İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FUĞLATEPE VE CİVARINDAKİ (BURSA-ORHANELİ) KROM YATAKLARININ JEOLOJİK, MİNEROLOJİK VE KİMYASAL KARAKTERİSTİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kamil KAVAK

Anabilim Dalı : Jeoloji Mühendisliği

Programı : Uygulamalı Jeoloji

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FUĞLATEPE VE CİVARINDAKİ (BURSA-ORHANELİ) KROM YATAKLARININ JEOLOJİK, MİNEROLOJİK VE KİMYASAL KARAKTERİSTİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kamil KAVAK
(505081307)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yüksel ÖRGÜN (İTÜ)
Eş Danışman : Prof. Dr. Ali Haydar Gültekin (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Fahri ESENLİ (İTÜ)
Prof. Dr. Ayhan Ali Sirkeci (İTÜ)
Prof. Dr. Sabah Yılmaz ŞAHİN (İÜ)

HAZİRAN 2011

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Bu çalışmayı öneren ve yöneten, tez çalışması süresince değerli vaktini ayırarak her türlü öneri ve görüşleriyle yol gösteren, olumlu motivasyonuyla destek olan, bununla birlikte bilimsel bir çalışmanın nasıl olması gerektiğini öğreten danışman hocam, Prof. Dr. Yüksel Örgün ve eş danışman hocam Prof. Dr. Ali Haydar Gültekin'e teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışmasını maddi olarak destekyen İTÜ Rektörlüğü BAP birimine teşekkürlerimi belirtirim.

Arazi çalışmaları süresince, gerek araç desteği gerek fikir paylaşımlarını esirgemeyen meslektaşım Aykut Uyanık'a teşekkür ederim. Arazi çalışmalarımda misafirhanesinde konaklama imkanı veren ŞE-TAT Madenciliğe teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında jeokimyasal analizler ve mineral kimyası analizlerinin yorumuna katkıda bulunup bana her zaman yardımcı olan değerli hocalarım Doç. Dr. Gültekin Topuz ve Doç. Dr. İbrahim Uysal'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez süresince yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Araş. Gör. Cemile Erarslan'a, Ahmet Kara ve değerli arkadaşım Elif Nurtop'a teşekkür ederim.

Son olarak her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Perihan Sevil Kavak ve babam Yusuf Kenan Kavak'a teşekkürü borç bilir, şükranlarımı sunarım.

Haziran 2011 Kamil Kavak

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Çalışmanın Amacı 1
1.2 Çalışma Alanı 1
1.2.1 Coğrafi konum 1
1.2.2 İklim ve bitki örtüsü 2
1.2.3 Morfoloji 2
1.2.4 Ekonomik durum 2
1.3 Çalışma Yöntemleri 4
1.3.1 Arazi çalışmaları 4
1.3.2 Optik çalışmalar 4
1.3.3 Kimyasal çalışmalar 5
1.4 Önceki Çalışmalar 5
2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİK KONUMU **9**
2.1 Bölgesel Jeoloji 9
2.2 Çalışma Alanının Jeolojisi 10
2.2.1 Metamorfik birim 10
2.2.2 Ultrabazik – bazik birimler 10
2.2.2.1 Dünit 11
2.2.2.2 Serpantinit 13
2.2.3 Topuk granitoyidik sokulumu 13
2.2.4 Çalışma alanının tektonik konumu 15
2.2.5 Tortul Birim 16
3. KROM YATAKLARININ OLUŞUMU **17**
3.1 Genel Bilgiler 17
3.1.1 Dünya'da krom yataklarının oluşumu 17
3.1.2 Türkiye'de krom yataklarının oluşumu 18
3.2 Çalışma Alanında Krom Yataklarının Özellikleri 19
4. MİNEROLOJİK VE PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR **23**
4.1 Minerolojik Özellikler 23
4.1.1 Dünit 23
4.1.1.1 Olivin 23
4.1.1.2 Piroksen 25
4.1.1.3 Serpantin mineralleri 25

4.1.1.4 Opak mineraller 27
4.1.2 Serpantinit 27
5. CEVHER MİNERALLERİ VE ÖZELLİKLERİ 31
5.1 Genel Özellikler 31
5.1.1 Kromit 31
5.1.2 Manyetit 33
6. KAYAÇ JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ 35
6.1 Analitik Yöntem 35
6.2 Ultrabaziklerin Ana Element Jeokimyası 35
6.3 Ultrabaziklerin İz Element Jeokimyası 38
7. KROMİT KRİSTALLERİNİN MİNERAL KİMYASI 45
7.1 Analitik Yöntem 45
7.2 Parlak Kesitler Üzerinde Mineral Kimyası Çalışmaları 45
8. EKONOMİK JEOLOJİ 51
8.1 Genel Bilgiler 51
8.2 Dünya'da Kromit Üretimi 52
8.3 Türkiye'de Kromit Üretimi 52
8.3.1 Çalışma alanında kromit üretimi 53
9. SONUÇLAR 57
KAYNAKLAR 59
EKLER 63

KISALTMALAR

A.K : Ateşte Kayıp
Cr# : Krom Sayısı
D : Dünit
GD : Gabro Dayk
Fa : Fayalit
Fo : Forsterit
Kr : Kromit Minerali
Mg# : Magnezyum Sayısı
Ol : Olivin Minerali
PD : Piroksenit Damarı
Px : Piroksen Minerali
SD : Serpantinleşmiş Dünit
Ser : Serpantinit Minerali

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Stratiform ve podiform tipteki kromit yataklarının çeşitli açılardan karşılaştırılması (Zedef, 1995) 18
Çizelge 5.1 : Kromit kristallerinin boyut dağılım aralığı……...32
Çizelge 6.1 : Çalışma sahasından alınan ultrabaziklere ait ana element analiz sonuçları (% ağırlık) ve Mg sayısı……..…….36
Çizelge 6.2 : Ultrabazik kayaçlara ait iz element analiz sonuçları (ppm). 40
Çizelge 6.3 : Gabro dayk örneklerinin primitif manto değerlerine oranlanıp normalize edilmiş iz element içerikleri. 41
Çizelge 6.4 : Gabro dayklara ait kondrit değerlere normalize edilmiş nadir toprak element içerikleri. 42
Çizelge 7.1 : Kromit kristallerine ait analizlerin sonuçları 42
Çizelge 7.2 : Krom kristallerinden 41 no'lu örneğe ait analiz sonuçları. 48
Çizelge 8.1 : Dünya krom cevheri ve konsantre üretimi (ton). 52

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası. 3
Şekil 1.2 : Krom cevherinin çıkarıldığı Fuğlatepe'ye ait bir görüntü..... 3
Şekil 2.1 : Orhaneli bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Çevik, 2006, ölçeksizdir). 11
Şekil 2.2 : Sahada sıklıkla gözlenen dünitlere ait bir görüntü. 12
Şekil 2.3 : Yüksek oranda serpantinleşmenin görüldüğü dünitlere ait birimler. 13
Şekil 2.4 : Topuk Köyü civarında gözlenen granitoyid sokulumun genel görünümü 14
Şekil 3.1 : Ezik zonlu dünitlerdeki saçınımlı kromit oluşumları. 20
Şekil 3.2 : Masif dünit zonu ile ezik dünit zonunun kontak yaptığı yer. 21
Şekil 3.3 : Bantlı kromit oluşumları. 22
Şekil 3.4 : Bantlı kromitler ve piroksenit damarı. 22
Şekil 4.1 : Dünitlere ait genel mikroskop görüntüsü (Çift Nikol, ol:olivin ser:serpantinit). 24
Şekil 4.2 : İri kristalli olivinlerin mikroskoptaki görünümleri (Çift Nikol, ol:olivin, 24 px:piroksen). 24
Şekil 4.3 : Yüksek oranda serpantinleşmeye uğramış olivin ..... 25 kristalleri (Çift Nikol). 25
Şekil 4.4 : İri boyutlu piroksen kristalleri (Çift Nikol, ol:olivin, px:piroksen). 26
Şekil 4.5 : Olivin kristallerinin serpantinleşmesine ait bir görüntü (Çift Nikol). 26
Şekil 4.6 : Olivin kristallerinde görülen deformasyon lamelleri (Çift Nikol). 27
Şekil 4.7 : Olivin kristallerine eşlik eden kromit kristalleri (Tek Nikol, ol:olivin, ... 28
Şekil 4.8 : Kromit kristallerinin etrafında görülen talklaşma (Çift Nikol, ol:olivin, . 28 kr:kromit). 28
Şekil 4.9 : Serpantinleşme sonucu oluşmuş manyezit damarı (Çift Nikol). 29
Şekil 5.1 : Kromit kristallerinin parlak kesit görüntüsü. 32
Şekil 5.2 : Kromit kristallerinin elektron mikro – prob görüntüleri. 33
Şekil 6.1 : Mg# değerlerinin, Uysal (2011)'ın Orhaneli'nde yaptığı çalışma ile 37
Şekil 6.2 : Çalışma alanında yer alan dünitlerin MgO -Al_2O_3 diyagramındaki 38
Şekil 6.3 : Ultrabaziklerin diferansiyasyon trendini gösteren AFM diyagramı..... 39
Şekil 6.4 : Gabro dayk örneklerinin normalize edilmiş iz element diyagramı. 42
Şekil 6.5 : Gabro dayklara ait nadir toprak elementlerin örümcek ağı 43
Şekil 7.1 : Kromit kristallerinin boninit alanına düştüğünü gösteren diyagram. 47
Şekil 7.2 : Fuğlatepe kromitlerinin podiform alanına düştüğünü gösteren diyagram. 47
Şekil 7.3 : 41 no'lu örneklerde analiz yapılan noktalar. 48
Şekil 7.4 : Kromit kristallerinde Cr_2O_3 - MgO korelasyon ilişkisi. 49
Şekil 7.5 : Kromit kristallerinde Cr_2O_3 – Al_2O_3 korelasyon ilişkisi. 50
Şekil 7.6 : Kromit kristallerinde Cr_2O_3 – SiO_2 korelasyon ilişkisi. 50
Şekil 7.7 : Kromit kristallerinde Cr_2O_3 – FeO korelasyon ilişkisi. 50
Şekil 8.1 : Türkiye krom rezervlerinin bölgelere göre dağılımı (DPT, 2001). 53
Şekil 8.2 : Krom cevherinin açık işletme yöntemiyle çıkarıldığı Ovayaka Ocağı. ... 54
Şekil 8.3 : Krom cevherinin çıkarıldığı 55 no'lu yer altı ocağı. 55

Şekil 8.4 : Krom cevherinin konsantre ürün haline geldiği zenginleştirme tesisi. 55
Şekil 8.5 : Krom cevherinin konsantre ürün ve atık ürün olarak ayrıldığı sallantılı.. 56

FUĞLATEPE VE CİVARINDAKİ (BURSA-ORHANELİ) KROM YATAKLARININ JEOLOJİK, MİNEROLOJİK VE KİMYASAL KARAKTERİSTİKLERİ

ÖZET

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı' na yüksek lisans tezi olarak hazırlanmış bu çalışmada, Fuğlatepe ve civarında (Bursa-Orhaneli) dünit ve yer yer piroksenit birimleri içerisinde yer alan krom yataklarının jeolojik, minerolojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Çalışma kapsamında, öncelikle sahanın jeolojik yapısını tanımlamak ve jeoloji haritasını oluşturmak üzere arazi çalışması yapılmış, bu sırada kayaçların mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini tanımlamak için gerekli numuneler alınmıştır.

Proje sahası, Bursa' nın Orhaneli ilçesinin kuzeybatısında yeralan Fuğlatepe ve civarında bulunan faal krom ocaklarını kapsamaktadır. Çalışma alanındaki litolojik birimler başlıca, yüksek basınç – düşük sıcaklık koşullarında metamorfizmaya maruz kalmış Paleozoyik – Mesozoyik yaşlı metamorfik kayalar, Üst Kretase – Paleosen yaşlı ultrabazik – bazik kayalar, Orta Eosen yaşlı Topuk granitoyidik sokulumu, Neojen yaşlı tortul birim şeklinde sıralanmaktadır.

Ülkemizin önemli krom sahalarından biri olan Orhaneli bölgesinde halen düşük tenörlü krom cevherleri üretilmekte olup, ocaklardaki ortalama işletme tenörü %5 - %7 arasında değişmektedir. Sahadaki kromit cevheri çoğunlukla Üst Kretase – Paleosen yaşlı dünit birimi içinde bulunmaktadır.

Ultrabazik birimlerden alınan kayaç örneklerinden hazırlanan ince kesitler, kayaçların dokusal özelliklerini, minerolojik bileşimlerini ve alterasyon olaylarını tanımlamak amacıyla polarizan mikroskopta incelenmiştir. Mikroskop çalışmaları sonucunda ultrabaziklerin minerolojik bileşiminin % 90'dan fazla miktarda olivinlerden oluştuğu görülmüştür. Olivinlerin yoğun bir şekilde serpantinleşmeye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Olivin mineralleri genellikle küçük boyutlarda ve kırıklı çatlaklı bir yapı sergilemiş olmakla birlikte, nadiren de olsa iri kristaller şeklinde oldukları gözlenmiştir. Olivinlere az da olsa iri kristal boyutlu piroksen mineralleri ve opak minerallerin (kromit, manyetit) eşlik ettiği görülmüştür. Hazırlanan parlak kesitler ise üstten aydınlatmalı cevher mikroskobisinde incelenmiştir. Cevher mikroskobisi çalışmalarında kromit kristallerinin kırıklı – çatlaklı, özşekilsiz ve yuvarlağımsı bir şekilde olduğu gözlemlenmiştir. Kromit kristallerinin boyut aralığının ise 0,001 mm – 1,43 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kromit kristallerine az da olsa manyetit, pirit ve kalkopirit gibi cevher minerallerinin eşlik ettiği tespit edilmiştir.

Ultrabazik kayaçların kimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile ACME (Kanada) Laboratuarları'nda tüm kaya analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ultrabaziklerin karakterini belirleyen SiO_2 içeriği dünit örneklerinde % 41,04 -

%41,82 arasında, serpantinleşmeye uğramış dünitlerde % 36,21 - % 39,35 arasında, gabro dayklarda % 48,04 - % 51,72 arasında değişmektedir. Piroksenit damarı örneğinde ise % 49,01 değerindedir. Bununla birlikte dünitlerin Al_2O_3 ve CaO içeriklerinin düşük olduğu, buna karşılık piroksenit damarı ve gabro dayklarının Al_2O_3 ve CaO içeriklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kromit kristallerinin mineral kimyası özelliklerini belirlemek amacıyla TÜBİTAK-MAM Elektron Mikro-Prob Laboratuarları' nda 10 adet parlak kesit yüzeyinde seçilen 17 noktada mikro – prob analizleri yapılmıştır. Elektron – mikro prob analiz sonuçlarına göre kromitler Cr_2O_3 açısından zengin olup, Cr_2O_3 değerleri % 32,5 – % 61,13 arasında değişmektedir. Kromit kristallerinin Cr# - Mg# ve Cr_2O_3 değerleri hesaplanıp diyagramlara aktarılmıştır. Bu değerlerin, diyagramlarda ideal podiform alana düşmesi, Fuğlatepe kromitlerinin Alpin tip peridotitler grubuna girmekte olup podiform özellik gösterdiğini ifade etmiştir.

Elde edilen tüm bu veriler değerlendirildiğinde Fuğlatepe kromitlerinin Cr_2O_3 açısından zengin olduğu, Fuğlatepe kromitlerinin Alpin tip peridotitler grubuna girmekte olup podiform özellik gösterdiği, kromit kristallerinin oldukça küçük boyutlarda olmasının, fabrikada meydana gelen üretim kayıplarının temel nedeni olabileceği sonucuna varılmıştır.

GEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF FUĞLATEPE (ORHANELİ, BURSA) CHROME ORE

SUMMARY

In this study which has been prepared as a master thesis to department of Applied Geology of Geological Engineering - Istanbul Technical University, the geological, mineralogical and geochemical characteristics of chrome ore, which is located in Fuglatepe (Orhaneli, Bursa) and developed within near by dunite and locally pyroxsenite units, were examined.

According to the scope of work, firstly a site study shall be done in order to define the geological structure of the field and generate a geological map. Meanwhile, representative samples shall be collected on the field to examine both mineralogical and geochemical characteristics of existing rock units.

Project area comprises of active chrome ores which are located along the northwest of Orhaneli town (Fuğlatepe Bursa) and near by region. The lithological units existing in the study area are basicly listed as metamorphic rocks of Pelaosoic-Mesozoic age which were subjected to high pressure – low temperature conditions, ultrabasic and basic rocks of Cretaceous- Pelaocene age, Topuk Granitoyidic intrusion of Mid-Eosen age and Neogene sediments.

In Orhaneli region, one of the significant chrome areas in Turkey, chrome ore which is of low tenor is currently being processed and the average of process tenor in the quarry varies between 5% and 7%. The chrome ore in the study area is predominantly located within the dunite unit of Upper Cretaceous- Pelaocene age.

In this study, the thin sections prepared from the ultrabasic samples are examined in polarizan microscope in order to determine the texture properties, mineralogical compositions and explain alterations. Olivines are the dominant minerals in thin sections. It is determined that olivines are subjected to the serpentinized. Most of olivines are generally little in size and show fissured fracture. Low amount of coarse-grained pyroxenite minerals and opaque minerals (chromite, magnetite) were shown near olivine minerals.

Ore microscope studies were carried out on polished surfaces to define the structure of chromite crytals. Chromites are observed in form of crystals and in a manner of broken and shattered structure, anhedral and rounded shape. It is determined that dimensions of chromite crystals vary between 0,001 – 1,43 mm. Chromite crystals are accompanied by less magnetite, pyrite and chalcopyrite minerals.

Whole rock analyses were carried out in order to define the chemical characteristics of ultrabasic rocks in ACME (Canada) Laboratories. According to the analysis results, SiO_2 content which determine the characteristics of ultrabasic rocks, changes between % 41,04 - % 41,82 in dunites, % 36,21 - % 39,35 in dunites which are

subjected to serpentinized, % 48,04 - % 51,72 in gabbro dikes. SiO_2 content is % 49,01 in pyroxenite vein. Al_2O_3 ve CaO contents of dunites were determined to have a low value. On the other hand, Al_2O_3 ve CaO contents of pyroxenite vein and gabbro dikes were determined to have a higher value.

Micro - prob analysis were carried out in 17 point on the polished surfaces which are prepared from 10 nos rocks to determine the mineral chemistry of chromite crytals in TÜBİTAK-MAM Elektron Mikro-Prob Laboratories. According to the results, Cr_2O_3 contents of chromites are higher. Cr# - Mg# ve Cr_2O_3 values of chromite crystals were calculated and were shown on the diagrams. According to the diagrams, Fuğlatepe chromites are the member of Alpin-type peridotites and shows podiform properties.

In the scope of work, it is determined that Cr_2O_3 contents of Fuğlatepe chromites show enrichment and it is evaluated that Fuğlatepe chromites are the member of Alpin-type peridotites and shows podiform properties. In addition, it is discussed that having very low size range may be the main reason of the production losses during the enrichment of chrome ores.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Günümüzde en önemli sanayi hammaddelerinden biri olan krom cevheri; metalurji, kimya, refrakter ve döküm sanayiinde kullanılmaktadır. Krom cevheri, sanayinin vazgeçilemez bir üretim girdisidir. Atmosfer korozyonuna, kimyasal etkilere, aşınmaya karşı yüksek direnç göstermesi, çok sert olması nedeniyle çelik ve diğer metallerin korunmasında kaplama olarak yaygın bir biçimde kullanılır.

Orhaneli bölgesi ülkemizin en önemli krom sahalarından biri olup, bölgede 20.yy ın ikinci çeyreğinden beri krom işletilmektedir. Bölgede başlangıçta %40 civarında olan işletme tenörü, günümüzde %10' un altına düşmüştür. Fuğlatepe ve civarında tenörü halen % 5-7 arasında değişmektedir. İşletme tenörünün düşmesiyle birlikte üretim ve öğütme sırasında yaşanan kayıplar çok ciddi sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Cevherleşmenin yapısal jeolojik özelliklerinin tanımlanması ve cevher minerallerinin kristal boyu dağılımının ortaya konması bu sorunların giderilmesindeki en önemli çözüm yoludur. Fuğlatepe ve civarında yapılacak arazi çalışmaları ve sonrasında yapılacak laboratuvar çalışmaları ile üretim sırasındaki kayıpların azaltılması yönünde çözüm önerileri oluşturulabilir. Bu çalışmanın amacı Fuğlatepe kromitlerinin yan kayaçlarının, minerolojik ve kimyasal özelliklerini ortaya koymak, kromit kristal boyut dağılımının krom cevheri üretimi üzerine etkisini araştırmak, kromit kristallerinin mineral kimyası özelliklerini belirlemektir.

1.2 Çalışma Alanı

1.2.1 Coğrafi konum

Çalışma alanı, Bursa iline bağlı, 844 km^2 yüz ölçüme sahip Orhaneli ilçesinin kuzeydoğusunda yer alan Fuğlatepe ve çevresinde yaklaşık 10 km^2'lik bir yüzeye sahip olup 1/25000 ölçekli Kütahya İ21-b2 paftasında yer almaktadır. Orhaneli ilçesinin tarihinin Roma İmparatoru Hadrianus'la başladığı sanılmaktadır. Osmanlılar tarafından 1325 yılında Bizans egemenliğinden kurtarılan ilçenin 1911

yılına kadar Atranos olan adı 1934 yılında TBMM kararı ile Orhaneli olarak değiştirilmiştir. 8 Temmuz 1921 tarihinde Yunanlıların işgaline uğrayan ilçe 9 Eylül 1922 tarihinde bu işgalden kurtulmuştur. Çalışma alanının batısında Girencik Köyü, güneydoğusunda Orhaneli, doğusunda Deliballar beldesi ve kuzeyinde Çöreler Köyü ve Akçabük Köyü bulunmaktadır. Çalışma alanına Bursa – Orhaneli karayolu ile ulaşılmaktadır. Ayıca saha içerisinde köyler arası ulaşımda kolaylık sağlayan stabilize yollar bulunmaktadır. Çalışma alanına ait bir yer buluru haritası Şekil 1.1'de verilmiştir.

