

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EDİGE BÖLGESİ (ELMADAĞ-ANKARA) MANYEZİT
OLUŞUMLARININ KARAKTERİSTİKLERİ

Betül KOCA

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EDİGE BÖLGESİ (ELMADAĞ-ANKARA) MANYEZİT OLUŞUMLARININ KARAKTERİSTİKLERİ

Betül KOCA

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sinan AKISKA

Manyezit yatakları dolomit ve serpantin gibi Mg'ca zengin kayaçların alterasyonu sonucu oluşmaktadır. Türkiye'de, serpantinleşmiş ultramafik kayaçların kırık ve çatlaklarında damar ve stokvörk şeklinde oluşmuş manyezit yatakları yaygındır. Çalışma alanı, kuş uçuşu Ankara ilinin 28 km D'sundaki Elmadağ ilçesinin, 7 km GD' sundaki Edige köyüdür. Tez çalışmasında Edige bölgesindeki serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar içerisindeki manyezit oluşumlarının mineraloji ve petrografisi, XRD tanımlamaları ve karakteristikleri, jeokimyasal incelemeleri ve minerallerin yapı-doku karakteristiklerini için SEM-EDS çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bölgedeki manyezit cevherleşmesi, Edige köyü civarında bulunan Karakaya Kompleksi içerisindeki serpantinleşmiş ultramafiklerdedir, stokvörk-damarlar ve kuvarslı manyezit damarları şeklindedir. Ultramafik kayaçlarının ana mineral bileşimi olivin, piroksenler olup yoğun kloritleşmeler ve serpantinleşmeler gözlenmiştir. Tali mineral olarak opak mineraller izlenmiştir. Manyezitler kriptokristalin yapı göstermekte ve manyezitlere kalsit, dolomit, kuvars, serpantin mineralleri eşlik etmektedir. İncelenen manyezit oluşumların ayrıntılı mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen XRD analizleri kapsamında tüm kayaç ve kil fraksiyonu çekimleri yapılmıştır. Mineralojik incelemelerde tanımlanan minerallere ek olarak kaolinit mineralleri bulunmuştur. Serpantinleşmiş ultramafik kayaçlardan alınan örneklerde jeokimyasal analizler yapılarak, ana oksit elementleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgularla normatif mineraloji hesaplamaları yapılmış ve ultramafik kayaç sınıflama diyagramına göre örneklerin çoğunluğunun harzburjit olduğu, bir örneğin lerzolit bir örneğin ise olivin vebsterit olduğu saptanmıştır. SEM-EDS çalışmalarında manyezitlerin rombohedral yapıda ve dolomit ara katkılı oldukları, serpantinlerin lifsi, çubuksu ve levhamsı şekillerde gözlemlendikleri, dolomitlerin yarı öz şekilli ve manyezit ile iç içe oldukları bulunmuştur. Yapılan C-O duraylı izotop çalışmaları sonrasında elde edilen veriler, bölgede meydana gelen bindirme esnasında sürtünmeden kaynaklanan ısının artmasıyla kireçtaşlarından salınan su ve CO₂'nin serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar içerisindeki MgO ile tepkimeye girerek manyezitleri oluşturduğunu düşündürmektedir.

Haziran 2024, 85 sayfa

Anahtar Kelimeler: Manyezit, Ultramafik Kayaç, Mineraloji-Petrografi, XRD, Jeokimya, serpantin, dolomit, SEM-EDS, C-O duraylı izotop

ABSTRACT

Master Thesis

CHARACTERISTICS OF MAGNESITE FORMATIONS IN EDIGE REGION (ELMADAG/ANKARA)

Betül KOCA

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

Supervisor: Assoc. Prof. Sinan AKISKA

Magnesite deposits form as a result of alteration of Mg-rich rocks such as dolomite and serpentinite. In Turkey, magnesite deposits formed in fractures and vein-like structures within serpentinitized ultramafic rocks are common. The study area is located in Edige village, approximately 7 km southwest of Elmadağ district, Ankara province, Turkey. The thesis focused on the mineralogy and petrography of magnesite formations within serpentinitized ultramafic rocks in Edige, including XRD identification and characteristics, geochemical analyses, and SEM-EDS studies of mineral structure-texture characteristics. Magnesite mineralization in the region occurs in serpentinitized ultramafics within the Karakaya Complex near Edige village, in the form of vein-stockworks and quartz-bearing magnesite veins. The main mineral composition of ultramafic rocks comprises olivine and pyroxenes with significant chloritization and serpentinitization observed. Opaque minerals were identified as accessory minerals. Magnesites exhibit cryptocrystalline structure and are associated with calcite, dolomite, quartz, and serpentine minerals. XRD analyses were conducted to determine detailed mineralogical compositions of the studied magnesite formations, including all rock and clay fractions. Kaolinite minerals were additionally found in the mineralogical examinations. Geochemical analyses of samples from serpentinitized ultramafic rocks evaluated major oxide elements. Normative mineralogy calculations based on obtained data indicated that most samples correspond to harzburgite in the ultramafic rock classification diagram, with one sample identified as lherzolite and another as olivine websterite. SEM-EDS studies revealed that magnesites exhibit rhombohedral structure with dolomite interlayers, while serpentines appear fibrous, columnar, and platy, and dolomites show semi-vesicular textures intermixed with magnesite. Data from C-O stable isotope studies suggest that during tectonic thrusting events in the region, increased heat from frictional heating released water and CO₂ from limestone, reacting with MgO in serpentinitized ultramafic rocks to form magnesites.

June 2024, 85 pages

Keywords: Magnesite, Ultramafic Rock, Mineralogy-Petrography, XRD, Geochemistry, Serpentinite, Dolomite, SEM-EDS, C-O stable isotope

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada gerek araştırma sürecimde gerek arazi çalışmamda bilgi, öneri, tecrübe ve yardımlarını esirgemeyerek engin fikirleriyle gelişmeme katkıda bulunan ve mesleğime ve hayata dair kendisinden çok şey öğrendiğim danışman hocam sayın Doç Dr. Sinan AKISKA'ya teşekkür etmeyi borç bilirim. Çalışmalarım süresince bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Sayın Doç. Dr. Zehra Semra KARAKAŞ ve Sayın Dr. Elif AKISKA'ya, çalışmalarım sırasında beni yönlendirmelerinden dolayı teşekkür ederim. Gerek derslerim esnasında gerekse tezde yardıma ihtiyacım olduğunda yanımda olan sınıf arkadaşım Melahat ER'e teşekkür ederim. Arazi çalışmalarım sırasında, her aşamamda bilgisi ve birikimi ile desteklerini esirgemeyen Jeoloji Mühendisi kardeşim Alican KOCA'ya, iş yerinde yeri geldiğinde beni idare eden ve destekleyen BEMAD ailesi; iş arkadaşlarıma ve patronlarıma teşekkür ederim. Analizlerim sırasında her zaman desteğini gördüğüm Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri Teknoloji Başkanlığı'ndan Jeo. Yük. Müh. Cumhur Özcan KILIÇ'a ve en önemlisi de bana yüksek lisans yapmam için destek verip bu işe başlamamı sağlayan ablam Şehrinaz KOCA'ya ve sevgilerini, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım annem Bahar KOCA ile canım babam İsmail Cumali KOCA'ya en derin duygularla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, “Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (21L0443015)” tarafından desteklenmiştir.

Betül KOCA
Ankara, Haziran 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.2 Çalışma Alanının Tanımı ve Konumu	1
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	3
2.1 Arazi (Saha) Çalışmaları.....	3
2.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	4
2.3 Büro (Ofis) Çalışmaları	8
3. ÖNCEL ÇALIŞMALAR	9
4. GENEL JEOLojİ.....	14
4.1 Bölgesel Jeoloji	14
4.2 Çalışma Alanı Jeolojisi	17
4.2.1 Kretase kireçtaşları.....	18
4.2.2 Ayırtlanmamış ofiyolitik birimler	18
4.2.3 Serpantinit, diyorit, dolomit, manyezitserisi	18
4.2.4 Neojenkonglomerası.....	19
4.2.5 Alüvyonlar	19
4.2.6 Bölgenin Tektonik Evrimi	22
5. MADEN JEOLojİSİ.....	25
5.1.1Damar-Stokvörk Tipi Manyezit Oluşumlarının Genel Özellikleri	30
6. MİNERALojİ – PETROGRAFI	33
6.1 Serpantinit / Serpantinleşmiş Ultramafikler	33
6.2 Manyezit.....	35
7. JEOKİMYA.....	37
7.1 Normatif Mineraloji Hesaplamaları.....	39
7.1.1 CIPWnorm	39

7.1.2 Ultramafik kayaların sınıflandırılması	41
7.1.3 Ultramafik kayaların kökeni.....	44
8. X IŞINLARI DİFRAKSİYONU (XRD)	47
9. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOP (SEM) VE ENERJİ DİSPERSİF SPEKTRUM (EDS) ANALİZ YÖNTEMLERİ	51
9.1 Manyezit (Mgs).....	51
9.2 Kuvars (Qz)	52
9.3 Serpantin (Srp).....	53
9.4 Dolomit (Dol)	55
9.5 Kromit (Chr).....	56
9.6 Demir oksit.....	58
10. C-O İZOTOP ANALİZLERİ	61
10.1 Duraylı İzotoplar	61
10.2 Edige Yatağının C-O İzotop Bileşimi	62
11. TARTIŞMA	67
11.1 Manyezit Yataklarının Sınıflaması.....	68
11.1.1 Ultramafik kaya kökenli veya kraubath tipi manyezit yatakları	68
11.1.2 Göltipi veya bela stena tipi manyezit yatakları	69
11.1.3 Amonyum içerikli manyezit yatakları.....	70
11.2 Ultramafik Kayaların Kökeni	70
11.3 Edige Yatağının Oluşumu	71
12. SONUÇLAR	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ.....	86

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

‰	Binde
Å	Angstrom
Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit
As	Arsenik
CaO	Kalsiyum oksit
CaSO ₄	Kalsiyum Sülfat
CO ₂	Karbondiyoksit
Cr ₂ O ₃	Krom trioksit
Fe ₂ O ₃	Demir trioksit / ferrik oksit
Hg	Civa
K ₂ O	Potasyum oksit
MgO	Magnezyum oksit
MnO	Manganoksit
P ₂ O ₅	Difosfor pentaoksit
P ₂ O ₅	Fosfor
ppm	Milyonda bir kısım
Sb	Antimon
SiO ₂	Silisyum dioksit / silika
Sr	Stronsiyum
V _{PDB}	Viyana standardı Pee Dee Belemnite
V _{SMOW}	Viyana standardı Okyanus sularının ortalama izotop birleşimi
µm	Mikrometre

Kısaltmalar

Amf	Amfibol
BSE	Back-Scattered Elecktron
Cal	Kalsit
Chl	Klorit
Chr	Kromit
Cpx	Klinopiroksen
Dol	Dolomit
Hbl	Hornblend
ICP -AES	İndüksiyonla birleşmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi
Kln	Kaolen
LOI	Ateşte zaiyat
Mgs	Manyezit
MORB	Okyanus Ortası Sırt Bazaltları
Ol	Olivin
Opx	Ortopiroksen
Px	Piroksen
Qz	Kuvars
SE	Secondary Electron
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
Srp	Serpantin
XRD	X-Işınları Difraksiyonu
XRF	X Işınları Floresans

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanını ve çevresini gösteren Yer Bulduru Haritası	2
Şekil 2.1 Numune alınan yerlerin google earth görüntüsü.....	4
Şekil 4.1 Ankara ve çevresinin jeoloji haritası (Turhan 2002, Şenel 2002, Okay vd. 2002).	17
Şekil 4.2 Ankara Elmadağ ilçesi Edige köyü manyezit sahası jeoloji haritası (Ertuğrul 1984'den düzenlenmiştir.)	20
Şekil 4.3 Çalışma alanındaki ofiyolitik melanja ait serpantinleşmiş ultramafikler/serpantinitlere ait genel görüntü	21
Şekil 4.4 a, b) Ofiyolitik melanja ait serpantinitler ve manyezit damarları, c) Serpantinitler ve içerisindeki ağsı manyezitler (Sahanın genel görüntüsü)	21
Şekil 4.5 Türkiye tektonik haritası (Okay ve Tüysüz 1999)	24
Şekil 5.1 a) Serpantinler içerisindeki ağsı stokvörk Manyezitler, b) Silisleşmiş manyezitler üzerindeki fay çizikleri, c) Karnabaharlaşmış manyezit, d) Karnabaharlaşmış manyezite silis girişleri	25
Şekil 5.2 a) Hendeğin faylı kısmı, manyezit üzerindeki ters fay görüntüsü, b) Manyezit üzerindeki normal fay görüntüsü	27
Şekil 5.3 a) Silisli yapılar üzerindeki D-B yönlü fay çizgileri, b) Serpantinit kayacı içerisindeki ince ağsı- damarlı manyezitlerin görüntüsü	28
Şekil 5.4 a) Farklı dokulardaki manyezit çeşitleri, b) K27B doğrultulu manyezit damarı, c) K70D doğrultulu manyezit damarı	29
Şekil 5.5 a) K20B doğrultulu manyezit damarı, b) Az altere olmuş serpantinit kayacı, c) K80B doğrultulu manyezit damarı, d) DB yönlü 50G doğrultulu fay ile kesilmiş manyezit	30
Şekil 5.6 Farklı kalınlıklardaki Manyezit damarları	31
Şekil 5.7 a) Silis ara katkılı manyezit, b) Manyezit-Silis birlikteliği	32
Şekil 6.1 Serpantinit kayacında rastlanılan mineraller.(Olivin (Ol) minerali a: tek nikol, b: çift nikol, Parçalanmış olivin mineralleri, c: tek nikol, d: çift nikol, piroksen (Px) minerali (e) tek nikol, (f) çift nikol, tek dilinimli piroksen minerali (g) tek nikol, (h) çift nikol, Serpantin (Srp) minerali ve aralarına giren olivin (Ol) parçaları ı: tek nikol, i: çift nikol, Klorit (Chl) minerali j: tek nikol, k: çift nikol, küçük boyutlu opak mineraller l: tek nikol, m: çift nikol.) [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans'a (2010) göre yapılmıştır].	35
Şekil 6.2 Manyezit kayacında görülen mineraller (Kriptokristalen Manyezit mineralleri (Mgs) ve bunların aralarındaki boşlukları dolduran Kuvars (Qz) mineralleri a: tek nikol, b: çift nikol, karnabaharlaşmış manyezitte görülen dalgalı doku c: tek nikol, d: çift nikol, Serpantinitin kırık ve çatlaklarını dolduran dolomit ve manyezit mineralleri e,g: tek nikol, f,h: çift nikol.) [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans'a (2010) göre yapılmıştır].	36

Şekil 7.1 Ultramafik kayaların olivin (Ol),ortopiroksin (Opx) , klinopiroksin (Cpx), piroksin (Px) ve hornblend (Hbl) oranlarına göre sınıflandırılması (Bas ve Streckeisen, 1991)	42
Şekil 7.2 Edige manyezitlerinin içerisinde yer aldığı ultramafik kayaların sınıflandırılması.....	44
Şekil 7.3 Edige bölgesi ultramafik kayalarının Cr ₂ O ₃ -NiO diskriminasyon diyagramındaki dağılımları (Irvine ve Findlay 1972' den alınmıştır)	46
Şekil 7.4 Edige bölgesi ultramafik kayalarının Ringwood (1975)'e ait Al ₂ O ₃ -MgO diyagramındaki dağılımları.....	46
Şekil 8.1 24 No.lu örneğin XRD Analiz sonucunu gösteren difraktogram. Mgs:manyezit, Dol:dolomit, Cal:kalsit, Srp: serpantin. [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans'a (2010) göre yapılmıştır].	48
Şekil 8.2 8 No.lu örneğin XRD Analiz sonucunu gösteren difraktogram. Mgs:manyezit, [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans'a (2010) göre yapılmıştır].	49
Şekil 8.3 21 No.lu örneğin XRD Analiz sonucunu gösteren difraktogram. Mgs:manyezit, Dol:dolomit, Srp: serpantin. [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans'a (2010) göre yapılmıştır].	49
Şekil 8.4 3 No.lu örneğin XRD Analiz sonucunu gösteren difraktogram (a: tüm kayaç, b: yönlenmiş, c: etilen glikollü, d: fırınlanmış). Mgs: manyezit, Dol: dolomit, Qz: kuvars, Srp: serpantin, Kln: kaolen. [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans'a (2010) göre yapılmıştır].	50
Şekil 9.1 a) 8 numaralı örnekte manyezit minerallerinin SEM fotoğrafı (SE dedektörü altında), b) manyezit minerallerinin SE dedektörü altında 2 mikron boyutundaki görüntüsü, c) manyezit mineraline ait EDS analiz noktası.....	52
Şekil 9.2 8 numaralı örnekte manyezit mineralinin EDX analiz grafiği.....	52
Şekil 9.3 3 numaralı örnekte kuvars mineralinin SEM fotoğrafı (Qz: Kuvars, a: BSED dedektörü altında 1 mm , b: BSED dedektörü altında 200 mikron boyutundadır.)	53
Şekil 9.4 3 numaralı örnekte kuvars mineralinin EDX analiz grafiği.....	53
Şekil 9.5 3 numaralı örnekte serpantin (Srp) minerallerinin SEM görüntüleri (a: BSED modunda 200 mikron, b: BSED modunda 10 mikron ve c: 10 mikron boyutundadır.) d:14 numaralı örnekte 10 mikron boyutundaki serpantin mineralinin SEM görüntüsü ve EDS analiz noktası	54
Şekil 9.6 3&14 numaralı örneklerde serpantin (Srp) minerallerinin SEM görüntüleri (3 numaralı örnekte a) 2 mikron boyutunda, b) 1 mikron boyutunda (SE dedektörü altında), c) 14 numaralı örnekte 3 mikron boyutundaki serpantin mineralinin levhamsı SEM görüntüsü (SE dedektörü altında) ve EDS analiz noktası	54
Şekil 9.7 3 numaralı örnekte serpantin mineralinin EDX analiz	55
Şekil 9.8 9&14 numaralı örneklerde dolomit minerallerinin SEM görüntüleri (a: 9 numaralı örnekte 50 mikron boyutunda (BSED modunda), (b -c) 14 numaralı örneğe ait 5 mikron boyutunda dolomit minerali SEM görüntüleri ve EDS analiz noktası	55

Şekil 9.9 14 numaralı örnekte dolomit mineralinin EDX analiz grafiği	56
Şekil 9.10 3&14 numaralı örneklerde kromit (Chr) minerallerinin SEM görüntüleri (a) 3 numaralı örnekte BSED modunda 200 mikron boyutundaki kromit mineralinin, b) 14 numaralı örnekte BSED modunda 300 mikron boyutundaki kromit mineralinin SEM görüntüsü ve EDS analiz noktası	57
Şekil 9.11 14 numaralı örnekte kromit mineralinin EDX analiz grafiği.....	57
Şekil 9.12 14 numaralı örnekte 20 mikron boyutundaki Mg-kromit mineralinin SEM görüntüsü (BSED modunda) ve EDS analiz noktası.....	58
Şekil 9.13 14 numaralı örnekte Mg-Kromit mineralinin EDX analiz grafiği	58
Şekil 9.14 14 numaralı örnekte demir oksit mineraline ait SEM görüntüsü (a) BSED dedektörü altında 40 mikron boyutunda, b) SE dedektörü altında 10 mikron boyutunda) ve EDS analiz noktası.....	59
Şekil 9.15 14 numaralı örnekte demir oksit mineralinin EDX analiz grafiği	59
Şekil 9.16 8 numaralı örnekte demir oksite ait SEM görüntüleri (a)BSED modunda 3 mikron boyutuna, b) SE modunda 10 mikron boyutunda) ve EDS analiz noktası.....	60
Şekil 9.17 8 numaralı örnekte serpantin+demir oksit mineralinin EDX analiz grafiği ..	60
Şekil 10.1 Çeşitli kayaç ve ortamlardaki $\delta^{13}C$ değerleri (Clark ve Fritz 1997).....	64
Şekil 10.2 Doğal oksijen izotop rezervuarları (Criss 1999).....	65
Şekil 10.3 Manyezit ve Kireçtaşı'na ait $\delta^{13}C$ (VPDB) vs. $\delta^{18}O$ (VSMOW) değerlerinin karbonat kökenlerini gösterir grafik (Veriler; deniz karbonatı Baker ve Fallick [1989] ve Hoefs'ten [1997], kıtasal karbonat Hoefs'ten [1997], tortul organik madde karbonu Hodson [1977] ve Hoefs'ten [1997] ve magma-manto karbonatı Taylor vd. [1967], Valley [1986], Ray vd.'den [1999], meteorik su etkisi, deniz suyu girişi, sediman kirlenmesi veya yüksek sıcaklık etkisi, düşük sıcaklık alterasyonu, çeşitli CO_2 ve karbonat iyonları süreçleri Deines [1989], Demeny ve Harangi [1996], Demeny vd. [1998], Hoernle vd.'den [2002], dekarboksilasyon ve oksidasyon Hofmann ve Bernasconi'den [1998], dekarbonasyon ve karbonat çözünmesi Lorrain vd.'den [2003], Santos ve Clayton [1995] ve Bindeman'dan [2008] alınmıştır)	66
Şekil 11.1 Fallick vd. (1991) tarafından çizilen eski Yugoslavya bölgesindeki manyezit yataklarının dağılımından elde edilen regresyon doğrusu ve Türkiye manyezit - hidromanyezit oluşumları ve bunlarla ilişkili karbonat yataklarının $\delta^{13}C$ (VPDB) - $\delta^{18}O$ (VSMOW) diyagramı (Süleymaniye-Margı-Dutluca değerleri Kahya ve Kuşcu'dan [2014], Türkiye'deki diğer yatakların değerleri Zedef vd.'den [2000], Polonya'daki yatakların değerleri Kralik vd.'den [1989] ve Yunanistan'daki yatakların değerleri Gartzos'dan [1990] alınmıştır.).....	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Numunelere yapılan analizler	7
Çizelge 7.1 Ultramafik kayaların (Jeokimyasal) XRF Analiz Sonuçları (At. Ka.: Ateşte kayıp-LOI)	37
Çizelge 7.2 Ultramafik kayaların ana oksit değerleri (Styles vd. (2013) den düzenlenmiştir.)	38
Çizelge 7.3 Elmadağ/Edige bölgesindeki serpantinleşmiş ultramafik kayalardan alınan numunelere ait CIPW norm değerleri.....	43
Çizelge 8.1 İnceleme alanındaki manyezit oluşumlarının XRD Sonuçları [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans, (2010)'a göre yapılmıştır]. (Mgs: manyezit, Dol: dolomit, Srp: serpantin, Qz: kuvars, Cal: kalsit, Kln: kaolinit).....	47
Çizelge 10.1 Tez alanındaki Manyezitlerin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop değerleri.....	63
Çizelge 11.1 Türkiye'deki bazı önemli manyezit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ (PDB), $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) değerleri.....	73
Çizelge 11.2 Edige bölgesi manyezitlerinin 80 °C deki $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ w(VSMOW) değerleri	73

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

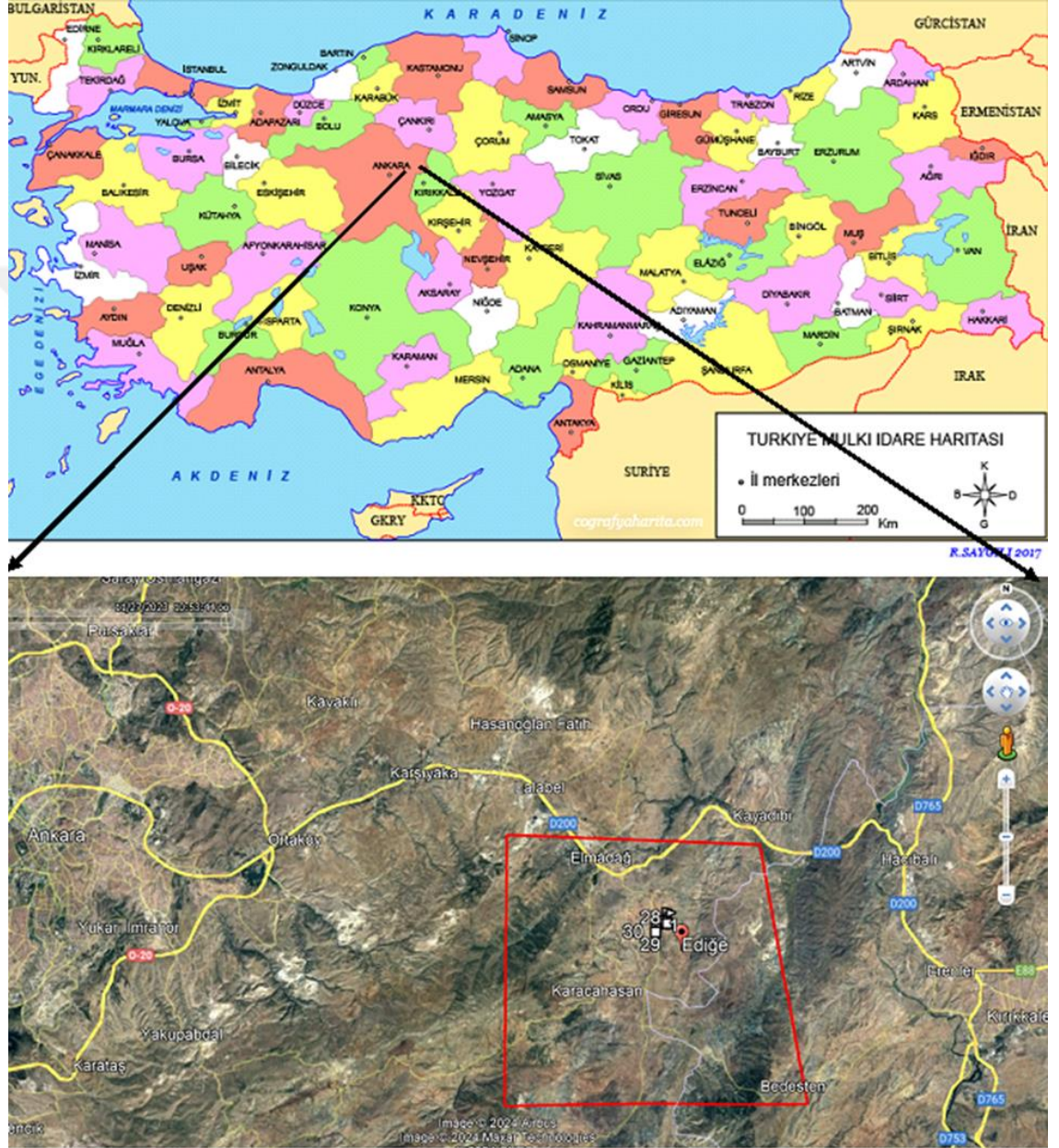
Dünyada önemli manyezit yataklarının bulunduğu yerlerden birisi de ülkemizdir. Türkiye’de bulunan manyezit yatakları sedimanter kayalara ve altere ultramafik kayalara bağlıdır. Ülkemizde serpantinleşmiş ultramafik kayaların kırık ve çatlaklarında damar ve stokvörk şeklinde oluşmuş manyezit yatakları oldukça yaygındır (Yılmaz ve Kuşcu, 2012). Tez kapsamında Elmadağ’ın kuzeydoğusundaki Edige köyü bölgesinde yüzlek veren ofiyolitik birimlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiş, bu kapsamda gerçekleştirilen analiz sonuçlarından bölgedeki manyezit oluşumlarının kökensel incelemeleri yapılmıştır. Buradan yola çıkarak manyezit oluşumlarının jeolojik özellikleri ve yataklanma şekli ortaya konulmuştur. Özellikle bölgedeki cevherleşmeler üzerinde bugüne kadar sadece MTA’nın yalnızca manyezit rezervi hakkında bir çalışma yapmış olması tezin önemini artırmaktadır.

Bu tez çalışması ile İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Kuşağı içerisinde yer alan ve Ankara’nın doğusunda bulunan, Elmadağ-Edige civarındaki manyezit cevherleşmeleri ile bunlara ev sahipliği yapan altere ultramafik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin tespit edilmesi, cevher-yan kayaç ilişkilerinin ortaya konulması ile oluşum ortamının fizikokimyasal şartlarının belirlenmesi ve C-O duraylı izotop çalışmaları ile karbonat minerallerinin kökeninin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

1.2 Çalışma Alanının Tanımı ve Konumu

Çalışma alanı; I30b1 paftası içerisinde, Ankara ilinin doğusunda yer alan Elmadağ ilçesinin Edige köyü ve civarını kapsamaktadır. Elmadağ ilçesi Ankara ilinin yaklaşık 28 km doğusunda yer almakta olup Edige köyü ise, Elmadağ ilçesinin kuş uçuşu yaklaşık 7 km güneydoğusunda yer almaktadır.

Ankara O-20 numaralı çevre yolundan ve D200/E88 karayolundan Edige köyüne dönülerek tez çalışma alanına ulaşılmaktadır. Aşağıda yer alan Google Earth görüntüsünde çalışma alanının fiziki durumu ve çalışmanın yapıldığı alan verilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çalışma alanını ve çevresini gösteren Yer Bulduru Haritası

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar; arazi (saha), laboratuvar ve ofis (büro) çalışmaları olmak üzere üç ana başlık altında irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlar birleştirilerek tez kapsamında sunulmuştur.

2.1 Arazi (Saha) Çalışmaları

Arazi çalışmaları 2023 yılının Kasım ayında gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında yer alan manyezit oluşumları incelenmiş ve bu oluşumların ağsal ve damar tipinde manyezitler olduğu saptanmıştır. Yer yer manyezit damarlarının doğrultu, eğim ve kalınlıkları ölçülmüştür. Manyezit oluşumları ile ilgili olduğu düşünülen serpantinleşmiş ultramafik ve serpantinit kayaçları ile manyezit cevherleşmelerinden sistematik olarak toplamda 28 adet kayaç numunesi alınmıştır. Numune alınan yerleri gösteren Google Earth görüntüsü aşağıda verilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Numune alınan yerlerin google earth görüntüsü

2.2 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma kapsamında, bölgeden alınan örnekler üzerinde polarizan mikroskop (petrografik ve mineralojik) incelemeleri, X-ışını floresans (XRF) cihazı ile

gerçekleştirilen jeokimyasal analizler, X ışını kırınımı (XRD) analizi, elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri ve Karbon-Oksijen (C-O) duraylı izotop analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Polarizan mikroskop çalışması kapsamında Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda 28 adet ince-kesit yapılmıştır. Petrografik tanımlamalar yapmak üzere ince-kesitler alttan aydınlatmalı Leica marka DM/LSP model polarizan mikroskopta incelenmiş ve temsili örneklerden fotoğraflar çekilerek tez çalışmasında kullanılmıştır.

