

Eskişehir Civarındaki Manyezit Yataklarının  
Jeolojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması

Ceyhun Yenipınar

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos 2018

Investigation Of Geological And Geochemical To Propertis  
Magnesite Occurences İn Eskişehir Region

Ceyhun Yenipınar

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Geological Engineering

August 2018

Eskişehir Civarındaki Manyezit Yataklarının  
Jeolojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması

Ceyhun Yenipınar

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Genel Jeoloji Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Sendir

Ağustos 2018

## ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Ceyhun Yenipınar' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Eskişehir Civarındaki Manyezit Yataklarının Jeolojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Danışman** : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Sendir

**İkinci Danışman** : -

**Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Sendir

**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Didem Yasin

**Üye** : Doç. Dr. Cafer Özkul

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN  
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Sendir danışmanlığında hazırlamış olduğum “Eskişehir Civarındaki Manyezit Yataklarının Jeolojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.  
16/08/2018

Ceyhun Yenipınar

İmza

## ÖZET

Çalışma alanı yüksek kalitede manyezitlerin bulunduğu bir bölgedir. Çalışmada, doğu-batı yönünde Eskişehir-Tavşanlı arasında, kuzey-güney yönünde Bozüyük-Kütahya il sınırı arasında kalan 70 000 hektarlık (700 km<sup>2</sup>) alanda oluşmuş manyezitlerin jeolojik ve jeokimyasal açıdan oluşumu irdelenmiştir.

Bölgede genel olarak Kriptokristalen (amorf-jel) yapıda manyezitler bulunmaktadır. Bölgedeki kaliteli manyezitlerin XRF analizlerinde görülen silis, kireç, demir ve alümin, kütleli olarak %10'un altındadır. Sedimanter oluşumlar hariç, ülkemizdeki manyezit cevherleri genel olarak bölgedeki faylanmaya bağlı olarak serpantinit içerisindeki büyük ve kılcal çatlaklarda bulunmaktadır. Bu oluşumlara etki eden CO<sub>2</sub> Asendan; CO<sub>2</sub> ihtiva eden sular aşağıdan gelir, Dessandan; CO<sub>2</sub>'li sular yüzeysel kaynaklı ve atmosferiktir.

Çalışma alanında 2011-2014 yılları arasında toplamda 40 adet numuneye kimyasal analiz (XRF) yapılmıştır. Analiz sonuçlarında kütleli ağırlık olarak MgO oranı %83-% 99 arası, CaO oranı %0.29-5.75 arası, SiO<sub>2</sub> oranı %0.06-%13 arası, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı %0.02-% 1.55 arası, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı %0.01-%0.59 arası, ateş zayıflarının da (AZ) %44-%53.76 arasında olduğu gözlenmiştir. Bölgede, kaliteli manyezitin olduğu belirlenmiş olsa da düşük kalitede manyezitlerin de oldukça yoğun olarak görülebildiği anlaşılmıştır.

İzotop analizi olarak 8 adet numune analiz edilmiştir. Numunelerde  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) ‰ -5,8 ile -10,02 arasında,  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) ‰ 29,84 ile 28,3 arasında olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre manyezit yataklarının oluşumunda meteorik su ve organik orjinli karbonun manyezitin çökelimine katıldığı görüşüne varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Jeokimya, Manyezit, Serpantinit, Peridodit, Ofiyolit

## SUMMARY

The study area is a region of high quality magnesite. In this study, geological and geochemical formation of the magnesites formed in the area of 70 000 hectares (700 km<sup>2</sup>) between the Bozüyük-Kütahya province border in the north-south direction between Eskişehir and Tavşanlı in the east-west direction was examined.

In the region there are generally magnesites in cryptocrystalline (amorphous-gel) form. Silica, lime, iron and alumina, which are observed in XRF analyzes of quality magnesites in the region, are below 10% by mass. Except for the sedimentary formations, magnesite ores in our country are generally found in large and capillary cracks in the serpentine, due to faulting in the region. CO<sub>2</sub> affecting these formations Asendan; CO<sub>2</sub>-containing waters come from below, Dessandan; The CO<sub>2</sub> waters are surface-welded and atmospheric.

Chemical analysis (XRF) was performed on 40 samples in the study area between 2011 and 2014. The results of the analysis show that MgO content is between 83% and 99%, CaO content is between 0.29% and 5.75%, SiO<sub>2</sub> content is between 0.06% and 13%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content is between 0.02% and 1.55%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content is between 0.01% and 0.59% (AZ) was found to be between 44% and 53.76%. Although it is determined that the region is of high quality magnesite, it has been understood that magnesite can be seen very intensely at low quality.

As an isotope analysis, 8 samples were analyzed. In the samples  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB)  $\delta$  is between -5.8 and -10.02,  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) ‰ is between 29.84 and 28.3. These results suggest that meteoric water and organic origin carbon in the formation of magnesite deposits are involved in the deposition of magnesite.

**Keywords:** Geochemistry, Magnesite, Serpantinite, Peridotite, Ophiolit

## TEŞEKKÜR

Öğrenim hayatımda, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmamda bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü desteği ve olanağı sağlayarak yardımlarını benden esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Sendir'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca tez çalışmalarım için bana izin ve desteklerinden dolayı başta Süperateş Ateş Muk. San Ve Tic A.Ş. ve emekli Maden mühendisi Mustafa Hatipoğlu'na, benimle her daim tecrübelerini paylaşan Ali Galip Aksungur'a, Güngör Yıldız'a, Bünyamin Kozan'a, Murat Kozan'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, tezimi rahmetle andığımız, her geçen gün daha çok özleyeceğimiz, bilgi ve belgelerini benimle paylaşan, bölüm kurucularımızdan biri olan Prof. Dr. Rıfat Bozkurt'a adanmak istiyorum.

Saygılarımla  
Ceyhun Yenipınar

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	viii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	ix
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xi
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xiii
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ</b> .....	1
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	3
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	8
3.1 Materyal .....	8
3.2 Yöntem .....	8
3.2.1 Ofis çalışmaları .....	8
3.2.2 Arazi çalışmaları .....	8
3.2.3 Laboratuvar çalışmaları .....	9
3.3 Teorik Bilgi .....	9
3.3.1 Manyezitleşme .....	9
3.3.2 Oluşumun safhaları .....	10
3.3.2.1 Çözülme safhası .....	10
3.3.2.1 Ayrışma safhası .....	10
3.3.3. Magnezyum ve kalsiyumun çökmesi .....	11
3.3.4. Yataklanma, sertleşme ve suyun tahliyesi .....	12
3.3.5. Manyezit oluşumu .....	12
3.3.6. Manyezitin, CO <sub>2</sub> içeren atmosferik şartlar ve yüzeysel suların tesiri ile oluştüğunu teyit eden hususlar .....	13
<b>4. JEOLJİ</b> .....	14
4.1 Bölgesel Jeoloji .....	14
4.2 Yerel Jeoloji .....	16
4.2.1. İnönü metamorfizmaları .....	18

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.2. Ayrılmamış Ofiyolitler .....	18
4.2.3. Ilıca Formasyonu .....	18
4.2.4. Alüvyon (Qal).....	19
4.3 Yapısal Jeoloji .....	19
4.3.1 Faylar .....	19
<b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>20</b>
5.1. Arazi Gözlemleri ve Bulgular .....	20
5.2. Jeokimya Çalışmaları.....	24
5.2.1 XRF analizleri .....	24
5.2.2 İzotop analizleri .....	26
5.2.2.1 $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) İzotop analizleri .....	26
5.2.2.1 $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) İzotop analizleri .....	26
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>31</b>
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ.....</b>	<b>33</b>
<b>EK AÇIKLAMALAR .....</b>	<b>36</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Çalışma alanını gösteren uydu görüntüsü.....	1
3.1. Hidroksit ve Oksitlerin çökmesi için pH sınırları.....	11
4.1. Çalışma alanının Türkiye tektoniğindeki yerini gösteren şekil. ....	15
4.2. Tavşanlı Zonu ve çevresinin jeoloji haritası.....	15
4.3. Bölgeyi temsil eden tektono-stratigrafik sütun kesiti.....	16
4.4. Eskişehir ve civarının jeoloji haritası .....	17
5.1. Numune alınan noktaların Google Earth görüntüsü.....	20
5.2. Kozanoğlu manyezit ocağından fay boyunca oluşmuş damar tipi manyezitler.. .....	21
5.3. Kozanoğlu ocağında ağsı yapıdaki manyezitler. ....	22
5.4. Sobran köyü, Kozanoğlu ocağına ait görüntü. Manyezitler derin trenç açılarak alınmış. (Fotoğraf yönü kuzey batıdan güney doğuya.) b) Cihangazi İlçesi yakınında Nurdağan' ın ocağı. Tüm kütle bir çukur halinde alınmış.....	23
5.5. Sobran köyü kuzeyi. Üstte limonitler, aşağıda görülen beyaz oluşumlar manyezitler. 23	
5.6. a) MgO eş dağılım haritası. b) SiO <sub>2</sub> eş dağılım haritası. c) CaO eş dağılım haritası....	25
5.9. Biyosferdeki δ <sup>13</sup> C (PDB) değerleri, DIC; Çözülmüş inorganik karbon .....	27
5.10. Seçilmiş doğal bileşimlerin δ <sup>13</sup> C değerleri.....	28
5.11. Kayaçların δ <sup>18</sup> O değerleri.....	29

**ÇİZELGELER DİZİNİ****Sekil****Sayfa**

5.1. İzotop analizleri.....27



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

### Açıklama

Al	Alüminyum
Au	Altın
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Mg	Magnezyum
Ti	Titanyum

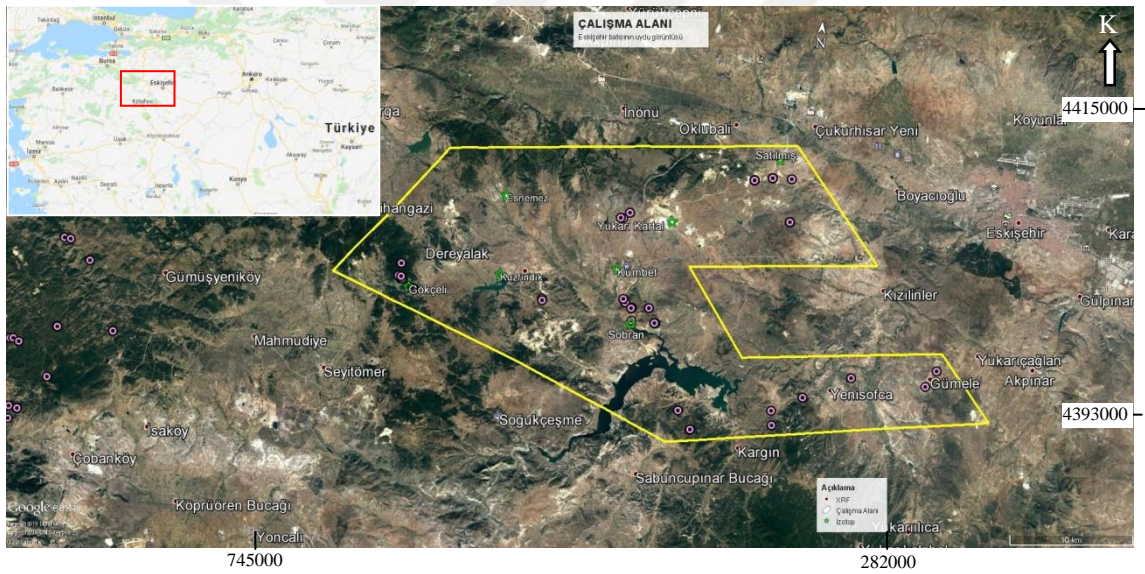
### Kisaltmalar

### Açıklamalar

YB/DB	Yüksek Basınç / Düşük Sıcaklık
K	Kuzey
Plı	Pliyosen İlica Formasyonu
PIB	Pliyosen Bazalt
Imr	İnönü Mermerleri
SAM	Seramik Araştırma Merkezi
Muk.	Mukavim
A.Ş.	Anonim Şirket
AZ	Ateş zaiyatı
HCl	Hidroklorik asit
CVM	Coğrafi Veri Modelleme
XRF	X-Işını Floresans
PDB	Chicago Üniversitesi tarafından, Güney Carolina'daki Peedee Formasyonu'nda bulunan Kretase yaşlı belemnitlerden hazırlanan CO <sub>2</sub> dir.
SMOW	Standart Ortalama Okyanus Suyu

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Genel Jeoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan "Eskişehir Civarındaki Manyezit Yataklarının Jeolojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması" başlıklı çalışmada, yüksek kalitede manyezitlerin bulunduğu bölge olan, doğu-batı yönünde Eskişehir-Tavşanlı, kuzey-güney yönünde Bozüyük-Kütahya arasında yer alan 70.000 hektarlık (700 km<sup>2</sup>) alanda zuhur etmiş manyezitlerin jeolojik ve jeokimyasal açıdan oluşumu irdelenmiştir (Şekil 1.1). Tezin konusu ve çalışma alanı seçiminde etken olan faktör bu bölgede yüksek kalitedeki manyezit oluşumlarının yoğun olarak gözlenmiş olmasıdır.



Şekil 1.1. Çalışma alanını gösteren uydu görüntüsü. Beyaz renkli alanlar bölgedeki manyezit ocaklarının bulunduğu yerlerdir.

Ultramafik kayalar, magnezyum elementinin kaynağı olarak görülür. Magnezyumca zengin yeraltı ve yerüstü suları ultramafik kayaların serpantinite dönüşmesine etki eder. Magnezyumca zengin ve doymuş sular uygun ortam ve şartlarda, kırık ve çatlaklara yerleşerek, magnezyum karbonat olarak çöker. Araştırmacıların ortak görüşü genel olarak bu yöndedir. Magnezyum karbonat çökeliminde en önemli soru CO<sub>2</sub> nereden geldiğidir. Kaliteli manyezitlerin çökelim ortamını açıklamak için tezde CO<sub>2</sub> kökenine dair cevap aranmıştır.

