İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ESKİŞEHİR – SİVRİHİSAR CİVARINDAKİ OPAL OLUŞUMLARININ JEOLOJİK, JEOKİMYASAL VE GEMOLOJİK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Esin AKBULUT

Anabilim Dalı : JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
Programı : UYGULAMALI JEOLOJİ

MAYIS 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ESKİŞEHİR – SİVRİHİSAR CİVARINDAKİ OPAL OLUŞUMLARININ JEOLOJİK, JEOKİMYASAL VE GEMOLOJİK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Esin AKBULUT

505031307

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : Mayıs 2006

Tezin Savunulduğu Tarih : Haziran 2006

Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Sezai KIRIKOĞLU (İTÜ)

Prof. Dr. Fuat YAVUZ (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç Dr. Yüksel Örgün (İTÜ)

Prof. Dr. Fahri ESENLİ (İTÜ)

Prof. Dr. Selçuk TOKEL (KOÜ)

MAYIS 2006

ÖNSÖZ

Kuvars yerbilimciler arasında en iyi bilinen mineral olmasına rağmen kuvars grubu süs taşları hakkındaki bilgiler oldukça sınırlıdır. Türkiye'de bulunan ve ekonomik öneme sahip olan süs taşlarının çoğunluğu kuvars grubundandır. Bu tez kapsamında Eskişehir ili Sivrihisar ilçesine bağlı Karacakaya köyü opal oluşumları incelenmiştir.

En başta, bu çalışmanın her aşamasında yanımda olan, bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, danışman hocam Prof. Dr. M. Sezai Kırıkoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezimin özellikle mikroskopik çalışmalarında verdiği destekten dolayı Prof. Dr. Aral Okay'a, sayın Doç. Dr. Fahri Esenli'ye, eş danışmanım Doç. Dr. Fuat Yavuz'a, maddi ve manevi bana her konuda yardımcı olan annem Gülser Akbulut ve babam İhan Akbulut'a, lise yıllarından yüksek lisansa beraber aynı sıralarda okuduğum canım arkadaşım Feyza Ketenci'ye, dönem arkadaşım Mehmet Zengin'e, Selen Erkan'a, arazimle ilgili birçok kaynağa ulaşmama yardım eden Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği doktora öğrencisi Evren Atakay'a, ve bütün arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Mayıs 2006 Esin AKBULUT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ **ii**
İÇİNDEKİLER **iii**
TABLO LİSTESİ **v**
ŞEKİL LİSTESİ **vi**
SEMBOL LİSTESİ **ix**
NUMUNE LİSTESİ **x**
ÖZET **xi**
SUMMARY **xiii**

1. GİRİŞ **1**
1.1 Çalışma Alanı 1
1.1.1 Coğrafik Konumu 1
1.1.2 Ekonomik Durum ve Yerleşim 2
1.2 Çalışma Yöntemi 3
1.3 Önceki Çalışmalar 4

2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ **7**
2.1 Yapısal Jeoloji 7
2.2 Çalışma Alanındaki Birimler 10
2.2.2 Ofiyolitler 12
2.2.2.1 Serpantinit 15
2.2.3 Zeyköy Formasyonu 20
2.2.4 Mamuca Formasyonu 24
2.2.5 Porsuk Formasyonu 26
2.2.5.1 Andezit 30

3. KARACAKAYA OPAL OLUŞUMLARI **31**

4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER **40**
4.1 XRD İncelemeleri 40
4.2 SEM İncelemeleri 46
4.3 Mikroprop Analizleri 49
3.1 Cevher Analizi 49
3.2 Cevher Analizi 2 50
3.3 Krom İnce Kesit Analizi 51
3.4 Serpantinit Analizi 52
4.4 Jeokimyasal İncelemeler 53

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA **61**

KAYNAKLAR **63**
EKLER **66**
ÖZGEÇMİŞ **67**

TABLO LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 4.1	Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan serpantinit kayasına ait X ışını kırınım pik data listesi	40
Tablo 4. 2	Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan cevher örneğine ait X ışını kırınım pik data listesi	42
Tablo 4. 3	Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan cevher örneğine ait X ışını kırınım pik data listesi	44
Tablo 4. 4	Karacakaya sahasından alınan örneklerin majör element analiz sonuçları	51
Tablo 4. 5	Karacakaya sahasından alınan örneklerin iz element analiz sonuçları	53
Tablo 4.6	Karacakaya sahasından alınan örneklerin nadir toprak elementleri analiz sonuçları	54

ŞEKİL LİSTESİ

			Sayfa No:
Şekil 1.1	**:**	Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası	1
Şekil 1.2	**:**	İnceleme Alanının Güneydoğudan Kuzeybatıya Doğru Genel Görünümü	2
Şekil 1.3	**:**	İnceleme Alanının Güneydoğusunda Bulunan Volkanik Tepelerden Karacakaya Köyünün Görünümü	3
Şekil 2.1	**:**	Türkiye'deki Litosferik kıta parçaları	7
Şekil 2.2	**:**	Sakarya Zonunun Jura-Eosen stratigrafisi	8
Şekil 2.3	**:**	Sivrihisar bölgesinin jeolojik haritası ve güneybatı-kuzey doğu doğrultulu kesiti	9
Şekil 2.4	**:**	Araziye kuzeybatıdan güneydoğuya bakış	10
Şekil 2.5	**:**	Karacakaya köyü ve yakın çevresinin 1/25 000 ölçekli genel jeoloji haritası	11
Şekil 2.6	**:**	Çalışma alanındaki serpantinitten alınan el örneğinin görünümü	12
Şekil 2.7	**:**	Karacakaya köyü yakınlarındaki fay hattı boyunca altere serpantin blokları	12
Şekil 2.8	**:**	Demir içeriği yüksek silisifiye zon	13
Şekil 2.9	**:**	Demir içeriği yüksek silisifiye zonun yakından görünüşü	13
Şekil 2.10	**:**	Serpantinlerde çatlak dolgusu seklindeki Manyezit oluşumu	14
Şekil 2.11	**:**	Çatlak dolgusu şeklinde oluşan manyezit el örnekleri	14
Şekil 2.12	**:**	Polarizan mikroskopta I. Dizi girişim renkleri gösteren serpantin mineralleri (çift nikol, 50x)	15
Şekil 2.13	**:**	Elek dokusu gösteren serpantin mineralleri (çift nikol, 50x)	16
Şekil 2.14	**:**	Tek nikolde ince kesitlerde gözlemlenen opak mineraller (50x)	16
Şekil 2.15	**:**	Cr Spinellerin ince kesit görüntüsü, (50x)	17
Şekil 2.16	**:**	Zeyköy Formasyonunda tektonizma nedeniyle breşleşmiş kireçtaşı	18
Şekil 2.17	**:**	Derin denizel çörtlü kireçtaşlarından alınmış el örnekleri	19
Şekil 2.18	**:**	Zeyköy Formasyonunundaki mermer içerisinde kalsit ve aragonit oluşumu	19
Şekil 2.19	**:**	Jura kireçtasının yuzeylendigi tepe ve önünde Karacakaya köyüne giden yolun uzaktan görünüşü	20
Şekil 2.20	**:**	Zeyköy Formasyonunun Jura kireçtaşlarında açılan ocaktan genel görünüm	20
Şekil 2.21	**:**	Çok çatlaklı olduğu için blok verimi düşük olan kapanmış mermer ocağı	21
Şekil 2.22	**:**	Derin denizel kireçtaşı (50x)	21
Şekil 2.23	**:**	Mamuca Formasyonu ve ardında traki andezitik volkan konisi	22
Şekil 2.24	**:**	Mamuca Formasyonunda altere andezit tüf ve breşlerinin	23

görünümü
Şekil 2.25 : Zeyköy Formasyonu ile Mamuca Formasyonu Sınırı 23
Şekil 2.26 : Porsuk Formasyonunun ince tabakalı kireçtaşından bir görünüm 24
Şekil 2.27 : Porsuk Formasyonunun tüf üyesinin yakından görünüşü 25
Şekil 2.28 : Porsuk Formasyonuna ait sığ denizel kireçtaşı 26
Şekil 2.29 : Hisartepe traki andezit volkan konilerinin genel görünümü 26
Şekil 2.30 : Hisartepe traki andeziti volkan konisinde sütun yapısı oluşturan soğuma çatlakları 27
Şekil 2.31 : Hisartepe traki andeziti el örneği 27
Şekil 2.32 : Traki-andezit bileşimli kayaçların ince kesit görüntüsü (çift nikol, 50x) 28
Şekil 2.33 : Traki-andezit bileşimli kayaçların ince kesit görüntüsü (tek nikol, 50x) 28
Şekil 2.34 : Özşekillerini kısmen kaybeden biyotit minerali (çift nikol, 50x) 29
Şekil 3.1 : Karacakaya cevherleşmesinin jeolojik haritası 31
Şekil 3.2 : Serpantinler içierisinde opal oluşumları 32
Şekil 3.3 : Serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar üzerindeki opal döküntüleri 33
Şekil 3.4 : Araziden alınan yeşil opal örneklerinin yakından görünüşü 34
Şekil 3.5 : Çalışma alanında bulunan çeşitli renklerdeki opal örnekleri 35
Şekil 3.6 : Opal (Tek nikol, 50x) 36
Şekil 3.7 : İTÜ Gemoloji Laboratuarlarında cevher örneklerinin refraktometre ile kırılma indisinin ölçülmesi 37
Şekil 4.1 : Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan serpantinit kayasına ait X ışını kırınım diyagramı 39
Şekil 4.2 : Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan cevher örneğine ait X ışını kırınım diyagramı 41
Şekil 4.3 : Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan bir başka cevher örneğine ait X ışını kırınım diyagramı 43
Şekil 4.4 : Cevher örneğinin 1.500 büyütmeli SEM görüntüsü 44
Şekil 4.5 : Çalışma alanından alınan cevher örneklerinden 2.000 büyütmeli SEM görüntüsü 45
Şekil 4.6 : Çalışma alanından alınan cevher örneklerinden 5.000 büyütmeli SEM görüntüsü 46
Şekil 4.7 : Karacakaya köyünden alınan ve parlatma kesiti hazırlanan cevher numunesinin kimyasal analiz sonucu(a), mikroprop analiz çizelgesi (b) ve elektron mikroskop görüntüsü(c) 47
Şekil 4.8 : Karacakaya köyünden alınan ve parlatma kesiti hazırlanan cevher numunesinin kimyasal analiz sonucu(a), mikroprop analiz çizelgesi (b) ve elektron mikroskop görüntüsü(c) 48
Şekil 4.9 : Karacakaya köyünden alınan ve ince kesiti hazırlanan krom numunesinin kimyasal analiz sonucu(a), mikroprop analiz çizelgesi (b) ve elektron mikroskop görüntüsü(c) 49
Şekil 4.10 : Karacakaya köyünden alınan ve parlatma kesiti hazırlanan serpantinit numunesinin kimyasal analiz sonucu(a), mikroprop analiz çizelgesi (b) ve elektron mikroskop görüntüsü(c) 50

Şekil 4.11 : Karacakaya'dan alınan cevher örneklerin ana oksitlerinin SiO_2'e karşı değişim diyagramları (%) 55
Şekil 4.12 : Çalışma alanında alınan örneklerin kondrite Boynton (1984) nadir toprak element dağılımı 56
Şekil 4.13 : Çalışma alanından alınan volkanik kayaçların Cox (1979) tarafından önerilen volkanik kayaç sınıflamasındaki yeri 57
Şekil 4.14 : Volkanik Kayaçların Peccerillo ve Taylor (1976) Diyagramına Göre Sınıflandırılması 58

SEMBOL LİSTESİ

Qal2 : Genç Alüvyon

Np : Porsuk Formasyonu (Np1: konglomera-kumtaşı, Np2:marn ve killer)

Nα : Hisartepe Andeziti

Em1 : Mamuca Formasyonu

Jzkçt : Zeyköy Formasyonu

ρ : Ofiyolitler

Smr : Sivrihisar Metamorfitleri

NUMUNE LİSTESİ

ALINDIĞI BİRİM	**Numune No**
Serpantinit (Ofiyolitler)	1
Serpantinit (Ofiyolitler)	2
Serpantinit (Ofiyolitler)	3
Cevher	4
Cevher	5
Cevher	6
Cevher	7
Cevher	8
Konglomera – Kumtaşı (Mamuca Formasyonu)	9
Konglomera – Kumtaşı (Mamuca Formasyonu)	10
Konglomera – Kumtaşı (Mamuca Formasyonu)	11
Hisartepe traki andeziti	12
Hisartepe traki andeziti	13
Hisartepe traki andeziti	14
Konglomera – Kumtaşı (Mamuca Formasyonu)	15
Kireçtaşı (Zeyköy Formasyonu)	16
Konglomera – Kumtaşı (Mamuca Formasyonu)	17
Kireçtaşı (Zeyköy Formasyonu)	18
Kireçtaşı (Zeyköy Formasyonu)	19
Kireçtaşı (Zeyköy Formasyonu)	20
Kireçtaşı (Zeyköy Formasyonu)	21
Kireçtaşı (Porsuk Formasyonu)	22
Kireçtaşı (Porsuk Formasyonu)	23
Kireçtaşı (Porsuk Formasyonu)	24
Kireçtaşı (Porsuk Formasyonu)	25
Kireçtaşı (Zeyköy Formasyonu)	26
Konglomera – Kumtaşı (Mamuca Formasyonu)	27
Kireçtaşı (Zeyköy Formasyonu)	28
Konglomera – Kumtaşı (Mamuca Formasyonu)	29

ESKİŞEHİR – SİVRİHİSAR CİVARINDAKİ OPAL OLUŞUMLARININ JEOLOJİK, JEOKİMYASAL VE GEMOLOJİK İNCELENMESİ

ÖZET

Bu tez kapsamında Eskişehir, Mihalıççık yolu üzerinde bulunan Karacakaya köyü ve çevresinde oluşan opal ve kalsedon oluşumları incelenmiştir. Opallerin oluşum mekanizmaları, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal olarak irdelenmiştir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak sahanın jeolojik yapısını ortaya koymak ve jeoloji haritasını oluşturmak üzere arazi çalışması yapılmış, çalışma alanında bulunan kayaçların mineralojik ve jeokimyasal karakteristiklerini belirlemek için numuneler alınmıştır.

Çalışma alanındaki litolojik birimler, Triyas yaşlı metamorfitler, Triyas yaşlı peridotitler, Jura - Kretase kireçtaşları, Alt Eosen yaşlı konglomera – kumtaşı üyesi, Alt Miyosen yaşlı Hisartepe Andeziti ve Alt – Orta Miyosen yaşlı Kireçtaşı, Kuvaterner yaşlı genç alüvyonlar şeklinde sıralanmıştır.

Sahadan toplanan el örneklerinden İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi ve MTA Genel Müdürlüğü ince kesit atölyelerinde 30 adet ince kesit yaptırılarak polarizan mikroskop altında incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Araziyi temsil eden 10 adet örnek, İTÜ Maden Fakültesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü Laboratuvarlarında 500 mesh altına gelecek şekilde öğütülmüş ve tüm kayaç analizleri yapılmak üzere Kanada'daki ACME Analitik Laboratuarı'na gönderilmiştir.

Mineral türlerinin belirlenmesi amacıyla 3 adet örnekte Tübitak MAM Malzeme Enstitüsü laboratuarlarında pik tanımlı XRD, elektron mikroskobuyla mikroprop analizleri yapılmış, ayrıca SEM fotoğrafları çekilmiştir.

Opal ve kalsedon içeren oluşumlar, Karacakaya köyünü de içine alan ve köyün kuzeybatısına doğru uzanan serpantinitler ile Alt Eosen yaşlı konglomera - kumtaşı üyesi arasındaki zon boyunca yer almaktadır.

Yakın çevrede, serpantinitlerde lisvenitleşme ile sonuçlanan alterasyon süreci ile ilişkili olarak Au, Ag, Co ve Ni zenginleşmeleri birçok araştırmada açıklanmış ve lisvenitin tanımı yapılmıştır. Buna göre, hidrotermal alterasyona uğramış ve önemli ölçüde karbonatlaşmış ultramafik kayaçlara lisvenit denmektedir. Çalışma alanındaki opal oluşumlarının lisvenitleşmeyle ilişkisi araştırılmıştır.

Yapılan mineralojik çalışmalar ve kimyasal değerlendirmeler sonucunda, bölgedeki tektonizmanın yarattığı kırık ve çatlaklara ilk giren silisli çözeltilerin, meteorik suların etkisiyle hızlı bir soğuma geçirdiğini ve opal oluşumuna yol açtığını göstermektedir. Bu ilk evreden sonra gelmeye devam eden silisli çözeltiler, tüketilen su ve bağıl olarak daha yavaş soğuma ile mikrokristalin ve kriptokristalin kuvars oluşumuna olanak vermiştir.

Ayrıca yapılan jeokimyasal incelemeler sonucunda yeşilin baskın olduğu opallerin renginin, ana kayaçtan kaynaklanan Ni içeriğine bağlı olduğunu düşündürmektedir. Gerçekten de, jeokimyasal çalışmalarda opallerin içinde 1000 ppm civarında Nikel olması bunu kanıtlamaktadır.

GEOLOGICAL, GEOCHEMICAL AND GEMOLOGICAL INVESTIGATION OF OPAL OCCURENCES IN ESKISEHIR-SIVRIHISAR REGION

SUMMARY

In this thesis, opal and chalcedony occurences are mineralogically, petrographically and geochemically investigated in Eskişehir, Karacakaya village.

The lithological unites in the studied are are: Triasic metamorphic base rocks, Jurassic - Cretaceous limestone, Eocene conglomerate – sandstone unit, Miocene Hisartepe andesite, Mid-Miocene limestone and Quaternary aluvial deposits.

Occurences are found between serpentinites and conglomerate-sandstone units near Karacakaya village.

As we know, listweanites are altered rocks, which are formed by hydrotermal alteration of serpentinized ultrabasic rocks. Co, Ni, Hg, and Au mineralizations commonly accompany to this process. In this thesis, the relationship between listweanites and opal-chalcedony occurences from Karacakaya is investigated.

Mineralogical and chemical studies showed that the opal and chalcedony occurences are affected by the silicified solutions that injected through the tectonic zones along with fractures and cracks of host rock. The contribution of meteoric waters caused fast cooling and opal and chalcedony crystals were formed depending on these processes.

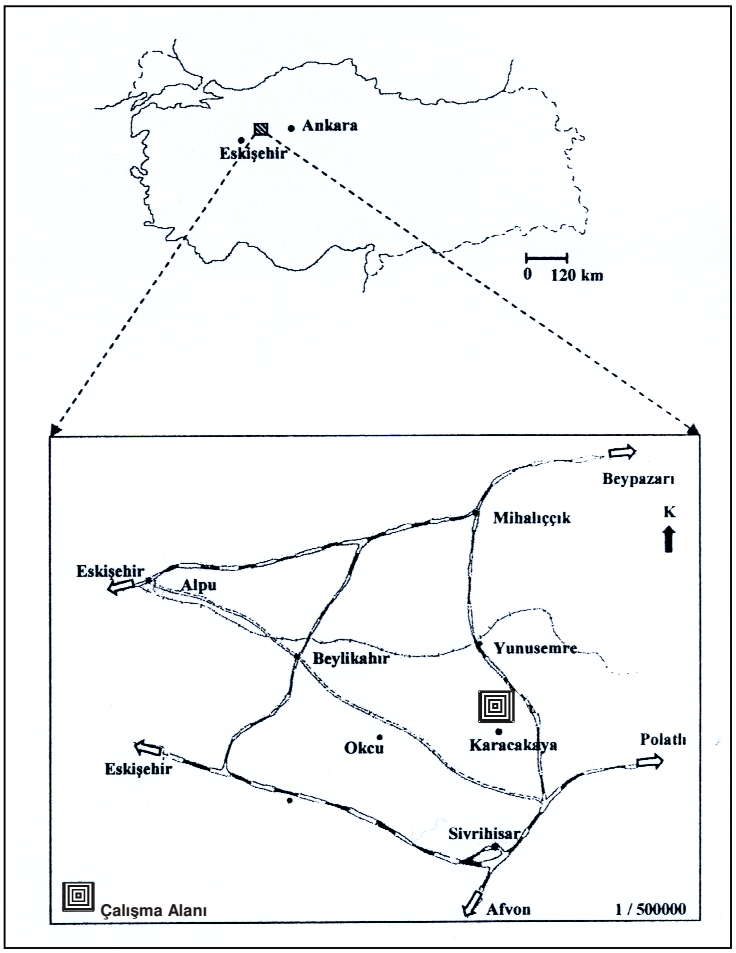
It is believed that the green colour of opal and chalcedonies (chrysoprase) were resulted from Ni-bearing layer silicates. Nikel abundance up to 1000 ppm in the studied opals is the evidence of green colour.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışma Alanı

Coğrafik Konum

Çalışma alanı, Ankara – İzmir ve Ankara – Eskişehir karayollarının kesişme noktasında bulunan Sivrihisar ilçesine bağlı olan Karacakaya Köyünü ve çevresini kapsar (Şekil 1.1, 1.2 ve 1.3).