XRF cihazında gerçekleştirilen jeokimyasal analizler, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Analizler, çalışma alanında yer alan ultramafik / serpantinleşmiş ultramafik kayalar üzerinde yapılmış olup ana oksit analizlerini kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar ultramafik kayalar diyagramında değerlendirilerek kayalar isimlendirmeleri yapılmıştır. XRF analizi için bilyalı değirmende 235 rpm'de 15 dk öğütülerek toz haline getirilmiş numuneler 4 saat 105 °C'de kurutulduktan sonra pres pellet işlemi için uygun miktarda bağlayıcı madde (selüloz) ile karıştırılmıştır. Bu karışım 40 ton basınç altında pellet (disk) haline getirilmiş, ayrıca numunedeki uçucu bileşenlerin tayini için 1050°C'de kızdırma kaybı (ateş zayıyatı) gravimetrik olarak yapılmıştır. Son aşamada Thermo Scientific Marka ARL PERFORM'X Model XRF Spektroskopisi cihazında doğru değerler elde edilmiştir.

Manyezit dışındaki mineral içeriklerinin belirlenemediği ve daha detaylı incelenmek istenen manyezitli örneklerde XRD (X-Işınları Difraksiyonu) tüm kayalar çekimleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca manyezit minerallerine eşlik eden mineralleri belirlemek için de bu yöntemden faydalanılmıştır. XRD analiz çalışması için 21 adet örnek seçilmiş ve XRD analizleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) 'nde, Cu kaynaklı X-ışını tüplü, LynxEye Xe-T dedektörlü ve 90 numune yükleyiciye sahip Bruker D8 Advance cihazı ile 4-70 2θ açıları arasında, 0.040 step size, 40 s time per step parametreleri ile 40 kV-30 mA voltaj altında yapılmıştır. Elde edilen difraktogramlar HighScore Plus yazılımı ile işlenerek örneklerin mineral içerikleri tayin edilmiştir.

Manyezit ve ultramafik kayaç örnekleri üzerinde yapılan SEM-EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu-Enerji Dağılım X-Işını Spektrometre) analizleri Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin büyütme oranları ve çalışma şartları her görüntü imajının altındaki bilgi barında gösterilmektedir. SEM analizleri, FEI INSPECT F50 model FEG filamentli cihaz ile BSE (Back- Scattered Electron) ve SE (Secondary Electron) dedektörler kullanılarak 20.00kV voltaj altında 9.5 mm çalışma uzaklığı ile görüntü alma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Manyezit bünyesindeki CO₂' in ve manyeziti oluşturan akışkanın kökeni hakkında bilgi edinmek için C-O duraylı izotop çalışmaları yapılmıştır. C-O duraylı izotop analizi için 12 numune seçilmiş ve analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir. Karbonat numunelerinin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranları, Gas Bench-Continuous Flow Isotope Ratio Mass Spectrometry tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Numuneler, hassas terazide tartılarak hazırlanmış, her numune Ortho-Phosphoric asit- 99% (MERCK) (yaklaşık 0.1 ml) ile yaklaşık 70°C'de tutulan otomatik örnekleyici tablada bir süre (yaklaşık iki saat) tepkimeye sokulmuştur. Açığa çıkan CO₂ gazı, saflaştırıldıktan sonra kütle spektrometresine yönlendirilmiştir. Analizlerde ana standart olarak "NBS19 Limestone (NIST)" kullanılmış ve sonuçlar permil cinsinden (‰) V_{PDB}' ye göre belirlenmiştir, $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranlarına ilişkin hata payları 0.2 ‰' yi geçmemiştir.

Tez çalışması kapsamında alınan numuneler ve numuneler üzerinde gerçekleştirilen analizler Çizelge 2.1 'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Numunelere yapılan analizler

Örnek No	Litoloji	XRF	XRD	SEM	C-O İzotop
1	Manyezit		X		X
2	Silisli Manyezit				
3	Karnabahar Manyezit		X	X	X
4	Silisli Manyezit				
6	Manyezit				
7	Manyezit				
8	Manyezit (Fay?)		X	X	X
9	Serpantinit ve Manyezit			X	X
10	Manyezit				
11	Silisli kaya				
12	Silisli Manyezit			X	
13	Altere Manyezit				
14	Serpantinit-Manyezit	X		X	
15	Serpantinit	X			
16	Altere Serpantinit	X			
18	Manyezit Damarı				X
19	Serpantinit				
20	Ultramafik	X			
21	Manyezit Damarı (Masif)		X	X	X
22	Ultramafik	X			
23	Ultramafik	X			
24	Manyezit		X		X
25	3 farklı dokuda Manyezit (Silisli, masif, karnıbahar)		X		X
26	Ultramafik	X			
27	Manyezit		X		X
28	Manyezit				X
29	Manyezit		X		X
30	Silis damarı- Manyezit				X

2.3 Büro (Ofis) Çalışmaları

Tez çalışmasının ofis çalışmaları kısmında arazide toplanan veriler ve laboratuvar çalışmasından elde edilen veriler birleştirilmiştir. Ofis çalışmaları kapsamında daha önceden yapılmış çalışmalardan yararlanılarak jeoloji haritaları, maden jeolojisi haritası, stratigrafik kesit, şekiller ve grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen tüm veriler yorumlanarak manyezit oluşumlarının kökensel incelemesi yapılmıştır.



3. ÖNCEL ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı ve çevresine ait genel jeolojik, stratigrafik ve sedimantolojik birçok çalışma bulunmaktadır (Blumenthal, 1942; Mc Callien, 1946; Çalgın vd., 1973; Keskin vd., 1975; Erk, 1977, 1980; Akyürek, 1984, Akyürek vd. (1996, 1997); Ocakoğlu (1998); Büyüktulu ve Sarı (2011). Bölgede Türkonal (1957) ve Deveciler (2010) tarafından paleontolojik çalışmalar yürütülmüş olup yazarlar tarafından sırasıyla Jura yaşlı fosiller ve Bartonien yaşlı iri bentik foraminiferler incelenmiştir.

Tchihatcheff (1867), Naumon (1886), Leonhard (1902), Chaput (1931), Lhan (1945) ve Phillipson (1918) tarafından Ankara ve çevresi ile ilgili jeolojik amaçlı birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışma alanını da içerisine alan geniş ölçekli yapılan ilk jeolojik çalışmalar; volkanik kayalar ve metamorfik masifleri inceleyen araştırmacılar tarafından yapılmıştır.

Baykal (1943), Serpantin-Radyolarit kompleksinin Paleozoik'i örttüğünü, Yahşiyen Serisi adını verdiği sedimanterler içinde Alveolina fosilini bularak birimin yaşının Eosen olduğunu ve serpantinitle bunlar üzerine itildiğini belirtmiştir.

Erol (1949), Karacahasan köyü ile Edige çiftliği arasındaki Neojen seriler içindeki fosil yataklarının Ankara'nın güneydoğusundaki Elma Dağı'nın güneydoğu yamaçlarında bulunduğunu tespit etmiştir. Elma Dağı'nın, güneybatıdan kuzeydoğuya uzanan bir masif olduğunu ve kuzeybatısında Ankara ve Moğan ovaları, güneydoğusunda ise Balaban Ovası ve onun jeolojik-morfolojik uzantısı olan Karacahasan-Edige havzası ile Okuh havzası bulunduğunu belirtmiştir. Elma Dağı'nın, temel olarak Paleozoik şistlerden oluşmakta olduğunu; üzerinde kalker, volkanik bloklar, şistler gibi çeşitli kayaç türlerinden oluşan karma bir serinin bulunduğunu tespit etmiştir.

Bailey ve McCallien (1954), Anadolu'da (Türkiye) Ankara çevresinde, farklı köken ve yaştaki malzemeleri bir araya getiren parçalanmış malzeme içeren kayaç topluluğu olduğunu vurgulamak ile birlikte Ankara Melanjı'nı ilk kez açıklamışlardır. Bailey ve McCallien bu çalışmalar sonucu Ankara Melanjı'nın kuzeyden gelen bir napın altında kaldığını ve ezildiğini belirtmişlerdir.

Norman (1972), Elmadağ doğusunda yer alan Tersiyer sedimanlarını incelemiş ve buradaki karışık tektoniği olistostromlar, su altı heyelanlar ve türbiditik akıntılarla izah etmiştir.

Çalgın vd. (1973), Sincan, Elmadağ, Gölbaşı, Etimesgut civarlarında 1/50.000 ölçekli 10 paftayı kapsayan haritalama çalışmalarında bölgede jeolojik birimlere göre stratigrafik kesit yaparak ayrıntılı bir şekilde incelemişlerdir. En altta Paleozoyik yaşlı Epimetamorfik şistlerin yer aldığını, üzerine uyumsuz olarak Triyas yaşlı serpantinit ve radyolaritlerin bindiğini, Jurasik döneminde karmaşık seriyi oluşturan birimleri ve en üstünde serpantinit-radyolarit kompleksi olduğunu tespit etmişlerdir.

Çapan vd. (1983), Ankara Melanjı üzerindeki paleomanyetik çalışmalarında elde ettikleri sonuçlara göre Ankara Melanjı, ofiyolitleri ve sedimanter birimleri ile 'Toros' karakterli, ancak zeolitli bazaltik volkanizması ile 'Pontid' karakterli olup Pontid kenarı ile Torid-Anatolid platformunu temsil eden Kırşehir Masifi arasındaki çarpışma yerini belirttiği sonucuna varmışlardır.

Akyürek vd. (1984), 'Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının Temel Jeoloji Özellikleri' adlı çalışmalarında ilgili bölgenin jeolojik birimlerinin özellikleri, oluşum ortamları ile bu birimler arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır. Triyas'tan Kuvaterner'e kadar uzanan bir dizi jeolojik formasyon bulunmaktadır. Özellikle yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş Emir Formasyonu, bölgedeki en eski otokton birim olan Menen Formasyonu ile geçişlidir. Elmadağ Formasyonu genellikle eş yaşlı volkanitlerden oluşur ve Ortaköy Formasyonu ile ilişkilidir. Ankara Grubu olarak bilinen birimler, diyabaz intrüzyonları tarafından kesilmiştir ve Karbonifer ve Permien yaşlı kumtaşları ile kireçtaşları içerir. Liyas yaşlı Hasanoğlan Formasyonu taban çakıltısı ile uyumlu olarak gelir ve kumtaşı,

çamurtaşı, kireçtaşı ardalanmasıyla devam eder. Üst doğru Dogger-Malm yaşlı killi kireçtaşı Akbayır Formasyonu ile değişir. Eldivan Ofiyolit Kompleksi'nin yerini aldığı derinleşen havzada, normal fasiyes özellikleri gösteren kumtaşı, volkanit ve çakıltası içeren Hisarköy Formasyonu ile birlikte Karadağ Formasyonu çökeler. Hisarköy ve Karadağ Formasyonları, üst doğru Maestrihtiyen yaşlı Ilcepinar ve Samanlık Formasyonları ile değişir. Samanlık Formasyonu, orta türbiditlerden oluşur ve Paleosen yaşlı Dizilitaşlar Formasyonu ile geçişlidir, içinde büyük kireçtaşı olistolitleri bulunur. Eosen yaşlı Mahmutlar Formasyonu, şelf, delta, kumsal ve alüvyon yelpazesi ortamlarında çeşitli sedimanterlerle çökelmiştir, arasında Deliler volkanitleri bulunur. Pliyosen yaşlı Gölbaşı Formasyonu ise geniş bir yayılım gösterir ve kırıntılı çökeltilerle oluşmuştur. Bu bölgedeki tektonik yapının Alpin Orogenik evresi ile oluştuğu düşünülmektedir, düşük açılı bindirmelerle Ankara Grubu, Üst Kretase ve Oligosen yaşlı birimler üzerine itilmiştir ifadelerini ortaya koymuşlardır.

Yalçın ve Bozkaya (2004), damar tipli yataklı Sepiolit bulgusunu, Elmadağ ofiyolitik serisinin tektonikleri ve kümülatları arasındaki dokanaklarda keşfetmiştir. Bu ofiyokarbonatlardaki sepiolitler dolomitlerle ilişkili olup serpantin, smektit ve klorit ile de küçük ölçüde ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Elmadağ ultramafiklerinin mineral birleşimlerine göre serpantinleşme, ofiyokarbonatlaşma, uralitazasyon ve sepiolitizasyon gibi alterasyonlarının düşük basınçta, farklı sıcaklıklarda ve zamanlarda olduğunu bulmuşlardır.

Topak (2006), Yukarıtirtar-Aşağıtirtar Köyleri (Isparta Kuzeydoğusu) arasında gözlenen manyezit yatağının oluşumu ve kökenini, yapılan XRF, SEM, ICP ve izotop analizleri ile belirlemiştir. Manyezitin oluşumu için gerekli Mg; havzanın temel kayalarını oluşturan dolomitik kireçtaşları (Taşevi formasyonu) ve ultramafiklerin (Hoyran ofiyolitli melanjı) ayrışması sonucu ortaya çıkmakta, yüzey ve yeraltı suyuyla ortama taşınmaktadır şeklinde ifade etmiştir.

İleri (2007) Ankara çevresi; Paleozoyik, metamorfik sistler, kloritli-serizitli kalsistler, ince yataklar halinde grovaklar ve yarı mermerler halinde seri oluşturan Ankara Paleozoyik masifi ve bu serinin üzerine binen Permo-Karbonifer'e ait kalker tabakaları tarafından temsil edildiğini bulmuştur.

Yılmaz ve Kuşçu (2007), Eskişehir Mihalicçık bölgesindeki Triyas yaşlı serpantinleşmiş peridotitlere bağlı gelişen damar tipi ve stokvörk manyezitlerin oluşumunu incelemiştir. Damar tipi manyezitlerin SiO_2 ve CaO içeriğinin sinter manyezit olarak kullanılabilirliğini belirlemiştir.

Yılmaz, (2008), Eskişehir İli'nin doğusunda Süleymaniye ve Yalımlı Köyleri arasında, Eskişehir'in kuzey doğusunda Margı-Taycılar-Sepetci Köyleri arasında ve Eskişehir'in güneybatısı Tutluca Köyü'nde çalışmalar yapmıştır. Yaptığı XRD analizleri ve mikroskopik incelemeler sonucunda her üç çalışma alanındaki manyezit oluşumları serpantinleşmiş harzburjitler içerisinde bireysel damarlar ve stokvörkler şeklinde gelişmiş olduğunu; masif, sert, konkoidal kırılmalı ve kriptokristalin dokulu olduğunu ve dış yüzeylerinin yer yer karnabahar görünümlü olduğunu belirtmiştir.

Toros, (2019), Mersin'e bağlı Mut ilçesinin Göcekler köyü sınırları içerisinde yer alan ofiyolitik melanjin serpantinleşmiş kısmı içinde gelişen kırık ve çatlaklarda meydana gelen manyezitlerin mineralojik ve jeokimyasal bileşimini, değişik analiz yöntemleri kullanarak belirlemeyi amaçlamış, FTIR ve XRD faz analizlerinde cevherleşmede manyezitle beraber çok az sayıda örnekte dolomit, kuvars ve bir numunede kil minerallerinden smektit, illit ve klorit tespit etmiştir. Cevher örneklerinin büyük bir kısmının kimyasal bileşim açısından safa yakın olduğunu ve yüksek kalitede refrakter üretimi için tüketilecek hammadde özelliklerine sahip olduğunu bulmuştur.

Zedef vd. (2000), manyezit oluşumlarının genellikle atmosferik kaynaklı CO_2 ile organik kaynaklı CO_2 karışım eğrisi üzerine düştüğünü belirtmişlerdir. Çalışma alanındaki

manyazitlerin izotop değerlerinin bu karışım eğrisine düşmesine rağmen, diğer manyezit oluşumlarından daha yüksek ^{13}C (PDB) ‰ içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Schroll (2002), ultramafik kayalarda bulunan kriptokristalin manyazitlerin izotopik olarak hafif olduğunu belirtmiş ve genellikle $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ‰ değerinin -8 ile -20 aralığında olduğunu, maksimum olarak da ‰-9 ile -12 aralığında olabileceğini ifade etmiştir. Bunların oksitleşmiş organik karbondan ve çözünmüş denizel karbonatlardan türediğini belirtmiştir.

Diğer araştırmacılar (Abu-Jaber ve Kimberley, 1992), manyazitlerdeki $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ‰ değerinin -15 ile -10 aralığında olduğunu ve ultramafik kayaların altındaki organik açıdan zengin serilerin dekarbonizasyonundan türediğini belirtmişlerdir. Ağır $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ‰ (-7 ile -9) aralığının ise atmosferik karbondioksit etkisi olarak tanımlandığını belirten Kralik vd. (1989), denizel kireçtaşlarının $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ‰ 0 ± 4 olduğunu belirtmişlerdir.

4. GENEL JEOLoji

4.1 Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı, Ankara ilinin doğusunda yer alan Elmadağ ilçesinin Edige bölgesidir. İnceleme alanı ve yakın çevresi gri renkli Jurasik-Kratese yaşlı ofiyolitik melanj (bazalt, serpantinit, radyolaryalı çört ve daha az miktarda pelajik şeyl ve kireçtaşı) ile Neojen yaşlı kırıntılı birimlerden oluşur (Akyürek vd. 1984). Ofiyolitik melanj yaklaşık olarak 13 km genişliğinde bir kuşak oluşturur ve Üst Kretase türbiditleri üzerinde doğuya doğru itilir. Eosen yaşlı kumtaşları ve kireçtaşları da Kırşehir Masifi'nin kristalin kayaçları üzerinde uyumsuz olarak uzanır ve İzmir-Ankara suture hattı üzerinde çarpışma sonrası en eski denizel tortul örtüyü oluşturur (Okay vd. 2002). Edige köyü güneydoğusunda yüzlek veren Neojen yaşlı sedimanlar havzanın doğu kenarını sınırlayan K-KD gidişli normal faylar ve yarı-graben sistemi ile ilişkilidirler (Seyitoğlu vd. 1997). Çoğunlukla kırmızı renkli kırıntılardan oluşan Neojen birlikleri, havzanın K-KB'sında ofiyolitik temel ve Oligosen yaşlı (Akyürek vd. 1984) kırıntılı birimlerce üzerlenir. Oligosen birimleri ise Edige çevresinde ofiyolitik temel üzerine bindirme şeklinde gözlenmektedir (Akyürek vd. 1984, Seyitoğlu vd. 1997) (Şekil 4.1).

Ankara bölgesini oluşturan temel birim Karakaya Kompleksidir. Güneyde Anatolid-Torid bloğu, kuzeyde Strandia kuşağı ile Doğu Karadeniz arasında doğu-batı yönlü uzanan Sakarya kuşağı yer almaktadır (Okay 1989, Okay ve Tüysüz 1999). Göncüoğlu ve diğerleri (1997) tarafından aynı bölge, Sakarya Bileşik Terran olarak adlandırılmıştır. Sakarya Bileşik Terran, erken Jura yaşlı zemin bloğu ve Jura-Geç Kretase kapağı ile karakterize edilir. Zeminde, Permian dizileriyle ayrılmış Triyas deformasyonuna sahip kayaçlar yanında pre-Permian (Variskan?) yaşlı metamorfik katmanlar bulunmaktadır. Hem Variskan hem de Simriyen birleşimler, farklı tektonik ayarlarında oluşmuş kaya birimlerini içerir. Bu karmaşık tektonik birimler Okay ve Göncüoğlu (2004) tarafından "Karakaya Kompleksi" olarak birleştirilmiştir (Sayıt 2005).

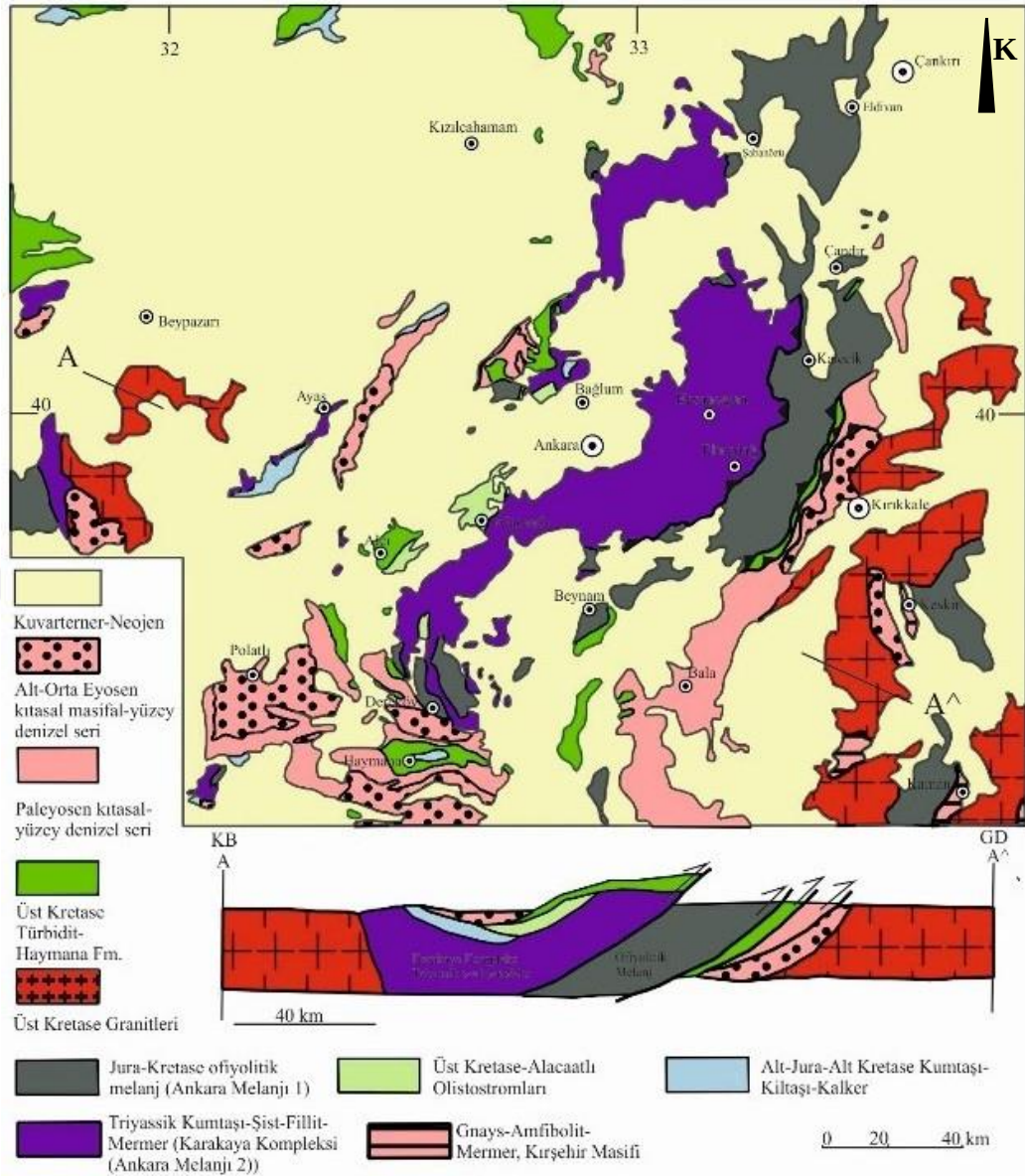
Ankara bölgesi 3 birim ile karakterize edilir. En yaşlıdan gence doğru sırasıyla Erken Permian yaşlı Eymir (Pazarcık) Kompleksi, Permo-Triyasik yaşlı Karakaya Grubu ve Jura-Tersiyer yaşlı örtü kayalar. Eymir Kompleksi, Ankara bölgesinin en eski birimi olup (Koçyiğit 1987) ilk olarak Akyürek vd. (1982, 1984) tarafından tanımlanarak Emir Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Sayıt 2005).

Emir formasyonu; Yeşilışist metamorfizmasına uğramış volkano-sedimanter birleşiminden oluşan karmaşık ile ayırt edilmektedir. Ankara bölgesinde, Dikmen Grovakları (Erol 1949), Epimetamorfik Şistler (Çalgın vd. 1973), Metamorfik Bloklı Melanj (Norman 1973) ile Eymir Kompleksi bir kabul edilmektedir. Genç yaşlı Alt Karakaya Nap (Karakaya Grubu olarak da bilinir) üzerine Eymir Kompleksi tektonik olarak biner (Koçyiğit 1987, Koçyiğit vd. 1991). Bu birim, Permo-Triyasik yaşlı büyük kireçtaşı bloklarından oluşan tektono-sedimanter karışımla tanımlanmaktadır. Karakaya Grubunu Ankara'da iki formasyon olarak görmek mümkündür. Spilitik yastık bazalt akıntılarının, piroklastiklerin ve sıg su karbonatlarının dönüşümlü olarak görüldüğü, oluklu bazalt akıntılarının dönüşümlü olduğu bir yapıya sahip olan Bahçecik Formasyonu ve genellikle vahşifiliş doğasında sedimentli bir melanjdan oluşan Olukman Formasyonu'dur. (Altın ve Koçyiğit 1993).

Koçyiğit'in (1987) Ankara Grubu, Karakaya Napları üzerine uyumsuz olarak biner ve geç kalın, kesikli bir sedimanter dizi ile karakterizedir. Bu dizi, akarsu konglomeraları ile temsil edilen Hasanoğlan Formasyonu (Akyürek vd. 1982) ile başlar ve transgresif bir deniz dizisi ile devam eder. Hasanoğlan Formasyonu, Günalan Formasyonu ile yatay geçişli olup Günalan Formasyonu; volkanik kayalarla geçişli pelajik kireçtaşları ile birliktedir. (Akyürek vd. 1996) Hasanoğlan Formasyonu da çoğunlukla pelajik kireçtaşlarıyla karakterize olan Akbayır Formasyonuna geçiş yapar (Akyürek vd. 1982). Hem Karakaya Grubu hem de Ankara Grubu ile tektonik ilişkilere sahip birim Jura-Kretase yaşlı Anadolu Kompleksidir (Koçyiğit ve Lünel 1987). Karakaya Grubu bu birimi tektonik olarak üstlerken birim Ankara Grubu üzerine itilir. Karakaya Grubu; Jura-Alt Berriasian Eldivan Ofiyolitik Kompleksi (Akyürek vd. 1979), Alt Kretase Dereköy Ofiyolitik Melanji (Ünalan vd. 1977) ve Dereköy ofiyolitik Melanji olarak üç alt birime ayrılmıştır (Akyürek vd. 1996). Üst Kretase sedimanter birimler de bulunur (Sayıt 2005).

Ankara Melanjı, kireçtaşı bloklı birimler ile ofiyolitlerden meydana gelen bir birim olup Ankara-Çankırı civarında görülür. Bu birim içerisinde KB-GD uzanımlı olan Eldivan ofiyoliti alttan üste doğru tektonitler, kümülatlar ve levha dayklarından oluşmaktadır. Radyolaritik seri, tektonitlerin tabanında yaygın şekilde bulunur. Bu tektonitlerle radyolaritik seri arasında ince tektonik dilimler halinde metamorfik birim gözlenir. Edige ofiyoliti, tektonit ve kümülatlardan meydana gelen tektonik dilimler halinde, tektonik melanj içerisinde diyabaz daykları ile kesilmiş olarak gözlenir. Diyabaz daykları bu tektonit, kümülat ve metamorfikleri keser. Eldivan Ofiyoliti, uyumsuz olarak kırıntılı bir seri tarafından örtülür. Kırıntılı sedimanter kayaçlarla çimentolanmış Karbonifer, Permian ve Triyas yaşlı kireçtaşı bloklarından oluşan, bazaltik lav ve damar kayaçlarına değişik seviyelerde rastlanmaktadır (Çakır ve Üner 2014).

Ankara melanjı içinde büyük bir ofiyolitik blok olarak yer alan Edige kütlesi, tektonik ve kümülat birimlerden oluşur. Tektonik birim, ana olarak harzburgit ve daha az oranda dunitten meydana gelmiştir. Düzensiz mercer ve bantlar halindeki dunitler, harzburgitler ile birlikte bulunur. Kümülat birimi ise, ultramafiklerden felsik ürünlere kadar çeşitli kümülat kayaçları içerir. Ultramafik kümülatlar serpantin, dunit, klinopiroksenit ve websterittir (Tankut 1985) (Şekil 4.3). Bölgede gözlenen manyezitler ise bu kayaçlar içerisinde damarlar ve stokvörkler şeklinde oluşmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4.1 Ankara ve çevresinin jeoloji haritası (Turhan 2002, Şenel 2002, Okay vd. 2002).

4.2 Çalışma Alanı Jeolojisi

İnceleme alanı Ankara' nın doğusunda yer Alan Elmadağ ilçesine 7 km mesafede olan Edige köyü mevkiindedir. Çalışma alanı çoğunlukla Ankara Melanji'na ait ofiyolitik melanj birimleri tarafından oluşturulmuştur. Çalışma sahasını oluşturan birimler yaşlıdan gence doğru kretase kireç taşları, ofiyolitler ve diyabazlar, serpantinit-diyorit-dolomit-manyezit serisi, neojen konglomerası ve son olarak alüvyonlardır (Ertuğrul ve Alp 1984) (Şekil 4.2).

4.2.1 Kretase kireçtaşları

Bu birim çalışma alanının kuzey kısmında sınırlı bir alanda gözlenmektedir. Buradaki kireçtaşları masif yapıda olup tabakalaşma göstermemektedirler. Birimde çok fazla çatlak olmakla birlikte bu çatlaklar kalsit ve silis dolguları ile doldurulmuştur (Ertuğrul ve Alp 1984). Karbonifer ve Permien yaşlı kireçtaşı ve kırıntılı bloklar sıkça görülür. Birim, sarı, boz, kahverengi ve gri renklerde, ince-orta tabakalı ve sık kıvrımlı yapı gösterir. Keçikaya Formasyonu'na geçiş bölgesinde kumlu kireçtaşı ve kumtaşı aralanması görülür ve kireçtaşına geçiş yapılır. Elmadağ Formasyonu ile Keçikaya Formasyonu'nun geçişi Hasanoflan'ın kuzeyinde ve Keçikayatepe'nin kuzeyinde izlenebilir. Bantlar halinde bulunan kireçtaşları bol miktarda fosil içerir (Akyürek vd. 1984).