1.2.2 İklim ve bitki örtüsü

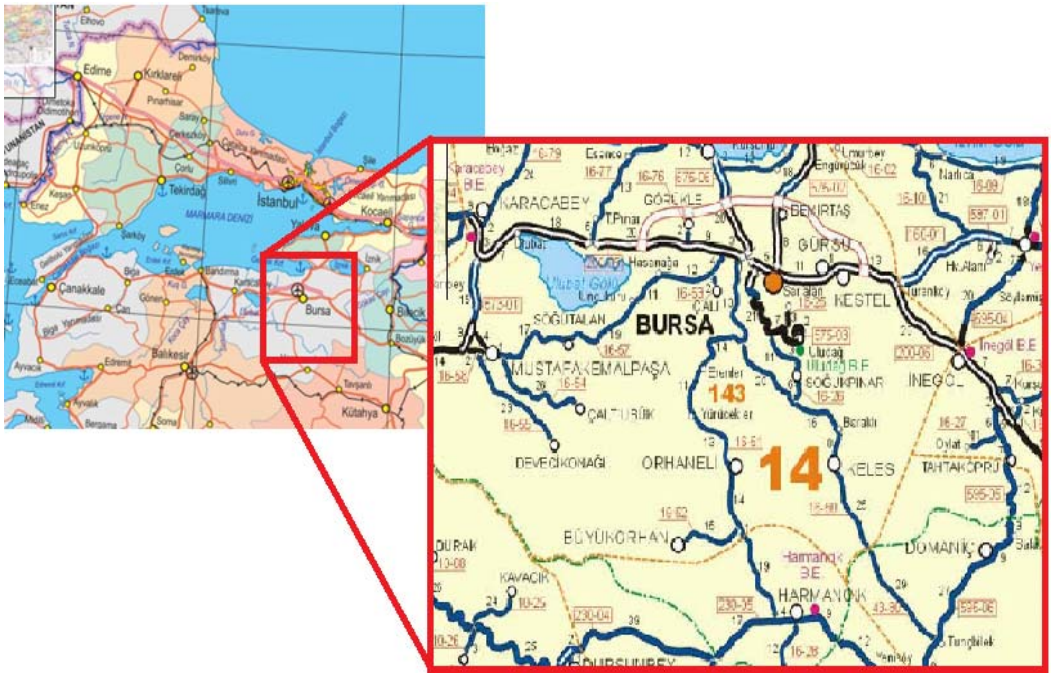
Çalışma alanı ılıman Akdeniz iklimi ile Ege ve Marmara kara ikliminin özelliklerini taşımaktadır. Kışlar soğuk ve karlı, yazlar sıcak geçmektedir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkları belirgindir. Çalışma alanında özellikle ultrabazik kayaçların bulunduğu kesimler çam ormanlarıyla kaplıdır. Sahada granitoyidik sokulumun kapladığı alanlar ise bitki örtüsü ve ormanlar bakımından oldukça fakirdir. Sokulumun üzerinde geniş tarım alanları bulunmaktadır ve bu alanlarda yurt dışına da ihraç edilen çilek yetiştirilmektedir. Ayrıca bölge halkı çilekten de gelir sağlamaktadır. Bölgede ayrıca yer yer dikensi bitkilerle kaplı alanlarda mevcuttur.

1.2.3 Morfoloji

Çalışma alanı genel olarak farklı yükseltilere sahip tepeler, sırtlar ve bunlar arasında kalan sınırlı alanlardaki düzlükler ile kuru ve akar derelerden oluşmuştur. Sahanın iki akar deresi Fuğlatepe' nin kuzeyinde yer alan Tavşanlı çayı ve Kocaçay dereleridir. Çalışma alanında önemli yükseltilere sahip tepeler; batıda Buğluk Tepe (709 m.), kuzeyde Dede Tepe (642 m.), güneydoğuda Kırçal Tepe (620 m.), ve kuzeydoğuda Fatma (665 m.) tepedir. Akkayalar, Meryemkaldırımı, Arabaeyleği ve Ahmetbükü sırtları sahadaki önemli sırtlardır. Çalışma sahasında Çöreler köyü ve Akçabük köyü olmak üzere iki yerleşim alanı yer almaktadır.

1.2.4 Ekonomik durum

2000 yılı genel nüfus sayımı sonuçlarına göre, ilçe nüfusu, 8,089 şehir ve 22,397 köy olmak üzere toplam 30,486'dır. Çalışma alanında bulunan yerleşim yerlerinin ekonomik faaliyetleri tarım, hayvancılık ve çeşitli maden ocaklarıdır. İlçenin tarım alanı yaklaşık 28,000 hektardır. Ayrıca ilçede 51,699 hektar orman ve fundalık alanına sahiptir.



Şekil 1.1 : Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası.



Şekil 1.2 : Krom cevherinin çıkarıldığı Fuğlatepe'ye ait bir görüntü.

Son 10 yıldır yukarıda da belirtilmiş olduğu gibi Topuk granitoyidik sokulumu üzerindeki tarım alanlarında çilek ve vişne yetiştirilmektedir. Bu ürünler yöre için önemli ekonomik girdi oluşturmakla ve üretimin önemli bir kısmı ihraç edilmektedir.

Çalışma alanında geçim, bölge halkının kendi ihtiyaçlarını giderebileceği oranda tarım, hayvancılık ve madencilik faaliyetleri ile karşılanmakla birlikte, Orhaneli bölgesinde gün geçtikçe artan madencilik faaliyetlerinin bölge ekonomisine sağladığı

yarar kuşkusuz çok önemlidir. Bölgedeki krom tesisleri ve kömür işletmelerine ek olarak olivin fabrikasının açılması ve olivin üretimine başlanması bölgedeki yer altı kaynaklarının bölge halkının geçimine katkısını artırmıştır.

Bu çalışma kapsamında ekonomik bir mineral olan kromit detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ofiyolitlerin ultrabazik kesimlerinde kromit toplanımlarının ekonomik olarak işletilebilecek boyutta bir toplanıma ulaştıkları yerler krom yatağı olarak nitelendirilmektedir. Kromit, dünit kayasının en yaygın gözlenen opak mineralidir. Çalışma alanında dünit birimi içerisinde kromit oldukça yaygındır ve halen işletilmekte olan açık ve yer altı kromit ocakları mevcuttur. Kromit üretimi de önemli bir ekonomik girdi olarak ülkemize katkı sağlamaktadır. Kromit dışında, bölgede yine ekonomik olarak değerlendirilmek üzere, olivin, nikel, manyezit, mermer (diyabaz), nefelin-siyenit araştırmaları devam etmektedir.

1.3 Çalışma Yöntemleri

1.3.1 Arazi çalışmaları

Çalışma kapsamında Temmuz 2010'da arazi çalışması yapılmıştır. Arazide sık aralıklarla ölçümler alınmış ve dünitlerin mineralojik – petrografik özelliklerini incelemek için numuneler toplanmıştır. Kayaç örnekleri büyük bir çoğunlukla taze yüzeylerden alınmıştır. Bununla beraber, çalışma sahasında yaygın olarak gözlenen serpantinleşme olayını tanımlamak için alterasyon zonlarından da örnekler alınmıştır. Arazide gözlemlenen piroksenit damarları, manyezit damarları ve serpantinleşme zonları jeoloji haritasına işlenmiştir. Çalışma alanında faaliyette bulunan krom zenginleştirme tesisi incelenerek, krom cevherinin üretim aşaması hakkında veri toplanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında ŞE-TAT Madenciliğe ait tesislerde konaklanmış ve ŞE-TAT Madenciliğin sunduğu imkanlardan yararlanılmıştır.

1.3.2 Optik çalışmalar

Çalışma kapsamında ultrabazik kayaçlardan alınan kayaç örneklerinden, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi ince kesit atölyesinde hazırlanan ince ve parlak kesitler optik ve cevher mikroskobunda incelenerek kayaçların minerolojik bileşimleri tanımlanmıştır. Kayaçların minerolojik bileşiminin yanı sıra, dokusal özellikleri, minerallerde meydana gelen alterasyon ürünleri ve başta kromit olmak üzere minerallerin kristal boyu dağılımı optik çalışmalarla belirlenmiştir.

1.3.3 Kimyasal çalışmalar

Çalışma kapsamında ultrabazik kayaçların kimyasal karakteristiklerini belirleyebilmek için, sahadan alınan numuneler üzerinde ACME (Kanada) Laboratuarları' nda ICP – MS yöntemiyle kimyasal analizler yapılmıştır. Kromitlerin mineral kimyasını ortaya çıkarmak için TÜBİTAK – MAM Malzeme Enstitüsü Electron – Micro Prob Laboratuarları' nda SEM/EDS yöntemiyle mineral kimyası analizleri yapılmıştır.

1.4 Önceki Çalışmalar

Orhaneli ve çevresi sahip olduğu jeolojik, litolojik, tektonik ve metalik ve metalik olmayan doğal kaynaklar açısından pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Aşağıda çalışma alanının da içinde kaldığı Orhaneli bölgesinde yapılan çalışmalar genel özellikleriyle yıllara göre verilmiştir.

Lisenbee, 1971: Araştırmacı Orhaneli ve kuzeyini kapsayan çalışmasında bölgedeki metamorfik, sedimanter ve magmatik kayaçları kendi içinde ayırtlamış; ultramafik-gabro kütlesinin metamorfik ve sedimanter birimler üzerinde bir bindirme levhası şeklinde yerleştiğini ifade etmiştir. Bölgede daha sonra yapılan çalışmalar için temel olan bu eserde yazar, Üst Kretase yaşlı ultramafik masifte dünit, harzburjit, piroksenit, gabro, diyabaz daykları ve serpantinit birimlerini ayırtlayarak haritalamıştır.

Sayın ve Yıldız, 1974: Yazarlar Orhaneli civarını da kapsayan nikel ve kroma yönelik praspeksiyon çalışmalarında, peridotitler üzerinde gelişmiş kızıl zonlarda bir çok yarma açmışlar ve buralardan aldıkları toprak örneklerinde %1 oranında nikel değeri tespit etmişlerdir. Çalışmaları sırasında Yapköy dereden aldıkları örneklerde ise %3.81 nikel değeri tespit etmişlerdir (MTA Rapor No:5765).

Örgün, 1992: Yazar yaptığı çalışmada Topuk – Göynükbelen (Bursa – Orhaneli) yöresi nikel oluşumlarını ve bu oluşumlardan sorumlu Topuk-Göynükbelen granitoyid sokulumu ile ultramafik kayaçları mineralojik ve jeokimyasal açıdan ele alarak incelemiştir. Sahaya ait cevher mineralojisi ve mineral kimyasını da belirtmiştir. Kalk – alkali granitik bir magmanın ürünü olan ve I – Tipi granitoyidlerin mineralojik ve kimyasal özelliklerini sergileyen sokulum ile sahada yaygın ultrabazik kayaç tipleri olan ve değişik oranlarda serpantinleşmiş dünit ve

harzburjitlerin incelenmesiyle elde edilen veriler ışığında, yazar çalışma alanında üç farklı tip nikel oluşumu geliştiğini ortaya koymuştur.

Harris ve diğ., 1994: Batı Anadolu' nun çarpışma sonrası magmatizmasını ve tektonik yapısını inceleyen yazarlar, iki kıta kenarındaki (bu günkü Tavşanlı-Sakarya Zonları) çarpışmayı takip eden süreçte mavi şist fasiyesindeki metasedimanterler içine yerleşen sokulumları çalışmışlardır. Bu sokulumlardan biri de çalışma alanımız içinde kalan Topuk sokulumunun mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini tanıtarak sokulumun yaşının Ar-Ar yöntemine göre 48–52 milyon yıl arasında (Orta Eosen) olduğunu belirtmişlerdir.

Örgün ve Aykol, 1997: Yazarlar çalışmalarında Topuk-Göynükbelen sokulumunun mineralojik ve kimyasal karakteristiklerini tanımlamışlar ve kalk alkali bir magmatizmanın ürünü olan Topuk-Göynükbelen sokulumunun (Topuk sokulumunun) I-tipi bir sokulumu olduğunu ve sokulumun ana element kimyasal bileşimine göre tonalit baskın olmak üzere, kuvars diyorit, tonalit, granodiyorit ve adamellite doğru mineralojik bir farklılaşma sergilediğini ifade etmişlerdir.

DPT, 2001: DPT tarafından 2001 yılında yapılan çalışmada krom yataklarının sınıflaması yapılmış, dünyadaki ve Türkiye'deki krom yataklarının oluşumu ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Türkiye'deki önemli krom yatakları sınıflandırılmış ve ülkemizdeki krom yataklarının hangi tür krom yatağı sınıfına girdiği bahsedilmiştir. Krom cevherinin sanayide kullanım alanları belirtilmiş, dünya ve Türkiye ekonomisine katkısı belirtilmiştir. Türkiye'nin dünya krom üretimine katkısı araştırılmış, krom üretimi açısından dünyanın önde gelen ülkeleri arasında olduğu ifade edilmiştir.

Gültekin ve Örgün, 2003: Ultrabazik kayaçların (Bursa – Orhaneli) olivin içerik ve dağılımlarını inceleyen yazarlar, bölgede ekonomik olan zonları ortaya çıkartarak üretilebilir kalitede olivin rezervi olduğunu ortaya koymuşlardır.

Çevik, 2006: Yazar yüksek lisans tezi olarak hazırladığı çalışmada, Topuk Köyü (Bursa - Orhaneli) ve civarındaki dünitlerin olivin açısından ekonomikliliğini değerlendirmiştir.

Çevik ve Örgün, 2007: Yazarlar Orhaneli Olivinleri adlı çalışmalarında, Orhaneli bölgesindeki ultrabazik kayaçlardan özellikle dünitlerden elde edilen olivin minerallerinin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinden bahsetmişlerdir. Orhaneli

bölgesindeki olivinlerin refrakter özellikleri, yüksek dayanımı ve değişik tane boyutuna sahip olmalarının sanayide önemli yer tuttuğunu belirten yazarlar, bölgedeki olivinleri, Norveç' deki olivinlerin standartlarını karşılaştırıp, Orhaneli olivinlerinin dünya standartlarına uygun olduğunu ortaya koymuşlardır.

Gültekin ve Örgün, 2008: Araştırmacılar, Bursa – Orhaneli Bölgesi Meryemkaldırımı sırtındaki nikel cevherleşmesine yönelik yaptıkları çalışmada, yaklaşık 1.2 milyon ton toplam bir rezervin bulunduğunu, ortalama içeriğinin ise % 1.1 Ni olduğunu ortaya koymuşlardır.

2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİK KONUMU

2.1 Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanını da kapsayan Orhaneli bölgesi Tavşanlı Zonu içerisinde yer almaktadır. Lisenbee (1971), Orhaneli bölgesinin genel stratigrafisini yaşlıdan gence, Paleozoyik yaşlı metamorfikler, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar, Eosen yaşlı granitoyid, volkanizma yaşı Pliyosen öncesi olarak belirlenen Tersiyer dasit volkanikleri ve Neojen Tortul birim olarak sıralamıştır. Lisenbee (1971), yaptığı çalışmada Orhaneli bölgesindeki grovakların içinde bitki kalıntıları bulmuş ve kayaçların Devoniyen yaşında olduğunu belirtmiştir.

Çalışma alanının büyük bir kısmı, İzmir – Erzincan kenet çizgisinin güneyinde yer alan ve yüksek basınç (YB) / düşük sıcaklık (DS) metamorfizması geçirmiş, kalın bir volkanotortul istif ve bu istifin üzerinde tektonik olarak bulunan ofiyolitlerden oluşan Tavşanlı Zonu içinde kalır (Örgün, 1992).

Okay (1985), yaptığı çalışmada kuzeybatı Anadolu' yu üç büyük metamorfik kuşağa ayırmıştır. Bunlar Afyon Zonu, Tavşanlı Zonu ve Karakaya Kompleksi' dir. Orhaneli ve kuzeyini de kapsayan Tavşanlı Zonu, yazar tarafından Ovacık Birliği ve Orhaneli Birliği olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Ovacık Biriminin yüksek basınç (YB) - düşük sıcaklık (DS) metamorfizması geçirmiş volkanosedimanter seriden meydana geldiğini, Orhaneli Biriminin ise bölgesel metamorfizması belirgin olan ve düzenli bir istif sunan mavişistleri kapsadığını ortaya çıkarmıştır.

Çalışma alanında en geniş yüzey alanına sahip olan ultrabazik- bazik birimler bir allokton kütle olarak hem bölgeye yerleşmesi sırasında tahrip olmuştur, hem de Eosen'de bölgeye yerleşen sokulumlar tarafından oldukça tahrip edilmiştir; bunun sonucunda da kütle kırıklı, çatlaklı ve faylı bir yapı kazanmıştır (Örgün, 1992).

Bu çalışmada da bölgedeki kayaçlar yaşlıdan gence doğru: Paleozoyik – Mesozoyik yaşlı mtamorfikler birimler, Üst Kretase – Paleosen yaşlı ultrabazik – bazik birimler, Orta Eosen yaşlı granitoyid sokulumu, Neojen yaşlı tortul birim şeklinde sıralanmaktadır.

2.2 Çalışma Alanının Jeolojisi

Yukarıda genel hatlarıyla verilen birimlerden çalışma bölgesini sınırları kapsayan birimler arazi çalışması sırasında değerlendirilmiştir. Tavşanlı Zonu içerisinde yer alan çalışma bölgesinde genel olarak ultrabazik – bazik birimler yer almasına rağmen, çalışma alanının çevresinde yer alan diğer birimler de aşağıda tanıtılmıştır. Bu birimler yaşlıdan gence doğru: Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik birimler, Üst Kretase- Paleosen yaşlı ultrabazik-bazik birimler ve Orta Eosen yaşlı granitoyid sokulumu şeklinde sıralanmaktadır. Ultrabazik-bazik birim çalışma alanında en geniş yüzey alanını kaplar. Sahadaki birimler yaşlıdan gence doğru aşağıda açıklanmıştır:

2.2.1 Metamorfik birim

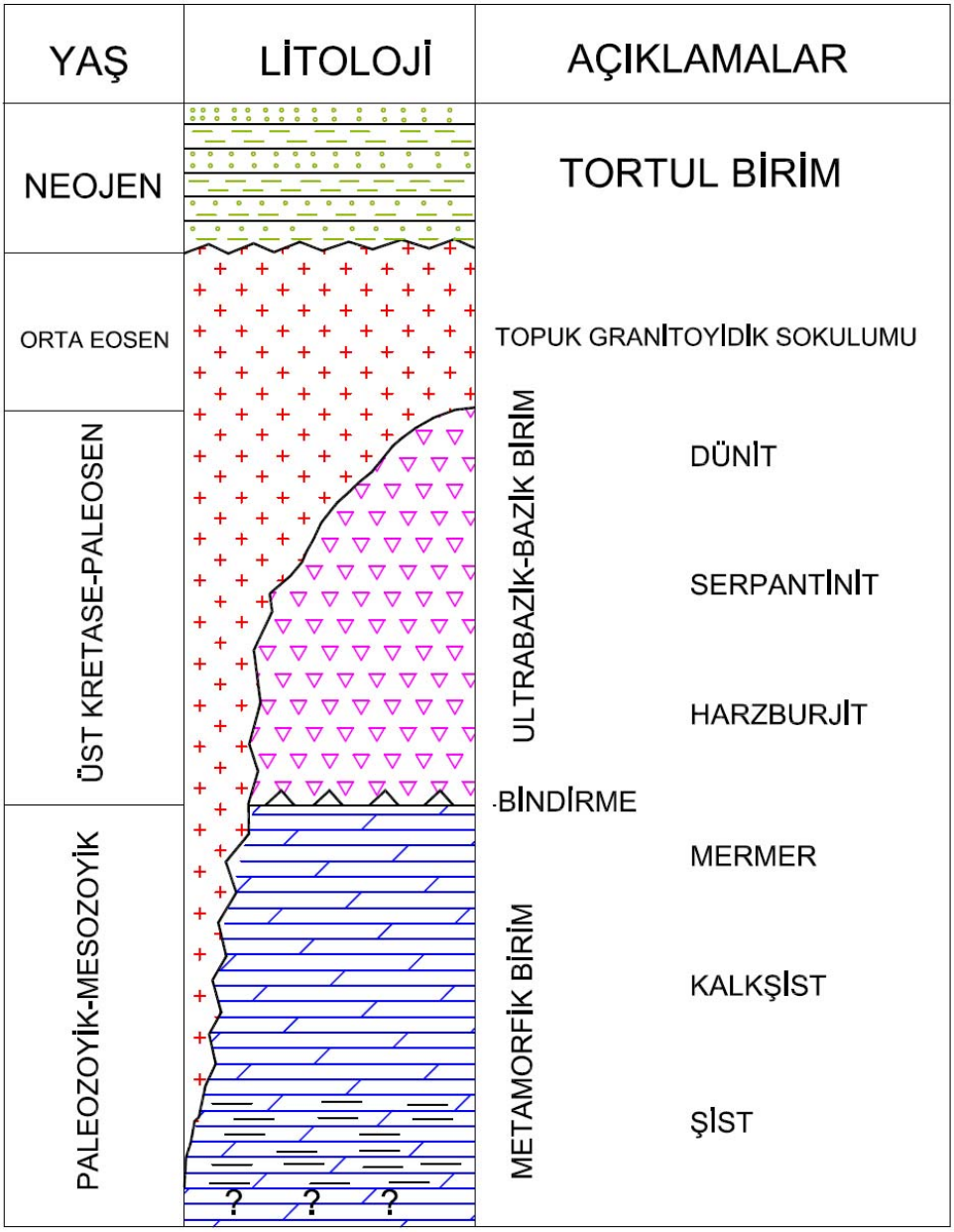
Metamorfik birimler, çalışma alanının batısı ve güneydoğusunda yer almaktadır. Fuğlatepe'yi de kapsayan Orhaneli bölgesinde yaygın mostra vermektedirler. Çalışma alanının temel kayaçlarını oluşturan Paleozoik-Mesozoik yaşlı bu birim, şist, kalkşist ve mermerden oluşan bir seridir. Erken - Orta Eosen yaşlı plütonlarla kesilen ve yer yer Paleosen - Eosen çökelleri ile transgresif olarak örtülen Mesozoyik istifi tabanda metakırıntılılarla başlar ve üste doğru mermerlere geçer; mermerlerin üzerinde, volkano - sedimanter bir istif bulunur (Okay, 1984). Metamorfik birim, grimsi, yeşil, grimsi mavi renklerde gözükmekte olup kırıklı çatlaklı bir yapıya sahiptir. Sahada şiddetli deformasyon, foliasyon, lineasyon gelişimi ve izoklinal kıvrımlanma ile tanımlanmaktadırlar.