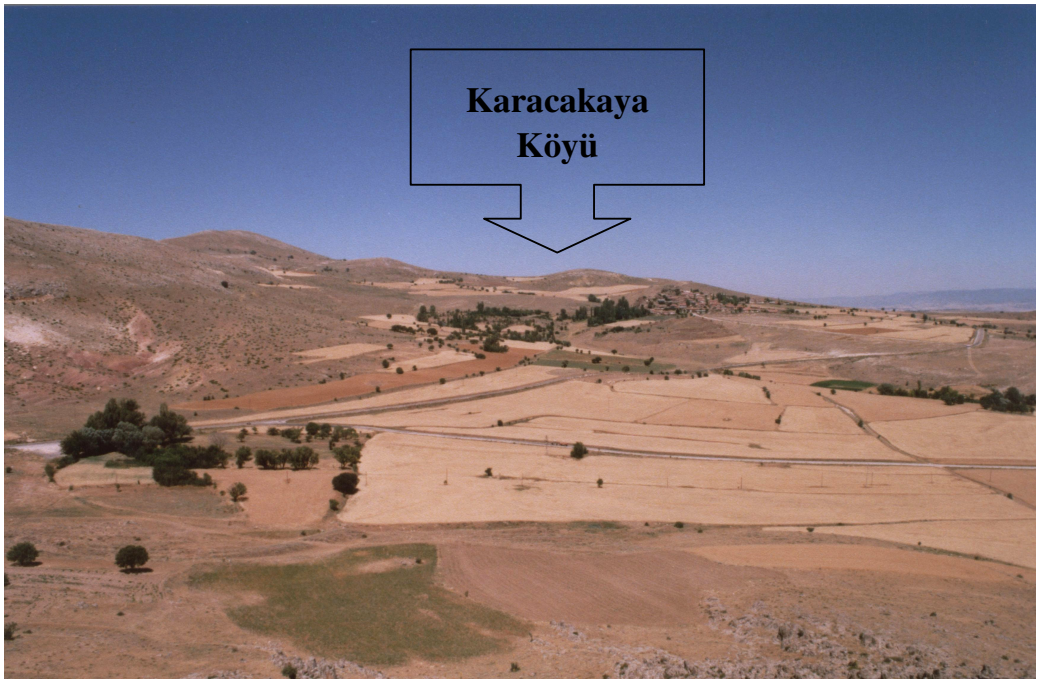


Şekil 1.1 – Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası (Atakay 2002'den değiştirilerek alınmıştır)

Karacakaya köyü 1/25.000 ölçekli Ankara İ 27 – d3 paftasında yer almaktadır. En yakın yerleşim birimi ise çalışma alanının güneyindeki Dümrek köyüdür.

Çalışma alanında bulunan başlıca tepeler; Kartalpınar Tepesi, Hisar Tepesi ve 1349 rakımıyla Çiğdemliçal Tepesidir.

İnceleme alanına karasal iklim hakimdir. Kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer.



Şekil 1.2 – İnceleme Alanının Güneydoğudan Kuzeybatıya Doğru Genel Görünümü

1.2 Ekonomik Durum ve Yerleşim

Çalışma alanının ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Yetiştirilen başlıca ürünler; buğday, arpa, çavdar, yulaf, nohut, fasulye, mercimek, ayçiçeği, patates, soğan, patlıcan ve şekerpancarıdır. Ayrıca meyve bahçeleri ve bağlarda armut, elma, vişne, kayısı, dut, karpuz, kavun ve üzüm gibi meyveler de yetiştirilmektedir.

Çalışma alanının başlıca yerleşim merkezini, 164 nüfuslu Karacakaya köyü teşkil eder. Karacakaya köyü, Ankara - Eskişehir karayolunun yaklaşık 120.kilometresinden Mihalıççık'a giden yol üzerinde bulunmaktadır.



Şekil 1.3 – İnceleme Alanının Güneydoğusunda Bulunan Volkanik Tepelerden Karacakaya Köyünün Görünümü.

2. Çalışma Yöntemi

Bu tezin hazırlanması esnasında izleyen çalışmalar yürütülmüştür.

1. Literatür Çalışması.
2. Arazi Çalışmaları.
    a. Araziden el örnekleri toplanması.
    b. Çalışma alanı haritası ve yakın çevresinin jeoloji haritasının çizilmesi.

Arazi çalışmalarına ilk defa 2004 yılının yaz aylarında başlanmıştır. Arazi çalışmalarında, sahada gözlemlenen bütün birimlerden 60'ın üzerinde el numunesi alınmış, arazinin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası çizilmiştir.

3. Laboratuvar Çalışmaları
    a. Alınan el örneklerinden ince kesitlerin hazırlanması.
    b. Öğütülen karakteristik el örneklerinin majör, iz ve nadir toprak element içeriklerinin saptanması (Kanada ACME Labratuvarları).
    c. XRD.
    d. SEM.
    e. Mikroprop.

Laboratuvar çalışmalarında ilk aşama olarak, sahadan toplanan el örneklerinden İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi ve MTA Genel Müdürlüğü ince kesit atölyelerinde 30 adet ince kesit yaptırılarak polarizan mikroskop altında incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

Araziyi temsil eden 10 adet örnek çekiç ile ufak parçalara ayrıldıktan sonra, İTÜ Maden Fakültesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü Laboratuvarlarında 500 mesh altına gelecek şekilde öğütülmüş ve tüm kayaç analizleri yapılmak üzere Kanada'daki ACME Analitik Labratuvarı'na gönderilmiştir.

Mineral türlerinin belirlenmesi amacıyla 3 adet örnekte Tübitak MAM Malzeme Enstitüsü laboratuvarlarında SHIMADZU XRD-6000 cihazı ile pik tanımlı XRD, yine Tübitak MAM Malzeme Enstitüsü laboratuvarlarında parlatma yapılan numunelerin üzerleri çok ince altın bir tabakayla kaplanarak Jeol JSM 6335F Field Emission Scanning Electron Microscobe marka elektron mikroskobuyla mikroprop analizleri yapılmış, ayrıca SEM fotoğrafları çekilmiştir.

4. Büro Çalışmaları
    a. Kimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.
    b. Tezin yazımı ve düzenlenmesi.
5. Atölye Çalışması

    Bir adet cevher örneğinden takı tasarlanarak, kuyumculuk sektöründe kullanılabilirliği araştırılmıştır.

3. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanında, en altta metamorfitler, onun üzerinde peridotitler, kireçtaşları ile örtülen bu seri üzerinde konglomera – kumtaşı, onun da üzerinde Hisartepe Andeziti, kiltaşı kumtaşı ve kireçtaşı birimlerinden oluşan Porsuk Formasyonu görülmektedir. Tüm bu birimler Kuvaterner yaşlı genç alüvyonlarla örtülmüştür .

Weingart (1954), Sivrihisar ve çevresinin 1/100.000 ölçekli haritasını çıkarmış, inceleme alanını Sivrihisar silsilesi olarak tanımlamış ve bölgedeki serpantinlerin tamamen silisleştiğini veya opal haline geldiğini belirtmiştir.

İnceoğlu (1974), Karacakaya köyü çevresindeki opal oluşumlarının fay zonu ile ilişkili silisleşmelerle geliştiğini belirtmiş ve yeşil opallerin rengini içinde bulundurduğu eser oranda nikelin varlığına bağlamıştır.

Kulaksız (1977), çalışma alanındaki ofiyolitleri Karabayır Metaofiyolitleri olarak adlandırmış, metaofiyolitlerin dokanaklarında hidrotermal alterasyonun gözlenmesi, eklojitik blok ve mercekler içermesi ve ofiyolitlerin lavsonit-glokofanşist fasiyesinde

metamorfizmaya uğramış kayaçlarla birlikte bulunmasını, gömülme/yitme zonları ile karakterize edildiğinin altını çizmiş ve metaofiyolitlerde kısmen kalıntı kümülatların bulunması ile bunların eski bir okyanusa ait kalıntılar olabileceğini belirtmiştir.

Şentürk ve Karaköse (1979), serpantinleşmiş ultramafiklerin, diyabazla kesilmiş gabrolar, kırmızı pelajik killer ve radyolaritlerle birlikte Triyas'ta bir okyanusta gelişmiş olduğunu, Jura öncesi veya Alt Jura'da kıtasal kabuk üzerine yerleştiklerini belirtmiştir.

Kulaksız (1981), bölgede yer alan ofiyolitlerin etkin ve kapsamlı bir metamorfizma geçirdiklerini saptamış, bu nedenle ofiyolitleri metaofiyolitler olarak adlandırmıştır.

Boyalı (1984), Sivrihisar ve çevresinde lateritik kuşaklara bağlı olduğunu düşündüğü Ni ve Co zenginleşmelerini araştırmış, nikel içeriğinin ayrışmış serpantinitlerde ve demirli kesimlerde zenginleştiğini belirtmiş ve nikelin (Ni) % 1- 4, buna karşılık Kobaltın (Co) ise % 0.2 – 0.3 arasında değişim gösterdiğini ortaya koymuştur.

Monod vd. (1991), Orta Anadolu'daki ofiyolitik kuşakların, Neotetis okyanusunun daralarak kaybolan kabuk parçalarına ait olduğunu belirterek kuzeybatı Anadolu'daki ofiyolitik kuşakların yüksek basınç düşük sıcaklık parajenezleri içeren Avrasya/Gondwana kenedinin tipik bir örneği olduğunu göstermiştir.

Reçber (1997), Mihalıççık çevresindeki lisvenitlerin jeolojisini ve jeokimyasını incelemiştir. Lisvenitlerin hidrotermal çözeltilere kanal görevi yapan fayların kontaklarında izlendiğini belirtmiş ve serpantinitlerin hidrotermal alterasyonu sonucunda dokusal ve mineralojik özelliklerine göre iki farklı listvenit oluşumunun geliştiğini öne sürmüştür.

Koç ve Kadıoğlu (1996), Karacakaya'daki opallerin listvenitleşmelerle bağlantılı silisleşmiş kayalar olduğunu ileri sürmüşlerdir. Lisvenitleşme olayının hidrotermal aktivitelerle serpantinlerin kırık ve çatlaklarında geliştiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar yapmış oldukları mineralojik çalışmalarda, serpantinitlerde serpantin minerallerinin antigorit ve lizardit, karbonat minerallerinin ise dolomit olduğunu göstermişlerdir. Koç ve Kadıoğlu (1996) dokusal özelliklere bağlı iki tür listvenit ayırt etmişlerdir. Birinci tip silisleşmiş serpantinit, ikinci tip ise silisleşmiş kayadır. Ağırlıklı olarak ana element jeokimyası çalışmalarında serpantinit, silisleşmiş kayaç (listvenit) ve opalleri analiz ederek MgO, SiO_2, Al_2O_3, CaO ve eser elementlerden Ni ve Co'ın hareketlilik davranışlarını ortaya koymuşlardır.

Gözler vd. (1996), çalışma alanını içine alan Anadolu'nun jeolojik ve tektonik birliklerinden bazılarına sınır oluşturan Orta Sakarya ve güneyinde şimdiye değin yapılan çalışmaları derleyerek, özellikle ofiyolitik kayaçlarla ilgili tektonik hatlar boyunca lisvenit oluşumlarından bahsetmişlerdir.

Karaoğlu ve Gümüş (1997), Karacakaya opal-kalsedon yatağının K 45^o – 50^o B doğrultulu ve 50-70^o KD'ya dalımlı bir fay zonu içerisinde oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, silis zonu, kil zonu ve breşli milonit zonunu ayırt etmişler, opal ve kalsedonların yer yer yüzeylenen damar ve mercekler şeklinde izlendiğini belirtmişlerdir. Yeşil, mavimsi yeşil, açık kahverengi opaller ve yeşil, açık yeşil kalsedonlarda hemen hemen hiç katmanlanma yapısının olmadığını belirtmişlerdir.

Gümüş (1999), Karacakaya ve Karaçam (Karacakaya köyünün kuzeybatısı) cevherleşmelerinin Sivrihisar çevrelerindeki en önemli Ni-Co-Fe-Opal-Kalsedon yatakları olarak seçildiğini, Karacakaya'daki cevherleşmenin esas itibariyle opal ve kalsedondan ibaret olduğunu belirtmiştir. Opallerin renginin genelde yeşil, balrengi ve mavimsi olduğunu ve damar biçiminde yerleşen cevherin BKB doğrultulu bir hattı takip ettiğinin altını çizerek, taban kayanın Gabro bileşimli olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı ayrıca, yeşilin baskın olduğu opallerin renginin,ana kayaçtan gelen Ni'den ileri geldiğini ileri sürmüştür.

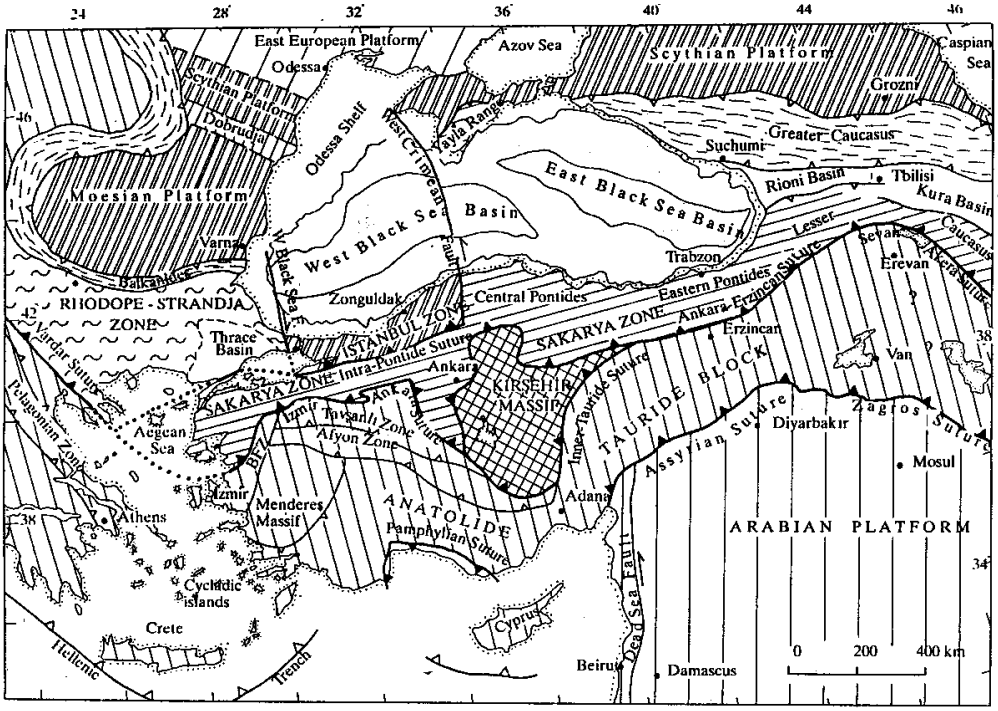
Sachanbinski ve Janeczek (2001), değişik yörelerden aldıkları krizopraz örnekleriyle yaptıkları çalışmada krizopraz'ın nikel içeriğinden dolayı yeşil renk tonu kazanan kriptokristalen ya da amorf silika (genellikle kalsedon), olduğunu belirtmiştir. Krizoprasın tipik elma yeşili renginin, içerdiği nikel ihtiva eden kerolit inklüzyonlarından kaynaklandığını, ortamdaki Fe^{+3} iyonlarının da bu renk tonunun değişmesinde önemli rol aldığını ve dolayısıyla, krizoprazlara sarımsı bir görünüm kazandırdığını göstermiştir.

Atakay (2002), Eskişehir civarında Dümrek, Dumluca, Karkın ve Karaçam yörelerinde yüzeylenen serpantinit ve serpantinleşmiş peridotitler içinde yer alan dört ayrı sektördeki opal ve kalsedon oluşumlarına dikkat çekmiş, serpantinleşmiş peridotitlerin karbonatlı ve silisli damarlar tarafından kesilmesi, talklaşmalar ve mika mineralleri içermeleri nedeniyle opal ve kalsedon oluşumlarını lisvenitleşmeyle ilişkilendirmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ

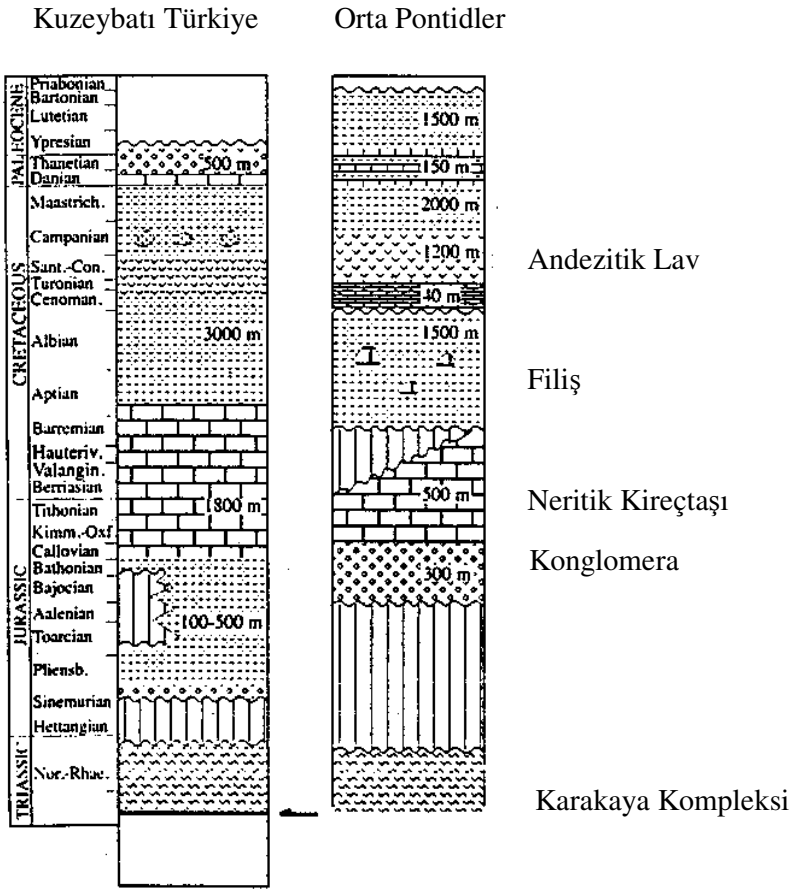
2.1 Yapısal Jeoloji

Türkiye'de Istıranca, İstanbul, Sakarya Zonları, Anatolid-Torid Bloğu, Kırşehir Masifi ve Arap Platformu olmak üzere altı adet ana litosferik parça bulunmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 – Türkiye'deki Litosferik kıta parçaları (Okay ve Tüysüz, 1999)

İlk üç zon (Istıranca, İstanbul ve Sakarya) kısaca Pontidler olarak adlandırılır. Sakarya Zonu, doğu-batı doğrultulu 1500 km uzunluğunda ve 120 km genişliğinde, güneyde Anatolid – Torid Bloğu, kuzeyde Istıranca ve İstanbul Zonu ile Karadeniz arasında kalan kıta parçasını teşkil eder. Sakarya Zonu, Sakarya kıtasını (Şengör ve Yılmaz, 1981) ve Pontidlerin orta ve doğu kısımlarını kapsar ve onlarla benzer stratigrafik ve tektonik gelişim gösterir. Sakarya zonunun en çarpıcı jeolojik özelliği yaygın bir Triyas dalma batma yığışım kompleksi göstermesidir. Türk jeoloji literatüründe yığışım kompleksi genelde ofiyolitik melanj ile temsil edilir (Okay ve Tüysüz, 1999). Sakarya Zonunun batısındaki bu Triyas Dalma batma yığışım kompleksi Karakaya kompleksi olarak adlandırılır ve üç kilometreyi geçen kalınlıklardaki Orta Triyas metabazit-mermer-fillit serileri ile Triyas eklojit (Okay ve Monie 1997) ve mavişist mercekleri ile temsil edilir. Sakarya Zonunun Jura-Eosen stratigrafisi Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

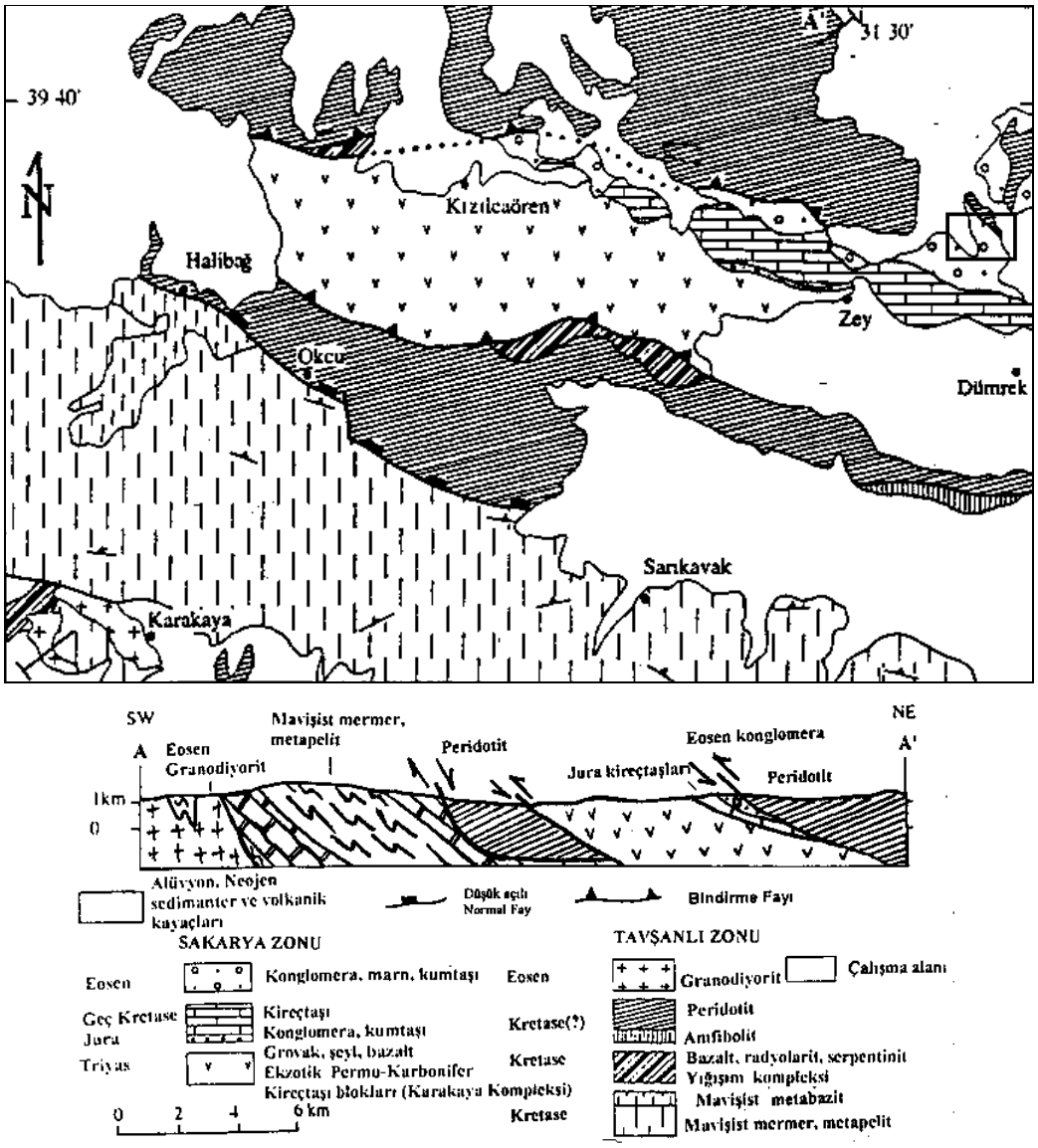


Şekil 2.2 - Sakarya Zonunun Jura-Eosen stratigrafisi (Okay ve Tüysüz, 1999)

Anatolid - Torid Bloğu ise Türkiye'nin güneyinin büyük bir kısmını kapsar. Senonian'de masif bir ofiyolit gövdesi ve yığışım kompleksi bu bloğun üzerine yerleşmiş ve Anatolid - Torid Bloğunun kuzey kenarını yüksek basınç-düşük sıcaklık metamorfizmasına uğratmıştır. Paleosen'de kıtasal çarpışmanın başlamasıyla Anatolid - Torid Bloğu parçalanmıştır. Bu sıkışma, Türkiye'nin batısında Erken ve Orta Miyosen'e kadar devam etmiş ve günümüzde doğu Anadolu'da halen devam etmektedir. Parçalanmanın etkisiyle gelişen olaylar, Anatolid - Torid Bloğununun farklı metamorfik ve yapısal özellikler gösteren zonlara ayrılmasına neden olmuştur. Bunlardan bir tanesi de Kretase yaşlı mavi şistlerden oluşan Tavşanlı Zonudur.