Bölgede genel olarak Kriptokristalen (amorf-jel) yapıda manyezitler bulunmaktadır. Bölgedeki kaliteli manyezitlerin XRF analizlerinde görülen silis, kireç, demir ve alümin, kütleli olarak %10 un altındadır. Sedimenter oluşumlar hariç, ülkemizdeki manyezit cevherleri genel olarak; bölgedeki faylanmaya bağılı olarak serpantinitle içerisindeki büyük ve kılcal çatlaklarda bulunmaktadır. Bu tip manyezitlerin oluşumu hakkında iki teori mevcuttur. Birinci teoride; Asendan (aşağıdan yukarıya doğru), CO<sub>2</sub> ihtiva eden sular aşağıdan gelmektedir. İkinci teoride Dessandan (yukarıdan aşağıya doğru), CO<sub>2</sub> li sular yüzeysel kaynaklı ve atmosferikdir (Lesko I.,1972).

Bölgedeki manyezit oluşumlarının kökenlerini belirlemek için, mahalle sınırlarına göre isimlendirilen, Esnemez, Kuzfındık, Gökçeli, Satılmış, Sobran, Kümbet ve Yukarı Kartal Mahallerinden toplamda 8 adet numune alınmıştır. Bu numuneler, ACTLAB laboratuvarında analiz edilmiştir.

Tezde, oluşum ortamları hakkında sebep sonuç ilişkisi kurulmaya çalışılarak, bölgede üretim yapan yatırımcı firmalara, üretimlerini yönlendirebilmelerinde, katkı sağlanması istenmektedir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Top (1966), “Eskişehir civarındaki Magnezit Zuhurları” adlı raporunda yöredeki magnezit zuhurlarını dört büyük bölgede ele almış, Yukarı Kartal, Memli, Dutluca, Sobran bölgelerinde çok geniş magnezit mostraları olduğunu belirtmiştir.

Akıncı (1967), “Eskişehir I24-c1 Paftasının Jeolojisi ve Tabakalı Lületaşı Zuhurları” adlı çalışmasında bölgedeki stratigrafik istifi başlıca 4 ana bölüme ayırmıştır. Araştırmacı tarafından ayrılan istifin ilki Porsuk Çayı Grubu olup Porsuk barajı leri ve İncesu hornştaynları olarak alt birimlere, ikincisi Yörükakçayır Grubu olup Takmak Konglomeraları, Yenisoğça tüfleri ve Kepeztepe kalkerleri olarak alt birimlere ayrılmıştır. Yazar bu çalışmada Yörükakçayır Grubu’nun üstüne Karadede çakılları ve bu birimin üstüne de vadi alüvyonları geldiğini belirtmiştir. Araştırmacı ayrıca, KB-GD doğrultulu lerle diğer birimlerin sınırını oluşturan ve magnezyum oluşuklarının gelişimine olanak sağlayan dike yakın fayların olduğunu, KD-GB yönlü faylar boyunca tüfleri getiren lav çıkışları olduğunu ve bu fayların normal faylar olduğunu vurgulamıştır. Bunlara ek olarak çalışma sahası içerisindeki lületaşları hakkında bazı bilgiler vermiştir.

Türet (1968), “Eskişehir Çanakırın Köyü Magnezit Zuhurları” adlı raporunda, çalışma sahasındaki magnezit oluşumlarını şu şekilde ikiye ayırmıştır: (1) serpantinitle içinde meydana gelmiş çatlak ve kırıkların doğrultu ve dalımlarına uygun olarak oluşmuş dolgu tipi magnezit yatakları ve (2) genellikle yüzeyde ve yüzeye yakın yerlerde olivince çok zengin yan kayaçların atmosferik sularla yıkanması sonucunda ileri derecede serpantinleşme ile ilgili olarak meydana gelen vadoz eriyiklerin çökmesi ile oluşmuş magnezit yataklarıdır.

Top (1969), “Kütahya-Sobran Köyü Türkmentepe Magnezit yatakları” adlı çalışmasında magnezitlerin kesif tipte olduğunu, serpantinleşen peridotit, dünit, lertzolit gibi ultrabazik kayaçların çatlaklarındaki dolgularında filon halinde görüldüğünü, magnezitin derinlerden gelen CO<sub>2</sub>’li termal sular yoluyla geldiğini ve hidrotermal metasomatik olarak oluştuğunu belirtmiştir.

Öncel ve Denizci (1982), “Eskişehir Bölgesi Lületaşı ve Magnezit Etütleri Raporu” adlı çalışmasında magnezitlerin, temeli oluşturan metamorfik şistlerin arasına girmiş ofiyolitik kayaçlar ile bu kayaçların üzerine gelen Neojen seriler içinde oluştuğunu vurgular. Tektonizma sonucunda ofiyolitlerin derinliklerindeki çatlaklardan gelen CO<sub>2</sub>’li termal suların etkisi ile magnezit yataklarının meydana geldiğini düşünmektedirler. Ayrıca Neojen’in üst seviyelerinde sedimanter olarak magnezit ve sepiyolit oluştuğunu belirtmişlerdir.

Gözler vd. (1984 a, b) “Eskişehir Civarının Jeolojisi ve Sıcaksu Olanakları” adlı çalışmasında Eskişehir il merkezi ve kuzeyinde yer alan Sakarılıca kaplıcası ve civarını çalışmışlardır. Çalışma alanında stratigrafik serinin en alt kısmında Jura öncesi oluşmuş olan ofiyolit-metamorfik-metadetritik tektonik birliği yer aldığını öne sürmüşlerdir. Jura döneminde çökelmiş olan kayaçların ise dentritik ve kireçtaşlarından ibaret olduğunu ve bu birimlerin üzerinde Paleosen, Eosen, Miyosen ve Pleyistosen yaşlı çökel ve volkanik kayaçların yer aldığını belirtmiştir. Çalışma alanında en genç birimin ise Pleyistosen yaşlı gevşek tutturulmuş kum, çakıl ve kiltaşlarından oluştuğunu ifade etmiştir. Bunlara ek olarak yazarlar, bölgede sıcak suların ısı kaynaklarının porfirik dokulu granitler, andezitler, tüfler bazaltlar gibi magmatik kayaçların olabileceğini savunmuştur. Araştırmacılar ayrıca, Eskişehir’in kuzey ve güneyinden geçen ve bugünkü morfolojiyi oluşturan normal fay sistemlerinin olduğunu, genelde D-B doğrultulu olduğunu, bunların Eosen, Üst Miyosen ve Pleyistosen ve sonrası olarak üç ayrı evrede geliştiğini ve halen çalıştığını, kuzeyindekilerin güneye, güneydekilerin ise kuzeye eğimli olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca inceleme alanında bazı yerlerde az da olsa Jura ve öncesi birimleri kesen doğrultu atımlı fayların olduğunu vurgulamıştır. Bunların yanında ters fayların ise KB-GD, KD-GB ve D-B doğrultulu ve K, KD, KB’ya eğimli olduğunu ve bölgenin yapısının oluşumunda önemli rol oynadıklarını belirtmiştir. Yazarlar Eskişehir’deki sıcak suların türü ne olursa olsun bazı yerlerde 3 km yarıçapındaki bir daire içerisinde kesişen kırık hatlar boyunca geliştiğini belirtmişlerdir. Ilıca’daki (Sakarılıca) sıcak suların metamorfiklerle-lerin dokanağından, yaklaşık 100 m kalınlığındaki atmosferik ve hidrotermal alterasyona uğramış sarı renkli serpantinize yapısal hatlar (lisvenit) boyunca yüzeye çıktığını ve bu ısı kaynağının çalışma alanı civarında gözlenen volkanik ve plütonik kayaçlardan geldiğini açıklamıştır.

Altunel ve Barka (1998), “Eskişehir Fay Zonunun İnönü-Sultandere arasında Neotektonik Aktivitesi” adlı çalışmalarında batıda Uludağdan doğuda Kaymaza kadar uzanan Eskişehir Fay zonunun normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı fay olduğunu ve Ege-Batı Anadolu bloğu ile Orta Anadolu bloğunu birbirinden ayıran BKB-DGD doğrultulu büyük bir fay zonu olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bu fay zonunun çeşitli segmentlerden oluştuğunu ve Pleyistosen ve sonrası gelişmiş olan çökelleri ötelediğini dolayısı ile halen aktif olduğunu ve en tehlikeli segmentin ise Oklubal-Turgutlar segmenti olduğunu iddia etmişleridir. Yazarlar, Eskişehir fay zonu ile bu fayı verev kesen bazı sağ yanal doğrultu atımlı fayların kesiştiği yerlerde sıcak su çıkışlarının olduğunu iddia etmişlerdir. Eskişehir fay zonunun ise transtansiyonel bir fay zonu olduğunu vurgulamıştır.

Demirbilek (2005), “Ilıca-Sobran (Kütahya) Arası Jeolojisi” adlı çalışmasında Kütahya ilinin Kuzeybatısında Ilıca, Karacaören, Sobran, Sofça, Yazlıca, Işıkkara ve Nusrat yerleşim alanlarını kapsayan, yaklaşık 280 km<sup>2</sup> lik alanda yüksek lisans çalışması yürütmüştür. Yazara göre çalışma alanındaki stratigrafik seri Kretase-Paleosen yaşlı Beşçam Ofiyoliti ile başlar. Bu birimler Alt Miyosen yaşlı Tavşanlı Volkanitleri ile üzerlenir. Bu birimlerin üzerine Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karacaören volkanitlerinin geldiğini belirtmiştir. Çalışma alanında traverten ve alüvyal çökellerin ise en genç birimler olduğunu vurgulamıştır. Araştırmacı ayrıca yüzlerce eklemenden yaptığı analize göre iki set belirlemiştir. Bunlardan (1) KB-GD yönlü çatlakların genişleme çatlakları olduğunu ve bölgedeki normal faylarla ilişkili olduğunu, (2) KD-GB doğrultulu çatlakların ise makaslama çatlakları olduğunu söylemiştir. Ayrıca yazar çalışma alanındaki Ilıca kaplıcasının KB-GD doğrultulu normal faylar ile ilişkili olduğunu belirtmiş ve magnezit yataklarının gelişimin açıklamaya çalışmıştır.

Tokay ve Altunel (2005), “Eskişehir Fay Zonunun İnönü-Dodurga Çevresinde Neotektonik Aktivitesi” adlı çalışmalarında Batı Anadolu genişlemeli bölgesinin kuzey-kuzeydoğu sınırını oluşturan ve halen aktif olan Eskişehir fay zonu içerisinde yer alan İnönü-Dodurga fay zonunun aletsel dönemde bilinen yıkıcı deprem üretmediğini ve dolayısı ile sismik boşluk oluşturduğunu savunmuştur. Ayrıca, araştırmacılar bu BKB-DGD ve D-B doğrultulu segmentin sağ yanal verev atımlı normal fay olduğunu iddia etmişlerdir. Buna ek olarak, KB-GD yönlü doğrultu atımlı fayların bu segmente

dayandığını ve havza içerisine devam etmesini engellediğini iddia belirtmiştir. Yazarlar mevcut rezistivite verilerine dayanarak Eskişehir fay zone ile ilişkili havza içerisinde gömülü fayların varlığını tespit etmişlerdir. Dahası, bu fay zone üzerindeki mevcut deprem kayıtları, diğer jeofizik veriler ve asılı vadilerin varlığının, İnönü-Dodurga segmentinin aktif olduğunu ve bölgedeki morfolojinin gelişmesinde rol oynadığını vurgulamışlardır.

Demirbilek vd. (2006), “Kütahya-Ilıca Bölgesi Radyolaritler Kayacının Doğaltaş Sektöründe Kullanılabilirliği” adlı çalışmasında Kütahya-Ilıca bölgesinde bulunan radyolarit kayacının doğal taş sektöründe kullanılabilirliği araştırmıştır. Yazarlar, bölgenin değişik kesimlerinden alınan kayaç numunelerine, kaya mekaniği deneyleri uygulamıştır. Elde edilen deney sonuçlarını bazı doğal taşlara ait değerlerle ve uluslararası standartlarla karşılaştırmıştır. Kayacın, kompakt (sıkı), planktonik ve pelajik tek hücreli ökaryotik silis iskeletlerinden oluşması nedeniyle oldukça sert bir yapıya sahip olduğunu, diğer kayaçlarla karşılaştırılmalı olarak incelendiğinde, kayacın kaplama taşı, zemin döşeme taşı ve çevre düzenleme taşı olarak kullanılabilceğini söylemişlerdir. Buna ek olarak yazarlar, radyolaritlerin kırmızı rengi ile oldukça dekoratif bir görünüm sağlayacağı ve bu pazarda kendine yer edinebileceği düşüncesini belirtmiştir.

Ocakoğlu (2007), “A re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey” adlı çalışmasında Eskişehir Fay zoneunun Bozüyük-Alpu arasında kalan ve yaklaşık 100 km uzunluğundaki kısmını incelemiştir. Araştırmacı, bu zoneun 15 km genişliğinde, 5-25 km uzunluğunda BKB-DGD doğrultulu normal faylardan oluştuğunu, zaman zaman özellikle çalışma alanının batı kısmında, sağ yanal bileşene sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yazar, bu fay zoneunun, morfotektonik yapılar dikkate alındığında, 21 fay segmentinden oluştuğunu iddia etmiş ve bu fay zoneunun güney ve kuzey kenarları boyunca meydana gelen atımının 450 m’yi aştığını vurgulamıştır. Buna ek olarak yazar, çalışma alanında Miyosen birimleri ile Pliyosen birimleri arasında düşük açılı bir uyumsuzluğun olduğunu ve kısmen bu fay zone boyunca kesilip ötelendiğini ifade etmiştir. Fakat sedimantolojik veriler dikkate alındığında, ne Pliyosen çökel ortamları ve paleoakıntı yönlerinin ne de korunmuş Pliyosen taban uyumsuzluk yüzeyinin bu fay zone ile kökensel bir bağının olmadığını iddia etmiştir. Bu veriler dikkate alındığında Eskişehir fay zoneunun Pliyosen sonrası oluşmuş olan ve düşük deformasyon oranı ile karakterize normal bir fay olduğunu belirtmiştir. Araştırmacıya göre bu çalışma sonucunda ilk olarak

Koçyiğit vd. tarafından ortaya atılan, daha sonra ise birçok araştırma konusunun çekirdeğini oluşturan Ege-Batı Anadolu genişlemeli bölgesindeki genişlemenin iki ayrı fazda olduğu ve bu iki fazın ara bir sıkışma fazı ile kesildiği hipotezini destekleyen veriler elde edildiğini ifade etmiştir.

