot ve klorit mineralleri (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-13).

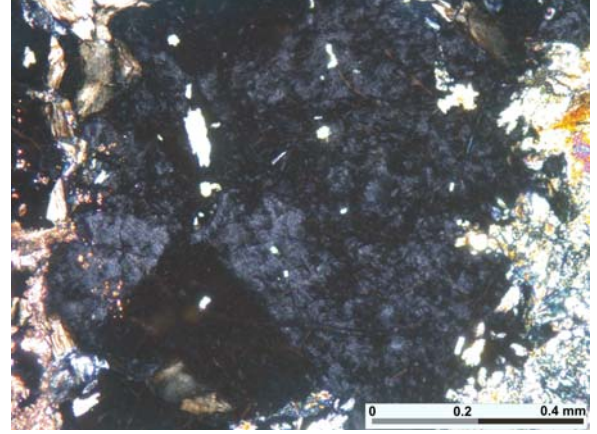
Granatlar, optik olarak izotrop bir mineral olmasına rağmen; çalışma alanında bulunan bazı granatlarda anizotropi özelliğinin bulunması dikkati çekmektedir. Çift nikolde tamamen sönme konumunda olması gerekirken, granatlarda gelişigüzel ya da sektör ikizi şeklinde anizotrop bir özellik tespit edilmiştir (Şekil 3.7). Literatürde de buna benzer anizotrop granat oluşumlarından bahsedilmektedir. Genç (1993), yaptığı çalışmada bu tür tanelerin genellikle spessartin-grossular-almandin granat olduklarını ve pirop içeriklerinin az olduğunu belirtmektedir. Bu minerallerde anizotropi özelliği ya zonal yapıda ya da sektör ikizi şeklinde gelişim göstermektedir. Araştırmacı granatlardaki anizotropiyi aşağıdaki nedenlere bağlamaktadır.

- 1) Granat yapısında yerleşen kalıcı deformasyon etkileri,
- 2) Kübik simetriyi azaltacak şekilde oktahedral katyon (Fe^{+3} , Al) değişimi,
- 3) Kristalin büyümesi sırasında, çeşitli derecelerde katyon-anyon değişimi ve düzenli düzensiz büyüme sektörlerinin oluşması.

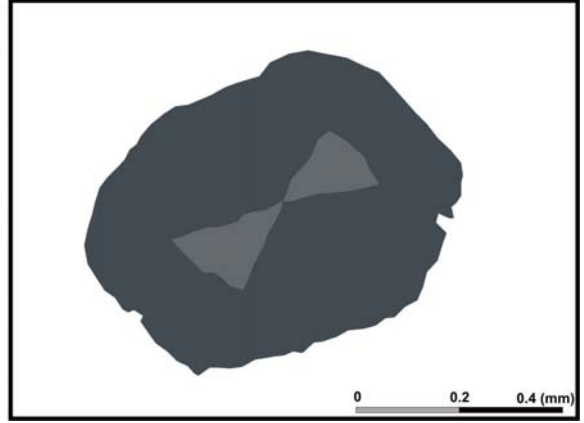
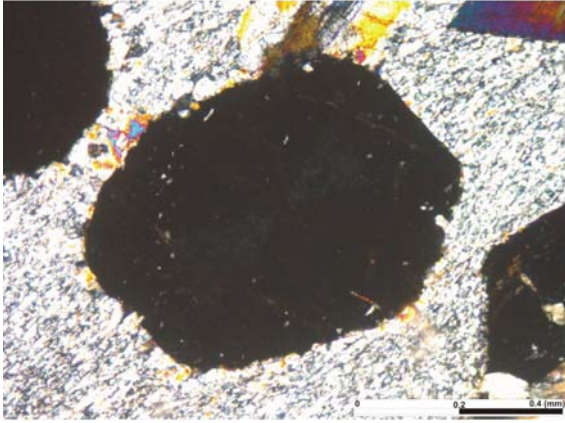
a



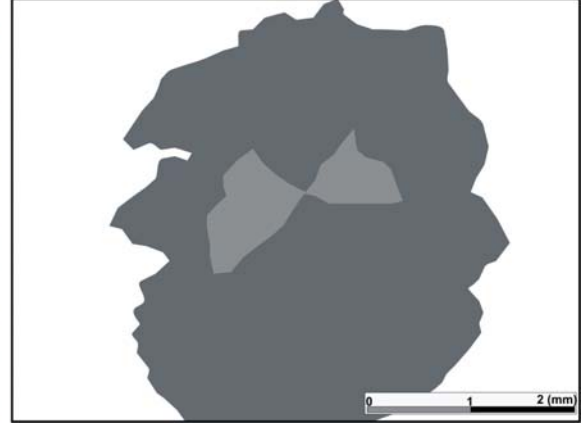
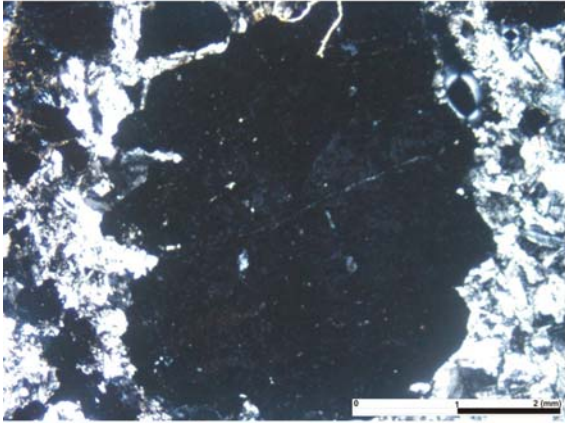
b



c



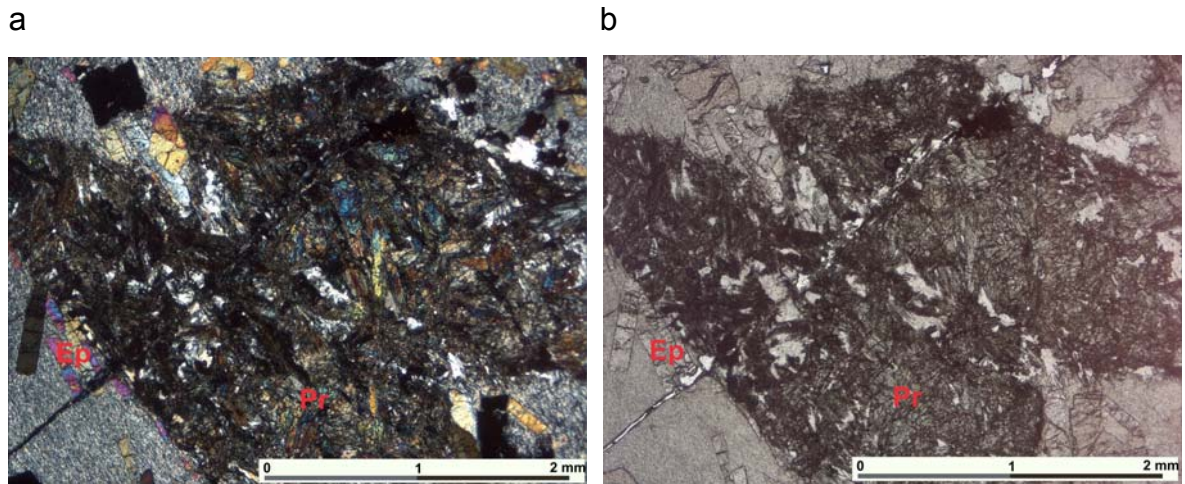
d



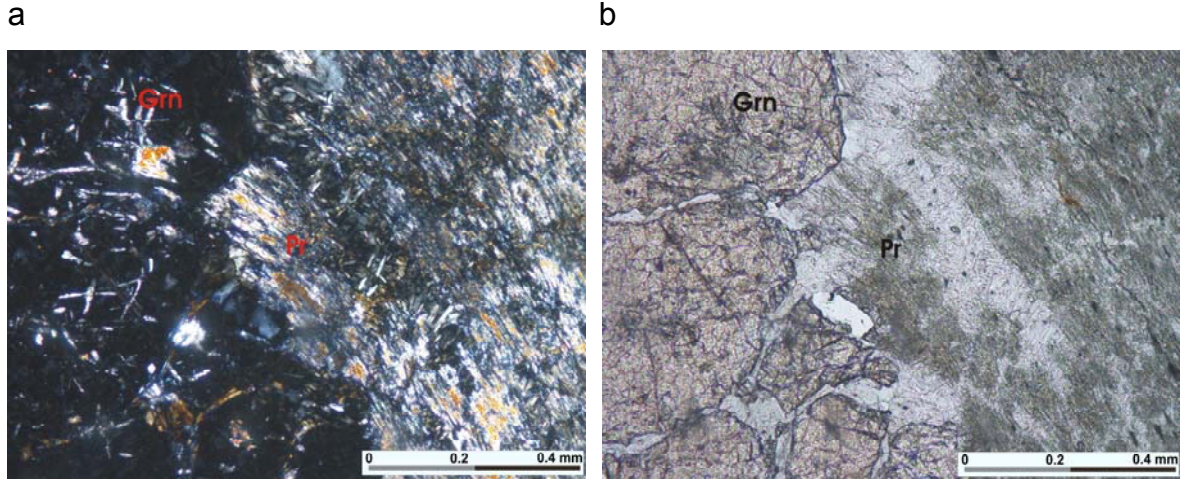
Şekil 3.7: Anizotropi gösteren granat örnekleri (a-b) ve sektör ikizi gösteren granat örnekleri (c-d) (Ö.N: T-23, G-10) .

Bölgedeki anizotrop granatlar için, değişen basınç-sıcaklık koşulları farklı derecelerde katyon-anyon değişimine ya da düzenlenmesine neden olmakta ve bileşimsel farklılıklar ikizlenme şeklinde kendini gösteren anizotropiye yol açtığı düşünülmektedir.

Eklojitlerde gözlemlenen bir diğer önemli bileşen ise piroksendir (Şekil 3.8). Omfazit, önemli miktarda jadeyit, diyopsit ve hedenberjit içeren bir klinopiroksen türüdür. Tek nikolde yeşil ve hafif bir pleokroyizma sunan piroksenler, özşekilsiz taneler halinde bulunurlar. İyi gelişmiş dilinimlere sahiptirler ve tek yönlü dilinimine göre yaklaşık 32 – 40 derece ile eğik sönme göstermektedirler. Canlı girişim renklerinin izlendiği piroksenler, çift optik eksenli ve optik işaretleri pozitifdir. Canlı girişim renkleri, kuvvetli çift kırılmaları, çift optik eksenli ve optik işaretlerinin pozitif olması, bu minerallerin omfazit olarak tanımlanmasına yardımcı olmuştur. Ayrıca granat mineralleri ile birlikte bulunmaları da bu görüşü desteklemektedir. Kayaçta genel olarak retrograd metamorfizmanın bir sonucu olarak duraylı kalamayan piroksenler çoğunlukla ayrışım ve dönüşümlere uğramışlardır. Granatlar içerisinde kapanım halinde çubuksu piroksenlere rastlamakta mümkündür. Omfazitlerin kenarlarından itibaren genellikle amfibol grubu minerallere dönüştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 3.9). Çoğu omfazit minerali klorit tarafından ornatılmış olduğundan ya da ince taneler agregata dönüştüğü için tanınamamaktadırlar. Bu veriler bizi gerileyen metamorfizmaya götürmektedir.



Şekil 3.8: Eklojitlerde klinopiroksen mineralinin mikroskobik görünümü (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-21).



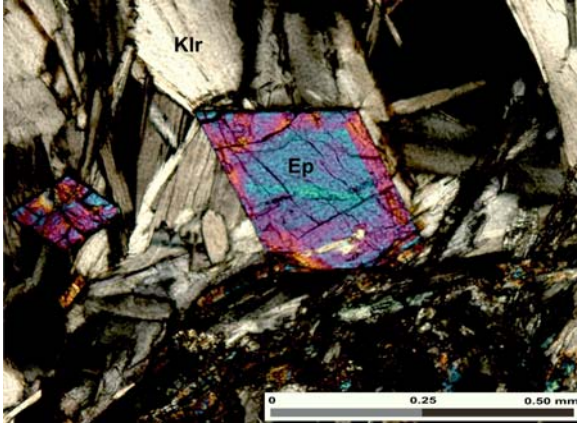
Şekil 3.9: Eklojitlerde uralitleşmiş ve kloritleşmiş klinopiroksen ve granat minerallerinin detay görünümü (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-11).

Eklojitler için önemli olan bir diğer mineral ise klorittir. Granatların etrafını ve çatlaklarını saran kloritler genellikle belirgin yeşil renkteyken matriksi oluşturan ya da kayacın çeşitli bölgelerinde kümelenmeler oluşturan kloritler ise renksiz ya da soluk yeşil bir renklidir. Kayaçta gerileyen metamorfizmanın ürünü olarak değerlendirilmişlerdir.

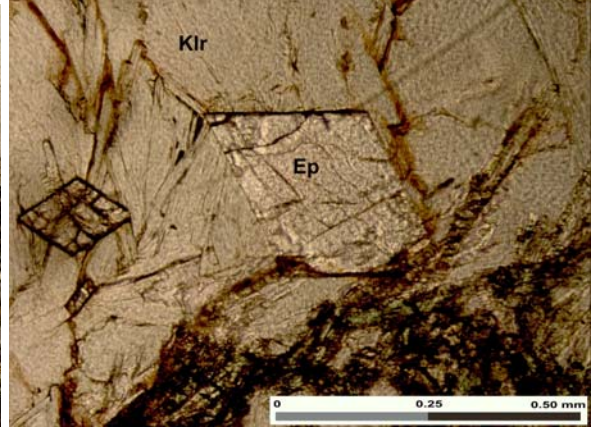
Epidot minerali, eklojitler içinde gözlenen bir diğer bileşendir. Tek nikelde sarı – krem renkte bazen de renksiz olarak gözlenmişlerdir. Genellikle kare ve dikdörtgen biçimli özşekilli kristaller halinde bulunmaktadırlar (Şekil 3.10). Ancak bazı kesitlerde küçük yığılma kristalleri halinde de gözlemek mümkündür. İyi gelişmiş dilinimlere sahiptirler ve dilinimine göre genellikle çok küçük açı ile eğik sönme gösterirler.