Çalışma alanı, 1/25 000 ölçekli i-27 d1 paftasında Eskişehir ili Sivrihisar ilçesi Karacakaya köyü ve çevresinde yer almaktadır. Çalışma alanını içine alan Sivrihisar bölgesinde Sakarya Zonu, Karakaya kompleksinin bir kısmını oluşturan ve tabanda bazalt ve Karbonifer-Permiyen-Triyas egzotik kireçtaşı bloklarını içeren ileri derecede makaslanmış grovak ve şeyller ile temsil edilmektedir (Monod vd, 1991). Bu kompleks, Jura yaşlı taban kırıntılı kayaçlar tarafından uyumsuzlukla üzerlenmektedir. Kırıntılılar üste doğru Orta Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarına geçiş göstermektedir (Gautier, 1984). Bu örtü dizisinin en üst kısmı Senonian yaşlı

kumtaşı ve şeyllerle örtülmektedir. Sivrihisardaki Tavşanlı zonu ise, iyi gelişmiş foliyasyon ve kıvrım özelliği olan mermer-şist dizisinden oluşmuştur. Bu dizi genellikle yeşilşist fasiyesi mineral topluluklarını içermekle birlikte, sodik amfibol ve lavsonit kalıntıları daha önceki bir mavişist fasiyesi metamorfizmasını işaret etmektedir (Monod vd. 1991). Mavişistler tektonik olarak ultramafik kayaçlar tarafından üzerlenmişler ve Orta Eosen yaşlı granodiyoritler tarafından kesilmişlerdir. Peridotitlerin altında subofiyolitik garnet – amfibolit ve yığışım kompleksinin tektonik dilimleri bulunmaktadır (Okay ve Tüysüz, 1999). Sivrihisar bölgesinin jeolojik haritası ve güneybatı-kuzey doğu doğrultulu kesiti Şekil 2.3' te gösterilmektedir.



Şekil 2.3 – Sivrihisar bölgesinin jeolojik haritası ve güneybatı-kuzey doğu doğrultulu kesiti (Monod vd, 1991)

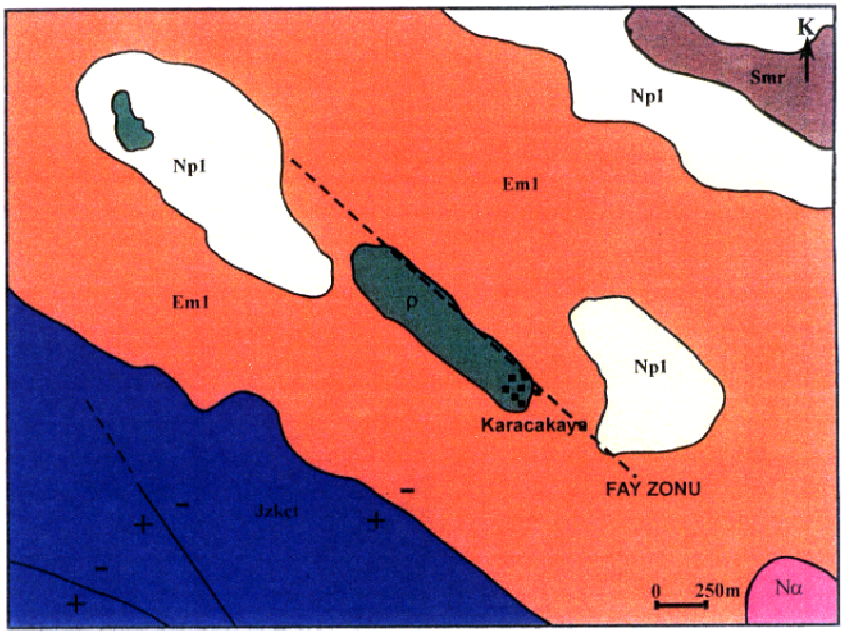
Bölgedeki en eski kayaçları Paleozoik yaşlı mermer arakatlılı kloritik kuvarsitik şistler oluşturmaktadır. Bu metamorfikler ilk defa Romieux (1942) tarafından Güney Metamorfikleri olarak adlandırılmışlardır. Birimlerin üzerini bir nap şeklinde örten ofiyolitler, Gözler vd (1984) tarafından Okçu Metaofiyolitleri, Kulaksız (1977) tarafından ise Karabayır Metaofiyolitleri olarak adlandırılmışlardır. Bu kuşak içerisinde yer alan ultramafik kayaçlar çoğunlukla serpantinleşmiştir. Özellikle ezilme ve fay zonlarında serpantinleşme olayı ileri boyutlara ulaşmıştır. Çalışma alanında bulunan serpantinitler ve tektonik hatlar boyunca oluşmuş silisli zonlar (Gözler vd göre lisvenitik zonlar, 1996) söz konusu metaofiyolit birimlerine aittir. Bu birimlerin üzerine Üst Jura - Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ve Alt – Orta Miyosen yaşlı konglomera – kumtaşı birimleri gelmektedir.

2.2 Çalışma Alanındaki Birimler

Stratigrafik dizilimde en altta Triyas yaşlı metamorfitler, onun üzerinde ise Karkın Formasyonu bulunmaktadır. Sahada pek gözlemlenmeyen Karkın Formasyonunun üzerine yine Triyas yaşlı peridotitler gelmektedir. Jura - Kretase kireçtaşları ile örtülen bu seri üzerinde Alt Eosen yaşlı konglomera – kumtaşı üyesinden oluşan Mamuca Formasyonu ve onun da üzerinde de Alt Miyosen yaşlı Hisartepe Andeziti ve Alt – Orta Miyosen yaşlı Porsuk Formasyonu görülmektedir. Tüm bu birimler Kuvaterner yaşlı genç alüvyonlarla örtülmüştür (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 – Bulunduğumuz yerden ileri doğru araziye kuzeybatıdan güneydoğuya bakış (kireçtaşı, Mamuca Formasyonunun konglomera - kumtaşı üyeleri, ardında da Hisartepe Andeziti)



KUVA-TERNER	Qal2			Genç alüvyon
MİYOSEN	Np	Np2	Porsuk Formasyonu	Marn ve killer
		Np1		Konglomera-kumtaşı
	Nα			Hisartepe andeziti
ALT EOSEN	Em1		Mamuca Formasyonu	Konglomera-kumtaşı üyesi
JURA KRETASE	Jzkçt		Zeyköy Formasyonu	Kireçtaşı üyesi
TRİYAS	ρ		Ofiyolitler	Peridotit
	Smr		Sivrihisar Metamorfitleri	Metamorfitler

Şekil 2.5 – Karacakaya köyü ve yakın çevresinin 1/25 000 ölçekli genel jeoloji haritası (Gözler vd, 1996).

Opal ve kalsedon içeren silis oluşumları Karacakaya Köyünü içine alan ve kuzeybatısına doğu uzanan peridotitler ile Alt Eosen yaşlı konglomera – kumtaşı üyesi arasındaki zon boyunca gözlenmektedir (Şekil 2.5).

2.2.1 Ofiyolitler

Bölgede oldukça geniş bir yayılım gösteren ofiyolitler, KB-GD istikametinde bir uzanım gösterirler ve metamorfik birimleri bir nap şeklinde örterler. Gözler (1996) tarafından melanj ve ultramafikler olarak tanımlanan grup, gabrolar, piroksenitler, hornblenditler, serpantinitler, peridotitler, diyabazlar ve lisvenitlerden oluşur.



Şekil 2.6 – Çalışma alanındaki serpantinitten alınan el örneği



Şekil 2.7 – Karacakaya köyü yakınlarındaki fay hattı boyunca altere serpantinit blokları.

Çalışma alanında yeşil, koyu yeşil renklerde, çoğunlukla peridotitlerin serpantinleşmesi neticesi oluşmuş bloklar şeklinde yüzeylenmektedir. Serpantinit kütlelerinin dokanaklarında ezilmeler ve parçalanmalar görülmektedir.



Şekil 2.8 – Demir içeriği yüksek silisifiye zon

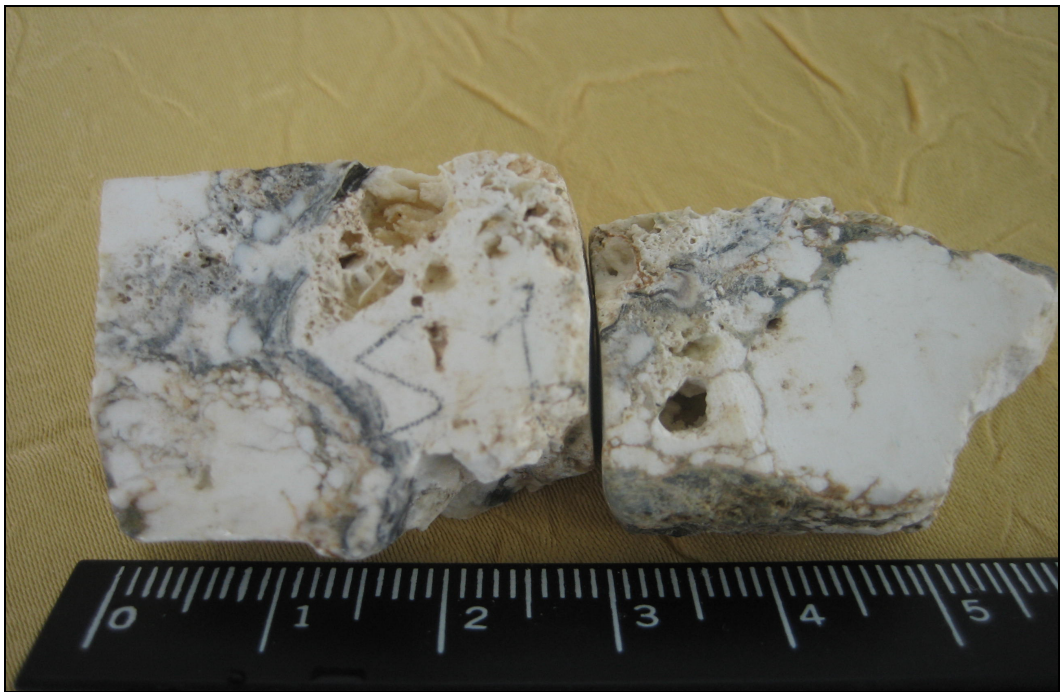


Şekil 2.9 – Demir içeriği yüksek silisifiye zonun yakından görünüşü

Serpantinlerin kırık ve çatlaklarında çatlak dolgusu şeklinde manyezit oluşumları gözlenmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 – Serpantinlerde çatlak dolgusu seklindeki manyezit oluşumu

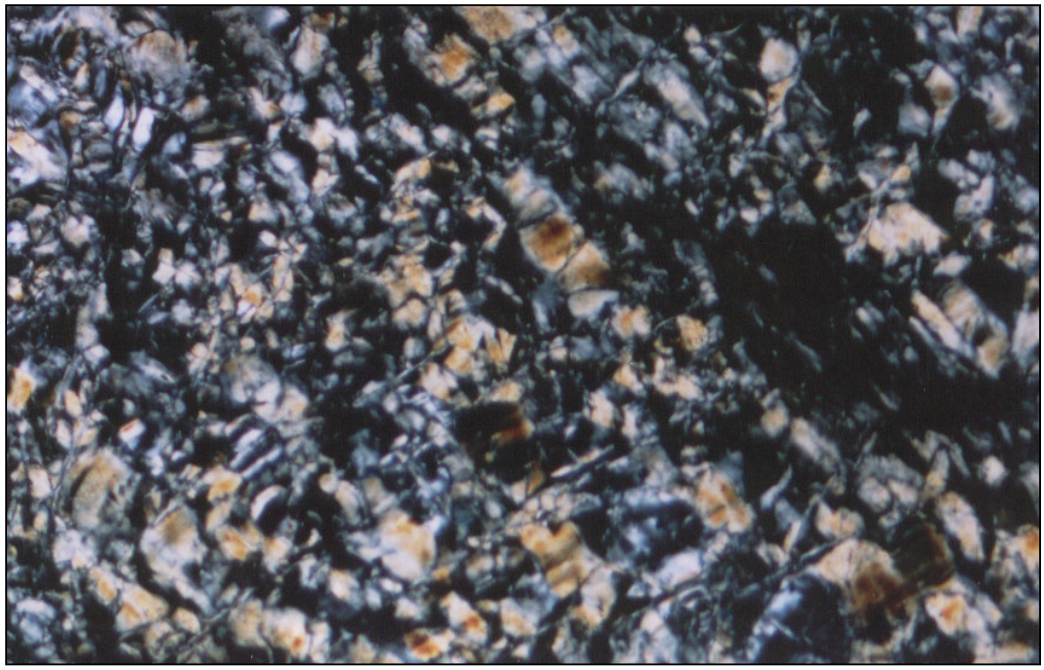


Şekil 2.11 – Çatlak dolgusu şeklinde oluşan manyezit el örnekleri

Gözler ve diğerlerine göre (1996), ofiyolitin yerleşim yaşı Triyas sonu – Erken Jura öncesi, oluşum yaşı ise Karakaya denizinin açılmaya başladığı Triyas'tır.

2.2.2.1. Serpantinitlerin Mikroskobik İncelenmesi

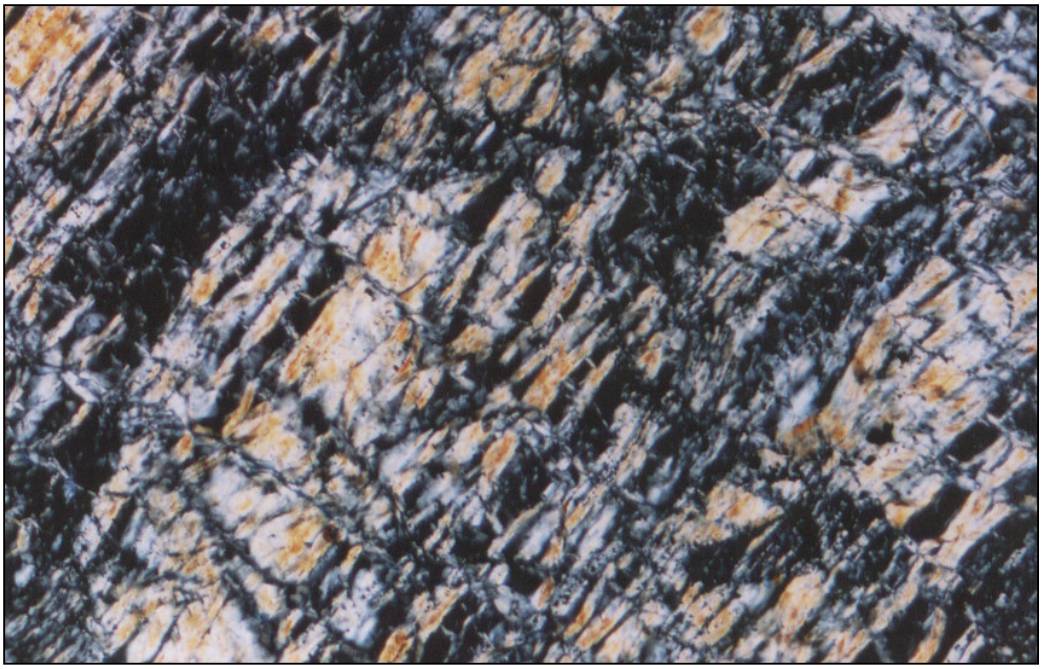
Polarizan mikroskopta yapılan mineralojik incelemeler sonucunda köken kayaca ait olivin ve piroksenler bazı örneklerde kısmen gözlenmektedir. Bu minerallerin kenarlarından itibaren serpantin mineralleri kayaçların tamamını sarmıştır. Polarizan mikroskopta yapılan mineralojik incelemeler sonucunda serpantin mineralleri ince kesitlerinde I.Dizi girişim renkleri ile görülmektedir (Şekil 2.12). Köken kayaca ait olivin mineralleri I. Dizi girişim rengine sahip serpantin mineralleri arasında yüksek girişim renkleri ile kolayca ayırt edilebilmektedir.



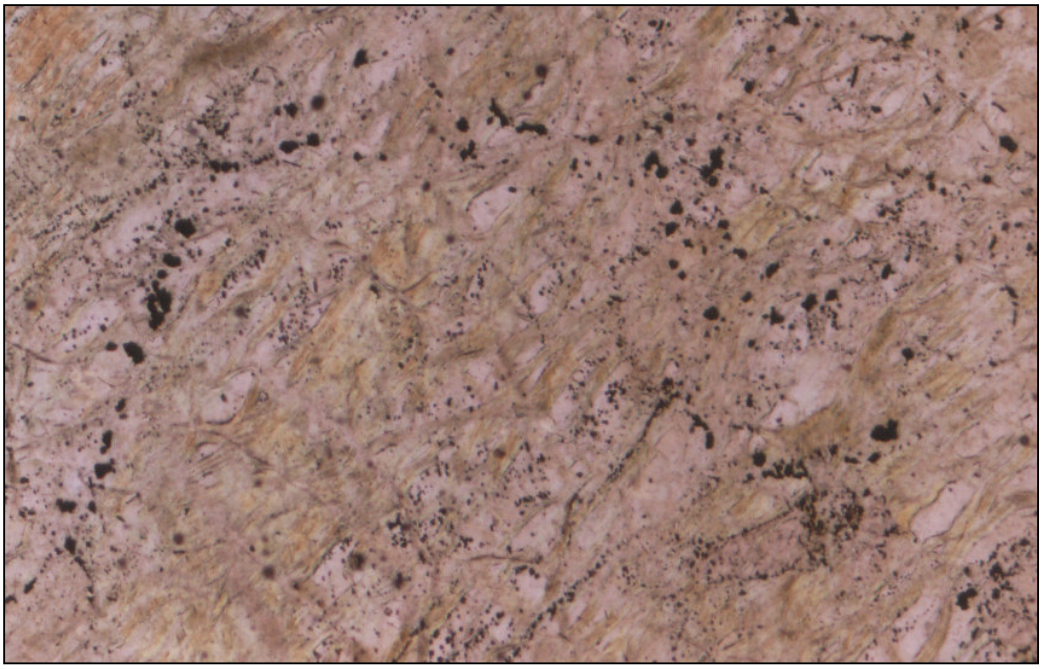
Şekil 2.12 – Polarizan mikroskopta I. Dizi girişim renkleri gösteren serpantin mineralleri (çift nikol, 50x)

Serpantin mineralleri paralel sönme gösterirler. İnce kesitlerde gözlenen serpantin minerallerinin çoğunlukla krizotil ve antigorit olduğu düşünülmektedir.

İnce kesit fotoğraflarında da görüldüğü gibi serpantinlerin elek dokusu gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 2.13).

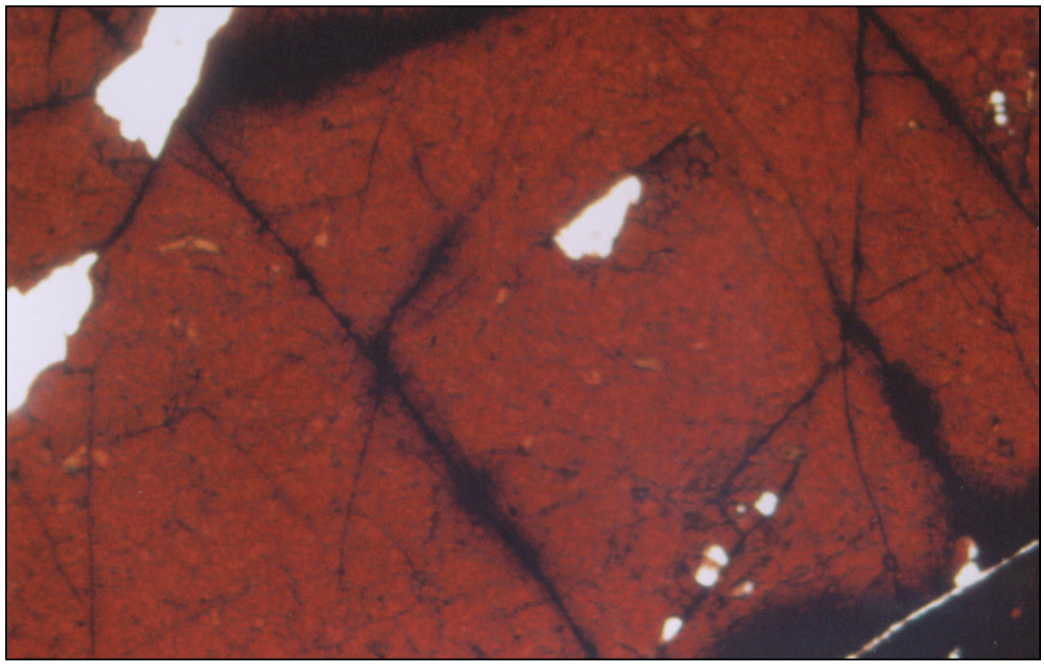


Şekil 2.13 – Elek dokusu gösteren serpantin mineralleri (çift nikol, 50x)



Şekil 2.14 – Tek nikolde ince kesitlerde gözlemlenen opak mineraller (50x)

İnce kesitlerde serpantinlerin hemen hemen hepsinde gözlenen opak mineraller krom taneleridir (Şekil 2.14). Krom-Spinel, (Şekil 2.15) ultramafik kayalarda karakteristik olarak görülür (Blatt vd, 2006).