Ocakoğlu vd. (2009), “Porsuk Barajı (Eskişehir, KB Anadolu) Çökellerinde Bir Sekans Stratigrafik Analiz Denemesi” adlı çalışmasında, 1944 yılından itibaren su tutmaya başlayan Porsuk Barajı kenarlarındaki mevsimsel/iklimsel değişimlere bağlı olarak meydana gelen baraj su seviyesi alçalması ve yükselmesine bağlı olarak gelişen transgressif ve regressif seriler üzerinde sekans stratigrafik anlamda çalışmalar yapmıştır.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Arazi çalışmaları esnasında pusula, lup, çekiç, HCl çözeltisi ve GPS kullanılmıştır. Pusula ile fayların ve kırık çatlak sistemlerinin doğrultularının kuzey ile yaptığı açılar, GPS ile alınan numunelerin yerlerinin UTM ED50 6° memleket koordinatları okunmuştur. Manyezit numunelerinin kireç yoğunluğunun gözlemsel olarak anlaşılabilmesi için HCl çözeltisi, Lup ile de manyezitlerin ve yan kayaçların dokuları gözlemlenmiştir. Arazi çalışmalarında ulaşım aracı olarak pikap ve hususi arazi aracından faydalanılmıştır.

#### 3.2 Yöntem

##### 3.2.1 Ofis çalışmaları

Ofis çalışmaları; arazi gözlemlerinin, analize yönelik alınan ve alınacak numunelerin planlanması, literatür taramaları, harita çalışmaları, coğrafi veri modelleme programları kullanımı maden ruhsatı sahipleri ile istişare toplantılarının yapılmasını içerir.

Coğrafi veri modelleme programı olarak QGIS 2.18 Las Palmas kullanılmıştır. Uydu görüntüleme ve numune konumlama olarak CVM (Coğrafi Veri Modelleme) ve Google Earth programlarından faydalanılmıştır.

##### 3.2.2 Arazi çalışmaları

Çalışma alanında 2011-2014 yılları arasında çalışma alanının farklı yerlerindeki manyezit ocakları ziyaret edilmiş, manyezit oluşumu gözlenen yerlerden toplamda 40 adet numune alınmıştır. Numunelerin yan kayaçtan arındırılmış, temiz, saf manyezit numunesi olmasına dikkat edilmiştir.

### 3.2.3 Laboratuvar çalışmaları

Toplanan numunelerinin XRF analizleri için, Süperateş Ateş Muk. San. A.Ş. ile Anadolu Üniversitesi Seramik Araştırma Merkezi (SAM) kuruluşlarına ait laboratuvarlardan faydalanılmıştır. Analiz için numuneler kırılarak, 1250 derecede 3 saat pişirildikten sonra XRF deneyine tabi tutulmuş, kütleli % üzerinden MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO ve A.Z.(ateş zaiyatı) değerleri belirlenmiştir.

Sahadan 8 farklı bölgeden birer adet C<sup>13</sup> ile O<sup>18</sup> duraylı izotop analizi için numune alınmış, bu numuneler ABD de ACTLAB laboratuvarında analiz edilmiştir. Öğütülmüş manyezit numuneleri otomatik karbonat hazırlama aletleri (KIELL-III) ile birleştirilmiş gaz-oranı spektrometresi (Finnigan MAT 252) kullanılarak analiz edilmiştir. Toz haline getirilmiş örnekler 70 °C de vakum altında fosforik asit ile dehidre edilmiştir. İzotop oranları NBS-19 ve NBS-18 in tekrarlanan değerleri ile ölçülmüştür. Ölçümlerin doğruluğu d<sup>18</sup>O ± 0.1 ‰ ve d<sup>13</sup>C için ±0.06‰ (1sigma) dır.

### 3.3 Teorik Bilgi

Bu başlık altında anlatılanlar I., Lesko (1972) "Manyezit yataklarının oluşumu hakkında" adlı makalesinden tercüme edilerek özetlenmiştir.

#### 3.3.1 Manyezitleşme

Sedimenter oluşumlar hariç, ülkemizdeki manyezit cevherleri genelde; bölgedeki faylanmaya bağlı olarak serpantin içindeki büyük ve kılcal çatlaklarda yer alır. Bu tip manyezitlerin oluşumu hakkında iki teori mevcuttur. Birinci teoride; Asendan (aşağıdan yukarıya doğru), CO<sub>2</sub> ihtiva eden sular aşağıdan gelmektedir. İkinci teoride Dessandan (yukarıdan aşağıya doğru), CO<sub>2</sub> li sular yüzeysel kaynaklı ve atmosferikdir.

CO<sub>2</sub> ihtiva eden sular, ister aşağıdan gelmiş olsun (hidrotermal), isterse yüzeysel su ve atmosferik CO<sub>2</sub> olsun, her iki durumda da serpantin içindeki CO<sub>2</sub> ihtiva ettiği Magnezyumu çözerek ve uygun pH ortamında MgCO<sub>3</sub> olarak çökmesini sağlamıştır. Bu tip

manezitlerde, çok küçük ve homojen kristalleşme (kriptonkristalen 4-10 mikron), yüksek ve değişken porozite (% 5 -25) ve yüksek saflık görölür.

Magnezyum elementinin kaynağı okyanusal kabuk ürünü olan ofiyolitik ultramafik kayaçlardır. Araştırmacıların oluşum ortamı konusundaki genel görüşü, yeraltı ve yerüstü sularının magnezyumca zengin ultramafik kayaçları serpantinleştirirken, magnezyumca zengin ve doygun solüsyon haline gelen akışkanın, tektonik etkiler ile oluşan kırık ve çatlaklara dolarak, uygun ortam şartları gerçekleştiğinde magnezyum karbonat olarak çökmesidir. Magnezyum karbonat oluşumundaki en önemli soru CO<sub>2</sub> nereden geldiği ve hangi ortam şartlarında en yüksek kalitede (MgO > %95, SiO<sub>2</sub> < %1, CaO < %1 istenir) cevher çökelinin oluştuğudur.

### **3.3.2 Oluşumun safhaları**

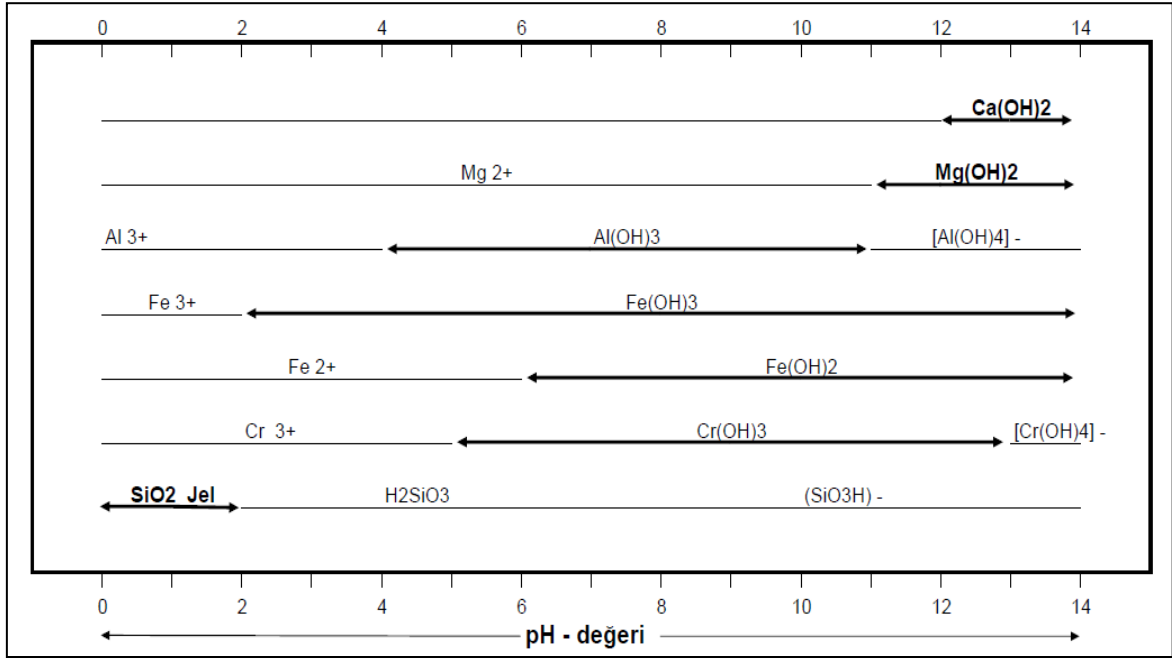
#### **3.3.2.1 Çözölme safhası**

CO<sub>2</sub> içerikli su, mukavemeti oldukça zayıf olan serpantinitten magnezyum, demir ve alüminyum katyonlarını ve aynı şekilde silikat ve alüminat iyonlarını ayırıştırır. Bunlara ilaveten, serpantinitle içerisinde daima karbonat halinde bulunan kalsiyum gelir. Yukarıdaki elementlere kıyasla magnezyum iyonlarının çökmesi her zaman önde gider ve geriye SiO<sub>2</sub> ve bol sulu magnezyum bileşikleri kalır.

#### **3.3.2.2 Ayrışma safhası**

Magnezyumun zenginleşmesinde önemli adım, iyon gruplarının pH değerine bağlı olarak farklı çözölme dereceleri göstermelerinden dolayı ayrışmalarıdır. (Şekil 3.1) Nötr ve hafif bazik eriyikte; alüminyum iyonları ve oksidasyona uğrayan demir iyonları serbest kalmalarından hemen sonra çöklerler ve başka yerlere taşınamazlar. Mg<sup>-</sup>, Ca<sup>-</sup> ve silikat iyonları eriyik içerisinde kalır, bölgedeki su hareketine bağlı olarak kayaç boşluklarını ve çatlakları doldururlar veya başka bir yere daha alt seviyelerdeki çukurlara taşınabilirler.

Magnezyum ve kalsiyumdan  $\text{SiO}_2$ 'nin ayrılması pH değerinin değişmesiyle ortaya çıkar. Eriyikte magnezyum oranının artışı ile pH değeri yükselir.  $\text{CO}_2$  parsial basıncı neticesinde  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Ca}^{2+}$  iyonları kısmen hidrokisit, kısmen de su ihtiva eden karbonat halinde çökelerler. Buna karşılık; artan pH değeri ile artan bir şekilde eriyik içerisinde tutulurlar (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Hidrokisit ve Oksitlerin çökmesi için pH sınırları (Oda hararetinde açık havada sıvı eriyikler için geçerlidir)

### 3.3.3. Magnezyum ve kalsiyumun çökmesi

Mg konsantrasyonu ve bununla beraber pH değeri öyle bir artar ki  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  nin daha doğrusu  $\text{CO}_2$  mevcudiyetinde su ihtiva eden magnezyum karbonatların eriyik içerisinde çökme şartları oluşur (Şekil 3-1). Bundan başka çökme, hararet artışı ve aynı zamanda  $\text{CO}_2$  kaybı ile de mümkün olabilir ( $\text{CO}_2$  kaybı eriyebilme kabiliyetinin azalması manasına gelir).

Kalsiyum, magnezyum gibi karbonat oluşturmaya meyillidir ve aynı zamanda karbonatların mevcudiyetinde  $\text{Mg}_2^+$  iyonlarının  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  olarak çökmesini teşvik eder.

Çözülme, çökeltme ve suyun atılması aynı yerde meydana gelirse, SiO<sub>2</sub> magnezyumca zengin çökeltiden tamamen ayrılamaz. Buna karşılık defalarca tekrar eden su girişi ve çıkışı sayesinde erimiş olan SiO<sub>2</sub> iyi bir şekilde atılmış olur.

#### 3.3.4. Yataklanma, sertleşme ve suyun tahliyesi

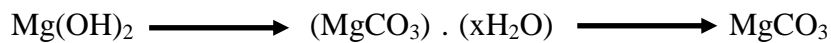
Jel halindeki çökelti, serpantin içindeki suyun girebildiği her türlü boşluk ve çatlakları doldurur. Çökelti, bol su ve su içerisinde erimiş CO<sub>2</sub> içerdiğinden, su ihtiva eden magnezyum karbonatlara dönüşür. Aynı zamanda mevcut serbest su, serpantin ve çökeltinin temas yüzeyinde serpantin ayrışmasını devam ettirir. Burada serbest hale getirilen magnezyum iyonları, bazik ortamın tesiriyle olduğu yerde çökeltir ve şişme neticesinde patatesimsi ve karnabahar tipi manyezit oluşumları mümkün olur.

Çamurumsu çökelti kendi ağırlığı ile suyu ve su içerisindeki maddeleri (özellikle SiO<sub>2</sub>) yukarıya iter ve suyun tamamen atılması neticesinde yatağın üst kısımlarında silisleşmeye sebep olur (manezit içerisinde kuvars damarları ve üstteki silis şapkası gibi)

Yarı mamul manyezitin sudan arındırılması, sulu manyezit karbonatın susuz manyezite dönüşmesi, atmosferin (CO<sub>2</sub> veren) tesir alanı ile yüzeysel suların derinliğine etki alanı manyezitin oluşumunu aşağıya doğru sınırlamaktadır (100 m civarında. Manyezitin atmosferik şartlar ve yüzeysel sular tesiri ile oluşum teorisine göre).

#### 3.3.5. Manyezit oluşumu

Manyezitin oluşumu, aktif toprak alkali hidroksitlerin CO<sub>2</sub>'ye karşı hassasiyetine ve su ihtiva eden manyezit bileşiklerinin kademeli olarak kristalleşmesine bağlıdır.



Suyun dışarıya atılması ve kristalleşme neticesi bir hacim azalmasını beraberinde

getirdiğinden, çok küçük kristalli manyezitin bünyesinde boşluklar (Poren) kalmaktadır. Bu şu manaya gelmektedir; manyezit kristalleşmesinden önce, maddenin yapısı nispeten katıya yakın durumdadır, daha doğrusu; sıkıştırmayı sağlayan ve toplu kristalleşmeyi kolaylaştıran yüksek basınçlar oluşmamıştır. Serbest bir yüzeyde suyun atılması çabuk olursa manyezit de kuruma çatlakları meydana gelir.