Epidot – pistazit türü olarak belirlenen epidot grubu mineralleri, çift nikelde canlı girişim rengindedirler. Zoizit – klinozoizit türü olarak belirlenen epidot grubu minerallerinde ise mavi tonlarında girişim renkleri tespit edilmiştir. Matriks içerisinde oldukça iri tanelerden oluşan bir görünüme sahiptirler. Epidotu, granatlar içerisinde kapanım halinde ve piroksenlerden itibaren gelişen bir mineral olarak görmekte mümkündür. Hemen hemen tüm örneklerde oldukça bol bulunmakta ve kayaç içerisinde iri kristaller halinde gözlemlenmektedirler (Şekil 3.11).

a

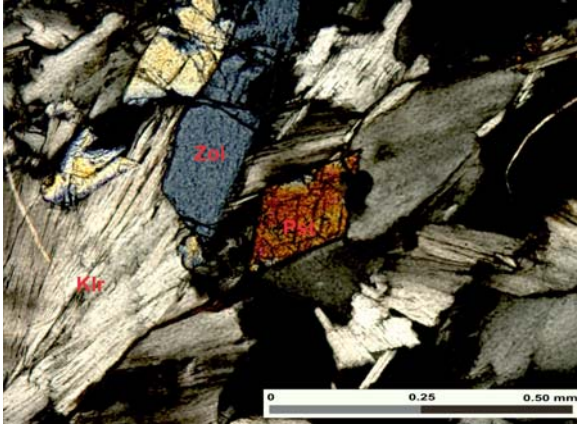


b

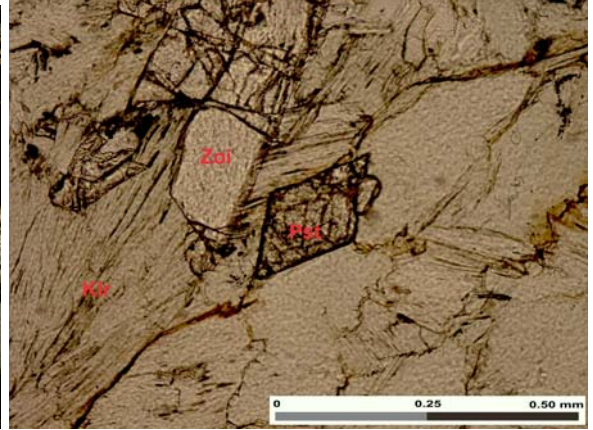


Şekil 3.10: Eklojitlerde özşekilli epidotlar ve klorit minerali (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-8)

a



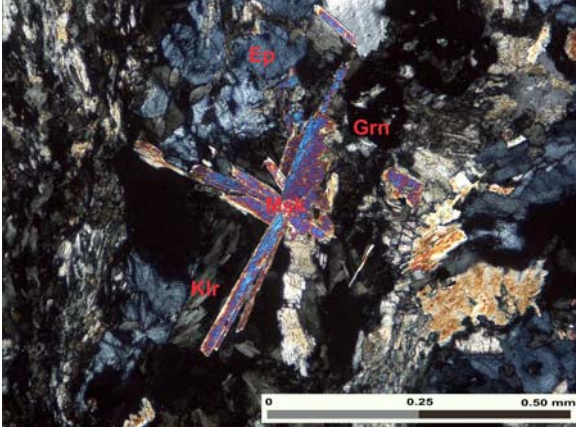
b



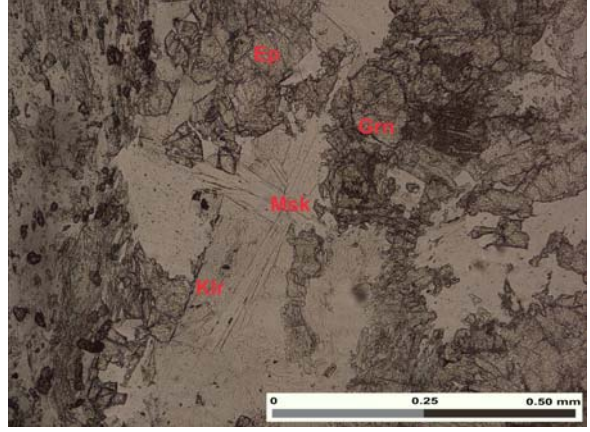
Şekil 3.11: Eklojitlerde pistazit ve zoizit minerallerinin mikroskobik görünümü (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-8).

Kloritler gibi gerileyen metamorfizma ürünü olarak yer alan bir diğer mineral ise beyaz mika (muskovit) mineralidir. Tek nikelde renksiz genellikle levhamsı mineraller halinde bulunmaktadır. Tek yönde iyi gelişmiş dilinime sahipler ve dilimine göre paralel pulsü sönme göstermeleri ile kolaylıkla ayırt edilebilmekteler. Canlı girişim rengindeler ve bazı kesitlerde oldukça bol bulunmaktalar (Şekil 3.12).

a



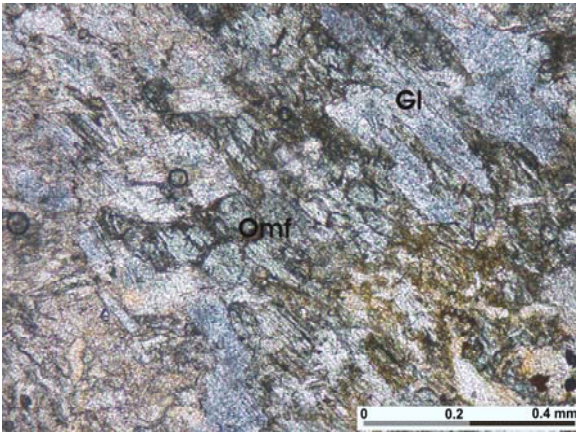
b



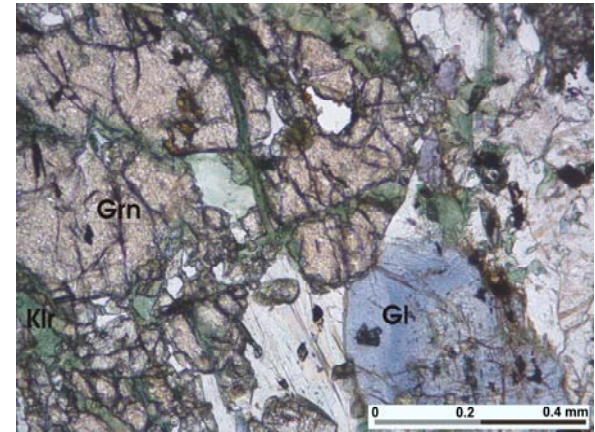
Şekil 3.12: Muskovit, epidot, granat ve klorit mineralleri (a: Çift Nikol, b: Tek Nikol, Ö.N: T-24).

Bölgede çok az örnekte tespit edilmiş olmasına rağmen eklojitler içerisinde Na-amfibol (glokofan) minerallerine de rastlanılmıştır. Tek nikelde belirgin mavi renkleri ve hafif pleokroizmaları ile rahatlıkla tanınabilirler. Kayaçta genellikle özşekilsiz – yarı özşekilli taneler halinde bulunurlar. Piroksen minerallerinden itibaren gelişmiş olabileceği düşünülen glokofan mineralleri belirgin bir dilinim gösterirler (Şekil 3.13). Dilinimler arası açıları yaklaşık 119 derece olarak tespit edilmiştir.

a

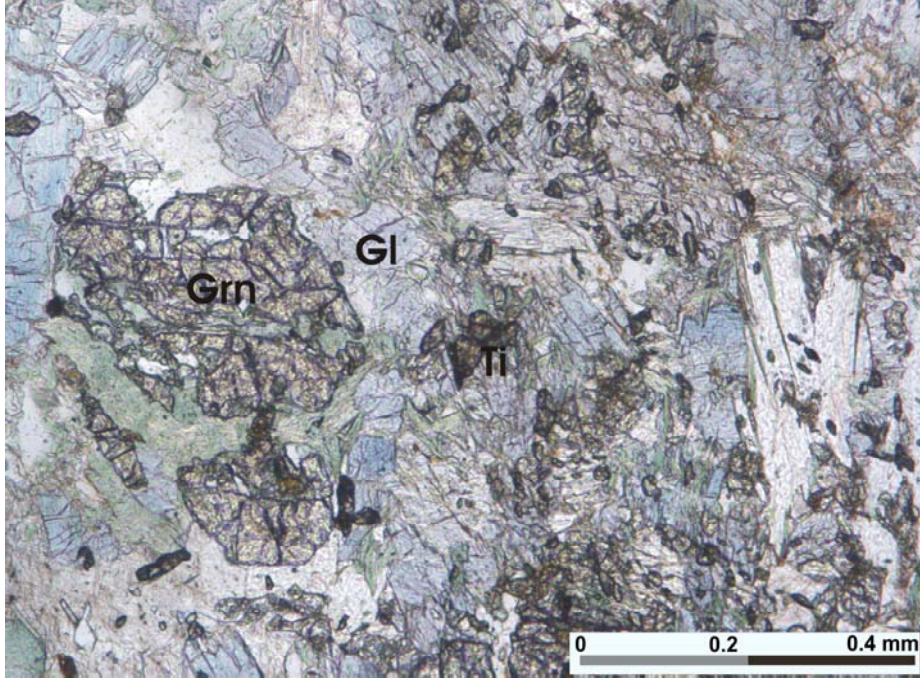


b



Şekil 3.13: Eklojitlerde omfazit ve glokofan minerallerinin mikroskopik görünümleri (a-b: Tek Nikol, Ö.N: T-19).

Kayaçta tali olarak kuvars, titanit ve rutil gözlemlenmiştir. Ayrıca kesitlerde oldukça fazla opak mineral belirlenmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Eklojitlerde tali olarak bulunan titanit ve granat, glokofan birlikteliği (Tek Nikol, Ö.N: T-19).

4. EKLOJİTLER

Eklojitler geçmişten günümüze pek çok araştırmacının çalışmalarına konu olmuştur. Birçok araştırmacı bu kayaları farklı şekilde sınıflamıştır (Eskola, 1921; Smulikowski, 1972; Coleman et al., 1965) (Carswell, 1990).

Tablo 4.1: Eklojitlerin oluşum, bileşim, denge sıcaklığı ve muhtemel kökene göre sınıflandırılması

| Eskola, 1921 | Coleman et al., 1965 | Smulikowski, 1972 | Carswell, 1990 | |
|--|--|---|-------------------------------|---|
| Bulunuş ortamlarına göre | Mineral bileşimine göre | Jeolojik oluşum ve kayaç/mineral bileşimine göre | Denge sıcaklığına göre | Muhtemel köken |
| Tip 1: Kimberlitler içerisinde ksenolitler Tip 2: Alpin tipi peridotitler içerisinde merccekler | Grup A: Granat pirop içeriği >%55, az yadeitik piroksen | Grup I (G): Peridotitlerle ilişkili eklojitler | Yüksek 900 °C sıcaklık | Üst manto |
| Tip 3: Migmatitik gnayslar içerisinde merccekler | Grup B: Granat pirop içeriği %30-55 | Grup III (C): Genel eklojitler | Orta 550 °C sıcaklık | Tektonik olarak kalınlaşmış kıtasal kabuk |
| Tip 4: Mavişistler içerisinde bloklar halinde | Grup C: Granat pirop içeriği <%30 ve daha fazla yadeitik piroksen | Grup II (O): Ofiyolitik eklojitler | Düşük sıcaklık | Dalan okyanusal kabuk malzemesi |

Ancak bu sınıflamalardan birbirlerine benzemeleri ve kullanışlı olması bakımından en önemli çalışmalar Smulikowski (1972) ve Coleman et al. (1965), tarafından gerçekleştirilmiştir. Sınıflamalarında mineralojik bileşim, toplam kimyasal bileşim ve jeodinamik oluşum ortamlarından faydalanan bu araştırmacılar üç ana eklojit grubu tanımlamışlardır.

Manto eklojitleri (Smulikowski, Grup I; Coleman, Grup A; Carswell, Yüksek Sıcaklık Eklojitleri): Ultrabazik kayalarla ilişkili eklojitleri, peridotit kütleleri ile birlikte, kimberlit bacalarında ksenolitler şeklinde bulunurlar ve magmatik kökeni temsil eden eklojit tabaka/katmanları ile ilişkilidirler ve kökenleri halen tartışmalıdır.

Ofiyolitik eklojitler (Smulikowski, Grup II; Coleman, Grup C; Carswell, Düşük Sıcaklık Eklojitleri): Glokofanlı kayalarla ilişkili, yüksek basınç koşullarında oluşmuş orojenik bölgelerde, levha tektoniği ile ilişkili ve dalma batma zonlarında, ofiyolitik istifeye ait kayaç grupları ile birlikte bulunan eklojitlerdir.

Gnayslar içindeki eklojitler (Smulikowski, Grup III; Coleman, Grup B; Carswell, Orta Sıcaklık Eklojitleri): Çok yüksek (ultra-high pressure, UHP) basınç bölgelerinde gözlenen eklojitlerdir ve oluşumları halen tartışmalı olan kökenleri belirlenememiş kayalardır.

Bölgede yer alan eklojitlerin mineralojik-petrografik özelliklerinden yararlanılarak türleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaca yönelik olarak granatlar üzerinde çeşitli analizler yapılmıştır.

İnceleme alanında yüzeylenen 3 adet eklojit örneğine ait granatların mineralojik-petrografik olarak göstermiş oldukları farklılıklar nedeni ile kayaktan ayrılarak üstten aydınlatmalı mikroskop yardımı ile incelenmiştir (Şekil 4.1, 4.2, 4.3). Ayrılan granatların türlerini saptayabilmek için çeşitli analizlere başvurulmuştur.