4.2.2 Ayırtlanmamış ofiyolitik birimler

Bu birimlere kuzey ve kuzeybatı yönlerinde rastlanmıştır. Kısmen ilksel yapısını koruyan, kısmen de hafif bir metamorfizma geçirmiş olan spilitik bazalt, diyabaz gibi volkanojenik ve aglomeralardan oluşmuştur (Akyürek vd. 1982).

4.2.3 Serpantinit, diyorit, dolomit, manyezit serisi

Bu kayaç toplulukları gerek rezerv aramaları gerekse de ekonomik yönden üzerinde en çok çalışılan birimlerdir. Burada bazı kısımlarda diyoritler ve çatlaklarda oluşan manyezitler bulunmuştur. Sahada serpantinitler altere ve genç olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Altere serpantinitler; sarımsı kahverengi rengine sahip olup Sivritepe ve yamaçlarında, Somutdede tepede, Efendiöz derenin doğusunda bulunurlar. Renkleri dolayısı ile yeşil, parlak genç serpantinlerden ayrılırlar. Manyezit zuhurlarının genellikle altere serpantinitler üzerinde bulunduğu keşfedilmiştir. Bu serpantinler kalınlığı 100 metreye varan demir şapkalarını oluşturmaktadır. Demir ve Alüminyum bakımından zengin olan bu serpantinitler içerisinde küçük küçük de olsa kromit zuhurlarına da rastlanmıştır. Genç serpantinitler ise Suludere, Emirindere ve Pamukağı dere civarında

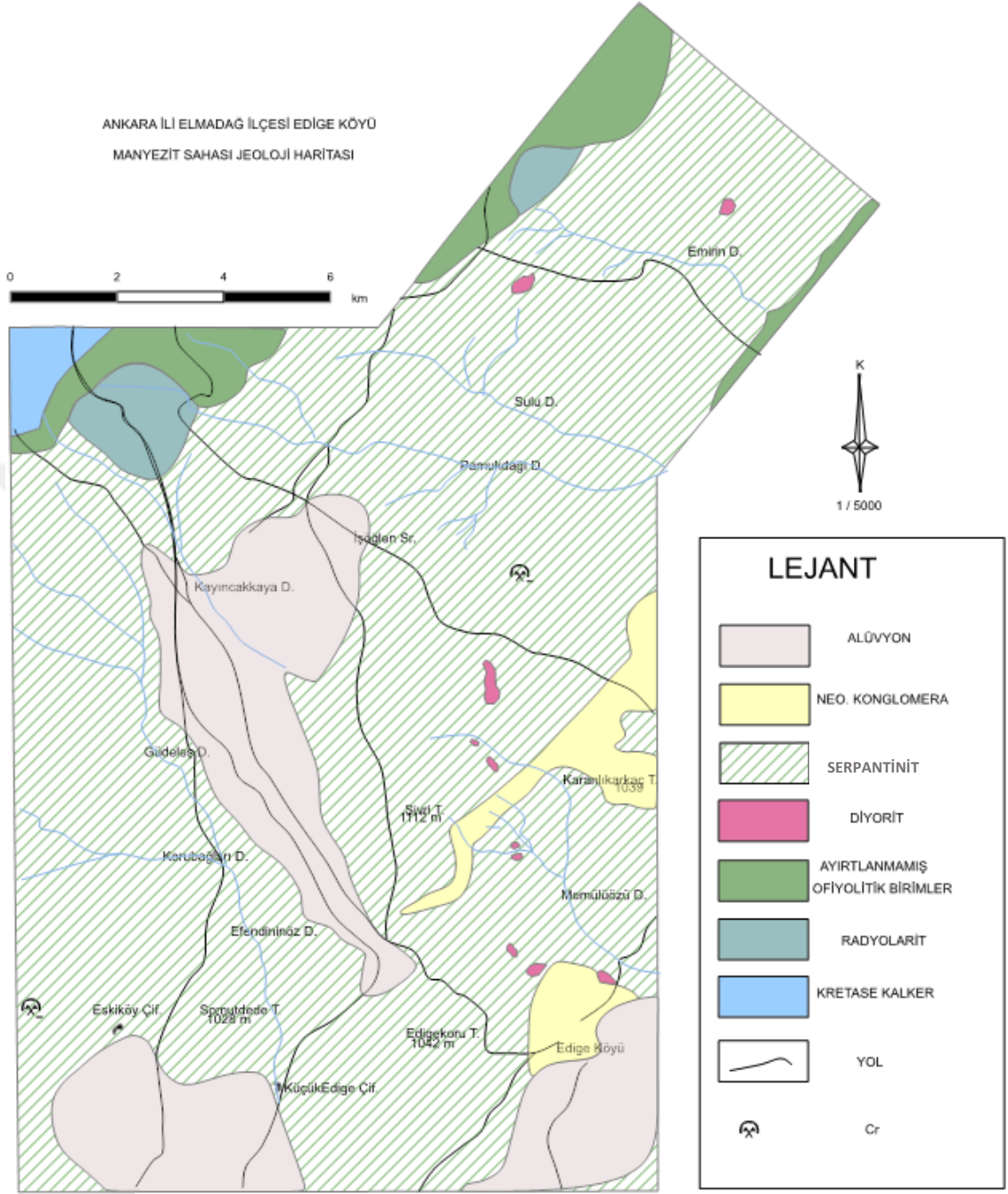
yoğunlaşmıştır. Genellikle yüzeyleri yağimsı kaygan olup yeşil ve yeşilimsi siyah renktedirler. Yer yer diyoritler ve andezitler de bunlara eşlik eder. Serpantinit, Diyorit, Dolomit ve Manyezitten oluşan bu toplulukta çatlaklar boyunca oluşan 10 metreye kadar varan kalınlıkta dolomit seviyeleri bulunmuştur (Ertuğrul ve Alp 1984).

4.2.4 Neojen konglomerası

Bu birim Ediğ köyü ve kuzeyinde mostra vermektedir. Bu birim Memonunağıl deresi ve Karanlıkarkaç tepesine doğru iki kol halinde uzanmaktadır. Birim içerisinde parçacıklar halinde başka birimlere de rastlanmış olup bu birimler; diyabaz, kalker ve radyolarit çakıllarıdır. Yer yer de serpantinit çakılları gözlenmiştir (Ertuğrul ve Alp 1984).

4.2.5 Alüvyonlar

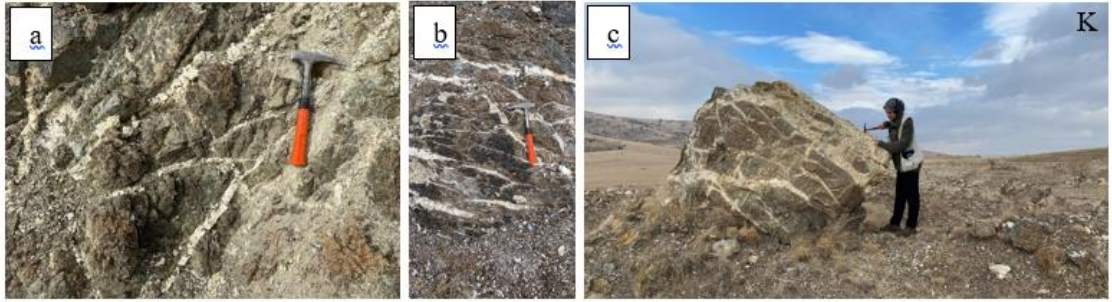
Bölgede en geniş yer kaplayan en genç birimlerdir. Alüvyonlar sahayı örtmüş olsa da Manyezitler parçacıklar halinde yüzeyde kendini belli eder (Ertuğrul ve Alp 1984). Kum ve çakıl parçacıklardan oluşmakla birlikte genellikle yakın çevrede bulunan kaya birimlerinden kopan büyük taneli malzeme ile bu kaya parçalarının ayrışma ürünleri, yerçekiminin ve bazen sel sularının etkisiyle yamaç eteklerinde toplanarak belirli bir kalınlığa ulaşmış ve birikmiştir (Akyürek 1997).



Şekil 4.2 Ankara Elmadağ ilçesi Edige köyü manyezit sahası jeoloji haritası (Ertuğrul 1984'den düzenlenmiştir.)



Şekil 4.3 Çalışma alanındaki ofiyolitik melanja ait serpantinleşmiş ultramafikler/serpantinitlere ait genel görüntü



Şekil 4.4 a, b) Ofiyolitik melanja ait serpantinitler ve manyezit damarları, c) Serpantinitler ve içerisindeki ağsı manyezitler (Sahanın genel görüntüsü)

4.2.6 Bölgenin Tektonik Evrimi

Çalışma alanı Paleotetis okyanus evrimi etkisi altında kalmış olup bu evrim Permo-Karbonifer esnasında gelişmiş ve Triyas 'ta da varlığını sürdürmüştür (Akyürek vd. 1984) (Şekil 4.5).

Başlıca bulantı akıntıları, pelajik çökelim ve kısmen de moloz akması süreçlerinin etkin olması ile derin deniz çökelleri olmuştur. Bölgede gerilme kuvvetlerinin etkisiyle gelişen tektonik hatlar oluşmuştur. Bu alanlardan spilit ve diyabaz türü volkanitler çökelme yüzeyi üzerinde akmıştır. Bu gerilme kuvvetleri sonucu havzada; kayma, göçme ve kaya yuvarlanması olayları meydana gelmiştir ve kıta şevinden Karbonifer ve Permien yaşlı kireçtaşı ve kırıntılı kayalar koparak, bloklar halinde çökelmişlerdir. Böylelikle bölgede deniz karbonatları ve okyanus kabuğu malzemelerinden ultramafikler, diyabazlar, yastık lavlar ve pelajik çökeller bulunmaktadır (Akyürek vd. 1984).

Triyas sonunda sıkışma kuvvetlerinin etkisi ile Paleotetis kapanmaya başlamıştır. Bunun sonucunda volkanitler ve bloklar karmaşık bir yapı kazanmış ve kısmen su üzerine çıkmıştır. Liyas zamanı hızlı bir blok, faylanma ile birlikte, yeni açılmaya başlayan Neotetis'in kenarındaki alüvyon yelpazeleri oluşması ardından kumsal çökellerin çökmesi ile başlayan transgresyon sonunda, Liyas yaşlı çakıltı ve kumtaşları ile uyumsuz olarak örtülmüştür. Bu Liyas yaşlı çökeller dalga tabanı altında çökelen killi kireçtaşları ile son bulur. Bu oolitlik ara katkılı pelajik karbonat çökeli Dogger (?) - Malm'e kadar devam etmiştir (Akyürek vd. 1984).

Neotetis'in gelişimi, Alt Kretase'ye kadar sürmüştür. Neotetis'e ait okyanus kabuğu malzemesi, sıkışmadan kaynaklı kısmen dilimler halinde kısmen de melanj yapısı kazanarak kıtasal kabuğu üzerlemiş ve bölgeye gelerek yerleşmiştir. Üst Kretase zaman aralığında, farklı evrelerde faylar boyunca yükselen volkanitler, yastık lav ve dayklar halinde çökeller arasına yayılmış ve onları kesmiştir. Havzanın daha derin kesimlerinde ve volkanizmanın merkezlerinden uzaktaki alanlarda ise türbiditler ile pelajik sedimanlar çökelmiştir. Maestrihtien'de volkanizmanın etkisi azalmış ve hemen hemen tüm havzada türbiditik çökelim başlamıştır (Akyürek vd. 1984).

Jura-Alt Kretase zamanında başlayan alta dalma sonucu erime ve yeniden kristallenme meydana gelmiş ve sonucunda granitik magma, Paleosen zamanında bölgeye yerleşmiştir. Bölgesel yükselme ve aşınma sonucu granit ve granodiyorit yüzeylenmiştir (Norman 1972).

Eosen sonunda havza tümü ile karasallaşmış ve yalnızca alüvyon yelpazesi birikmiştir. Oligosen'de havzanın tümü alüvyon yelpazesi, evaporitik göl ve menderesli ırmak çökeli olmuştur. Evaporitik göllerde çökelen jipsler önemli kalınlıklar oluşturmuştur. Bölgede Oligosen'den sonra kuzey-kuzeybatıdan, güney-güneydoğuya doğru bindirmeler gelişmiş çünkü bölge sıkışma kuvvetlerinin etkisinde kalmıştır. Bu etki, üst Miyosen sonrasına kadar devam etmiş ve üst Miyosen'de en şiddetli halini alarak bölgedeki bindirmeleri oluşturmuştur (Akyürek vd. 1979,1980).

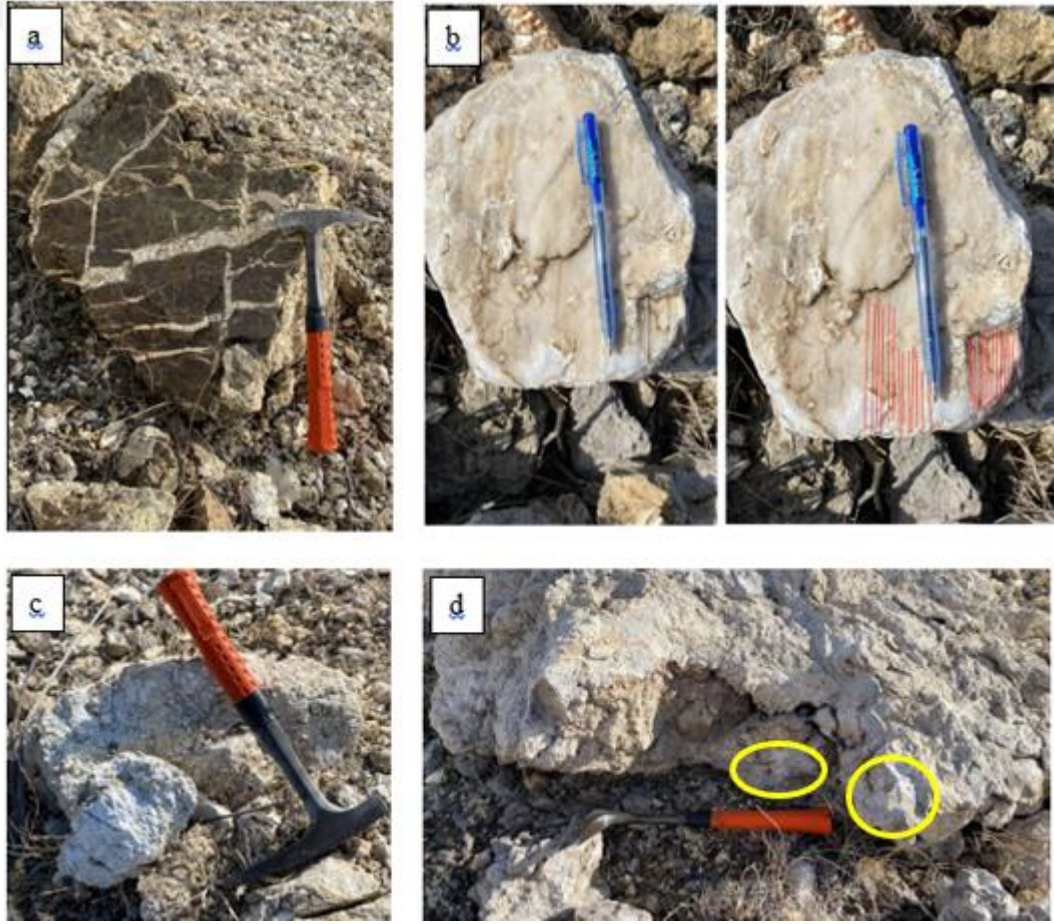
Volkanizma ise aynı dönem içinde bölgenin batı kesiminde (Tekke volkaniti) etkinlik göstermiştir. Bazaltlar, volkanizmanın son ürünü olup Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı çökeller üzerine yayılmıştır. Pliyosen sonlarında volkanizma tekrar durmuş ve tekrar alüvyon ile ırmak çökelleri oluşmuştur. Bölge bugünkü yapısal biçimini Üst Miyosen 'de yaşlı bindirmeler sonucu kazanmıştır. (Akyürek vd. 1984)



Şekil 4.5 Türkiye tektonik haritası (Okay ve Tüysüz 1999)

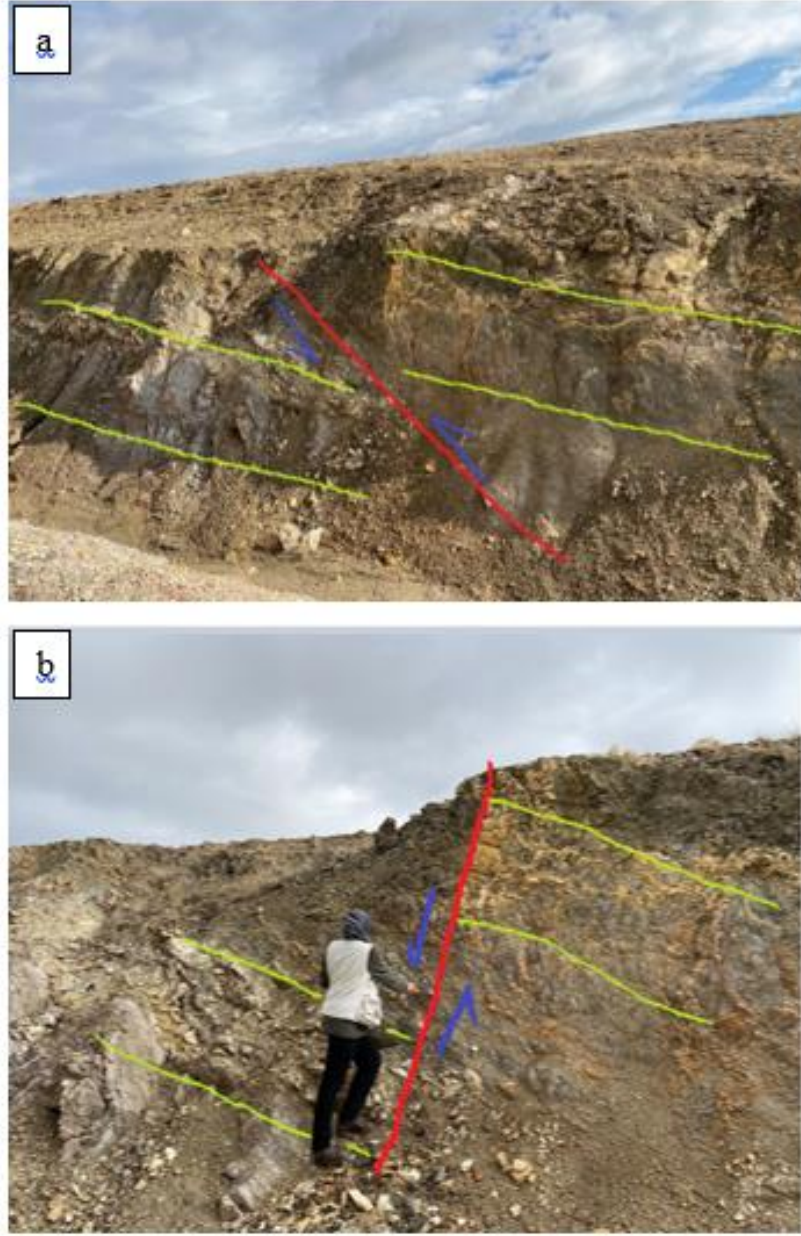
5. MADEN JEOLJİSİ

Bölgedeki manyezit cevherleşmesi ofiyolitik melanj içerisinde yer alan serpantinleşmiş ultramafik/ serpantinitler içerisinde ağsal (stokvörk) ve damarlar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 5.1.a). Sahada bulunan manyezit yer yer parlak görünüme sahip silis katkılıdır. Silis katkılı manyezitler üzerinde fay çizikleri tespit edilmiştir (Şekil 5.1.b). Ayrıca; ince taneli karnabaharlaşmış bir yapı görülmüştür (Şekil 5.1.c). Karnabaharlaşmış manyezitin içerisinde şeffaf silis damarları gözlenmektedir. Silis damarları içerisinde de manyezit breşleri bulunmaktadır (Şekil 5.1.d).

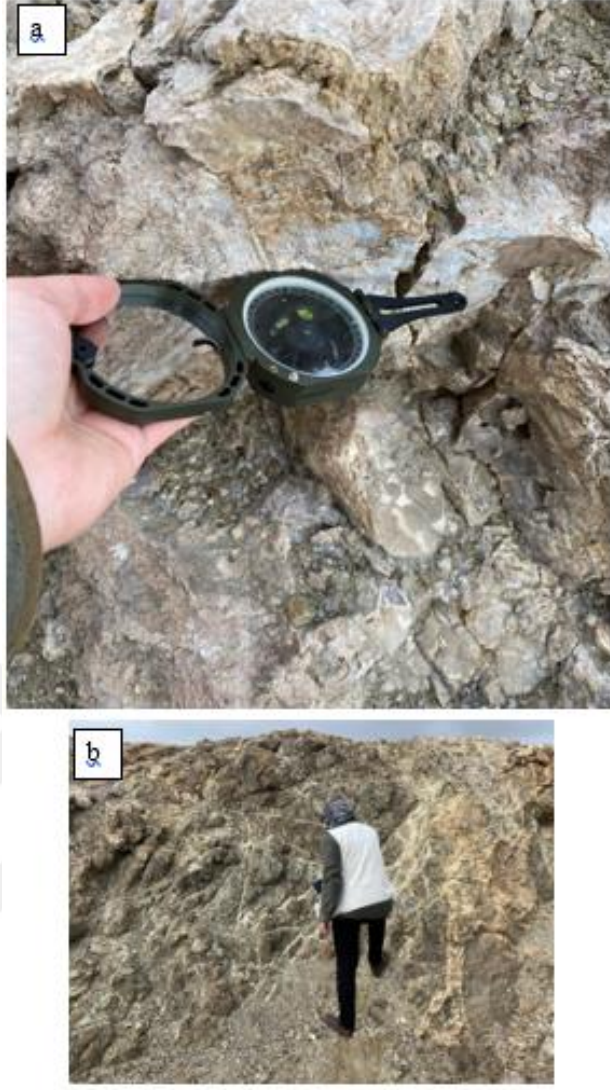


Şekil 5.1 a) Sertantinler içerisindeki ağsı stokvörk Manyezitler, b) Silisleşmiş manyezitler üzerindeki fay çizikleri, c) Karnabaharlaşmış manyezit, d) Karnabaharlaşmış manyezite silis girişleri

Çalışma sahasında K-G yönlü bir hendek bulunmaktadır. Hendeği oluşturan kayaç hep aynı tür kayaç olup farklı derecede altere olduğu için farklı renkler görülmektedir. Hendekte farklı birkaç faya rastlanmıştır. Şekil 5.2.a’da manyezitler içerisinde ters fay gözlenmektedir. Hendek içerisinde ters fay ile birlikte bazı bölgelerde normal fay da görülmektedir (Şekil 5.2.b). Hendek içinde silisleşmiş yapılara da rastlanmıştır. Bu silisli yapılar üzerinde de fay çizikleri bulunmuş olup fayın doğrultusunun D-B yönlü olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.3.a). Hendek içerisinde iki taraftan da yaklaşık 2-3 metrede bir çaprazlama numune alımı yapılmıştır. Numuneler silisli manyezitten, saf manyezitten ve serpantinleşmiş ultramafik kayaktan olmak üzere farklı türlerden alınmıştır. Manyezitler ince damarcıklar şeklinde ve farklı yönelimlerde serpantinit kayacı içinde gözlenmektedir (Şekil 5.3.b).



Şekil 5.2 a) Hendeğin faylı kısmı, manyezit üzerindeki ters fay görüntüsü, b) Manyezit üzerindeki normal fay görüntüsü



Şekil 5.3 a) Silisli yapılar üzerindeki D-B yönlü fay çizgileri, b) Serpantinit kayacı içerisindeki ince ağsı- damarlı manyezitlerin görüntüsü

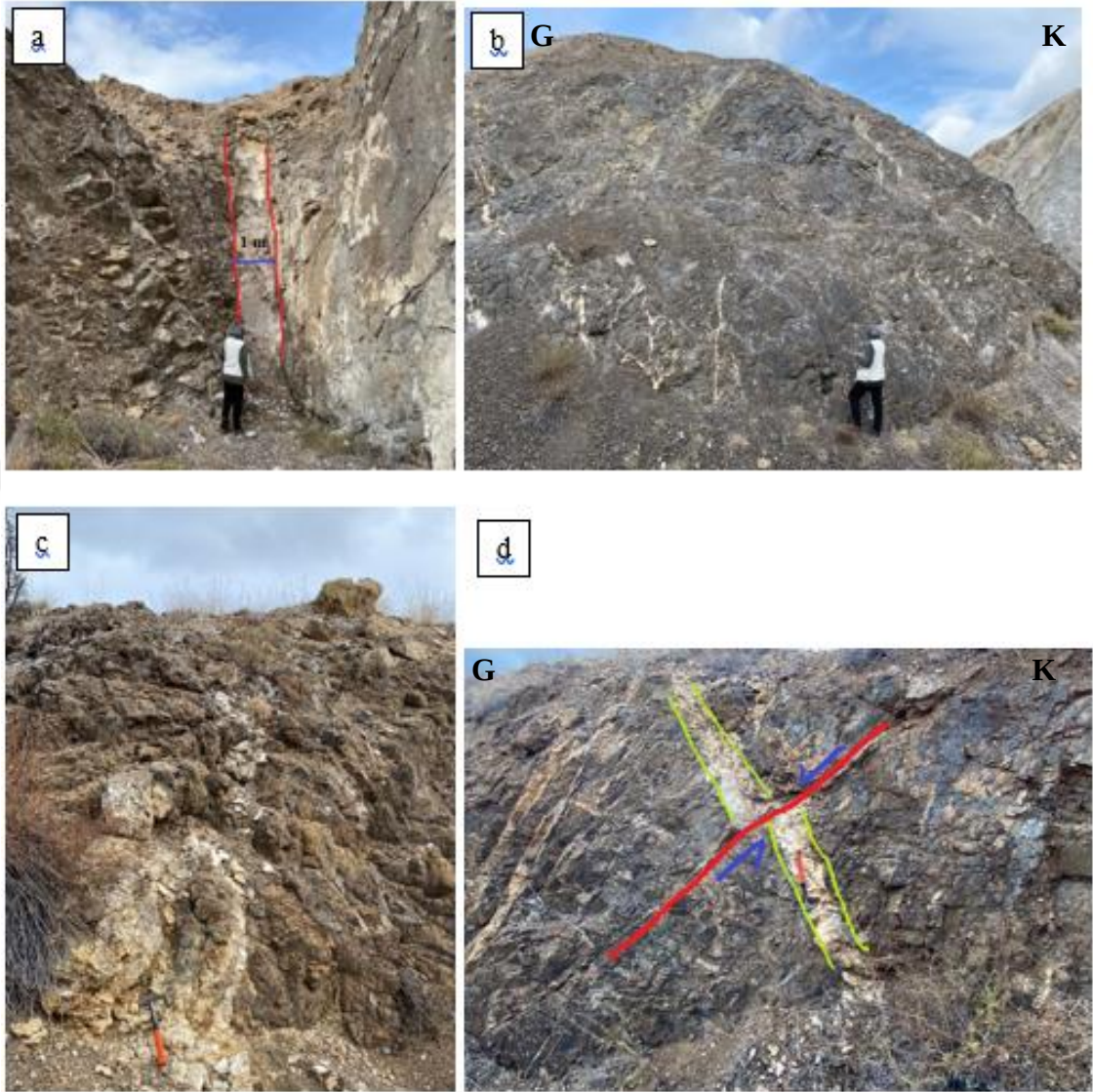
Çalışma alanında manyezitin farklı dokularına rastlanmıştır; a) üzeri pürüzsüz olması ile ayırt edilen masif manyezitler, b) karnabahar şekilli manyezitler ve c) eli beyaza boyayan killi manyezitler (Şekil 5.4.a). Şekil 5.4.b görülen manyezit damarından pusula ile ölçüm yapılmış olup manyezitin doğrultusu K27B çıkmıştır. Çalışma alanının güneybatısında bulunan diğer lokasyonda (Şekil 2.1) incelemeler yapılmış olup buradan da numuneler alınmıştır. Şekil 5.4.c de görülen manyezit damarından numune alınmış olup bu damarın doğrultusu K70D olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.4 a) Farklı dokulardaki manyezit çeşitleri, b) K27B doğrultulu manyezit damarı, c) K70D doğrultulu manyezit damarı

Manyezitlerin ince ağsı stokvörk şekilde oluşumundan başka hendek alanı dışında kalın damarlar halinde de oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu kalın manyezit damarının yönelimi K20B olarak ölçülmüş olup (Şekil 5.5.a) damar yaklaşık 1 m genişliğe sahiptir. Manyezit damarı serpantinit kayacı içerisindedir. Bu kısımda serpantinit kayacının az altere olmuş hallerine rastlanmıştır (Şekil 5.5.b) olup bu kayaçlardan numune alınmıştır.

Diğer bir manyezit damarından doğrultu ölçümü yapılmış olup K80B olarak bulunmuştur (Şekil 5.5.c). Bunun dışında sahada silis içeren fayın manyeziti kestiği tespit edilmiştir. Bölgede daha genç bir silis gelimi olduğu düşünülmektedir. Şekil 5.5.d’ de görüldüğü gibi manyezit damarı normal fay ile kesilmiştir. Fayın yönelimi D-B/50G olarak bulunmuştur.



Şekil 5.5 a) K20B doğrultulu manyezit damarı, b) Az altere olmuş serpantinitle kayacı, c) K80B doğrultulu manyezit damarı, d) DB yönlü 50G doğrultulu fay ile kesilmiş manyezit

5.1.1 Damar-Stokvörk Tipi Manyezit Oluşumlarının Genel Özellikleri

Çalışma alanında manyezit damarları 2-10 cm arasında küçük küçük, ağsı, ince ve farklı yönlere yönelmiştir. Bunların aralarında 50-100 cm kalınlığı arasında değişen ana, kalın

damarlar da bulunmaktadır ve bunların yönü genellikle KB yönündedir. Şekil 5.6' da beyaz renkli farklı kalınlıklardaki manyezit damarları görülmektedir.