### **3.3.6. Manyezitin, CO<sub>2</sub> içeren atmosferik şartlar ve yüzeysel suların tesiri ile oluştuğunu teyit eden hususlar**

Serpantinit veya magnezyumca zengin Klorit minerallerinin normal şartlarda ve temiz su içerisindeki yüksek çözünürlüğü, 60 mikronun altına öğütülmüş serpantinit ve yeşil kayaçlarla yapılan çözülme deneylerinde birkaç ay sonra benzer neticeler elde edilmiştir.

- Magnezyum oluşumunda, silisyum ile magnezyum arasında veya demir ile magnezyum arasındaki çok iyi ayrılma ( Şekil 3-1)
- Çökelti ürününün jel karakteri (şişme olayının neticesi olarak patatesimsi oluşumlar)
- Kısmen fazla poröz, çok küçük kristalli ve homojen yapı oluşumu,
- Mikro kristalin manyezit yataklarının derinliğine fazla uzanmaması,
- Kloritli sediment kayaçlarda manyezit konkresyonları,
- Çok küçük kristal büyüklüğü (4 - 10 mikron)

Hidrotermal şartlarda (takriben 30 atü parsiyal basınç ve takriben 120°C) mikrokristale karşılık, milimetre büyüklüğünde kristallerin ve her halükarda idiomorf (kendi şeklinde) MgCO<sub>3</sub> kristallerin oluşması gerekirdi.

## 4. JEOLOJİ

### 4.1 Bölgesel Jeoloji

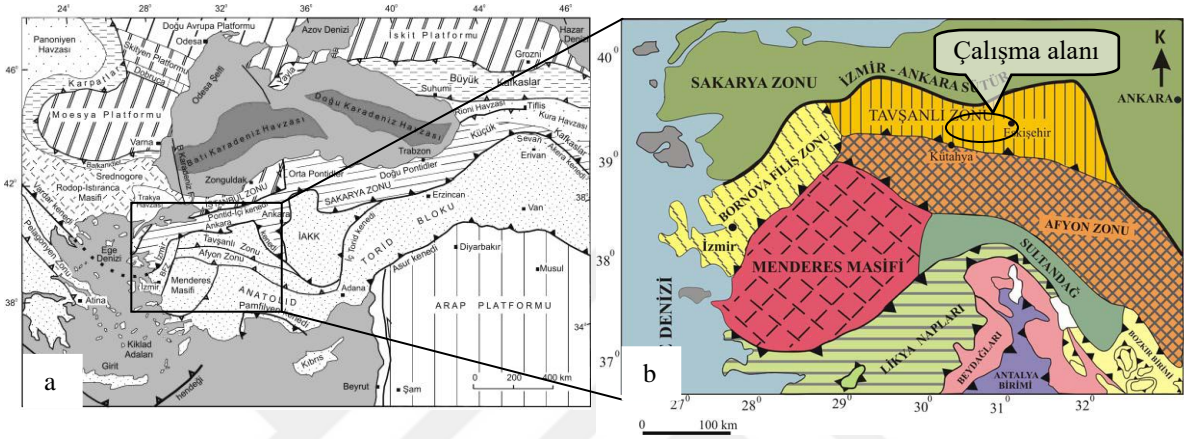
Çalışma alanının içinde bulunduğu bölgenin temelini Tavşanlı Zonuna (Okay, 1981) ait İnönü mermerleri (Servais, 1982) ve İnönü mavişistleri (Gözler ve diğerleri, 1997) oluşturur. Bu temel üzerinde Arifler melanji (Küçükayman ve diğerleri, 1987) ve peridotitler (Gözler ve diğerleri, 1997) tektonik olarak yer alır.

**Tavşanlı Zonu**, Anatolid-Torid Bloğunun kuzey ucunda yer alan ve Kretase' de yüksek basınç düşük sıcaklık (YB/DS) koşullarında metamorfizma geçirmiş kesimini oluşturur (Şekil 1.1). Batıda Mustafakemalpaşa güneyinden Mihalıççık-Yunak hattına kadar, doğu-batı yönünde 280 km uzanan Tavşanlı Zonu' nun daha doğuya doğru olan devamını İç Anadolu'daki yaygın Neojen örtüsü yüzünden izlemek güçtür (Şekil 4.1). Neojen arazisi içinde yer yer ortaya çıkan mavişist yüzlekleri Tavşanlı Zonu' nun Haymana-Ulukışla havzasının güneyini takip ederek Bolkardağları' na kadar uzandığını gösterir. Tavşanlı Zonu kuzeyde İzmir-Ankara Kenedi boyunca Sakarya Zonu ile sınırlanırken, batıda Bornova Fliş Zonu, güneyde ise Afyon Zonu ile dokanaktadır (Okay, 2011 ).

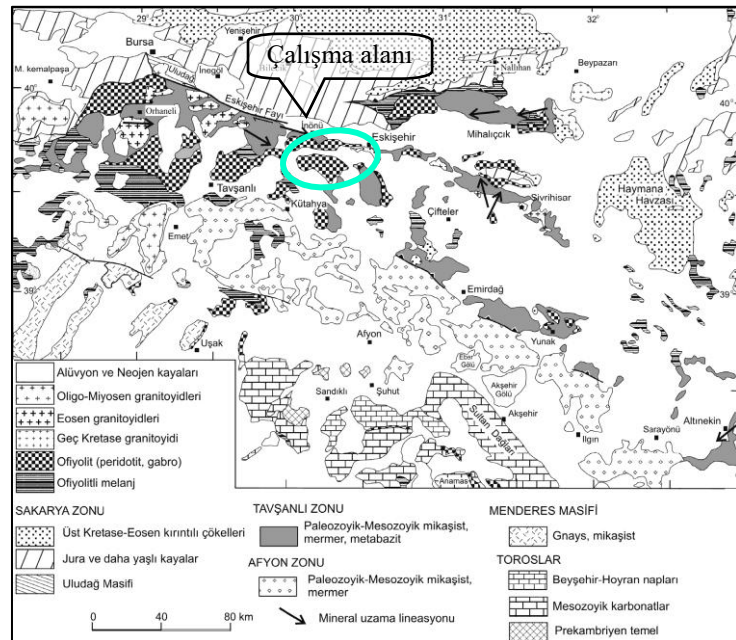
**Kütahya-Bolkardağı Kuşağı** (Özcan ve diğ.,1989, Göncüoğlu ve diğ., 1996), Anatolid-Torid platformu'nun kuzey bölümünü, yani Anatolidler'i oluşturur. Alpin öncesi temelini Prekambriyen(?) ve Paleozoyik polimetamorfitlerinin oluşturduğu Kütahya-Bolkardağı Kuşağı, Okay (1984) tarafından (Kuzeyden güneye doğru azalan metamorfizma koşulları ve tektonik ilişki gözetilerek), mavişist fasiyesi koşullarında metamorfizma geçirmiş "Tavşanlı Zonu" ve yeşilist fasiyesi koşullarında metamorfizma geçirmiş "Afyon Zonu" olmak üzere, sınırları tartışmalı iki alt zona ayrılmıştır.

**Afyon Zonu;** Özcan ve diğ. (1989)'nin tanımladığı genel stratigrafik düzen Tavşanlı Zonu'na çok benzer; yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş platform tipi çökellerden oluşur. Erken Triyas'ta karasal kıvrıntılılarla (Kıyır formasyonu) başlayan Mesozoyik tortullaşmasının Triyas ve Jura dönemlerini belirleyen neritik platform koşulları Erken

Kretase'de değişir; giderek derinleşen platformun üzerinde, Orta Maastrichtiyen'e kadar pelajik çökeller (egemen olarak çörtlü kireçtaşları) birikir (Gökçeyayla formasyonu). Orta Maastrichtiyen'de ofiyolitli karmaşıklara (Çögürler karışığı) derecelenen pelajik tortullaşma, İzmir-Ankara okyanusu'nun kapanmasıyla sona erer. Okyanusal litosferden türeyen ofiyolit napları (Kınık Ofiyoliti) Erken Paleosen'de Afyon Zonu'na ulaşır (Özcan ve diğ., 1989) (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Çalışma alanının Türkiye tektoniğindeki yerini gösteren şekil. a) Türkiye'nin tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan değiştirilerek). İAKK: İç Anadolu Kristalen. b) Türkiye'nin tektonik birlikleri (Görür ve Tüysüz, 2001)



Şekil 4.2. Tavşanlı Zonu ve çevresinin jeoloji haritası. Konak (2002) ve Turhan (2002) temel alınarak çizilmiştir.

## 4.2 Yerel Jeoloji

Çalışma alanındaki çalışma alanında ise en yaşlı birim İnönü Mavişistleri ve İnönü Mermerleri olarak görülen Triyas yaşlı İnönü Metamorfitleridir. Bu birim üzerine tektonik dokanakla peridotit ve metagabrolardan oluşan Ayrılmamış ofiyolitler gelmektedir. Pliyosen yaşlı Ilıca Formasyonu ise konglomera-kumtaşı (Pl<sub>1</sub>), bazalt (PIB), andezitlerden ( $\alpha$ ) oluşmaktadır ve kendinden daha yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Tüm birimlerin üzerinde genç alüvyonlar uyumsuz olarak yer alırlar (Şekil 4.3). Alanın en belirgin jeolojik birimi altere olmuş peridotitlerdir. Peridotitlerin zayıf zonlarında manyezit oluşumları gözlenmektedir (Yılmaz, A. 2008).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYONLAR	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner		Alüvyon	Qal		Kaba tutturulmuş, çakıl, kum, kil
	TERSİYER	Pliyosen	Ilıca Formasyonu	PIB $\alpha$ Pl <sub>1</sub>		Diskordans Bazalt-Andezit Konglomera-kumtaşı
MESOZOYİK	TRİYAS	Triyas	Ayrılmamış Ofiyolitler	TG		Diskordans Metagabro
			Peridotitler	Tof		Peridotitler
		İnönü Metamorfitleri	Tektonik Dokanak	Imr		Tektonik Dokanak
			İnönü Mermerleri	Ims		İnönü Mermerleri
			İnönü Mavişistleri			İnönü Mavişistleri

Ölçeksiz

Şekil 4.3. Bölgeyi temsil eden tektono-stratigrafik sütun kesiti (Yılmaz, A. 2008)



#### 4.2.1. İnönü metamorfitleeri

Birim ilk olarak Gözler ve Cevher (1996) tarafından adlandırılmıştır. Bölgede Eskişehir-İnönü arasında kalan bölgede İnönü Mavişistleri ve İnönü Mermerleri olarak mostra vermektedir. İnönü Mavişistleri arazide açık renkli gözlenmektedir. Gözler ve Cevher (1996)'ya göre İnönü mermerleri ile geçişli olan metabazit ve metakuvarsitlerden meydana gelir, aralarında kalkışist bantları vardır. İnönü Mermerler (Imr): Başlıca orta ve kalın tabakalanmalıdır. Bozunma yüzey rengi beyazımsı-gri, taze kırık yüzey rengi süt beyazıdır. Kalsitler gözle görülebilmektedir. İnönü metamorfitleeri peridotitler ile tektonik ilişkilidir. Daha önceki çalışmalarda Gözler ve Cevher (1996), İnönü Metamorfitleeri'ni Sivrihisar Metamorfitleeri ile karşılaştırarak, Triyas yaşını vermiştir.

#### 4.2.2. Ayrılmamış ofiyolitler

Gözler ve Cevher (1996) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanında peridotitler ile metagabrolardan oluşmaktadır. Peridotitler daha çok yeşil, açık yeşil renkli, kromit taneleri ve bantları ihtiva eden dünitler ile harzburjitlerden oluşmaktadır. Metagabrolar, koyu yeşil-siyahımsı yeşil renklere kırılma rengi de aynıdır. tektonizma etkisi ile peridotitler ile metagabroların kontaklarında serpantinleşmeler görülmektedir ve peridotitler içerisinde kütleler halinde görülmektedir. Peridotitler altta bulunan İnönü metamorfitleeriyle tektonik dokanaklıdır. Düzensiz şekilde gözlenen peridotit ve metagabrolar ile beraber genellikle , lisvenit, radyolaritler de gözlemlenir. Ofiyolitlerin yaşı daha önceki yapılan çalışmalara göre Jura öncesi olarak önerilmiştir (Akıncı, 1967; Gözler vd., 1984a, b).

#### 4.2.3. Ilıca Formasyonu

Cevher ve Gözler (1996) tarafından adlandırılmıştır. Formasyonu oluşturan birimler Konglomera-kumtaşı (Plı), Bazalt (PIB) ve Andezit( $\alpha$ ) dir.

Konglomera-kumtaşı (Plı), çoğunlukla kırmızımsı kiremit renginde, yer yer açık gri, beyaz renkli görülmektedir. Konglomeraların içinde tane boyu 0.5 cm ile 8 cm

arasında değişen serpantin çakılları egemen litolojidir bunun yanında metagabro, dunit çakılları da içermektedir. Taneler köşeli-yarı köşeli ve yuvarlaktır. Bağlayıcı malzemesi kalsittir. Yeşil, alacalı, gri renkli kumtaşları konglomeralar arasında, kil ve marnların alt seviyelerinde görülür. Kumtaşlarının çimentosu kil ve kalsittir.

Bazaltların dış yüzeyi siyah, kırılma renginde siyah olup oldukça serttir. Bazaltlar arazide siyah renkli olmaları ve dik evler oluşturmaları ile dikkat çekmektedir.

Andezitler, gri renkli olup, çalışma alanında çok küçük bir alanda mostra vermektedirler.

Ilıca Formasyonu kendisinden daha yaşlı birimlerle olan peridotitler ve İnönü metamorfite üzerine uyumsuzlukla gelir. Cevher ve Gözler, (1996) birimin yaşını Pliyosen olarak belirtmişlerdir.

#### **4.2.4. Alüvyon (Qal)**

Alüvyon çalışma alanının en genç birimlerini oluşturmaktadırlar. Diğer tüm birimleri uyumsuzlukla örten Kuvaterner yaşlı, tutturulmamış çakıl, silt, kum ve yer yer killerden oluşur. Çalışma alanının içerisinden geçen dereler boyunca halen çökelmektedir.