2.2.2 Ultrabazik-bazik birimler

Çalışma alanın tamamını Üst Kretase – Paleosen yaşlı ultrabazik – bazik birimler kaplamaktadır. Üst Kretase – Paleosen zamanında bir bindirme levhası olarak Paleozoik-Mesozoik yaşlı metamorfik birimler üzerine gelmiştir (Lisenbee, 1971). Dünit ve harzbujit birim içinde en geniş alanı kaplamaktadır. Piroksenit ve manyezit damaları da masif içinde yer almaktadır. Tektonik bakımdan yoğun bir bölgede olan birim Paleojen yaşlı graitoyid sokulum tarafında kesilmiş olup kırıklı, çatlaklı bir yapı göstermektedir. Çalışma alanını da kapsayan Orhaneli bölgesine ait genelleştirilmiş dikme kesit Şekil 2.1'de görülmektedir.

2.2.2.1 Dünit

Dünitler, çalışmanın konusunu oluşturan krom cevherlerinin elde edildiği ana kayaç topluluğudur. Çalışma alanında sarımsı – açık kahverengi, kahverengi, siyah renkte gözükmekte olup, taze yüzeylerinde sarımsı – yeşil, koyu yeşil renklerinde gözükmektedir.



Şekil 2.1 : Orhaneli bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Çevik, 2006, ölçeksizdir).

Birim kuzeyinde bulunan Topuk Granitoyid sokulumu tarafından kesilmektedir. Birim, granitoyid sokulumuyla kontak yaptığı yerlerde serpantinleşmeye maruz kalmıştır. Serpantinleşmeyle birlikte damarlar halinde manyezit oluşumları birim içerisinde gözlenmektedir.

Dünitler hem allokton bir yapı göstermesi hem de Topuk granitoyidik sokulumu tarafından kesilmiş olması nedeniyle kırıklı, çatlaklı bir yapı göstermektedir. Aşırı kırıklı çatlaklı yapıya sahip olan dünitler sahada sarımsı – açık kahverengi renktedir ve kolayca parçalanabilmektedirler (Şekil 2.2). Kahverengi renge sahip olan dünitler orta sertliktedir ve daha az bir kırıklı çatlaklı yapı göstermektedir. Siyah renge sahip olan dünitler ise oldukça sert kaya özelliği göstermektedir. Masif bir kütle şeklinde mostra vermekte olup kırıklı çatlaklı yapı yok denecek kadar azdır.

Dünitler yoğun bir şekilde manyezit damarları tarafından kesilmiştir. Manyezit damarlarıyla birlikte yer yer piroksenit damarları ve faylar da dünit birimi içinde gözlenmiştir. Çalışma alanında serpantinleşme oldukça yaygındır. Serpantinleşmenin olduğu yerlerde dünit birim oldukça sert bir yapı göstermektedir. Kromit mercekleri, birim içinde yoğun bir şekilde gözükmektedir. Genellikle saçılmış taneler şeklinde gözlenen kromit oluşumları yer yer bantlı oluşumlar göstermişlerdir. Şekil 2.2'de de gözüktüğü üzere sahadaki dünit kayaçları içinde sıklıkla manyezit oluşumları izlenmektedir.



Şekil 2.2 : Sahada sıklıkla gözlenen dünitlere ait bir görüntü.

2.2.2.2 Serpantinit

Serpantinleşme, esas olarak ultramafik kayaçların birincil magmatik mineralleri ile su arasındaki bir hidratasyon tepkimesidir. (Örgün, 1992). Serpantinleşme olayının meydana gelmesinde, oto – hidroliz, post mağmatik hidrotermal çözeltiler, deniz suyu, yüzeyde ve sığ derinliklerde dolaşan meteorik suların ve ayrıca ultramafik kayaçların bugünkü yerlerini alırken etkilendikleri bölgesel ve dinamotermal metamorfizmanın etkili olduğu saha ve laboratuar çalışmalarıyla ortaya konmuştur (Coleman, 1977). Çalışma sahasında serpantinleşme yoğun bir şekilde gözlenmektedir. Serpantinleşmenin olduğu kısımlarda alterasyon yoğundur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Yüksek oranda serpantinleşmenin görüldüğü dünitlere ait birimler.

2.2.3 Topuk granitoyidik sokulumu

Çalışma alanının kuzey doğusunda geniş yer kaplayan Topuk granitoyidik sokulumu, Tavşanlı Zonu içerisinde yer almakta olan Üst Kretase – Paleosen yaşlı bazik – ultrabazik birimi kesmiştir. 48-Ma-yaşlı Topuk plütonu Orhaneli Grubu içerisinde yer alan mavişistlerle birlikte peridotitleri kesmekte olup, bu birimlerle tektonik dokanak oluşturmaktadır (Okay ve diğ., 1998). Yüzeyde ileri derecede ayrışarak

arena haline gelen ve yörede yumuşak eğimli geniş tarım sahaları oluşturan açıkgri – grimsi beyaz renkli birimin, ultramafik ve metamorfik kayaçlarla olan ve birkaç metreden on metreye değişen dokanakları çoğunlukla grifttir (Şekil 2.4). Klorit, epidot, gröna gibi tipik kontakt metamorfizma minerallerinin oluştuğu bu kontaklarda, ultramafik kayaçların ileri derecede kırılıp – parçalandığı ve serpantinleşme derecelerinin arttığı gözlenmiştir. Kontaklarda artan serpantinleşmeyle birlikte çeşitli manyezit ve talk oluşumları da meydana gelmiştir (Örgün., 1992).



Şekil 2.4 : Topuk Köyü civarında gözlenen granitoyid sokulumun genel görünümü.

Topuk granitoyid sokulumu, kendi magmasının geç ürünleri olan, aplit ve pegmatit damarları tarafından sıkça kesilmiştir. Sokulumda anklav ve eksfoliasyon olayları da oldukça yaygındır. Yüzeyde ileri derecede arenalaşmış olan sokulum, ultrabazik ve metamorfik birimlerle olan dokanaklarında kompleks zonlar oluşturmuşlardır. Erozyonla açığa çıkmış bu kütlenin güney kontaklarında hidrotermal kökenli çeşitli nikel, demir, bakır ve manganez cevher mineralleri saptanmıştır. Dokanaklarda klorit, epidot ve gröna tipik mineraller olarak izlenmektedir (Örgün, 1992). Örgün ve Akyol (1997), yaptıkları kimyasal inceleme ile sokulumun alt birimlerinde iz elementlerin sergilediği dağılımın, çarpışma sonrası granitoyidlerin sergilediği özelliklerle uyumlu olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Sokulum güneyden

ultrabaziklerle dokanak yapmıştır. Granitoyid sokulumun ultrabazik kayaçlarla kontak yaptığı sınırlarda serpantinit zonları gelişmiştir. Ultrabazik kayaçlar serpantinleşmiş ve bazı yerlerde manyezit oluşumları meydana gelmiştir.

2.2.4 Çalışma alanının tektonik konumu

Batı Anadolu, birbirinden stratigrafik, yapısal ve metamorfik özellikleri ile ayrılan, Erken Tersiyer' de araya giren Tetis okyanusal litosferlerini yok eden kuzeye dalımlı dalma – batma zonlarını takiben, Alpin Orojenezi süresince kıta – kıta çarpışmalarıyla bir araya gelen farklı kıtasal parçalardan oluşmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1989).

Alp dağ zinciri, Geç Mesozoyik ve Tersiyer boyunca, Avrasya ve Gondvana' nın çarpışmasıyla oluşmuştur. İki megakıtanın çarpışma sınırı, İtalya' daki Alplerden Türkiye' deki Torid ve Pontidlere uzanmaktadır. Bu zon, bir sürüklenim örtüsü, ofiyolitler, pelajik sedimentler ve yüksek basınç (YB) / düşük sıcaklık (DT) ortamında oluşmuş metamorfik kayalarla belirginleşmiştir. İzmir – Erzincan levha sınırıyla ayrılan Pontid ve Anatolidler, kuzeybatı Türkiye' deki iki ana tektonik birimi oluşturur. Toridlerin kuzey uzantısını oluşturan, metamorfizmaya uğramış Anatolidler birkaç zonu kapsar (Okay, 1984).

Anatolid – Torid Bloğu' nun kuzey kenarı, yerin 70 km derinliğin üzerinde yüksek basınç – düşük sıcaklık metamorfizmasına maruz kalmıştır. Bu ofiyolit bindirmenin erozyonel kalıntıları Anatolid – Torid Bloğu boyunca oluşmuştur. Paleosendeki kıtasal çarpışmanın başlangıcıyla birlikte, Anatolid – Torid Bloğu içten kaymış ve güneyden güney doğuya sınır bindirme kümesi oluşturmuştur (Okay, 2010).

Anatolid – Torid Bloğu, Pontid Bloğu' nun aksine Türkiye' nin güney kütlesini oluşturmakta olup, Arap Platformu' na benzer Paleozoyik – Mesezoyik stratigrafi gösterir (Şengör ve Yılmaz, 1981). İzmir – Ankara Süturu' nun güneyini oluşturan Anatolid - Torid Platformu, genel olarak geç Triyas deformasyonu ve metamorfizmanın olmayışı ve iyi gelişmiş kalın Trias- Kretase platform karbonat sekansları ile karakterize edilir (Okay ve diğ., 1994). Çalışma alanını kapsayan Tavşanlı Zonu, Türkiye' nin iki ana levha sınırlarından biri olan İzmir – Ankara – Erzincan kenet çizgisinde yer almaktadır. Bursa ve Nallıhan arasında kalan İzmir - Ankara süturunun yakın güneyi, Tavşanlı Zonu, Anatolid - Torid platformunun kuzeyde batan pasif kıtasal kenarını temsil eden 50 km genişliğinde uyumlu (yapışık)

bir mavişist kuşağı oluşturur. Batı kenarı ise mesozoik kireçtaşı blokları içeren bir Geç Kratese – Paleosen filiş zonu (Bornova Filiş Zonu) ile kontakt halindedir (Okay ve diğ., 1994).

Okay (1984), Kuzey Anadolu' da mavi şist fasiyeslerine ait birliklerin, Jura ve Erken Kratese süresince Neo-Tetis okyanusunu karşılayan Torid levhasının kuzey pasif kıtasal kenarında, Tavşanlı Zonu' nda açığa çıktığını belirtmiştir. Orhaneli sahasındaki mavi şistler akreksiyonel bir kompleks ve kalın bir peridotit dilimi tarafından tektonik olarak üzerlenmiş metamorfize klastik – kireçtaşı ardalanması oluşturmaktadır. Mavi şistler kuvvetlice deforme olmuş ve iyi gelişmiş foliasyon, izoklinal kıvrımlanma ve doğu – batı yönelimli mineral lineasyonu göstermektedirler (Okay ve diğ., 1998).

Kuzeybatı Türkiye' deki mavi şistler, metaklastik kayaçlar ve mermerin domine ettiği batan bir pasif kıtasal kenar sekansını temsil etmektedirler. Mavi şistler ve üzerini örten peridotit gövdeleri, 10 km. derinliğe yerleşmiş 48 – 53 milyon yaşlı granotoyid gövdeleri tarafından kesilmiştir (Okay ve Kelley, 1994). Geç Kratese mavi şistleri, kuzeybatı Türkiye' de (Tetis, İzmir – Ankara süturunun güneyi) 40 km. genişlik ve 250 km. nin üzerinde bir uzunlukta uyumlu bir metamorfik kuşak oluştururlar. Sınır, Tetis okyanusal litosferin kuzeye doğru batmasının ve Geç Kratese' den Erken Tersiyer' e kadar süren kuzeybatı Türkiye' deki mavişist kuşağı tarafından temsil edilen kuzey levhasının (aktif kenarı ve güney levhasının pasif kenarı arasındaki kıtasal çarpışmanın sonucudur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1986). Bölgede geniş alanlar kaplayan ultrabazik – bazik birim Kratese süresince allokton bir kütle olarak bölgeye yerleşmiştir. Çalışma alanı içerisinde Orhaneli ultrabazik masifi olarak adlandırılan birim, gerek yerleşimi sırasında, gerekse de daha sonradan bölgeye yerleşen Eosen sokulumları tarafından oldukça tahrip edilmiş, bol ezikli, kırıklı, çatlaklı, faylı bir yapı kazanmıştır (Örgün, 1992).

2.2.5 Tortul birim

Neojen yaşlı tortul birim, Fuğlatepe ve civarında yer kaplayan ultrabazik kayaçların üzerine uzanmıştır. Bu birim içinde ultrabazik kayaçlara ve serpantinitlere ait kayaç parçacıkları yer almaktadır.

3. KROM YATAKLARININ OLUŞUMU

3.1 Genel Bilgiler

Dünya genelindeki krom yatakları incelendiğinde, kromitin peridotitler içinde magma kristalleşmesinin başlangıç aşamasında, farklılaşma sonucunda ayrılarak kristalleştiği belirlenmiştir. Krom yatakları erken magmatik evrede, kristalleşme evresinde ortaya çıkarlar. Yeryüzündeki kromit yataklarının hepsi, ofiyolitik komplekslerdeki bazik ve ultrabazik kayaçlar içerisinde yer almaktadırlar. Yer kabuğunun doğal bileşenlerinden biri olan krom; metalurji,kimya ve refrakter sanayinin temel elementlerinden biridir. Krom cevherinin ekonomik olarak değerlendirldiği minerali ise kromittir. Kromit, mineralojik olarak spinel grubuna ait bir mineral olmakla birlikte, küp sisteminde kristallenmektedir. Kromitin teorik formülü $FeCr_2O_4$ olup, doğada bulunan kromit mineralinin formülü $(Mg,Fe)(Cr,Al,Fe)_2O_4$ olarak verilmektedir.

Kromit mineralinin bazı fiziksel özellikleri şöyledir:

Özgül ağırlığı : 4.1 - 4.9 g/cm^3
Sertliği : 5.5
Rengi : Parlak siyah
Çizgi rengi : Kahverengi

3.1.1 Dünya'da krom yataklarının oluşumu

Kromit minerali ve krom yatakları kökensel olarak ilişkili oldukları ultrabazik kayaçlar içinde bulunurlar. Ultrabazik kayaçların oluşturduğu hamura gömülü kromit kristalleri krom cevherini oluşturmaktadır. Ultrabazik hamur malzemesi içinde kromit kristallerinin bulunma yoğunluğu, dokusal ve yapısal özellikleri krom cevherinin masif, dissemine, nodüllü, orbiküler, bantlı, masif bantlı ve dissemine bantlı gibi özellikler sergilemesini sağlar. Kromit cevherleşmesi ana kayacın petrografik özelliklerine, yatağın geometrisine ve oluştuğu ortamın tektonik ortamına göre stratiform ve podiform yataklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Stratiform

yataklar, kilometrelerce devamlılık gösteren tabakalı yataklardır. Yapısal olarak büyük bir karmaşıklık göstermezler. Küçük tane boylu, düzgün kristal şekilli, Cr/Fe oranı düşük ve yüksek demirli cevher içerirler. Podiform yataklar, alpin orojeneziyle oluşmuş dağ kuşaklarının ofiyolitik serilerine bağlı olarak gözlenmekte olup alpin tip krom yatakları olarak da bilinirler. Bu yataklara bağlı krom cevherleri, düzensiz kristal şekilli, Cr/Fe oranı yüksek ve yüksek kromlu cevher içermekte olup karmaşık bir yapı sergilemektedir. Stratiform ve podiform krom yataklarının karşılaştırılması Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Stratiform ve podiform tipteki kromit yataklarının çeşitli açılardan karşılaştırılması (Zedef, 1995)

Özellik	Stratiform	Podiform
Yanal Uzanım	Kilometrelerce	Birkaç on metre ile sınırlı
Morfolojik Şekil	Kalınlıkları birkaç metreye kadar olan bantlar şeklinde	Mercek ve yığın şeklinde
Endüstride Kullanımı	Genellikle refrakter	Genellikle metalürjik
Rezerv	Milyonlarca ton	En fazla birkaç milyon ton, genellikle 100.000 tondan az
Cr_2O_3 Tenörü	Düşük	Yüksek
Tektonizma	Ya hiç yok, ya da çok az	Fazla
Kromitin Oluşum Yaşı	Prekambriyen	Prekambriyen sonrası
Dünya Üzerindeki Dağılımı	Çok sınırlı, sadece G. Afrika, Zimbabwe, Finlandiya ve Grönland	Ultramafik kayaçların bulunduğu her yerde; Urallar, Türkiye, Macaristan, Yunanistan.

3.1.2 Türkiye'de krom yataklarının oluşumu

Türkiye'de bulunan krom yatakları, Alpin Orojenezi sırasında oluşmuş dağ kuşaklarının ofiyolitik serilerine bağlı olarak yerlerini almışlardır. Bu nedenle Türkiye'deki krom yatakları Alpin tip krom yatağı sınıfına girmektedirler. Bu yataklar, geniş alanlara yayılmış olup ultrabazik kayaçlar içerisinde yer almaktadır.

Alpin tip krom yataklarının karakteristik özelliği karmaşık bir yapıya sahip olmaları ve küçük boyutta kristaller içermeleridir. Kromit kütlelerinin boyu birkaç cm'den, 100 m'yi geçen uzunluğa ulaşabilmekteyse de genelde bu uzunluk 4-5 metre kadardır. Kalınlıklarının ise bazı durumlarda 5 m'yi geçebildiği biliniyorsa da bu değer genelde 2-3 m kadardır. Türkiye'deki krom yataklarında kromitin Cr_2O_3 tenörü stratiform tipteki krom yataklarındakilerine göre daha geniş bir aralıkta değişmekte, buna karşılık FeO içeriği fazla değişiklik göstermemektedir. Coğrafi yönden krom yataklarının dağılımını 6 bölgede toplamak mümkündür. Bunlar önem sırasına göre şöyle verilebilir:

a) Guleman (Elazığ) yöresi

b) Fethiye – Köyceğiz – Denizli yöresi

c) Bursa – Kütahya – Eskişehir yöresi

d) Mersin – Karsantı – Pınarbaşı yöresi

e) Erzincan – Kopdağ yöresi

f) İskenderun – Kahramanmaraş yöresi (Kıdıman, 2009).

3.2 Çalışma Alanında Krom Yataklarının Özellikleri

Çalışma sahasını da kapsayan Orhaneli bölgesi Tavşanlı Zonu içerisinde yer almaktadır. Tavşanlı Zonu tektonik bir istif olmakla birlikte, bu istifin en üstünde büyük ölçüde peridotitlerden meydana gelen ofiyolitik kütleleri yer almaktadır. Ofiyolitik kütlelerin içinde yoğun olarak bulunan peridotitler dışında, az oranlarda gabro, piroksenit ve diyabaz daykları bulunmaktadır. Bu ofiyolitik kütlelerin üzerine sokulum yaparak gelen Eosen yaşlı granodiyoritik sokulumları, bölgeyi tektonik olarak daha aktif bir hale getirmiştir. Çalışma alanı olan Fuğlatepe'yi de kapsayan Orhaneli bölgesindeki krom yatakları, tektonik açıdan yoğun bir alana yayılan peridotitler içinde bulunmaktadır.

Orhaneli bölgesini içine alan Bursa – Kütühya – Eskişehir yöresi Türkiye' nin önemli kromit yataklarına sahiptir. Bu yöredeki kromit yatakları Alpin tip kromit yatağı sınıfına girmektedirler. Çalışma alanını oluşturan Fuğlatepe ve civarında geniş alan kaplayan dünitler, bu bölgedeki kromit yataklarının yan kayacı durumundadır. Dünitler, yörede etkin olan tektonizmanın ve sonradan sokulum yaparak bölgeye

yerleşen granodiyoritik plütonlar sebebiyle kırıklı – çatlaklı bir yapıya sahiptir. Bu durum düzensiz bir yataklanma gösteren Alpin (podiform) tip kromit yataklanmasıyla uyum göstermektedir.

Fuğlatepe ve civarında bulunan kromit yatakları, yan kayacı olan dünitlerin içinde yer almaktadır. Kromit yatakları, düzensiz bir şekilde yataklanmış olup, bol miktarda kromit oluşumu gözlenmektedir. Fuğlatepe kromit yataklarının morfolojileri çok düzensiz olduğu için, yönelimleri hakkında kesin fikir sahibi olunamamaktadır. Kromit oluşumları, bol miktarda saçınımlı bir şekilde gözlenmiş olmakla birlikte, masif ve bantlı bir şekilde de bulunmaktadır. Bununla birlikte bu kromit oluşumları birbirleri ile karışık bir halde bulunmaktadır. Saçınımlı bir şekilde bulunun kromit kristalleri, bantlı bir oluşum sergileyen kromit kristalleri ile geçiş yapmaktadır. Bu değişikliklerin büyük bir kısmı magma odasında kromit çökelmesi sırasında hüküm süren fiziko kimyasal koşulların değişiminden kaynaklanırken, bir kısmı da ofiyolitik masiflerin kıta üzerine bindirmesi sırasında ve bindirmeden sonraki tektonik olaylardan kaynaklanmıştır (Anıl, 1990).



Şekil 3.1 : Ezik zonlu dünitlerdeki saçınımlı kromit oluşumları.