Şekil 5.6 Farklı kalınlıklardaki Manyezit damarları

İnceleme alanında bazı manyezitler, kuvars damarları ile bir arada bulunmaktadır. Manyezit- silisleşmiş manyezit ve silis şeklinde bir ardalanma söz konusudur (Şekil 5.7).



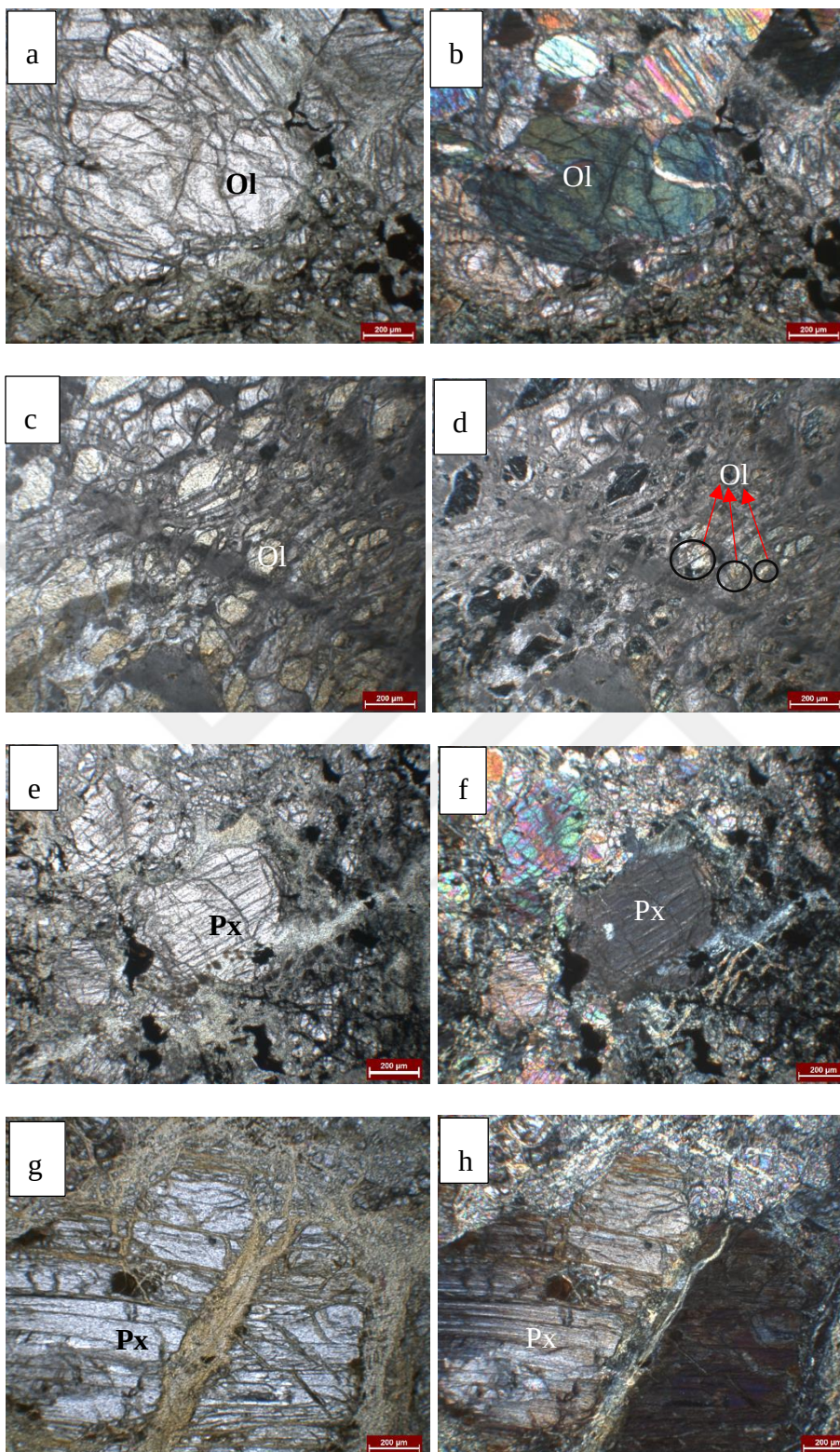
Şekil 5.7 a) Silis ara katkılı manyezit, b) Manyezit-Silis birlikteliği

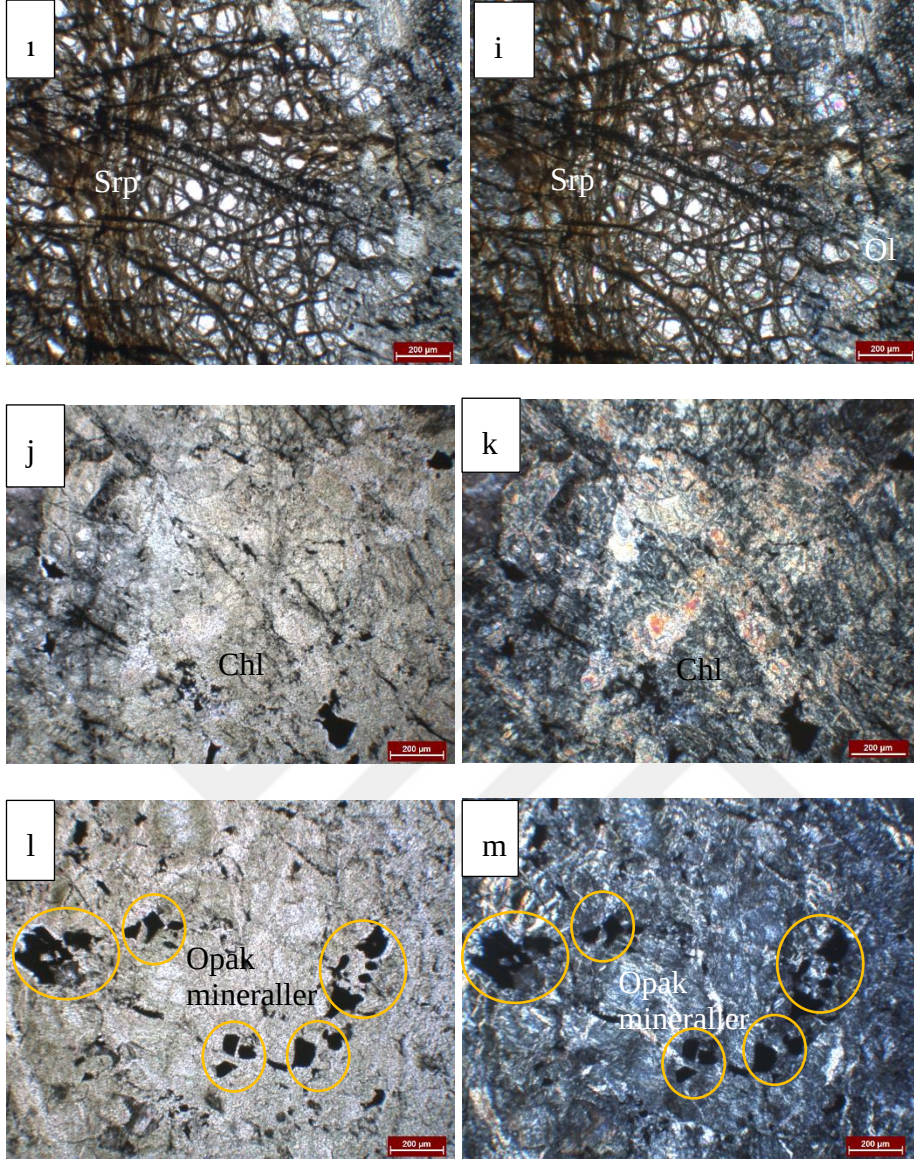
6. MİNERALOGİ – PETROGRAFİ

Çalışma alanını oluşturan birimler serpantinit/serpantinleşmiş ultramafik kayalar ve manyezitlerdir. Mineralojik-petrografik incelemeler bu iki birim üzerinde yürütülmüştür.

6.1 Serpantinit / Serpantinleşmiş Ultramafikler

Serpantinit/Serpantinleşmiş ultramafik kayacı genel olarak olivin, piroksen ve serpantin mineralleri içerirken yer yer klorit ve opak mineraller de gözlenmektedir. Olivin genelde iri taneli ve öz şekilsiz olarak görülmekte olup çoğunlukla serpantinleşmiş olarak bulunmaktadır. Serpantinler yarı öz şekilli ve kırıklı çatlaklı yapısı, yüksek girişim renkleri ve tipik elek dokusu ile ayırt edilmiştir (Şekil 6.1.a, b). Yine manyezitler arasında da olivinlere rastlanmıştır. Karnabaharlaşmış manyezitten alınan örnekte de parçalar şeklinde serpantinleşmiş olivinlere rastlanmıştır (Şekil 6.1.c, d). Kayaç içerisinde serpantinleşme oldukça yoğun olduğu için olivin minerallerinin büyük bir kısmı serpantin mineraline dönüşmüştür. Piroksen mineralleri olivinden daha küçük boylarda ve daha az oranda görülmektedir. Piroksenler ortalama 300 mikron boyutlarındadır. İnce kesitlerde piroksen mineralleri genellikle tek yönlü dilinimleri ile tipikse de çift yönlü dilinime sahip olanlar da görülmektedir. Piroksenlerin olivinden farklı olarak girişim renkleri yüksek olmayıp orta düzeylidir ve elek dokusu göstermemektedirler (Şekil 6.1.e, f). Piroksenler de olivinler gibi serpantinleşmiş olarak gözlenmektedir (Şekil 8.1 g,h). Serpantin minerali arasında olivin ve piroksen mineralleri bulunmaktadır (Şekil 6.1.i, j). Serpantinit kayacında aynı zamanda klorit mineraline de rastlanmıştır. Açık yeşil rengi ile ayırt edici özelliğe sahip kloritler yer yer serpantinler ve olivinler arasında hamur şeklinde yayılmıştır (Şekil 6.1.j, k). Kloritler arasında parça parça olivin mineralleri bulunmaktadır. Serpantinit içerisinde tali olarak opak minerallere de rastlanmıştır. Opak mineraller ince taneli olup genellikle öz şekilli-yarı öz şekilli olarak görülmektedirler (Şekil 6.1.l, m).



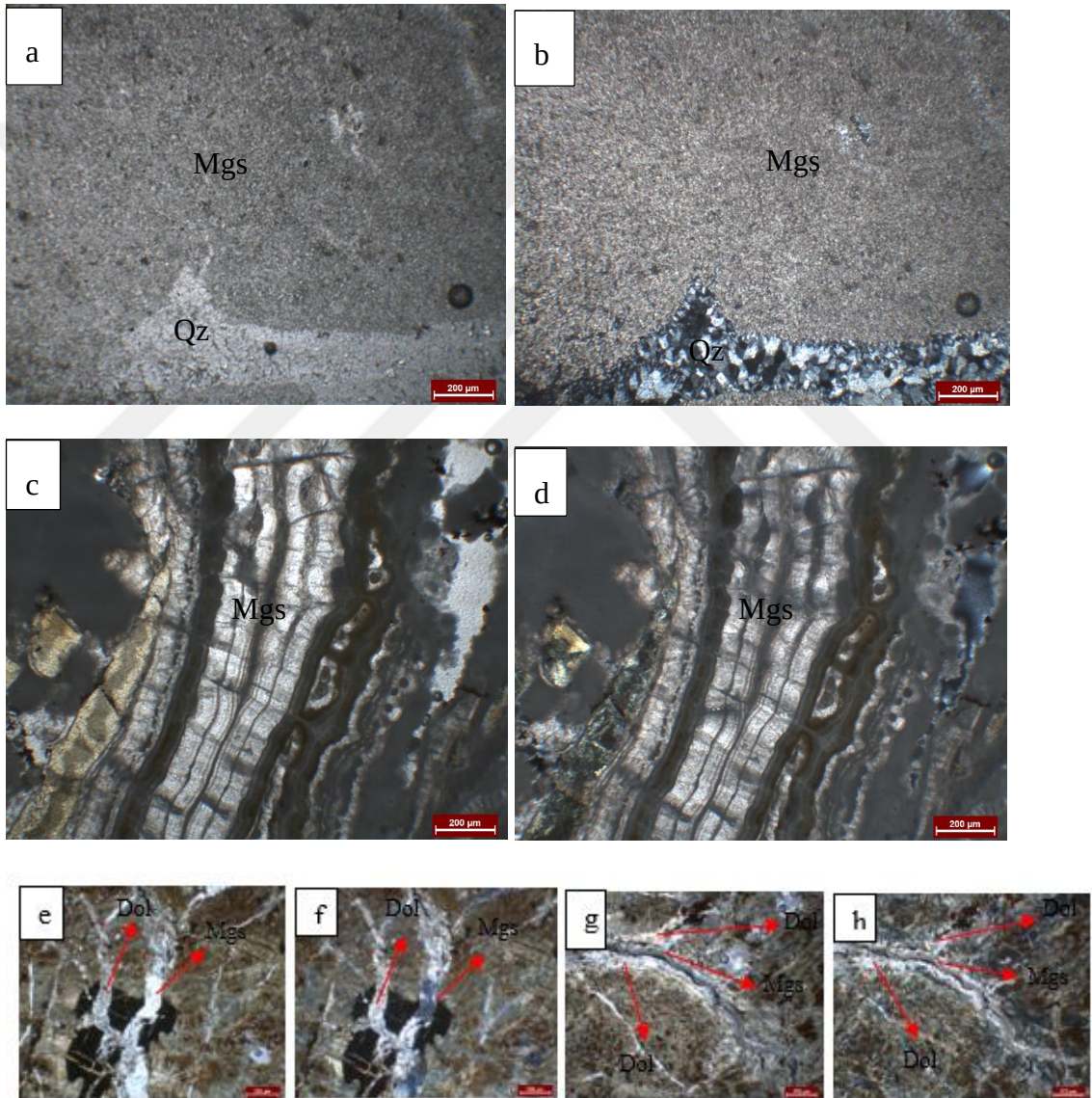


Şekil 6.1 Serpantinit kayacında rastlanılan mineraller.(Olivin (Ol) minerali a: tek nikol, b: çift nikol, Parçalanmış olivin mineralleri, c: tek nikol, d:çift nikol, piroksen (Px) minerali (e) tek nikol, (f) çift nikol, tek dilinimli piroksen minerali (g) tek nikol, (h) çift nikol, Serpantin (Srp) minerali ve aralarına giren olivin (Ol) parçaları ı:tek nikol, i:çift nikol, Klorit (Chl) minerali j:tek nikol, k: çift nikol, küçük boyutlu opak mineraller l: tek nikol, m: çift nikol.) [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans’a (2010) göre yapılmıştır].

6.2 Manyezit

Çalışma alanında gözlenen manyezitlere dolomit ve kuvars mineralleri de eşlik etmektedir. Manyezit minerali genel olarak kriptokristalen yapıdadır. Manyezitler

içerisinde yer yer damar şeklinde dalgalı sönme özelliği ile ayırt edilen kuvars mineralleri de görülmüştür. Kuvars mineralleri ikincil olarak görülmektedir (Şekil 6.2.a, b). Manyezit çalışma alanında karnabaharlaşmış şekilde de bulunmaktadır. Bu türe ait dalgalı doku ince kesitlerde de görülmüştür (Şekil 6.2.c, d). Dolomit mineralleri serpantinli kayaların damarlarında manyezit ile birlikte görülmüştür. Tane boyları çok büyük olmamakla birlikte tanecikli yapısı ile kriptokristalen manyezitlerden ayırt edilmiştir. Şekil 6.2.e, f, g, h de gri renkli manyezit ve yanında ince taneli dolomit damarı bulunmaktadır.



Şekil 6.2 Manyezit kayacında görülen mineraller (Kriptokristalen Manyezit mineralleri (Mgs) ve bunların aralarındaki boşlukları dolduran Kuvars (Qz) mineralleri a: tek nikol, b: çift nikol, karnabaharlaşmış manyezitte görülen dalgalı doku c: tek nikol, d: çift nikol, Serpantinitin kırık ve çatlaklarını dolduran dolomit ve manyezit mineralleri e,g: tek nikol, f,h: çift nikol.) [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans'a (2010) göre yapılmıştır].

7. JEOKİMYA

Serpantinleşmiş ultramafiklerin kökeni ile ilgili bir değerlendirme yapabilmek için Edige ofiyolitlerine ait serpantinleşmiş ultramafik kayalardan 7 adet örnek üzerinde ana oksit (XRF) analizleri yapılmış olup analiz sonuçları Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Ultramafik kayaların (Jeokimyasal) XRF Analiz Sonuçları (At. Ka.: Ateşte kayıp-LOI)

		14	23	20	15	22	26	16
SiO₂	%	37,3	40,4	39,9	38,7	41,2	39,1	42,9
Al₂O₃	%	0,6	0,5	0,2	0,5	0,3	1,8	0,2
Fe₂O₃	%	9,6	9,3	9,8	8,8	9,8	9,2	7,8
CaO	%	2,4	0,4	0,4	0,7	0,4	1,2	1,6
MgO	%	33,4	36	36,6	36,3	36	37,2	33,3
Na₂O	%	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
K₂O	%	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cr₂O₃	%	0,35	0,36	0,44	0,34	0,41	0,40	0,25
TiO₂	%	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
MnO	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
NiO	%	0,37	0,42	0,41	0,35	0,41	0,34	0,35
P₂O₅	%	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
At. Ka.	%	15,60	12,35	12	14,10	11,15	10,50	13,20
Toplam	%	100,12	100,23	100,25	100,29	100,17	100,34	100,1

Alınan ultramafik örneklerin ana element analiz sonuçlarına göre; en yüksek MgO değeri %37,2 (26), en düşük değer ise %33,3 değerinde (16) olup ortalama MgO değeri %35,5'dir. SiO₂ değeri en yüksek %42,9 (16), en düşük %37,3 (14) değerinde bulunmaktadır. Ultramafikler içerisinde ortalama SiO₂ değeri %39,9'dur. CaO değeri en yüksek %2,4 (14), en düşük %0,4 (23-20-22) değerinde olup ultramafikler içerisindeki ortalama CaO değeri %1,01'dir.

Bunun dışında Al₂O₃ değerleri en yüksek %1,8 (26) değerinde en düşük %0,2 (20-16) değerinde olup ultramafikler içerisindeki ortalama Al₂O₃ değeri %0,58'dir. Fe₂O₃ değeri en yüksek %9,8 (20-22) değerinde, en düşük %7,8 (16) değerinde olup ultramafikler içerisindeki ortalama Fe₂O₃ değeri %9,18'dir.

Ultramafik kayaların %90' ından fazlası koyu renkli mafik minerallerden oluşur ve iz düzeyde diğer mineralleri içerirler. Ana mafik mineraller; olivin (Mg₂SiO₄), ortopiroksen (MgSiO₃) ve klinopiroksen ((MgCa)SiO₃) den oluşan Mg-silikatlardır. Ultramafik kayaların çoğunda, bu minerallerin kristal yapılarında bulunan Mg' un bir kısmı Fe²⁺ ile değiştirilmiştir. (Styles vd. ,2013)

Styles vd. (2013) ultramafik kayaların oksit mineral yüzdeleri için farklı yerlerde yer alan örneklere analiz yapmış ve oksit değerlerini bulmuştur. Aşağıdaki çizelgede birimlerin nereden alındığı ve oksit değerleri verilmiştir (Çizelge 7.2).

Çizelge 7.2 Ultramafik kayaların ana oksit değerleri (Styles vd. (2013) den düzenlenmiştir.)

KAYAÇ ADI:	YERİ	ÖRNEK NO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₄	CaO	Cr ₂ O ₃	NiO
lizardite serp.	Ballantrae, Ayrshire, Scotland	ET1	37.7	38.56	1.4	7.48	0.13	0.03	0.36	0.26
olivin	Norway (Minelco)	ET23	41.88	48.07	0.38	7.69	0.11	0.42	0.48	0.36
harburjit	Masafi, UAE	ET25	40.51	38.39	1.91	8.5	0.14	3.02	0.37	0.28
harzburjit	Ismah, UAE	ET26	40.92	37.91	0.96	8.24	0.14	1.68	0.55	0.27
klinopiroksin	Khor Fakkan, UAE	ET27	49.33	20.63	4.53	6.29	0.14	17.22	0.28	0.03
amfibol	Dadna, UAE	ET28	45.86	12.11	12.96	9.34	0.19	14.94	0.14	0.02
antigorite serp.	Col del Lis, Lanzo Massif, Italy	ET29	39.88	36.22	2.41	8.36	0.14	0.41	0.29	0.29
antigorite serp.	Cedar Hills, Pennsylvania, USA	ET30	39.68	38.8	1.16	7.24	0.09	0.49	0.37	0.29
		ORT. %	41.97	33.83625	3.21375	7.8925	0.135	4.77625	0.355	0.225

Çalışma alanımızdan alınan serpantinleşmiş ultramafik örneklerin oksit değerleri Çizelge 7.1’de verilmiş olup SiO₂: %37.3-42.9, MgO: %33.3-37.2, Al₂O₃: % 0.2-1.8, Fe₂O₃: %7.8-9.8, MnO: %0.1-0.2, CaO: %0.4-2.4, Cr₂O₃: %0.25-0.44, ve NiO: %0.34-0.42 arasında değişmektedir. Styles vd. (2013) bu değerleri farklı kayalarda ölçmüşlerdir (Çizelge 7.2). Bu değerlere göre çalışma alanımızda yer alan serpantinleşmiş ultramafiklerin SiO₂, MgO, Fe₂O₃, Cr₂O₃ oranları genel olarak serpantinleşmiş ultramafiklerin oranları ile benzerlik göstermektedir. Fakat burada Al₂O₃, CaO değeri normalde olan değerden az iken NiO değeri normalden fazla çıkmıştır.

7.1 Normatif Mineraloji Hesaplamaları

Normatif mineraloji hesaplamaları, kayanın genellikle oksit olarak bulunan ve ağırlıkça toplam kayacın yaklaşık %0,1’ inden fazlasını oluşturan ana ve iz element kimyasına dayalı olarak hesaplanan teorik mineraloji olarak adlandırılır. CIPW normatif hesaplama bu türden bir tekniktir. Bu teknik, kaya kimyasını idealize edilmiş standart "normatif minerallere" dönüştürür. Normatif mineraloji farklı kayaları kimyasal içeriklerine göre karşılaştırmak ve sınıflandırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bunun için hazır bir yöntem olmakla birlikte özellikle çok ince taneli veya camsı kayalarda çok etkilidir. Normatif mineraloji modal mineralojiden farklıdır. Gerçekte gözlemlenen, genellikle hacim yüzdesi olarak ifade edilen kaya mineral birleşimi modal mineralojidir. Özellikle camlı kayalar için bu geçerlidir, çünkü bu tür kayalarda kristalleşme tamamlanmadan durdurulduğundan, gözlemleyerek sınıflandırma zorlaşır (Smith ve Perfit 2007). Bu tür kayalar MORB, hesaplanan CIPW normu ve bazalt tetraedronu kullanılarak sınıflandırılabilir (Morse 1981). En yaygın kullanılanı CIPW normudur.

7.1.1 CIPW norm

Gerçek mineral endeksleri yerine normatif minerallerin kullanılması normun belirli bir mineralojik kayanın kimyasal bileşiminin bir temsili olduğunu ifade etmektedir. Normlar, doğal olayların petrolojik modellerine kısmen yaklaşan hesaplamalardan oluşur. Bu nedenle, ortaya çıkan mineralojik tahminler, modellerin kendi kısıtlamaları ile

sınırlıdır (Piche ve Jebkar 2004). CIPW normatif mineraller volkanik kayaların geçerli bir magmatik karakterizasyonunu sağlar. Fakat metamorfizmaya uğrayan kayalar için çok zayıf bir mineralojik tahmin sağlar (Cross vd. 1902).

CIPW norm hesaplama şeması (Cross vd. 1902) magmatik kayaların genel mineral birleşimlerinin tahmin edilmesi amacıyla belirlenmiş bir hesaplama prosedürü aracılığı ile tasarlanmıştır. İlk kez yirminci yüzyılın başlarında W. Cross, J.P. Iddings, L.V. Pirsson ve H.S. Washington tarafından önerilmiştir. Genelde kayaç minerallerinin çok küçük olması ve camlı kayalar için eksik kristalleşmesi nedeniyle mümkün olmamasından dolayı bu hesaplamanın gerekli olduğu savunulmuştur (Verma vd. 2003).

Bu şema, birkaç kez değiştirilmiş, açıklanmış veya yeniden üretilmiştir (Örn. Johannsen 1931, Kelsey 1965, Hutchison 1974, Cox vd. 1979, Le Maitre 1982, Ragland 1989, Rollinson 1993). Büyük, önemli değişiklik, Kelsey (1965) tarafından sağlanmış olup bilgisayar programları değiştirilerek doyurulmamış kayalarda da yapılabilmesi sağlanmıştır. Cross vd. (1902), amfibol ve mika gibi hidrat mineralleri dâhil etmiş olsa da Kelsey (1965) tarafından bu mineraller UIGS tarafından önerilen volkanik kaya sınıflamasında gerekli olmadığı için dikkate alınmamıştır (Verma vd. 2003).

Mevcut prosedür, Cross vd. (1902)' nin öne sürdüğü anhidrit mineral birleşiminin temel prensipleri hala takip edilse de birçok yönden mevcut CIPW raporlarının (Örn. Kelsey 1965, Rollinson 1993) önemli bir değişikliğidir. SIN (Standart Igneous Norm) şemasındaki önemli değişiklikler şunlardır:

- (i) Ana elementlerin dışında, minör ve iz elementlerin de CIPW hesaplamasında kullanılması isteğe bağlıdır.
- (ii) Kimyasal analiz sonuçları önceden anhidrit temeline göre %100 e ayarlanır.
- (iii) Apatit için iki farklı formül gerekli olup mineral formülü düzenlenir.
- (iv) En doğru atom ağırlıklarının oksit mineraller için uygulanması ve hassas mineral molekül ağırlıkları hesaplanır.

(v) Mevcut prosedürde değişken moleküler ağırlıkları bazı mineral oluşturan ana elementlerin yerine geçebilecek belirli elementlerin konsantrasyonunu dikkate alınarak tümüyle dâhil edilmiştir.

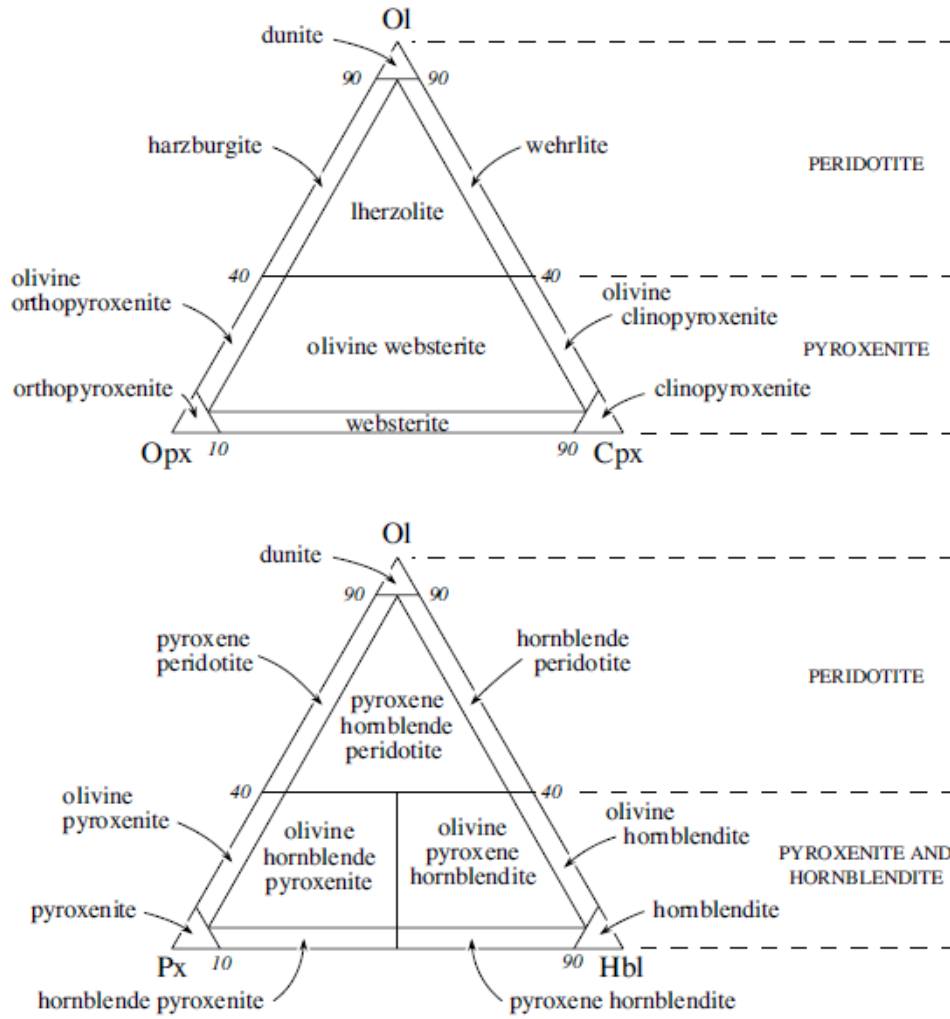
(vi) Hesaplama boyunca kullanılmayan kütlenin izlenmesi, serbest oksijenin, serbest veya kullanılmayan oksitlerin (CO_2 dâhil) ve dengesiz silika eksikliğinin hesaplanmasına neden olur.

(vii) Tüm doyurulmamış mineraller oluşturulana kadar her adımda kalan oksitler sürekli olarak test edilir.

(viii) Son derece tutarlı sonuçların elde edilmesi, normatif minerallerin toplamının kayacın genel kimyasal bileşimiyle karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilir (Verma vd. 2003).

7.1.2 Ultramafik kayaçların sınıflandırılması

Ultramafik kayaçlar, mafik mineral içeriklerine göre sınıflandırılırlar. Mafik mineraller; olivin, ortopiroksen, klinopiroksen, hornblend bazen biyotit ve az oranda granat ve spinel içerir. Ultramafik kayaçların sınıflandırılması için Streckeisen iki diyagram önermiştir (Bas ve Streckeisen 1991) (Şekil 7.1).