### **4.3 Yapısal Jeoloji**

#### **4.3.1 Faylar**

Bölgede genel olarak yaklaşık D-B doğrultulu, belirgin, normal atımlı faylar, KD-GB doğrultulu sol yanal doğru atımlı faylar, KB-GD yönlü düşey bileşene sahip türleri net olarak belirlenemeyen faylar gözlenmektedir.

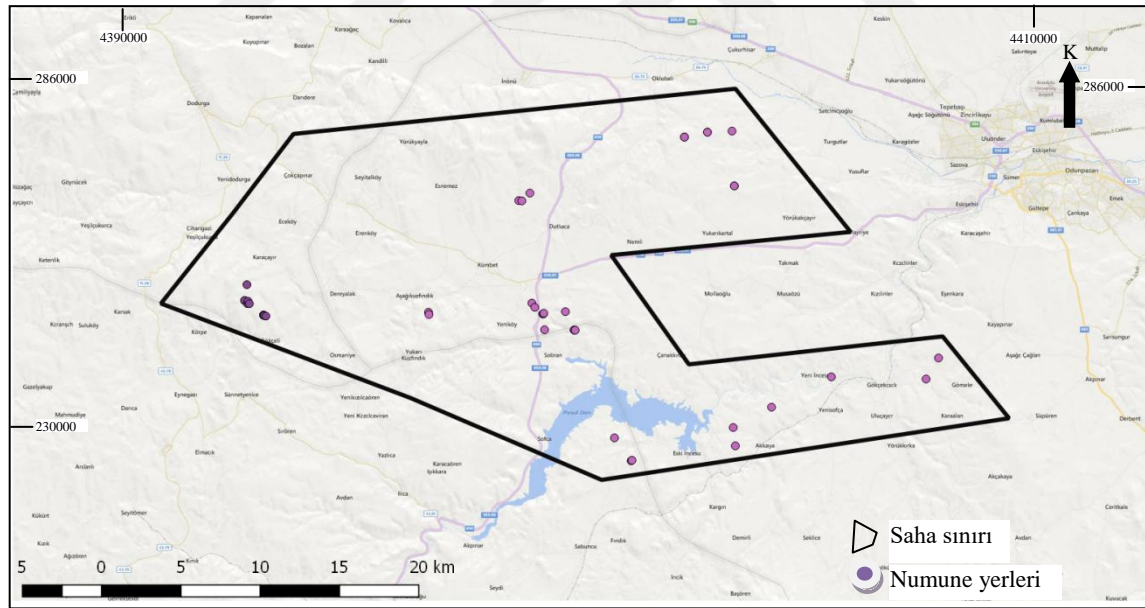
KB-GD yönlü çatlakların genişleme çatlakları bölgedeki normal faylarla, KD-GB doğrultulu çatlakları ise makaslama çatlakları ile ilişkilidir. Manyezit yataklarının gelişimi de bu sistemlerin oluşturduğu çatlak ve kırıkların içinde gözlenmektedir.

## 5. BULGU VE TARTIŞMA

### 5.1. Arazi Gözlemleri ve Bulgular

Çalışma alanı içerisinde değişik bölgelerden ve çalışılan manyezit ocaklarından 40 adet numune alınmıştır (Şekil 5.1). Numunelerin alındığı oluşum yapısı, damar tipi ve ağsı yapıda oluşmuş manyezitlerdir. Gidilen inceleme alanlarında sedimanter yapıda manyezitlere rastlanmamıştır. Her gidilen inceleme alanından alınan numunelerde farklı kalitelerde manyezitlerin bir arada olduğu görülmüştür

Çalışma alanı içerisinde, genel olarak kriptokristalen (amorf-jel) yapıda manyezitler bulunmaktadır. Kaliteli manyezitlerin XRF analizlerinde görülen silis, kireç, demir ve alümin, kütleli olarak %10 un altındadır.

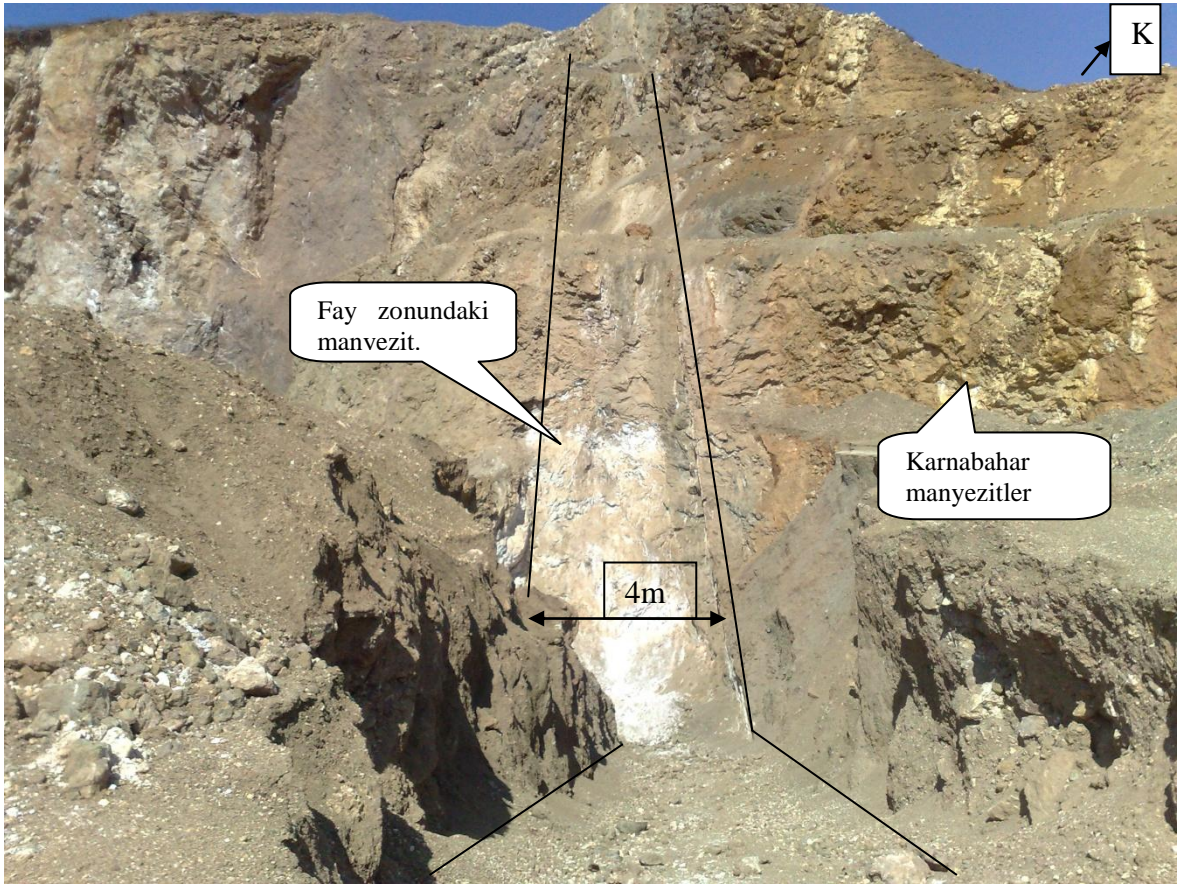


Şekil 5.1. Numune alınan noktaların Google Earth görüntüsü

Kaliteli ve büyük rezervlerin ana fay hatları boyunca çökeldiği, kırık zonların etrafında da ağsı yapıda manyezitlerin bulunduğu gözlenmiştir. Döküntü numunelerden alınacak sonuçların atmosferik şartlardan etkilenmiş olabileceği düşüncesiyle, numune

seçiminde mümkün olduğunca damar veya ağsı yapının taze kırık yüzeyinden alınmıştır. Numune alınan yerlerden birkaçı Şekil 5. görülmektedir .

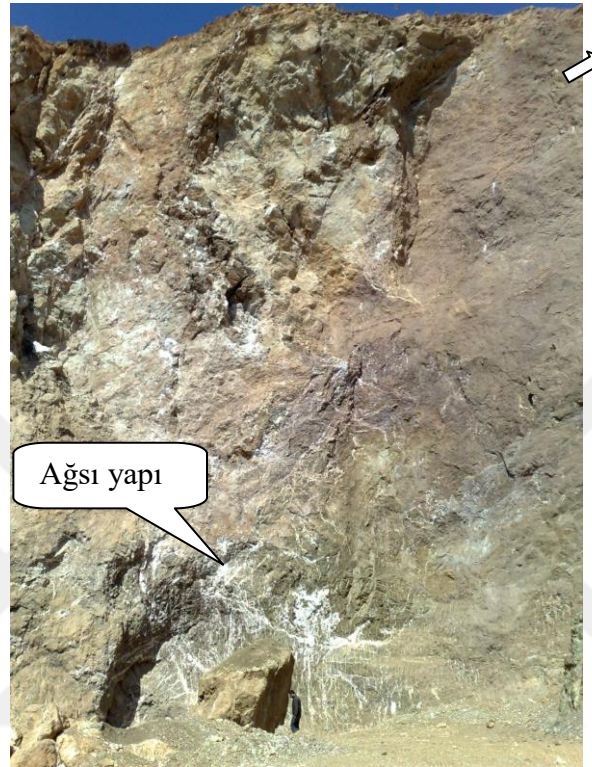
Filon tipi manyezit oluşumunun fay zonu boyunca devam ettiği Şekil 5.2'de görülmektedir. Fotoğraf, daha önce üretim yapılmış filonun içinden çekilmiştir. Fotoğrafta görülen beyaz renkte 4 m kalınlığa sahip manyezit damarının üstündeki tepede jeolojik prospeksiyon yapılmış, gözlenen manyezit kırıntılarının bu hattın devam ettiği görüşünü doğrulamıştır.



Şekil 5.2. Kozaoğlu manyezit ocağından fay boyunca oluşmuş damar tipi manyezit. Yer, Kütahya-Eskişehir sınırında Sobran Köyü hudutları. (Çekim yönü güneyden kuzeye doğrudur)

Bu hat KB-GD uzanımlı olup, fay zonundan alınan maden neticesinde oluşan trençin uzunluğu yaklaşık 1 km civarındadır. Silis ve kireç oranları oldukça düşüktür. Alınan numunelerde silis, kireç, demir ve alümin oranları %1 in altındadır. Yüksek kalitede manyezit içeren bir damardır (Ek Açıklamalar 435 nolu numune).

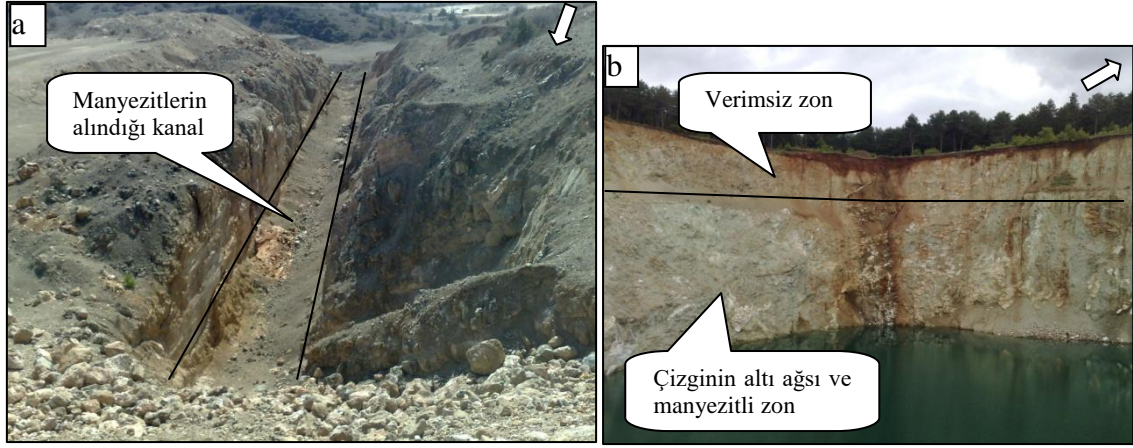
Aynı ocak içerisinde Şekil 5.2' de görülen damarın hemen doğusunda kalan alanda oldukça derin bir yarma mevcuttur, bu yarmada oluşan manyezitler ağsı yapıda olup, yüksek kalitede manyezit içermektedir (Şekil 5.3).



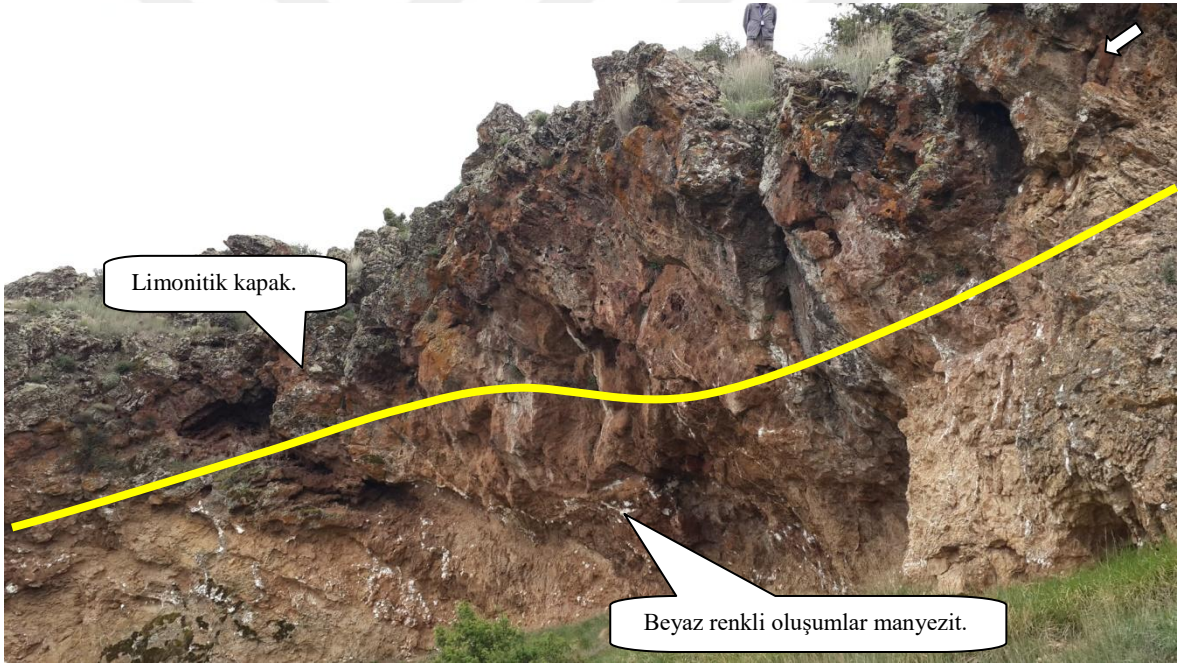
Şekil 5.3. Kozaoğlu ocağında ağsı yapıdaki manyezitler.( Çekim yönü güney doğudan kuzey batıya doğru)

Yerel madencilerin işletmiş olduğu ocakların neredeyse tamamına yakını çalışma yapmamaktadır. Bu tür ocaklara bakıldığında, belirli bir düzende değil daha çok rastgele çukurlar veya bir hat boyunca yapılan derin trençler halinde ocakçılık yapıldığı gözlenmektedir. Derin çukurların açıldığı ocaklarda ağsı yapıdaki manyezitin alındığı, derin trençler halinde yapılan çalışmaların da damar tipi manyezitlerin alınmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır (Şekil 5.4).