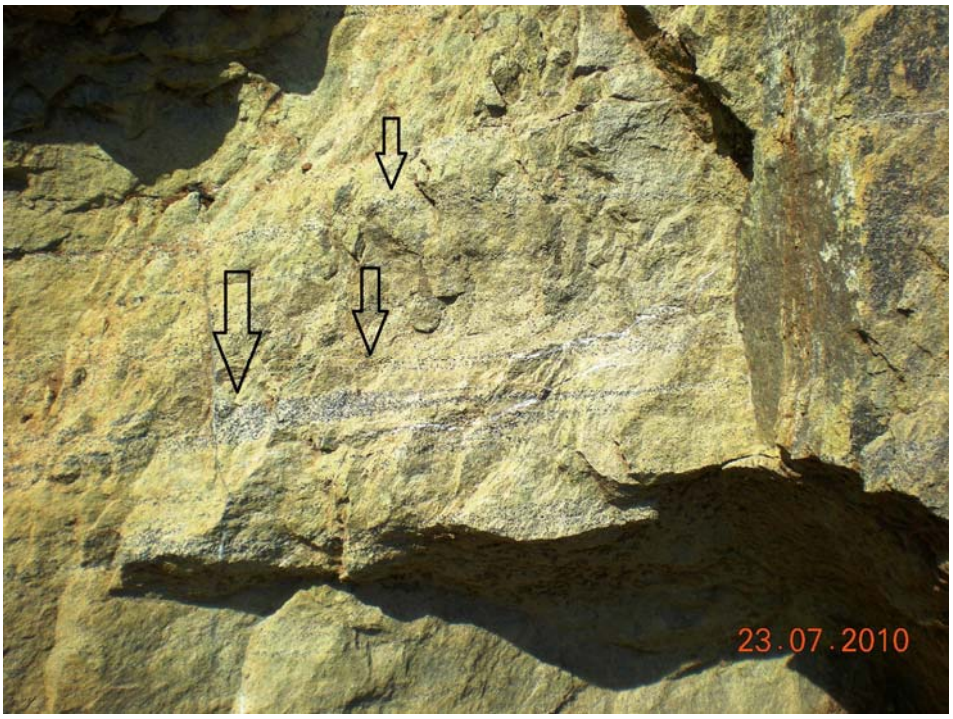
Bölgede geniş alan kaplayan dünitler, arazide sarımsı – kahverenginde ve siyahımsı renkte görülmektedir. Sarımsı – kahverenginde olan dünitler kırıklı – çatlaklı, ezik bir zon oluşturmaktadır. Şekil 3.1'de de görüldüğü üzere saçınımlı kromit

oluşumları, kırıklı – çatlaklı yapı gösteren dünitler içinde kolaylıkla seçilebilmektedirler. Siyahımsı renkte olan dünitler masif bir yapıda olup oldukça sert özelliktedir. Masif özellik gösteren dünitler içindeki kromit oluşumları zorlukla seçilebilmektedir. Ezik zonlu dünitler ile masif özellikteki dünitler yer yer kontak yapmaktadır. Şekil 3.2'de masif dünit zonu ile zayıf dünit zonu kontak yaptığı yerlerden biri görülmektedir. Şekil 3.2'ye bakıldığında siyahımsı renkte görünen masif dünit zonundaki kromit oluşumları güçlükle ayırt edilebilirken, sarımsı – kahverengindeki dünit zonundaki kromit oluşumları kolaylıkla görülebilmektedir. Saçınımlı kromitlerin en belirgin özelliği kromit kristallerinin küçük boyutlu olmasıdır. Saçınımlar belirli bir yönde gelişmemiştir.

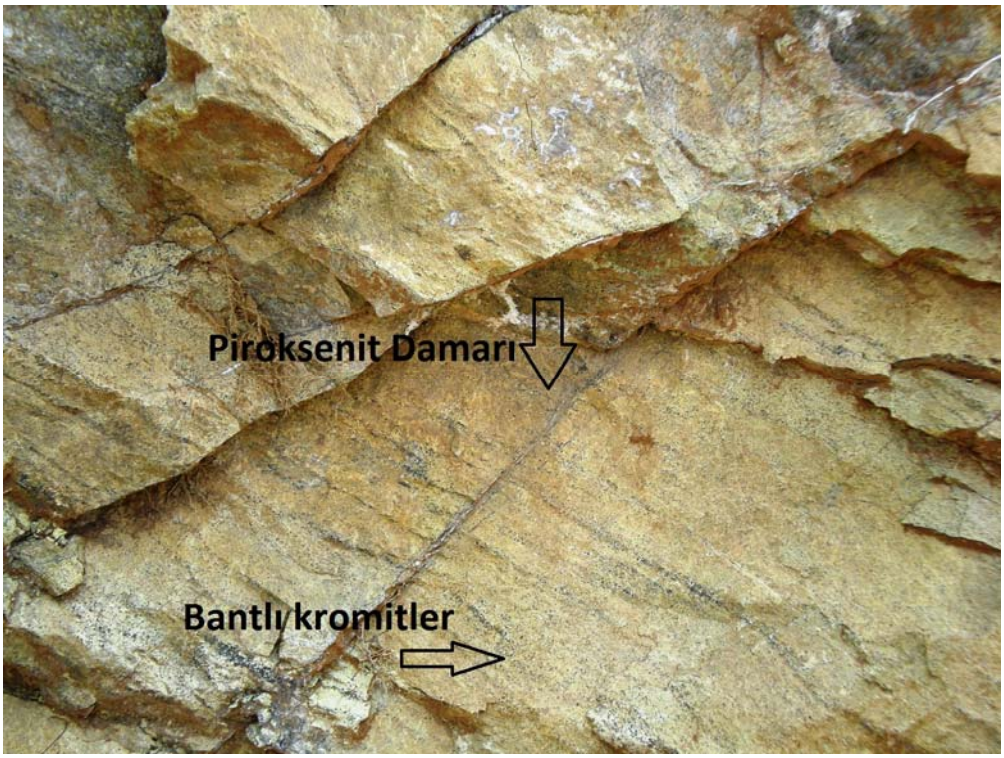


Şekil 3.2 : Masif dünit zonu ile ezik dünit zonunun kontak yaptığı yer.

Bölgede yoğun olarak gözlenen saçınımlı kromitler, bazı cevher zonlarında bantlı oluşum sergileyen kromitlerle geçiş yapmaktadır. Bantlı kromitler, saçınımlı kromitlerde olduğu gibi belirli bir yönelime sahip olmamakla birlikte, kalınlıkları 0.1 mm – 15 cm. arasında değişmektedir. Şekil 3.3'de görüldüğü üzere birbirlerine paralel bir şekilde uzanım göstermektedirler. Bantlı kromitler ile piroksenit damarları birbirlerine dik kesecek şekilde bir uzanım göstermektedirler (Şekil 3.4).



Şekil 3.3 : Bantlı kromit oluşumları.



Şekil 3.4 : Bantlı kromitler ve piroksenit damarı.

4. MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK ÇALIŞMALAR

4.1 Mineralojik ve Petrografik Özellikler

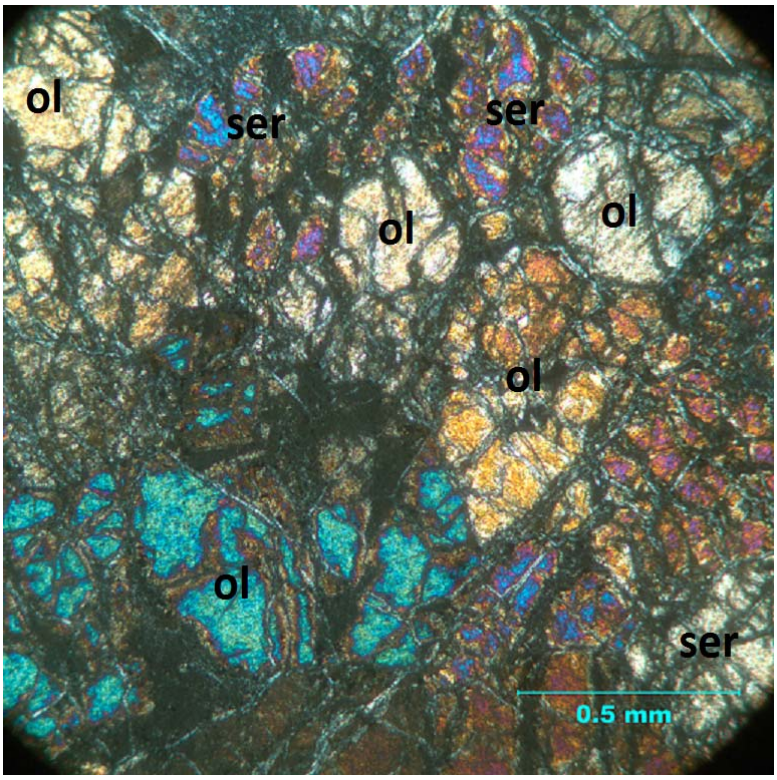
Çalışma alanı içinde bulunan ultrabazik kayaçlar dünit, piroksenit ve serpantinitlerle temsil edilmektedir. Bu bölümde dünitlerden alınmış örneklerin mineralojik inceleme sonuçları verilmiştir. Alınan örneklerin ince kesitleri İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit atölyelerinde hazırlanmıştır. Bu örneklerden ince kesitler polarizan mikroskopta incelenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.1 Dünit

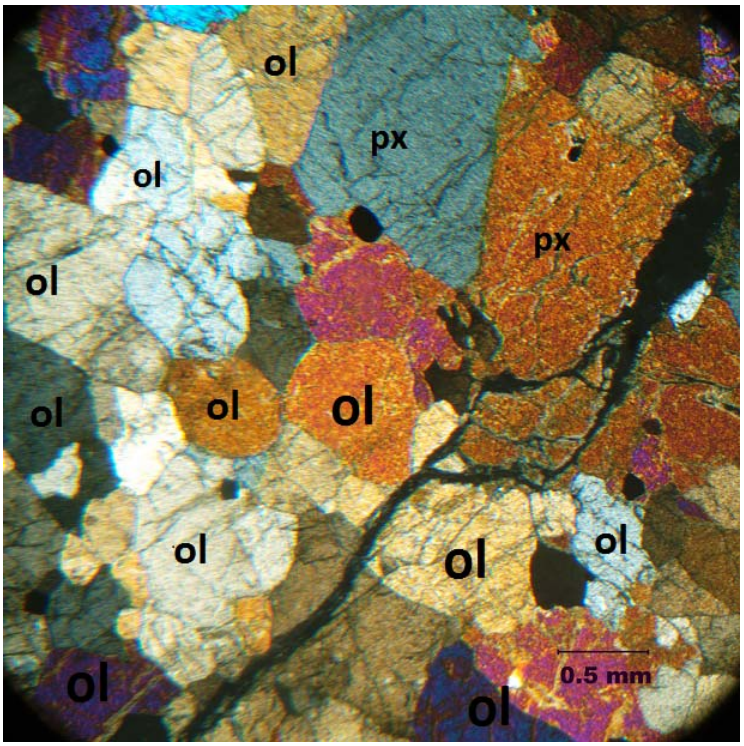
Dünit, kaba taneli veya fenaritik bir doku gösteren, ultrabazik bileşimli bir magmatik (plütonik) kayaçtır. Fe ve Mg açısından zengin bazik magmadan türemiş ultrabazik kayaçların olivince zengin uç üyesi olan dünitler, çalışma alanında açık sarımsı yeşil renkte ince kristal boyutunda, kahverengi renkli iri kristalli ya da siyahımsı renkli olarak gözlenmektedir. Mikroskop çalışmalarından elde edilen sonuçlar çalışma alanında bulunan taze dünitlerin ortalama olarak % 90' dan daha fazla olivin,% 1-5 serpantin, % 1-4 opak mineraller (kromit, manyetit, pirit) ve %1-2 oranında kalsit ve klorit gibi ikincil ayrışım ürünlerinden meydana geldiği ortaya konmuştur. Serpantinleşmiş dünitlerde ise olivin oranı oldukça azalmış olup serpantinitlere dönüşmüşlerdir. Sahada daha önce çalışan araştırmacılar belirtilen bu mineralojik bileşime %1'den az piroksen ve %1' den az manyezit ve talkın da eşlik ettiğini ifade etmişlerdir. Şekil 4.1'de sahadaki dünitlerin genel mineralojik bileşimini gösteren bir 20 no'lu örneğe ait ince kesit görüntüsü verilmiştir.

4.1.1.1 Olivin

Yapılan mikroskop çalışmalarında olivinlerin genellikle yarı öz, öz şekilli kristal halinde bulunduğu gözlemlenmiştir. Olivin kristalleri mikroskopta I. mertebenin gri renginden IV. mertebenin sarı, mavi, kırmızı, mora kadar değişik renklerde tanımlanmıştır. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de çalışma alanındaki dünitlerde gözlenen olivin kristalleri görülmektedir. Çalışma alanında tektonizmanın etkisi sonucu gelişen deformasyonlar ince kesitlerde net olarak gözlenmektedir (Şekil 4.6).

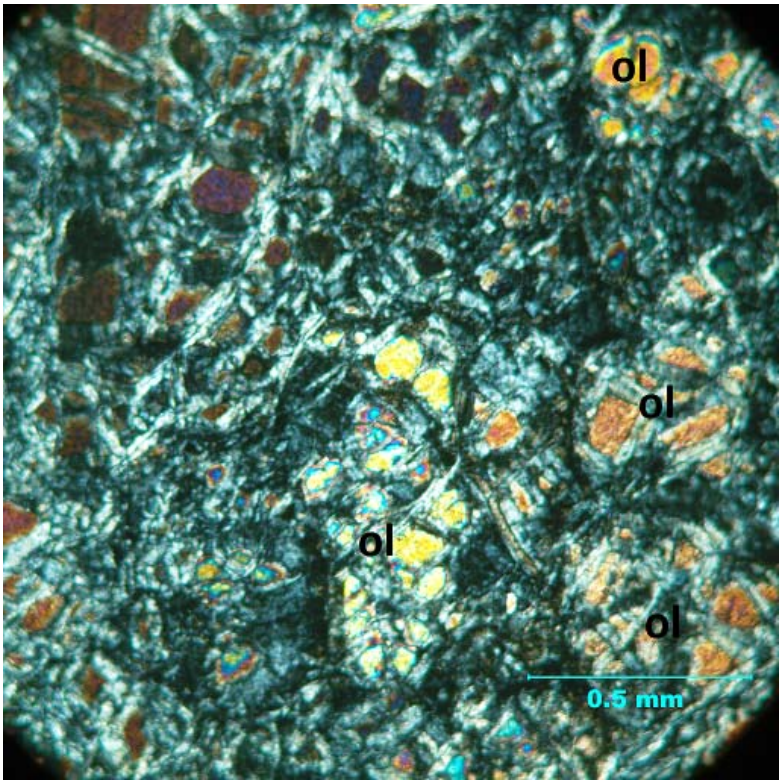


Şekil 4.1 : Dünitlere ait genel mikroskop görüntüsü (Çift Nikol, ol:olivin ser:serpantinit).



Şekil 4.2 : İri kristalli olivinlerin mikroskoptaki görünümleri (Çift Nikol, ol:olivin, px:piroksen).

Çalışma sahasında meydana gelen deformasyon sonucunda, olivin kristallerinde bol miktarda kırıklı, çatlaklı, ezikli, bir durum söz konusudur. Olivinlerde bu kırık ve çatlaklar ile kenarlardan itibaren farklı oranlarda serpantinleşmeler gelişmiştir.



Şekil 4.3 : Yüksek oranda serpantinleşmeye uğramış olivin kristalleri (Çift Nikol).

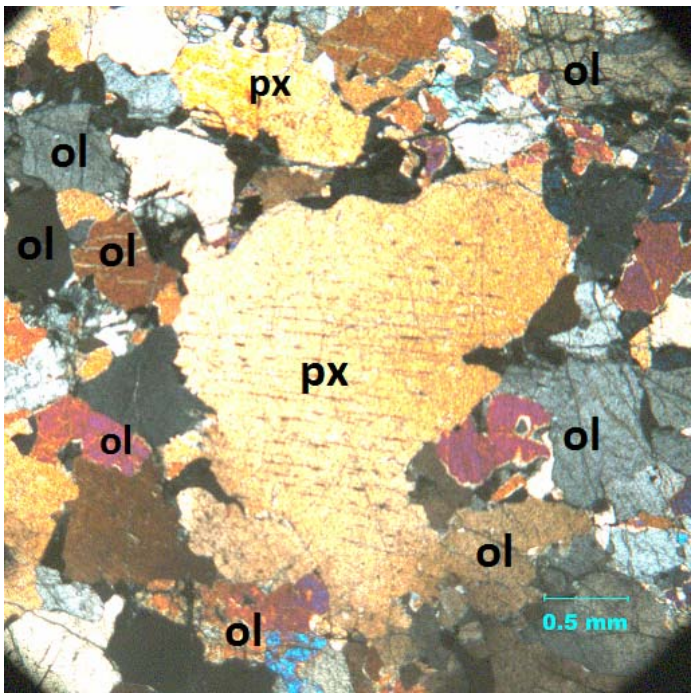
4.1.1.2 Piroksen

Dünit kayacı içerisinde az miktarda piroksen kristalleri gözlenmiştir. Piroksen kristalleri olivin kristallerine göre daha iri boyutta olup belirgin dilinimli yapı gösterdikleri görülmüştür. Piroksenler Şekil 4.4'de görüldüğü üzere çift nikolde sarımsı renkte olup, röliyefleri yüksektir. Piroksenler esas olarak monoklinik (ojit) türüdür. Ancak nadiren diopsit türü piroksenlere de rastlanılmıştır.

4.1.1.3 Serpantin mineralleri

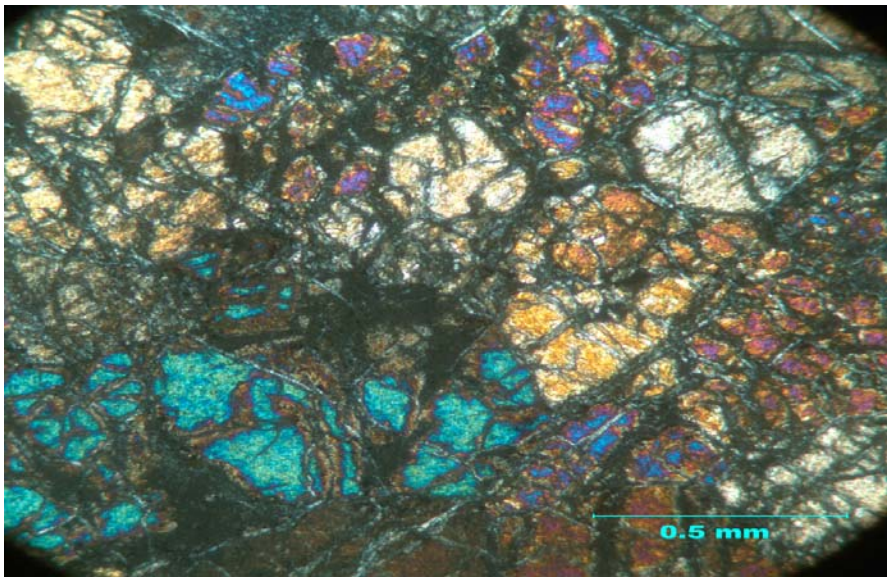
Serpantin grubu mineralleri ultrabazik kayaçların hidrotermal alterasyonuyla oluşan en yaygın ikincil mineraller grubudur. Bu mineraller serpantinitlerin temel kayaç yapıcı minerali iken dünitlerde olivin ve kromite eşlik eden tali mineral konumundadır. Çalışma alanında serpantinleşme özellikle dünit birimi ile Topuk granitoyidik sokulumunun dokanağında ileri derecede gözlenmektedir. Bununla

birlikte dünitin maruz kaldığı tektonik olaylara bağlı olarak gelişen kırık ve çatlakların olduğu her yerde de değişen oranlarda serpantinleşme gözlenmiştir.

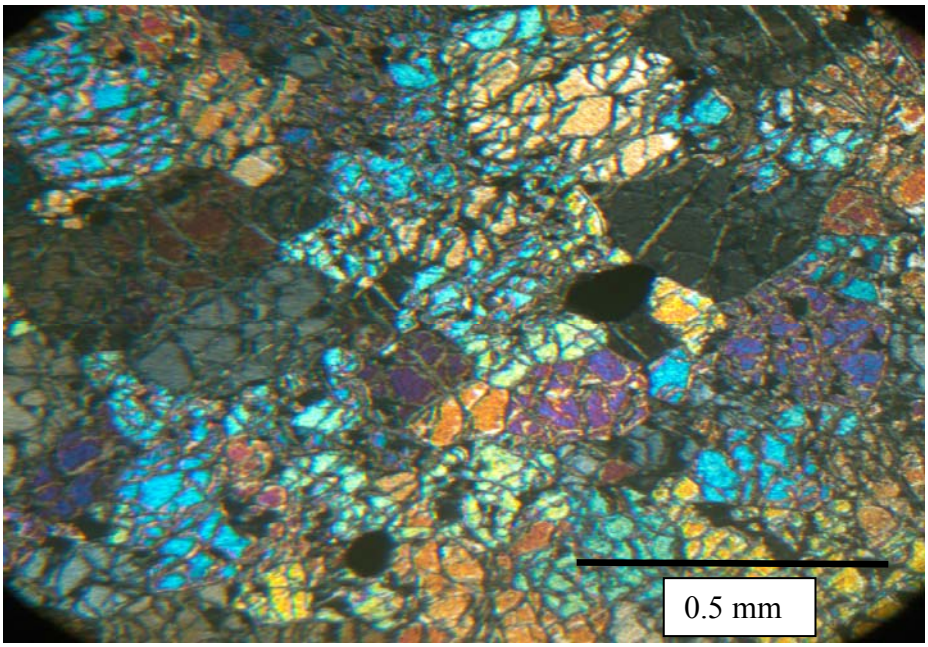


Şekil 4.4 : İri boyutlu piroksen kristalleri (Çift Nikol, ol:olivin, px:piroksen).