Şekil 7.1 Ultramafik kayaların olivin (Ol), ortopiroksin (Opx) , klinopiroksin (Cpx), piroksin (Px) ve hornblend (Hbl) oranlarına göre sınıflandırılması (Bas ve Streckeisen, 1991)

Biri esasen olivin, ortopiroksen ve klinopiroksenden oluşan kayalar için kullanılırken diğeri hornblend, piroksen ve olivin içeren kayalar içindir. Peridotitler, %40'dan fazla olivin içererek piroksenitlerden ayrılırlar. Peridotitler; dunit, harzburgit, lherzolit ve verlit; piroksenitler ise ortopiroksenit, websterit ve klinopiroksenit olarak ayrılır (Maitre 2002).

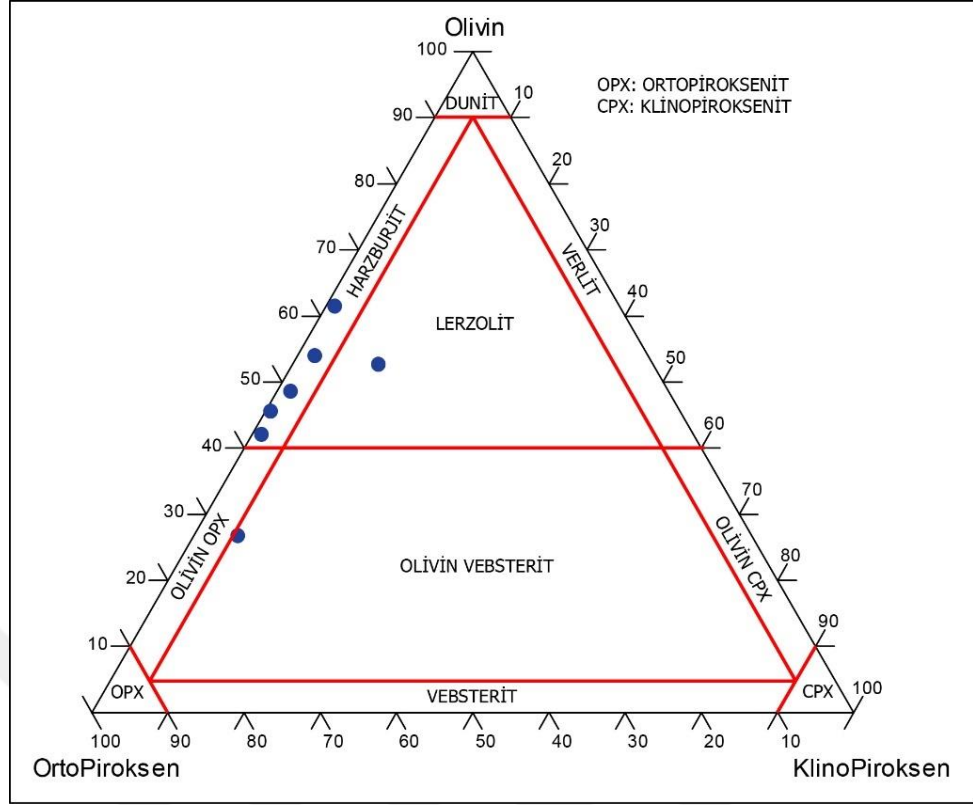
Bu çalışmada serpantinleşmiş ultramafik kayalardan alınan numuneler üzerinde normatif mineraloji hesaplamaları yapılmıştır. “Jeokimyasal Analizler” bölümünde yer alan Çizelge 7.1’de numunelerimize ait jeokimyasal analiz sonuçları kullanılarak CIPW

Normu hesaplanmıştır (Çizelge 7.3). 14-15-26 numaralı numunelerde en yaygın mineral olivinken 23-20-22-16 numaralı numunelerde hipersten (ortopiroksen)' dir. Diyopsit (klinopiroksen) de değişen oranlarda bulunmaktadır. Çalışma sahasından alınan serpantinleşmiş ultramafik kayalar çoğunlukla olivin, ortopiroksen ve klinopiroksen mineralleri içerdiği için bu minerallerden oluşan ultramafik kayaların sınıflandırılma diyagramı kullanılmıştır (Şekil 7.2).

Elde edilen sonuçlara göre örneklerin çoğunluğunun harzburgit olduğu, bunun dışında ise bir örneğin lerzolit bir örneğin ise olivin vebsterit olduğu saptanmıştır.

Çizelge 7.3 Elmadağ/Edige bölgesindeki serpantinleşmiş ultramafik kayalardan alınan numunelere ait CIPW norm değerleri

	14	23	20	15	22	26	16
Plajiyoklaz	1.74	1.47	0.47	1.47	0.92	5.01	0.47
Ortoklaz	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Diyopsit (Cpx)	8.06	0.55	1.04	1.71	0.98	0.88	4.13
Hipersten (Opx)	25.72	40.45	37.79	32.41	43.32	27.54	51.74
Olivin	37.65	34.31	37.06	40.09	32.16	45.35	20.53
Akmit (Cpx)			0.33				0.33
İlmenit	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Manyetit	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.36	0.04
Hematit	9.57	9.27	9.66	8.77	9.77	8.95	7.66
Apatit	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23



Şekil 7.2 Edige manyezitlerinin içerisinde yer aldığı ultramafik kayaların sınıflandırılması

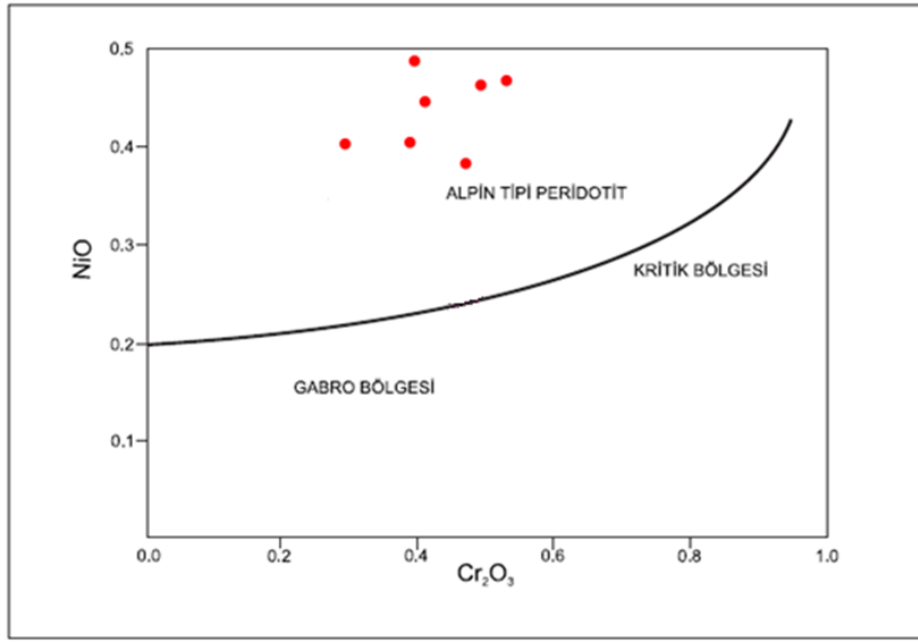
7.1.3 Ultramafik kayaların kökeni

Tez çalışma alanından alınan ultramafik kayaç örneklerine ait ana oksit değerleri %100 uçucusuz baza (100% volatile-free basis) göre normalize edilmiştir (Çizelge 7.4).

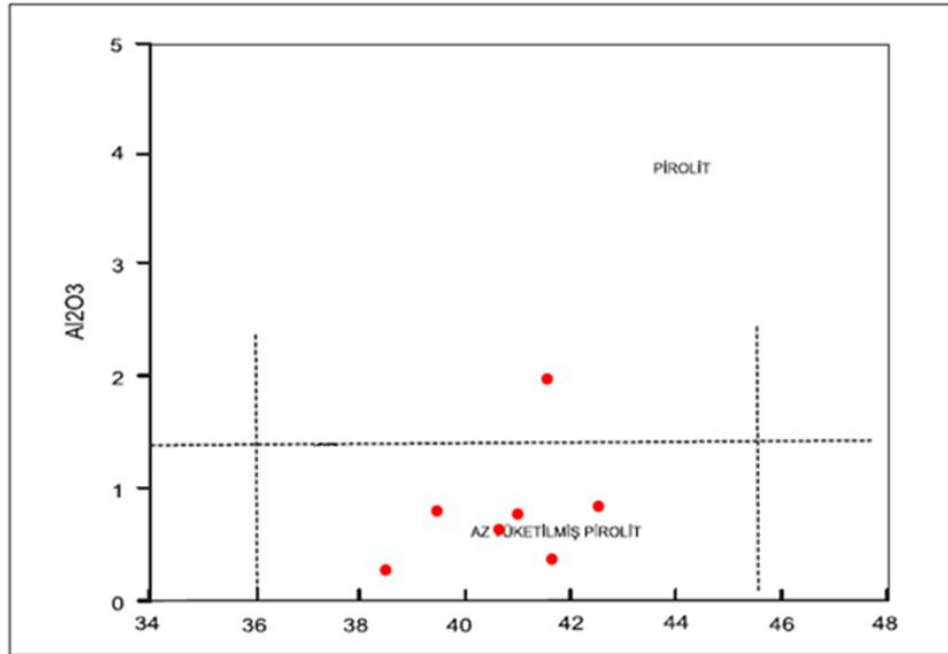
Çizelge 7.4 Anaoksit değerlerinin %100 uçucusuz baza göre normalize sonuçları

Numune	14	23	20	15	22	26	16	NORMALIZED TO 100%-VOLATILE FREE BASIS
SiO ₂	44.13	45.97	45.21	44.90	46.28	43.52	49.37	
Al ₂ O ₃	0.71	0.57	0.23	0.58	0.34	2.00	0.23	
Fe ₂ O ₃	11.36	10.58	11.10	10.21	11.01	10.24	8.98	
CaO	2.84	0.46	0.45	0.81	0.45	1.34	1.84	
MgO	39.52	40.96	41.47	42.12	40.44	41.41	38.32	
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	
Cr ₂ O ₃	0.41	0.41	0.50	0.39	0.46	0.45	0.29	
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	
MnO	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.22	0.12	
NiO	0.44	0.48	0.46	0.41	0.46	0.38	0.40	
P ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-	-	

İnceleme alanındaki ultramafik kayalara ait jeokimyasal analiz sonuçları Cr₂O₃-NiO değerleri üzerinden Irvine ve Findlay (1972)'in diskriminasyon diyagramına yerleştirilmiş olup örneklerin tamamının Alpin tipi peridotit alanında yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 7.3). Aynı örneklerin Ringwood (1975)'un Al₂O₃- MgO diyagramında ise çoğunlukla az tüketilmiş pirolit alanında kümелendiği görülmüştür (Şekil 7.4). Alpin tipi peridotitler genellikle kıtasal çarpışma veya kıtasal çarpışmaya bağlı dağ oluşumu sırasında oluşan metamorfik kayalardır. Az tüketilmiş pirolit alanı ise, genellikle manto kaynağındaki kısmi ergime sürecinin sonucu olarak oluşan kayaları temsil etmektedir.



Şekil 7.3 Edige bölgesi ultramafik kayaların Cr_2O_3 -NiO diskriminasyon diyagramındaki dağılımları (Irvine ve Finlay 1972' den alınmıştır)



Şekil 7.4 Edige bölgesi ultramafik kayaların Ringwood (1975)'e ait Al_2O_3 -MgO diyagramındaki dağılımları

8. X IŞINLARI DİFRAKSİYONU (XRD)

Çalışma alanında incelenen manyezit oluşumlarından alınan örneklerin mineralojik bileşimlerini belirlemek için XRD yöntemi kullanılarak tüm kayaç ve kil fraksiyonu analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin sonuçları, Çizelge 8.1' de gösterilmiştir.

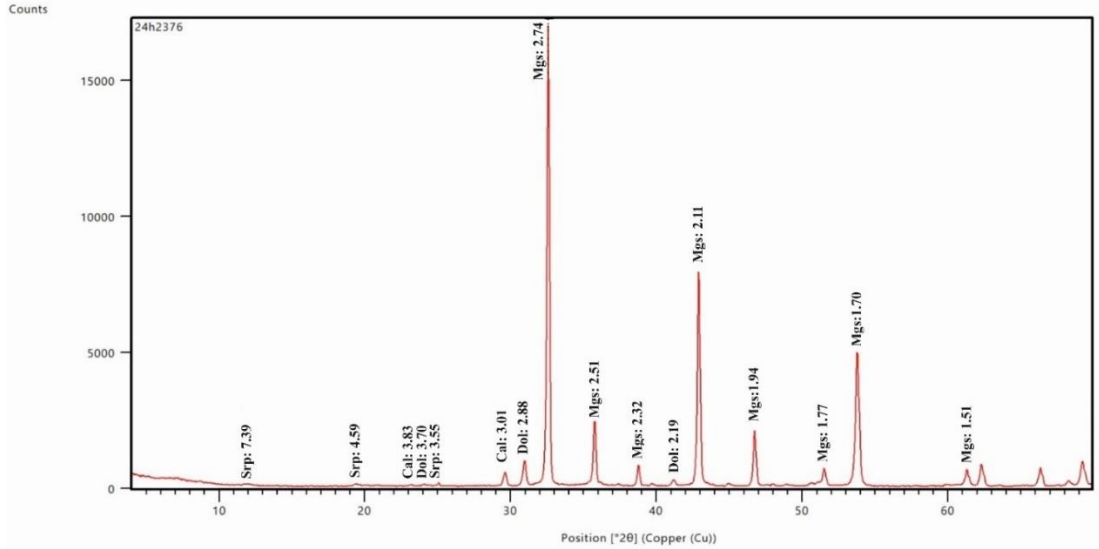
Çizelge 8.1 İnceleme alanındaki manyezit oluşumlarının XRD Sonuçları [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans, (2010)'a göre yapılmıştır]. (Mgs: manyezit, Dol: dolomit, Srp: serpantin, Qz: kuvars, Cal: kalsit, Kln: kaolinit)

Numune No	Litoloji	Tüm Kayaç					Kil Fraksiyonu
		Mgs	Dol	Srp	Qz	Cal	Kln
-	-						
1	Manyezit	+	+		+		
3	Karn..Manyezit	+	+	+	+	+	+
8	Manyezit	+					
21	Manyezit	+	+	+			+
24	Manyezit	+	+	+		+	
25	Manyezit	+	+	+			
27	Manyezit	+	+	+		+	+
29	Manyezit	+		+			

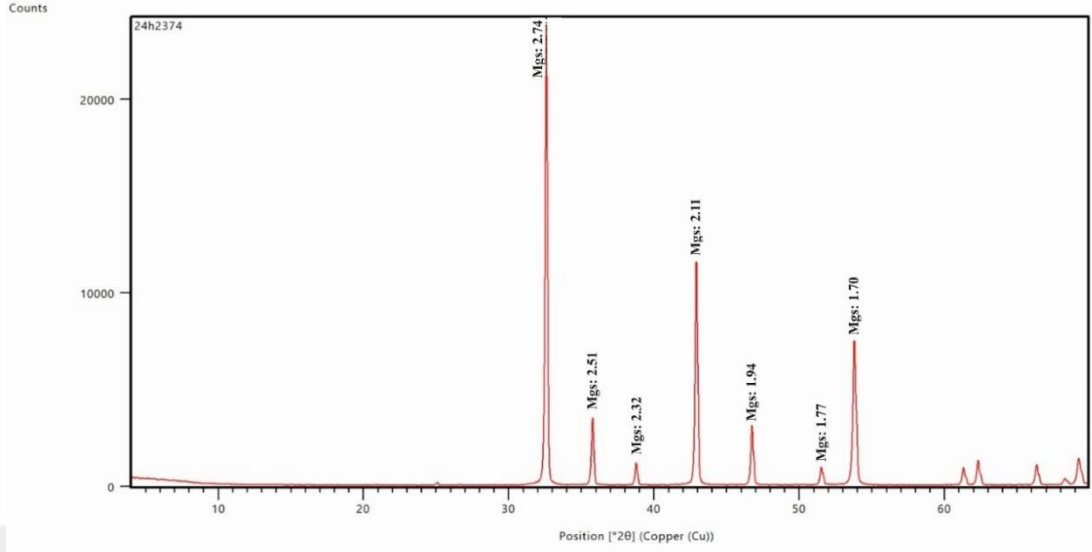
Elmadağ/Edige civarında yüzlek veren manyezit örneklerinin kil minerali dışındaki kayaç yapıcı minerallerden manyezit, her örnekte tipik olarak tespit edilirken; bazı örneklerde manyezit mineraline, dolomit ve kuvars ile çok az miktarda kalsit ve serpantin minerallerinin eşlik ettiği gözlemlenmiştir (Çizelge 8.1). Bunlardan manyezit 2.74 Å'

daki d(104), 2.10 Å' daki d(113) , 1.94 Å' daki d(022), ve 1.70 Å'daki d(116) yansıma pikleri ile tipiktir (Şekil 8.1 ve 8.2). Manyezite zaman zaman eşlik eden dolomit 2.88 Å' daki d(104) , 2.19 Å' daki d(113) yansıma pikleri ile (Şekil 8.1-8.3), kuvars minerali ise 3.34 Å' daki d(101), 4.26 Å' daki d(100) ve 1.82 Å' daki d(112) yansıma pikleri ile tayin edilmiştir (Şekil 8.4). Örneklerde çok az miktarda gözlenen kalsit minerali 3.01 Å' daki d(104) ve 2.28 Å' daki d(113) yansıma pikleri ile (Şekil 10.1), serpantin ise 7.31 Å' daki d(002) ve 3.65 Å' daki d(001) yansıma pikleri ile belirlenmiştir (Şekil 8.1-8.3).

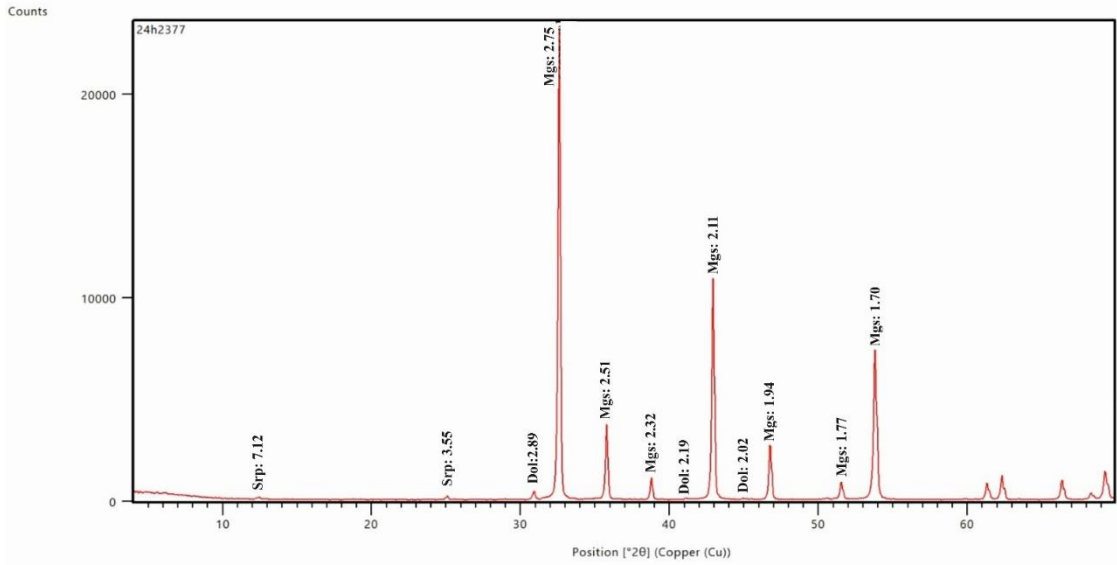
Aynı örneklerin kil fraksiyonu çekimlerinde ise genel olarak kaolinit minerali gözlenmiştir (Çizelge 8.1). Kaolinit minerali 7,104 Å' daki d(001) ve 3,579 Å' daki d(002) yansıma piki ile karakterize olup, 550°C' de fırınlanmış örneklerde kaolinit mineralinin 7,104 Å' daki ve diğer tipik piklerinin yıkıldığı gözlenmiştir (Şekil 8.4).



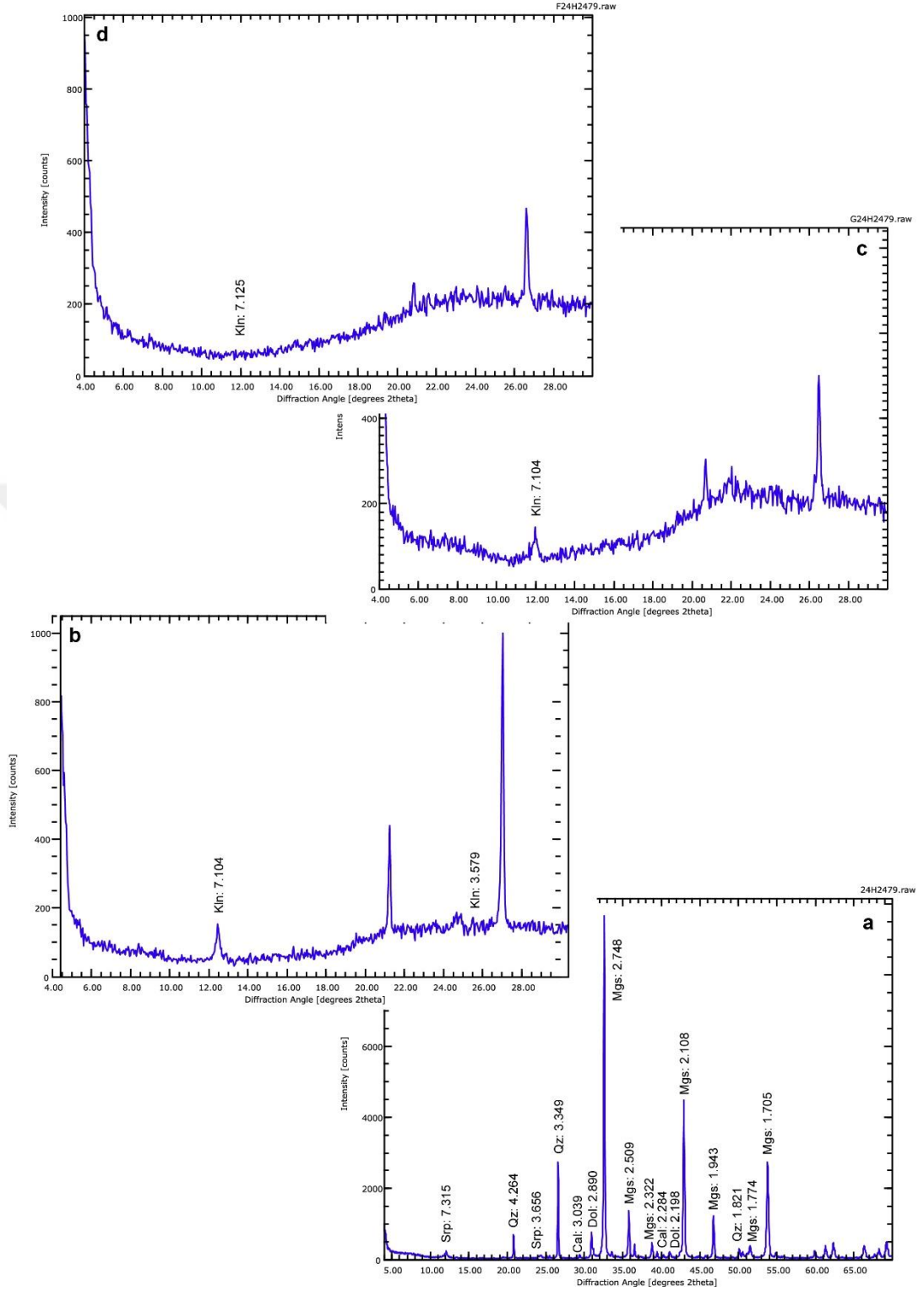
Şekil 8.1 24 No.lu örneğin XRD Analiz sonucunu gösteren difraktogram. Mgs:manyezit, Dol:dolomit, Cal:kalsit, Srp: serpantin. [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans'a (2010) göre yapılmıştır].



Şekil 8.2 8 No.lu örneğin XRD Analiz sonucunu gösteren difraktogram. Mgs:manyezit, [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans’a (2010) göre yapılmıştır].



Şekil 8.3 21 No.lu örneğin XRD Analiz sonucunu gösteren difraktogram. Mgs:manyezit, Dol:,dolomit, Srp: serpantin. [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans’a (2010) göre yapılmıştır].



Şekil 8.4 3 No.lu örneğin XRD Analiz sonucunu gösteren difraktogram (a: tüm kayaç, b: yönlenmiş, c: etilen glikollü, d: fırınlanmış). Mgs: manyezit, Dol: dolomit, Qz: kuvars, Srp: serpantin, Kln: kaolen. [Mineral isim kısaltmaları Whitney ve Evans’a (2010) göre yapılmıştır].

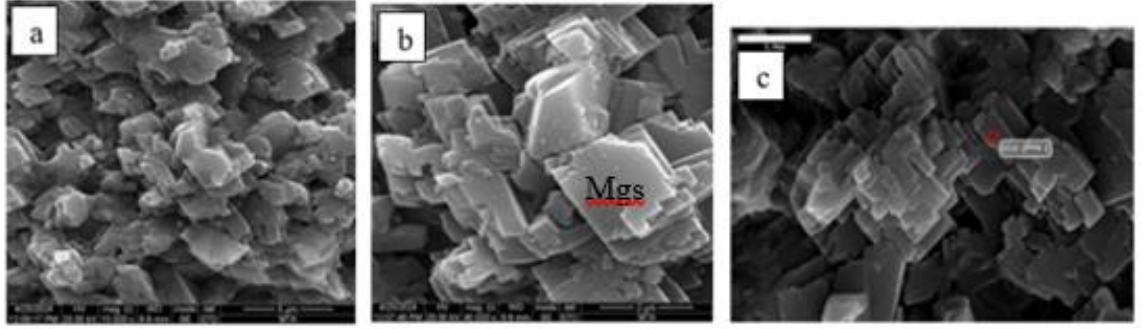
9. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOP (SEM) VE ENERJİ DİSPERSİYF SPEKTRUM (EDS) ANALİZ YÖNTEMLERİ

SEM analizi olarak da bilinen taramalı elektron mikroskopisi (SEM) dünya çapında birçok disiplinde kullanılmıştır. Organik ve inorganik malzemelerin analizinde nanometre ile mikrometre (μm) ölçeğinde etkili bir yöntem olarak kabul edilebilir. SEM, geniş bir malzeme yelpazesinin çok hassas görüntülerini üretirken yüksek büyütme seviyelerinde çalışır, 300.000x'e kadar ulaşabilir ve hatta bazı modern modellerde 1.000.000x'e kadar ulaşabilir (Mohammed ve Abdullah 2018). Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDX) de, SEM ile birlikte çalışarak nitel ve yarı-kesin sonuçlar sağlar. Her iki teknik de birlikte, incelenen örneklerin mineral bileşimi hakkında temel bilgiler sunma potansiyeline sahiptir (Mohammed ve Abdullah 2018).

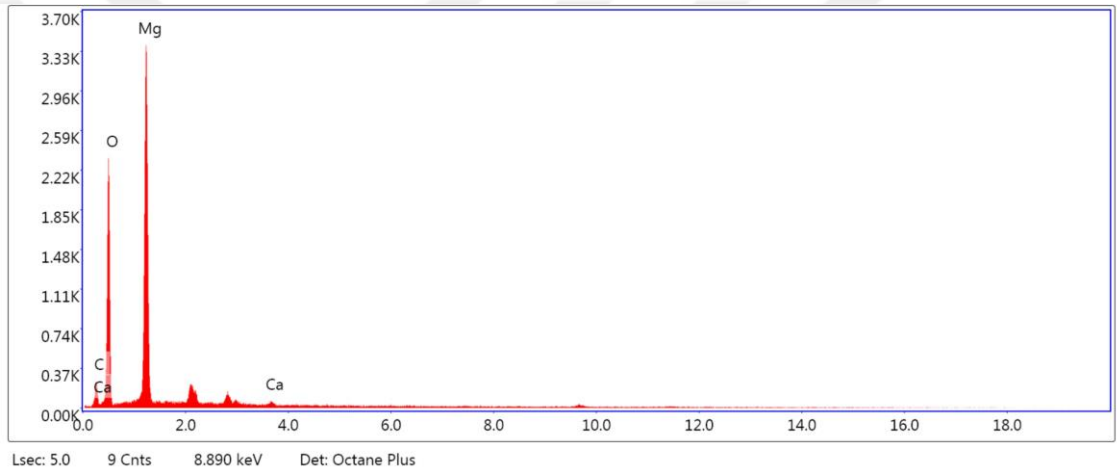
Bu kısımda çalışma alanından alınan manyezit ve serpantinleşmiş ultramafik kayalar örneklerinde yapılan SEM analizleri ve EDX incelemeleri yorumlanmıştır. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) analizi 6 adet numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bunlar 3-8-9-12-14-21 numaralı numunelerdir. Bu çalışma ile manyezit mineraline eşlik eden dolomit ve kuvars mineralleri ile birlikte serpantin, kromit ve demir oksit gibi mafik minerallerin mikro morfolojileri, dokusal özellikleri ve kökensel ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla SEM görüntüleri yorumlanmıştır. Ayrıca; SEM ile birlikte çalışan enerji yayılımı X-Işınları Analizi (EDX) ile de örneklerin kimyasal bileşimleri belirlenmiştir.

9.1 Manyezit (Mgs)

SEM analizlerinden elde edilen görüntülerde Manyezit genellikle rombohedral yapılı ve öz şekillidir (Şekil 9.1). Manyezitlerde tabaka düzlemleri dikkat çeker. Katmanlar genellikle dalgalı olmakla birlikte tabakalanma ile kabaca paraleldir. EDX grafiğinde Mg ve O pikleri dikkat çekmektedir. EDX analizinde çıkan Ca piki dolomit ara katkılı olduğuna işaret etmektedir (Şekil 9.2).