Çalışma alanı içerisinde maden ruhsat alanı içinde kalan ancak ocak ağzı açılmamış alanlar da gözlemlenmiş ve bu alanlarda limonitik kapakların bulunduğu görülmüştür. Tez içinde anlatılan oluşum süreçlerine göre değerlendirildiğinde, limonit oluşumlarının bulunduğu alanlarda da manyezit zuhurlarının da emare verdiği gözlenebilmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.4. a) Sobran köyü, Kozanoğlu ocağına ait görübtü. Manyezitler derin trenç açılarak alınmış. (Fotoğraf yönü kuzey batıdan güney doğuya.) b) Cihangazi İlçesi yakınında Nurdağan'ın ocağı. Tüm kütle bir çukur halinde alınmış.(Fotoğraf yönü güney doğudan kuzey batıya.)



Şekil 5.5. Sobran köyü kuzeyi. Üstte limonitler, aşağıda görülen beyaz oluşumlar manyezitler. (Fotoğraf yönü kuzey batıdan güney doğuya)

Limonitik yapının hemen üzerinde 2014 yılında karotlu sondaj yapılmıştır. Karot sandıklarından alınan numuneler analiz edildiğinde, MgO değerleri yüksek, CaO ve SiO<sub>2</sub> değerleri düşük olan yüksek kalitede manyezitlerden olduğu görülmüştür (Ek açıklamalar 482-483-485 nolu numuneler).

## 5.2. Jeokimya Çalışmaları

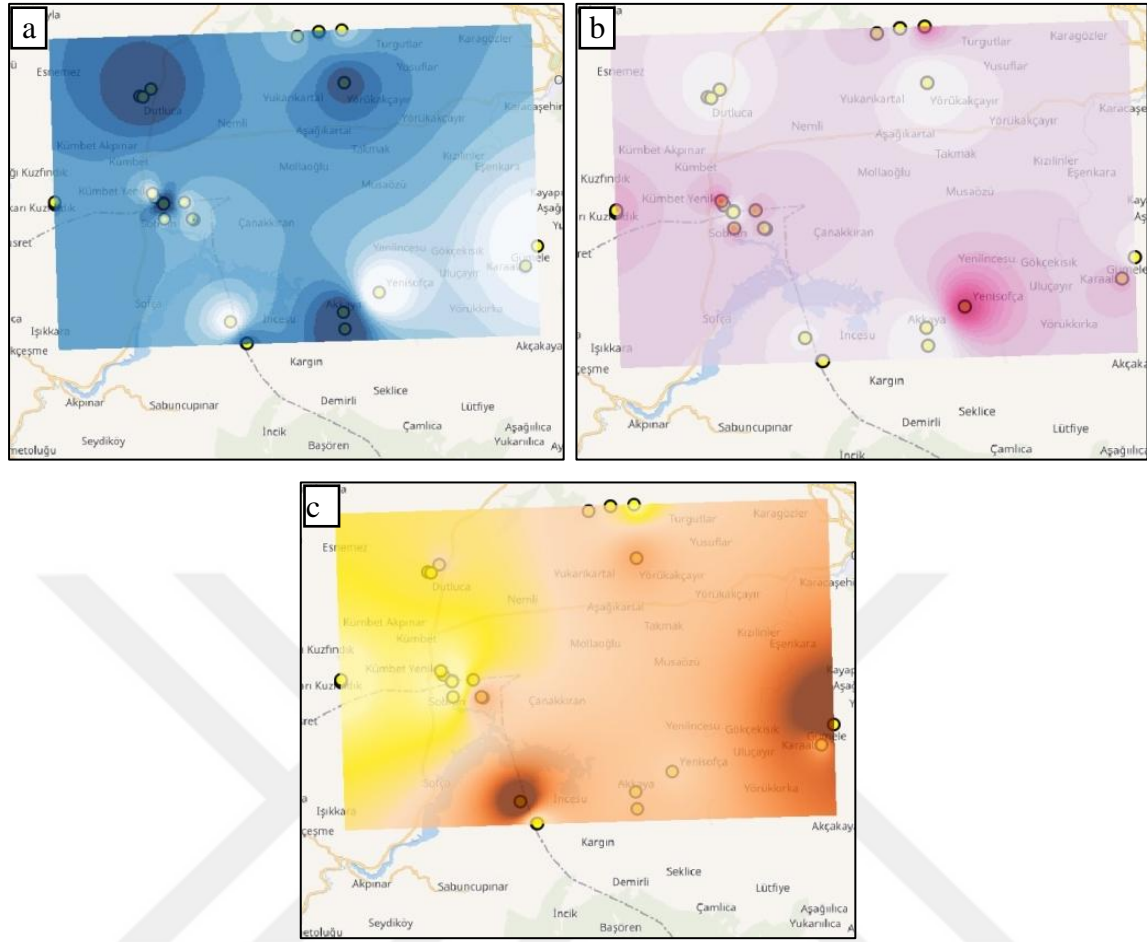
### 5.2.1 XRF analizleri

Çalışma alanında 2011-2014 yılları arasında toplamda 40 adet numuneye kimyasal analiz (XRF) yapılmıştır. Numune analizleri Süperateş Ateşe Muk. San. A.Ş. Laboratuvarında ve Anadolu Ün. Seramik Araştırma Merkezi (SAM) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Analize yönelik numuneler öğütülerek 1250°C de 3 saat ısıtıldıktan sonra analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarında kütleli ağırlık olarak MgO oranı %83-% 99 arası, CaO oranı %0.29-5.75 arası, SiO<sub>2</sub> oranı %0.06-%13 arası, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı %0.02-%1.55 arası, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı %0.01-%0.59 arası, ateş zayıatlarının da (AZ) %44-%53.76 arasında olduğu gözlenmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi neticesinde, bölgede kaliteli manyezitin olduğu belirlenmiş olsa da düşük kalitede manyezitlerin de oldukça yoğun olarak görülebildiği anlaşılmıştır.

Numune analizlerinin sonuçları açık kaynak kodlu QGIS programı yardımı ile enterpolasyon yapılarak eş MgO, SiO<sub>2</sub> ve CaO dağılımı haritaları yapılmıştır. Şekillerdeki renk bölümlenmeleri, analiz sonuçlarındaki en düşük değer ile en yüksek değerler 15 eşit aralığa bölünmüş, bu aralıklar da açıktan koyuya doğru 15 farklı renk tonuna ayrılmıştır.

Manyezit yoğunluk haritası Şekil 5.6 da, MgO, SiO<sub>2</sub> ve CaO eş dağılım haritaları görülmektedir. Yoğunluk haritalarında yüksek değere sahip alanlar koyu tonda görülmektedir. Bu durumda kaliteli manyezitlerin yoğunlaştığı alanlarda düşük değerlere sahip SiO<sub>2</sub> ve CaO dağılımı açık renkte, yüksek değerlere sahip MgO alanları koyu tonda görülmektedir (Şekil 5.6.).

Manyezit kalitesinde MgO, SiO<sub>2</sub> ve CaO oranlarının önemli olması nedeniyle diğer analiz değerleri için eş yoğunluk haritası üretilmemiştir. İstendiğinde, alüminyum, demir ve ateş zayıatı ile ilgili eş yoğunluk haritaları üretmek de mümkündür.



Şekil 5.7. a) MgO eş dağılım haritası. b) SiO<sub>2</sub> eş dağılım haritası. c) CaO eş dağılım haritası.

Bu çalışma neticesinde, veri modellemesi belirli bir fikir verse de, örneklemler ocak sahalarının bulunduğu alanlardan ve rastgele olması nedeniyle, yüksek güvenilirlikte bir dağılım haritası olmadığı görüşü doğmaktadır. Bu tarz çalışmalar için sistematik ve belirli örnekleme aralıklarıyla alanı adil bir şekilde tanımlayacak örnekleme yöntemi seçilmeli ve bu örneklemlerin sonuçları veri modellemesinde değerlendirilmeli. Tezde ileride yapılacak çalışmalara ışık tutması ve fikir oluşturması amacıyla veri modellemesi uygulaması yapılmıştır.

## 5.2.2 İzotop analizleri

Bölgedeki manyezit oluşumlarının kökenlerini belirlemek amaçlı olarak çalışma alanının doğu bölgesinde kalan, alındığı mahalle sınırlarına göre isimlendirilen, Esnemez, Kuzfındık, Gökçeli, Satılmış, Sobran, Kümbet ve Yukarı Kartal Mahallerinden toplamda 8 adet numune alınmıştır. Bu numuneler, ACTLAB laboratuvarı tarafından analiz edilmiştir.

Numunelerde  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) ‰ -5,8 ile -10,02 arasında,  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) ‰ 29,84 ile 28,3 arasında olduğu görülmüştür (Çizelge 5.1). Bu sonuçlara göre manyezit yataklarının oluşumunda meteorik su ve organik orjinli karbonun manyezitin çökeline katıldığı görüşüne varılmıştır.

Çizelge 5.1. İzotop analizleri.

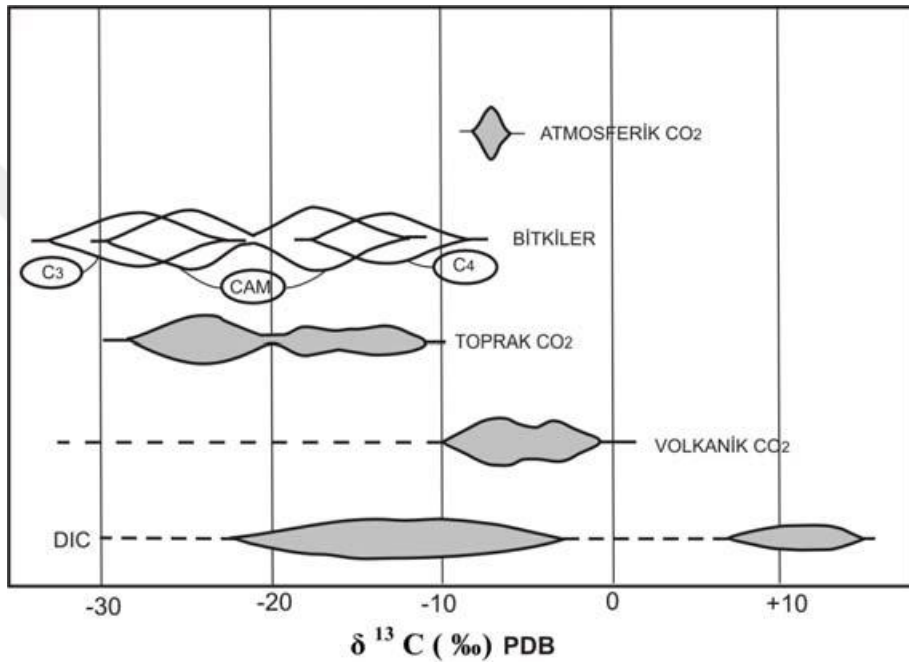
Numune NO	NUMUNE YERİ	KOORDİNATLAR UTM-ED50-6 derece		$\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$	
		DOĞU	KUZEY	PDB	SMOW
Esn	Esnemez	246794	4404578	-6.30	26.84
Kuz	Kuzfındık	246675	4398260	-5.80	27.63
Gkc	Gokceli	754034	4396626	-7.45	27.50
Stl	Satılmış	268551	4408829	-8.30	27.80
Sbr	Sobran	257311	4395023	-10.02	27.70
Kmb	Kümbet	256037	4399258	-9.45	28.30
Ykr	Yukarıkartal	260166	4403316	-9.01	26.40

### 5.2.2.1 $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) İzotop analizleri

Karbon atom numarası 6 olan ve 3 tane izotopu bulunan ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  ve  $^{14}\text{C}$ ) bir elementtir.  $^{14}\text{C}$  izotopu radyoaktif olup, diğer izotopların oransal bollukları  $^{12}\text{C}$ : %98.89, ve  $^{13}\text{C}$ : %1.11 şeklindedir (Hoefs, 1987; Nier, 1950). İzotop jeokimyası incelemelerinde  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  oranı analiz edilmekte ve sonuçlar  $\delta^{13}\text{C}$  şeklinde ifade edilmektedir. PDB (Chicago Üniversitesi tarafından, Güney Carolina'daki Peedee Formasyonu'nda bulunan Kretase yaşlı belemnitlerden hazırlanan  $\text{CO}_2$  dir.) Karbonatlardaki  $\text{O}_2$  ve C izotopik bileşimi için kullanılmaktadır (Craig, 1957).  $\delta^{13}\text{C}$  değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır ve ‰ ile ifade edilir.