Şekil 2.15 – Krom-Spinellerin ince kesit görüntüsü, (50x)

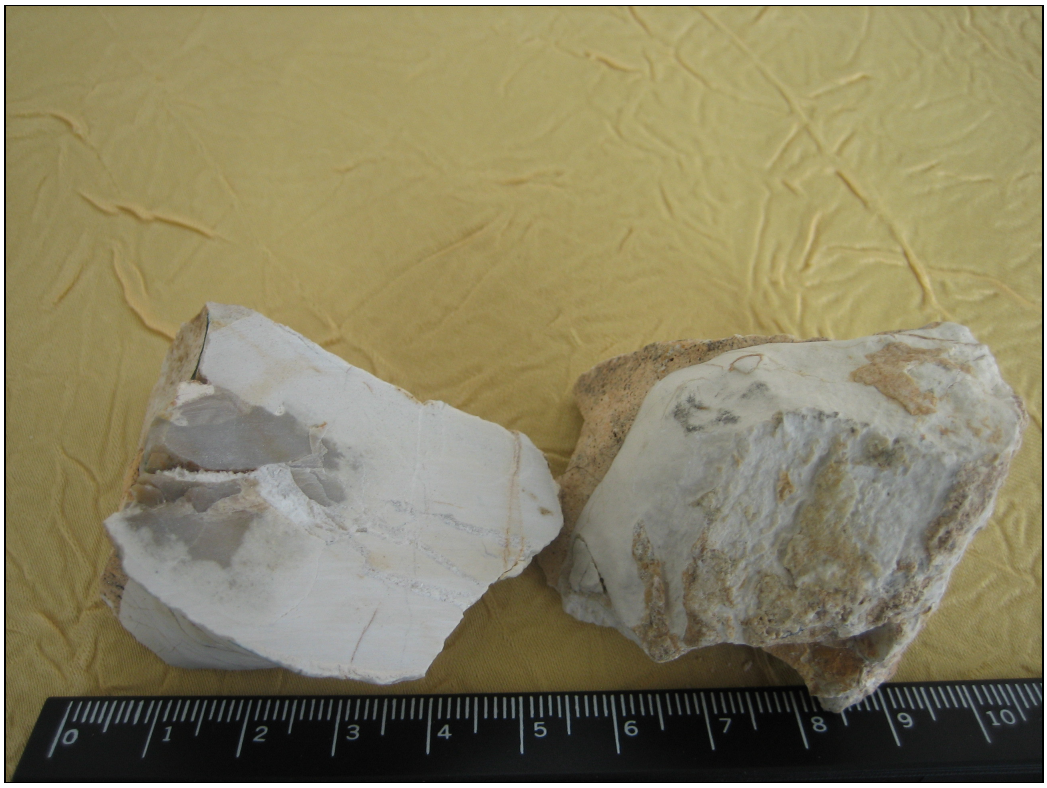
2.2.3 Zeyköy Formasyonu

Taban konglomerasına sahip, sarımsı boz, açık yeşil kumtaşları ile üste doğru çoğunlukla masif görünüşlü fosilsiz gri, krem, beyaz renkli kireçtaşlarına geçen, 1-5 cm kalınlığında çört bantları içeren, ince ve orta tabakalanmalı bol fosilli kireçtaşları ile son bulan bu birim, Kulaksız (1981) tarafından adlandırılmıştır. Başlıca üyeleri; konglomera-kumtaşı ve kireçtaşıdır (Şekil 2.16, 2.17).



Şekil 2.16 – Zeyköy Formasyonunda etkin tektonizma nedeniyle breşleşmiş kireçtaşı

Zeyköy Formasyonu kendisinden yaşlı Karkın Formasyonu üzerine taban konglomerası ile diskordansla gelir.



Şekil 2.17 – Derin denizel çörtlü kireçtaşlarından alınmış el örnekleri

Zeyköy kumtaşları çok ince taneli olup kuvars, muskovit, biyotit, klorit, metamorfik kayaç parçaları ve kalsit içerirler (Şekil 2.18). Çimento, kil ve karbonatlıdır.



Şekil 2.18 – Zeyköy Formasyonunundaki mermer içerisinde kalsit ve aragonit oluşumu



Şekil 2.19 – Jura kireçtasının yüzeylendigi tepe ve önünde Karacakaya köyüne giden yolun uzaktan görünüşü. Bu tepede mermer kazanmak amacıyla ocaklar açılmıstır.

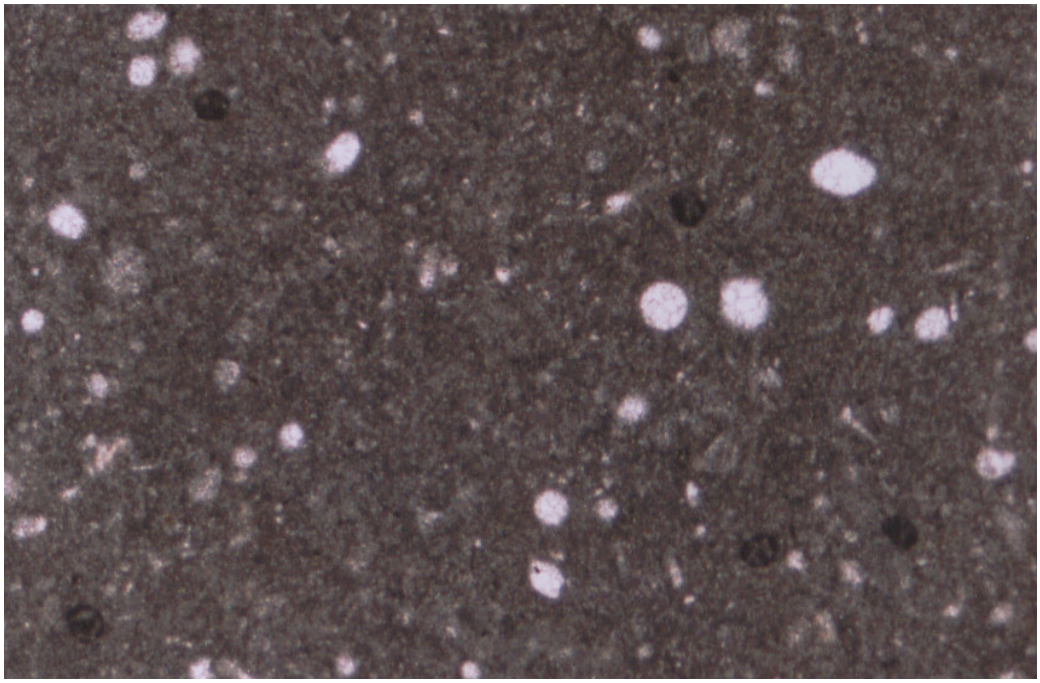


Şekil 2.20 – Zeyköy Formasyonunun Jura kireçtaşlarında açılan ocaktan genel görünüm



Şekil 2.21 – Çok çatlaklı olduğu için blok verimi düşük olan kapanmış mermer ocağı.

Zeyköy Formasyonuna ait kireçtaşlarında yapılan mineralojik çalışmalar sonucunda ince kesitlerde (Şekil 2.22) mikrokristalin bir yapı gösterir ve genelde fosil içerir.



Şekil 2.22 –Zeyköy Formasyonuna ait kireçtaşının ince kesit görüntüsü (50x)

2.2.4 Mamuca Formasyonu

Konglomera-Kumtaşı ile başlayan birim üzerine yeşil renkli killer gelir. Formasyon, üst seviyelere doğru kil arakatkılı, kumlu kireçtaşlarıyla son bulur (Şekil 2.23). Mamuca Formasyonunun kalınlığı 50-300 m civarındadır (Gözler vd. 1996).



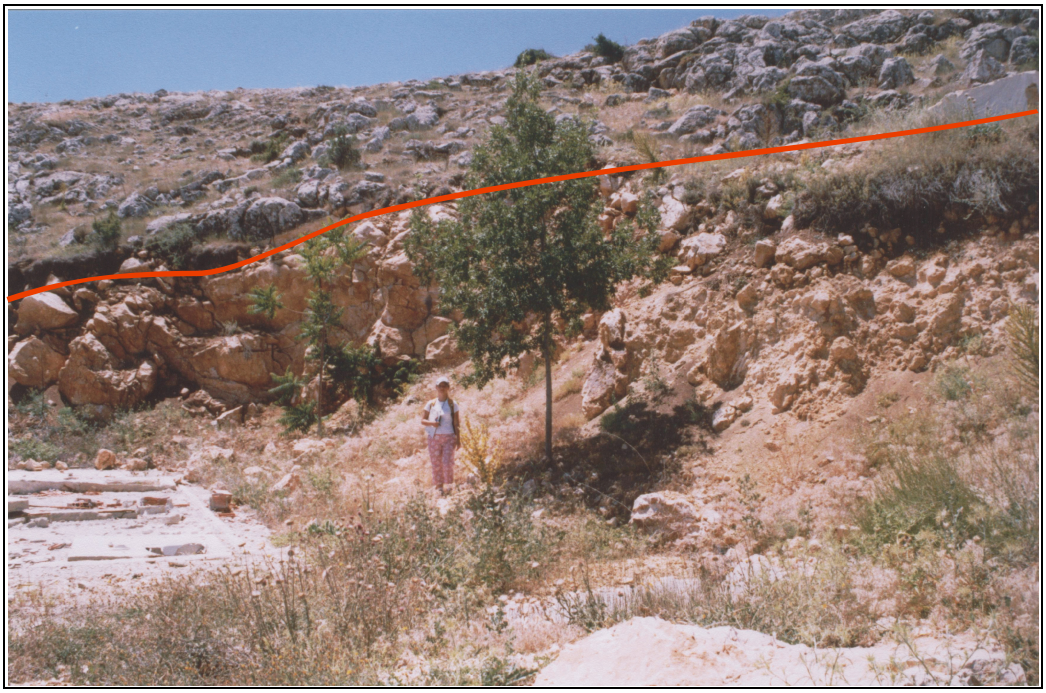
Şekil 2.23 – Mamuca Formasyonu ve ardında traki andezitik volkan konisi

Mamuca Formasyonunun Konglomera – Kumtaşı üyesi, kalın ve çok kalın tabakalı, çoğunlukla kırmızı ve mor renklerin hakim olduğu, sarımsı boz, gri ve açık gri renklerde kendisinden yaşlı birimlerin çakıl boyutundan blok boyutuna kadar değişen parçalarını içeren konglomera ile başlar. Konglomeraların çakılları çoğunlukla şist, mermer, radyolarit, çört, gabro, diyabaz, serpantinit ile granodiyorit ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Konglomeralar kumtaşları ile ardalanmalı olarak görülürler. Kumtaşları ile konglomeralar arasında yer yer ince tüf ve tüfit seviyeleri ile 3-20 cm arasında değişen kömür seviyeleri Dümrek köyü civarında ve Mihalıççık kuzeydoğusundaki konglomera ve kumtaşları arasında gözlenir (Şekil 2.24).



Şekil 2.24 – Mamuca Formasyonunda altere andezit tüf ve breşlerinin görünümü

Konglomera ve kumtaşlarının çakılları çok sıkı tutturulmuş olup hamur malzemesi genellikle kilden ibarettir. Bazen bu malzeme karbonat ve demiroksit bileşimindedir. Konglomeraların tane boyları çok değişik büyüklüklerde olup boylanma çoğunlukla kötüdür.



Şekil 2.25 –. Zeyköy Formasyonu ile Mamuca Formasyonu Sınırı

Çalışma alanında Mamuca Formasyonu Dümrek kuzeyinde Üst Jura – Alt Kretase yaşlı kireçtaşları üzerine diskordansla gelmekle birlikte, Eosen sonrası bölgeyi etkileyen tektonizmanın izlerini taşımaktadır (Şekil 2.25).

2.2.5 Porsuk Formasyonu

Konglomera, kumtaşı, bazalt akıntıları, tüf, tüfit, marn, kil, jipsli marn ve kil, jips ve kireçtaşlarından (Şekil 2.26) ibaret olup yaklaşık doğu-batı doğrultusunda uzanan Porsuk çayı boyunca görüldüğünden bu ad altında tanımlanmıştır (Gözler vd, 1996). Kendisinden yaşlı metamorfik, ultramafik, granit ve Eosen birimleri üzerine uyumsuzlukla gelirler. Formasyonun kalınlığı 50 m ile 600 m. arasında değişmektedir.



Şekil 2.26 – Porsuk Formasyonunun ince tabakalı kireçtaşından bir görünüm

Formasyonun Konglomera Kumtaşı üyesi, çoğunlukla üzerine geldikleri kayaçların cinsi ve rengi ile ilgili olarak değişen renkler alır. Eosen konglomeralarına yakın yerlerde çökelen birimler genellikle kırmızımsı kahverengi, granit ve karbonatlı kayaçlara yakın yerlerde çökelen birimlerinde boz, sarımsı boz, ultramafik ve mavişistlere yakın yerlerde de gri ve yeşilimsi gri renklerde görülürler. Konglomeraların çimentosu ultramafiklere yakın yerlerde genellikle dolomittir. Lisvenitleşmenin yoğun olduğu yerlerin yakındaki konglomeralarda çimento kalsedon ve limonit, metamorfik ve karbonatlara yakın yerlerdeki konglomeralarda ise çimento $CaCO_3$ olarak görülür. Kumtaşları tane açısından konglomeralardan

farklılık göstermemesine rağmen çimento açısından farklılık arzeder. Kumtaşlarında çimento genellikle limonit, kil ve $CaCO_3$ olarak görülür.

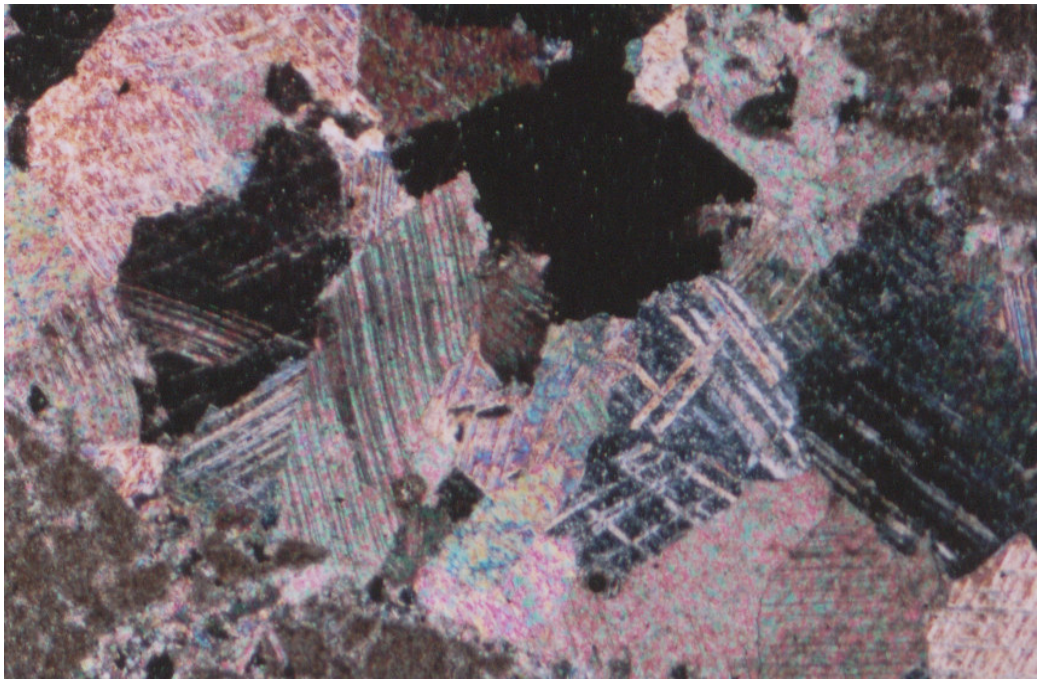
Formasyonun Tüf, Tüfit üyesi, beyaz, pembemsi, kırmızımsı renklerde ince piroklastik malzemelerden oluşmuştur. Havza kenarında tüf, sedimantasyon havzasında ise marn ve kil arakatkılı tüfitten ibarettir.



Şekil 2.27 – Porsuk Formasyonunun kireçtaşı üyesinin yakından görünüşü

Genellikle yeşil, sarı renklerde hiç jips içermeyen Porsuk Formasyonunun Marn ve Kil üyesi, havzanın en derin kesimlerinde görülür. Marn ve killer arasında yer yer çok ince bantlar şeklinde kireçtaşlarını görmek mümkündür. Konglomera veya kumtaşları üzerine geldiği yerlerde marn ve killerin alt seviyelerinde kömür oluşumlarına rastlamak mümkündür. Porsuk Formasyonunun en kalın birimi olan Marn ve Killer 150 m. ye kadar ulaşmaktadır.

Formasyonda ayrıca 1-3 cm kalınlığında jips seviyeleri içeren yeşil, sarı renklerde jipsli marnlı kil birimi de bulunmaktadır. Bu birimi diğer marn ve killerden ayıran özelliği jips içermiş olmasıdır.



Şekil 2.28 – Porsuk Formasyonuna ait sığ denizel kireçtaşı (50x)

Porsuk Formasyonuna ait Hisartepe trakiandeziti çalışma alanının güneydoğusunda volkan konileri şeklinde görülmektedir.



Şekil 2.29 – Hisartepe traki andezit volkan konilerinin genel görünümü



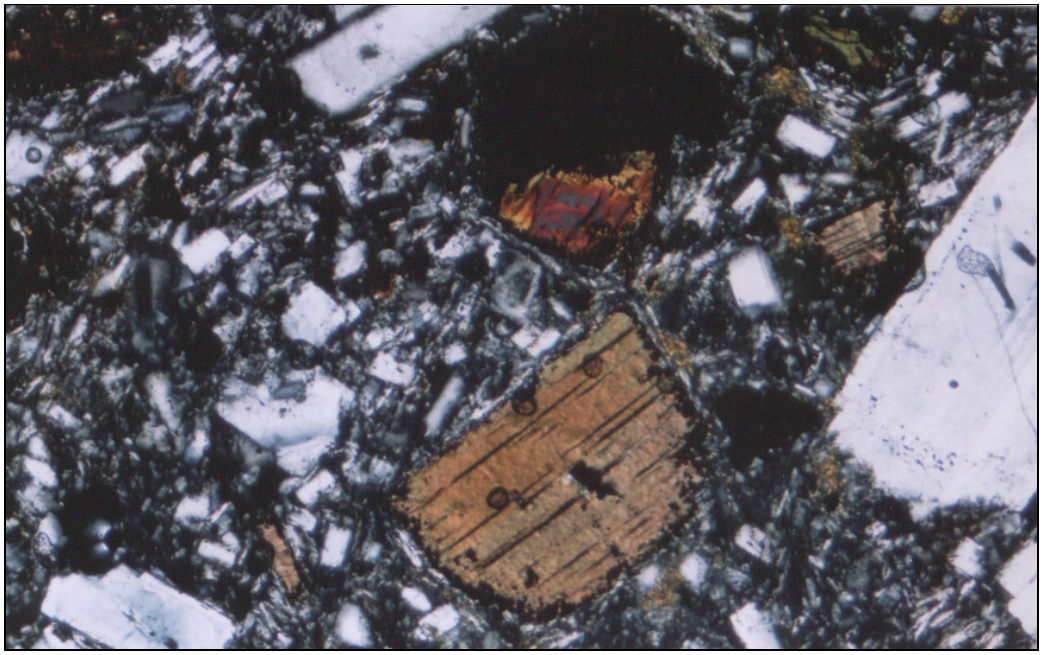
Şekil 2.30 – Hisartepe traki andeziti volkan konisinde sütun yapısı oluşturan soğuma çatlakları



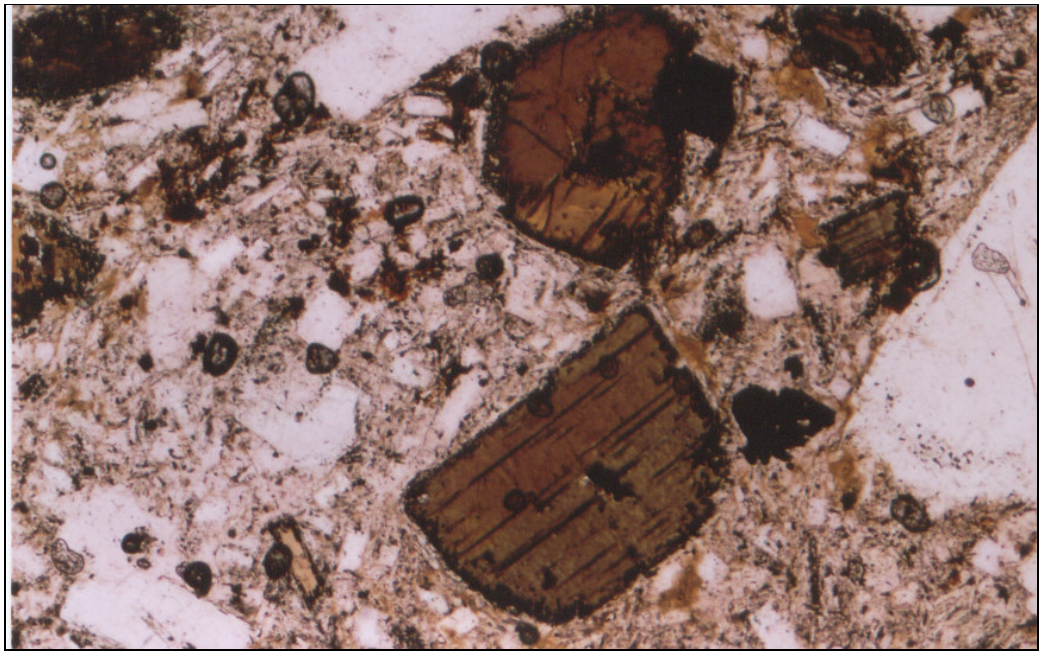
Şekil 2.31 – Hisartepe traki andeziti el örneği

Traki-Andezitlerin Mikroskobik İncelenmeleri

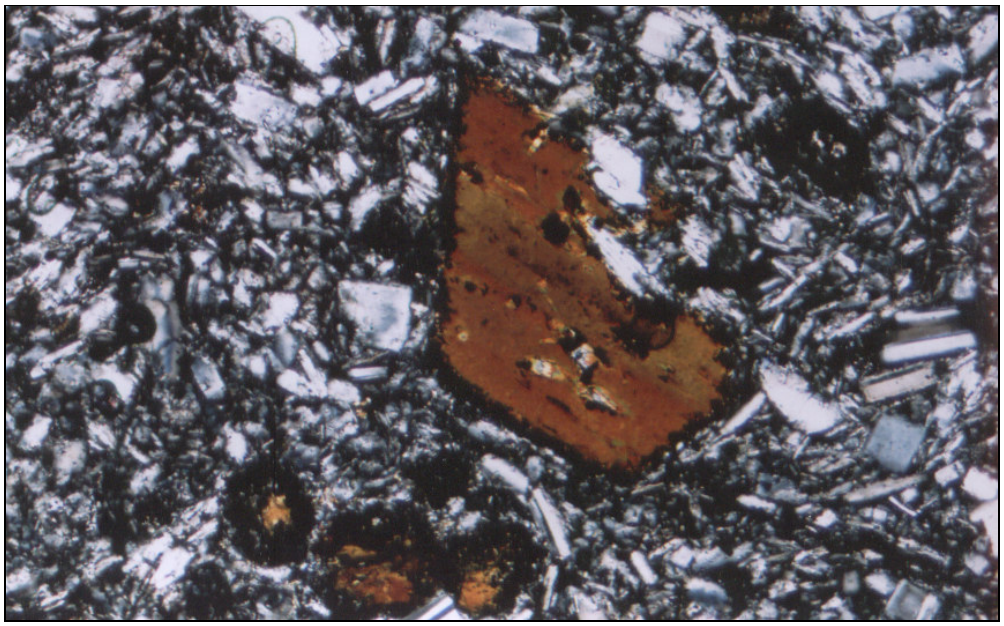
Bir kısmı İTÜ ince kesit laboratuvarlında bir kısmı ise MTA'da yaptırılan ince kesit değerlendirmelerinde, andezit bileşimli kayaçlar, plajioklaz, amfibol ve biyotit mineralleri içermektedir.