Granatların üzerinde özgül kütle deneyi, X-Işınları Difraksiyonu (XRD) ve mikroprop analizleri yapılmıştır. Bu üç analiz aynı üç granat örneği üzerinde denenerken verilerin birbirini desteklemesi ve bu verilerden granatların türlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

4.1. Eklojitlerde Granat Minerali

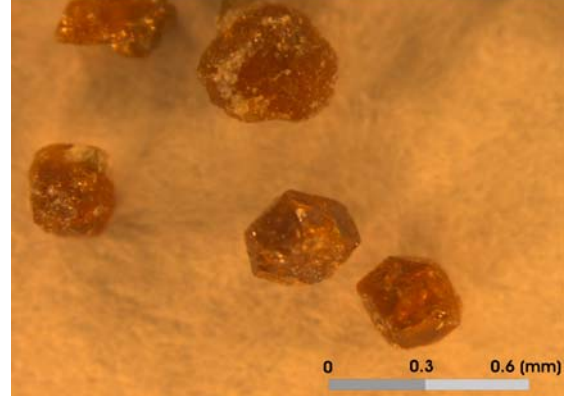
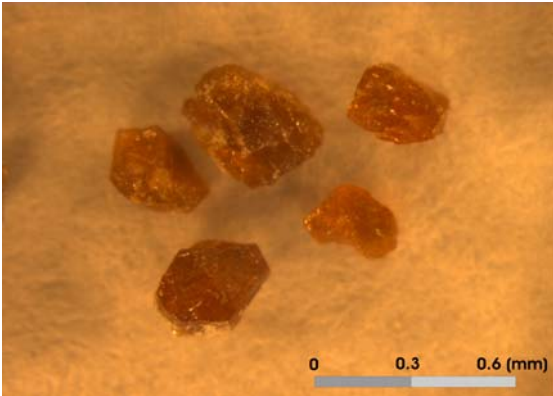
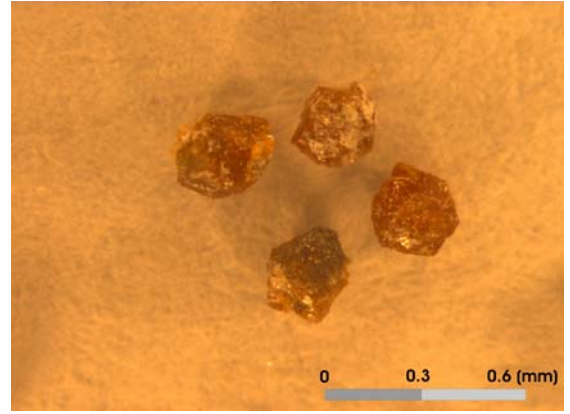
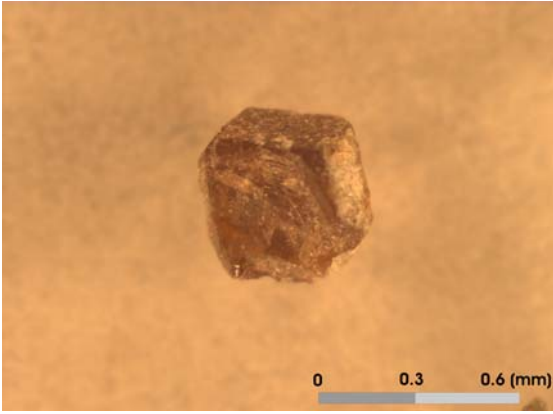
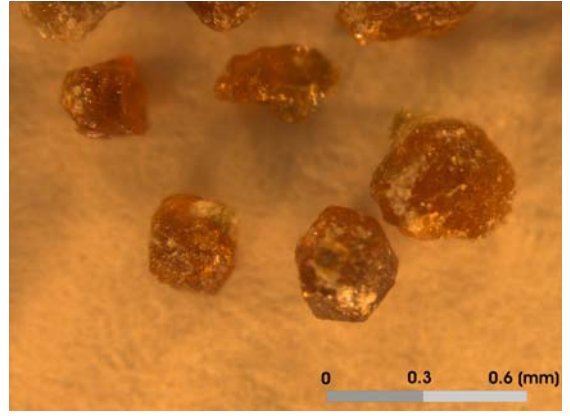
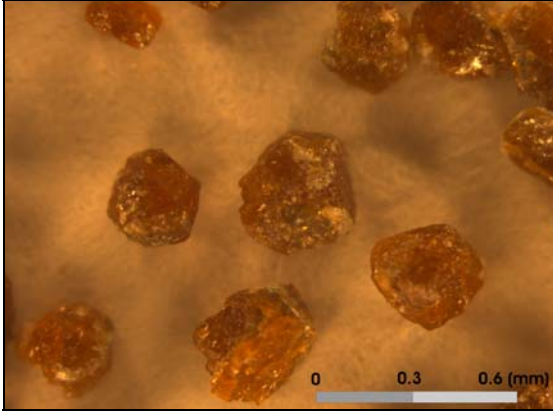
Granat grubu mineraller genel olarak metamorfik kayaların karakteristik minerali olmalarına rağmen; bazı magmatik kayalarda ve detritik sedimanlarda da gözlenebilmektedirler. Genel formülleri $A_3B_2(SiO_4)_3$ şeklindedir. A yerine kalsiyum, demir ve magnezyum gibi iki değerlikli metal iyonları gelirken, B yerine alüminyum, krom, demir ve /veya manganez gibi üç değerlikli metaller gelmektedir.

Başlıca granat türleri pirop, almandin, spessartin, grossular, andradit ve uvarovit olarak belirtilebilir. Ancak bu mineralleri saf kimyasal bileşimleri ile görmek oldukça zordur. Granat grubu mineraller başlıca pirsipit denilen pirop-almandin-spessartin ve grandit (ugrandit) denilen grossular-andradit-uvarovit karışım kristalleri halinde bulunurlar (Erkan, 2006).

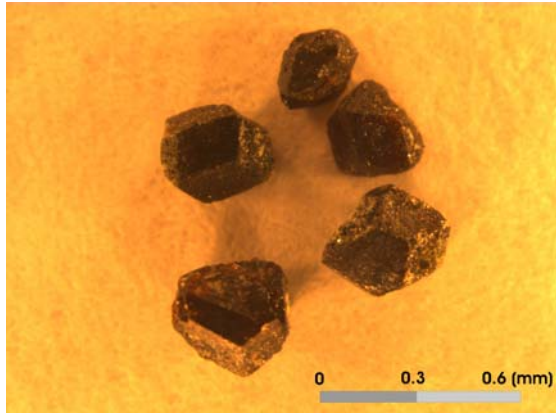
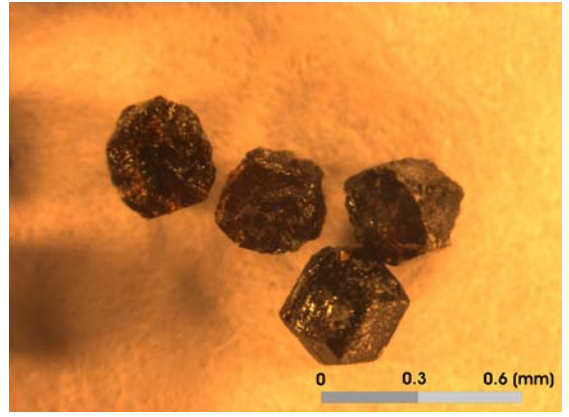
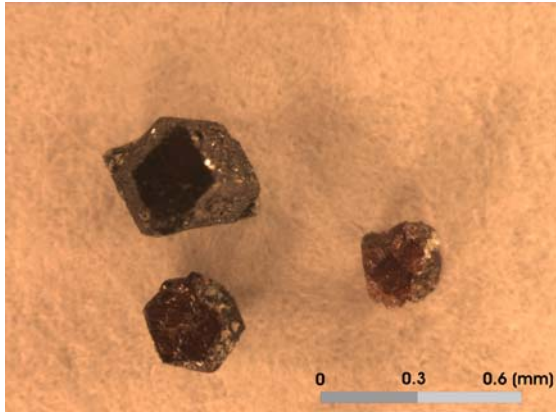
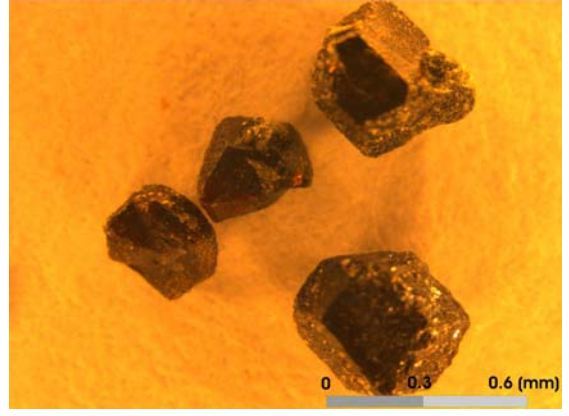
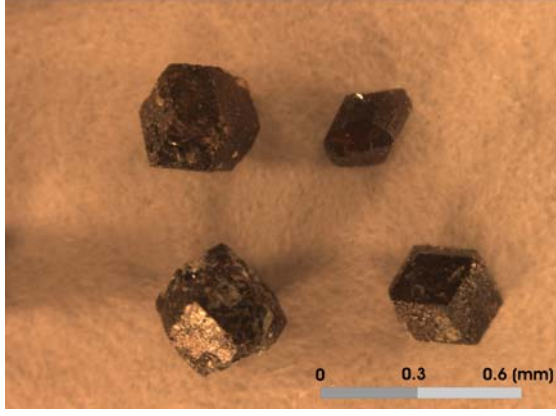
Genel olarak granat minerallerinin özellikleri şu şekildedir:

Tablo 4.2: Granat türleri ve özellikleri

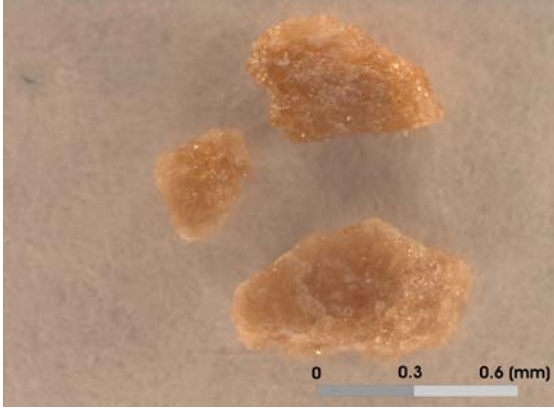
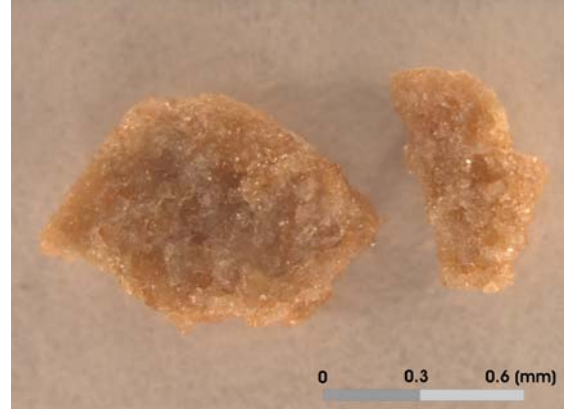
| Mineral Adı | Kimyasal Formülü | Özgül Ağırlığı g/cm ³ | Tipik Rengi |
|-------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Almandin | $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ | 4.3 | Kahve-kırmızı Kahverengi |
| Andradit | $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$ | 3.8 | Kahverengi Siyah Yeşil |
| Grossular | $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$ | 3.5 | Renksiz Turuncu Yeşil |
| Pirop | $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ | 3.6 | Siyahımsı- kırmızı Kırmızı |
| Spessartin | $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$ | 4.2 | Turuncu Pembe Kahverengi |
| Uvarovit | $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$ | 3.8 | Yeşil |



Şekil 4.1: T-4 nolu eklojit örneğine ait granat mineralleri



Şekil 4.2: T-23 nolu eklojit örneğine ait granat mineralleri

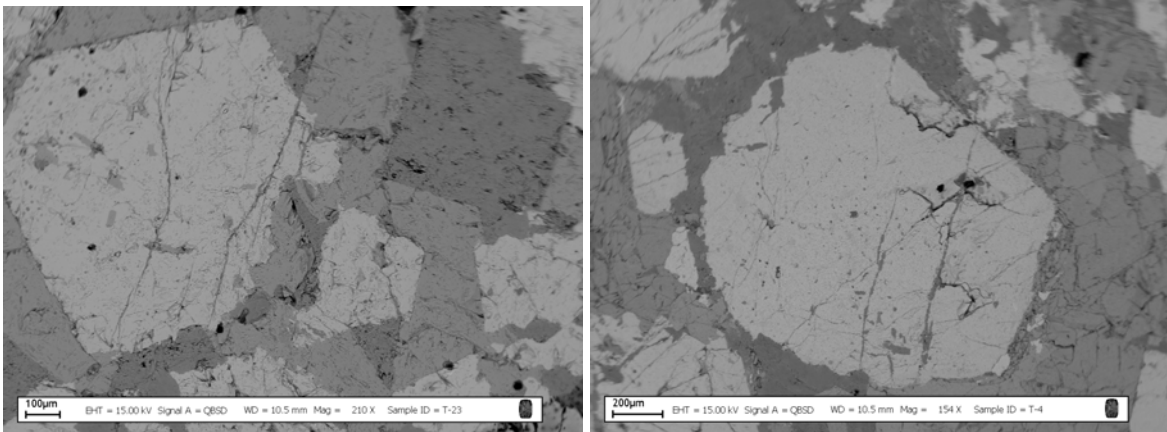


Şekil 4.3: T-28 nolu eklojit örneğine ait granat mineralleri

4.1.1 Mineral Kimyası

Eklojitlerin oluşum koşullarına ve petrolojik özelliklerine yaklaşımda bulunabilmek için granatlar üzerinde mineral kimyası çalışmaları yapılmıştır. Analizi gerçekleştirilen bazı örneklerin SEM görüntüleri alınmıştır (Şekil 4.4).