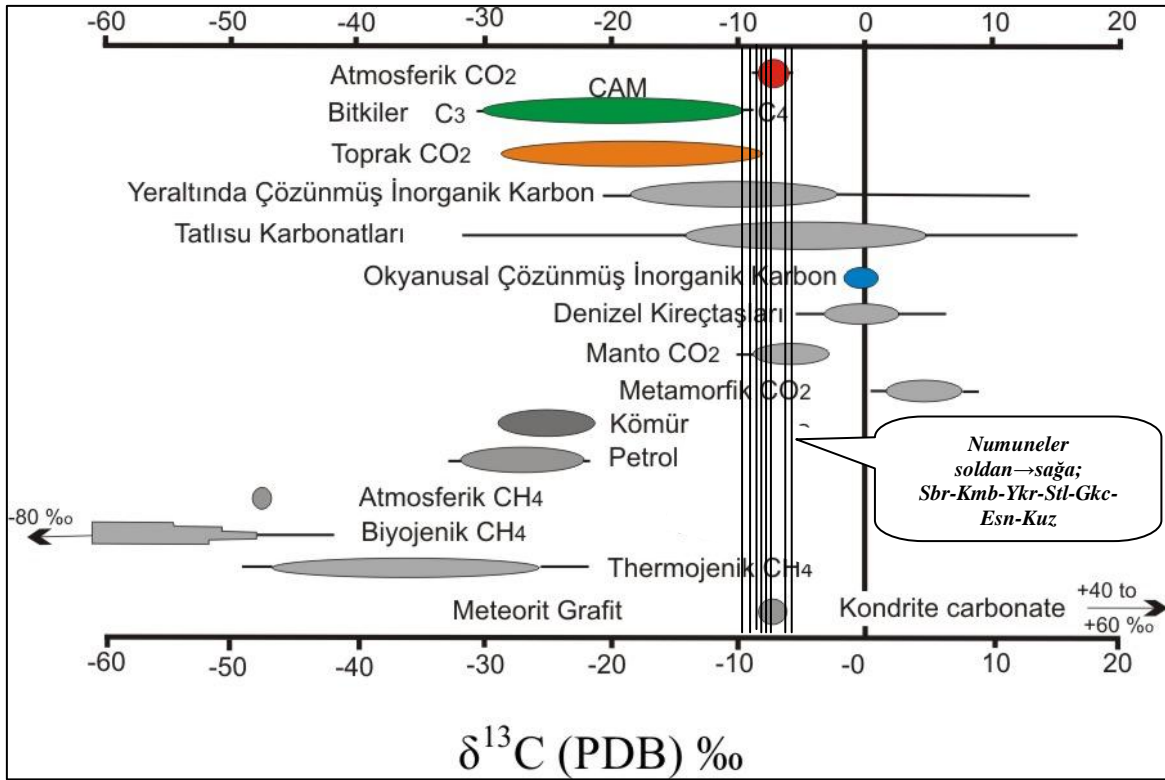
$$\delta^{13}\text{C} = \frac{(^{13}\text{C} \div ^{12}\text{C})_{\text{Örnek}} - (^{13}\text{C} \div ^{12}\text{C})_{\text{Standart}}}{(^{13}\text{C} \div ^{12}\text{C})_{\text{Standart}}} \times 10^3$$

Clark ve Fritz (1997) atmosferik kökenli CO<sub>2</sub> δ<sup>13</sup>C (PDB) ‰ ~ -8 olarak, açık sistemde organik malzeme içinde topraktaki CO<sub>2</sub>'in δ<sup>13</sup>C (PDB) ‰ değerini ~ -25 olarak, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - δ<sup>13</sup>C (PDB) değerini ‰ -8 ile -17 aralığında belirtmiştir. Karbonun δ<sup>13</sup>C (PDB) ‰ değerleri Şekil 5.9' da verilmektedir.



Şekil 5.8. Biyosferdeki δ<sup>13</sup>C (PDB) değerleri, DIC; Çözünmüş inorganik karbon (Clark & Fritz 1997)

Metan gazının δ<sup>13</sup>C (PDB)‰ ~ -49.5'tir. Termojenik metan 120 C° den büyük sıcaklıklarda hidrokarbonun oluşumu sırasında meydana gelir ve δ<sup>13</sup>C (PDB) ‰ -30 ile -60 arasındadır. Biyojenik metan; indirgenme koşullarında bakteriler tarafından üretilir, δ<sup>13</sup>C (PDB) ‰ < -60'dir (Clark & Fritz, 1997). Çizelge 5.1'de verilen, çalışma sahalarından alınan 8 manyezit örneklerinin δ<sup>13</sup>C izotop değerleri Clark & Fritz, (1997)'ye göre değerlendirilerek yorumlanmıştır (Şekil 5,10).



Şekil 5.9. Seçilmiş doğal bileşimlerin  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri ( Clark & Fritz, 1997).

Kuzfındık-Esnemez-Gökçeli-Satılmış-Yukarıkartalve Kümbet Köyleri manyezit oluşumlarının  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) değeri ‰ -5.80 ile -9.45 arasında değişmektedir ve bu değerler (Clark ve Fritz, 1997)'in yapmış olduğu diyagrama yerleştirildiğinde (Şekil 5.10), buradaki manyezit oluşumlarında etkili olan karbonun kaynağı; atmosferik kökenli  $\text{CO}_2$ , yeraltında çözülmüş inorganik karbondan türeyen  $\text{CO}_2$ , tatlı su karbonatları, denizel kireçtaşları ve manto kökenli  $\text{CO}_2$ 'in etkili olduğu belirlenmiştir.

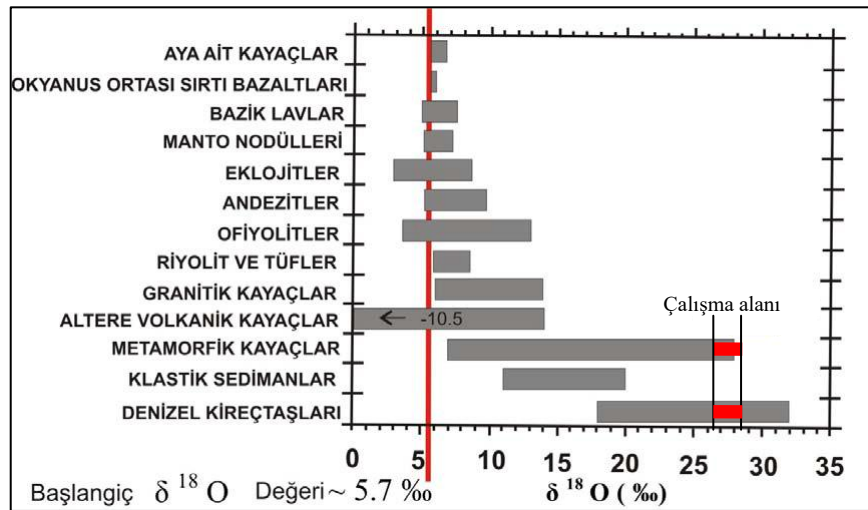
Sobran örneğinde ise az miktarda toprak ve bitki kökenli  $\text{CO}_2$ 'in etkili olmasının nedeni; köyün hemen doğusunda bulunan tepede manyezitler marn çökellerinin arasından yumrular ve ince damarlar halinde bulunmasından dolayıdır. Diğer numuneler ise ofiyolit kökenli kayaçların bulunduğu alandan alınmıştır.

### 5.2.2.2 $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) İzotop analizleri

Oksijen atom numarası 8 olan ve atom ağırlığı 16 ile 18 arasında değişen ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  ve  $^{18}\text{O}$ ) 3 adet izotopu bulunan bir elementtir. İzotopların ortalama oransal bollukları  $^{16}\text{O}$ : % 99,76,  $^{17}\text{O}$ : % 0,04 ve  $^{18}\text{O}$ : % 0,20 şeklindedir (Hoefs, 1987; Garlick, 1969). İzotop jeokimyası incelemelerinde  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  oranları analiz edilmekte ve analiz sonuçları  $\delta^{18}\text{O}$  değeri şeklinde ifade edilmektedir. Oksijen izotopları analizinde SMOW (Standart Ortalama Okyanus Suyu) standardına göre değerlendirilmektedir.  $\delta^{18}\text{O}$  değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır ve ‰ ile ifade edilir.

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{(^{18}\text{O} \div ^{16}\text{O})_{\text{Örnek}} - (^{18}\text{O} \div ^{16}\text{O})_{\text{Standart}}}{(^{18}\text{O} \div ^{16}\text{O})_{\text{Standart}}} \times 10^3$$

Criss (1999) okyanusal magmanın  $\delta^{18}\text{O}$  değerini  $\sim$  ‰ +6, kıtasal magmanın  $\delta^{18}\text{O}$  değerini ‰ +2 ile +16 aralığında, andezitlerde ise ‰ +6 ile +9 aralığında, granitik plütonlarda ‰ +7 ile +15 aralığında tanımlanmıştır. Volkanik kayalarındaki  $\delta^{18}\text{O}$  değerini kuvars >feldispat >muskovit >piroksen/amfibol >olivin. Metamorfik kayaların  $\delta^{18}\text{O}$  değeri ‰ +5 ile 30 aralığında değiştiğini, sedimanter kayaların  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerinin volkanik kayalardan yüksek olduğu ve güncel kireçtaşlarının  $\delta^{18}\text{O}$  değerini de  $\sim$  ‰ +30 olarak belirtmiştir. Aşağıdaki şekilde bütün kayaların  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri verilmektedir (Criss, 1999)



Şekil 5.10. Kayaçların  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri (Criss, 1999)

Çalışma sahalarındaki manyezit oluşumlarından alınmış 8 manyezit örneğinin  $\delta^{18}\text{O}$  değeri ise ‰ 26.40 ile 28.30 aralığında değişmektedir (Çizelge 5.1). Dolayısıyla bu değerler Criss (1999) diyagramına göre değerlendirildiğinde tüm sahalardaki oksijenin kaynağının denizel kireçtaşları ve metamorfik kayalardan geldiği belirlenmiştir (Şekil 5.11). Bu değerler güncel kireçtaşları ve metamorfik kayalardan gelen  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerine de uygundur (Criss, 1999)



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İzmir-Ankara Sütür Zonu'nda, Tavşanlı peridotitlerinde yer alan çalışma alanı, Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'nde Eskişehir İli' nin batısında kalmaktadır. Bölgedeki en yaşlı kayaç birimi İnönü Mavişistleri ve İnönü Mermerleridir. Bu birimi ofiyolitler tektonik dokanakla üzerlemektedir. Ultramafik kayaçların üzerine Ilıca Formasyonu açısal uyumsuz olarak gelmektedir. Alandaki en genç birim kuvaterner alüvyonlardır.

Çalışma alanı içerisinde, genel olarak Kriptokristalen (amorf-jel) yapıda manyezitler bulunmaktadır. Kaliteli manyezitlerin XRF analizlerinde görülen silis, kireç, demir ve alümin, kütleli olarak %10 un altındadır.

Bölgede bulunan manyezitlerin kalite dağılımlarında, bölgesel olarak korelasyon yapıldığında belirli bir düzene rastlanamamıştır. Aynı bölgede kaliteli manyezite ve daha düşük kalitede manyezite rastlamak mümkündür.

Çalışmalarda her bölge kendi içinde ayrı ayrı değerlendirilerek analiz edilmelidir. Genel olarak iyi kalitede ve yüksek rezerv sunan manyezitler filon tipinde ana fay zonu boyunca ve buna bağlı gelişmiş diğer ikincil faylar boyunca oluştuğu görülmektedir.

Manyezit oluşumlarında ise  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) değeri ‰ -5.8 ile -10.02 arasında değişmektedir. Bu değerler Clark ve Fritz, (1997)' ye göre değerlendirildiğinde çalışma sahalarındaki manyezit oluşumlarında atmosferik kökenli  $\text{CO}_2$ , topraktan gelen  $\text{CO}_2$ , yeraltında çözülmüş inorganik karbondan gelen  $\text{CO}_2$ , tatlı su karbonatları ile manto kökenli karbondioksitin de çok az etkili olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sahalarındaki manyezit oluşumlarından alınmış 8 manyezit örneğinin  $\delta^{18}\text{O}$  değeri ise ‰ 26.40 ile 28.30 aralığında değişmektedir. Dolayısıyla bu değerler Criss (1999) diyagramına göre değerlendirildiğinde tüm sahalardaki oksijenin kaynağının denizel kireçtaşları ve metamorfik kayaçlardan geldiği belirlenmiştir. Bu değerler güncel kireçtaşları ve metamorfik kayaçlardan gelen  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerine de uygundur (Criss, 1999)

Numunelerde  $\delta^{13}\text{C}$  (PDB) ‰ -5,8 ile -10,02 arasında,  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) ‰ 29,84 ile 28,3 arasında olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre manyezit yataklarının oluşumunda meteorik su ve organik orjinli karbonun manyezitin çökeline katıldığı görüşüne varılmıştır.

Bir bölgede manyezit zuhurlarının devamlılığı konusunda iz sürülmesi için sahanın tektonik aktivitelerden nasıl etkilendiği ve fayların hangi yönde ne şekilde oluştuğu iyi çalışılmalıdır. Tektonik aktivitesi çözümlenen bölgede cevher rastlanan damarlar izlenerek sistematik numuneler alınarak, çökelenin hangi şekilde ve ne tarafa doru olduğu çözümlenmelidir.

Değerlendirmeler neticesinde, manyezit ile ilgili araştırmalarda aynı bölgeden farklı kalitede manyezitlere rastlamak mümkündür. Bu nedenle, ocak olarak planlanan her alanın kendi içinde ayrıntılı olarak analiz edilmesi fayda sağlayacaktır.

Sadece XRD ve XRF analizleri, bir alanı anlamak için yeterli gelmeyecektir. Bununla beraber yan kayaçların analizleri de yapılmalı. Nadir toprak elementleri ve elementler de analiz edilerek yoruma gidilmelidir. Çünkü bir maden sahasında çalışmaya karar verildiğinde yasal izinlerin alınması ve çalışmaya başlama süreci zaman almakta ve masraflı bir süreçtir. Bu sebep izin alınması gereken cevher alanı için öncesinde ayrıntılı etütler yapılması her geçen gün daha çok önem kazanmaktadır.