Şekil 2.32 – Traki-andezit bileşimli kayaçların ince kesit görüntüleri (çift nikol, 50x)



Şekil 2.33 – Traki-andezit bileşimli kayaçların ince kesit görntüleri (tek nikol, 50x)



Şekil 2.34 – Özşeklini kısmen kaybeden biyotit minerali (çift nikol, 50x)

Biyotit fenokristalleri ince kesitte çok belirgin kahverengi bir renk gösterir. Volkanik kayaçlarda genellikle psödohegzagonal şekle sahip olan biyotitler, ince kesitlerde özşekillerini kısmen kaybetmiş durumda gözlenirler ancak halen hegzagonal yapı beli belirsiz seçilebilmektedir (Şekil 2.34). Birbirine paralel iyi gelişmiş tek yönde dilinim gösterirler (Şekil 2.32 ve 2.33).

3. OPAL ve KRİZOPRAZ OLUŞUMLARI

Kuvars yerbilimciler arasında en iyi bilinen mineral olmasına rağmen kuvars grubu süs taşları hakkındaki bilgiler sınırlıdır. Gemolojik olarak kuvars grubu süs taşları makrokristalin, mikrokristalin, kriptokristalin ve silis kayası olmak üzere 4 grupta değerlendirilmektedir. Bunlara amorf silisyum dioksit olan opal de ilave edildiğinde kuvars grubu süs taşlarını 5 ana başlık altında incelemek mümkündür. Türkiye'de bulunan ve ekonomik öneme sahip olan süs taşlarının çoğunluğu kuvars grubundandır. Eskişehir-Sarıcakaya mavi kalsedonları, Yozgat, Amasya, Afyon, Ankara, Eskişehir ve Kütahya civarında bulunan agat ve opaller, Kütahya-Simav ateş opali, Türkiye'nin pek çok yerinde rastlanan silisleşmiş ağaçlar, Balıkesir-Dursunbey ametisleri ile Aydın-Çine kristal kuvarsları bilinen en iyi oluşumlardır.

Krizopraz, nikel içeriğinden dolayı yeşil renklenen kriptokristalen yada amorf silika, genellikle kalsedondur (Sachanbinski, 2001). Krizopraz, karakteristik elma yeşili rengiyle kuvars grubunun en değerli üyesidir. İsmi eski Yunanca'da altın bahçe anlamına gelen iki ayrı sözcükten kaynaklanmaktadır: "chyros" ve "prasia".

Ultraviyole ışık altında rengi soluklaşır ve ısıtma sonucu solgunluk daha da artar. Kalsedonların krom tuzları içeren çözeltilerin etkisi ile yeşile boyanması ve krizopraz imitasyonlarının elde edilmesi mümkündür. Krizopraz iç mekan dekorasyonu için de kullanılmaktadır.

Mücevher kalitesindeki krizoprazın gemolojik özelikleri;

1. Renk: Elma yeşili, koyu yeşil, açık yeşil ve sarımsı yeşil renklerde görülebilir.
2. Şeffaflık: Yarı seffaf yada opak şekillerde bulunabilir.
3. Yüzey parlaklığı: camsı yada reçine parlaklığı gösterir.
4. Sertlik: Mohs skalasına göre krizoprazın sertliği 6-7 arasındadır.
5. Özgül ağırlığı: 2.58 – 2.64 arasındadır.
6. Kırılma indeksi: 1.53 – 1.54 değerlerini verir.
7. Chelsea filtresi reaksiyonu: yeşildir.
8. Ultraviyole floresans: yoktur.

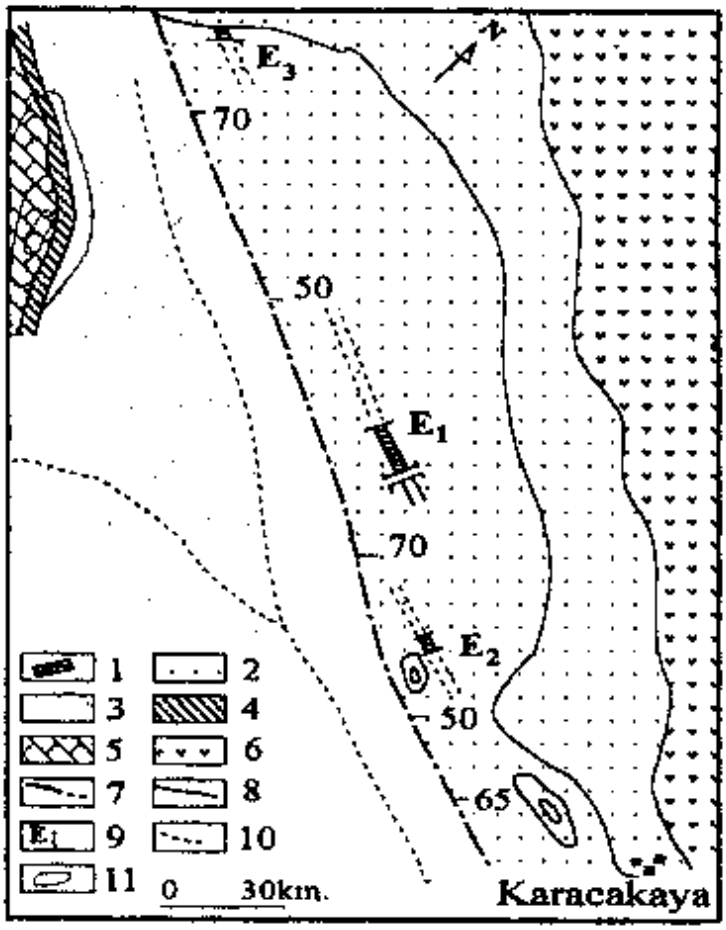
Krizoprazın oluşum koşulları serpantinleşmiş ultrabazik kayaçların alterasyonu ile ya da hidrotermal süreçler ile açıklanmaktadır (Sojka vd, 2004). Serpantinin laterizasyonu sonucunda ortaya çıkan silika ve nikelin taşınarak damarlar ve nodüller şeklinde (manyezitle yerdeğiştirerek) krizopraz oluşumuna olanak verir. Avusturalya Marlborough'daki mücevher kalitesindeki krizoprazlar, damarlar ve nodüller şeklinde manyezitçe zengin zonda oluşmuşlardır. Bu bölgeden çıkarılan krizoprazların piyasa değeri yıllık 1 milyon $'dır (Queensland Hükümet kayıtlarından alınmıştır). Dünyadaki diğer önemli oluşumlar ise; Polonya (Lower Silesia), Kazakistan (Sarykul Boldy) ve Afrika'da bulunmaktadır.

Opal ise, bünyesinde %2 ile 20 arasında su ihtiva eden amorf silisyum dioksittir. Opaller üç grupta sınıflandırılmaktadır.

1. Asil opal: Sahip olduğu silis küreciklerinin diziliminden kaynaklanan renkli ışık oyunları (palyaço) nedeniyle en değerli olan opaldir.
2. Ateş opali: Karakteristik turuncu renge sahip opaldir.
3. Adi opal: Işık oyunu göstermeyen, sıklıkla mat ve sütümsü opaldir. Görünümü opalize olarak adlandırılır.

En önemli opal yatakları Avustralya'nın güneyinde bulunmaktadır. Diğer önemli opak yatakları, Brezilya, Guatemala, Endonezya, Japonya, Meksika, Rusya'da bulunmaktadır.

Karacakaya ve Karaçam (Karacakaya köyünün kuzeybatısı) cevherleşmeleri Sivrihisar çevresindeki en önemli Ni-Co-Fe-Opal-Kalsedon yataklarını oluşturur. Karaçam Sivrihisar'ın 22.5 km, Karacakaya ise 17.5 km kuzeyindedir. Karacakaya'daki cevherleşme esas itibariyle opal ve kalsedondan ibarettir. Genelde yeşil, balrengi ve mavimsi opaller baskındır. Damar biçiminde yerleşen cevher BKB doğrultuludur. (Şekil 3.1) Tabanda gabro bileşimli kayaçlar yer alır.



Şekil 3.1 – Karacakaya cevherleşmesinin jeolojik haritası (Gümüş, 1999) 1.Opal-Kalsedon damarları, 2.Silisli zon, 3.Killi zon, 4.Milonit, 5.Kireçtaşı, 6.Gabro, 7.Fay, 8.Dokanak, 9.Açık ocak, 10.Dere, 11.Yükselti Eğrileri

Karaçam demir-opal-kalsedon cevherleşmesi, ultrabazik ve bazik kayaçlardan gelişen serpantinlerin üzerinde gerçekleşmiştir. Serpantinlerden itibaren yüzeye doğru demir cevheri seviyesi, değişik renkte opal ve kalsedon içerikli killi (Saprolit) seviye, beyaz opalin egemen olduğu opal seviyesi ve de en üstte bir silis kabuğu ayırtlanmıştır. Bu seviyeler bölgede hemen hemen yatay durumdadır (Gümüş, 1999). Demir cevheri seviyesi 40m kalınlığa sahip olup hematit, götit ve limonitten ibarettir. Yapıları böbreğimsi, kolloform biçimindedir. Ayrıca ana kayaçtan kaynaklanan pirit, bravoit, kromit ve manyetit gibi aksesuar mineraller de mevcuttur.

Karaçam Fe-Ni-Co-opal cevherleşmesi lateritleşmeye bağlı bir yataktır. Bu yatağın oluşumu aşağıdaki evrelerde gelişmiştir:

1) Orta Miyosen'in başlangıcındaki yağışsız fakat sıcak bir iklimin etkisinde kalan ultrabazik ve bazik kayaçlar ayrışmışlar ve serpantinleşmişlerdir. Serpantinlerin bozunması sonucunda manyezit oluşumları gerçekleşmiştir.

2) Yüzeyde yoğun bir lateritleşme, Orta Miyosen'in yağışlı ve sıcak iklimin etkisinde gelişmiştir. Bir kısım bileşikler çözelti halinde ortamdan uzaklaşmışlar ve yerinde kalan demirli bileşikler derişmişlerdir.

3) Orta Miyosen'in sonlarına doğru yağışlı ve sıcak bir iklim altında çözeltilerin ortamdan ayrılmasıyla bu seviyelerde demir bileşikleri azalmış, buna karşılık nikelli silikatlar büyük çapta derişmişlerdir. Aynı zamanda nikelli kobaltlı bu seviyede, kalıntı killerden olan Saprolit formasyonu gelişmiştir.

4) Üst Miyosen'in başlangıcındaki kurak iklimde opal ve kalsedon oluşturan silis çözeltileri, bundan önceki seviyeleri örtecek biçimde gelişmiştir.

5) Batı Anadolu'da meydana gelen tektonizmadan ötürü ortaya çıkan kırıklar boyunca, volkanosedimanter kökenli hidrotermal akışkanlarla mevcut SiO_2 lerin yeniden harekete geçmesi ile damar tipi cevherler oluşmuştur.

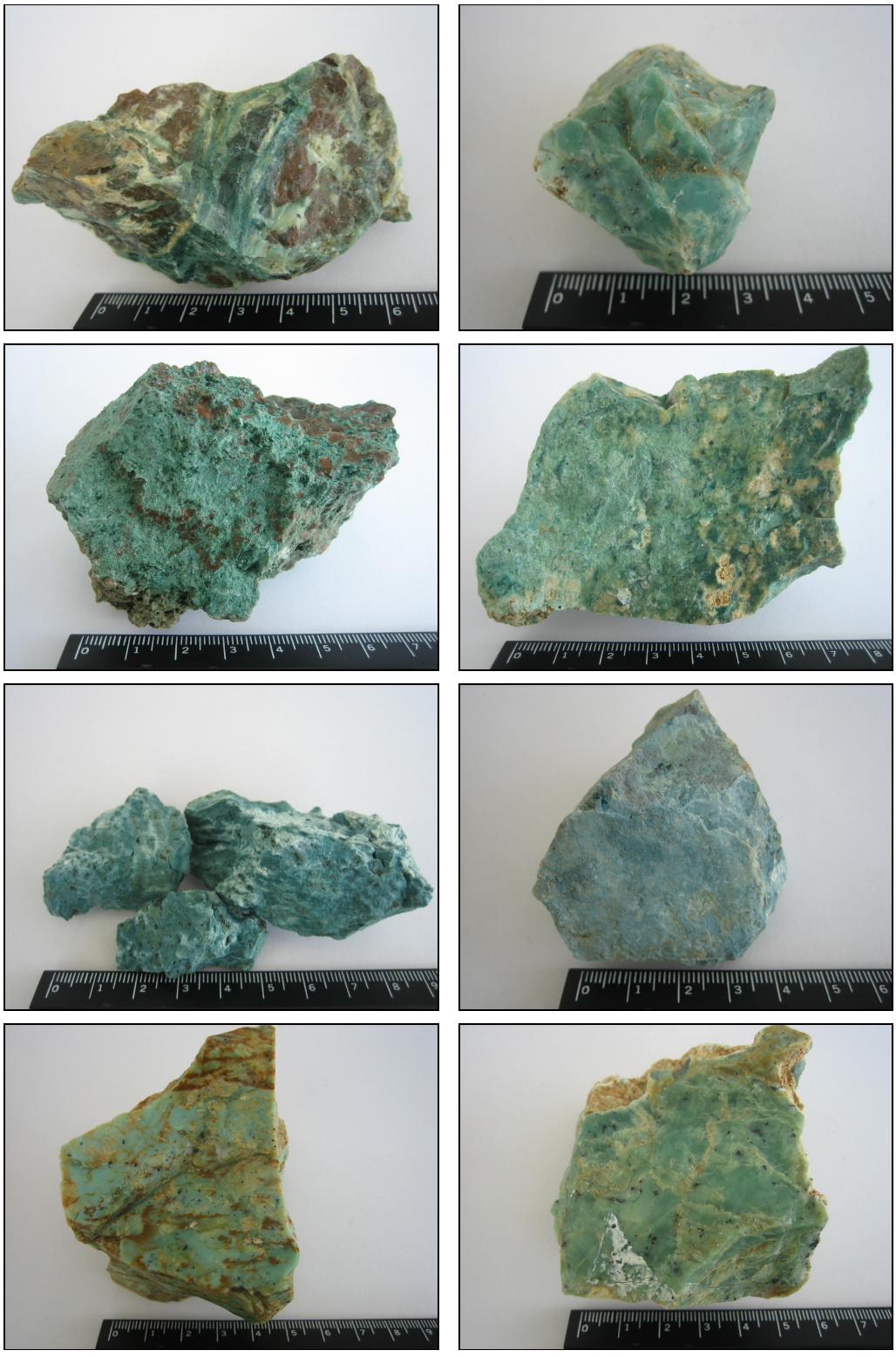
Karacakaya cevherleşmesi (Şekil 3.2, 3.3), görünürde salt silis kabuğundan ibarettir. Karaçam'daki gibi Fe-Ni ve Co cevherleşmesi söz konusu değildir. Yeşil rengin baskın olduğu opallerin rengi, yapılan jeokimyasal incelemelere göre ana kayaçtan gelen Ni'den ileri gelmektedir. (Gümüş, 1999)



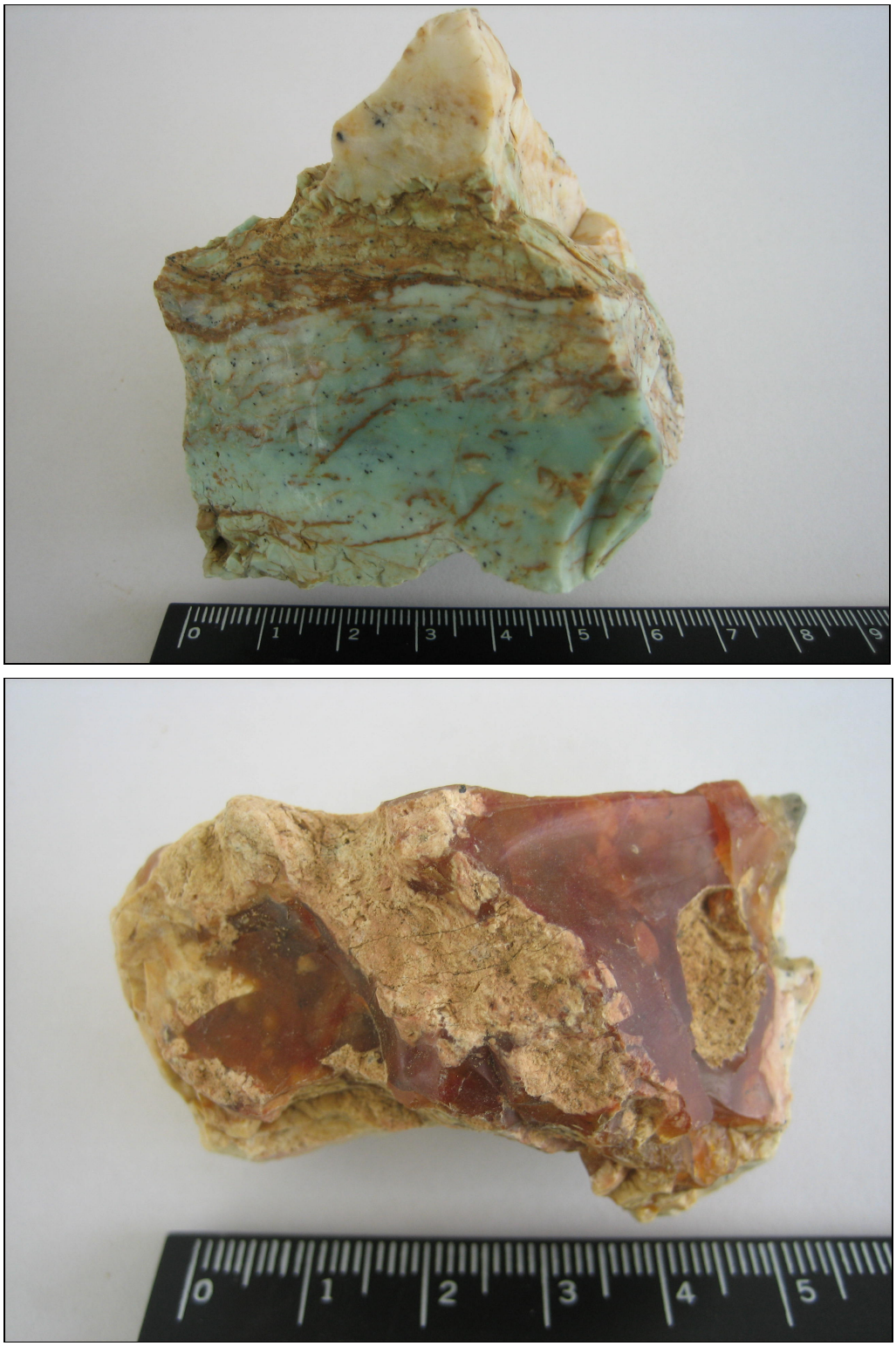
Şekil 3.2 – Serpantinler içerisinde opal oluşumları



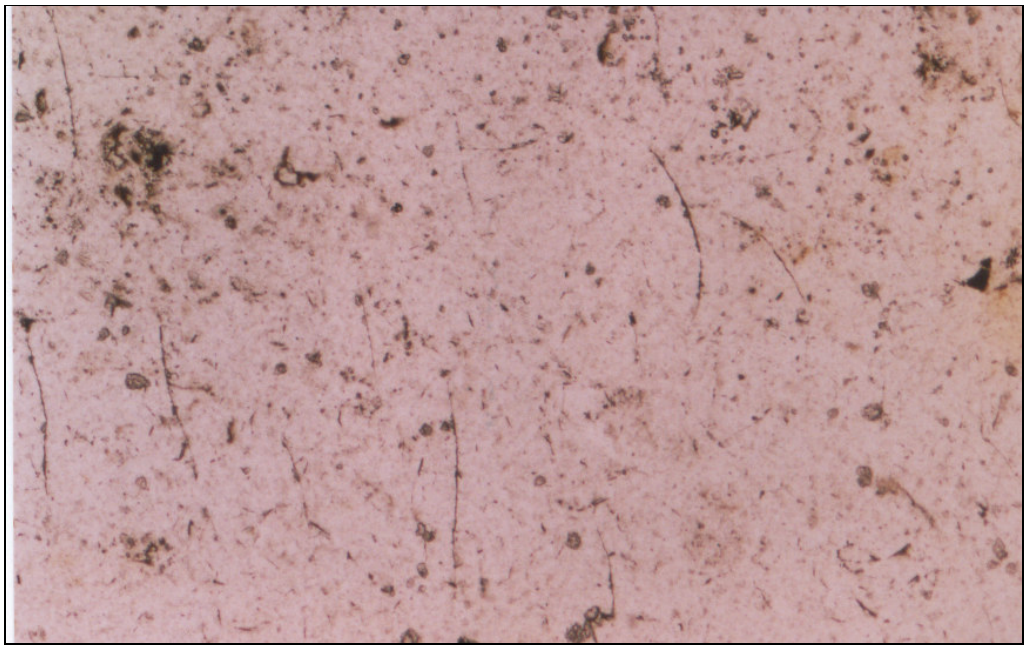
Şekil 3.3 – Karacakaya'da serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar üzerindeki opal döküntüleri



Şekil 3.4 – Araziden alınan yeşil opal el örnekleri



Şekil 3.5 – Çalışma alanında bulunan çeşitli renklerdeki opal örnekleri



Şekil 3.6 – Opal (Tek nikol, 50x)

Polarizan mikroskopta çift nikolde tamamen karanlık gözüken opal ince kesitleri tek nikolde belirgin bir yapı sergilememektedir. Ancak yay şeklindeki çizgisel yapılar dikkat çekmektedir (Şekil 3.6). Bunlar, opalin suyunu kaybetmesine bağlı olarak ortaya çıkan çatlaklardır.