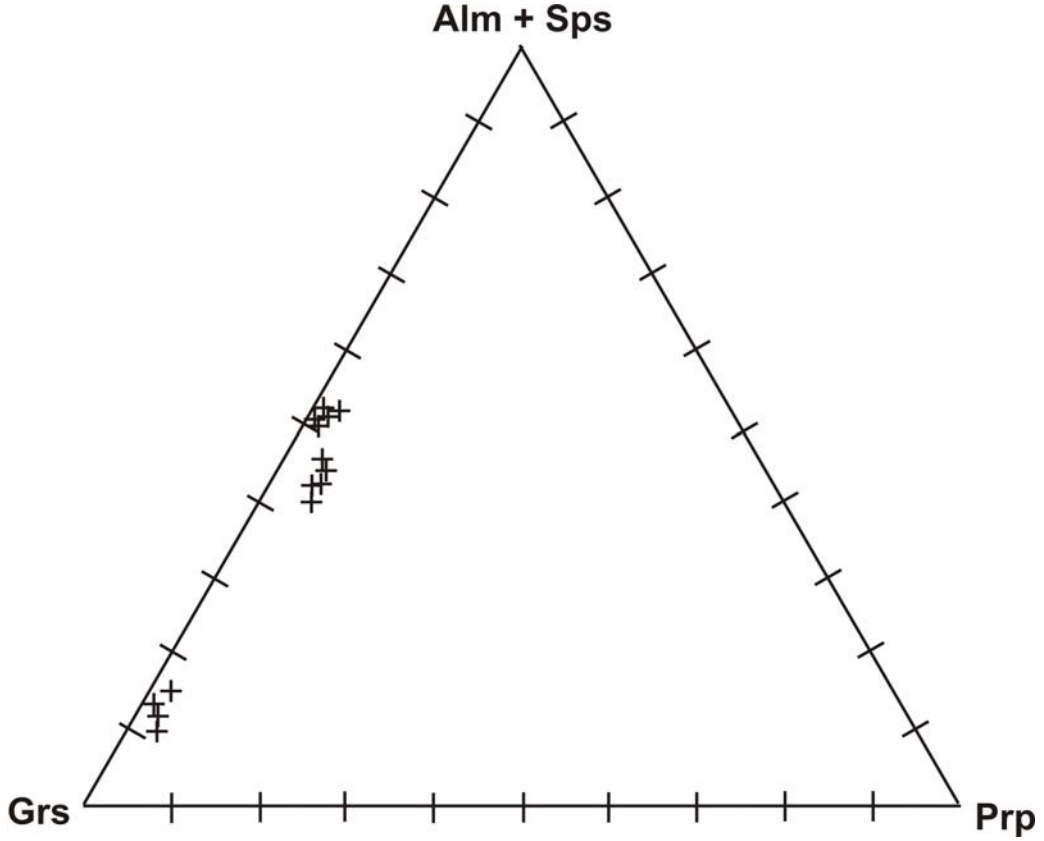
Bölgeden alınan T-4, T-23 ve T-28 numaralı kayaç örneklerindeki granatların analizleri genellikle merkez ve kenar kısımlarında gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.3). Ancak kenar ve merkez arasında belirgin değişiklikler ve zonlanmaya rastlanılmamıştır. Granatların bol miktarda çatlak ve piroksen, klorit, kuvars ve epidot kapanımları içermesi yapılan analizlerin sonuçlarını etkilediği düşünülmektedir. Katyon hesaplamalarında 24 oksitten baz alınarak yayınlanmamış Excel programı kullanılmıştır. Granat uç bileşenlerinin mol fraksiyonları hesaplanırken Tablo 4.3'deki; $X_{prp} = \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mn})$; $X_{alm} = \text{Fe}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mn})$; $X_{grs} = \text{Ca}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mn})$ ve $X_{sps} = \text{Mn}/(\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mn})$, değerleri kullanılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda granatların esas olarak grossular ve almandin bileşiminde oldukları, pirop ve spessartin içeriklerinin ihmal edilecek kadar düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre; granatların tipik olarak ofiyolitik topluluklarında bulunan ve Carswell, (1990)'nın önerdiği C tipi eklojitlerin bileşiminde yer alan granatlar olduğu söylenebilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.4: Eklojitlerde granat minerallerinin SEM görüntüleri

Tablo 4.3: Aşağı Elekkuzu eklojit örneklerindeki granat mineraline ait mineral kimyası analiz sonuçları

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Oksijen: | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Kasyon: | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| | T-4 | | T-4 | | T-4 | | T-23 | | T-23 | | T-28 | | T-28 | |
| % Ağırlık | Merkez | Kenar | Merkez | Kenar | Merkez | Kenar | Merkez | | | | Merkez | Kenar | | |
| SiO ₂ | 38,17 | 38,24 | 38,94 | 38,05 | 38,90 | 38,73 | 37,81 | 38,56 | 39,31 | 40,40 | 37,59 | 38,53 | 40,21 | 40,99 |
| TiO ₂ | 0,000 | 0,148 | 0,000 | 0,000 | 0,095 | 0,126 | 0,585 | 0,882 | 0,327 | 0,311 | 0,781 | 0,754 | 0,377 | 0,000 |
| Al ₂ O ₃ | 21,22 | 20,95 | 21,09 | 20,90 | 21,03 | 21,19 | 18,83 | 19,05 | 19,42 | 19,67 | 20,23 | 19,44 | 21,25 | 22,18 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| FeO _t | 19,41 | 20,40 | 22,74 | 19,79 | 20,96 | 18,91 | 24,24 | 23,90 | 24,50 | 23,56 | 7,362 | 7,101 | 6,266 | 4,836 |
| MnO | 0,312 | 0,304 | 0,046 | 0,085 | 0,019 | 0,008 | 0,000 | 0,086 | 0,000 | 0,000 | 0,348 | 0,280 | 0,230 | 0,000 |
| MgO | 1,295 | 1,457 | 0,700 | 1,426 | 1,084 | 1,501 | 0,282 | 0,088 | 0,357 | 0,451 | 0,711 | 0,086 | 0,457 | 0,559 |
| CaO | 18,86 | 18,85 | 15,99 | 18,49 | 17,98 | 19,81 | 18,61 | 18,54 | 18,12 | 16,78 | 32,78 | 34,33 | 32,67 | 32,61 |
| Na ₂ O | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,064 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| K ₂ O | 0,206 | 0,201 | 0,189 | 0,182 | 0,219 | 0,210 | 0,166 | 0,263 | 0,000 | 0,000 | 0,364 | 0,331 | 0,109 | 0,130 |
| TOPLAM | 100,1 | 100,8 | 101,5 | 101,3 | 100,3 | 100,4 | 100,5 | 101,3 | 102,1 | 101,1 | 100,1 | 100,8 | 101,5 | 101,3 |
| Formül | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,002 | 5,977 | 6,127 | 6,109 | 6,074 | 6,015 | 6,029 | 6,075 | 6,129 | 6,280 | 5,821 | 5,933 | 6,042 | 6,107 |
| Ti | 0,000 | 0,017 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,015 | 0,070 | 0,104 | 0,038 | 0,036 | 0,091 | 0,087 | 0,043 | 0,000 |
| Al | 3,932 | 3,859 | 3,912 | 3,897 | 3,871 | 3,879 | 3,538 | 3,537 | 3,569 | 3,603 | 3,692 | 3,528 | 3,763 | 3,895 |
| Cr | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Fe _t | 2,553 | 2,667 | 2,992 | 2,617 | 2,738 | 2,456 | 3,232 | 3,148 | 3,194 | 3,063 | 0,953 | 0,914 | 0,787 | 0,602 |
| Mn | 0,042 | 0,040 | 0,006 | 0,011 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,011 | 0,000 | 0,000 | 0,046 | 0,037 | 0,290 | 0,000 |
| Mg | 0,304 | 0,339 | 0,164 | 0,336 | 0,252 | 0,348 | 0,067 | 0,021 | 0,083 | 0,105 | 0,164 | 0,020 | 0,102 | 0,124 |
| Ca | 3,179 | 3,156 | 2,697 | 3,134 | 3,008 | 3,296 | 3,179 | 3,129 | 3,027 | 2,795 | 5,439 | 5,664 | 5,258 | 5,205 |
| Na | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| K | 0,041 | 0,040 | 0,038 | 0,037 | 0,044 | 0,042 | 0,034 | 0,053 | 0,013 | 0,000 | 0,072 | 0,065 | 0,021 | 0,025 |
| TOPLAM | 16,05 | 16,09 | 15,93 | 16,05 | 16,00 | 16,05 | 16,15 | 16,078 | 16,054 | 15,88 | 16,27 | 16,24 | 16,04 | 15,95 |
| % Bileşim | | | | | | | | | | | | | | |
| Prp | 5,00 | 5,47 | 2,80 | 5,51 | 4,21 | 5,70 | 1,03 | 49,89 | 1,32 | 1,75 | 2,490 | 0,300 | 1,660 | 2,090 |
| Alm | 42,01 | 42,99 | 51,07 | 42,91 | 45,62 | 40,26 | 49,90 | 49,60 | 50,67 | 51,36 | 14,44 | 13,78 | 12,74 | 10,16 |
| Grs | 52,31 | 50,88 | 46,03 | 51,39 | 50,13 | 54,03 | 49,07 | 0,18 | 48,01 | 46,88 | 82,38 | 85,37 | 85,13 | 87,75 |
| Sps | 0,68 | 0,65 | 0,10 | 0,19 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,690 | 0,550 | 0,470 | 0,000 |

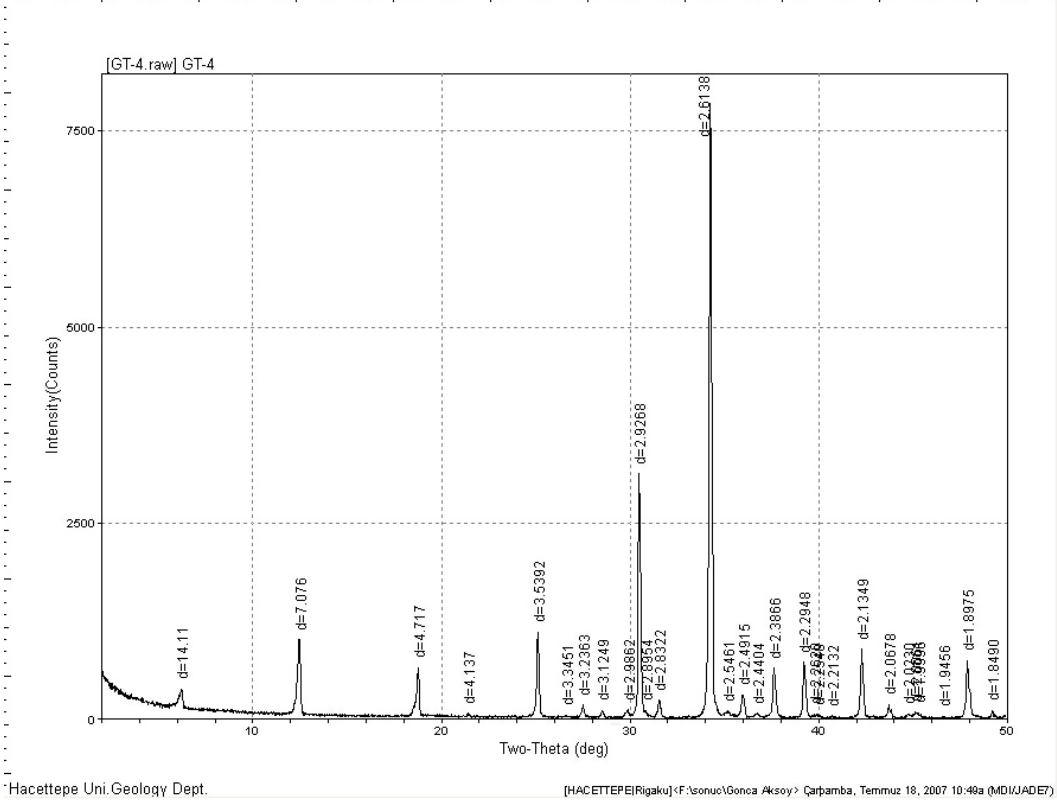


Şekil 4.5: Eklojitlerde tespit edilen granatların Alm+Sps+Grs+Prp diyagramı üzerindeki bileşimsel dağılımları (Figuroa et al., 2003'ten uyarlanmıştır).

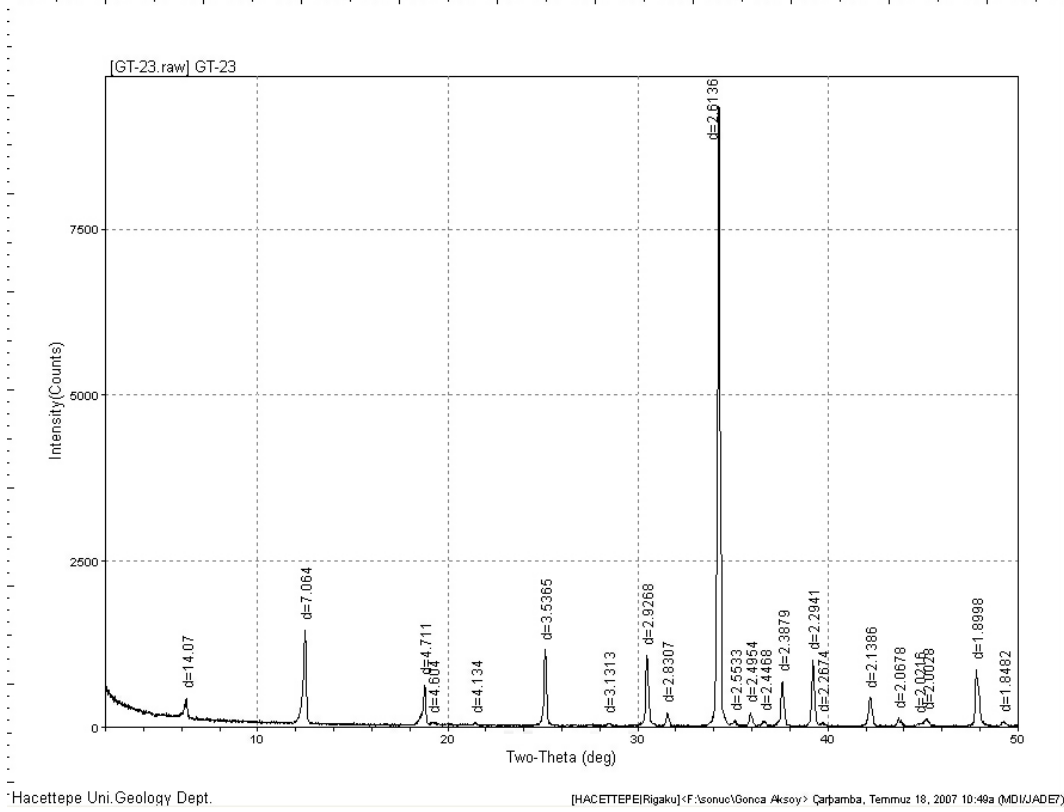
4.1.2. X-Işınları Kırınımı

Mineralojik olarak özellikleri tespit edilen granatların türlerine kesinlik kazandırabilmek amacı ile T-4, T-23 ve T-28 örnekleri üzerinde yapılan X-Işınları Kırınımı analizi sonucunda T-28 nolu granat örneği grossular $[Ca_3Al_2(SiO_4)_3]$ olarak tespit edilmiştir. T-4 ve T-23 nolu örnekler ise mikroprop verilerinde de belirtildiği gibi saf kimyasal bileşimde olmadıkları, Ca ve Fe içerikleri yaklaşık birbirine eşit olmasından dolayı literatürde belirtilen granat türlerinin pik değerlerini vermemektedirler (Şekil 4.6 ve 4.7).