Dolayısıyla serpantinleşme çalışma alanında son derece düzensiz dağılmıştır. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi serpantin mineralleri, olivinlerin kırık, çatlak ve kenarlarından itibaren gelişmiştir ve damarcıklar şeklinde ve elek dokusu oluşturan ağ yapısında gözlenmiştir. Sahada daha önce yapılan çalışmalarda serpantin grubu mineralleri temsilen lizardit ve klinokrizotil tanımlanmıştır.



Şekil 4.5 : Olivin kristallerinin serpantinleşmesine ait bir görüntü (Çift Nikol).



Şekil 4.6 : Olivin kristallerinde görülen deformasyon lamelleri (Çift Nikol).

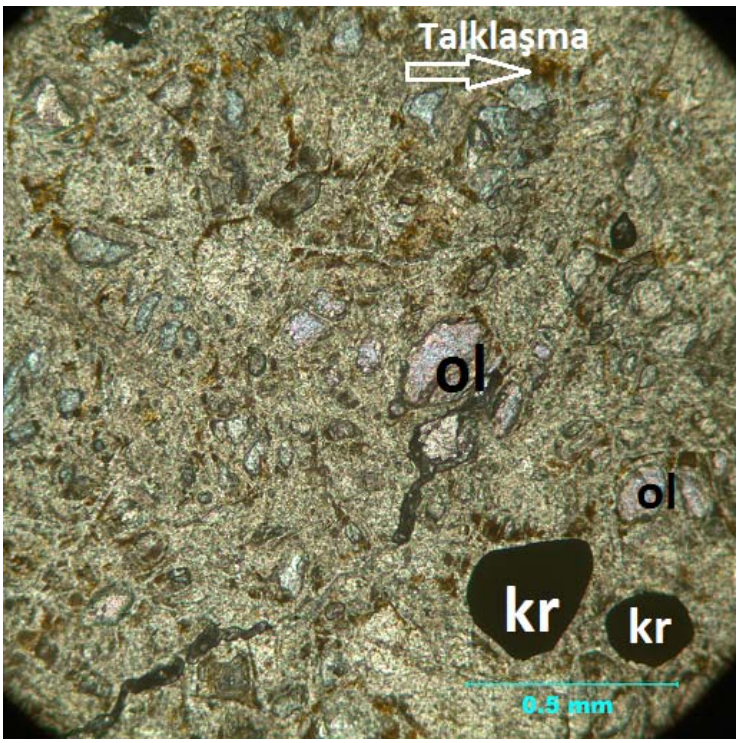
4.1.1.4 Opak mineraller

Mikroskopta incelenen ince kesitlerde çok sayıda opak mineral olduğu gözlenmiştir. Çalışmanın ana konusunu oluşturan kromit minerali ve manyetit minerali ince kesitlerde gözlenen opak mineralleri oluşturmaktadırlar. İnce kesit görüntülerinde izlendiği üzere Şekil 4.7'de 52 no'lu ince kesit örneğinde görüldüğü gibi kromit minerali dünit birimi içerisinde en çok gözlenen opak mineraldir. Mikroskopta yapılan incelemelerde, kromit minerali, 33 no'lu örnekteki gibi özşekilsiz, yuvarlak ya da yuvarlağımsı gözükmektedir (Şekil 4.8). Bu özellik, kromiti diğer opak minerallerden ayıran karakteristik özelliğidir. Cevher mineralleri ve özellikleri başlığında da anlatılacağı üzere cevher mikroskobisinde yapılan çalışmalarda, kromit kristallerinin tektonizmanın etkisiyle kırılıp parçalandığı izlenmiştir.

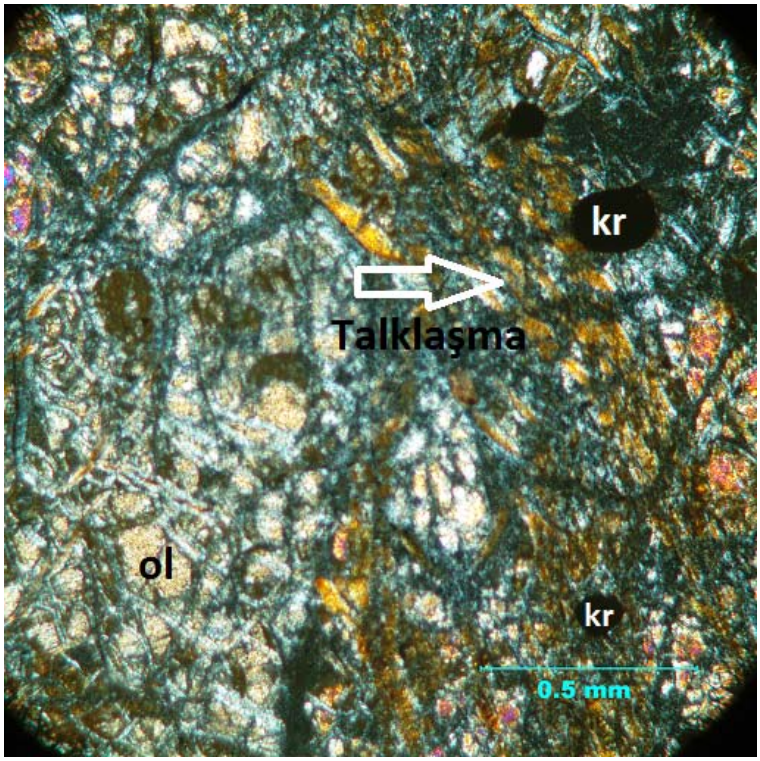
4.1.2 Serpantinit

Çalışma alanında yaygın yer kaplayan ultrabazik kayaçlar yoğun bir serpantinleşmeye maruz kalmışlardır. Serpantinleşmeye maruz kalmayla birlikte dünit kayacı içinde yer alan olivin mineralleri serpantin grubu minerallerine dönüşüm göstermektedirler. Sahada yer alan ultrabazik kayaçların serpantinleşme dereceleri homojen bir şekilde dağılmamıştır. Arazide gözlenen serpantinitler, gri – yeşil ve açık mavi – siyahımsı renklerde görülmektedir. Serpantin grubu mineraller,

ultrabazik kayaçların hidrotermal alterasyonu sonucu oluşan en yaygın ikincil minerallerdir.

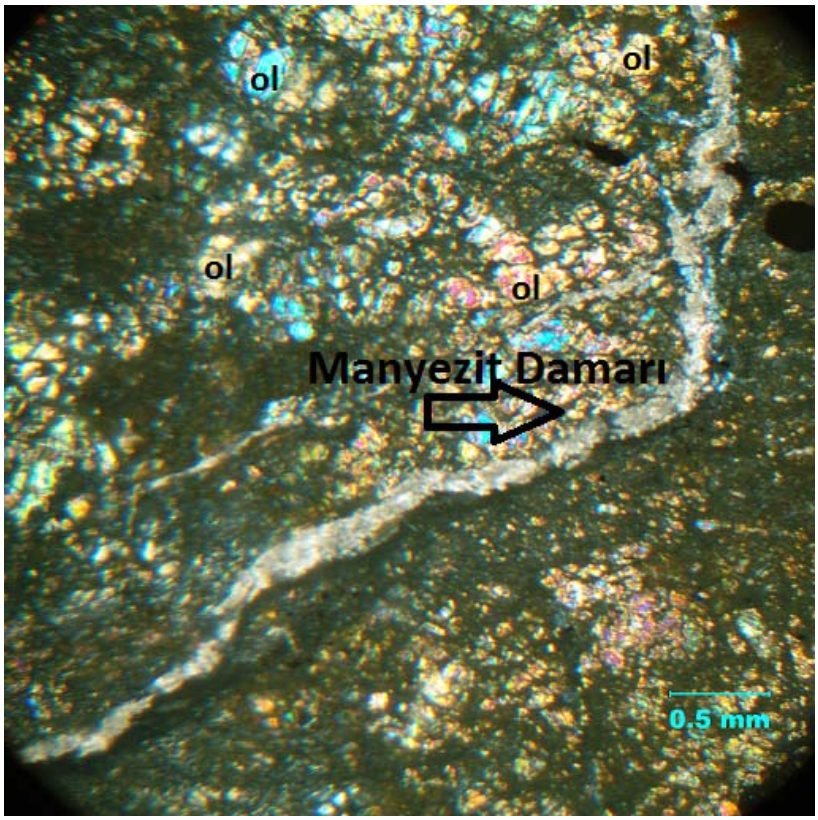


Şekil 4.7 : Olivin kristallerine eşlik eden kromit kristalleri (Tek Nikol, ol:olivin, kr:kromit).



Şekil 4.8 : Kromit kristallerinin etrafında görülen talklaşma (Çift Nikol, ol:olivin, kr:kromit).

Şekil 4.9'da 22 no'lu ince kesit örneğinde görüldüğü üzere serpantin grubu mineraller ince kesitlerde damar ve damarcıklar şeklinde, çoğunlukla da birbirini kesen kafes yapısı (elek dokusu) şeklinde gözlenmiştir. Serpantinitlerin ince kesit incelemelerinde olivin ve opak mineraller, özellikle kromit ve manyetit yaygın bir biçimde izlenmiştir. Serpantinleşme derecelerine bağlı olarak, farklı boyut ve oranlarda kalıntı olivin kristalleri, serpantin grubu mineralleriyle birlikte yer almaktadırlar.



Şekil 4.9 : Serpantinleşme sonucu oluşmuş manyezit damarı (Çift Nikol).

5. CEVHER MİNERALLERİ VE ÖZELLİKLERİ

5.1 Genel Özellikler

Kromit kristallerini şekillerini, boyutlarını, kayaç içindeki dağılımlarını ve ona eşlik eden diğer cevher minerallerinin özelliklerini tespit edebilmek için sahadan alınan ultrabaziklere ait numuneler üzerinde İTÜ Maden Fakültesi ince kesit atölyesinde parlak kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan parlak kesitler üstten aydınlatmalı cevher mikroskobisinde incelenmiştir. İncelenen parlak kesitlerde başlıca cevher mineralleri kromit ve manyetittir.

5.1.1 Kromit

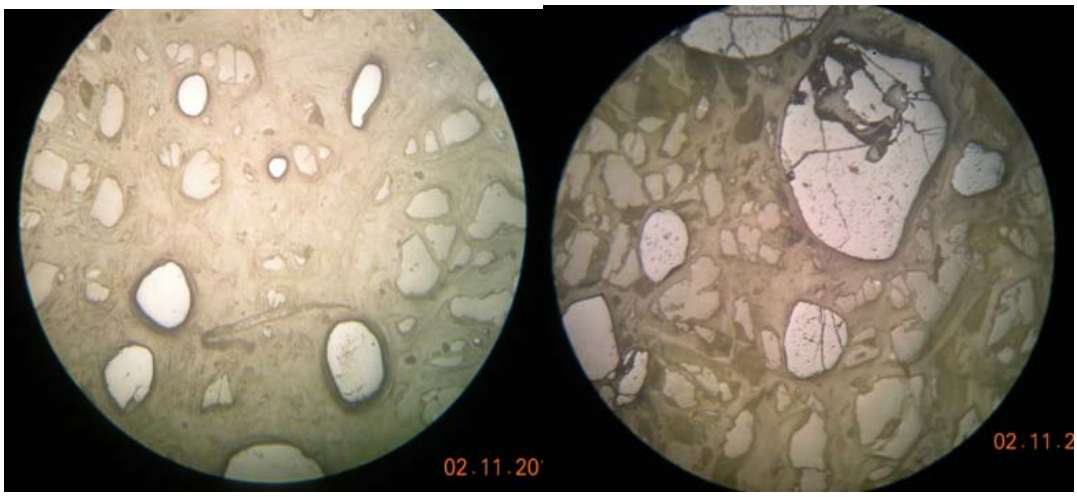
Parlak kesitlerde gözlenen kromitle büyük çoğunlukla serbestleşmiş bir şekilde gözlenmiştir. Manyetit yanında gri, kahverengimsi kayaç parçaları içinde kahverengi boyalı sarımsı renklerde, büyük çoğunlukla özşekilsiz, zaman zaman yuvarlak agregatlar halinde kristallenmiştir. Nadiren bir topluluk oluşturur. Çoğunlukla saçılmış tek taneler halindedir. Bazı tane yüzeyleri temiz olmakla birlikte, parlatma çukurlukları da içerir. Ancak iri taneli kromitler bol oranda ağsal mikro çatlaklıdır ve bazı yerlerde bu çatlakları manyetit doldurmuştur. Kromit kristalleri belirgin şekilde gözükmekte olup, özşekilsiz, yuvarlağımsı ve kırıklı - çatlaklı gözükmektedir. (Şekil 5.1). Bölgeye hakim olan tektonik etkenler kromit kristallerinin bol kırıklı – çatlaklı, ezikli bir yapı göstermesine neden olmuştur. Bu durum aynı zamanda sahada gözlenen ultrabaziklerin bol kırıklı – çatlaklı, ezikli bir yapı göstermesiyle de uyumludur. Kromit kristalleri üzerinde cevher mikroskobisi çalışmasının temel amacını oluşturan kristal boyut dağılımı yapılmıştır. Hazırlanan 10 adet parlak kesit üzerinde 300 adet ölçüm yapılmıştır. Çizelge 5.1'de de görüldüğü üzere kromit kristallerinin boyut aralığının 0,001 mm ile 1,43 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışma sırasında kromit kristallerine az sayıda manyetit, pirit, kalkopirit gibi cevher minerallerinin eşlik ettiği görülmüştür.

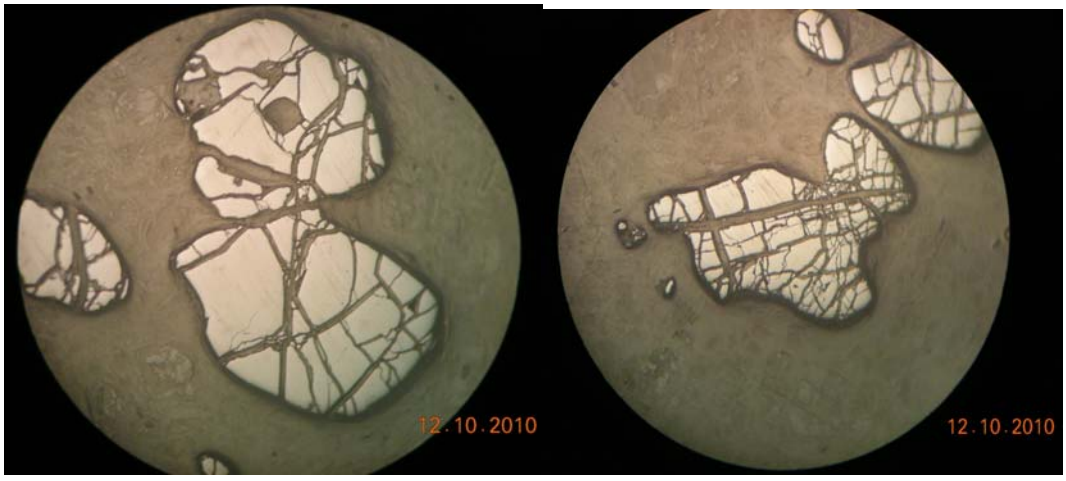
Cevher mikroskobisinde belli bir büyütmeye kadar görülen kromit kristallerinin özelliklerini daha iyi ortaya koyabilmek için parlak kesitler üzerinde elektron –

mikro prob analizleri yapılmıştır. Elektron – mikro prob analiz sonuçları mineral kimyası başlığı altında anlatılacaktır.

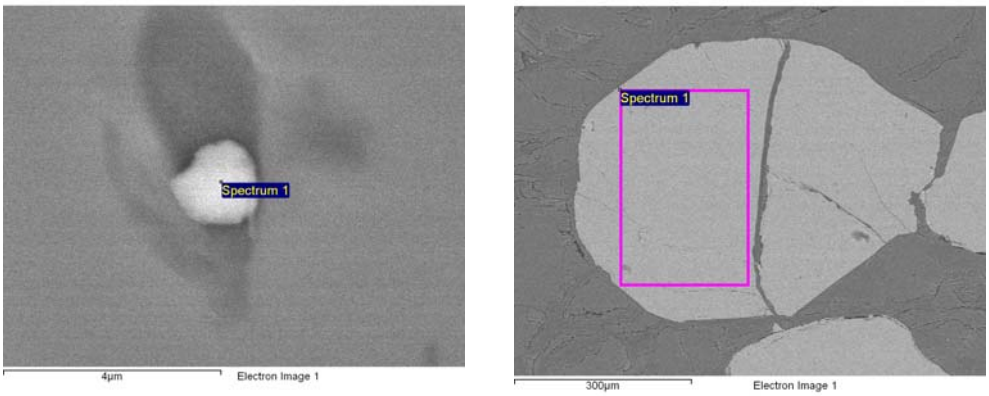
Çizelge 5.1 : Kromit kristallerinin boyut dağılım aralığı.

	Min (mm)	**Max (mm)**	**Ortalama (mm)**
Kristal Boyut Aralığı	0,001	1,43	0,46





Şekil 5.1 : Kromit kristallerinin parlak kesit görüntüsü.



Şekil 5.2 : Kromit kristallerinin elektron mikro – prob görüntüleri.

5.1.2 Manyetit

Kromitlerin yanında az da olsa manyetit minerallerine rastlanılmıştır. Manyetitler, kromitlerin yanında parlak sarı renklerdedir. Son derece ince tanelenmişlerdir. Kayaç içinde saçılmış taneler şeklinde gözükmetedir. Çok küçük parlak noktalar şeklinde gözüktüğü için boyut dağılımı yapılamamıştır. Manyetitler yer yer kromit çatlaklarını doldurmuşlardır.

Kromit ve manyetitin dışında, cevher mikroskobisi çalışmalarında nikelin, millerit gibi nikel minerallerinin tanımlamalarında güçlük çekilmiştir. Bu mineraller ancak elektron – mikro prob çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılmıştır.

6. KAYAÇ JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

6.1 Analitik Yöntem

Çalışma kapsamında kromitin ana kayacı olan dünitlerin jeokimyasal karakteristikleri bu başlık altında tanıtılacaktır. Çalışma alanında yer alan ultrabaziklerin ana element jeokimyasını tanımlamak amacıyla sağlam kayaç örnekleri alınmış, bunlar Kanada' da bulunan ACME Laboratuarları' nda ICP – MS yöntemiyle analiz ettirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1'de verilmiştir.

6.2 Ultrabaziklerin Ana Element Jeokimyası

Çalışma alanına ait 10 adet ultrabazik örneğine ait major ve iz elementlerin analiz sonuçları Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2'de verilmiştir. Çizelge 6.1'de görüldüğü gibi kromitin yan kayacı olan ultrabaziklerin içerisindeki SiO_2 içeriği % 36,21 - 49,01 aralığında, MgO içeriği % 22,14 – 44,49 aralığında, Al_2O_3 içeriği % 0,07 – 1,35 aralığında, Fe_2O_3 içeriği % 5,72 – 9,6 aralığında, TiO_2 içeriği % 0,02 – 0,09 aralığında değişmektedir.

Ultrabaziklerin karakterini belirleyen SiO_2 içeriği dünit örneklerinde % 41,04 - %41,82 arasında, serpantinleşmeye uğramış dünitlerde % 36,21 - % 39,35 arasında, gabro dayklarda % 48,04 - % 51,72 arasında değişmektedir. Klinopiroksenit örneğinde ise % 49,01 değerindedir. Çizelge 6.1'de görüldüğü üzere serpantinleşmeye uğramış dünit kayacına ait numunelerde A.K. (Ateşte Kayıp) değerleri yüksek olup % 10,3 - % 14,4 arasında değişmektedir. Bu durum, dünitlere ait ince kesitlerde görülen serpantinleşme ile uyumludur. Çizelge 6.1'de dünitlerin içindeki Al_2O_3 miktarı 0,07 – 0,43 arasında değişmektedir. Coleman (1977), Alpin tip peridotitlerde dünitler için Al_2O_3 değerinin % 0,35 olduğunu ifade etmiştir. Düşük Al_2O_3'ün sebebini ultrabazik kayaçlarda Al_2O_3 içeren minerallerin (piroksen ve spinel) düşük olmasına bağlamıştır. Bu durum bölüm 4.1.1'de belirtilen dünitlerin piroksen ve spinel içeriği ile uyumlu ve son derece düşüktür.

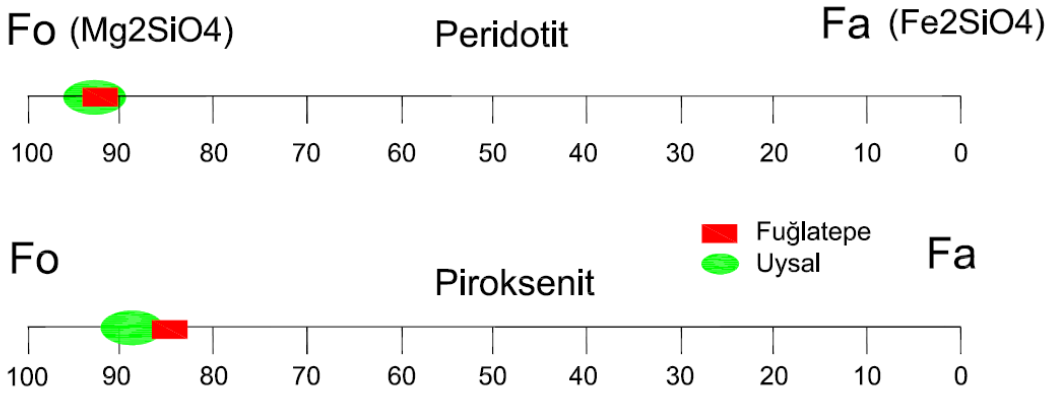
Çizelge 6.1 : Çalışma sahasından alınan ultrabaziklere ait ana element analiz sonuçları (% ağırlık) ve Mg sayısı.