Çalışma alanından alınan örneklerin isimlendirilmesi için çeşitli gemolojik incelemeler yapılmıştır. Schneider marka refraktometre ile bir yüzeyi parlatılmış örnekler refraktometreye konularak kırılma indisleri ölçülmüştür (Şekil 3.7). Buna göre örneklerin kırılma indisleri 1.52 ile 1.55 arasında değişmektedir.



Şekil 3.7 – İTÜ Gemoloji Laboratuvarında cevher örneklerinin refraktometre ile kırılma indisi ölçümü

4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

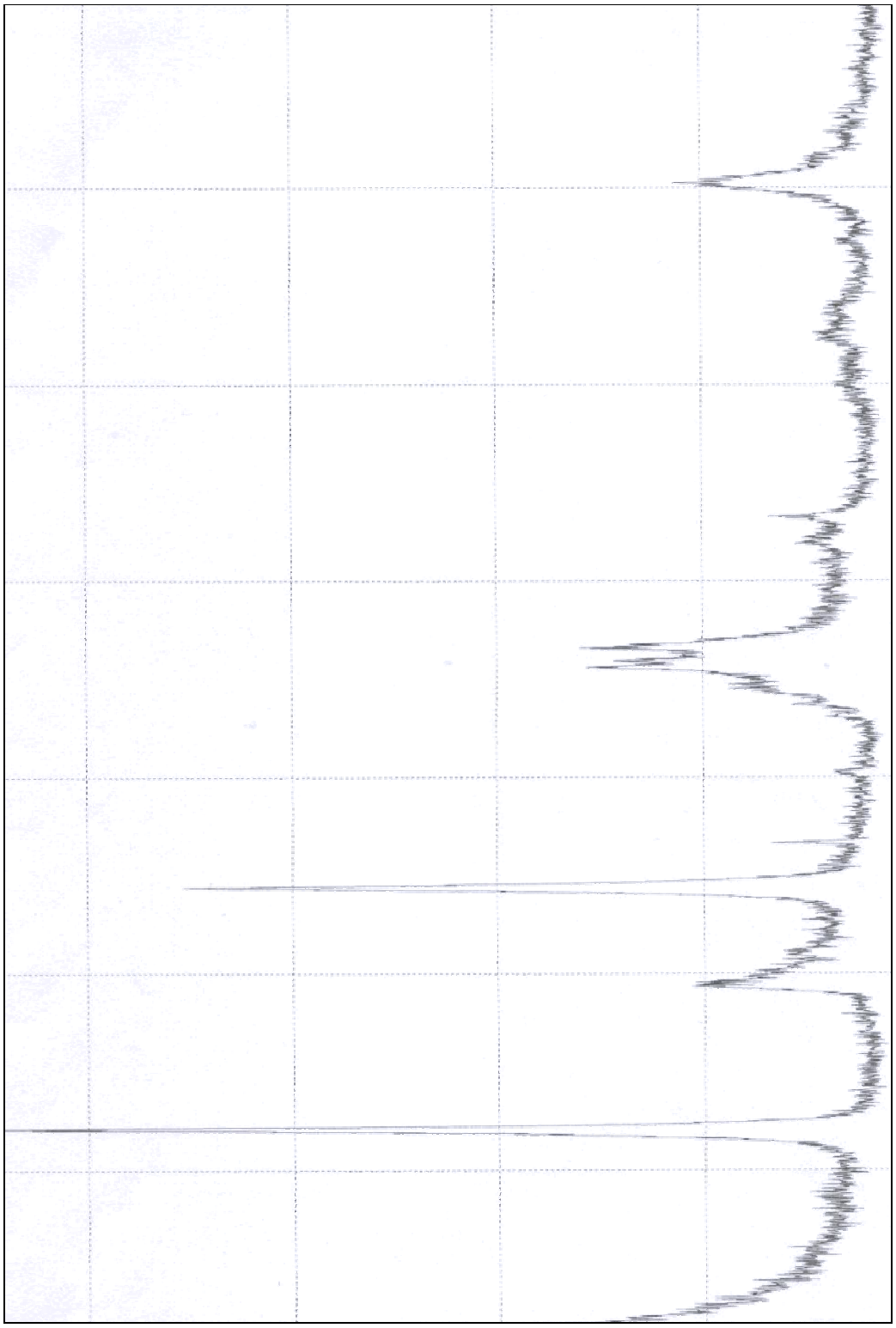
4.1 XRD İncelemeleri

Analizler, SHIMADZU XRD-6000 cihazı ile Cu X-ışını tüpü (λ=1.5405 Angstrom) kullanılarak yapılmıştır.

Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde serpantinit kayasında yapılan pik tanımlı X ışını kırınım çalışmaları sonucunda serpantin mineralinin Klinokrizotil [$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$] olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.1). Örnekte tespit edilen bir diğer mineral ise Kuvars (SiO_2)'tir. Serpantinleşen ultrabazik kayaçta alterasyon ürünü olarak kuvarsın bulunması olağandır.

Cevher örneklerinden birincisinde (Şekil 4.2), yüksek oranda (yaklaşık %90) tridimit katmanlı, düzensiz bir yapı gösteren Opal-CT tespit edilmiştir. Örnekte az miktarda da (yaklaşık %10) kuvars minerali tespit edilmiştir.

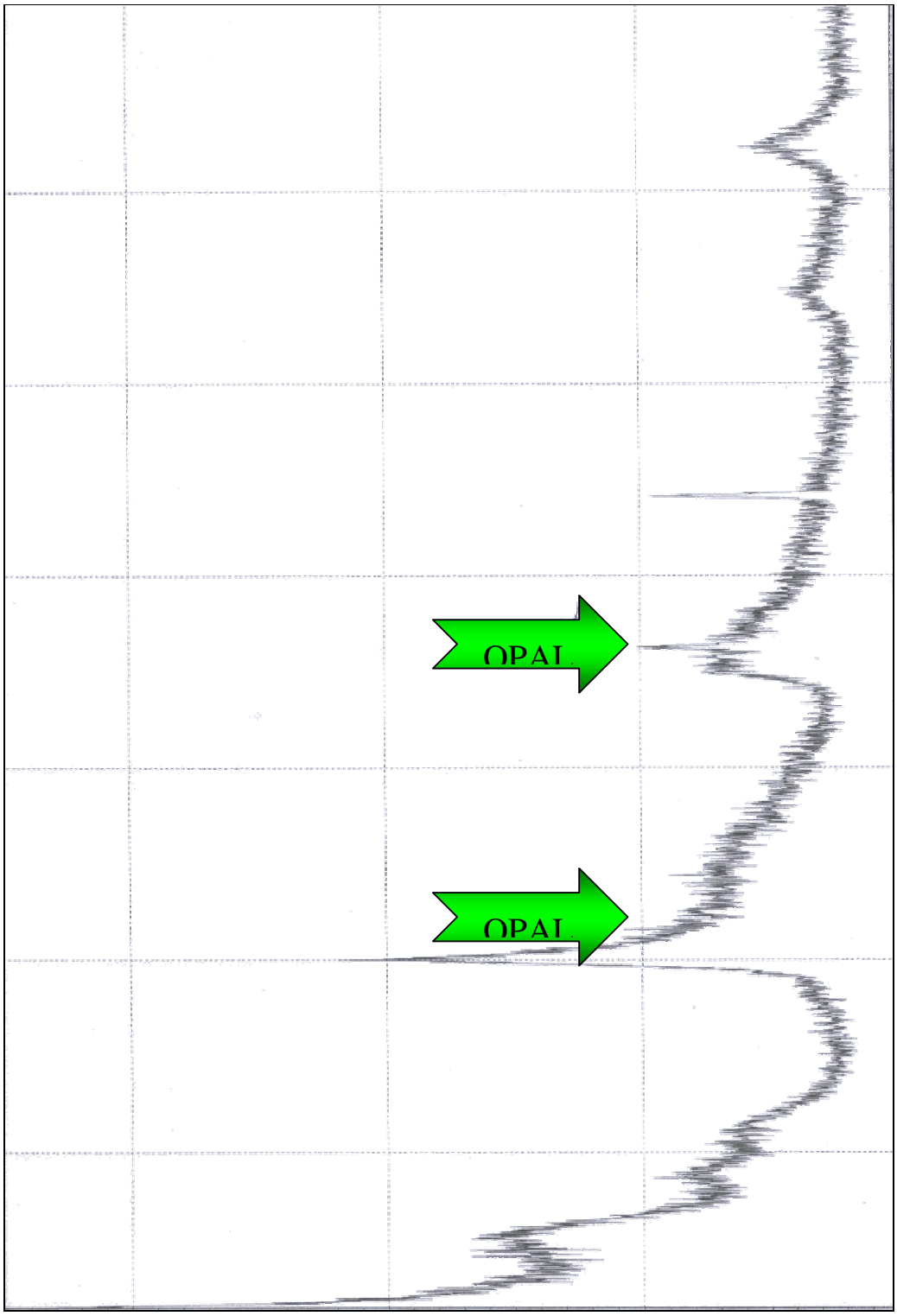
Cevher örneklerinden ikincisinde (Şekil 4.3) yapılan X ışını kırımın çalışmalarında ise, montmorillonit ve opal-CT tespit edilmiştir. Bazik kayaların alterasyonu sonucu smektit grubu killer oluşur. Buradaki opal oluşumu da ultrabazik kayaç alterasyonu ile yakın ilişkili olduğundan bu alterasyonun tipik ürünü olan smektitlerin inceleme alanında opal ile parajenetik olarak bulunması doğaldır.



Şekil 4.1 - Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan serpantinit kayasına ait X ışını kırınım diyagramı

Tablo 4.1– Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan serpantinit kayasına ait X ışını kırınım pik data listesi

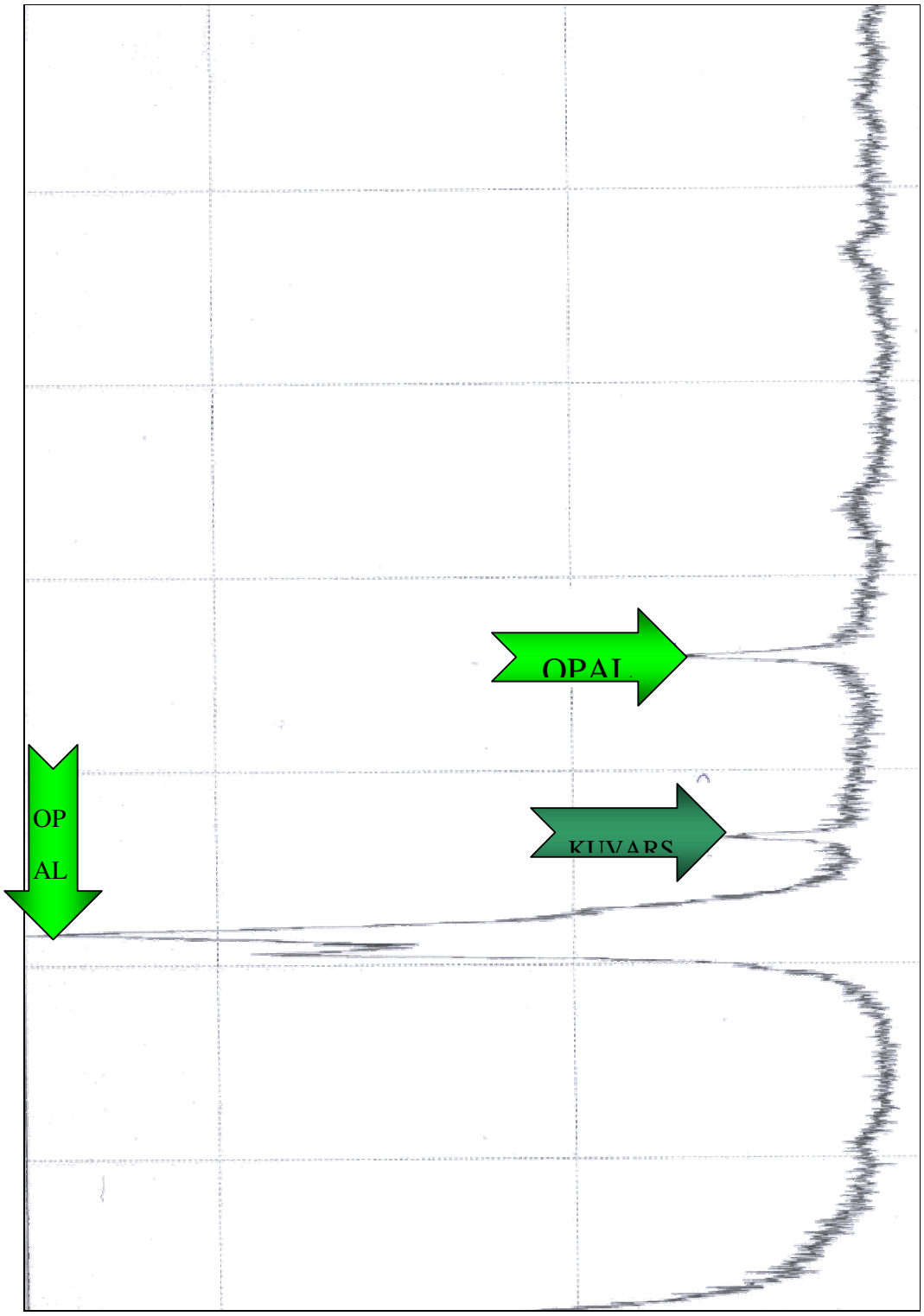
En güçlü 3 pik							
No	**Pik No**	**2Theta**	**d**	**I/I1**	**FWHM**	**Intensity**	**Integrated Int**
		(deg)	(A)		(deg)	(counts)	(counts)
1	3	12.0484	7.33979	100	0.35690	511	8943
2	13	24.3347	3.65473	77	0.39710	395	8056
3	21	35.5400	2.52395	27	0.45600	137	3986
Pik Data Listesi							
	1	11.2000	7.89380	4	0.38000	22	684
	2	11.6400	7.59638	22	0.27600	113	2010
	3	12.0484	7.33979	100	0.35690	511	8943
	4	12.5000	7.07561	9	0.18660	45	913
	5	19.5357	4.54035	19	0.80860	95	3795
	6	20.1000	4.41414	10	0.00000	50	0
	7	20.4000	4.34989	6	0.40000	33	824
	8	20.9000	4.24695	5	0.78660	28	802
	9	21.4800	4.13356	3	0.28000	15	269
	10	23.7200	3.74804	5	0.30000	24	508
	11	23.9000	3.72021	12	0.29600	63	817
	12	24.0200	3.70190	22	0.00000	113	0
	13	24.3347	3.65473	77	0.39710	395	8056
	14	24.8400	3.58152	9	0.24000	47	1140
	15	26.6252	3.34529	6	0.19540	33	327
	16	30.1860	2.95829	4	0.29200	18	285
	17	33.7100	2.65666	4	0.26000	22	410
	18	34.3000	2.61230	8	0.29000	41	1058
	19	34.6200	2.58888	10	0.00000	50	0
	20	35.0200	2.56022	9	0.00000	47	0
	21	35.5400	2.52395	27	0.45600	137	3986
	22	35.8800	2.50080	23	0.00000	118	0
	23	36.5600	2.45584	26	0.74000	134	5041
	24	37.0800	2.42258	8	0.42000	43	978
	25	37.5400	2.39395	3	0.24000	16	223
	26	41.9000	2.15437	4	0.24000	21	454
	27	43.2025	2.09238	7	0.31500	34	750
	28	52.2600	1.74905	4	0.20000	19	232
	29	52.5525	1.74001	4	0.22500	19	337
	30	59.2600	1.55806	4	0.28000	20	613
	31	59.5400	1.55140	6	0.00000	31	0
	32	59.9600	1.54153	15	0.48800	79	2319
	33	60.2200	1.53550	20	0.00000	104	0
	34	60.4600	1.52997	15	0.49000	77	1664
	35	60.7600	1.52314	7	0.32000	38	690
	36	61.1200	1.51503	5	0.00000	25	0
	37	61.5000	1.50657	4	0.53340	19	701



Şekil 4.2 – Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan cevher örneğine ait X ışını kırınım diyagramı

Tablo 4.2 – Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan cevher örneğine ait X ışını kırınım pik data listesi

En güçlü 3 pik							
No	**Pik No**	**2Theta**	**d**	**I/I1**	**FWHM**	**Intensity**	**Integrated Int**
		(deg)	(A)		(deg)	(counts)	(counts)
1	6	20.2033	4.39180	100	1.13330	191	12393
2	7	21.5000	4.12976	34	0.00000	65	0
3	16	36.2800	2.47414	33	1.44000	63	3744
Pik Data Listesi							
	1	5.6350	15.67089	31	1.57000	60	4686
	2	8.9400	9.88361	10	0.96000	20	998
	3	10.4600	8.45053	7	0.66000	14	359
	4	11.1600	7.92200	10	1.64000	19	1251
	5	18.1000	4.89713	3	0.40000	6	199
	6	20.2033	4.39180	100	1.13330	191	12393
	7	21.5000	4.12976	34	0.00000	65	0
	8	22.3600	3.97283	26	0.00000	50	0
	9	23.4200	3.79536	21	0.00000	41	0
	10	24.3800	3.64804	21	0.00000	40	0
	11	25.6400	3.47156	17	2.60000	32	4048
	12	27.8200	3.20428	8	1.40000	16	971
	13	28.9600	3.08068	5	0.84000	9	476
	14	30.4700	2.93136	3	0.42000	6	175
	15	35.1200	2.55316	28	1.02000	53	2645
	16	36.2800	2.47414	33	1.44000	63	3744
	17	37.1800	2.41629	18	0.00000	35	0
	18	37.9600	2.36842	14	1.04000	27	1781
	19	39.0600	2.30422	6	0.72000	11	467
	20	39.9800	2.25329	4	0.56000	7	164
	21	40.3600	2.23294	3	0.72000	6	311
	22	44.0850	2.05252	20	0.55000	38	1036
	23	54.4600	1.68348	9	1.12000	17	1043
	24	55.5400	1.65328	7	0.76000	13	867
	25	58.2300	1.58314	3	0.30000	6	225
	26	62.2600	1.49000	18	1.76000	34	2440
	27	63.2200	1.46966	8	0.78000	15	531
	28	63.9800	1.45402	4	0.76000	7	294



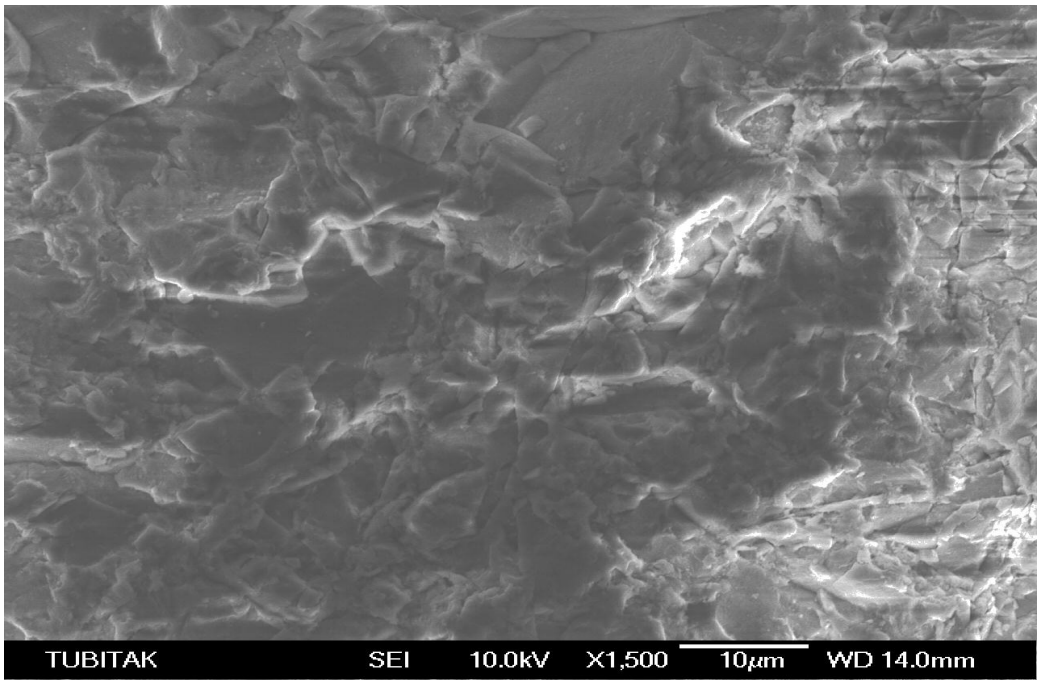
Şekil 4.3 – Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan bir başka cevher örneğine ait X ışını kırınım diyagramı