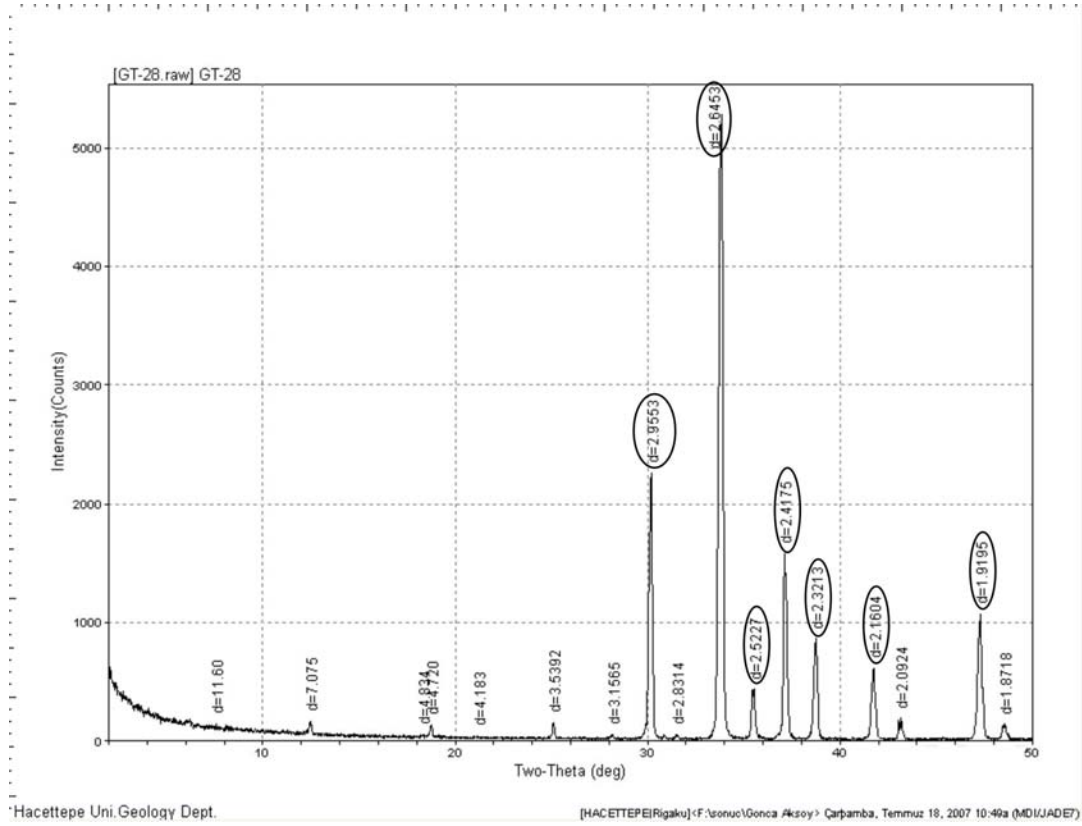
a)



b)



Şekil 4.6: a) T-4 ve b) T-23 nolu eklojitlere ait granat örneklerinin XRD analiz sonuçları



Şekil 4.7: T-28 nolu eklojite ait granat örneklerinin XRD analiz sonuçları

4.1.3 Özgül Kütle Analizi

Özgül kütle deneyi mineralin hacim ve kütesinden gidilerek yoğunluğunun hesaplandığı bir analiz yöntemidir. Bu yöntemde öncelikle kuru örnek kütesi belirlenir (G_n). Oda sıcaklığında saf su ile tamamen doldurulan piknometre üzerindeki su damlaları kuru bezle alındıktan sonra 0.001 g hassasiyetle terazi yardımı ile tartılır (G_{ps}). Daha önceden tartılan örnek kuru bir huni yardımı ile piknometre içerisine konulur ve 0.001 g hassasiyetle tekrar tartılır (G_{pns}). Hesaplanan (piknometre + deney örneği + su) kütesinden (G_{pns2}) ölçülen (piknometre + deney örneği + su) kütesi çıkarılarak taşan saf suyun kütesi hesaplanmış olur. Saf suyun yoğunluğu 1 g/cm³ olduğundan $d = m/v$ formülünden hacmi de kütesine eşit olacaktır. Bilindiği gibi bir madde eğer su içine atılıyor ve su içerisinde dibe çöküyor ise bu madde kendi hacmi oranında su taşırır. Yani taşan suyun hacmi aynı zamanda deney örneğinin de hacmini verecektir. Deney örneğinin kütesinin hacmine oranı bize numenimizin yoğunluğunu verecektir. Bir örnek üzerinde analiz tekrarlanarak bulunan yoğunlukların ortalaması alınacaktır (d_{ort}). Alınan bu verilerin hesaplanması şu şekildedir;

- G_n : örnek kütlesi (g)
 G_{ps} : su ile dolu piknometre kütlesi (g)
 G_{pns1} : ölçülen (piknometre + deney örneği + su) kütlesi (g)
 G_{pns2} : hesaplanan (piknometre + deney örneği + su) kütlesi (g)
 G_{ts} : taşan saf suyun kütlesi (g)
 d_{su} : saf suyun yoğunluğu = 1 g/cm³
 d_m : mineralin yoğunluğu (g/ cm³)
 d_{ort} : mineralin ortalama yoğunluğu (g/ cm³)
 V_m : mineralin hacmi (cm³)
 V_s : taşan saf suyun hacmi (cm³)

$$d = G_n / V_m$$

$$G_{pns2} = G_{ps} + G_n$$

$$G_{ts} = G_{pns2} - G_{pns1} = V_s = V_m$$

Tablo 4.4: T-4, T-23, T-28 nolu eklojitlere ait granatlar üzerinde yapılan özgül kütle analiz verileri ve sonuçları

| Örnek No | G_n (g) | G_{ps} (g) | G_{pns1} (g) | G_{pns2} (g) | V_m (cm ³) | d_m (g / cm ³) | d_o (g / cm ³) |
|----------|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| T- 28/1 | 1.026 | 65.442 | 65.923 | 66.468 | 0.291 | 3.530 | 3.542 |
| T- 28/2 | 1.079 | 65.471 | 66.246 | 66.550 | 0.304 | 3.549 | |
| T- 28/3 | 1.228 | 65.458 | 66.340 | 66.686 | 0.346 | 3.549 | |
| T- 23/1 | 1.557 | 65.478 | 66.642 | 67.035 | 0.393 | 3.962 | 3.930 |
| T- 23/2 | 2.035 | 65.474 | 66.980 | 67.509 | 0.529 | 3.847 | |
| T- 23/3 | 2.007 | 65.448 | 66.951 | 67.455 | 0.504 | 3.982 | |
| T- 4/1 | 2.109 | 65.468 | 66.992 | 67.577 | 0.585 | 3.605 | 3.643 |
| T- 4/2 | 2.131 | 65.459 | 66.980 | 67.590 | 0.610 | 3.493 | |
| T- 4/3 | 2.030 | 65.493 | 66.923 | 67.523 | 0.600 | 3.383 | |

Gerçekleştirilen bu analizler birlikte değerlendirildiğinde mikroprop ve XRD sonuçları granatların kalsiyum ve demir bakımından zengin oldukları, grossular ve grossular-almandin karışım serisi şeklinde oldukları tespit edilmiştir. Demir miktarının artışına bağlı olarak yapılan özkütle analizi ile yoğunlukların da buna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.

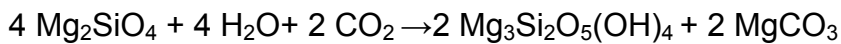
5. METAMORFİZMA

Kayaçlar, katı durumlarını ve kimyasal bileşimlerini koruyarak oluşum koşullarından farklı fiziksel ve kimyasal koşullar altında birtakım yapısal dokusal ve /veya mineralojik yönden değişime uğrarlar. Metamorfizma olarak adlandırılan bu değişim esnasında kayacın toplam kimyasal bileşiminde önemli bir değişiklik olmaz. Ofiyolit topluluğu kayaçları ilksel magmatik oluşumlarından, buldukları yere yerleşmelerine dek değişik ortamlarda ve çeşitli basınç sıcaklık koşulları ile karşı karşıya kalırlar. Bu nedenden dolayı ofiyolit topluluğunu oluşturan kayaçların matamorfizmaya uğramaları son derece olağan bir durumdur. Ofiyolit topluluğu çok değişik kayaç gruplarından oluştuğundan, metamorfizmanın etkileri sonucu ortaya çıkan ürünler de son derece çeşitlilik sunarlar.

Bir bölgede meydana gelen metamorfizmanın türünü, derecesini ve koşullarını belirleyebilmek açısından mineralojik-petrografik çalışmalar son derece önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışma alanı içerisindeki kayaçlara ait mineral cinsleri, parajenezleri ile bu kayaçların mineralojik-petrografik özelliklerinin belirlenmesine özen gösterilmiştir. Kayaçlardaki bu mineral ve mineral parajenezlerinden yola çıkarak metamorfizmanın türü ve koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Metamorfizmanın koşulları belirlenirken aynı bölgede çalışmış olan araştırmacıların mineral kimyası çalışmalarına başvurularak, elde edilen sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

5.1 Serpantinleşme

Serpantinitler, hacimsel olarak %70'in üzerinde serpantin grubu mineral içeren kayaçlardır. Başlıca serpantin mineralleri; krizotil, antigorit ve lizardittir. Bu mineraller Mg-silikatların özellikle olivin ve ortopiroksen minerallerinin metasomatizması sonucu oluşurlar.



Olivin

Serpantin

Bu reaksiyon sonucu kayaç bünyesine su alarak kapalı sistemde hacmini arttırır. Hacim artmasıyla birlikte kütsel yer değiştirme gerçekleşir ve kayacın çatlak yüzeyleri cilalı, parlak bir görünüme sahip olur.

Serpantinleşme, başlangıçta ince-ağsı damarlar şeklinde başlar. Minerallerin kenarlarından, dilinim ve çatlaklarından itibaren devam eden bu olay kayacın tüm dokusunu değiştirir.

Ultramafik kayaçların metamorfizması sonucu oluşan serpantinler genellikle masif yapılı; dünit ve harzburjit türü kayaçların düşük dereceli hidratasyona uğramış metamorfik eşlenikleridir.

Wenner ve Taylor (1971), serpantinleşmede asıl olarak meteorik yeraltı suyunun etkili olduğunu, lizardit-krizotil türü serpantin minerallerinin antigorit mineralinden daha düşük sıcaklıkta oluştuğunu vurgulamışlardır. Okyanus ortasındaki serpantinlerin oluşum süreçlerinde ayrıca okyanus suyunun da rol oynadığını belirtmişlerdir.

Serpantin grubu minerallerden krizotil ve lizardit düşük sıcaklıklarda oluşan serpantin mineralleridir ve genel olarak yeşilşist fasiyesinin alt seviyelerinde ortaya çıkarlar. Antigorit ise özellikle yeşilşist/mavişist ve düşük amfibolit fasiyesinin serpantin minerallerindedir. Bu mineral, krizotil ve lizardite göre nispeten daha yüksek sıcaklık ve basıncı koşullarında oluşmaktadır (Bucher ve Frey, 1994).

Hostetler vd., (1966), krizotil+brusitin oluşum reaksiyonunun kayaçtaki olivin/ortopiroksen oranı ile ilişkili olduğunu ve brusitin daha çok olivince zengin kayaçlarda oluştuğunu açıklamışlardır. Buna göre, olivin/ortopiroksen oranı, 1'den büyük olduğunda kayacın brusit içeriği fazla, yaklaşık 1 veya daha kk olduğunda brusit içeriği daha az olmaktadır.

Lizardit, tipik bir kristal şekli göstermemekle birlikte hemen hemen levhamsı bir yapıya sahip ince taneli agregatlar halindedir Serpantinleşmenin ilk evrelerinde oluşan krizotil lifleri, mineral kenarlarına dik yönde bir dizilim göstermekte ve lizardit etrafında adeta bir ereve oluşurmaktadır. Çok düşük sıcaklık ve basıncı

koşullarında, krizotil + brusit birlikteliği gözlenmektedir çok düşük metasomatizma koşullarında, krizotil + brusit ve krizotil + talk birlikteliğine rastlanır (O'Hanley, 1996).