Örnek	**Piroksenit Damarı**	**Dünit**		**Serpantinleşmiş Dünit**					**Gabro Dayk**	
Kaya Türü	**63**	**13**	**66**	**31**	**48**	**56**	**22**	**52**	**66A**	**TP**
SiO_2	49.01	41.82	41.04	36.21	38.44	39.35	38.84	38.04	48.04	51.72
TiO_2	0.09	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.89	0.84
Al_2O_3	1.35	0.43	0.11	0.1	0.08	0.07	0.18	0.07	14.93	16.24
Fe_2O_3	7.39	9.6	9.95	5.72	6.78	6.27	6.51	6.75	10.15	6.18
FeOt	6.65	8.64	8.95	5.15	6.1	5.64	5.86	6.07	9.13	5.57
MnO	0.16	0.13	0.13	0.08	0.09	0.09	0.08	0.1	0.17	0.08
MgO	22.14	44.49	43.97	41.74	42.3	38.99	39.88	39.72	8.81	8.34
CaO	15.84	0.38	0.12	0.09	0.62	1.54	0.26	0.17	10.44	10.63
Na_2O	0.11	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	2.61	3.11
K_2O	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.15	0.39
P_2O_5	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	0.06
V_2O_5	0,021	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,05	0,05
Cr_2O_3	0.423	0.845	0.379	0.596	0.351	0.276	1.063	0.256	0.037	0.036
A.K	3	1.2	3.3	14.4	10.3	12.4	12.2	13.9	3.5	2.1
Mg#	0.86	0.90	0.90	0.94	0.93	0.92	0.92	0.92	0.63	0.73
Toplam	99.63	99.26	99.28	99.31	99.32	99.36	99.34	99.34	99.78	99.8

Mg# (Mg sayısı) = moleküler Mg / (moleküler Mg + moleküler FeOt)

çalışma alanındaki kayaçlar üzerinde yaptığı analizlerde TiO_2 miktarlarının düşük olduğunu saptamıştır (% 0,01 – 0,45). TiO_2 ile beraber Al_2O_3 ve alkali oksitlerin Alpin tipi peridotitlerdeki dağılımı, bu elementlerin üst mantodaki tüketilme düzeylerini belirlemektedirler (Örgün, 1992).

Çizelge 6.1'de görüldüğü üzere dünitlerin Mg# değerleri 0,9 – 0,94 arasında değişmektedir. Mg# değerlerinin yüksek olması dünitlerin forsterit (Fo) içeriklerinin çok yüksek olduğuna işaret etmektedir. Bu durum Uysal (2011)'ın "Aşırı Tüketilmiş Yitim Zonu Dünitlerinin (Orhaneli – Bursa, KB - Türkiye) Ergiyik Kayaç Etkileşimi Süreçleri İle Oluşumu" adlı çalışmasında tespit ettiği Mg# değerleriyle ile örtüşme göstermektedir (Şekil 6.1).

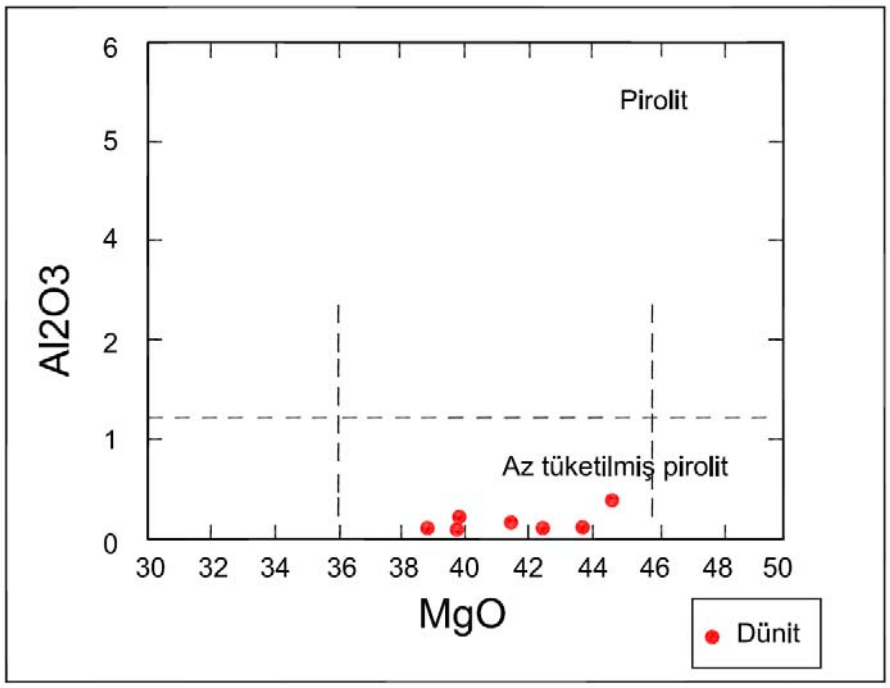


Şekil 6.1 : Mg# değerlerinin, Uysal (2011)'ın Orhaneli'nde yaptığı çalışma ile karşılaştırılması.

Şekil 6.2'deki MgO – Al_2O_3 diyagramında dünit örneklerinin düşük Al_2O_3 (0,07 – 0,043) içerikleri ile az tüketilmiş pirolit alanına düştüğü görülmektedir. Pirolit modeline göre dünitler manto ergimesinin tipik kalıntılarıdır. Çizelge 6.1'e bakıldığında Al_2O_3 ve CaO içeriklerinin düşük miktarda olduğu görülmektedir. Bu durum dünitlerin Al_2O_3 ve CaO bakımından aşırı derecede tüketilmiş olduğunu ifade etmektedir.

Çalışma alanındaki ultrabaziklerin ana element bileşenleri AFM diyagramına uygulanmış ve sonuç Şekil 6.3'de Uysal'ın (2011) "Aşırı Tüketilmiş Yitim Zonu Dünitlerinin (Orhaneli – Bursa, KB - Türkiye) Ergiyik Kayaç Etkileşimi Süreçleri İle Oluşumu" adlı çalışmasından alınan diyagrama aktarılmıştır. Şekil 6.3'de görüldüğü üzere Fuğlatepe dünitleri MgO köşesinde yığılmışlardır. Mg alanında yığılma gösteren dünitler diyagramda ada yayı ilişkili ultramafik alana denk düşmektedir. Fuğlatepe dünitlerinin AFM diyagramındaki bu dağılımları aynı zamanda Parlak ve

diğerleri (2002)'nin, Pozantı – Karsantı bölgesinde yaptıkları çalışmada, ada yayı ilişkili ultrabazik kümülat alanı ile de örtüşmektedir.

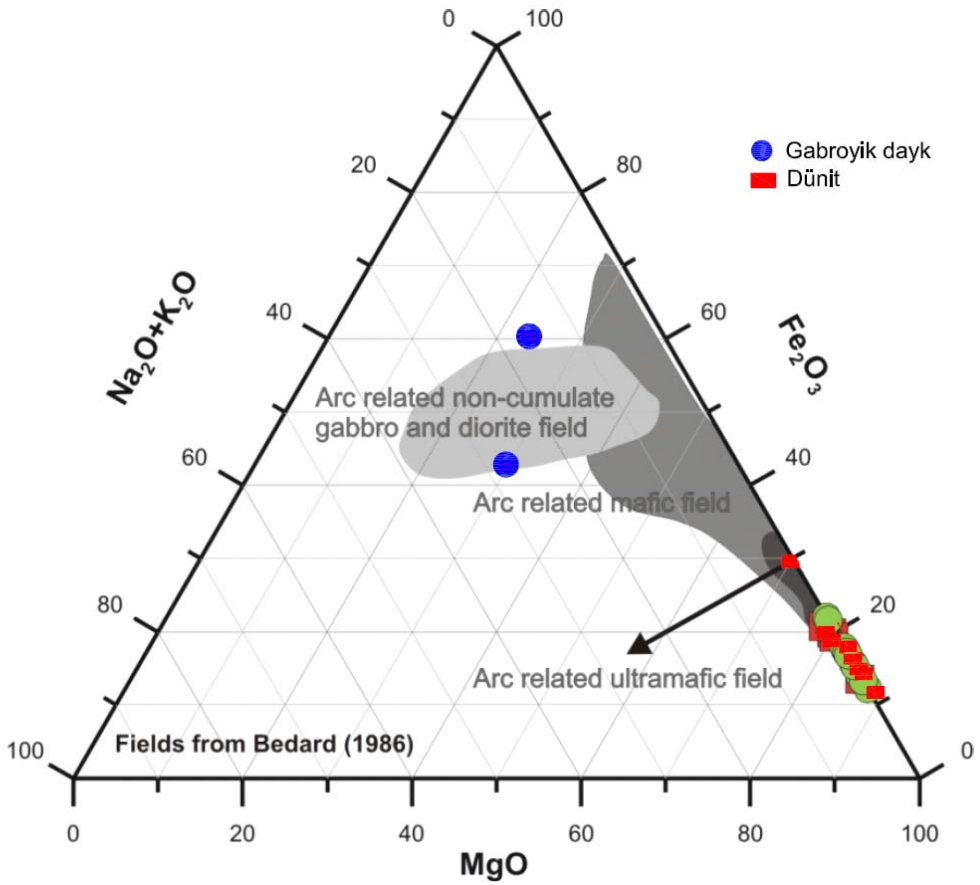


Şekil 6.2 : Çalışma alanında yer alan dünitlerin MgO -Al_2O_3 diyagramındaki konumları (Ringwood, 1975).

6.3 Ultrabaziklerin İz Element Jeokimyası

Çizelge 6.2'de ultrabaziklere ait iz element sonuçları ppm cinsinden verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında dünitlerin içindeki iz elementlerin büyük bir çoğunluğu dedeksiyon sınırının altında kalmıştır. Bu durum beklenildiği gibi dünitlerin iz elementler açısından aşırı derecede tüketilmiş olduğunu göstermektedir. Saptama sınırının altında kalan iz elementler haricinde Ni (337 – 2790 ppm), Co (62,3 – 129,3 ppm), Cr (1751 – 7273 ppm), Cu (4,6 – 24,2 ppm), Pb (0,5 – 1,1 ppm), Zn (13 – 31 ppm), Sr (0,8 – 26,5 ppm), V (11 – 117 ppm) değerleri yüksek çıkmıştır. Ni, Co ve Cr olivinle uyumlu iz elementler olup Çizelge 6.2'de de görüldüğü üzere değerleri yüksek çıkmıştır.

Gabro dayk örneklerinde ise sonuçlar dedeksiyon sınırlarının üstünde çıkmıştır. 66A ve TP örneklerindeki iz element değerleri primitif manto değerlerine oranlanıp normalize edilmiştir. Normalize değerler Çizelge 6.3'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 6.4'deki diyagrama aktarılmıştır.



Şekil 6.3 : Ultrabaziklerin diferansiyasyon trendini gösteren AFM diyagramı (Bedard, 1986).

Diyagrama bakıldığında Cs'den Sr'ye kadar olan değerlerde dalgalanmalar gözükmektedir. P'den Lu'ya kadar ise paralel bir uyum mevcut olup önemli bir dalgalanma gözükmemektedir. Cs, Rb, U, K ve Pb'ye ait iz element değerlerinin ise yüksek olduğu görülmektedir. Diyagrama bakıldığında göze çarpan sonuçlardan biri de Nb'nin negatif bir anomali göstermesidir. Negatif Nb anomalisi, ultrabaziklerin oluşumunun orojenik etkilerle olduğuna işaret etmektedir (Rollison, 1993).

Çizelge 6.2'de görüldüğü üzere dünitlerin içindeki nadir toprak elementlerinin büyük bir çoğunluğu dedeksiyon sınırının altında kalmıştır. 66 A ve TP no lu gabro dayk örnekleri içindeki nadir toprak elementleri kondrit değerlere oranlanmış olup Şekil 6.5'deki grafikte gözükmektedir. Kondrit değerlere oranlanmış nadir toprak elementi içerikleri birbirlerine paralel bir şekilde uyum göstermekte olup önemli bir dalgalanma mevcut değildir. Çizelge 6.4'deki $(La/Yb)_N$ oranlarının (0,55 – 0, 88) düşük olması, gabro dayklara ait önemli bir fraksiyonlaşmanın olmadığını işaret etmektedir (Rollison, 1993). Bu durum Çizelge 6.1'de verilen gabro dayklara ait Mg# değerleri (0,63 – 0,73) ile doğru orantılıdır.

Çizelge 6.2 : Ultrabazik kayaçlara ait iz element analiz sonuçları (ppm).

Örnek	**63**	**13**	**66**	**31**	**48**	**56**	**22**	**52**	**66A**	**TP**
Kaya	**PD**	**D**	**D**	**SD**	**SD**	**SD**	**SD**	**SD**	**GD**	**GD**
Sc	58	6	5	2	3	3	3	3	41	42
Ni	**337**	**2132**	**1613**	**2790**	**2487**	**2739**	**2762**	**2372**	**85**	**80**
Ba	4	2	<1	1	2	3	2	7	70	19
Co	**62,3**	**121,5**	**129,3**	**82,5**	**99,1**	**95,7**	**103,0**	**97,8**	**38,2**	**25,3**
Cr	**2894**	**5781**	**2593**	**4077**	**2401**	**1888**	**7273**	**1751**	**253**	**246**
Cu	24,2	11,7	4,6	29,6	5,5	15,1	7,8	12,8	114,2	33,9
Pb	1,9	1,1	0,5	4,3	1,0	2,0	0,5	13,1	5,3	3,0
Zn	19	29	31	26	15	15	13	24	41	28
Cs	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,3	2,9
Ga	1,8	0,8	0,6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	14,9	12,6
Hf	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1,4	1,1
Nb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,7	0,6
Rb	0,5	0,8	0,1	0,2	0,2	0,1	0,4	0,1	2,5	47,2
Sr	8,8	3,8	<0.5	0,8	7,2	26,5	6,9	4,5	101,0	170,3
Ta	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Th	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
U	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,5
V	117	21	11	<8	<8	<8	13	<8	275	263
Zr	0,4	0,3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	40,8	37,1
Y	2,7	0,4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	20,8	23,8
La	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1,8	3,0
Ce	0,2	0,2	<0.1	0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5,5	11,3
Pr	0,05	0,03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0,89	1,72
Nd	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	5,3	8,3
Sm	0,18	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1,89	2,43
Eu	0,07	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0,72	0,79
Gd	0,33	0,05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2,81	3,20
Tb	0,07	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,55	0,61
Dy	0,46	0,08	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	3,48	3,94
Ho	0,11	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0,76	0,86
Er	0,29	0,04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	2,20	2,33
Tm	0,05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,36	0,35
Yb	0,27	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2,20	2,29
Lu	0,04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,35	0,33
(La/Yb)N									0,6	0,9
Eu/Eu*									0,96	0,871

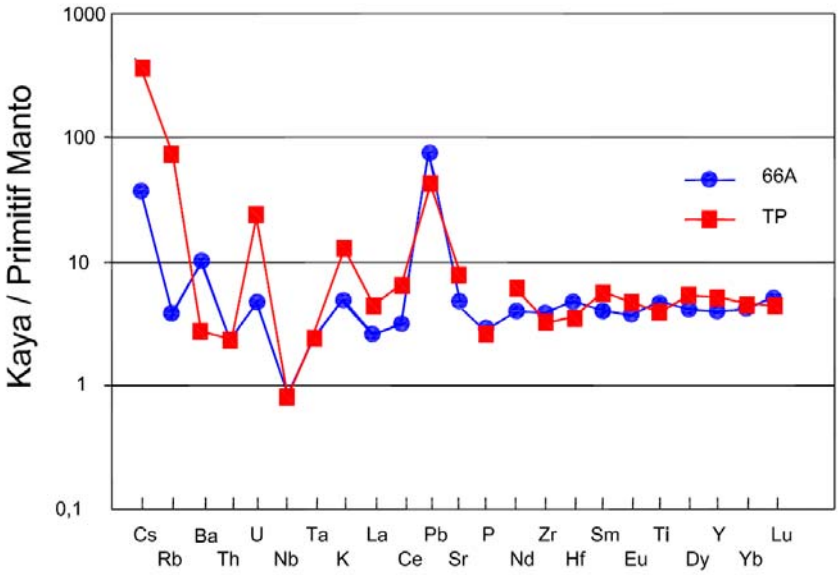
PD: Piroksenit Damarı **D:** Dünit **SD:** Serpantinleşmiş Dünit **GD :** Gabro Dayk

Çizelge 6.3 : Gabro dayk örneklerinin primitif manto değerlerine oranlanıp normalize edilmiş iz element içerikleri.

	(66A)N	**(TP)N**
Cs	37,97	367,09
Rb	3,94	74,33
Ba	10,02	2,72
Th	2,35	2,35
U	4,76	23,81
Nb	0,98	0,84
Ta	2,44	2,44
K	4,98	12,95
La	2,62	4,37
Ce	3,10	6,37
Pb	74,65	42,25
Sr	4,79	8,07
P	3,22	2,76
Nd	3,91	6,13
Zr	3,64	3,31
Hf	4,53	3,56
Sm	4,26	5,47
Eu	4,29	4,70
Ti	4,26	3,87
Dy	4,72	5,35
Y	4,57	5,23
Yb	4,46	4,65
Lu	4,73	4,46

İki örneğe ait Mg# değerlerinin düşük olması, gabro daykların önemli bir fraksiyonlaşmaya uğramamış olduğunu, magmadan gelip sokulum yapmış bir ergiyik olduğunu belirtmektedir. Literatürde Eu/Eu* oranı Europium anomalisini ifade etmektedir. 1.0' in altındaki Eu/Eu* değerlerini negatif anomali, 1.0' in üstündeki Eu/Eu* değerlerini pozitif anomaliyi belirtmektedir.

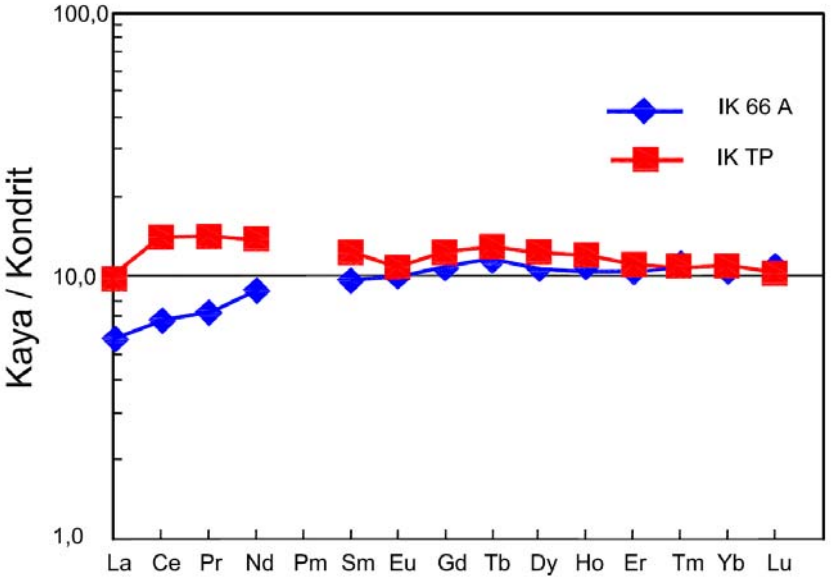
McLennan (1989), Eu/Eu* oranını $Eu/Eu^* = Eu_N / \sqrt{[(Sm_N).(Gd_N)]}$ olarak ifade etmiştir. Çizelge 6.4'de Eu/Eu* değerleri 1.0' in altında (0,96 ve 0, 87) olup negatif anomali göstermektedir. Negatif Eu anomalisi plajioklas minerallerin gabro daykların yapısına katıldığını işaret etmektedir. Bu sonuç 66A ve TP örneklerinin ince kesitlerinde görülen plajioklas ile uyumludur.



Şekil 6.4 : Gabro dayk örneklerinin normalize edilmiş iz element diyagramı.

Çizelge 6.4 : Gabro dayklara ait kondrit değerlere normalize edilmiş nadir toprak element içerikleri.

NTE	$(IK66A)_N$	$(IK\ TP)_N$
La	5,8	9,7
Ce	6,8	14,0
Pr	7,3	14,1
Nd	8,8	13,8
Pm		
Sm	9,7	12,5
Eu	9,8	10,7
Gd	10,8	12,4
Tb	11,6	12,9
Dy	10,8	12,2
Ho	10,6	12,0
Er	10,5	11,1
Tm	11,1	10,8
Yb	10,5	11,0
Lu	10,9	10,2
$(La/Yb)_{CN}$	**0,55**	**0,88**
Eu/Eu*	**0,96**	**0,87**



Şekil 6.5 : Gabro dayklara ait nadir toprak elementlerin örümcek ağı diyagramı.

7. KROMİT KRİSTALLERİNİN MİNERAL KİMYASI

7.1 Analitik Yöntem

Çalışma kapsamında Tübitak – MAM Malzeme Ensitüsü Laboravatuarı' nda toplam 10 adet parlak kesit üzerinde mineral kimyası çalışması yapılmıştır. Analiz yapılan 10 adet parlak kesit yüzeyinde seçilen 17 noktada mikro – prob analizleri yapılmıştır. Her bir kromit kristalinden en az 2, en fazla 4 noktada analizler yapılmıştır. Bunlara ek olarak parlak kesitler üzerinde yapılan analizlerden fotoğraflar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda tablolar halinde gösterilmiştir.

7.2 Parlak Kesitler Üzerinde Mineral Kimyası Çalışmaları

Cevher mikroskobu çalışmaları mineralleri belli bir büyütmeye kadar vermektedir. Cevher mikroskobunda görülemeyen mineraller elektron – mikro prob analizleri sayesinde görülebilmektedir. Mineral kimyası başlığı altındaki bu çalışmada, elektron – mikro prob analiz çalışmaları sonucunda, kromit kristallerinin Cr# ve Mg# değerleri hesaplanıp, Fuğlatepe kromitlerinin özellikleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Kromit kristalleri üzerinde yapılan mikro – prob çalışması sonucu elde edilen element bazındaki Mg, Cr, Al ve Fe değerleri oksite dönüştürülüp Cr_2O_3, MgO, Al_2O_3 ve FeO cinsinden hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler üzerinden giderek, kromit kristallerinin Mg# (MgO/MgO+FeO) ve Cr# (Cr/Cr+Al) sayıları hesaplanmıştır. Analizi yapılan her bir örneğe ait ortalama Mg# ve Cr# değerleri, Cr_2O_3, MgO, Al_2O_3 ve FeO değerleriyle birlikte topluca Çizelge 7.1'de verilmiştir. Çizelge 7.1'de verilen değerler, Şekil 7.1 ve Şekil 7.2'de görüldüğü üzere, aynı bölgede çalışan Uysal ' ın yaptığı diyagramlara aktarılmıştır .