Tablo 4.3 – Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde yapılan cevher örneğine ait X ışını kırınım pik data listesi

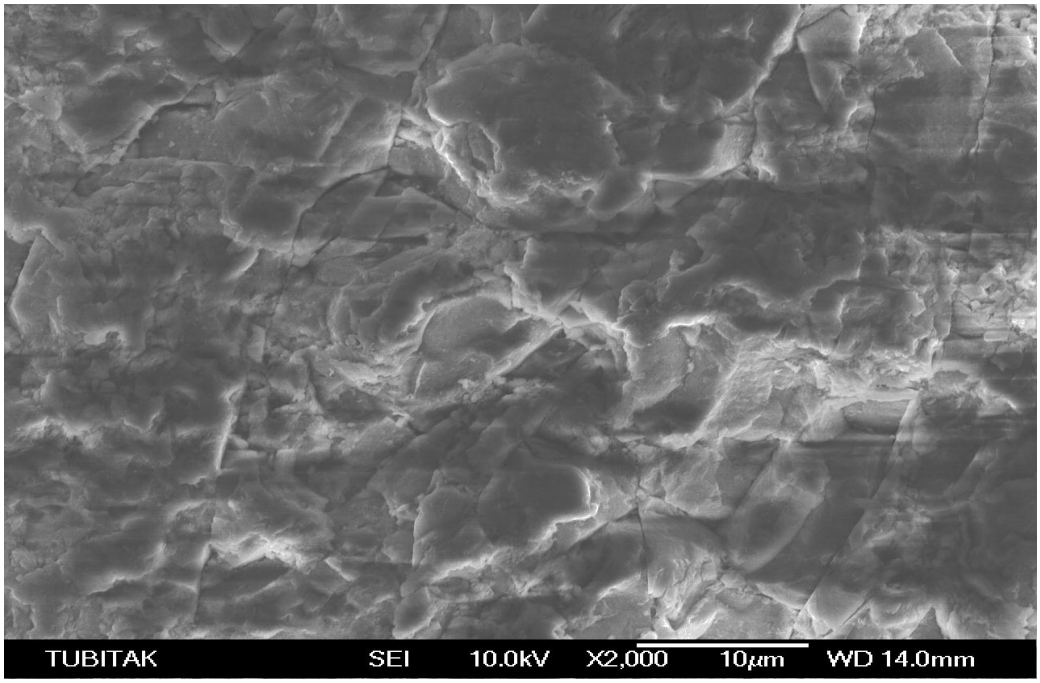
En güçlü 3 pik							
No	**Pik No**	**2Theta**	**d**	**I/I1**	**FWHM**	**Intensity**	**Integrated Int**
		(deg)	(A)		(deg)	(counts)	(counts)
1	3	21.5600	4.11841	100	1.27200	561	29602
2	2	20.6800	4.29163	71	0.96360	400	16471
3	4	23.1600	3.83738	23	0.96000	127	8345
Pik Data Listesi							
	1	19.4800	4.55321	9	0.76000	48	3322
	2	20.6800	4.29163	71	0.96360	400	16471
	3	21.5600	4.11841	100	1.27200	561	29602
	4	23.1600	3.83738	23	0.96000	127	8345
	5	24.0000	3.70494	7	0.76000	37	2081
	6	26.5485	3.35478	13	0.60700	73	2708
	7	35.8380	2.50364	21	0.68400	116	5384
	8	43.4850	2.07944	3	1.89000	17	1881
	9	56.5800	1.62533	4	1.32000	20	1830

4.2 SEM İncelemeleri

Çalışma alanından alınan cevher numunelerinin SEM incelemesinde, genelde 5000 büyütmelere kadar masif, homojen ve amorf benzeri bir yapı izlenmekte, sadece bazı kırık hatları gözlenmekte ve dolayısıyla konu ve numunelerin morfoljisi ile ilgili önemli bir değerlendirme yapılamamaktadır (Şekil 4.4 ve 4.5).



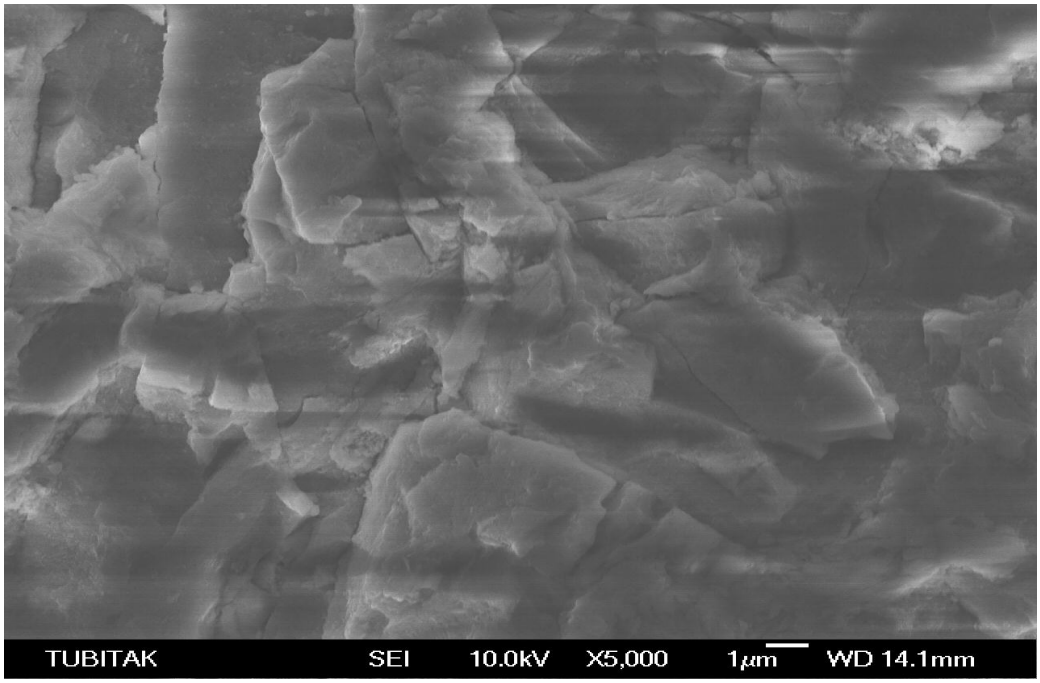
Şekil 4.4 – Cevher örneğinin 1.500 büyütmeli SEM görüntüsü



Şekil 4.5 – Cevher örneğinin 2.000 büyütmeli SEM görüntüsü

Ancak, özellikle 5000 büyütmelerde, aslında yapının çok küçük boyutlu taneciklerden oluştuğu izlenir. Bu tanecikler genelde 0.5 mikron gibi boyutlardadır ve ince-uzun ve düzensiz-eğrisel, küçük tekil tanecikler ve bunların yığışımları ile bazı zonlarda yine 1 mikron altı boyutlarda kürecikler şeklindedirler (Şekil 4.6). Bu küreciklerin tek mi ya da taneciklerin yığışımı mı olduğu saptanamamıştır. SEM çalışmalarında 5000 büyütme üzerinde net görüntü elde edilememiştir.

Öte yandan, analizlerde neredeyse tümüyle SiO_2 belirlenmiştir.



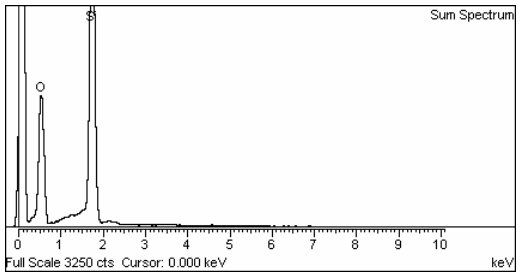
Şekil 4.6 – Çalışma alanından alınan cevher örneğinin 5.000 büyütmeli SEM görüntüsü

4.3 Mikroprop Analizleri

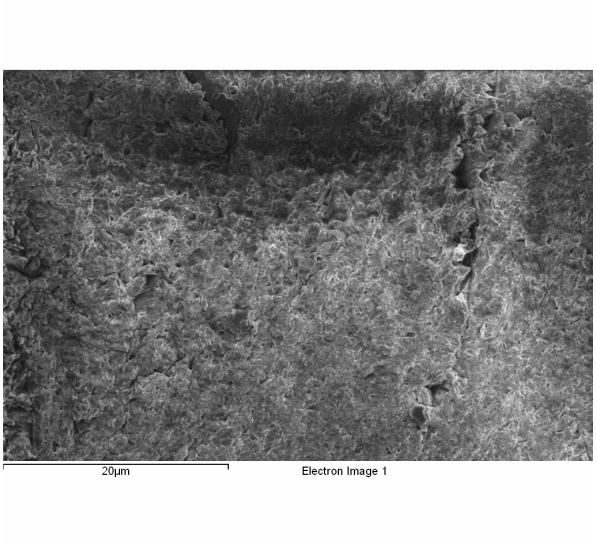
Cevher Analizi

Element	Weight%	Atomic%
O K	53.37	66.77
Si K	46.63	33.23
Totals	100.00	

a



b



c

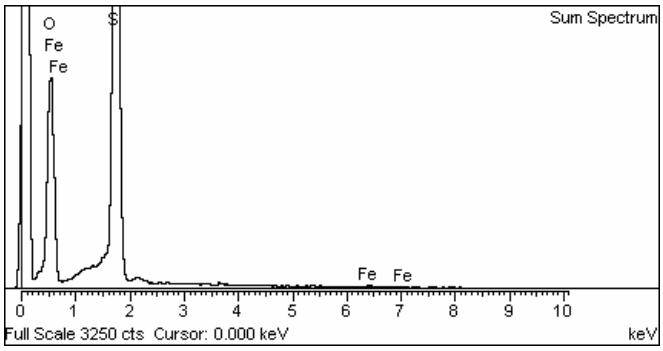
Şekil 4.7 – Karacakaya köyünden alınan ve parlatma kesiti hazırlanan cevher numunesinin kimyasal analiz sonucu(a), mikroprop analiz çizelgesi (b) ve elektron mikroskop görüntüsü(c)

Cevher Analizi 2

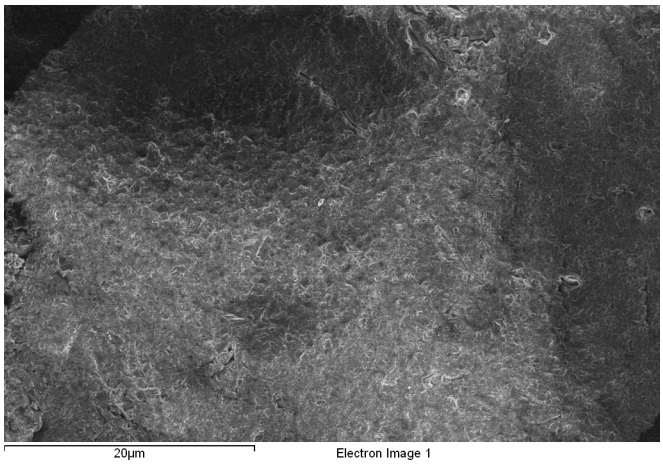
a

Element	Weight%	Atomic%
O K	50.08	63.87
Si K	49.55	36.00
Fe K	0.37	0.14
Totals	100.00	

b



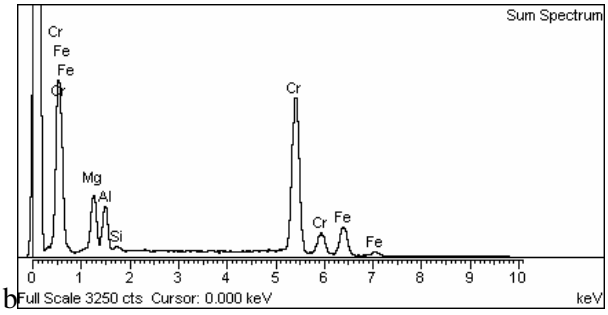
c



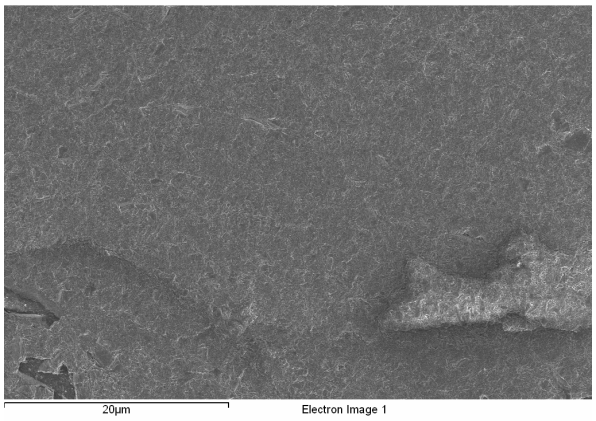
Şekil 4.8 – Karacakaya köyünden alınan ve parlatma kesiti hazırlanan cevher numunesinin kimyasal analiz sonucu(a), mikroprop analiz çizelgesi (b) ve elektron mikroskop görüntüsü(c)

Krom İnce Kesit Analizi a

Element	Weight%	Atomic%
Mg K	12.67	22.06
Al K	9.41	14.77
Si K	0.91	1.37
Cr K	60.30	49.11
Fe K	16.72	12.68
Total	100.00	



b



c

Şekil 4.9 – Karacakaya köyünden alınan ve ince kesiti hazırlanan krom numunesinin kimyasal analiz sonucu(a), mikroprop analiz çizelgesi (b) ve elektron mikroskop görüntüsü(c)

Serpantinit Analizi

Standard :

O SiO2

Mg MgO

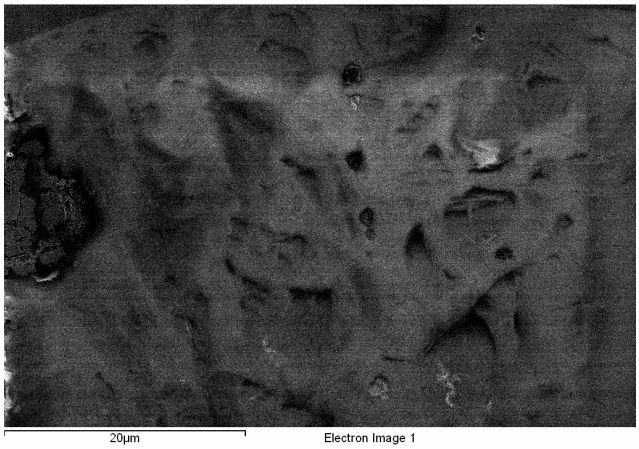
Si SiO2

Fe Fe

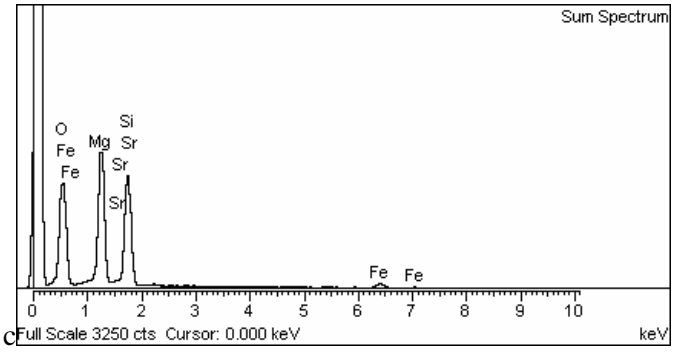
Sr SrF2

Element	Weight%	Atomic%
O K	43.58	57.09
Mg K	26.48	22.82
Si K	24.62	18.37
Fe K	3.30	1.24
Sr L	2.02	0.48
Totals	100.00	

a



b



c

Şekil 4.10 – Karacakaya köyünden alınan ve parlatma kesiti hazırlanan serpantinit numunesinin kimyasal analiz sonucu(a), mikroprop analiz çizelgesi (b) ve elektron mikroskop görüntüsü(c)

4.4 Jeokimyasal İncelemeler

Çalışma alanından alınan örneklerin ince kesit değerlendirmelerine göre seçilmiş karakteristik numuneler çekiç ile ufak parçalara ayrıldıktan sonra, İTÜ Maden Fakültesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü Laboratuvarlarında 500 mesh altına gelecek şekilde öğütülmüştür. Analize hazır örnekler daha sonra Kanada'da Acme Laboratuvarları'nda 0,200 gr'ı $LiBO_2$ ile füzyon yapılarak, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, MnO ve Cr_2O_3 ana oksitleri ile Ba, Ni, Sc, Sr, Zr, Y, Nb gibi eser elementleri açısından ICP-ES (Inductively Coupled Plasma Emission Spectometry) yöntemiyle tüm kayaç analizine tabi tutulmuştur. Toplam C ve Toplam S içerikleri, Leco yöntemiyle bulunmuş ancak toplama ilave edilmemiştir. 1 gr örnek 95 ^oC'de 1 saat boyunca 6 ml 2-2-2 HCl-HNO_3-H_2O ile çözülmüştür. 20 ml'ye seyreltilen çözeltiden Au ve Ag ppb cinsinden, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, As, U, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, La, Cr, Ba, B, W, Sc, Tl, Hg, Se, Te, Ga ppm cinsinden ICP-MS yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Bölgede sahayı temsil eden 3 adet serpantinit, 2 adet andezit ve 5 adet cevher örneği (opal) seçilmiştir. Toplam 10 örnekten 1, 2 ve 3 numaralı örnekler serpantinit, 12 ve 13 numaralı örnekler andezit, 4, 5, 6, 7 ve 8 numaralı örnekler ise cevher örnekleridir (Tablo 4.4). Örnek numaraları numuna listesinde olduğu gibi numaralandırılmıştır.

Tablo 4.4 - Karacakaya sahasından alınan örneklerin majör element analiz sonuçları

Örnek No		Serp 1	Serp 2	Serp 3	And 12	And 13	Cevh 4	Cevh 5	Cevh 6	Cevh 7	Cevh 8
SiO_2	%	42,06	40,45	39,79	61,15	59,6	87,78	75,47	53,8	49,06	84,57
Al_2O_3	%	0,54	0,55	0,29	18,35	18,25	0,92	10,22	23,02	20,16	4,06
Fe_2O_3	%	4,88	7,98	9,1	3,74	4,69	0,83	0,8	1,01	2,74	1,74
MgO	%	37,8	36,76	36,71	1,74	1,63	0,23	0,25	0,5	1,12	0,46
CaO	%	0,13	0,16	0,17	4,41	4,24	0,24	0,27	0,66	0,95	0,25
Na_2O	%	<0,01	<0,01	<0,01	5,3	5,31	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03
K_2O	%	<0,04	<0,04	<0,04	3,31	3,23	0,05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
TiO_2	%	<0,01	<0,01	<0,01	0,83	0,87	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
P_2O_5	%	<0,01	<0,01	<0,01	0,37	0,34	0,02	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
MnO	%	0,04	0,06	0,07	0,06	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Cr_2O_3	%	0,522	0,345	0,322	0,001	0,006	0,892	1,7	3,689	5,407	1,218
LOI	%	13,6	13,3	13,1	0,6	1,6	9	11,1	17,1	20,1	7,5
TOT/C	%	0,06	0,09	0,09	0,03	0,04	0,06	0,11	0,31	0,14	0,09
TOT/S	%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,01	<0,01	0,03
SUM	%	99,92	99,92	99,9	99,86	99,86	100,05	99,91	99,94	99,9	99,92

Serpantinitler Tablo 4.4'te de görüldüğü gibi ortalama olarak % 41 SiO_2, % 37 MgO ve %7 Fe_2O_3 içeriklerine sahiptirler. Öte taraftan, serpantinlerin Al_2O_3, CaO, Na_2O, K_2O ve TiO_2 değerleri de beklendiği gibi düşüktür. Serpantinlerin ateşte kayıp miktarları % 13.1 ile 13.6 arasında değişim göstermektedir.

Cevher örneklerinde yapılan analizlerin değerlendirilmesi sonucunda, % 50'lerden başlayan SiO_2 miktarları baskın yeşil renk gösteren örneklerde % 90'lara kadar çıkmakta, diğer taraftan, MgO, CaO, Al_2O_3 değerleri ise gittikçe azalmaktadır. Bu da oluşum ortamına hemen hemen sadece yüksek miktarda silis getirimini ön plana çıkarmaktadır.

MnO ve P_2O_5 değerlerinde tüm kayaçlar için belirgin bir değişim izlenmemektedir. Cevher örnekleri için bu değerler % 0.003'ü geçmemektedir.

TiO_2 ise, serpantin ve cevher örneklerinde % 0.001'den küçük değerler gösterirken, andezitlerde yaklaşık %0.85 olarak izlenmektedir.

Serpantinitlerden yeşil opallere doğru gidildikçe, SiO_2 oranında kayda değer bir artış olduğu görülmektedir. Buna karşılık, serpantinitlerde % 36 – 37 olan MgO oranları opallere doğru gidildikçe % 0.23 lere kadar düşmektedir. Aynı zamanda serpantinitlerde % 13 civarında olduğu belirlenen ateşte kayıp, opallere doğru gidildikçe % 20'lere kadar çıkmaktadır.