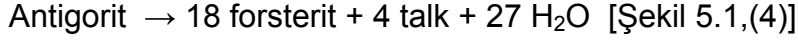
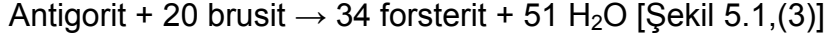
Antigorit minerali, serpantinleşme sürecinin ilerlemesi ile nispeten daha yüksek sıcaklıklarda ve stresin etkili olduğu koşullarda oluşur. Yeşilşist fasiyesinin alt sınırlarında oluşan antigorit, amfibolit fasiyesinin sınırının alt sınırına kadar duraylılığını kaybetmeyen bir mineraldir. Lizardit gibi levhamsı bir şekle sahiptir. Optik yöntemle lizardit ve antigoriti birbirinden ayırmak mümkün değildir. Bucher ve Frey (1994), antigoritin ilk ortaya çıktığı reaksiyonu şu şekilde açıklamışlardır:



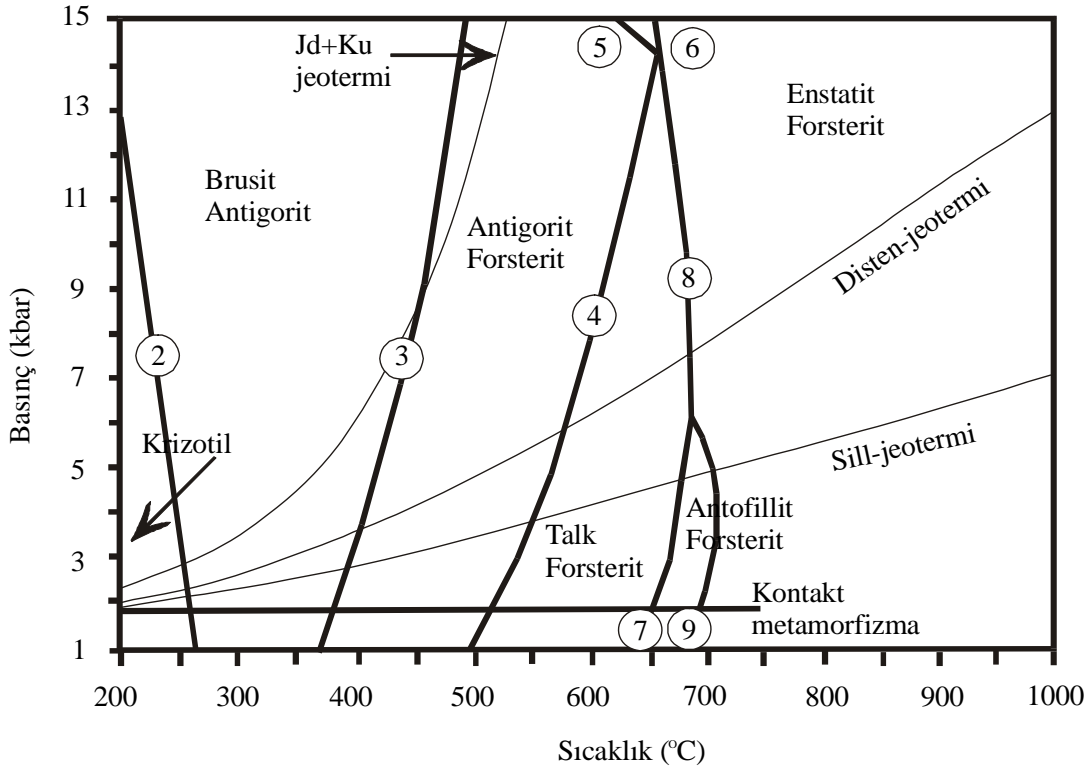
Antigorit minerali ilk oluştuğunda brusit ve talk mineralleriyle birlikte bulunabilir. Kayaç içerisinde olivin miktarı, ortopiroksenden az ise antigorit + talk birlikteliği oluşur. Talkın oluşmadığı durumlarda 350 °C altında forsterit bileşimindeki olivin minerallerinin hidratasyonu ile antigorit + brusit oluşmaktadır (O' Hanley, 1996).

Şekil 5.1'de serpantin grubu minerallerden çok düşük sıcaklık koşullarında gerçekleşen metamorfizma sonucu ilk oluşan mineral krizotildir. Krizotil maksimum 250 °C'ye kadar duraylı kalabilmektedir. Yaklaşık 250 °C'den sonra brusit+antigorit ve antigorit+talk birlikteliği ortaya çıkmaya başlamaktadır. Sonuç olarak krizotil düşük sıcaklık, bozunma veya alterasyon ürünüdür. Antigorit ise metamorfik koşullarda duraylı bir serpantin mineralidir. Eğer harzburjitte forsterit/enstatit oranı 0,7'den büyük ise brusit+antigorit, küçük ise antigorit+talk, son durum olarak eğer eşit ise antigorit tek mineral olarak karşımıza çıkar. Antigorit özellikle yeşilşist/mavişist fasiyesi koşulları için tipik bir serpantin grubu mineralidir. Antigorit+brusit veya antigorit+talk birliktelikleri yeşilşist ve mavişist fasiyesi koşullarında metamorfizma geçirmiş ultramafik kayalarda yaygın olarak gözlenen minerallerdir. Artan sıcaklığa bağlı olarak yaklaşık 350-400 °C arasında brusit+antigorit ortadan kaybolur ve yerini antigorit+forsterit alır. 500-600 °C arasında ise talk+forsterit birlikteliği görülmektedir (Şekil 5.1) (Bucher ve Frey, 1994).

Antigoritlerin ortadan kaybolması çok düşük basınçlarda 500 °C'de gerçekleşir, basıncın artmasına bağlı olarak 600 °C'ye yükselir. Yazarlar antigoritin ortadan kaybolduğu reaksiyonu;



şeklinde vermektedirler. Görüldüğü gibi antigorit mineralinin duraylılık aralığı oldukça geniştir. Metamorfik kayalarda 200–600 °C sıcaklık koşulları arasında oluşan antigorit mineralinin duraylılık alanı Şekil 5.1'deki 2 ve 4 numaralı reaksiyonlarla sınırlandırılmıştır. Antigoritlerin bölgesel metamorfizma koşulları altında duraylılık sınırı orta amfibolit fasiyesinin başlangıcıdır. Bu sıcaklıkta yaklaşık olarak 570 °C'ye denk gelmektedir. Antigorit özellikle yeşilşist ve mavişist için tipik bir serpantin grubu mineralidir.



Şekil 5.1: Ultramafitlerin metamorfizması ile ilişkili basınç-sıcaklık diyagramı (Bucher and Frey, 1994)

Daha yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında serpantin minerallerinden enstatit+forsterit ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.1). Buna göre serpantin üst duraylılık sınırını belirleyen reaksiyon şu şekilde gerçekleşmektedir;

Antigorit → 14 forsterit + 20 enstatit + 31 H₂O [Şekil 5.1,(6)]

Antigoritin yüksek sıcaklık limiti ise;

Antigorit → 18 forsterit + 4 talk + 27H₂O [Şekil 5.1,(4)]

Talk+forsterit birlikteliği orojenik metamorfizmadaki orta amfibolit fasiyesi koşullarına uymaktadır. Daha sonra jeotermine durumuna bağlı olarak enstatit+forsterit birlikteliğine dönüşür. Talk+forsterit birlikteliği yaklaşık 670 °C'dir ve basınçtan bağımsızdır. Şekil 5.1'de 7, 8 ve 9 reaksiyonlarının kesiştiği nokta invariyan nokta olarak tanımlanır ve bu nokta meta-harzburgitlerde antofillit için maksimum basıncı ifade eder. İnvariyan noktanın durumu içerdiği Fe-Mg değişiminin miktarına bağlı olarak değişmektedir.

Serpantinleşmiş kayalarda ayrıca brusit, manyezit, talk, tremolit-aktinolit ve kalsit gibi ikincil mineraller de gözlenebilmektedir.

Elekdağ Ofiyoliti'ndeki ultramafik kayaların genellikle ileri derecede serpantinleştiği belirlenmiş, yer yer köken kayaca ait kalıntı minerallerin belirlenebildiği serpantinlere de rastlanılmıştır.

Bölgedeki serpantinlerde gözlenen başlıca mineral birliktelikleri şu şekildedir;

Krizotil + lizardit + opak mineral

Krizotil + lizardit + kalıntı ortopiroksen ± opak mineral

Krizotil + antigorit ± lizardit ± opak mineral

Antigorit + kalıntı ortopiroksen ± talk

İleri derecede serpantinleşmiş kayalarda antigorit + krizotil/lizardit + opak mineral birlikteliği tespit edilmiştir. Bilindiği gibi antigorit minerali genellikle mavişist ve epidot/amfibolit fasiyesi koşullarında duraylı kalabilmektedir. Krizotil ve lizardit ise yeşilşist fasiyesi koşullarında hakim olan serpantin grubu mineralidir ve daha düşük dereceli metamorfik koşulları temsil eder.

Bölgede yer alan serpantinlerde mineralojik ve petrografik çalışmaların yanı sıra XRD çalışmalarına da başvurulmuştur. Bu çalışmalar ile serpantinlerde egemen olan serpantin grubu mineralin antigorit olduğu görülmüştür. Krizotil ve lizardite ise daha az rastlanılmıştır.

Genel olarak gerek arazi gözlemleri, gerek mineralojik-petrografik çalışmalar, gerekse XRD analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde bölgedeki serpantinlerin farklı koşullarda gerçekleşmiş metamorfizma ürünü oldukları söylenebilir. İnceleme alanındaki serpantinlerin yapraklanma göstermeleri, bu metaserpantinlerin yönlü basınçlara maruz kaldığını göstermektedir. Ayrıca antigorit mineralinin serpantinlerde egemen olması mavişist fasiyesi koşullarında gerçekleşen metamorfizmayı gösteren bir veri olarak değerlendirilebilir. Serpantinlerde antigorit yanı sıra lizardit ve krizotil mineralinin de bulunması çok düşük dereceli yeşilşist fasiyesi metamorfizmasını gösteren bir başka kanıttır.

5.2 Eklojit Oluşumu

Elekdağ Metaofiyoli'nin tabanını oluşturan eklojitler serpantinler içerisinde kesikli kütleler halinde bulunurlar. Eklojitler çeşitli araştırmacıların çalışmalarına konu olmuş tartışmalı bir kayaç grubudur.

Eklojitlerin yüksek yoğunluğu, granat içermeleri, yadeyit ağırlıklı piroksenlerin varlığı ve kayaç içerisinde plajiyoklazlara rastlanılmaması oluşumlarının yüksek basınç altında gerçekleştiğini gösteren veriler olarak değerlendirilmektedir. Bu mineral birliktelikleri 9 kb'ı aşan basıncı ve 620–650 °C'den daha yüksek sıcaklıkları göstermektedir. Geniş bir sıcaklık aralığında yüksek basınçta ve suyun olmadığı ortamlarda duraylı kalabilen bu kayaçlar juvenil suyun varlığı ile zoizit ve/veya hornblend içeren eklojitlere dönüşmektedir. Eklojitlerdeki mineral birliktelikleri nadir durumlarda duraylıdır. Bu nedenle sığ derinliklerde basıncın düşük olduğu ortamlarda, suyun girişi ile yüksek derecede alterasyona uğramaktadır. (Winkler, 1979).

Çalışma alanı çevresinde yer alan diğer eklojitler üzerinde mikroprop çalışmaları yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar ile bölgedeki basınç-sıcaklık koşulları hesaplanmıştır. Erol., 2007 yapmış olduğu çalışmada eklojitlerdeki granat-klinopiroksen değişimlerini kullanarak basınç-sıcaklık koşullarını belirlemiştir. Bu koşullardan sıcaklığı belirleyebilmek için

$$T (^{\circ}\text{C}) = [1939,9 + 3270 X_{\text{Ca}}^{\text{grn}} - 1396 (X_{\text{Ca}}^{\text{grn}})^2 + 3319 X_{\text{Mn}}^{\text{grn}} - 3535 (X_{\text{Mn}}^{\text{grn}})^2 + 1105 X_{\text{Mg}}^{\text{grn}} - 3561 (X_{\text{Mg}}^{\text{grn}})^2 + 2324 (X_{\text{Mg}}^{\text{grn}})^3 + 169,4 P (\text{GPa})] / (\ln K_D 1,223) - 273$$

formülünden faydalanmıştır. Formülde;

$$X_{\text{Ca}} = \text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Mn}+\text{Fe}+\text{Mg}),$$

$$X_{\text{Mn}} = \text{Mn}/(\text{Ca}+\text{Mn}+\text{Fe}+\text{Mg}),$$

$$X_{\text{Mg}} = \text{Mg}/(\text{Ca}+\text{Mn}+\text{Fe}+\text{Mg}) \text{ ve}$$

$$\ln K_D = (\text{Fe}^{2+}/\text{Mg})^{\text{grn}} / (\text{Fe}^{2+}/\text{Mg})^{\text{pr}}$$

değerlerini, mineral analizlerinden elde edilen sonuçlardan hesaplayarak kullanmıştır. Basınç değerini verirken kayalardaki mineral birlikteliklerinden yola çıkarak eklojitler için 14-18 kbar basınç değeri belirlemiştir. Sonuç olarak eklojitlerde yaklaşık olarak 16 ± 2 kbar basınç ve 470 ± 25 °C sıcaklık hesaplamıştır (Erol, 2007).

6. KARŞILAŞTIRMA

Çalışma alanındaki Aşağı Elekkuzu Köyü eklojitleri dışında farklı bölgelerde de eklojit örneklerine rastlanılmıştır. Bu bölgeler:

- Aluç Köyü,
- Hanyeri Tepe-Sarnıç Köyü,
- Koçak Köyü,
- Acısu Köyü-Yayla mevki
- Salmanlı Tepe
- Yılanlı (Esentepe)
- Kazanpınarı-Bakacak Sırtı
- Kozanlı
- Sarıyar
- Yörükören

Aluç Köyü eklojitleri, Hanyeri Tepe-Sarnıç Köyü eklojitleri ve Koçak Köyü eklojitleri ilk kez Eren (1979) tarafından tanımlanmışlardır. Acısu Köyü-Yayla Mevki eklojitleri ile Salmanlı Tepe eklojitleri Erol (2006), Kazanpınarı-Bakacak Sırtı eklojitleri, Kozanlı eklojitleri, Sarıyar eklojitleri ve Yörükören eklojitleri Turan (2006) tarafından ilk kez ortaya çıkarılmıştır.

Çalışma alanı içerisindeki eklojitler ile Elekdağ Masifi'ndeki diğer eklojit örneklerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Aynı bölgede ve aynı koşullarda olduğu düşünülen bu kayaçlar arasında birtakım farklılıklar gözlenmiştir. Bölgenin genelinde eklojit blokları serpantinitle içerisinde yer almaktadır. Masif görünümleri sağlam yapıları, yüksek yoğunlukları, genellikle yeşil ve kahverenginin çeşitli tonlarını sergiledikleri renkler gibi arazi görünümleri belirgin farklılık göstermemektedirler. Ancak yapılan mineralojik-petrografik ve mikroprop çalışmalarında bileşimsel farklılıklar belirlenmiştir.