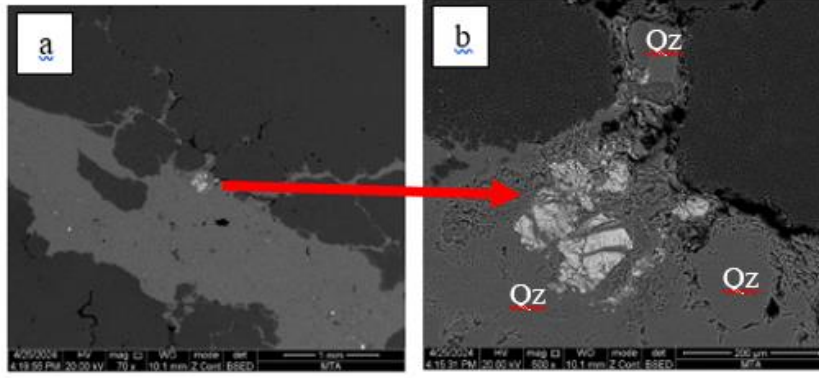
Şekil 9.1 a) 8 numaralı örnekte manyezit minerallerinin SEM fotoğrafı (SE dedektörü altında), b) manyezit minerallerinin SE dedektörü altında 2 mikron boyutundaki görüntüsü, c) manyezit mineraline ait EDS analiz noktası



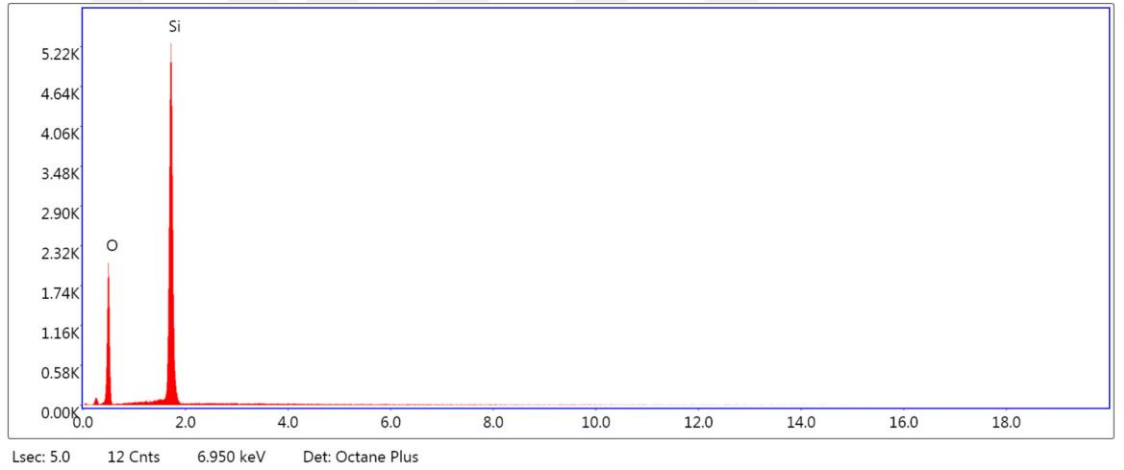
Şekil 9.2 8 numaralı örnekte manyezit mineralinin EDX analiz grafiği

9.2 Kuvars (Qz)

Kuvars minerali SEM analizinde mat olarak görünmektedir. Şekil 9.3’ de görüldüğü gibi düz alanlarda EDX grafiğine bakıldığında kuvars mineralinin bileşenleri olan Si ve O elementleri pik vermiştir (Şekil 9.4).



Şekil 9.3 3 numaralı örnekte kuvars mineralinin SEM fotoğrafı (Qz: Kuvars, a: BSED dedektörü altında 1 mm, b: BSED dedektörü altında 200 mikron boyutundadır.)



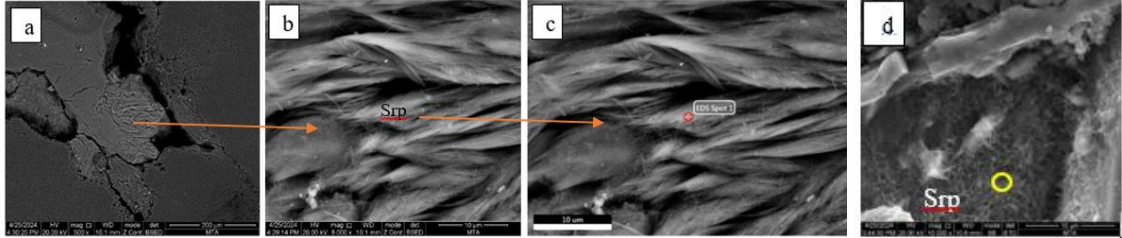
Şekil 9.4 3 numaralı örnekte kuvars mineralinin EDX analiz grafiği

9.3 Serpantin (Srp)

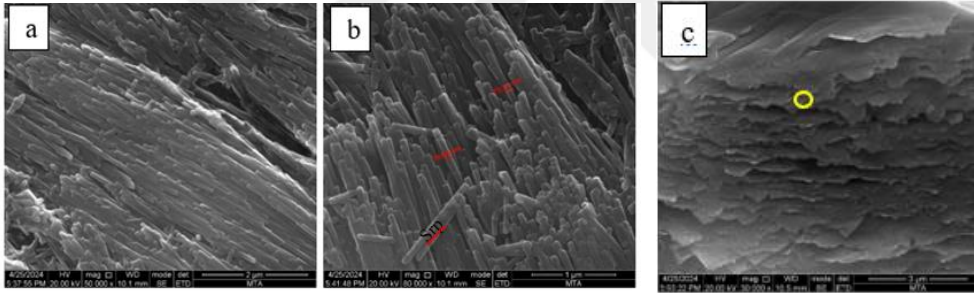
Serpantin minerali SEM görüntüsünde üç farklı şekilde belirlenmiştir. Bunlardan birisi lifsi, diğerleri ise çubuksu ve levhamsı şekildir.

Lifsi şeklin detaylı görüntüsünde lif birliktelikleri açıkça görülmektedir (Şekil 9.5.a, b, c, d) Çubuksu tane şekline sahip serpantin minerallerinde çubuk kalınlıkları 73.31 nm ve

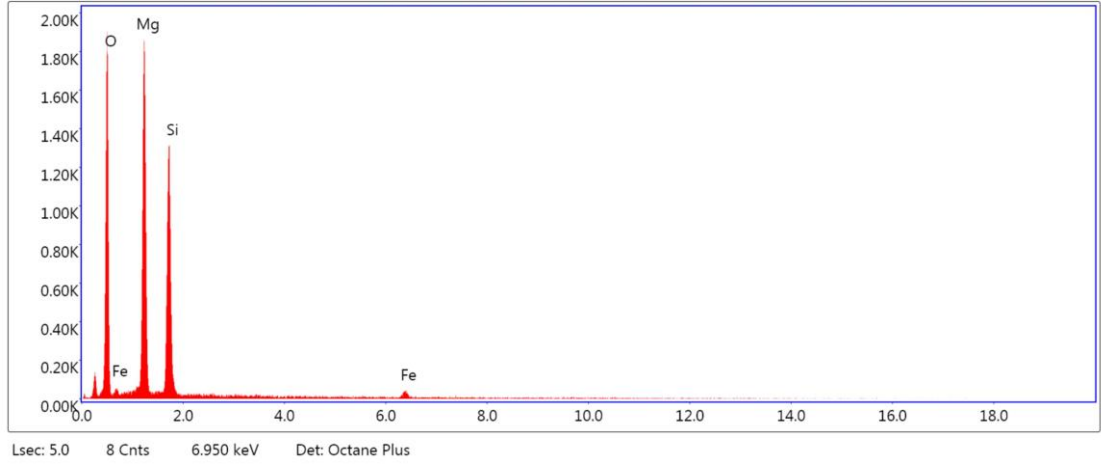
79.89 nm olarak ölçülmüştür. Çubuk kalınlıkları yaklaşık öz şekilli olup bu aralık arasında değişmektedir (Şekil 9.6). EDX grafiğinde Mg-O ve Si elementlerine ait pikler belirlenmiştir (Şekil 9.7).



Şekil 9.5 3 numaralı örnekte serpantin (Srp) minerallerinin SEM görüntüleri (a: BSED modunda 200 mikron, b: BSED modunda 10 mikron ve c: 10 mikron boyutundadır.) d:14 numaralı örnekte 10 mikron boyutundaki serpantin mineralinin SEM görüntüsü ve EDS analiz noktası



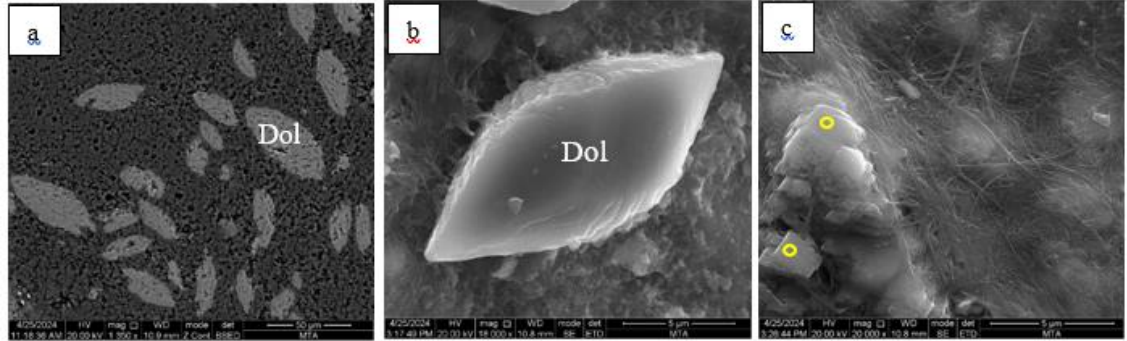
Şekil 9.6 3&14 numaralı örneklerde serpantin (Srp) minerallerinin SEM görüntüleri (3 numaralı örnekte a) 2 mikron boyutunda, b) 1 mikron boyutunda (SE dedektörü altında), c) 14 numaralı örnekte 3 mikron boyutundaki serpantin mineralinin levhamsı SEM görüntüsü (SE dedektörü altında) ve EDS analiz noktası



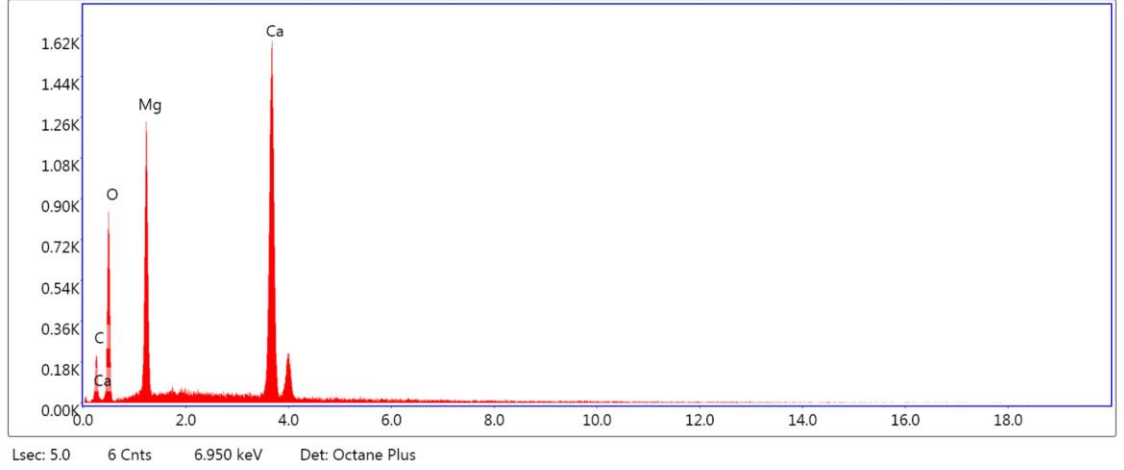
Şekil 9.7 3 numaralı örnekte serpantin mineralinin EDX analiz

9.4 Dolomit (Dol)

Dolomit minerali SEM analizinde rombohedral şeklinde görülmüştür (Şekil 9.8). EDX grafiğinde ise Mg-O ve Ca pikleri dikkat çekmiştir (Şekil 9.9).



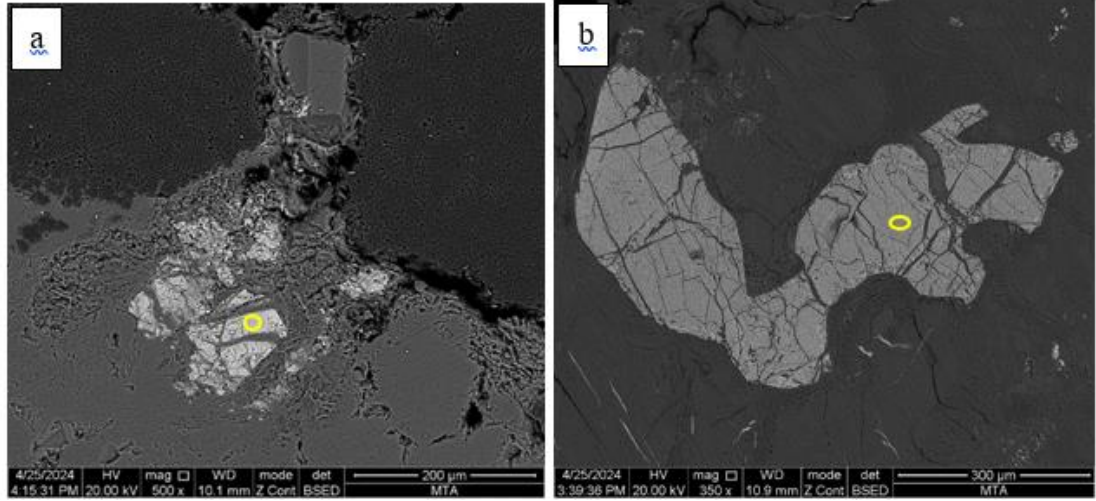
Şekil 9.8 9&14 numaralı örneklerde dolomit minerallerinin SEM görüntüleri (a: 9 numaralı örnekte 50 mikron boyutunda (BSED modunda), (b -c) 14 numaralı örneğe ait 5 mikron boyutunda dolomit minerali SEM görüntüleri ve EDS analiz noktası



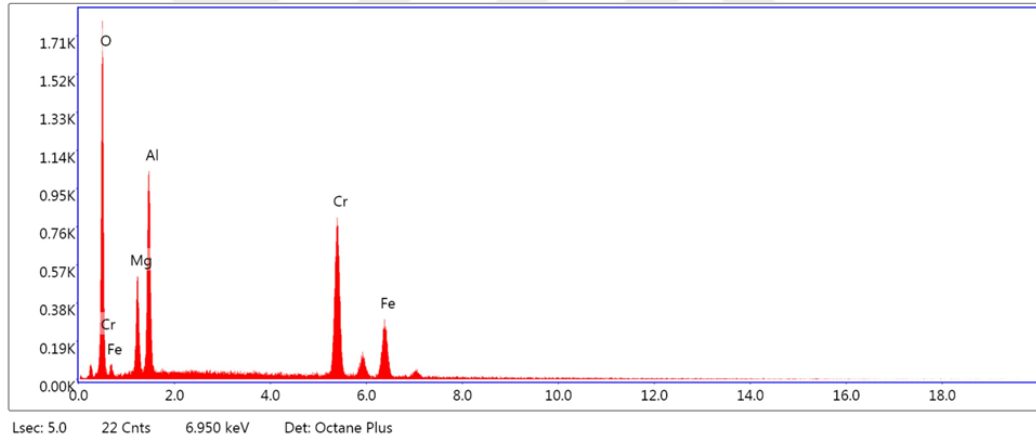
Şekil 9.9 14 numaralı örnekte dolomit mineralinin EDX analiz grafiği

9.5 Kromit (Chr)

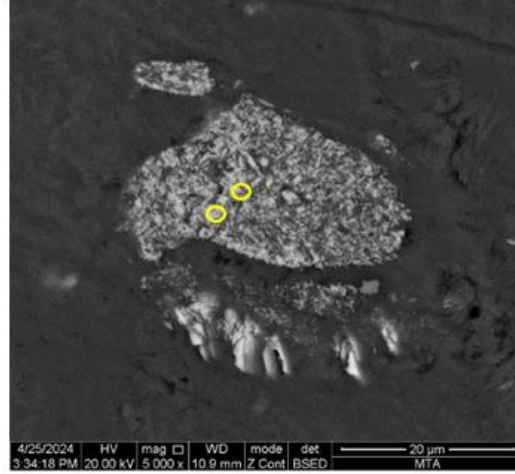
Kromit minerali SEM analizinde kırıklı çatlaklı şekilde görülmüştür (Şekil 9.10). Karnabaharlaşmış manyezitten ve Serpantin-Manyezit sınırından alınan örneklerde Kromit mineraline rastlanmıştır. Kromit minerali EDX grafiğinde Cr elementi oldukça yüksek pik vermiştir (Şekil 9.11). Kromit yüksek oranda magnezyum minerali ile de birlikte görülmüştür (Şekil 9.12). Bunun dışında Mg-O-Al-Fe pikleri de bulunmakta olup magnezyum-kromit olarak da adlandırılmıştır (Şekil 9.13).



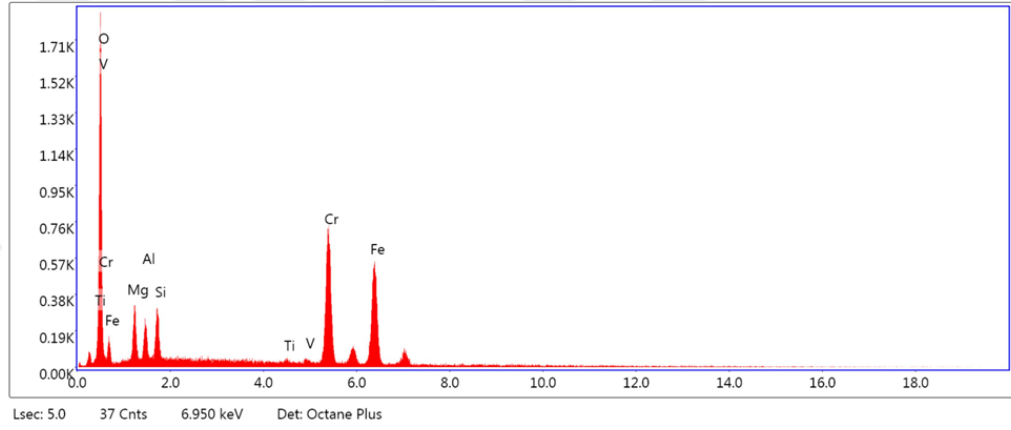
Şekil 9.10 3&14 numaralı örneklerde kromit (Chr) minerallerinin SEM görüntüleri (a) 3 numaralı örnekte BSED modunda 200 mikron boyutundaki kromit mineralinin, b) 14 numaralı örnekte BSED modunda 300 mikron boyutundaki kromit mineralinin SEM görüntüsü ve EDS analiz noktası



Şekil 9.11 14 numaralı örnekte kromit mineralinin EDX analiz grafiği



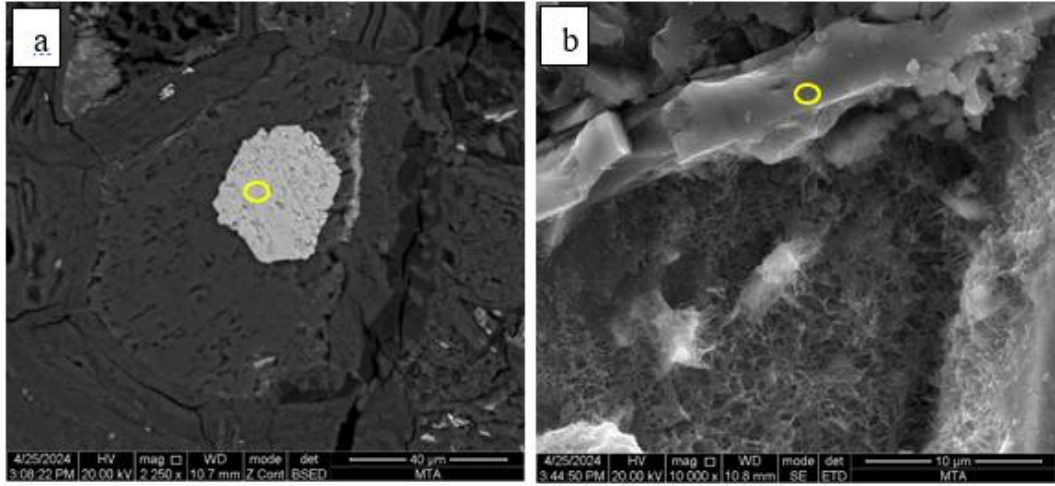
Şekil 9.12 14 numaralı örnekte 20 mikron boyutundaki Mg-kromit mineralinin SEM görüntüsü (BSED modunda) ve EDS analiz noktası



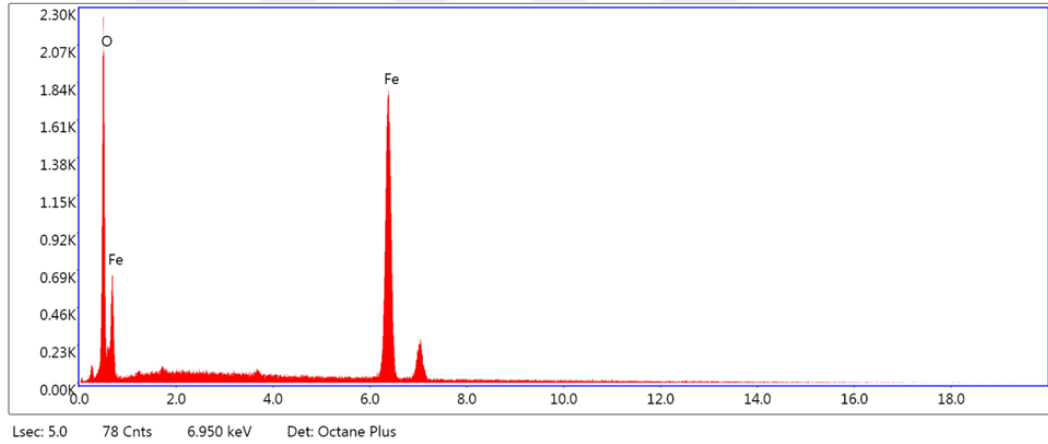
Şekil 9.13 14 numaralı örnekte Mg-Kromit mineralinin EDX analiz grafiği

9.6 Demir oksit

Demir oksit minerali Serpantin ve Manyezit sınırından alınan numunede gözlemlenmiştir. Öz şekilsiz (Şekil 9.14.a) veya sütun şeklinde (Şekil 9.14.b) görülmektedir. EDX grafiklerinde Fe ve O pikleri oldukça yüksektir (Şekil 9.15).

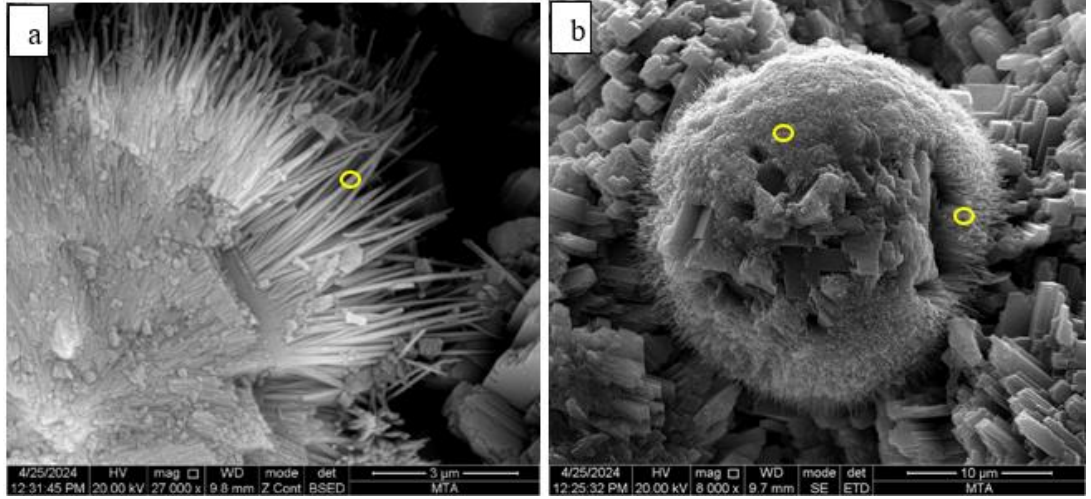


Şekil 9.14 14 numaralı örnekte demir oksit mineraline ait SEM görüntüsü (a) BSED dedektörü altında 40 mikron boyutunda, b) SE dedektörü altında 10 mikron boyutunda) ve EDS analiz noktası

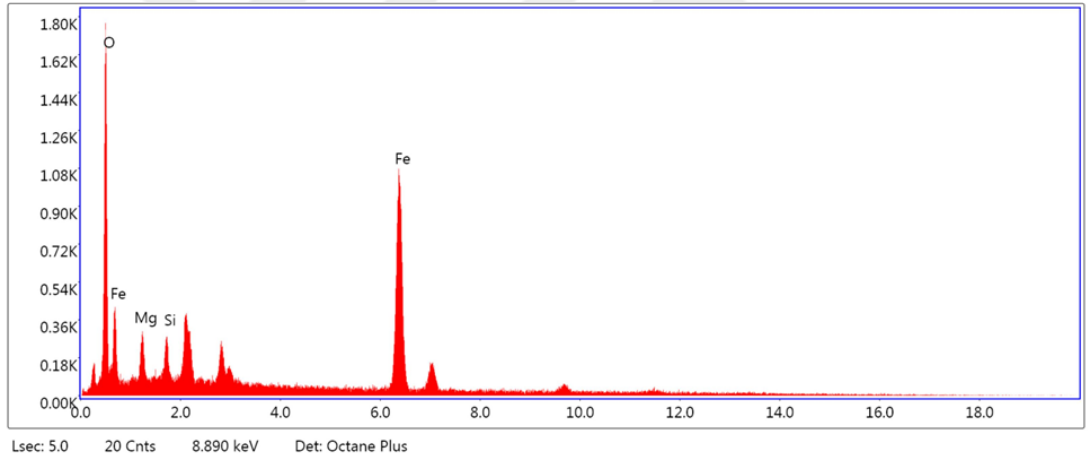


Şekil 9.15 14 numaralı örnekte demir oksit mineralinin EDX analiz grafiği

Demir oksit minerali, silisli manyezitten alınan numunede de karşımıza çıkmıştır (Şekil 9.16). Burada serpantin mineraline eşlik ettiği görülmüştür. EDX grafiğinde Mg-Si-O-Fe pikleri dikkat çekmektedir. Mg-O-Si pikleri serpantin mineraline ait olup ayrıca Fe-O piki sağlayan bir durum söz konusudur (Şekil 9.17).



Şekil 9.16 8 numaralı örnekte demir oksite ait SEM görüntüleri (a)BSED modunda 3 mikron boyutuna, b) SE modunda 10 mikron boyutunda) ve EDS analiz noktası



Şekil 9.17 8 numaralı örnekte serpantin+demir oksit mineralinin EDX analiz grafiği

10. C-O İZOTOP ANALİZLERİ

10.1 Duraylı İzotoplar

Duraylı izotoplar radyoaktif bozunma göstermeyen izotoplardır. Bu izotopların doğadaki bollukları, izotop ayrışması adı verilen bir süreçle kontrol edilir. Kararlı (duraylı) izotop oranlarındaki değişimler genellikle yüzde ile binde arasında ifade edilir. Bu değişimler çoğunlukla standarttan "permil" (binde) sapma olarak gösterilir (δ). Oksijen izotop oranları genellikle Standart Denizsu Ortalaması (SMOW) referansından binde sapma şeklinde ifade edilir (Baertschi 1976; Henley vd., 1984).

$$\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = \frac{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{örnek}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}} \times 10^3 \dots\dots\dots (1)$$

Ayrımlaşma katsayısı, α , iki farklı fazın izotop değerlerinin oranıdır:

$$\alpha = \text{RA/RB} \dots\dots\dots (2)$$

Bu denklemde,

α = ayrışma faktörü,

RA = A bileşenindeki ağır izotop / hafif izotop oranı,

RB= B bileşenindeki ağır izotop / hafif izotop oranıdır

İki faz arasındaki izotopların bölünmesi genellikle

$$\Delta A-B = \delta A - \delta B \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Δ ve α arasındaki ilişki:

$$\Delta \approx (\alpha - 1)10^3 \text{ veya } \Delta \approx 10^3 \ln \alpha$$

Tüm jeotermometrelerde herhangi I ve II bileşenleri için genel bir sıcaklık ilişkisi mevcuttur (T Kelvin olarak);

$$\ln \Delta_{I-II} = \ln(R1/R2) = A + (10^3 B/T) + (10^6 C/T^2) \% \dots\dots\dots(3)$$

10.2 Edige Yatağının C-O İzotop Bileşimi

Türkiye’de manyezit oluşumu, serpantinlerin alterasyonu veya serpantinitten çözölen magnezyumun kayaçta yer alan kırık ve çatlaklarında CO₂ ile çökmesi sonucu olmaktadır. Serpantin gibi mineralleri bünyesinde bulunduran ultramafik kayaç birimlerine bağılı manyezit oluşumu için iki tip teori bulunmaktadır. Birinci teori magmatik kökenli hidrotermal çözeltilerle ilişkili olup, CO₂ içeren suların aşağıdan yukarıya doğru hareketi sırasında çökmesidir. İkincisi ise CO₂ ‘li suların yukarıdan aşağıya doğru hareket etmesi ile olmaktadır. Bu sular yüzey suları ve atmosferik kaynaklıdır. Bahsi geçen iki teoride de serpantin kayacındaki magnezyumun çözünerek uygun pH altında MgCO₃ olarak çökmesi gerekmektedir. Çalışma alanında magnezyumun kaynağı bir karmaşıktaki yer alan serpantinli ultramafik kayaçlardır. CO₂’in uygun miktarda var olması önemlidir (Lesko 1972).

Manyezit içindeki karbonun kökenini belirlemek, manyezit oluşumunun jeolojik süreçlerini anlamak için önemli bir noktadır (Schroll 2002). Bu nedenle, manyezitlerde $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop içeriklerinin belirlenmesi önemlidir.

Manyezit yataklarının oluşumunda, çözeltilerin karbon ve oksijen kökenini belirlemek için $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop analizleri yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır (Çizelge 10.1). Ultramafik kayaçlara bağılı manyezitlerde MgCO₃’u oluşturan Mg⁺² iyonunun kaynağının olivin veya serpantinden geldiğı bilinmektedir. Bu minerallerin alterasyonu, 15 °C’ye kadar düşük sıcaklıklarda bile gerçekleşebilir (Barnes ve O’Neil 1969).