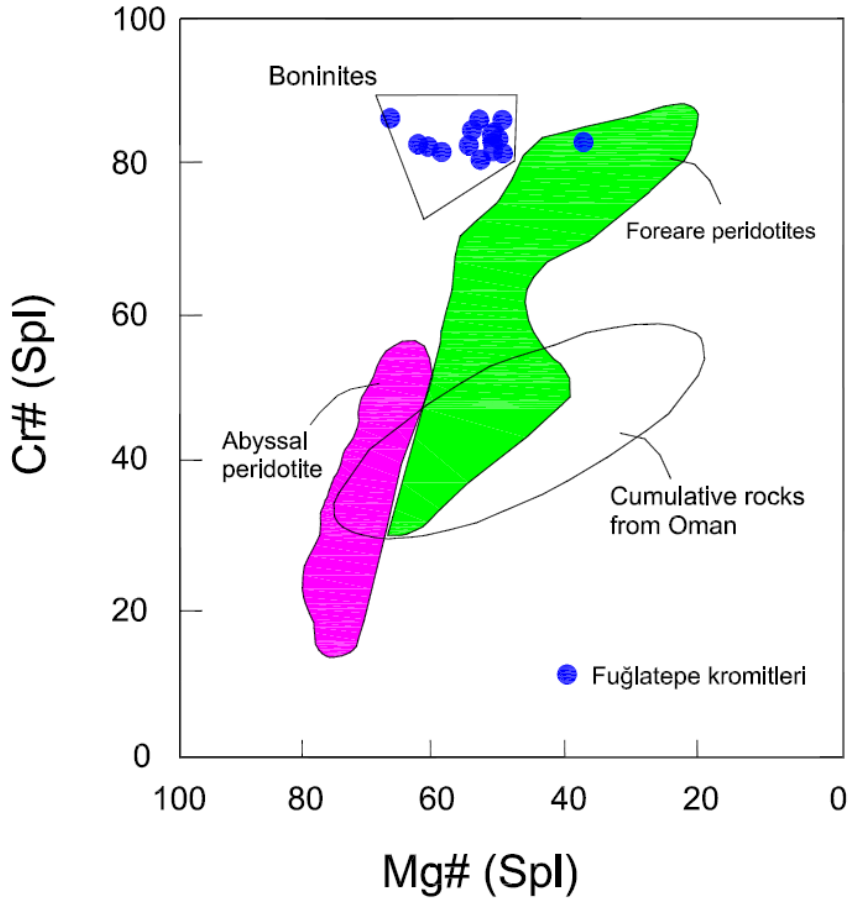
Çizelge 7.1'e bakıldığında kromit kristallerinin Cr_2O_3, içeriği yüksek olup % 32,5 – 61,13 (ort. %51,40) arasında değişmektedir. Buna karşılık MgO içeriği % 7,93 – 36,64 (ort. 13,02) arasında, Al_2O_3 içeriği % 4,31 – 8,24 (ort. 6,92) arasında, FeO içeriği % 5,94 – 30,32 (ort. 17,35) arasında değişmektedir. Çizelge 6.1'de Cr# değerlerine bakıldığında ise Cr# değerlerinin oldukça yüksek olup 0,81 – 0,88

(ort0,84) arasında değişmektedir. Mg# değerleri ise 0,4 – 0,86 (ort. 0,56) arasında değişmektedir.

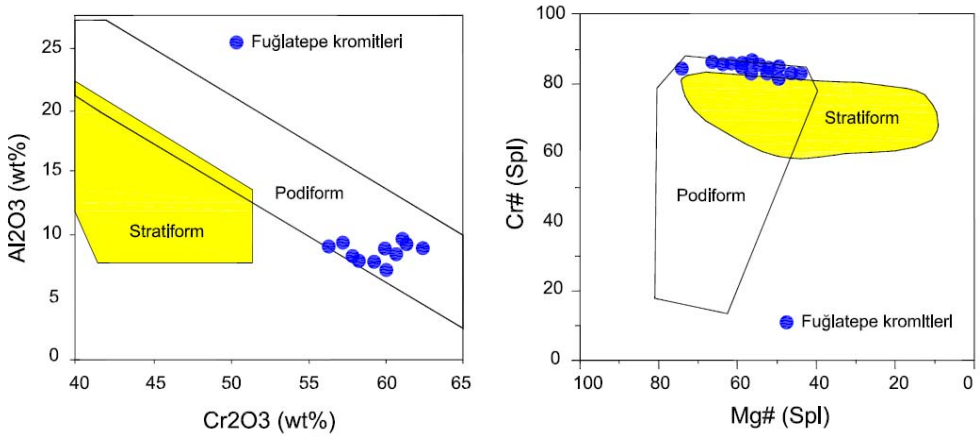
Çizelge 7.1 Kromit kristallerine ait analizlerin sonuçları (%).

Örnek	Cr_2O_3	MgO	Al_2O_3	FeO	Cr#	Mg#
40	58,85	9,58	7,75	19,88	0,84	0,46
P	61,04	8,44	8,13	22,25	0,84	0,40
17	61,13	11,09	7,97	16,74	0,84	0,55
31	56,05	9,67	8,24	5,94	0,82	0,74
23	60,44	10,84	5,95	18,56	0,88	0,51
41	48,89	10,43	7,28	30,32	0,81	0,44
4	60,10	11,95	7,92	16,27	0,84	0,57
35a	36,75	7,93	4,74	11,82	0,85	0,58
35	32,5	36,64	-	10,43	-	0,86
3	38,22	13,61	4,31	21,27	0,86	0,53
Ortalama	**51,40**	**13,02**	**6,92**	**17,35**	**0,84**	**0,56**
Min	**32,5**	**7,93**	**4,31**	**5,94**	**0,81**	**0,4**
Max	**61,13**	**36,64**	**8,24**	**30,32**	**0,88**	**0,86**

Çizelge 7.1'de verilen Cr# ve Mg# değerleri, Şekil 7.1'de görülen Uysal (2011)'ın "Aşırı Tüketilmiş Yitim Zonu Dünitlerinin (Orhaneli – Bursa, KB - Türkiye) Ergiyik Kayaç Etkileşimi Süreçleri İle Oluşumu" adlı çalışmasından alınan diyagrama aktarılmıştır. Diyagramda Cr# ve Mg# değerleri, yitim zonu boninitlerinin bulunduğu alanda yığılım göstermişlerdir. Bu durum Fuğlatepe kromitlerinin aşırı derece tüketilmiş olduğuna işaret eder. Ayrıca toplam kayaç analizleri sırasında hesaplanan TiO_2 içeriği (ağır. % < 0,2) ve V_2O_5 içeriği (ağır. % < 0,1) peridotitlerin tüketilmiş olduğuna ve yüksek dereceli kısmi ergimeye uğradığına işaret eder (Kusky, ve diğ., 2004). Şekil 7.2'de ise, hesaplanan Cr_2O_3 - Al_2O_3 değerleri ile birlikte Cr# - Mg# değerleri, Uysal (2007)'ın "Ophiolitic Chromitites From The Kahramanmaraş Area, Southeastren Turkey : Their Platinum – Group Elements (PGE) Geochemistry, Mineralogy And Os – Isotope Signature" adlı çalışmasında hazırladığı diyagramlara ayrı ayrı aktarılmıştır. Her iki diyagramda da hesaplanan Cr# - Mg# değerleri podiform alana düşmektedir. Bu sonuç, Fuğlatepe'de yer alan krom cevherinin podiform tip krom cevheri sınıfına girdiğini belirtmektedir. Bununla birlikte Çizelge 6.1'de de görüldüğü üzere TiO_2 değerlerinin büyük bir kısmı saptama sınırının altında kalmış olup, V_2O_5 değerleri de % 0,001 – 0,05 arasında değişmektedir. Bu değerler, mineral kimyası çalışmalarını desteklemektedir.



Şekil 7.1 : Kromit kristallerinin boninit alanına düştüğünü gösteren diyagram.



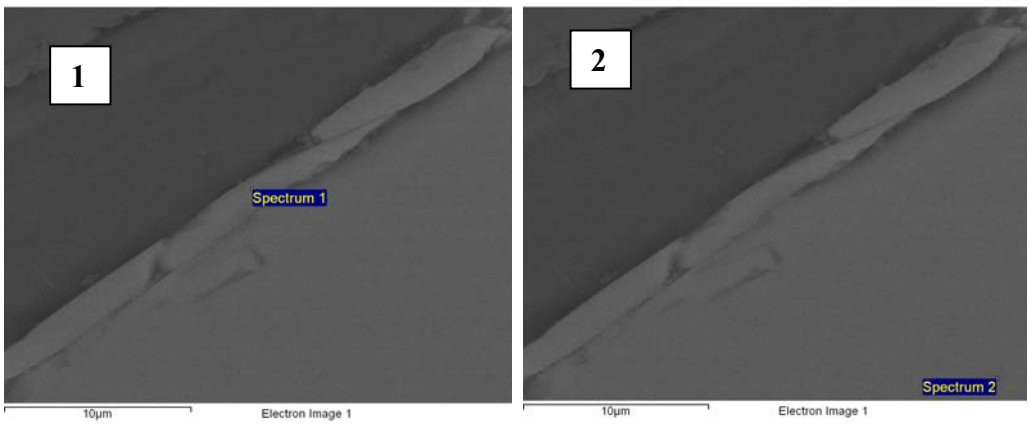
Şekil 7.2 : Fuğlatepe kromitlerinin podiform alanına düştüğünü gösteren diyagram.

Çizelge 7.2'de analiz yapılan kromit kristallerinden 41 no'lu örneğe ait analiz değerlerinin sonuçları verilmiştir. Şekil 7.3'de gösterildiği üzere 41 no'lu örnekte 4 ayrı noktada analiz yapılmış olup, Cr_2O_3 içeriği %26,92 – 62,28 arasında

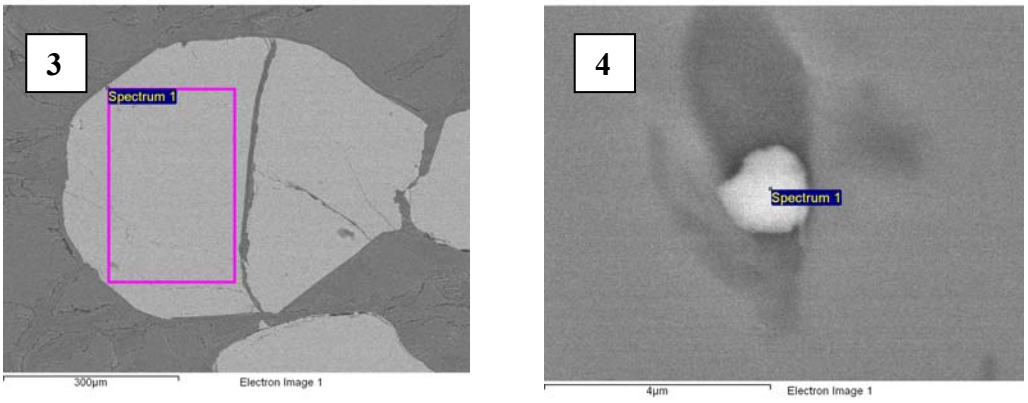
değişmektedir. Cr# değerleri 0,77 – 0,84 arasında, Mg# değerleri ise 0,14 – 0,61 arasında değişmektedir.

Çizelge 7.2 : Krom kristallerinden 41 no'lu örneğe ait analiz sonuçları.

Örnek	Oksit	Ağırlık (%)	Cr#	Mg#
41 - 1	Cr_2O_3	**62,28**	**0,82**	**0,51**
	MgO	11,23		
	Al_2O_3	9,09		
	FeO	18,16		
Toplam		100,75		
41 - 2	Cr_2O_3	**26,92**	**0,77**	**0,14**
	MgO	6,18		
	Al_2O_3	5,37		
	FeO	58,36		
	SiO_2	3,34		
Toplam		100,17		
41 - 3	Cr_2O_3	**49,06**	**0,84**	**0,61**
	MgO	14,11		
	Al_2O_3	6,31		
	FeO	16,40		
	SiO_2	2,84		
Toplam		92,99		
41 - 4	Cr_2O_3	**57,30**	**0,82**	**0,51**
	MgO	10,20		
	Al_2O_3	8,37		
	FeO	17,34		
Toplam		97,03		

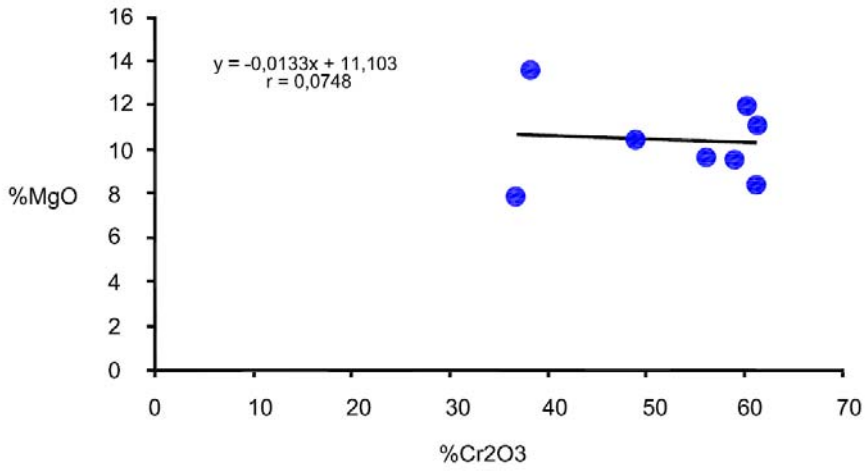


Şekil 7.3 : 41 no'lu örneklerde analiz yapılan noktalar.



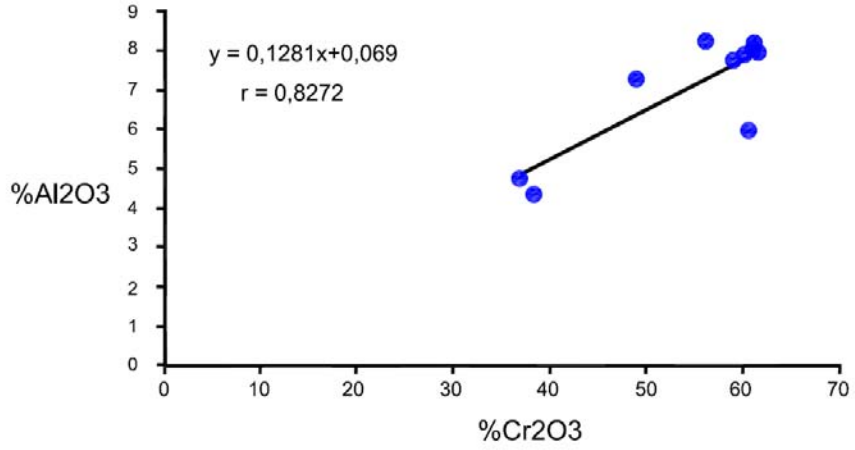
Şekil 7.3 : (devam)

Bu örneğe ait görüntülere bakıldığında, görüntülere ait ölçekler 0,004 mm – 0,3 mm de arasında değişmektedir. Analiz yapılan noktalar ise bu verilen aralıktan daha küçük boyutlardadır.

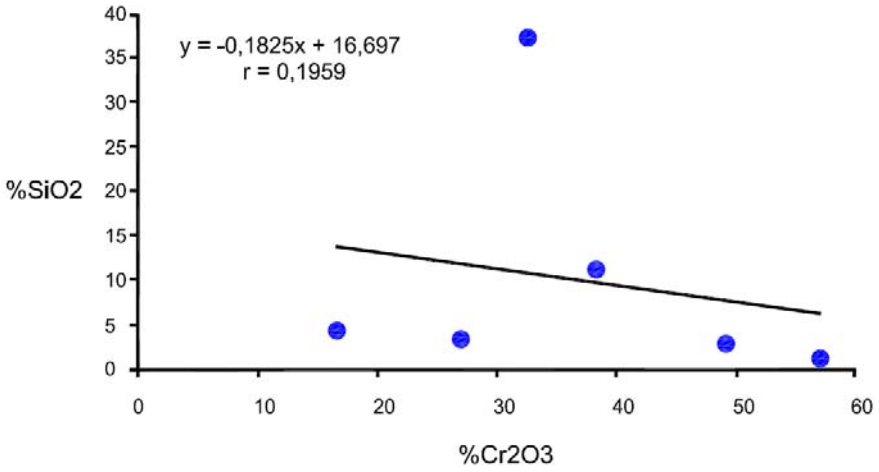


Şekil 7.4 : Kromit kristallerinde Cr_2O_3 - MgO korelasyon ilişkisi.

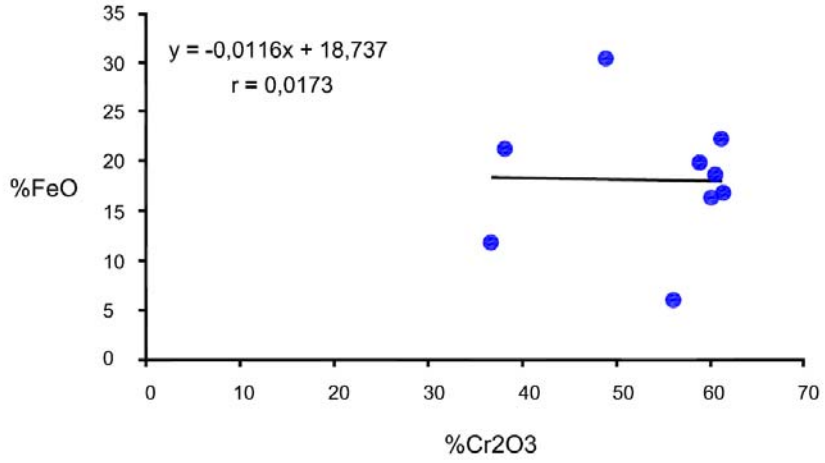
Kromit kristalleri üzerinde yapılan mikro – prob analiz sonucu elde edilen Cr_2O_3, MgO, FeO ve Al_2O_3 değerleri Harker diyagramlarına aktarılmıştır. Şekil 7.4'e bakıldığında Cr_2O_3 - MgO negatif yönde bir ilişki vardır. Cr_2O_3 içeriği arttıkça MgO içeriği azalmıştır. Şekil 7.5'de ise Cr_2O_3 – Al_2O_3 arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Cr_2O_3 içeriği arttıkça Al_2O_3 içeriği de artmıştır. Şekil 7.6' da ise Cr_2O_3 – SiO_2 arasında ve Şekil 7.7'de Cr_2O_3 – FeO arasında negatif yönde bir korelasyon mevcuttur. Bu değerler, kromit kristallerinin içeriğindeki Cr_2O_3 oranı arttıkça SiO_2 ve FeO oranlarının azaldığın ifade etmektedir.



Şekil 7.5 : Kromit kristallerinde Cr_2O_3 – Al_2O_3 korelasyon ilişkisi.



Şekil 7.6 : Kromit kristallerinde Cr_2O_3 – SiO_2 korelasyon ilişkisi.



Şekil 7.7 : Kromit kristallerinde Cr_2O_3 – FeO korelasyon ilişkisi.

8. EKONOMİK JEOLOJİ

8.1 Genel Bilgiler

Dünyada ilk krom cevheri üretimi 1797 yılında Ural'larda yapılmıştır. Krom yatakları, maden yatağının boyutuna ve topoğrafyaya bağlı olarak açık veya yeraltı işletme yöntemleriyle işletilmektedirler. Geçmiş yıllarda birçok krom yatağı açık işletme yöntemiyle işletilmişse de günümüzde krom yatakları büyük çoğunlukla yeraltı işletme yöntemleriyle işletilmektedir. Krom cevheri başlıca metalurji, kimya, refrakter ve döküm sanayiinde kullanılır. Dünya krom cevheri tüketiminin %79'u metalurji, %13'ü kimya, %9'u refrakter sanayilerinde kullanılmaktadır.

Metalurjik olarak krom cevherinin en önemli kullanım alanı paslanmaz çelik yapımında kullanılan ferro-krom üretimidir. Metalurji sanayinde krom; ferrokrom, ferro-siliko-krom, krom bileşikleri, diğer krom alaşımları ve krom metali şeklinde tüketilmektedir. Son yıllarda metalurji sanayinde kullanılan kromun (krom demir alaşımları ve krom metalinin) yaklaşık % 95'i ferrokrom şeklindedir. Ferrokromun %90'ı başlıca paslanmaz ve ısıya dirençli çelik yapımında kullanılmaktadır. Paslanmaz çelikler %12-40 arasında krom içerir. Krom, çeliğe başlıca yüksek karbonlu ferrokrom olarak ilave edilmektedir. Bu özelliği nedeniyle krom, savunma, sanayinin vazgeçilmez hammaddelerinden biridir ve bu açıdan stratejik bir öneme sahiptir. Silah üretimi dışında; otomotiv, gemi, denizaltı ve uçak sanayi gibi birçok sektörde krom alaşımlı çelikler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Krom cevheri kimya endüstrisinde, sodyum bikromat, kromik asit ve boya hammaddesi yapımında üretilmektedir. Krom kimyasalları paslanmayı önleyici özellikleri sebebiyle gemi ve uçak sanayiinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, deri tabaklama, metal kaplama, boya maddeleri, katalizör, seramikler, parlatıcı gereçler, boyalar, konserve kutulama, temizleme, su işleme, sondaj çamuru ve diğer birçok alanda tüketilmektedir. Refrakter özellikteki krom cevheri ise, sınırlı bir kullanım alanına sahip olup, çelik üretiminde yüksek fırınlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

8.2 Dünya'da Kromit Üretimi

Dünyada hesaplanan toplam kromit kaynakları 7.6 milyar ton civarındadır. Bunun 3.6 milyar tonu rezerv sınıfındadır. Dünya krom yataklarının büyük bir bölümü stratiform yataklara aittir. Ekonomik olarak işletilebilen krom cevheri yatakları dünyada başlıca; Güney Afrika Cumhuriyeti, Kazakistan, Zimbabve, Finlandiya, Hindistan, Türkiye, İran, Filipinler Küba, ve Brezilya'da bulunmaktadır.