6.1 Mineralojik Karşılaştırma

Ofiyolitin diğer kayaçlar ile sınır bölgelerinde ve genellikle serpantinitle içerisinde yer alan ve inceleme alanı dışındaki eklojitlerin genel mineral parajenezleri şu şekildedir (Erol, 2007; Turan, 2007):

Granat + omfazit + klorit + kuvars ± rutil

Granat + omfazit + klorit + aktinolit (hb) + epidot (zoi) + kuvars ± titanit ± rutil

Granat + omfazit + hornblend + epidot + klorit + muskovit + kuvars

Granat + omfazit + hornblend (akt) + Na-amfibol (gl) + klorit + muskovit

Granat + omfazit + aktinolit + kuvars + sfen + turmalin

Çalışma alanındaki eklojitlerdeki mineral parajenezleri ise:

Granat + omfazit + klorit ± rutil

Granat + omfazit + klorit + epidot (zoi) ± titanit ± rutil

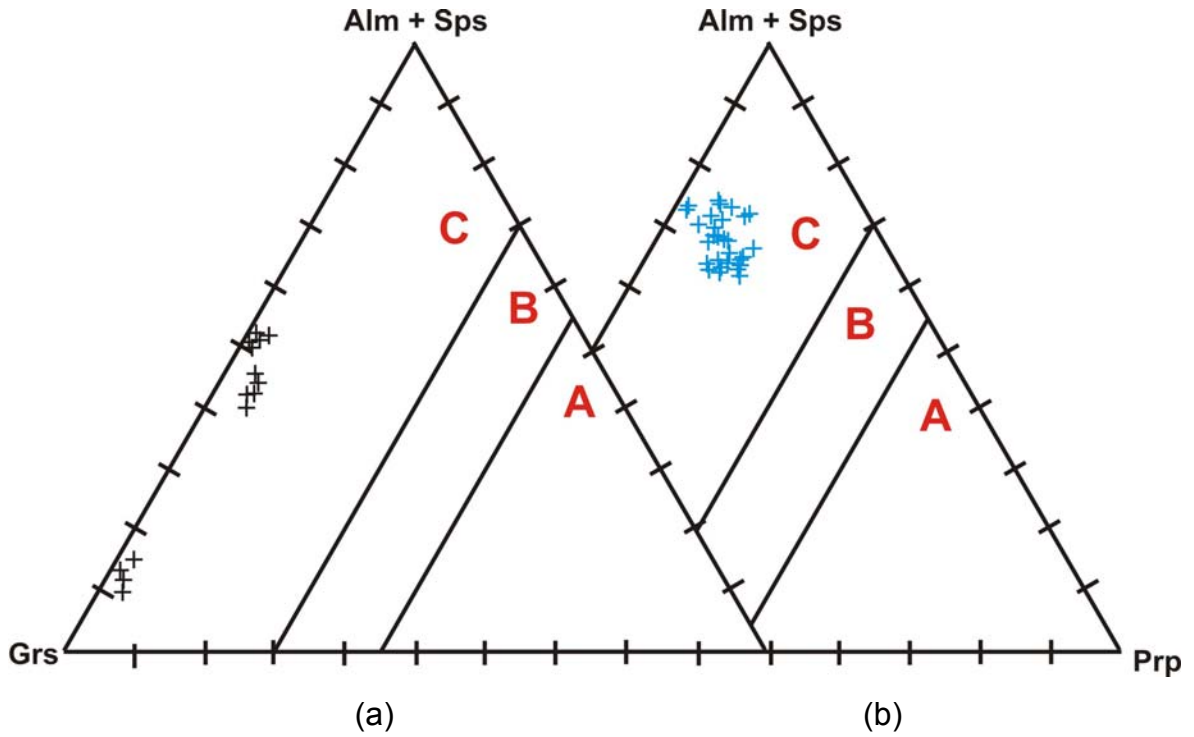
Granat + omfazit + epidot + klorit + muskovit

Granat + omfazit + Na-amfibol (gl) + klorit + muskovit olarak belirlenmiştir.

Diğer bölgedeki eklojitlerde oldukça yaygın olarak rastlanılan glokofan mineraline çalışma alanı içerisindeki eklojitlerde çok az rastlanılmıştır. Ayrıca Elekdağ eklojitlerinde nadiren de olsa tespit edilen turmalin mineraline bölgede rastlanılmamıştır.

Kimyasal Farklılıklar

Bölgenin tümü ele alındığında farklı bölgelerdeki eklojitlerin farklı granat türlerine sahip oldukları gözlenmiştir. Çalışma alanı içerisindeki eklojitlere ait granat analizleri, Erol (2007) ve Turan (2007) analizleri ile kıyaslandığında farklı granat bileşimleri ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6.1: a:İnceleme alanı eklojitlerindeki granatların dağılımı, b: Erol., 2007'ye ait eklojitlerdeki granatların dağılımı.

Erol (2007) bölgede yer alan granatların almandin türünde olduğunu belirtmiştir (Şekil 6.2). Turan (2007) ise granatların grossular bileşiminde olduğunu belirtmiştir.

Çalışma alanındaki eklojitlerin granat mineralleri ise grossular ve grossular+almandin karışım serisi bileşimli olduğu ve pirop miktarının bölgedeki diğer eklojitlerdekenden çok daha düşük olduğu mikroprop çalışmaları ile belirlenmiştir.

7. SONUÇLAR

Bu çalışma Elekdağ Ofiyoliti'nin, Domuzdağ Metamorfik Karışığı ile sınır teşkil ettiği bölgede yaklaşık 1 km²'lik bir alanda gerçekleştirilmiştir. Saha ve laboratuvar çalışmaları birlikte değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1- Bölgede, Elekdağ Ofiyoliti'ne ait serpantinitler ve eklojitler yer almaktadır. Bölgede önceden hazırlanmış çeşitli ölçekli haritalar da kullanılarak, 1/2.500 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve serpantinit, eklojit sınırları ayrıntılı olarak çizilmiştir.

2- Serpantinit ve Elekdağ Ofiyolitin görünür tabanını oluşturan eklojitler ayrıntılı olarak incelenmiştir, mineral birliktelikleri tespit edilmiştir (EK-1).

3- Eklojitlere özgü granat + omfazit + klinozoit + glokofan parajenezleri, diyagramlar üzerinde değerlendirilerek basınç ve sıcaklık koşulları saptanmaya çalışılmıştır. Bu kayaçların buldukları ortamda minimum 500 °C sıcaklık ve 11 kbar basınç koşullarını yansıttığı belirlenmiştir.

4- Eklojitlere özgü mineral birliktelikleri göz önünde bulundurulduğunda, yüksek yoğunlukta olmaları, granat ve jadeyit ağırlıklı piroksenlerin varlığı buna karşın plajiyoklazlardan yoksun olmaları yüksek basınç koşullarında oluştuklarını, ayrıca mavişist ve yeşilşist fasiyesi koşullarında gerileyen metamorfizmadan etkilendiklerini göstermektedir.

5- Mineralojik-petrografik, mikroprop ve XRD analizleri sonucunda eklojitlerde gözlenen granatların grossular ve grossular-almandin, piroksenlerin omfazit, epidot grubu mineralin klinozoit ve serpantin grubu mineralin antigorit bileşiminde olduğu saptanmıştır.

6- Eklojitlere ait granatlar üzerinde yapılan mikroprop analizleri sonucu grossular ve grossular-almandin karışım serisini oluşturan iki tür granatın varlığı tespit edilmiştir. Yapılan XRD çalışmaları ile bu veriler desteklenmiştir. Aynı granatlar üzerinde gerçekleştirilen özgül kütle deneyi ile grossular-almandin karışım serisi

oluşturan granatlarda demir miktarının artışına bağlı olarak yoğunluk artışı tespit edilmiştir.

7- Elekdağ Eklojitleri içerisinde yer alan Elekkuzu Eklojitleri, yüksek basınç koşullarının geliştiği, dalma-batma zonlarında oluşan C grubu eklojitler olarak nitelenmiş ve sınıflandırılmıştır.

8. KAYNAKÇA

- Alther, R., Topuz, G., Marschall, H., Zack, T. and Ludwig, T., 2004, Evolution of a tourmaline-bearing lawsonite eclogite from the Elekdağ area (Central Pontides, N Turkey): evidence for infiltration of slab-derived B-rich fluids during exhumation: *Contrib. Mineral. Petrol.* Vol., 148, pp. 409-425.
- Aydın, M., Şahin, O., Serdar, H.S., Özçelik, Y., Akarsu, İ., Üngör, A., Çakraş, R. Ve Koşar, S., 1986, Ballıdağ-Çangaldağ (Kastamonu) Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, sayı:29/2, 1-16 s.
- Bucher, K. and Frey, M., 1994, *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*: Springer-Verlag, 6th Edition, Complete Revision of Winkler's Textbook, Germany, 318 p.
- Carswell, D.A., 1990, Eclogites and the eclogite facies: Definitions and classifications. In. Carswell, D.A. (Ed), *Eclogite Facies Rocks*, Blackie, Glasgow, pp. 1-13.
- Coleman, R.G., Lee, D.E., Beatty, L.B. and Brannock, W.W., 1965, Eclogites and Eclogites: Their Differences and Similarities, *Geol.Soc.Am.Bull.*, 76, 483-508.
- Çakır, Ü., Genç, Y. and Paktunç, D., 2006, Intrusive lherzolites within the basalts of Küre ophiolite (Turkey): an occurrence in the Tethyan suprasubduction marginal basin. *Geological Journal*, V., 41, pp. 123-143.
- Çakır, Ü., 1995, Aşıköy-Toykondü (Küre-Kastamonu) Masif Sülfid Yataklarının Jeolojik Özellikleri, *MTA Dergisi*, sayı:117, 29-40 s.
- Dobretsov, N.L., 1991, Blueschist and eclogites: a possible plate tectonic mechanism for their emplacement from the upper mantle: *Tectonophysics*, 186, pp. 253-268

- Eren, R.H., 1979, Kastamonu-Taşköprü bölgesi metamorfitlelerinin jeolojik ve petrografik etüdü: İTÜ Doktora Tezi, 143 s.
- Erkan, Y., 2006, Metamorfik Petrografi: Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 160 s.
- Erol, K., 2007, Taşköprü-Boyabat Arasında Elekdağ Metaofiyoliti'nin Petrolojik Özellikleri: Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 156 sayfa.
- Evans, B.W., 1990, Phase relations of epidote-blueschists: *Lithos* 25, pp. 3-23.
- Figueroa, D.M., Ruiz, J., Mendoza, O.T. and Gutierrez, F.O., 2003, Tectonometamorphic evolution of the Acatlan Complex eclogites (southern Mexico): *Canadian Journal of Earth Science*, Vol. 40, pp. 27-44.
- Genç, Ş.C. 1993, İznik-İnegöl (Bursa) dışındaki tektonik birliklerin jeolojik ve petrolojik incelenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Hostetler, B.P., Coleman R.G., Mumpton, F.A. and Evans, B.W., 1966, Brucite in Alpine serpentinites, *The American Mineralogist*, 51, 75-98
- Ketin, İ., 1966, Anadolu'nun tektonik birlikleri: *MTA Dergisi* No: 66, 20-34 s.
- Mason, R., 1978 *Petrology of the Metamorphic Rocks*, Alleen and Unwin, London, 254 s.
- Messiga, B. and Scambelluri, M., 1991, Retrograde P-T-t path for the Voltri Massif eclogites (Ligurian Alps, Italy): some tectonic implications. *Journal of Metamorphic Geology*, v. 9, pp. 93-109.
- O'Hanley, D.S., 1996, *Serpentinites - Records of tectonic and petrological history: Oxford Monographs on Geology and Geophysics*, No:34.

- Okay, A.I., 1986, High-pressure/low-temperature metamorphic rocks of Turkey. In: Blueschist and Eclogites (Eds. Evans, B.W. & Brown, E.H), Geological Society of America Memoir, 164, 333-347.
- Okay, A.I., Tüysüz, O., Satır, M., Altiner, S.Ö., Altiner, D., Sherlock, S. and Eren, R.H., 2006, Cretaceous and Triassic subduction-accretion, high-pressure_low-temperature metamorphism, and continental growth in the Central Pontides, Turkey: GSA Bulletin, v. 118, no. 9/10, pp. 1247-1269.
- Smulikowski, K., 1972, Classification of Eclogites and Allied Rocks, Krystalinikum 9, 107-130.
- Şengün, M., Keskin, H., Akçören, F., Altun, İ., Sevin, M., Akat, U., Armağan, F., Acar, Ş., 1990, Kastamonu yöresinin jeolojisi ve Paleotetis'in evrimine ilişkin jeolojik sınırlamalar: TJK Bülteni, C.33, 1-16 s.
- Sütçü, Y.F., Barkurt, M.Y., Bilginer, E., Kurt, Z. ve Pehlivan, Ş., 1994, Boyabat-Vezirköprü arasının jeolojisi: MTA Rapor No. 9884.
- Turan, S.D., 2007, Elekdağ Metaofiyolitinin (Taşköprü-Kastamonu) Batı Bölümünün Petrolojik Özellikleri: Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 162 sayfa.
- Türk Standardları, TS 699/Ocak 1987, 9-12 s.
- Ustaömer, T. and Robertsen, A.H.F., 1999, Geochemical evidence used to test alternative plate tectonic models for pre-Upper Jurassic (Paleotethyan) units in the Central Pontides, N. Turkey: Geological Journal, Vol. 34, pp. 25-53.
- Wenner, D.B. and Taylor, H.P. Jr., 1971, Temperature of serpentinization of ultramafik rocks based on O^{18} / O^{16} fraktionation between coexisting serpentine and magnetite, Cont. Mineral. Petrol., 32, 165-185.

Winkler, H.G.F., 1979, Petrogenesis of Metamorphic Rocks: Fifth Edition, Springer-Verlag, 348p.

Yılmaz, Y. ve Tüysüz, O., 1984, Kastamonu-Boyabat-Vezirköprü-Tosya arasındaki bölgenin jeolojisi (Ilgaz-Kargı Masifleri'nin Etüdü): MTA Rapor No. 7838.

Yılmaz, Y. ve Tüysüz, O., 1988, Kargı Masifi ve dolaylarında Mesozoyik tektonik birliklerin düzenlenmeleri sorununa bir yaklaşım: TPJD Bülteni, No. 1/1, 73-86 s.