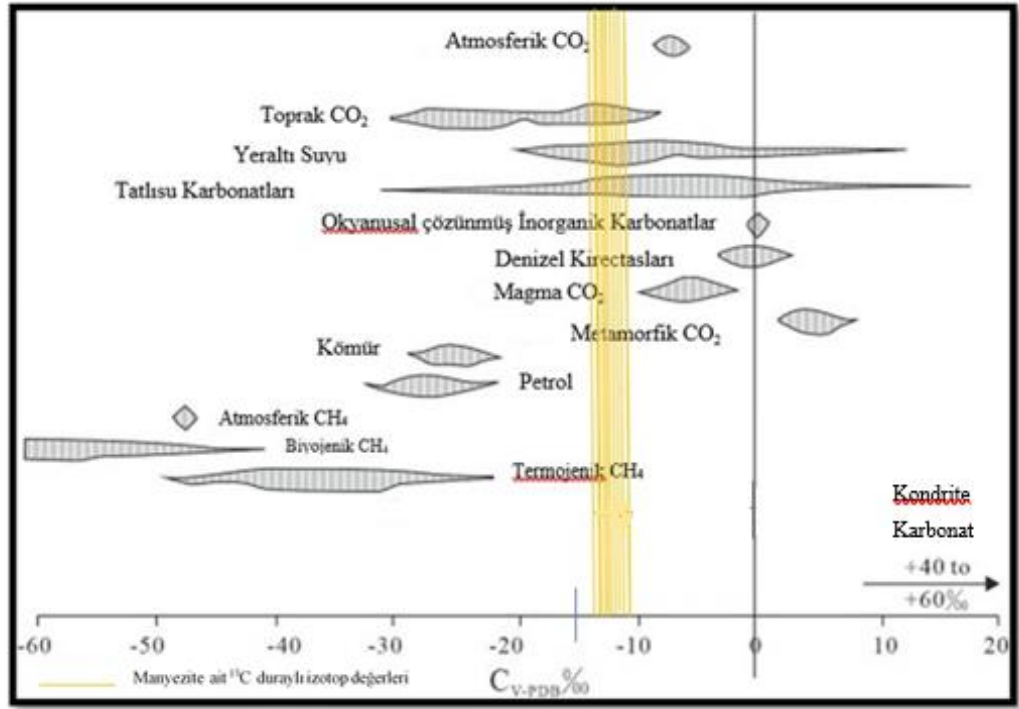
Manyezitlerden alınan numunelerde gerçekleştirilen duraylı izotop çalışmasında $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ V_{PDB} değerlerinin -13.62 ile -10.54 arasında, $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ V_{PDB} değerlerinin -3.51 ile -2.01 arasında, $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ V_{SMOW} değerlerinin ise 27.29 ile 28.84 arasında değiştiği görülmüştür.

Çizelge 10.1 Tez alanındaki Manyezitlerin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ duraylı izotop değerleri

Numune Adı	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ vs V_{PDB}	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ vs V_{PDB}	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ vs V_{SMOW}
1	-11.47	-2.6	28.23
8	-13.45	-3.51	27.29
9	-13.62	-3.21	27.60
3	-13.29	-3.26	27.55
21	-11.04	-2.37	28.47
24	-10.54	-2.63	28.20
25	-11.33	-2.4	28.44
27	-10.95	-2.01	28.84
28	-11.26	-2.32	28.52
29	-11.41	-2.41	28.43
30	-12.3	-3.51	27.29
18	-11.18	-2.66	28.17

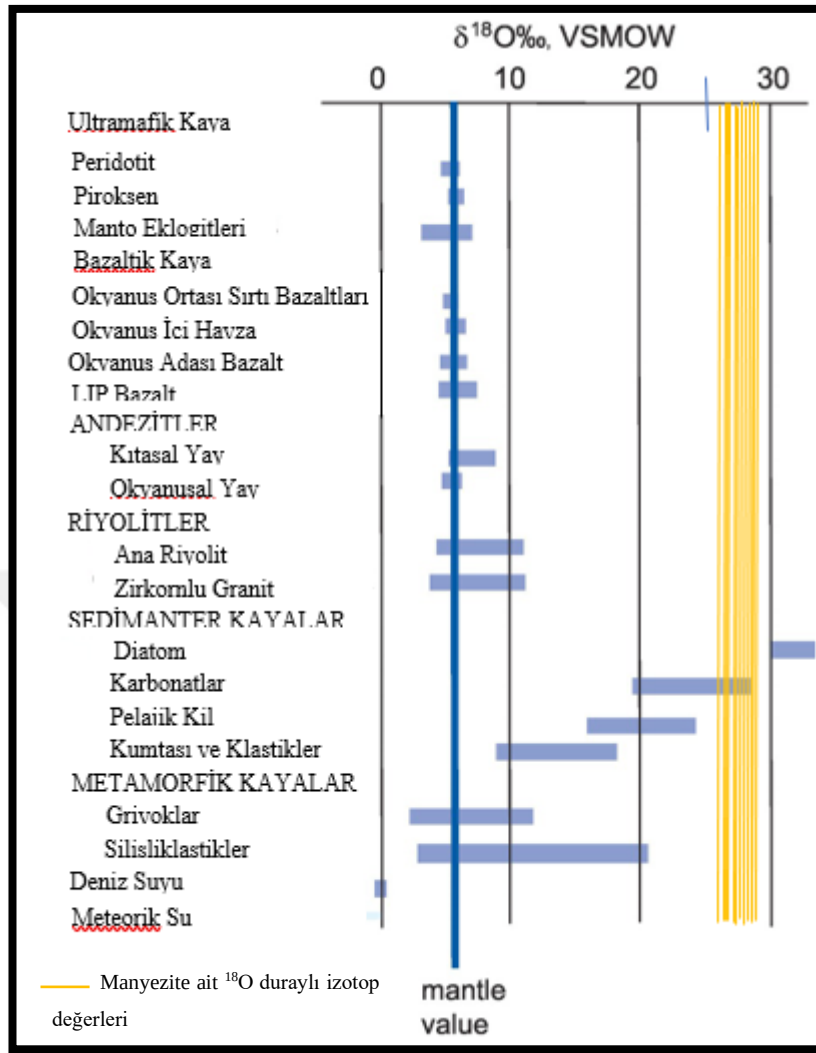
$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ vs V_{SMOW} değerleri; $\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ vs $V_{\text{SMOW}} = (1.03091 - \delta^{18}\text{O}(\text{‰}) \text{ vs } V_{\text{PDB}}) + 30.91$ formülü kullanılarak bulunmuştur.

C izotop çalışmalarında $\delta^{13}\text{C}$ şeklinde ifade edilen terim; $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ oranını temsil etmektedir. C'un izotopik bileşiminde bir standart kullanılmakta olup V_{PDB} (pee dee belemnite standart) olarak ifade edilmektedir (Craig 1957). Okyanusal çözünmüş inorganik $\delta^{13}\text{C}$ içeriği PDB standardına göre sıfıra eşittir. Kayaçlardaki inorganik malzeme miktarı arttıkça ^{13}C oranı da artar. Genel olarak, metasomatizma ve evaporasyon $\delta^{13}\text{C}$ oranını arttırırken, metamorfizma derecesinin yükselmesi ^{13}C içeriğinin azalmasına neden olur (Schroll 2002). Clark ve Fritz'e (1997) göre, karbonun $\delta^{13}\text{C}$ (V_{PDB}) ‰ değerleri Şekil 10.1'de gösterilmiştir.



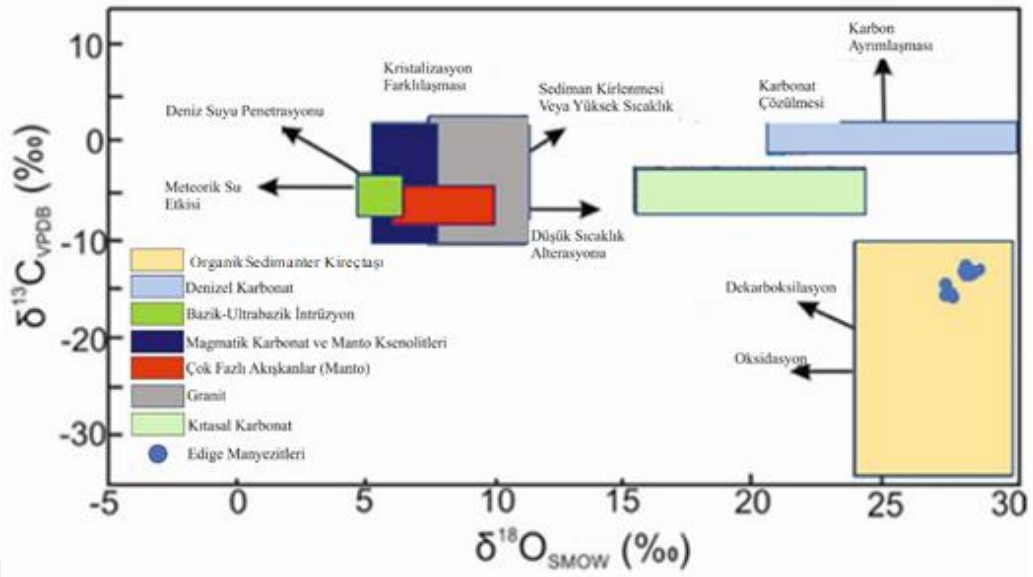
Şekil 10.1 Çeşitli kayaç ve ortamlardaki $\delta^{13}\text{C}$ değerleri (Clark ve Fritz 1997)

Oksijen izotop jeokimyası çalışmalarında, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ oranları incelenir ve sonuçlar $\delta^{18}\text{O}$ olarak ifade edilir. Criss (1999), metamorfik kayaçların $\delta^{18}\text{O}$ değerinin ‰+5 ile 30 arasında değiştiğini belirtmiştir. $\delta^{18}\text{O}$ değerlerindeki değişimler, çökelme koşullarındaki mevsimsel değişiklikleri, yani sıcak-soğuk dönemlerin ayrımını da gösterir (O'Neil ve Barnes 1971). Criss'e (1999) göre, farklı ortamlardaki kayaçların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri Şekil 10.2 'de sunulmuştur.



Şekil 10.2 Doğal oksijen izotop rezervuarları (Criss 1999)

Criss' in (1999), $\delta^{13}\text{C}$ 'e karşı $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine göre çizilen ve karbonatların kökenini belirlemek için yapılan diyagramına tez çalışmasındaki manyezit örneklerinden elde edilen izotop değerleri yerleştirilmiştir (Şekil 10.3). Manyezit örnekleri çoğunlukla organik sedimanter kireçtaşı içerisinde kalmaktadır.



Şekil 10.3 Manyezit ve Kireçtaşı'na ait $\delta^{13}\text{C}$ (VPDB) vs. $\delta^{18}\text{O}$ (VSMOW) değerlerinin karbonat kökenlerini gösterir grafik (Veriler; deniz karbonatı Baker ve Fallick [1989] ve Hoefs'ten [1997], kıtasal karbonat Hoefs'ten [1997], tortul organik madde karbonu Hodson [1977] ve Hoefs'ten [1997] ve magma-manto karbonatı Taylor vd. [1967], Valley [1986], Ray vd.'den [1999], meteorik su etkisi, deniz suyu girişimi, sediman kirlenmesi veya yüksek sıcaklık etkisi, düşük sıcaklık alterasyonu, çeşitli CO_2 ve karbonat iyonları süreçleri Deines [1989], Demeny ve Harangi [1996], Demeny vd. [1998], Hoernle vd.'den [2002], dekarboksilasyon ve oksidasyon Hofmann ve Bernasconi'den [1998], dekarbonasyon ve karbonat çözünmesi Lorrain vd.'den [2003], Santos ve Clayton [1995] ve Bindeman'dan [2008] alınmıştır)

11. TARTIŞMA

Manyezitlerin oluşumu ile ilgili bozunma (Neil vd. 1971), (Möller 1989), (Zachmann 1989) ve hidrotermal süreçlerle (Ilich 1968), (Fallick vd. 1991), (Jaber vd. 1992) olduğu yönünde tartışmalı görüşler vardır. Bozunma ile olan oluşumda, ultramafik kayalardaki magnezyum (Mg) ve silisyum (Si), CO₂ içeren sular tarafından çözülerek çözeltinin bünyesine katılır ve geride demir (Fe) kalır. Böylece çözeltinin Mg ve Si içeriği artarak çözelti doygunlaşır ve aşağı doğru iner. Daha sonra yukarıya doğru yönelen çözeltiden CO₂ serbest kalır ve manyezit çökelir. Bu oluşumda yüzeye yakın karbonat çökelişi sıcaklığının 15-25 °C olduğu belirtilmiştir. (Neil vd. 1971) Manyezitlerin hidrotermal süreçler ile oluşumunda ise (Ilich 1968) gölsel sedimanter ve ultramafik-yan kayaçlı manyezitlerin, CO₂' ce zengin volkanik ürünlerin bünyesindeki akışkanlar aracılığıyla oluştuğu belirtilmiştir. Ultramafiklerin kırık ve çatlaklarında dolanan CO₂ içeren hidrotermal çözeltiler, Mg⁺² iyonlarınca zenginleşirler. Çözelti yukarı doğru hareket etmeye başladığında basınç hızla azalır ve CO₂ serbest kalır, manyezit çökelir (Dabitzias 1980).

Manyezit yataklarının sınıflandırılması; ilk olarak, magmatik, diyajenik veya metamorfik gibi çeşitli kökenlerden kaynaklanan CO₂' ce zengin sıvılar tarafından Mg'ca zengin ultramafik kayaların kil minerallerinin kimyasal ve fiziksel olarak parçalanarak veya değiştirilerek çözünmeleri, çökelmeleri veya başka minerallere dönüşmeleri (desilikizasyon) ve karbonatlaşması gerçekleşir. Ve bunun sonucunda oluşan ürün, kriptokristalin veya kemik manyezittir (Pohl 2011).

İkinci olarak, Mg' u, ultramafik kaya kütlelerinden meteorik veya düşük sıcaklıklı hidrotermal su geçerek çözer. Çözelti, tatlı su veya tuzlu göllere akar veya karasal havza sedimanlarına sızar. Ve burada magnezyum karbonatlar, kriptokristalin, bantlı, nodüler veya sinter benzeri magnezyum karbonat olarak kıta/tatlı su sedimanlarında çöker (Pohl 2011).

Üçüncü olarak, Mg metasomatik yer değiştirme ile karakterize edilebilir. Bu yer değiştirme dolomitin ve kireçtaşının arasındadır. Burada Mg' un Ca ile yer değiştirmesi

söz konusudur. Bu süreç, muhtemelen buharlaşmanın yaygın olduğu magnezyum klorür içeren çözeltilerin, deniz karbonatlarının yüzeye çıkan kısımlarında sağlanmasına dayanır. Bu durumun periyodik olarak magnezyum açısından zenginleştirilmiş deniz suyundan (Lowenstein 2003, Lowenstein vd. 2001) kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu magnezyum karbonat genellikle iri kristalli (spari) ve tabakalıdır (Pohl 2011).

11.1 Manyezit Yataklarının Sınıflaması

11.1.1 Ultramafik kaya kökenli veya Kraubath tipi manyezit yatakları

Çarpıcı derecede beyaz damarlar, stoklamalar, kaya içinde kütleli yapılar olarak veya ultramafik kayaların üstünde kapak olarak bulunan bu manyezitler Avusturya'nın Styria bölgesindeki eski bir madenden gelen Kraubath adı ile adlandırılır. Yaygın konak kayaları dunitler, peridotitler ve serpantinitlerdir. Manyezit damarları çok kalın olabilir (Mantudi, Ege'nin Euboea Adası'nda 45 metreye kadar), ve 4 km'ye kadar uzunluklara erişebilir (Suşehri, Türkiye). Damarda genellikle tek mineral manyezit iken zaman zaman kuvars, kalsedon ve kalsit de gözlemlenir. Manyezit damarlarına eşlik eden ana kayalar hidrotermal olarak değişmiş olup "kahverengi serpantinit" olarak adlandırılır.

Ultramafik kayaların ev sahibi olduğu manyezitler parlak beyaz olup kriptokristalindir. Tane boyları genellikle mikrometre aralığındadır ve lifli taneli dokulara sahiptir. Ca-Fe-Mn karbonatlarının izlerine katkı maddeleri arasında rastlanır. Manyezitlerin yüzeyi ayırt edici bir kolloform 'karnabahar' dokusuna sahip olabilir (Pohl, 2011).

Kraubath tipi manyezit yatakları, temel olarak ultramafikler ile CO₂'ce zengin sulu akışkanlar arasındaki reaksiyonun bir ürünüdür. CO₂-zengin akışkanların kökeni için iki ana olasılık vardır: i) sızan meteorik su ve ii) daha derin bir kaynaktan hidrotermal akışkanlar (Pohl 1990, Fallick vd. 1991).

11.1.2 Göl tipi veya Bela Stena tipi manyezit yatakları

Bu tip yataklar ultramafik kayalarla çevrili veya altında yer alan göl havzalarında görülürler. Kraubath tipi manyezit yatak ile geçişli olarak da bulunurlar. Manyezit her iki tip için de benzer özellik gösterir (Pohl 2011).

Sırbistan'ın Miyosen yaşlı Jarandol Havzası'ndaki Bela Stena'da, manyezit; laminalı mikritik manyezit, pelitik klastik sedimanlar ve zeolitlenmiş andezit tuf içinde bulunur. Denizli ilindeki Bozkurt'a yakın Tersiyer dönem göl sedimanları Türkiye'de saf manyezit yatakları içeren alanlardan birisidir. Yine Eskişehir'deki (Türkiye) ultramafik kayalardaki manyezit damarları, sepiolit yataklarının uzunlamasına oluşumunu oluşturmak üzere göl sedimanlarına uzanır. Yunanistan'ın Aiani-Kozani bölgesindeki Tersiyer havzasında, gölden çıkan hidrotermal kaynaklar gizli faylar boyunca büyük sinter kütleleri üretmiştir. Sinterler göl sedimanlarıyla katmanlı kalın tabakalar halinde geçer. Beyazlık dereceleri yüksek olup dolgu malzemesi olarak kullanılır (Pohl 2011).

Tüm bu gözlemler Bela Stena tipi yatakların, göllerde veya karasal havza sedimanlarına sızan düşük sıcaklıkta sulu çözeltilerden oluştuğunu doğrular. Magnezyum yakınlardaki ultramafik kayalardan yıkanarak farklı derinliklere sahip akış yolları boyunca taşınır. Hidrolik basınç, havzanın etrafındaki topoğrafik yükseltilerden kaynaklanmış olabilir. Manyezit ve ilgili minerallerin çökmesi, kaynak sularının göllere girdiği veya sedimanlardaki gözeneklerdeki sular ile reaksiyona girdiği yerlerde oluşan fiziksel ve kimyasal koşullar ile kontrol edilir (Pohl 2011).

Tipik olarak bu yatakların Manyezit kayası masif ve taneli olabilir. Beyaz, gri, siyah, sarımsı, kırmızımsı veya kahverengi renklerinde görmek mümkündür (Pohl 2011).

11.1.3 Amonyum içerikli manyezit yatakları

Manyezitin doğrudan birincil sedimantasyonu CaSO_4 'ce fakir Proterozoik deniz suyunun buharlaşmasıyla ilişkilidir. (Frank ve Fielding 2003) Kanada'nın Britanya Kolumbiyası'ndaki Neoproterozoik ve Kambriyen'e ait spari manyezitler, platform karbonatlarının yükselmiş buharlaşan kısımlarına yakın yerlerde bulunur (Simandl ve Hancock 1996). Powell vd. (2006), Burgess Shale'deki Orta Kambriyen dönem denizaltı tuzlu sızıntılarını, mekansal olarak manyezit ve talk yatakları ile ilişkilendirir (Pohl 2011).

11.2 Ultramafik Kayaçların Kökeni-

Ultramafik kayaçlarda yapılan jeokimyasal analizler, kayaçların kökeni ve oluşum süreçleri hakkında önemli ipuçları vermektedir. Mg oranlarının yüksek olması, Al ve Ca oranlarının ise düşük olması, kayaçların ilksel manto kaynağının düşük dereceli kısmi ergimesiyle ve bu ergimenin fazla tüketimiyle oluştuğunu göstermektedir (Üner ve Çakır 2011).

Manto kaynağı, düşük dereceli kısmi ergime sürecinde bir kayaç, magma veya lav oluşturan kayanın alt kısmıdır. Bu süreçte, manto kaynağındaki mineraller farklı oranlarda erimektedir ve magmada belirli bileşenlerin yoğunluğu ve oranları değişebilmektedir. Mg oranlarının yüksek olması, genellikle manto kaynağındaki peridotit gibi Mg-zengin minerallerin erimesinden kaynaklanmaktadır. Al ve Ca oranlarının düşük olması ise, bu minerallerin magmadaki katılımının sınırlı olduğunu gösterebilmektedir (Üner ve Çakır 2011).

Pirolitik modelde, dunit ve harzburjitler, manto ergimesinin tipik kalıntıları olarak kabul edilmektedir. Bu terimler genellikle peridotitik kayaların farklı metamorfik formlarını ifade etmektedir. Dunit, yüksek sıcaklık ve basınç altında metamorfoza uğramış peridotitik bir kayaçtır. Harzburjit ise, dunitin oluştuğu süreçte oluşabilen bir formdur, genellikle serpantinleşme sırasında oluşmaktadır (Üner ve Çakır 2011).

Wilson (1993) ve Blatt ve Tracy (1996) gibi kaynaklar, dunit ve harzburjitlerin manto ergimesinin kalıntıları olduğunu belirtmektedirler. Bu kayalar, manto kaynağında gerçekleşen düşük dereceli kısmi ergimenin bir sonucu olarak oluşmaktadır. Öte yandan, Bacak ve Uz (2003) tarafından yapılan çalışmalar, okyanus ortası sırtlarda Al_2O_3 'ün tüketildiği kalıntı tip harzburjit ve dunitlerin bulunduğunu göstermektedir. Bu da Elmadağ ofiyolitlerine ait ultramafik kayaların tüketilmiş mantodan oluştuğunu ortaya koymaktadır.

11.3 Edige Yatağının Oluşumu

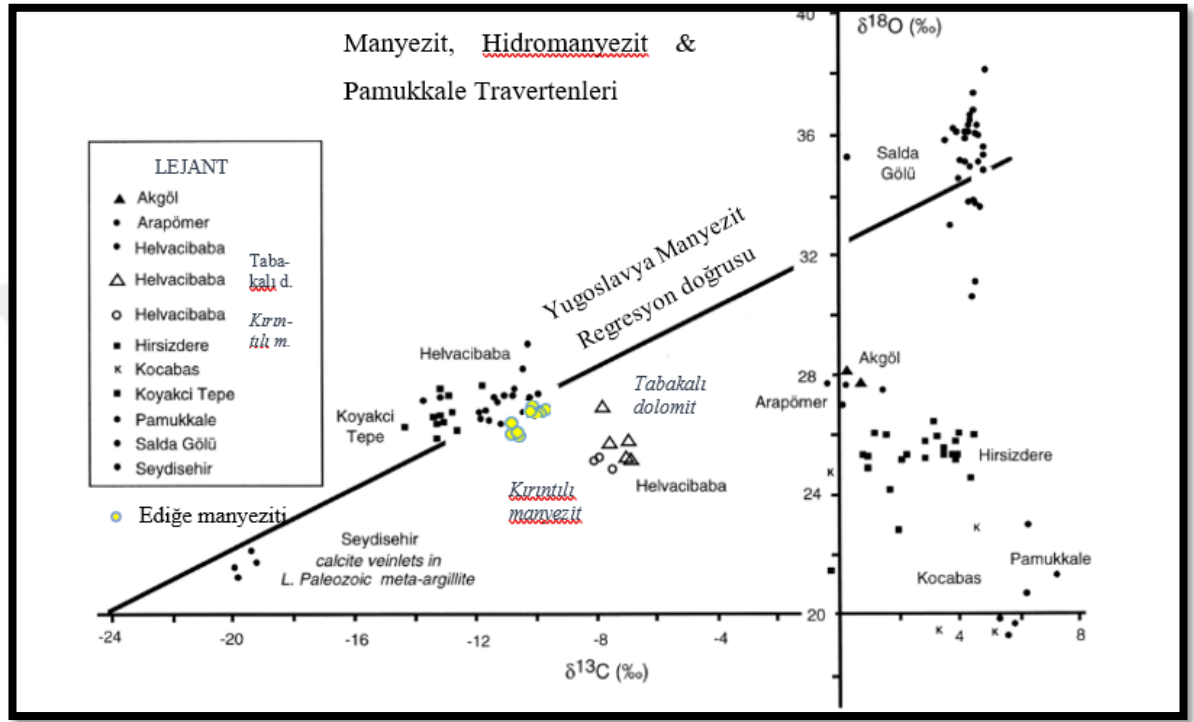
Ülkemizde serpantinleşmiş ultramafik kayaların kırık ve çatlaklarında damar ve stokvörk şeklinde oluşmuş manyezit yatakları daha yaygındır ve manyezit oluşum sınıflamasına göre Kraubath tipi manyezit yataklarına benzerlik göstermektedir. (Kuşçu ve Yılmaz 2007).

Edige bölgesindeki manyezitler yan kayalarının ultramafik olması, manyezitlerin kriptokristalin yapıda olması, karnabaharlaşmış manyezitlere de rastlanması, lifsi dokuların bulunması ve beyaz damarlar ve stokvörkler şeklinde olması ile Kraubath tipi yataklanmalara benzerlik göstermektedir.

Elmadağ ilçesinin 1/5000'lik jeoloji haritasına göre kuzey kısımlarda Kretase kireçtaşları yer almaktadır. Kireçtaşlarının bol fosil içerdiği tespit edilmiştir (Akyürek vd. 1984). Edige bölgesindeki manyezit yataklarının CO_2 kaynağının bu karbonatlı kayalar olabileceği düşünülmektedir.

Edige bölgesinden alınan numunelere ait C-O duraylı izotop sonuçları Helvacıba ve Koyakçıtepe bölgelerindeki manyezitlerin değerleri ile uyushmaktadır (Şekil 11.1, Çizelge 11.1). Bu bölgelerdeki cevherleşmeler de yapısal-doskusal ve kökensel olarak Edige manyezitlerine benzerlikler göstermektedir. Zedef vd. (2000) yaptığı çalışmada Helvacıba ve Koyakçı Tepe'deki manyezitlerin oluşum sıcaklıklarını 80 °C olarak

hesaplamıştır. Buna göre, Edige manyezitlerinin oluşum sıcaklıkları da 80 °C kabul edilerek ve denklem 3 kullanılarak ilksel akışkanın oksijen iztop değerleri ($\delta^{18}\text{O}(\text{‰})_w$ (V_{SMOW})) hesaplanmıştır (Çizelge 11.2). A-B-C değerleri sabit değerler olup manyezitler için Aharon (1988) bu değerleri sırası ile 3.53 ve (-3.58) olarak belirlemiştir.



Şekil 11.1 Fallick vd. (1991) tarafından çizilen eski Yugoslavya bölgesindeki manyezit yataklarının dağılımından elde edilen regresyon doğrusu ve Türkiye manyezit - hidromanyezit oluşumları ve bunlarla ilişkili karbonat yataklarının $\delta^{13}\text{C}$ (V_{PDB}) - $\delta^{18}\text{O}$ (V_{SMOW}) diyagramı (Süleymaniye-Margı-Dutluca değerleri Kahya ve Kuşcu'dan [2014], Türkiye'deki diğer yatakların değerleri Zedef vd.'den [2000], Polonya'daki yatakların değerleri Kralik vd.'den [1989] ve Yunanistan'daki yatakların değerleri Gartzos'dan [1990] alınmıştır.)

Çizelge 11.1 Türkiye’deki bazı önemli manyezit oluşumlarının $\delta^{13}\text{C}$ (PDB), $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) değerleri

ÖRNEK	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ PDB	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ SMOW	KAYNAK
Süleymaniye	-6,50	27,35	Yılmaz ve Kuşçu (2008)
Süleymaniye	-7,69	28,46	Yılmaz ve Kuşçu (2008)
Süleymaniye	-2,41	27,81	Yılmaz ve Kuşçu (2008)
Süleymaniye	-6,43	29,43	Yılmaz ve Kuşçu (2008)
Helvacıbaşa Stokvörk	-10,3 – (-13,8)	26,4-29,0	Zedef vd. (2000)
Koyacıtepe Damar Stokvörk	-11,8 – (-14,3)	25,9-27,7	Zedef vd. (2000)
Salda Gölü Hidromanyezit	0,2-4,7	30,6-37,3	Zedef vd. (2000)
Akgöl	0,1-0,7	28,2-27,9	Zedef vd. (2000)
Arapömer Deresi	-0,4 – 1,4	27,0-27,7	Zedef vd. (2000)

Çizelge 11.2 Edige bölgesi manyezitlerinin 80 °C deki $\delta^{18}\text{O}$ (‰)_w(VSMOW) değerleri

No	Numune Adı	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})_m(\text{VSMOW})$	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})_w(\text{VSMOW})$
		Manyezit	80°C
1	1	28,240	3.515
2	8	27,301	2.577
3	9	27,611	2.886
4	3	27,559	2.835
5	21	28,477	3.752
6	24	28,209	3.484
7	25	28,446	3.721
8	27	28,848	4.123
9	28	28,528	3.804
10	29	28,435	3.711
11	30	27,301	2.577
12	18	28,178	3.453
Minimum		27.301	2,577
Maksimum		28.848	4,123
Ortalama		28.094	3,370

Batı Türkiye’de Helvacıbaşa ve Koyacı Tepe organikçe zengin sedimanlardan kaynaklanan yatakların ana örnekleridir (Fallick vd. 1991). $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ve $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) değerleri sırasıyla genellikle -15 ila +25 per mil , -9 ila +28 per mil arasında yer alır, bu

da CO₂' in derin organik kaynaklı olduğunu ve sıvı sıcaklıklarının yaklaşık 80°C civarında olduğunu göstermektedir (Fallick vd. 1991).