Yapılan tartışma ve değerlendirmeler, manyezit ile ilgili araştırmalarda aynı bölgeden farklı kalitede manyezitlere rastlamak mümkündür. Bu nedenle, ocak yapılması planlanan her alanın kendi içinde ayrıntılı olarak analiz edilmesi gerekir

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akıncı, Ö., 1967, Eskişehir I24-c1 paftasının jeolojisi ve tabakalı lületaşı zuhurları: MTA Enstitüsü Dergisi, 68, 82-97.
- Altunel, E. ve Barka, A., 1998, Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında Neotektonik aktivitesi: Türkiye Jeoloji Bülteni, 41, 2, 41-52.
- Clark, I.D., Fritz, P., 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, Boca Raton, N.Y. 328 pp.
- Craig, H., 1957. Isotopic Standarts for Carbon and Oxygen and Correction Factors for Mass Spectrometric Analysis of Carbon Dioxide: Geochim. Cosmochim. Acta, 12, 133-149.
- Criss, R. E., (1999) Principles of Stable Isotope Distribution, Oxford University Press, New York, 264 p.
- Demirbilek, M., 2005, Ilıca-Sobran (Kütahya) Arasının Jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Müh. Anabilim Dalı, Konya, 9-16 (yayımlanmamış).
- Demirbilek, M., Topal, İ. ve Akçakoca, H., 2006, Kütahya-Ilıca bölgesi radyolarit kayacının doğaltaş sektöründe kullanılabilirliği: Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11, 115-130.
- Garlick, G.D., 1969. The Stable Isotopes of Oxygen (In: Wedepohl, K.H.(edt.) Handbook of Geochemistry. 8B. Berlin-Heidelberg-New York, Springer.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Sentürk, K., Uysal, Ş., Özcan, A. and Işık, A., 1996b, Orta Sakaryada Nallihan-Sarıcakaya arasındaki yapısal birliklerin jeolojik özellikleri MTA Report Nr: 10094, 173 p.
- Görür, N. ve Tüysüz, O., 2001, Cretaceous to Miocene palaeogeographic evolution of Turkey: Implications for hydrocarbon potential. Journal of Petroleum Geology, 24(2), 119-146
- Gözler, M.Z., Cevher, F. ve Küçükayman, A., 1984a, Eskişehir civarının jeolojisi ve sıcak su kaynakları: Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 103, 40-54.
- Gözler, M.Z., Küçükayman, A. ve Cevher, F., 1984b, Eskişehir civarının jeolojisi ve sıcak su kaynaklarına ait etüt raporu: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 7585, Ankara (yayımlanmamış).
- Gözler, Z. Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, J. (1996) Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi. MTA Rapor No: 9973, Ankara.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Gözler, M.Z., Cevher, F. Küçükayman, A. & Asutay, H.J., 1997. Orta Sakarya ve gu'neyinin jeolojisi. MTA Report No. 9973, Ankara (in Turkish).
- Hoefs, J.,1987. Stable Isotope Geochemistry (Third adt.), Springer Verlag, 241p.
- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. ve Bozkurt, E, 1999, Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey: Journal of the Geological Society, London, 156, 605-616.
- Koçyiğit A., Ünay, E. ve Saraç, G, 2000, Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: A key study in the Akşehir Afyon graben, Turkey: Geological Society, London, Special Publication 173, 405-421.
- Konak, N. 2002. Türkiye jeoloji haritası, İzmir paftası 1:500 000. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Lesko I., "Manyezit yataklarının oluşumu hakkında" Mineral. Deposita (Berlin) 7 , 61-72 Spring-Verlag 1972
- MTA <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>
- Ocakoğlu, F., 2007, A re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey: Journal of Asian earth Science, 31, 91-103.
- Ocakoğlu, F., Açıklın, S., Erayık, C. ve Kır, O., 2009, Porsuk Barajı (Eskişehir, KB Anadolu) çökellerinde bir sekans stratigrafik analiz denemesi: 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, 2009, Bildiri Özleri, 90.
- Okay, A. I., 1981, Kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitlerin jeolojisi ve mavişist metamorfizması (Tavşanlı-Kütahya): TMMOB Jeoloji Müh. Odası, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 24, 85 – 95.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon & A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication No. 17, 455-466.
- Okay, A.I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.
- Okay, A.I., 2011. Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun dalma-batmaya uğramış kuzey ucu. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 142, 195-226.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)**

- Öncel, Z. ve Denizci, F., 1982, Eskişehir bölgesi lületaşı ve magnezit etütleri raporu: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 1567, 3.Cilt (yayımlanmamış).
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1989. Kütahya - Çifteler - Bayat - Ihsaniye Yöresinin Temel Jeolojisi: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor no: 8974(8188), 142 s.
- Sarıız, K., 1990, Türkmentokat-Karatepe (Eskişehir) Manyezit Yataklarının Oluşumu Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 110, 77-96s .
- Servais, M. 1982. Coilision et suture tethysienne en Anatolie Centrale Etude structurale et metamorphique (HP-BT) de la zone Nord Kütahya: Doktora Tezi, Paris Üniversitesi, Fransa, 349s. (yayımlanmamış).
- Tokay, F. ve Altunel, E., 2005, Eskişehir fay zonunun İnönü-Dodurga çevresinde Neotektonik aktivitesi: Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 130, 1-15.
- Top, F., 1966, Eskişehir civarındaki magnezit zuhurları: MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 50 (yayımlanmamış).
- Top, F., 1969, Kütahya-Sobran köyü Türkmentepe magnezit yatakları: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 491 (yayımlanmamış).
- Turhan, N. 2002. Türkiye jeoloji haritası, Ankara paftası 1:500 000. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türet, E., 1968, Eskişehir Çanakkıran magnezit zuhurları: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 269 (yayımlanmamış).
- Yılmaz, A, 2008 Margı-Taycılar-Sepetçi, Süleymaniye Ve Tutluca (Eskişehir) Manyezit Yataklarının Jeolojik, Jeokimyasal Özellikleri Ve Kökeninin Araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Isparta

## EK AÇIKLAMALAR

ANALİZ NETİCELERİ				KOORDİNAT UTM ED50 6°		KİMYASAL DEĞERLER (Kütlesel %)					
Num. No	Bölge	Saha / Kişi	Tarih	Y	X	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AZ
150	Yukarı Kartal Köyü	Öncü Madencilğe Ait Yukarı Kartal Köyü Civarından Alınan Beyaz Manyezit.Num.M.Hatipoğlu	17.08.2011	269657	4403915	97.63	1.92	0.23	0.06	0.11	51.44
152	Yukarı Kartal Köyü	Öncü Madencilğe Ait Yukarı Kartal Köyü Civarındaki Ocaktan Alınan Karnabahar	17.08.2011	269657	4403915	96.45	2.09	0.69	0.18	0.54	51.41
221	Eskişehir Kümbet	Eskişehir Kümbet Şerafettin Yıldız'a Ait Sahadan Alınan Kırmızılı Maden Num.M.Hatipoğlu	28.11.2011	256873	4396694	94.67	1.43	2.60	1.00	0.23	50.59
222	Eskişehir Kümbet	Eskişehir Kümbet Şerafettin Yıldız'a Ait Sahadan Alınan Yeşil Maden Num.M.Hatipoğlu	28.11.2011	256697	4396966	93.26	0.99	4.97	0.65	0.06	50.50
302	Murat Göksu	Kütahya Koyu Ocaktan Alınan Num.	1.06.2012	259190	4357941	87.25	4.81	7.62	0.17	0.13	48.12
304	Murat Göksu	Büyük Ocaktan Alınan Num.	1.06.2012	259773	4357738	91.29	2.51	6.04	0.08	0.05	49.42
305	Murat Göksu	Silisli Ocak	1.06.2012	258717	4357768	94.36	1.22	3.95	0.37	0.07	49.68
309	Kemal Ölçü	Enalt Ocak 1. Aynanın Doğusu	1.06.2012	753357	4397263	95.82	1.25	2.04	0.27	0.59	51.10
313	Bahri Ayhan	Gökçeli Sahası 4.Num.	2.06.2012	754439	4396545	93.23	5.75	0.92		0.08	50.21
314	Bahri Ayhan	Gökçeli Sahası Enüst Kademe Kırmızı Maden Num.	2.06.2012	754542	4396516	92.49	2.12	4.12	1.10	0.12	49.42
315	Bahri Ayhan	Gökçeli Sahası Beyaz Yeşil Damarlı Num.	2.06.2012	754439	4396545	96.10	2.52	1.24		0.12	50.24
316	Bahri Ayhan	Gökçeli Sahası Beyaz 3 Nolu Num.	2.06.2012	754387	4396571	95.83	3.34	0.61	0.13	0.07	50.49
317	Bahri Ayhan	Karnabahar	2.06.2012	754387	4396571	91.33	0.96	7.01	0.60	0.07	47.73

## EK AÇIKLAMALAR (Devam)

318	Krom İş	Körpe Ocağı Orman İçi Damardan Alınan Num.	2.06.2012	750415	4398580	97.80	1.93	0.16	0.02	0.06	49.87
319	Krom İş	Körpe Ocağı Orman İçi Patates	2.06.2012	750415	4398580	95.90	2.76	1.06	0.06	0.20	50.49
320	Krom İş	Köyüstü 3 Nolu Num.	2.06.2012	749964	4397348	93.78	3.55	2.05	0.53	0.07	48.44
321	Krom İş	Çıplak Tepe Yeşil	2.06.2012	749438	4398094	96.73	1.57	1.06	0.47	0.14	50.46
322	Krom İş	Körpe Ocağı Çıplak Tepe Beyaz Maden Num.	2.06.2012	749438	4398094	97.60	1.40	0.32	0.56	0.10	50.21
323	Krom İş	Köyüstü 2 Nolu Num.Karnabahar	2.06.2012	750125	4397119	97.11	1.91	0.71	0.18	0.06	51.03
324	Süperateş SOBRAN SAHASI	MADEN NUMUNESİ M.HATİPOĞLU	20.06.2012	257427	4396304	97.34	0.44	2.09	0.03	0.09	51.39
325	Kemal Ölçü	Gökçeli Sahası Alt Kademe Kırmızı Manyezit Num.1 M.Hatipoğlu	25.06.2012	753357	4397263	98.30	1.29	0.35		0.05	51.28
326	Kemal Ölçü	Gökçeli Sahası Enalt Kademe Batısı Beyaz Manyezit Num.2 M.Hatipoğlu	25.06.2012	753172	4397446	96.71	1.95	1.00	0.22	0.09	50.66
327	Kemal Ölçü	Gökçeli Sahası Enalt Kademe Batısı Kırmızı Manyezit Num.3 M.Hatipoğlu	25.06.2012	753172	4397446	97.47	1.18	0.84	0.43	0.05	51.24
328	Kemal Ölçü	Gökçeli Sahası Üst Kademe Kırmızı Num.4 M.Hatipoğlu	25.06.2012	753385	4397408	96.44	1.66	1.35	0.43	0.10	50.68
329	Kemal Ölçü	Gökçeli Sahası En Üst Kademe Kırmızı Num.5 M.Hatipoğlu	25.06.2012	753479	4397258	96.46	1.34	1.47	0.60	0.09	51.07
330	Kemal Ölçü	Gökçeli Sahası İsmail Tarlası Mevkii Num.6 M.Hatipoğlu	25.06.2012	753280	4398444	97.40	1.48	0.45	0.57	0.08	51.70
433	Eskişehir/Sobran	Kozanoğlu A.Ş.Ana Ocak Batı Yarma M.Hatipoğlu	27.05.2013	259302	4395194	93.26	3.51	2.24	0.83	0.04	49.24
435	Eskişehir/Sobran	Kozanoğlu A.Ş.Ana Ocak M.Hatipoğlu	27.05.2013	259371	4395180	97.20	1.83	0.61	0.28	0.05	51.01
436	Eskişehir/Sobran	Kozanoğlu A.Ş.Ana Ocak Batısı Ayna Patates M.Hatipoğlu	27.05.2013	259302	4395194	94.96	0.42	3.93	0.41	0.07	48.88
437	Eskişehir/Sobran	Kozanoğlu A.Ş.Köyün Üstü M.Hatipoğlu	27.05.2013	257445	4395269	94.47	0.95	3.52	0.98	0.04	50.00

## EK AÇIKLAMALAR (Devam)

438	Eskişehir/Sobran	Kozanoğlu A.Ş.Kömürlük Ocağı M.Hatipoğlu	27.05.2013	258790	4396362	94.17	1.33	3.39	1.00	0.04	48.78
439	Eskişehir/Ballık	Yıldız Madencilik Sarı Manyezit M.Hatipoğlu	5.06.2013	266613	4407068	94.39	1.17	3.46	0.92	0.03	53.76
440	Eskişehir/Ballık	Yıldız Madencilik Beyaz Manyezit M.Hatipoğlu	5.06.2013	266613	4407068	96.38	1.94	1.38	0.24	0.04	51.60
443	Kütahya /Saka	İzmirli Şafak'ın Yeri Kozluca Güneyi Büyük Mastro M.Hatipoğlu	13.06.2013	257272	4365462	86.15	0.82	12.69	0.26	0.06	44.42
444	Kütahya/Sabuncu Pınar	Kalbur Çiftliği Havuzu Arkası Manyezit	13.06.2013	261631	4388350	93.32	5.42	1.03	0.15	0.05	50.50
445	Kütahya/Sabuncu Pınar	Çelikler'e Ait 3080282 Erişim Koca Yatak Tepe Batısı	13.06.2013	262635	4386876	96.55	1.09	1.70	0.58	0.04	50.98
446	Kütahya/Sabuncu Pınar	Çelikler'e Ait 3080282 Erişim Koca Yatak Tepe Kuzeyi	13.06.2013	262692	4386907	96.82	1.27	1.42	0.41	0.04	51.52
482	Eskişehir	Süper Ateş Sobran Sahası Sondaj 1/2014 14,70-15,00m Arası Alınan Manyezit Numunesi M.Hatipoğlu	31,05,2014	257401	4396277	99.14	0.00		0.20	0.26	51.00
483	Eskişehir	Süper Ateş Sobran Sahası Sondaj 2/2014 39- 45m Arası Alınan Manyezit Numunesi M.Hatipoğlu	31,05,2014	257362	4396263	98.11	0.29	0.72	0.25	0.26	51.60
485	<b>Süper Ateş Sobran Eskişehir</b>	<b>Sondaj 1/2014 7-7,10 M Arası Manyezit Numunesi M.Hatipoğlu</b>	<b>31,05,2014</b>	<b>257401</b>	<b>4396277</b>	<b>98.00</b>	<b>0.89</b>		<b>0.19</b>	<b>0.25</b>	<b>52.00</b>