Tahtakıran (2008)'ın "Krom Cevheri, Ferrokrom Ve Paslanmaz Çelikle İlgili İstatistiksel Bilgiler ve Yorumlar" adlı çalışmasında 2002 – 2007 yılları arasındaki dünyadaki kromit cevheri ve konsantre üretimi Çizelge 8.1'de gösterilmiştir. Bu çizelgeye göre dünyadaki yıllık kromit cevheri üretimi 14 – 22 milyon ton arasında değişim göstermektedir. G. Afrika krom cevheri üretiminde (6 -8 milyon ton) başı çekerken, Türkiye 0.313 – 1.6 milyon ton üretim ile dördüncü sırada yer almaktadır. Dünya krom pazarlarında yeni üretici ülke pek katılmazken; Yunanistan, Sırbistan (Yugoslavya) ve Pakistan gibi ülkelerin krom cevheri rezervlerinin tükenmesi veya azalması sonucu pazardan çekilmişlerdir. Türkiye'nin üretimi bazı yıllar dünya sıralamasında ilk sırayı almışsa da, genellikle 3. ve 6.sıralar arasındaki yerini devamlı korumuştur (DPT, 2001).

Çizelge 8.1 Dünya krom cevheri ve konsantre üretimi (ton) (Tahtakıran, 2008).

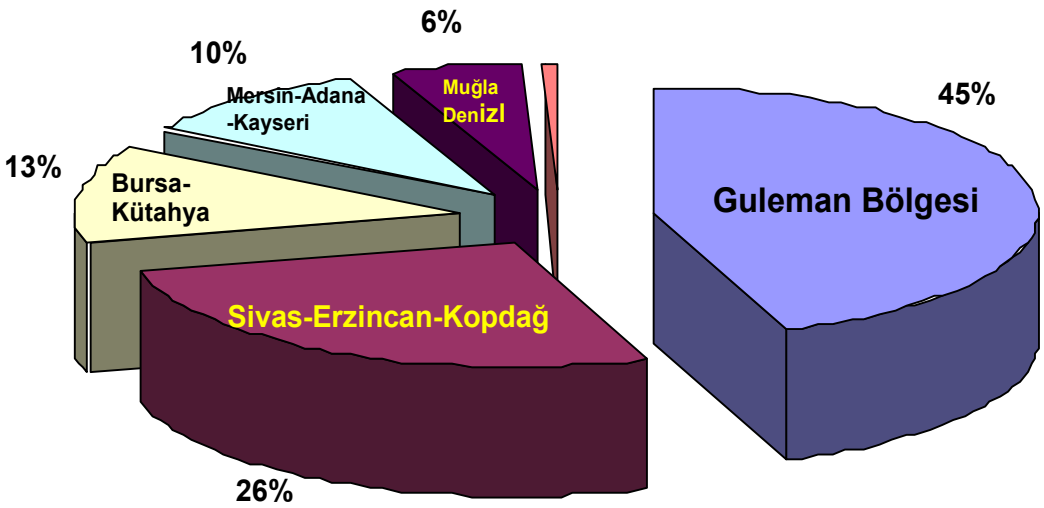
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
G. Afrika	6.372.739	7.136.666	7.309.575	7.244.112	6.865.279	8.720.330
Kazakistan	2.349.640	2.781.725	3.290.000	3.581.242	3.366.078	3.687.200
Hindistan	2.698.577	2.210.000	2.948.944	3.255.162	3.600.400	3.320.000
Türkiye	**313.637**	**229.294**	**506.421**	**858.729**	**1.059.901**	**1.678.932**
Zimbabwe	734.011	666.357	621.269	819.903	712.908	663.593
Brezilya	279.684	510.640	622.755	676.643	604.145	625.627
Finlandiya	566.090	549.040	579.780	571.103	548.713	556.100
Diğerleri	797.024	1.048.441	1.723.707	2.133.815	2.483.747	2.902.527
Toplam	14.111.402	15.132.163	17.140.709	19.140.709	19.241.171	22.154.309

8.3 Türkiye'de Kromit Üretimi

Dünyadaki sayılı krom üreticisi ülkeler arasında yeralan Türkiye ham cevher, ferrokrom ve krom kimyasalları dışsatımından önemli döviz geliri sağlamaktadır.

Son yıllarda metalurji, kimya ve refrakter sanayiinin krom cevheri talebi 450 000 tona ulaşmıştır. Ham cevherin iç piyasadaki artan tüketiminin yanı sıra önemli miktarda parça ve konsantre cevher dışsatımı da yapılmaktadır. Buna karşılık Alpin tip krom yatakları olarak adlandırılan ülkemiz krom yataklarının düzensizlikleri nedeniyle, bilinen rezervler yıllık üretime göre yetersiz kalmaktadırlar. Gerek yerli sanayinin hammadde güvenliğini sağlamak ve gerekse artan dış talebi karşılamak için, hem bilinen yatakların rezervlerinin geliştirilmesi, hem de yeni cevher potansiyelleri bulmak amacıyla yeni sahaların aranması büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'de krom cevherinin ilk kez 1848 yılında Harmancık (Bursa) yöresinde bulunduğu bilinmektedir. Krom cevherinin bulunuşuyla birlikte Türkiye dünya krom pazarlarında önemli bir yere sahip olagelmiştir. Türkiye'nin üretimi bazı yıllar dünya sıralamasında ilk sırayı almışsa da, genellikle 3.ve 6.sıralar arasındaki yerini devamlı korumuştur. 1924 yılından önce yapılmış üretimle ilgili kayıtlar bilinmemekle birlikte, bu yıllardaki çok düşük üretim düzeyi dikkate alınarak, başlangıcından bu güne kadar Türkiye'de 45 milyon ton kadar krom cevheri üretildiği tahmin edilmektedir. Şekil 8.1'de Türkiye'de önemli krom rezervlerine sahip bölgelerin dağılımı verilmiştir. Bu grafiğe göre çalışma alanı olan Fuğlatepe ve civarını kapsayan Bursa – Eskişehir bölgesi % 13'lük bir üretim payına sahiptir (DPT, 2001).



Şekil 8.1 : Türkiye krom rezervlerinin bölgelere göre dağılımı (DPT, 2001).

8.3.1 Çalışma alanında kromit üretimi

Çalışma alanı olan Fuğlatepe ve civarında ŞE-TAT Madenciliğe ait krom sahaları mevcuttur. Buradaki ruhsatlı krom ocakları, Bursa – Orhaneli ilçesi Çöreler köyü ve

Yörücekler köyü arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu, 6.000.000 ton görünür rezerv, 9.000.000 ton muhtemel rezerv ile toplam 15.000.000 ton krom rezervi tespit edilmiştir. Bölgedeki kromit üretimi önemli bir ekonomik girdi oluşturmaktadır.



Şekil 8.2 : Krom cevherinin açık işletme yöntemiyle çıkarıldığı Ovayaka Ocağı.

Günümüzde krom ocaklarında açık işletme (Şekil 8.2) ve yer altı işletme (Şekil 8.3) yöntemiyle krom cevheri çıkartılıp Şekil 8.4 ve Şekil 8.5'de görülen zenginleştirme tesislerinde konstrantre ürün haline getirilmektedir. Bölgedeki krom cevherleri düşük içerikli tenöre sahiptir. %5-7 arasında değişen işletme tenörüne sahip krom cevheri zenginleştirme tesislerinde tenörü %40-45 olacak şekilde konsantre ürün haline getirilip yurtdışına satılmaktadır.

Fuğlatepe'de ve civarındaki krom sahalarından açık ve yer altı ocak işletmeciliği ile cevher çıkarılmaktadır. Fuğlatepe'de sadece açık işletme yöntemiyle cevher çıkarılmaktadır. Cevherin mostra vermediği yerlerde, özellikle ormanlık alanlarda yer altı işletme yöntemiyle krom cevheri çıkarılmaktadır. Günlük 4000-5000 ton arasında krom cevheri ocaklardan çıkarılıp zenginleştirme tesisine getirilmektedir.

Açık işletme ve yer altı işletme yöntemiyle çıkartılan krom cevheri zenginleştirme tesislerine getirilmektedir. Zenginleştirme tesisine getirilen cevher, kırıcılarda ufak parçalara ayrıldıktan sonra Şekil 8.4'de görülen değirmenlerde öğütülmektedir.

Öğütme işleminden sonra Şekil 8.5'de görülen sallantılı masalara gelen öğütülmüş cevher, burada konsantre ürün ve artık ürün olarak ayrılmaktadır.



Şekil 8.3 : Krom cevherinin çıkarıldığı 55 no'lu yer altı ocağı.



Şekil 8.4 : Krom cevherinin konsantre ürün haline geldiği zenginleştirme tesisi.

Sallantılı masada konsantre ürün olarak ayrılan cevher, tekrardan sallantılı masalara gelerek aynı işleme tabi tutulup, konsantre ürün ve artık ürün olarak ayrılmaktadır. Bu işlemden sonra konsantre ürün alınarak, artık ürün atık havuzuna

gönderilmektedir. Zenginleştirme işlemi sonrası konsantre ürün haline getirilen krom cevheri, işlenmeden direk olarak yurtdışına satılmaktadır.



Şekil 8.5 : Krom cevherinin konsantre ürün ve atık ürün olarak ayrıldığı sallantılı masa.

ŞE-TAT Madencilik nakliye faaliyetleri için güney Marmara'da yer alan Gemlik Körfezi'nde, Mudanya Limanı'nı kullanmaktadır. Burada tüm altyapı sistemlerine olup oldukça geniş bir depolama sahasına sahiptir. Açık alan 100x150 m. büyüklüğündedir. Depolama alanından Mudanya'daki limana 4 km.'lik bir mesafe vardır. Krom cevherinin çıktığı ocakların, Mudanya Limanı'na yakın olması firmanın sahip olduğu önemli avantajlardan birisidir.

9. SONUÇLAR

Bu çalışmada Fuğlatepe (Orhaneli – Bursa) ‘ de üretimi yapılan krom cevherinin jeolojik, minerolojik ve kimyasal özellikleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda arazi ve laboratuar çalışmaları yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında sahada gözlem yapılmış ve Fuğlatepe ‘ nin jeolojisi hakkında ön fikir elde edilmeye çalışılmış olunup, laboratuar çalışmaları sırasında ise, araziden toplanan kayaç örneklerinin analizleri yapılmıştır. Yapılan bu analizlerin amacı krom cevherinin minerolojik ve kimyasal özelliklerini belirleyerek cevher üretimi sırasında meydana gelen olası kayıplara çözüm yolu geliştirmeye çalışmaktır.

Fuğlatepe ve civarında morfolojiyi oluşturan ultrabazik kayaçlar tektonik etkenlerden ve bölgeye sonradan sokulum yapan granodiyorit sokulumdan dolayı kırıklı – çatlaklı, ezikli bir yapıya sahip olup, manyezit damarları, piroksenit damarları ve faylar tarafından kesilmiştir. Kırık – çatlak sistemleri sahada hakim ana kayaç olan dünitler içinde KB – GD yönünde uzanmaktadır. Tektonik olarak aktif olan bölgede yoğun bir şekilde serpantinleşme gözlenmiş olup bu durum tüm kaya kimyasal analiz sonuçlarında A.Z değerinin yüksek çıkmasıyla uyum göstermiştir.

Çalışma kapsamında sahadan toplanan numunelerin ince ve parlak kesitleri hazırlanmıştır. Hazırlanan parlak kesitler üzerinde, polarizan ve cevher mikroskobunda ince kesit ve parlak kesit çalışmaları yapılmıştır. Bunlara ek olarak, kromit kristallerinin mineral kimyasını ortaya çıkarmak için, hazırlanan parlak kesitler üzerinde elektron – mikro prob analizleri yapılmıştır.

İnce kesit çalışmaları sonucunda, sağlam kayaç özelliği gösteren dünitlerin, iri taneli olivin minerallerinden oluştuğu, olivinlere az sayıda kromit minerallerinin eşlik ettiği, serpantinleşemeye uğramış dünitlerde ise olivin mineralleri serpantinitlere dönüştüğü gözlenmiştir. Cevher mikroskobu çalışmalarında ise, kromit kristallerinin özşekilsiz ve yuvarlağımsı özellik gösterdiği saptanmıştır. Kromit kristallerinin boyut dağılım aralığı hesaplanarak 0,001 mm – 1,43 mm arasında değiştiği belirtilmiştir.

Kromitlere, az da olsa manyetit, pirit, kalkopirit gibi diğer cevher mineralleri eşlik etmektedir.

Ultrabazik kayaçların kimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile tüm kaya analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ultrabaziklerin karakterini belirleyen SiO_2 içeriği dünit örneklerinde % 41,04 - %41,82 arasında, serpantinleşmeye uğramış dünitlerde % 36,21 - % 39,35 arasında, gabro dayklarda % 48,04 - % 51,72 arasında değişmektedir. Piroksenit damarı örneğinde ise % 49,01 değerindedir. Bununla birlikte dünitlerin Al_2O_3 ve CaO içeriklerinin düşük olduğu, buna karşılık piroksenit damarı ve gabro daykların Al_2O_3 ve CaO içeriklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum bize dünitlerin Al_2O_3 ve CaO bakımından aşırı derecede tüketildiğini ifade etmektedir. Ultrabazik kayaçları sınıflandırmak amacıyla AFM diyagramı kullanılmıştır. AFM diyagramına göre dünit örnekleri magnezyumca zengin alana düşüp, ada yayı ilişkili ultramafik alan denk gelmiştir. Gabro dayk örnekleri ise ada yayı ilişkili kümülat olmayan gabro ve diyorit alan düşmüştür.

Dünitlerin iz element içeriklerinin beklenildiği gibi düşük çıktığı, piroksenit damarı ve gabro daykların ise iz element içeriklerinin dünitlerin iz element içeriklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum dünitlerin iz element içeriği bakımından aşırı derecede tüketilmiş olduğunu belirtmektedir. Dünitlerin içinde MgO ve FeO içeriklerinden yola çıkarak Mg# değerleri hesaplanmıştır. Mg# değerlerinin 0,9 – 0,94 arasında değiştiği saptanmıştır. Mg# değerlerinin yüksek çıkması dünitlerin içindeki olivinlerin forsteritçe zengin olduğunu ifade etmektedir.

Kromit kristallerinin mineral kimyası özelliklerini belirlemek amacıyla 10 adet parlak kesit yüzeyinde seçilen 17 noktada mikro – prob analizleri yapılmıştır. Elektron – mikro prob analiz sonuçlarına göre kromitler Cr_2O_3 açısından zengin olup % 32,5 – 61,13 çıkmıştır. Kromit kristallerinin Cr# - Mg# ve Cr_2O_3 değerleri hesaplanıp diyagramlara aktarılmıştır. Bu değerlerin, diyagramlarda ideal podiform alana düşmesi, Fuğlatepe kromitlerinin Alpin tip peridotitler grubuna girmekte olup podiform özellik gösterdiğini ifade etmektedir. Elektron mikro – prob analizlerinde 2 adet kromit kristalinin içeriğinde % 3,53 ve % 4,18 oranında Pt saptanmıştır. Ancak bu değerler çok sağlıklı olmayıp analiz yapan elektron – mikro prob cihazının kalibrasyonundaki bir hatadan kaynaklanmış olabilir.

KAYNAKLAR

Anıl, M., 1990. Pozantı – Karsantı, Mersin ve Kızıldağ (Hatay) Ofiyolitlerindeki Bazı Krom Yataklarının Morfolojik – Yapısal ve Jenetik Özellikleri ile Akdeniz Bölgesindeki Benzer Kromit Yatakları ile Karşılaştırılması. *Doğa, Tr.S.of Engineering and Environmental Science* 14, 645-675.

Bedard, J.S., 1986. Characteristic mineralogy of arc-related cumulate gabbros: implications for the tectonic setting of gabbroic plutons and for andesite genesis. Geology 14, 848– 851.

Coleman, R. G., 1977. Ophiolite, ancient oceanic lithosphere, Springer Verlog, Berlin-Heidelberg, New York, 229 p.

Çevik E., 2006. Topuk Köyü civarındaki (Orhaneli-Bursa) dünitlerin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ve olivine açısından endüstriyel kullanımının değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. s. 96.

Çevik E., ve Örgün, Y. 2007. Orhaneli olivine. *Industrial Minerals*, June 2007, pp. 42-49.

Gültekin, A.H, ve Örgün, Y., 2003. Ultrabazik kayaçların (Bursa-Orhaneli) olivine içerik ve dağılımlarını gösterir rapor *(yayımlanmamış),* ŞE-TAT Madencilik, s. 27.

Gültekin, A.H. ve Örgün, Y., 2008. Bursa-Orhaneli Bölgesi Meryemkaldırımı sırtı nikel cevherleşmesinin içerik, dağılım ve rezervi, *(yayımlanmamış),* ŞE-TAT Madencilik, s. 39.

Harris, N.B.W., Kelley, S., Okay, A.I., 1994**.** Post-collision magmatisim and tectonics in Nortwest Anatolia, Cotrib. *Mineral. Petrol.***, 117,** p. 241-252**.**

Kusky, M.T., Li, J., Glass, A., ve Huang, X.N., 2004. Origin and emplacements of archean ophiolites of the central orogenic belt, North China Craton, *Developments of Precambrian Geology*, Vol. 13.

Lisenbee, A.H., 1971. The ultramafic-gabbronthrust sheet and its surroundings: A progress report in CHMPEL, A.S., (ed) *Geology and history of Turkey, Pet. Explor. Soc.* Libya, p. 349-368

McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks, influence of provenance and sedimentary processes in : Lipin B.R. and McKay G.A. (eds), *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*, Reviews in mineralogy, 21 pp., 169-2000.

Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristic of the northwest Turkish blueschists, in Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., ed., *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*: Geological Society Special Publication, **17**, p. 455-466.

Okay, A.I., 1985. Kuzeybatı Anadolu'da yer alan metamorfik kuşaklar, *Ketin Sempozyumu,* T.J.K. Yayınları, 83-93.

Okay, A.I., 1986. High pressure/low temperature metamorphic rocks of Turkey, İn Evans, B.W., and Brown, E.H., eds., Blueschists and Eclogites : Geological Society of America Memoir, v. 164, p. 333-347.

Okay, A.I., Kelley, R.S.P., 1994. Tectonic setting, petrology and geochronology of jadeite+glaucophane and chloritoid+glaucophane schists from northwest Turkey. *Journal of Metamorphic Geology,* 12, p. 455-466.

Okay, A.I., Harris, N.B.W., and Kelley, S.P., 1998. Blueschist exhumation along a Tethyan suture in northwest Turkey: *Tectonophysics*, v. 285, p. 275-299.

Okay, A.I., and Whitney, D.L., 2010. Blueschists, ophiolites and suture zones in northwest Turkey, *Field Trip Guidebook*.

Örgün, Y. 1992. Topuk – Göynükbelen (Orhaneli – Bursa) yöresi nikel oluşumlarının kökensel incelenmesi, *Doktara Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Örgün, Y. ve Akyol, A., 1997. Topuk – Göynükbelen sokulumunun minerolojik ve jeokimyasal özellikleri, Bursa – Orhaneli, KB Anadolu, *Yerbilimleri (Geosound),* **30,** s. 665-679.

Ringwood, A. E., 1975. Composition and petrology of the Earth's mantle, McGraw Hill Inc., New York, p. 618.

Rollison, H. 1993. *Using Geochemical Data* : *Evaluation, presentation, interpretation*, Longman Group UK Limited, pp 352.

Sayın, Ş.A., Yıldız, M., 1974**.** Orhaneli – Harmancık (Bursa) ve Dursunbey (Balıkesir) Civarının Nikel – Krom Prospeksiyonu, *M.T.A. Etüt Dairesi Rapor No:5765 (Yayınlanmamış).*

Şengör, A.M.C., and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey : A plate tectonic approach : *Tectonophysics*, v. 75, p. 181-241.

Tahtakıran, E., 2008. Krom Cevheri, Ferrokrom ve Paslanmaz Çelikle İlgili İstatiksel Bilgiler ve Yorumlar, Mühendisler ve Mimarlar Odası Maden Mühendisleri Odası Web Sayfası, www.maden.org.tr

Uysal, İ., Zaccarini, F., Sadıklar, M.B., Tarkian, M., Meisel, T., Bernhardt, J.H., and Garuti, G. 2007. Ophiolitic Chromitites From The Kahramanmaraş Area, Southeastren Turkey : Their Platinum – Group Elements (PGE) Geochemistry, Mineralogy and Os – Isotope Signature.

Uysal, İ., ve Köprübaşı, N., 2011. Aşırı Tüketilmiş Yitim Zonu Dünitlerinin (Orhaneli – Bursa, KB – Türkiye) Ergiyik Kayaç Etkileşimi Süreçleri İle Oluşumu, 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2011.

Zedef, V., 1995. Maden Yatakları Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Konya.

EKLER

EK A : Bölgenin Jeoloji Haritası

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Kamil Kavak

Doğum Yeri ve Tarihi: Bandırma 13.02.1985

Eğitim:

Lisans Üniversite: İ.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü**,** 2008

Bildiriler:

Kavak, K., Örgün, Y., Haydar, H.A., 2011
Fuğlatepe (Orhaneli, Bursa) Kromit Yatağının Jeolojik, Mineralojik ve Kimyasal Özellikleri, *64. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı.* Ankara, Türkiye.