Fallick vd. (1991) ve Brydie vd. (1993) e göre $\delta^{13}\text{C}_{(\text{PDB})}$ değerlerinin -10 ile -15 arasında olması, organik madde açısından zengin sedimanların dekarboksilasyonu ile elde edilen karbonatın katkısını göstermektedir. Bu sedimanlar, genellikle ultramafik ana kayaç ve kaynak kayaçlarının altında yer alabilir (Karamata, 1974; Smith ve Spray, 1984; Brydie vd. 1993). Organik madde bakımından zengin sedimanların dekarboksilasyonu 70 ila 75°C sıcaklık aralığında başlar (Curtis 1978, Emery ve Robinson 1993). Bu süreç, karbondioksitin (bikarbonat olarak) $\delta^{13}\text{C}_{(\text{PDB})}$ değerlerinin -10 ile -20 per mil arasında değiştiği fraksiyonlamalara yol açar (Irwin vd. 1977). Manyezitlerde $\delta^{13}\text{C}_{(\text{PDB})}$ değerinin -15 ile -10 arasında değişmesinin en basit açıklaması, karbonatın bir kısmının ana kaya olan ultramafik kayaçların altında yer alan organik maddece zengin sedimanların dekarbonizasyonundan kaynaklanmış olabileceğidir (Jedrysek ve Halas 1990, Abu-Jaber ve Kimberley 1992, Brydie vd. 1993).

Tatlı su ortamlarından gelen karbonatlar genellikle hafif $\delta^{13}\text{C}$ duraylı izotop değeri ile karakterize edilir ve genellikle -6 ila -12 arasında $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine sahiptir (Salomons ve Mook 1986).

Scroll (2002), ultramafik kayaçlarda bulunan kriptokristalin manyezitlerin hafif izotoplu olduklarını ve genellikle ^{13}C (PDB) değerinin -8 ile -20 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Bu değerlerin en yüksek %-9 ile -12 aralığına kadar çıkabileceği belirtilmektedir. Scroll (2002)' ye göre, bu manyezitler oksitlenmiş organik karbon ve çözünmüş denizel karbonatlardan türeyen CO₂ ile bir karışım şeklinde oluşmaktadır.

Edige bölgesine ait $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ V_{PDB} değeri -13.62 ile -10.54 arasında bulunmuştur. Elde edilen değerler hem tatlı su ortamında olduğunu hem de organik madde açısından zengin sedimanların dekarboksilasyonu ile elde edilen karbonatın katkısını göstermektedir.

12. SONUÇLAR

Bu çalışma ile İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Kuşağı içerisinde yer alan ve Ankara'nın doğusunda bulunan, Elmadağ-Edige civarındaki manyezit cevherleşmeleri ve manyezit minerallerinin kökeni belirlenmeye çalışılmıştır.

Manyezit damarlarının petrografik incelemelerinde, manyezitlerin gözle görülemeyecek kadar küçük kristaller olduğu, yani kriptokristalin manyezitler olduğu ve manyezitlerle birlikte kuvars, dolomit ve serpantin minerallerinin bulunduğu belirlenmiştir.

Ultramafiklerden alınan numunelere yapılan XRF analizlerinde MgO, SiO₂ ve Fe₂O₃ değerleri oldukça yüksektir. Ultramafik kayaların sınıflandırılmasına göre bu kayalar çoğunlukla harzburgit alanına denk gelmiştir. Alınan ultramafik örneklerin ana element analiz sonuçlarına göre; en yüksek MgO içeriği %37,2 (26), en düşük içerik ise %33,3 (16) olup ortalama MgO içeriği %35,5'dir. SiO₂ içeriği en yüksek %42,9 (16), en düşük %37,3 (14) olup, ultramafikler içerisinde ortalama SiO₂ içeriği %39,9'dur. CaO içeriği en yüksek %2,4 (14), en düşük %0,4 (23-20-22) değerinde olup ultramafikler içerisindeki ortalama CaO değeri %1,01'dir. Bunun dışında Al₂O₃ içerikleri en yüksek %1,8 (26) en düşük ise %0,2 (20-16) olup ultramafikler içerisindeki ortalama Al₂O₃ değeri %0,58'dir. Fe₂O₃ içeriği en yüksek %9,8 (20-22), en düşük %7,8 (16) içeriğinde olup ultramafikler içerisindeki ortalama Fe₂O₃ içeriği %9,18'dir.

XRD incelemelerinde, bölgede serpantinleşmiş ultramafik birimler içerisinde yüzlek veren manyezitli örneklerde kil minerali dışında dolomit, kuvars, kalsit eşlik ederken yan kayaç olan serpantinlerde kromit, serpantin ve demir-oksit mineralleri bulunmuştur. Aynı örneklerin kil fraksiyonu çekimlerinde kaolinit minerali gözlemlenmiştir.

Yapılan SEM incelemelerinde manyezit ve ultramafik kayaların içerdikleri mineraller incelenmiştir. SEM analizleri ile XRD analizleri uyumu ve aynı minerallerin varlığı tanımlanmıştır. SEM analizinde; lifli, çubuksu ve levhamsı serpantin minerali, yarı öz

şekilli dolomit minerali, kübik, rombohedral ve öz şekilli manyezit minerali gözlemlenmiştir.

Edige manyezitlerinden elde edilen C-O izotop değerlerine göre CO₂ karbonatların dekarbonizasyonundan kaynaklanmaktadır. Manyezitlerin, serpantinleşmiş ultramafik kayalar içinde damar ve stokvörk tipi cevherleşmeler olduğu, bölgede yüzlek veren kireçtaşı birimlerinden CO₂'nin dekarbonasyonu sonucunda oluştuğuna işaret etmektedir. Elde edilen veriler, bindirme sırasındaki sürtünmeden kaynaklanan ısının artmasıyla kireçtaşlarından salınan su ve CO₂'nin serpantinleşmiş ultramafik kayalar içerisindeki MgO ile tepkimeye girerek manyezitleri oluşturduğunu düşündürmektedir.



KAYNAKLAR

- Abu-Jaber, N.S., Kimberley, M.M. 1992. Origin of Ultramafik-Hosted Magnesite on Margarita Island. *Venezuela: Mineral Deposita* 27, 234-241.
- Aharon, P. 1988. A stable-isotope study of magnesites from the Rum Jungle Uranium Field, Australia: Implications for the origin of strata-bound massive magnesites. *Chemical Geolog.* 69(1), 127-145.
- Akyürek, B. Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. 1982. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi. MTA Rapor No:7298 (yayımlanmamış), Ankara.
- Akyürek, B. Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y. ve Sunu, O. 1979-1980. Eldivan Şabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi. MTA Rapor No:6741 (yayımlanmamış), Ankara.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş. Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., Hakyemez, Y. 1984. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeolojik özellikleri (Basic geological features of the Ankara-Elmadağ-Kalecik region). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 20, 31-46
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., Yaşar, T., 1997. “1/100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara F15 paftası”, “MTA Jeoloji Etüdleri Dairesi”, Ankara.
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y. F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T. 1996. Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklar projesi (1994 yılı Jeoloji grubu çalışmaları). MTA Rapor No:9961 (yayımlanmamış), Ankara.
- Altın, D., Koçyiğit, A., Farrinacci, A., Nicosia, U. ve Conti M.A. 1993. Jurassic- Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of the southern part of North-Western Anatolia (Turkey), *Geology and Paleontology of Western Pontides, Turkey. Geologica Romana*, 27, Roma.
- Bacak, G. ve Uz, B., 2003. Dağardı güneyi (Kütahya) Ofiyoliti'nin jeolojisi ve jeokimyasal özellikleri: İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2, (4), 86-98.
- Baertschi, P., 1976. “Absolute 18 O content of Standard Mean Ocean Water”, *Earth Plan . Sci. Lett.*, 31, 341.
- Bailey, E.B., McCallien, W.J. 1954. Serpentine lavas, the Ankara melange and the Anatolian thrust. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 62, 403-442.
- Baker, A. J. & Fallick, A. G. (1989). Evidence from Lewisian limestones for isotopically heavy carbon in ten-thousand-million-year-old seawater. *Nature*, 337, 352–354.
- Barnes, I. ve O'Neil, J.R. 1969. The relationship between fluids in some fresh alpine type ultramafics and possible modern serpentinization, western United States. *Geological Society of America Bulletin*, 80(10), 1947-1960.

- Bas, M.J. LE & Streckeisen, A.L., 1991. The IUGS systematics of igneous rocks. Journal of the Geological Society, London, Vol. 148, 1991, pp. 825-833, 8 figs, 2 tables. Printed in Northern Ireland.
- Baykal, F., 1943. Kırıkkale-Kalecik ve Keskin-Balâ mintakalarındaki jeolojik etüdler. M.T.A. Report No. 1448. (Unpublished).
- Bindeman, I. (2008). Oxygen isotopes in mantle and crustal magmas as revealed by single crystal analysis. Reviews in Mineralogy & Geochemistry 69, 445–478.
- Blatt, H. ve Tracy, J. R., 1996. Petrology: Igneous, sedimentary and metamorphic: W.H. Freeman Company Pres, New York, USA, 350 p.
- Blumenthal M. 1942. Le dispositif géologique du secteur pétrolifère de Boyabat. MTA
- Borshchevskiy, Y.A. 1980. Oxygen and hydrogen isotope data on the nature of hydrothermal mineralizing fluids. Geochem Int 17, 40-50.
- Brydie, J.R., Fallick, A.E., Ilich, M., Maliotis, G., and Russell, M.J., 1993. A table isotopic study of magnesite deposits in the Akamas area, N.W Cyprus: Institution of Mining and Metallurgy Transactions, v. 102, sec. B, p. B50–B53.
- Büyükutku, A. & Sarı, A., 2011. The diagenesis of Haymana sandstones (upper Cretaceous), Yakacık vicinity, Northwest of Ankara (Salt Lake basin). Turkey. Energy Sources, Part A, 33, 795-804
- Chaput, E., 1931. Ankara Mıntıkasının 1/135.000 Mikyasında Jeoloji Haritasına Dair İzahat, İstanbul Darülfünunu Jeoloji Enstitüsü Neşriyatından No.7, İstanbul.
- Clark, I.D. ve Fritz, P. 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, 328, Boca Raton.
- Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J. (1979): The Interpretation of Igneous Rocks. Allan & Unwin, London. 450 pp.
- Craig, H. 1957. Isotopic standarts for carbon and oxygen and correction factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide. Geochimica et Cosmochimica Acta, 12, 133-149.
- Criss, R.E. 1999. Principles of Stable Isotope Distribution. Oxford University Press, 264, New York.
- Cross, W., Iddings, I.P., Pirsson, L.V., Washington, H.S., 1902. A Quantitative Chemicomineralogical Classification and Nomenclature of Igneous Rocks, J. Geology p, 555-690.
- Cross, W., Iddings, J.P., Pirsson, L.V. and Washington, H.S. (1902): A quantitative chemico-mineralogicalclassification and nomenclature of igneous rocks. Geol. 10, 555–690
- Curtis, C.D., 1978. Possible links between sandstone diagenesis and depthrelated geochemical reactions occurring in enclosing mudstones: Geological Society of London Journal, v. 135, p. 107–117.
- Çakır, Ü. & Üner, T. 2014. Ankara Melanjının Ofiyolitik Birimleri. 67.Türkiye Jeoloji Kurultayı 14-18 Nisan/April 2014.

- Çalgın, R., Ercan, T., Pehlivanoglu, H., Şengün, M., 1973. Ankara çevresi jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor no: 6487, Ankara, (yayımlanmamış).
- Çalgın, R., Pehlivanoglu, H., Ercan, T. ve Şengün, M. 1973. Ankara civarının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstg, Rap, 6487 (Yayımlanmamış).
- Çapan, U.Z., ve Buket, E., 1983. Aktepe- Gökdere bölgesinin jeolojisi ve ofiyolitli melanj: TJK Bült., 18,1116, Ankara.
- Dabitzias, S., 1980. Petrology and genesis of the Vavdos cryptocrystalline magnesite deposits, Chalkidiki Peninsula, Northern Greece. Econ. Geol. 75: 1138-1151.
- Deines, P. (1989). Stable isotope variations in carbonatites. In: K. Bell, (Ed.), Carbonatites: genesis and evolution (301-359). Unwin Hyman, London.
- Demeny, A. & Harangi, S. Z. (1996). Stable isotope studies on carbonate formations in alkaline basalt and lamprophyre series: evolution of magmatic fluids and magma-sediment interactions. Lithos 37, 335–349.
- Demeny, A., Ahijado, A., Casillas, R. & Vennemann, T. W. (1998). Crustal contamination and fluid/rock interaction in the carbonatites of Fuerteventura (Canary Islands, Spain): C, O, H isotope study. Lithos 44, 101–115.
- Deveciler, A., 2010. The first appearance of the Bartonian benthic foraminifera at the Çayraz Section (north of Haymana, south of Ankara, central Turkey). Yerbilimleri, 31 (3), 191-203.
- Emery, D., and Robinson, A., 1993. Inorganic geochemistry: Applications to petroleum geology: London, Blackwell, 254 p.
- Erk, A.S., 1977. Ankara civarında genç Paleozoyik'm Kulm Fliş Formasyonu. Maden Tetkik ve Arama Enst. Derg, 88, 73-93
- Erol, O. 1949. Ankara güneydoğusundaki Elmadağı ve çevresinin jeolojisi ve jeomorfolojisi üzerinde bir araştırma. MTA Enstitüsü Yayınları, 99, Ankara.
- Ertuğrul, H., Alp, İ., 1984. Ankara-Elmadağ-Edige Köyü Magnezit Madeni Raporu. 3269-5631.
- Fallick, A.E., Ilich, M., Russell, M.J., 1991. A stable Isotope Study of the Magnesite Deposits Associated with the Alpine-Type Ultramafic Rocks of Yugoslavia, Economic Geology, vol. 86, pp. 847- 861.
- Fielding, C.R., Rygel, M.C., Frank, T.D., Birgenheier, L.P., Jones, A.T., and Roberts, J., 2003. Near-field stratigraphic record of the late Paleozoic Gondwanan ice age from Eastern Australia discloses multiple, alternating glacial and non-glacial intervals: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 38, no. 7, p. 317
- Fritz, P. 1976. Oxygen and carbon isotopes in ore deposits in sedimentary rocks. In: K.H. Wolf (Editor), Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, (7) Elsevier, Amsterdam, p. 191-217.
- Gartzos, E. 1990. Carbon and oxygen isotope constraints on the origin of magnesite deposits North Evia (Greece). Schweizer Mineralog Petrog Mitt, 70, 67-72.

- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., and Kozlu, H., 1997. Pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: explanatory notes to the terrane map of Turkey. *Annales Geologique de Pays Hellenique*, 37, 515-536.
- Graham, C.M., Viglino, J.A., and Harmon, R.S., 1987. Experimental study of hydrogen-isotope exchange between aluminous chlorite and water and of hydrogen diffusion in chlorite; *Amer. Mineral.* 72, 566-579
- Henley, R.W., Truesdell, A.H., Barton, P.B., Whitney, J.A. 1984. "Fluid-mineral equilibria in hydrothermal systems". *Reviews in Economic Geology*, 1, Soc. Econ. Geol., 267 p.
- Hodson, J. D. (1977). Stable isotopes and limestone lithification. *Journal of the Geological Society of London* 133, 637–660.
- Hoefs, J. (1987) *Stable Isotope Geochemistry*. Berlin: Springer-Verlag, 241 pp.
- Hoefs, J. (1997). *Stable isotope geochemistry*. Springer, Heidelberg, 1–214.
- Hoernle, K., Tilton, G., Le Bas, M. J., Duggen, S. & Garbe-Schönberg, D. (2002). Geochemistry of oceanic carbonatites compared with continental carbonatites: mantle recycling of oceanic crustal carbonate. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 142, 520–542.
- Hofmann, B. A., Bernasconi, S. M. (1998). Review of occurrences and carbon isotope geochemistry of oxalate minerals: implications for the origin and fate of oxalate in diagenetic and hydrothermal fluids. *Chemical Geology* 149, 127–146.
- Hutchison, C.S. (1974): *Laboratory Handbook of Petrographic Techniques*. John Wiley, New York. 527 pp.
- Ilich, M., 1968. Problems Of The Genesis And Genetic Classification Of Magnesite Deposits. *Geol. Caro.* 19. 149-160.
- Irvine, T. A. ve Findlay, T. C. 1972. Alpin type peridotite with particular reference to the bay of island igneous complex: *Publications of the Earth Physics Brach. Department of Energy. Mines and Resources, Ottawa, Canada*, 42, 97-128.
- Irwin, H., Curtis, C., and Coleman, M., 1977. Isotopic evidence for source of diagenetic carbonates formed during burial of organic-rich sediments: *Nature*, v. 269, p. 209–213.
- İleri, İ., 2007. Eldivan – Elmadağ tektonik kaması güney sınırının yapısal özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Jedrysek, M.O., and Halas, S., 1990. The origin of magnesite deposits from the Polish Foresudetic Block ophiolites: Preliminary $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ investigations: *Terra Nova*, v. 2, p. 154–159.
- Johannsen, A. (1931): *A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks*. Vol. 1. Chicago University Press, Chicago. 267 pp.
- Kâhya, A. ve Kuşcu, M. 2014. Source of the mineralizing in ultramafic related magnesite in the Eskişehir area, northwest Turkey, along the İzmir – Ankara Suture: a stable isotope study. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23, 1-15.

- Karamata, S., 1974. The geological evolution of the area of Yugoslavia: The nature and movement of plates and the importance of these properties and processes for metallogeny, in Jankovic, S., ed., Metallogeny and concepts of the geotectonic development of Yugoslavia: Belgrade University, Faculty of Mining and Geology, p. 109–118.
- Kelsey, C.H. (1965): Calculation of the C.I.P.W. norm. Mineral. Mag. 34, 276–282
- Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ. Ateş, M., Gök, L. 1975-1989. Bayburt dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Ara-ma Genel Müdürlüğü Rapor No: 8995 (yayımlanmamış) Ankara.
- Kocatepe, M., 1981. MTA, Türkiye Manyezit Envanteri, MTA Yayınları No: 186, 258 s.
- Koçyiğit A and Lünel AT (1987) Geology and tectonic setting of Alcı area, METU J Pure Appl Sci 20(1):35-59.
- Koçyiğit, A., 1987. Tectono-stratigraphy of the Hasanoglan (Ankara) region: evolution of the Karakaya orogen. *Yerbilimleri*, 14, 269-293.
- Koçyiğit, A., Kaymakçı, N., Rojay, B., Özcan, E., Dirik, K. ve Özçelik, Y., 1991. İnegöl-Bilecik-Bozüyük arasında kalan alanın jeolojik etüdü. Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Projesi Raporu, Rapor No: 9003-09-01-05 (yayımlanmamış).
- Kralik, M., Aharon, P., Schroll, E. ve Zachmann, D. 1989. Carbon and oxygen isotope systematics of magnesites: A review. In: On the Formation of Magnesite. Möller, P. (ed), Gebrüder Borntraeger, 197–223, Berlin.
- Lahn, E-, 1945. Anadolu'da Neojen ve 4'cü zaman nizması *Coğrafya Dergisi*, 3, 7-8.
- Le Maitre, R. W., 2002. Igneous rocks: A classification and glossary of terms, second edition, Cambridge press.
- Le Maitre, R.W. (1982): Numerical petrology. Elsevier, Amsterdam. 282 pp
- Leonhard, R-, 1902. Geologische Skizze der galatischen andesit gebietes nörlich von Angoras: E- Schweizertsche Verlagshandlung Stuttgart (E- O. Neagle)
- Lesko, I. 1972. Manyezit yataklarının oluşumu hakkında. *Mineral Deposita*, 7, 61-72.
- Loewenstein, G. F., Weber, E. U., Hsee, C. K., & Welch, N. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127(2), 267–286
- Lorrain, A., Savoye, N., Chauvaud, L., Paulet, Y. M. & Naulet, N. (2003). Decarbonation and preservation method for the analysis of organic C and N contents and stable isotope ratios of low carbonated suspended particulate material. *Analytica Chimica Acta* 491, 125–133.
- Lowenstein, L. F. (2003). The Genetic Aspects of Criminality. *Journal of Human Behavior in the Social Environment*, 8(1), 63–78
- McCallien, W. J. 1946. Inverted graded bedding at Köserelik N of Ankara. M.T.A. Mecm. No, 35 Ankara.

- Mohammed, A. & Abdullah, A. 2018. Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review. ISSN 1454- 8003 Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics HERVEX November 7-9, Băile Govora, Romania
- Morse, S.A. (1980-1981) Basalts and Phase Diagrams, Springer-Verlag, New York.
- Möller, P., 1989. Minor and trace elements in magnesite monograph Series on Mineral Deposits 28. 173-195. Gebrüder Borntradger, Berlin-Stuttgart.
- Naumann, E. (1886) : Die Grundlinien Anatoliens und Zentralasien. Geogr. Zs. 2.
- Norman, T.N. 1972. The role of the Ankara Melange in the development of Anatolia (Turkey). Geological Society Special Publications, 17, 441-447.
- O Neil, J.R. and Barnes, L., 1971, C13 and O18 composition in some fresh-water carbonate associated with ultramafic rocks: Western United States: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 35, p. 687-697
- Ocañoğlu, F., 1998. Orhaniye bölgesi (Ankara kuzeyi) üst Kretase-Eosen istifinin kil stratigrafisi. Eski ortamsal ve iklimsel koşullara ilişkin bazı ipuçları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41(2), 31-39
- Okay, A.I. ve Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within Alpine Orogen. Durand, B. Jolivet, L., Horvath, F. ve Seranne, M. (eds). Geological Society of London, 475-515, London.
- Okay, A.I., Monod, O. ve Monie, P. 2002. Triassic blueschist and eclogites from northwest Turkey: vestiges of the Paleo-Tethyan subduction. *Lithos*, 64, 155- 178.
- Okay, A.İ., 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. In: A.M.C. Şengör (ed.), *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*, Kluwer, pp. 109-115.
- Okay, A.İ., Göncüoğlu, M.C. 2004. The Karakaya Complex: A review of Data and Concept. *Turkish Journal of Earth Sciences* 13, 77-96.
- Onuma N., Clayton R. N., and Mayeda T.K., 1972, Oxygen isotope cosmo thermometer, *Geochim.Cosmochim. Acta* 36, 169-188.
- Philippson. A., *Ergänzungsheft* Nr. 180, Gotha,1918; *Schlussheft*: Nr. 183, Gotha, 1915.
- Piché, M., Jébrak, M. 2004. Normative minerals and alteration indices developed for mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration* 82, 59-77.
- Pohl, W., 1990. Genesis of magnesite deposits-models and trends. *Geol. Rundschau* 79: 291-299.
- Pohl, W.L. (2011) *Economic Geology: Principles and Practice*. Wiley Blackwell, Oxford, 663.
- Powell, J.E. (1961-2006) Separation of rare earths by ion exchange. In Spedding, F.H. and Daane, A.H. (eds.), *The Rare Earths*, Chap. 6, John Wiley, New York.
- Ragland, P.C. (1989): *Basic Analytical Petrology*. Oxford University Press, Oxford. 369 pp
- Ray, J. S., Ramesh, R. & Pande, K. (1999). Carbon isotopes in Kerguelen plume-derived carbonatites: evidence for recycled inorganic carbon. *Earth and Planetary Science Letters* 170, 205–214.

- Ringwood, A. E., 1975. Composition and petrology of the earth's mantle: McGraw Hill, New York, USA, 618 p.
- Rollinson, H.R. (1993): Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman, Essex. 352 pp 1.
- Santos, R. V. & Clayton, R. N. (1995). Variations of oxygen and carbon isotopes in carbonatites: a study of Brazilian alkaline complexes. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 59, 1339–1352.
- Sayıt, K. 2005. Geology And Petrology Of The Mafic Volcanic Rocks Within The Karakaya Complex From Central (Ankara) And Nw (Geyve And Edremit) Anatolia.
- Schroll, E. 2002. Genesis of magnesite deposits in the view of isotope geochemistry. *Boletim Paranaense de Geociencias*, 50, 59-68.
- Secchi, M., Zanatta, M., Brovin, E., Bortolotti, M., Kumar, A., Giarola, M., Sanson, A., Orberger, B., Daldosso, N., Gialanella, S., Matiootto, G., Montaagna, M & Lutterotti, L. 2018. Mineralogical investigations using XRD, XRF, and Raman spectroscopy in a combined approach. Received: 12 October 2017 Revised: 12 March 2018 Accepted: 20 March 2018.
- Secchi, M. 2018. Mineralogical investigations using XRD, XRF, and Raman spectroscopy in a combined approach. *J Raman Spectrosc.* 2018;1–8. Copyright, 2018 John Wiley & Sons, Ltd.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karakuş, K., Fodor, L., Araz, H. ve Karadenizli, L. 1997. Does continuous compressive tectonic regime exist during Late Paleogene to Late Neogene in NW central Anatolia, Turkey Preliminary observations. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6, 77-83.
- Simandl G.J and Hancock, K.D. (1996): Magnesite in British Columbia, Canada: A Neglected Resource; *Mineral Industry International*, Number 1030, pages 34-44.
- Smith, A.G., and Spray, J.G., 1984. A half-ridge transform model for the Hellenic-Dinaric ophiolites: *Geological Society of London Special Publication*, v. 17, p. 629–644.
- Smith, M.C. & Perfit, M.R. 2007. Petrography and Petrogenesis of a Mid-Ocean Ridge Lava Suite. University of Florida Department of Geological Sciences.
- Solomons, W., Mook, W. G., 1986. In: *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Vol. 2. Amsterdam: Elsevier
- Styles, M.T. vd. 2013. The variation in composition of ultramafic rocks and the effect on their suitability for carbon dioxide sequestration by mineralization following acid leaching. *Modeling and Analysis: The variation in composition of ultramafic rocks and the effect on their suitability for carbon dioxide sequestration.*
- Şenel, M., 2002. 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Antalya M10-M11 Paftası, MTA yayınları, No:6, Ankara, Türkiye.

- Tankut, A., 1985. Basic and ultrabasic rocks from the Ankara Melange, Turkey: Dixon, J.E. ve Robertson, A.H.F., ed., The Geological Evolution of the Mediterranean da., 'Special Publication of the Geological Society, 17, Blackwell Scientific Publications, 884 s., 449-454. ve Sayın, M.N. 1989. Edięe ultramafik kütlesi: Doęa Türk Mühendislik ve Çevre Bilim Dergisi, 13/2, 229-244.
- Taylor, H. E., Frechen, J., Degens, E. T. (1967). Oxygen and carbon isotope studies of carbonatites from the Laacher See District, West Germany and the Alno District Sweden. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 31, 407–430.
- Taylor, H. P. (1974). The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. *Economic Geology*, 69, 843-883. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.69.6.843>
- Taylor, H.P. 1974. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. *Economic Geology*, 69, 843-883.
- Tchihatcheff, P.De., 1867. Asie Mineure, Description Physique de cette contree, quatrième partie, Géologie I, Paris.
- Topak, Y. 2006. Yukarıtirtar-Aşağıtirtar Köyleri (Isparta Kuzeydoğusu) Arasında Gözlenen Manyezit Yatağının Oluşumu Ve Kökeni. Çukurova üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü, Adana.
- Toros, T. 2019. Mut (Mersin) Göcekler Köyü Manyezit Yataklarının Mineralojisi, Jeokimyası Ve Jenezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Turhan, N. 2002. Türkiye jeoloji haritası, Ankara paftası 1:500 000. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkunal, M., 1957. Ankara'nın kuzeybatısında Karalar köyü civarında bulunan Alt Kretase Ammonitleri hakkında. (Note on some Lower Cretaceous Ammonites from Karalar Köyü, northwest of Ankara). M.T.A, Bull. No. 50 Ankara.
- Ünal, G., Yksel, V., Tekeli, T., Gnen , O., Seyirt, Z. ve Hseyin, S., 1977. Haymana-Polatlı'y resinin (GB Ankara) st Kretase-Alt Tersiyer stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi. TJK Bülteni, 19, 159-176.
- Üner, T., Çakır, Ü. 2011. Eldivan Ofiyoliti'ne (Çankırı) ait Harzburgitik Tektonitlerin Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, MTA Dergisi, 143, 75-94, 2011.
- Valley, J. W. (1986). Stable isotope geochemistry of metamorphic rocks. In J. W. Valley, H. P. Taylor, Jr. & J. R. O'Neil (Eds.), *Stable Isotopes in High Temperature Processes*, Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy, Vol. 16, 445-489.
- Verma, S.P., Alvarado, I.S.T. & Tapia, V. 2003. A revised CIPW norm. February 2003 Swiss Journal of Geosciences Supplement 83(2):197-216
- Whitney, D. & Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, Volume 95, pages 185–187, 2010.
- Wilson, M., 1993. Igneous petrogenesis: A global tectonic approach, Chapman & Hall Pres, New York, USA, 446 s.

- Yalçın, H. & Bozkaya, Ö. 2004. Ultramafic-Rock-Hosted Vein Sepiolite Occurrences In The Ankara Ophiolitic Melange, Central Anatolia, Turkey. Cumhuriyet University, Department of Geological Engineering, TR-58140 Sivas, Turkey.
- Yılmaz, A. & Kuşçu, M. 2012. Manyezit Yataklarının Oluşumu, Sınıflandırılması, Kullanım Alanları Ve Kalite Sınıflandırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Cilt:28, Sayı:1, Sayfa:65-72, Ocak 2012, ISSN 1012-2354.
- Yılmaz, A. 2008. Margı-Taycılar-Sepetçi, Süleymaniye Ve Tutluca (Eskişehir) Manyezit Yataklarının Jeolojik, Jeokimyasal Özellikleri Ve Kökeninin Araştırılması. Doktora tezi Jeoloji Mühendisliği anabilim dalı, Isparta.
- Yılmaz, A., ve Kuşçu, M., 2007. Süleymaniye (Mihalıççık-Eskişehir) Bölgesindeki Manyezitlerin Jeolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri. TJK Bülteni, C.50, 95-107s.
- Zachmann, D.W. and Johannes, W., 1989, Cryptocrystalline magnesite In: magnesite. Geology, Mineralogy, Geochemistry and Formation of MgCarbonates (Monograph Series on mineral deposits, 28) (Ed. By. pMöller), p. 15-28.
- Zedef, V., Russell, M. j., Fallick, A. E. 2000. Genesis of vein stockwork and sedimentary magnesite and hydromagnesite deposits in the ultramafic terrane of Southwestern Turkey: A stable isotope study. Economic Geology, 95, 429-446.