Yılmaz, O., 1980, Daday-Devrekani Masifi Kuzeydoğu Kesimi Litostratigrafi Birimleri ve Tektoniği, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, sayı:5-6, 101-131 s.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gonca AKSOY

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 1981

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1996-1999 Milli Piyango Anadolu Lisesi

Lisans : 2000-2004 Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

EK-1: Çalışma alanına ait kayaçların petrografik tanımlamaları

| İncekesit No | Lokasyon Pafta No | Doku | Mineralojik Bileşim ve Diğer Özellikler | Kayaç Adı |
|---------------------|--|---------------------|---|------------------|
| T-1 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/949D 45/95/149K | Psödömorfik olmayan | İleri derecede serpantinleşme hakim, kalıntı mineral tespit edilemiyor, serpantin mineralleri mevcut, tali olarak opak mineral içermekte. | Serpantinit |
| T-2 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/925D 45/95/215K | Psödömorfik olmayan | İleri derecede serpantinleşme hakim, kalıntı mineral tespit edilemiyor, serpantin mineralleri mevcut, tali olarak opak mineral içermekte. | Serpantinit |
| T-3 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/935D 45/95/242K | Granoblastik | Granat yarı özşekilli, kenarları yenmiş, kırık çatlaklı, kapanımlı, klorit tarafından sarılmış, retrograd etkiler var, çok az yeşil renkli piroksenler ve titanit içermekte. | Eklojit |
| T-4 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/945D 45/95/265K | Granoblastik | İri granat, özşekilli-yarı özşekilli, bol kapanımlı ve etraflarında klorit minerali gelişmiş, yeşil omfazitik piroksen, epidot, mika ve klorit oluşumları, tali olarak titanit içermekte. | Eklojit |
| T-5 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/950D 45/95/300K | Granoblastik | Granat özşekilsiz, piroksen (cprx), klorit, epidot ve sfen içermekte. | Eklojit |
| T-6 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/884D 45/95/332K | Granoblastik | Granat, gerileyen metamorfizma ile kloritle sarılmış, piroksen, epidot, klorit ve tali olarak sfen içermekte. | Eklojit |
| T-7 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/821D 45/95/333K | Granoblastik | Granat, özşekilli-yarı özşekilli, bol çatlaklı, epidot ve piroksen kapanımları, epidot, muskovit ve klorit, tali olarak sfen içermekte. | Eklojit |

| İncekesit No | Lokasyon Pafta No | Doku | Mineralojik Bileşim ve Diğer Özellikler | Kayaç Adı |
|---------------------|--|--------------|--|------------------|
| T-8 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/801D 45/95/328K | Granoblastik | Granat özşekilsiz, aşırı çatlaklı ve parçalanmış, epidot ve klorit kapanımları içeriyorlar, omfazit, epidot, klorit, muskovit ve tali olarak titanit minerali içermekte. | Eklojit |
| T-9 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/746D 45/95/390K | Granoblastik | Granat özşekilsiz, parçalanmış, piroksen, aşırı derecede bozunmuş, epidot, muskovit, klorit ve tali olarak titanit minerali içermekte. | Eklojit |
| T-10 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/710D 45/95/319K | Masif | İleri derecede sepantinleşmiş, masif, yönlenme göstermiyor. Serpantin min. ve opak min. oluşmakta. | Serpantin |
| T-11 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/725D 45/95/319K | Granoblastik | İri granat, özşekilsiz, bol çatlaklı ve kapanımlı, çatlaklar kloritçe sarılmış, piroksen kayaçta en fazla bulunan min., epidot ve klorit mineralleri mevcut. | Eklojit |
| T-12 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/675D 45/95/245K | Granoblastik | Granat hafif anizotropi göstermekte, çatlaklı ve kloritler tarafından bu çatlaklar sarılmış, omfazit, epidot, klorit, muskovit ve tali olarak titanit içermekte. | Eklojit |
| T-13 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/666D 45/95/242K | Granoblastik | Anizotrop granat çatlaklı, çatlaklarında ve etraflarında kloritler gelişmiş, kapanımlı, epidot, klorit ve tali olarak titanit minerali içermekte. Masif yönlenme yok. | Eklojit |
| T-14 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/648D 45/95/221K | Granoblastik | Granat, özşekilsiz-yarı özşekilli, bol çatlaklı, epidot ve piroksen kapanımları, epidot, muskovit ve klorit, tali olarak titanit içermekte. | Eklojit |

| İncekesit No | Lokasyon Pafta No | Doku | Mineralojik Bileşim ve Diğer Özellikler | Kayaç Adı |
|---------------------|--|----------------------------|--|------------------|
| T-15 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/667D 45/95/144K | Granoblastik | Granat aşırı anizotropi gösteriyorlar. Bol çatlaklı, parçalanmış durumdalar. Piroksen, epidot, klorit, muskovit ve tali olarak titanit minerali içermekte. | Eklojit |
| T-16 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/602D 45/95/212K | Granoblastik | Granat gerileyen metamorfizma ile klorit tarafından sarılmış, kapanımlı ve bol çatlaklı, özşekilsiz piroksen mineralleri, epidot, klorit, muskovit, retrograd etkiler yaygın. | Eklojit |
| T-17 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/164D 45/95/572K | Masif/ Psödömorfik olmayan | Antigorit, lizardit ve krizotil bileşiminde serpantin mineralleri, köken kayaca ait kalıntı minerallere rastlanılmıyor, aşırı derecede serpantinleşme ve opak mineral mevcut. | Serpantin |
| T-18 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/190D 45/95/650K | Kalıntı doku | İleri derecede serpantinleşmiş, krizotil ve antigorite ek olarak çok az kalıntı piroksen mineralleri mevcut. | Serpantin |
| T-19 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/230D 45/95/586K | Granoblastik | Granat aşırı parçalanmış ve bol çatlaklı, kloritlerce sarılmış, retrograd etkiler gözlenmekte, piroksen, glokofan, epidot, muskovit ve titanit mineralleri içermekte, yüksek basınç metamorfizması, eklojitik kayaç. | Eklojit |
| T-20 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/251D 45/95/561K | Granoblastik | Kayaç tamamen granatlardan oluşmuş gibi çok fazla granat mevcut. Çok az miktarda omfazit, klorit ve epidota rastlanılmıştır. | Eklojit |
| T-21 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/258D 45/95/532K | Granoblastik | Granat, özşekilli-yarı özşekilli, epidot ve piroksen kapanımları, omfazit, özşekilli epidot ve klorit, tali olarak titanit içermekte. | Eklojit |

| İncekesit No | Lokasyon Pafta No | Doku | Mineralojik Bileşim ve Diğer Özellikler | Kayaç Adı |
|---------------------|---|---------------------|--|------------------|
| T-22 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/223D 45/95/296K | Psödömorfik olmayan | İleri derecede serpantinleşme hakim, kalıntı mineral tespit edilemiyor, serpantin mineralleri mevcut, tali olarak opak mineral içermekte. | Serpantinit |
| T-23 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/285D 45/95/232K | Granoblastik | Granat anizotrop özellikte, gerileyen metamorfizma ile klorit tarafından sarılmış, kapanımlı ve bol çatlaklı, piroksen mineralleri, epidot, klorit ve titanit, retrograd etkiler yaygın, yönlenme yok. | Eklojit |
| T-24 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/663D 45/95/373K | Granoblastik | Granat izotrop, çatlaklı, kapanımlı, çatlaklarında klorit minerali gelişmiş, çok az piroksen, epidot, klorit ve muskovit mineralleri mevcut. Yönlenme yok. | Eklojit |
| T-25 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/740D 45/95/480K | Granoblastik | İzotrop granatlar, klorit ve epidot kapanımları içermekte, kloritçe sarılmakta, çok az piroksen minerali, epidot ve klorit gözlenmekte. | Eklojit |
| T-26 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/230D 45/95/586K | Masif | İleri derecede serpantinleşmiş, masif yönlenme göstermiyor. Serpantin min. ve opak min. oluşmakta. | Serpantinit |
| T-27 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/251D 45/95/561K | Psödömorfik olmayan | İleri derecede serpantinleşmiş, köken belirlenebilecek kalıntı mineral kalmamış, opak mineraller ve serpantin mineralleri mevcut. | Serpantinit |
| T-28 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/258D 45/95/532K | Granoblastik | Granat kayaçta çok fazla bulunmakta, çatlaklı ve kapanımlı, çatlaklarında ve etraflarında klorit minerali gelişmiş, çok az piroksen, klorit ve titanit içermekte. | Eklojit |

| İncekesit No | Lokasyon Pafta No | Doku | Mineralojik Bileşim ve Diğer Özellikler | Kayaç Adı |
|---------------------|---|------------------|---|-------------------|
| G-1 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/21/180D 45/95/164K | Granoblastik | İri kristaller halinde granat mineralleri, bol çatlaklı ve çatlakları kloritçe sarılmış, kapanımlar içermekte, epidot, klorit, çok az piroksen ve titanit mevcut. Yer yer karbonatlaşmalar gözlenmekte. | Eklojit |
| G-3a | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/304D 45/95/296K | Masif | Klorit mineralleri ve bunlar arasında iri yarı özşekilli-özşekilli epidot mineralleri mevcut, titanit minerali gözlenmekte, masif, yönlene göstermiyor. | Klorit-epidotfels |
| G-3b | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/304D 45/95/296K | Masif | Klorit, epidot ve titanit mineralleri içermekte. Yönlene yok. | Epidot-kloritfels |
| G-3c | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/304D 45/95/296K | Psödömorfik doku | İleri derecede serpantinleşmiş ancak krizotil ve antigorite ek olarak çok az kalıntı klinopiroksen ve opak mineral içermekte. | Serpantinit |
| G-4 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/559D 45/95/296K | Masif | İleri derecede sepantinleşmiş, masif yönlene göstermiyor. Serpantin min. ve opak min. oluşmakta. | Serpantinit |
| G-5 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/598D 45/95/211K | Granoblastik | Yarı özşekilli- yarı özşekilli granatlarda bol çatlak oluşumları ve bu çatlaklardan itibaren kloritleşmeler mevcut, piroksen, muskovit, epidot, titanit ve kuvars mineralleri gözlenmekte. | Eklojit |
| G-7 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/622D 45/95/203K | Granoblastik | Granat izotrop, çatlaklı, kapanımlı, çatlaklarında klorit minerali gelişmiş, piroksen, epidot ve klorit mineralleri mevcut. Yönlene yok. Tali olarak titanit minerali gözlenmekte. | Eklojit |

| İncekesit No | Lokasyon Pafta No | Doku | Mineralojik Bileşim ve Diğer Özellikler | Kayaç Adı |
|---------------------|---|---------------------|--|------------------|
| G-8 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/624D 45/95/204K | Psödömorfik olmayan | İleri derecede serpantinleşme gözlenmekte, serpantin mineralleri ve opak minerallerden oluşmakta, kayaçta yönlenme yok, masif. | Serpantinit |
| G-9a | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/660D 45/95/176K | Şist dokusu | İleri derecede serpantinleşmiş, serpantin mineralleri içermekte, yönlenme belirgin. | Serpantinitişist |
| G-10 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/739D 45/95/181K | Granoblastik | Granat hafif anizotropi göstermekte, özşekilsiz-yarı özşekilli taneler, çatlaklı ve kloritletçe sarılmış, epidot, klorit, titanit ve çok az miktarda muskovit mevcut. | Eklojit |
| G-11 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/793D 45/95/157K | Psödömorfik doku | İleri derecede serpantinleşmiş ancak çok az da olsa krizotil ve antigorite ek olarak çok az kalıntı klinopiroksen ve opak mineral içermekte. | Serpantinit |
| G-12 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/824D 45/95/149K | Masif | İleri derecede serpantinleşmiş, masif yönlenme göstermiyor. Serpantin min. klorit ve opak min. oluşmakta. Kalıntı mineral gözlenmemekte. | Serpantinit |
| G-14 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/929D 45/95/109K | Granoblastik | Özşekilli-yarı özşekilli granat mineralleri, izotrop, iri kristaller halinde, kuvars, klorit kapanımları içermekte, çatlaklarda kloritler gelişmiş, çok fazla muskovit mineralleri, gözlenmekte, yeşil piroksen, glokofan, titanit, kuvars mineralleri mevcut, retrograd etkiler ve yüksek basınç metamorfizması, eklojitik. | Eklojit |
| G-15 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/941D 45/95/150K | Şist dokusu | İleri derecede serpantinleşmiş, serpantin minerallerinin yanı sıra kalsit, karbonat ve titanit mineralleri içermekte, yönlenme gözlenmekte. | Serpantinitişist |

| İncekesit No | Lokasyon Pafta No | Doku | Mineralojik Bileşim ve Diğer Özellikler | Kayaç Adı |
|---------------------|---|-----------------------------|--|-------------------|
| G-16 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/936D 45/95/285K | Psödömorfik olmayan | İleri derecede serpantinleşmiş, masif yönlenme göstermiyor. Serpantin min. ve opak min. oluşmakta. | Serpantinit |
| G-17 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/931D 45/95/303K | Granoblastik | Granat çatlaklı ve kapanımlı, kloritler çatlakları sarmış, piroksen, klorit, epidot ve titanit minerali içermekte. | Eklojit |
| G-18 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/883D 45/95/339K | Granoblastik | İri özşekilli granatlar, yeşil piroksen (omfozit), klorit, epidot(zoitit ve pistazit) ve tali olatac kuvars mineralleri içermekte, granatlarda gerileyen etkilerle kloritleşmeler var. | Epidot-kloritfels |
| G-19 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/772D 45/95/371K | Psödömorfik olmayan / masif | Serpantinleşme ileri derecede, serpantin mineralleri ve opak mineraller mevcut. | Serpantinit |
| G-20 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/719D 45/95/387K | Masif | İleri derecede serpantinleşmiş, masif yönlenme göstermiyor. Serpantin min. ve opak min. oluşmakta. | Serpantinit |
| G-21k | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/699D 45/95/388K | Psödömorfik olmayan / masif | İleri derecede serpantinleşme, serpantin mineralleri ve opak mineraller gözlenmekte. Yönlenme yok, masif. | Serpantinit |
| G-22 | A.Elekkuzu (E32c3) 6/20/515D 45/95/406K | Granoblastik | Granat anizotrop, çatlaklı, kapanımlı, çatlaklarında klorit minerali gelişmiş, çok az piroksen, epidot ve klorit mineralleri mevcut. Yönlenme yok. Tali olarak titanit minerali gözlenmekte. | Eklojit |