Tablo 4. 5 - Karacakaya sahasından alınan örneklerin iz element analiz sonuçları

Örnek No		Serp 1	Serp 2	Serp 3	And 12	And 13	Cevh 4	Cevh 5	Cevh 6	Cevh 7	Cevh 8
Mo	ppm	0,01	0,03	0,08	0,64	0,69	0,40	0,23	0,02	0,05	0,09
Cu	ppm	6,29	3,21	33,76	8,98	12,38	5,82	7,49	7,50	91,96	8,26
Pb	ppm	0,09	0,04	0,09	1,07	1,28	0,62	0,11	0,06	0,04	0,16
Zn	ppm	11,40	17,30	18,50	48,00	54,90	3,40	1,00	0,90	2,80	0,90
Ag	ppb	2,00	6,00	9,00	14,00	10,00	3,00	3,00	19,00	122,00	9,00
Ni	ppm	2034,70	2022,40	2217,50	11,40	15,90	475,40	90,80	273,70	935,70	111,70
Co	ppm	57,40	106,40	93,70	5,80	8,20	20,10	4,30	7,20	14,70	7,80
Mn	ppm	309,00	523,00	600,00	167,00	691,00	17,00	5,00	<1	<1	<1
As	ppm	5,90	5,80	8,40	0,60	0,60	4,40	12,00	7,80	20,30	9,40
U	ppm	3,60	0,10	1,60	1,20	0,70	0,20	1,20	3,10	5,30	0,60
Au	ppb	0,40	0,60	0,60	1,40	0,90	1,90	1,60	2,00	5,60	0,80
Th	ppm	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,80	6,70	0,20	0,20	0,50	0,60	0,20
Sr	ppm	1,50	1,60	1,90	23,60	39,30	4,10	7,30	15,50	26,70	5,60
Cd	ppm	0,01	< 0,01	0,01	0,03	0,06	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sb	ppm	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,07	0,10	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Bi	ppm	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	0,04	< 0,02	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02
V	ppm	29,00	16,00	11,00	44,00	49,00	6,00	18,00	16,00	19,00	27,00
La	ppm	< 0,50	< 0,50	< 0,50	24,60	25,20	0,50	< 0,50	< 0,50	1,70	< 0,50
Cr	ppm	1514,40	295,20	238,10	5,20	25,10	484,20	1495,50	3271,80	4733,50	946,30
Ba	ppm	1,10	2,40	2,50	64,60	69,30	8,50	75,90	9,90	15,10	22,30
B	ppm	18,00	29,00	32,00	1,00	1,00	1,00	7,00	13,00	7,00	3,00
W	ppm	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,10	0,10	< 0,1	< 0,1	0,10
Sc	ppm	5,20	2,50	4,20	0,90	2,00	2,60	4,60	17,20	35,30	5,70
Tl	ppm	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,08	0,09	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Hg	ppb	13,00	42,00	59,00	< 5,00	< 5,00	96,00	82,00	106,00	150,00	83,00
Se	ppm	0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,10	0,40	0,80	0,20	0,10	0,20
Te	ppm	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	0,04	< 0,02
Ga	ppm	0,50	0,30	0,30	2,10	2,80	1,60	0,10	0,10	0,30	< 0,1
Cs	ppm	0,02	0,02	0,02	0,73	1,53	1,38	1,32	1,11	0,75	1,22
Ge	ppm	0,10	0,10	0,10	< 0,1	0,10	< 0,1	0,10	< 0,1	0,10	< 0,1
Hf	ppm	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,11	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nb	ppm	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,32	0,13	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Rb	ppm	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6,50	7,10	1,30	0,30	0,50	1,30	0,20
Sn	ppm	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,90	1,30	0,30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ta	ppm	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Zr	ppm	< 0,1	< 0,1	< 0,1	8,20	6,50	1,00	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Y	ppm	0,07	0,04	0,04	9,24	10,27	0,23	0,08	0,01	3,42	0,02
Ce	ppm	< 0,1	< 0,1	< 0,1	43,30	44,10	0,50	< 0,1	< 0,1	0,70	< 0,1
In	ppm	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02
Re	ppb	< 1	1,00	< 1	1,00	< 1	< 1	< 1	< 1	1,00	1,00
Be	ppm	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,50	0,60	0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Li	ppm	3,80	3,10	3,40	2,30	3,30	0,40	0,30	0,80	1,10	0,30
Pd	ppb	12,00	21,00	22,00	<10	<10	<10	<10	21,00	64,00	<10
Pt	ppb	4,00	7,00	10,00	<2	<2	11,00	11,00	24,00	52,00	11,00

Tablo 4.5'te yer alan iz element değerlerinden Bi, Hf, Nb, Tl, Ta ve Sn değerlerinin çok düşük olması nedeniyle yorumlanmamıştır.

Çalışma alanından toplanan örneklerin iz element değerlerinde en göze çarpan bulgu, cevher örneklerinin yaklaşık 1000 ppm'lere çıkan nikel değerleridir. Serpantinitlerde 2200 ppm'lerde gözlenen Ni değeri, tektonizmayla silisli çözeltilerin serpantinlerde bulunan nikelin bir kısmını çözerek bünyesine aldıklarına işaret etmektedir. Yeşil opallerin rengi bu eser orandaki Ni'den ileri gelmektedir. Önceki çalışmalar da bu bulgularımızı desteklemektedir.

Serpantinitlerde Co değerleri 106 ppm iken, cevher örneklerinde 4 ile 20 ppm arasında değişmektedir. Bu değerler, ortamda kobalt açısından bir zenginleşme olmadığını göstermektedir.

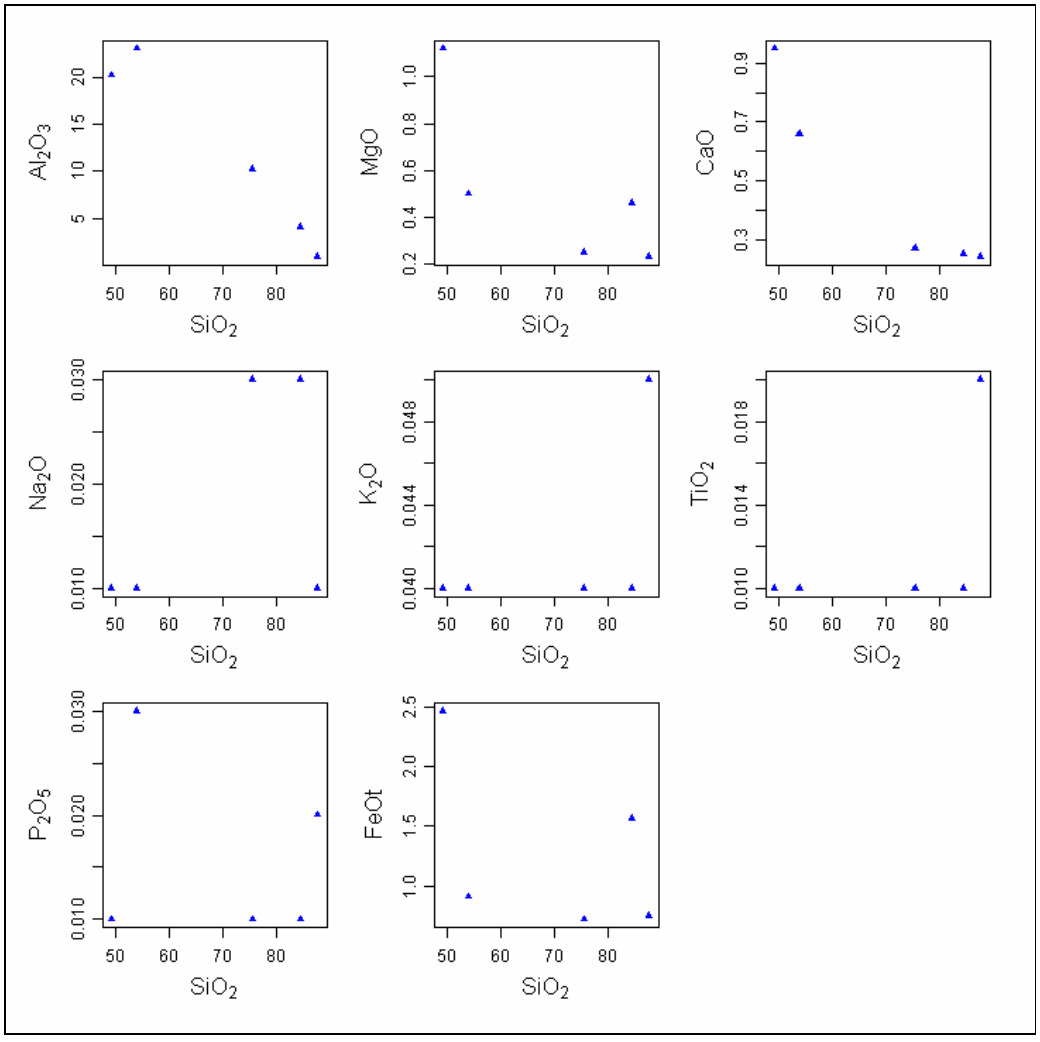
Mo değeri serpantinitlerde maksimum 0.08 olarak görülürken cevher örneklerinde 0.40 ppm'lere ulaşmaktadır. Bu da ortamın az da olsa molibden açısından zenginleştiğini göstermektedir.

Yine serpantinitlerde Ba değeri 1-2 ppmlerde iken cevher örneklerinde ciddi bir biçimde artmıştır. Ba artışı hidrotermal aktiviyete işaret edebilir. Cevher örneklerinde en yüksek Ba değeri 76 ppm civarındadır.

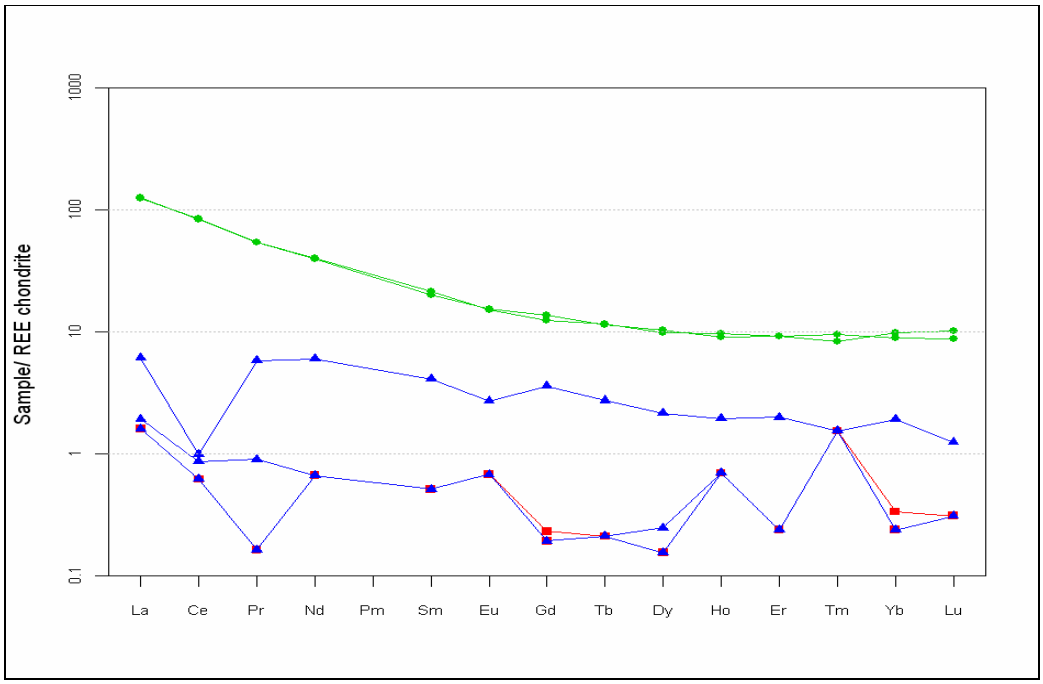
Tablo 4.6 – Karacakaya sahasından alınan örneklerin nadir toprak elementleri analiz sonuçları

Örnek No		Serp 1	Serp 2	Serp 3	And 12	And 13	Cevh 4	Cevh 5	Cevh 6	Cevh 7	Cevh 8
Y	Ppm	0,2	0,1	0,1	19,7	19,5	0,4	0,1	0,1	4,2	0,1
La	Ppm	0,50	0,5	0,5	38,7	38,5	0,6	0,5	0,5	1,9	0,5
Ce	Ppm	0,50	0,5	0,5	67,4	68,5	0,7	0,5	0,5	0,8	0,5
Pr	Ppm	0,02	0,02	0,02	6,58	6,63	0,11	0,02	0,02	0,71	0,02
Nd	Ppm	0,40	0,4	0,4	24,2	23,9	0,4	0,4	0,4	3,6	0,4
Sm	Ppm	0,10	0,1	0,1	4,2	3,9	0,1	0,1	0,1	0,8	0,1
Eu	Ppm	0,05	0,05	0,05	1,11	1,13	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05
Gd	Ppm	0,06	0,05	0,05	3,22	3,52	0,05	0,05	0,05	0,93	0,05
Tb	Ppm	0,01	0,01	0,01	0,55	0,54	0,01	0,01	0,01	0,13	0,01
Dy	Ppm	0,05	0,05	0,05	3,17	3,33	0,08	0,05	0,05	0,69	0,05
Ho	Ppm	0,05	0,05	0,05	0,69	0,65	0,05	0,05	0,05	0,14	0,05
Er	Ppm	0,05	0,05	0,05	1,93	1,93	0,05	0,05	0,05	0,42	0,05
Tm	Ppm	0,05	0,05	0,05	0,27	0,31	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Yb	Ppm	0,05	0,07	0,05	2,05	1,86	0,05	0,05	0,05	0,4	0,05
Lu	Ppm	0,01	0,01	0,01	0,33	0,28	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01

Serpantinint örnekleri hafif nadir toprak elementleri (La-Gd) açısından zenginleşmiştir (Şekil 4.12) Cevher örneklerinin kondrite göre normalize edilmiş grafiği düzensiz bir yapı sergilemektedir. Lantanyuma oranla seryum açısından bir tüketilme söz konusudur. Hafif nadir topraktan (La-Gd) ağır nadir topraklara (Tb-Lu) geçiş genel itibari ile elementer bazda değişimler göstermekle beraber, jeokimyasal ve petrolojik açıdan yorumların yapılabileceği karakteristik bir seyir ortaya koymamaktadır. Andezit bileşimli kayaçların kondrite göre normalize edilmiş diyagramı, cevher örneklerinin yayılımı ile benzerlik göstermektedir.



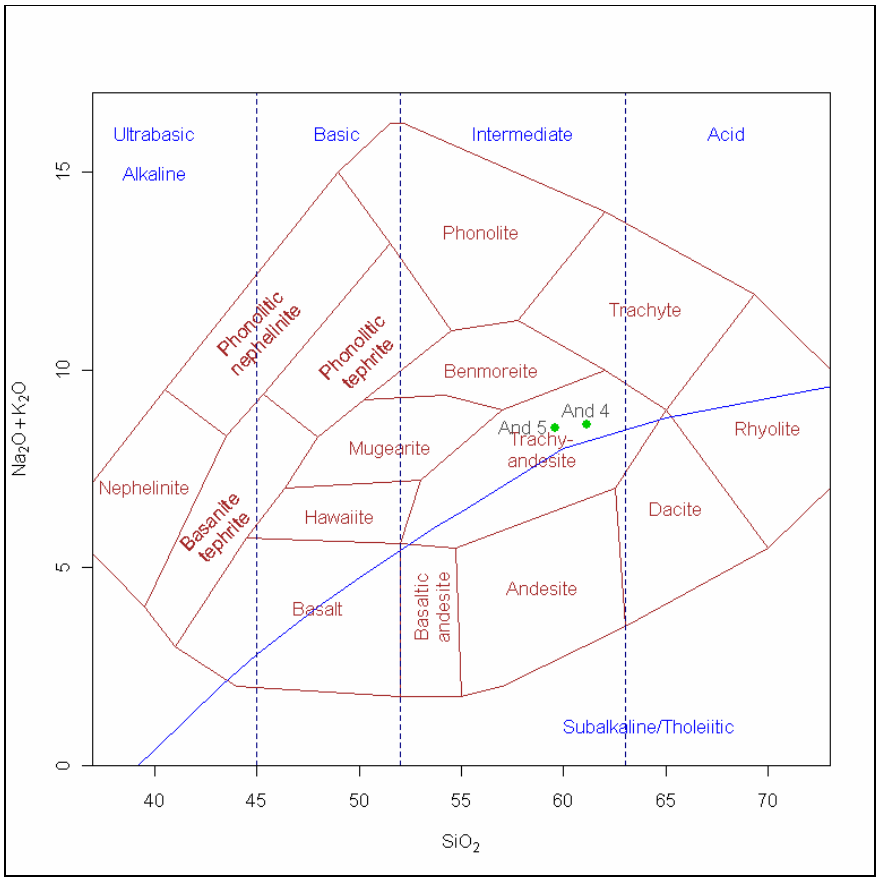
Şekil 4.11– Karacakaya'dan alınan cevher örneklerin ana oksitlerinin SiO_2'ye karşı değişim diyagramları (%)



Şekil 4.12 – Çalışma alanında alınan örneklerin kondrite göre normalize edilmiş grafiği Boynton (1984) (yeşil: serpantin, mavi: cevher, kırmızı: andezit örnekleridir)

Çalışma alanının güneydoğusunda yüzeylenen volkaniklerin isimlendirilmesi amacıyla inceleme alanından iki adet numune alınmıştır. Tezin asıl amacı opal ve kalsedon oluşumları olduğu için örnek sayısı yeterli görülmüştür.

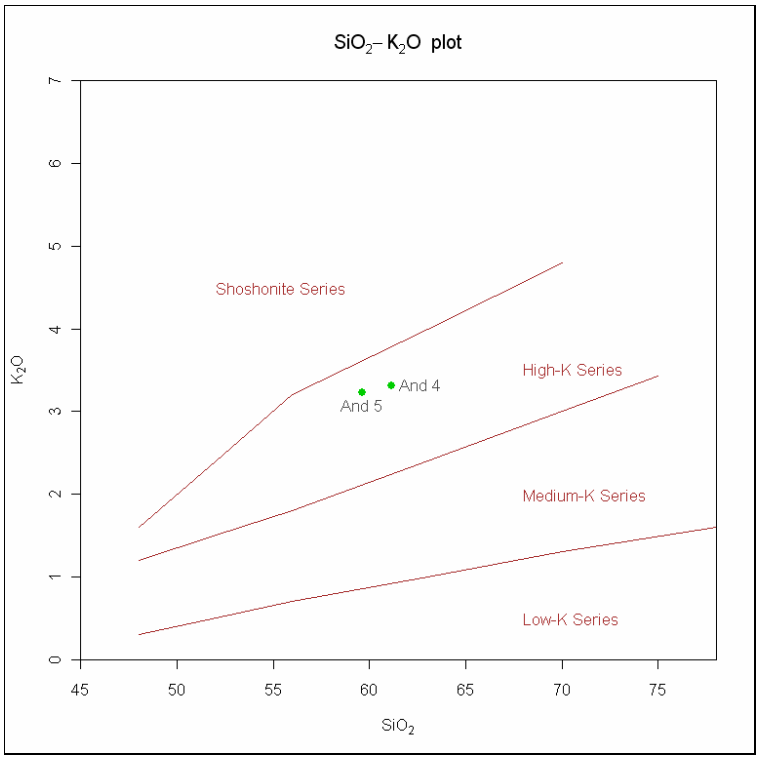
Çalışma alanındaki volkaniklerin isimlendirilmesinde kimyasal verilerden yola çıkarak, Cox (1979) tarafından önerilen silise karşı alkali oksitlerin kullanıldığı diyagrama iz düşürülmüştür.



Şekil 4.13 – Çalışma alanından alınan volkanik kayaçların Cox (1979) tarafından önerilen volkanik kayaç sınıflamasındaki yeri

Buna göre, volkanik olarak tanımlanan örneklerin traki-andezit alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 4.13).

Numunelerin potasyum içeriklerine Peccerillo ve Taylor (1976) tarafından önerilen SiO_2 ye karşı K_2O diyagramına yerleştirildiğinde traki-andezitler, yüksek potasyumlu alanda yayılım gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 – Volkanik Kayaçların Peccerillo ve Taylor (1976) Diyagramına Göre Sınıflandırılması

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ultramafik kayaçların dokanakları yerleşim mekanizmalarından ötürü yan kayaçlarla genellikle derin faylanmalarla sınırlanmaktadır. Aynı zamanda ultramafik kayaçlar yerleşimleri sırasında pek çok kırık ve buna benzer süreksizlikler kazanırlar. Bütün bu süreksizlikler, derinden gelen hidrotermal akışkanlar için önemli kanal yapılarını oluşturmaktadır. Bu kanallar boyunca dolaşan hidrotermal akışkanlar yan kayaçlarla reaksiyona girerek ultramafik kayaçları alterasyona uğratırlar. Alterasyon derecesi, hidrotermal çözeltilerin bileşimine, sıcaklığına, yankayaçla geçirmiş olduğu metasomatik sürecine ve ortamın fizikokimyasal şartlarına bağlı olarak değişmektedir (Reçber, 1997)

Serpantinitlerde lisvenitleşme ile sonuçlanan alterasyon süreci ile ilişkili olarak Au, Ag, Co ve Ni zenginleşmeleri birçok araştırmada açıklanmış ve lisvenitin tanımı yapılmıştır (Aydal, 1990; Tüysüz ,1991;Genç, 1992; Boztuğ ve diğ, 1994; Koç ve Kadıoğlu,1996). Buna göre, hidrotermal alterasyona uğramış ve önemli ölçüde karbonatlaşmış ultramafik kayaçlara lisvenit denmektedir. Lisvenitler genel olarak karbonat (ankerit, manyezit, kalsit), kuvars, fuksit (kromlu muskovit) gibi ana minerallerden oluşmaktadır. Bunların yanında serpantinit, kromit kalıntıları, pirit, kalkopirit, barit, rutil, lisvenitlerin içerdikleri diğer minerallerdir.

Ultramafik kayaçların düşük dereceli hidrotermal alterasyona uğramaları sonucunda silikat kalıntılarından meydana gelen opaller oluşur. Bu tür opaller daha çok alterasyonun en üst zonlarında yeşil, kahvemsi yeşil be grimsi beyaz renklerde görülür.

Hematit ve limonit, killi ara seviyeler içeren saprolit zonu, talklaşmalar, peridotitlerin karbonatlı ve silisli damarlar tarafından kesilmesi lisvenitlerle ilişkili oluşumlardır. Çalışma alanında yapılan incelemeler sonucunda yukarıda sayılan lisvenitleşmeyi destekler verilerin hepsi elde edilememiştir. Ancak ortak verilerin oluşu lisvenit oluşumu varsayımını kuvvetlendirmektedir.

Yapılan mineralojik çalışmalar ve kimyasal veriler, bölgedeki tektonizmanın yarattığı kırık ve çatlaklara ilk giren silisli çözeltilerin, meteorik suların etkisiyle hızlı bir soğuma geçirdiğini ve opal oluşumuna yol açtığını ortaya koymuştur. Bu ilk evreden sonra gelmeye devam eden silisli çözeltiler, tüketilen su ve bağıl olarak daha yavaş soğuma ile mikrokristalin ve kriptokristalin kuvars oluşumuna olanak vermiştir.

Gümüş (1999), Karacakaya cevherleşmesinin görünürde salt silis kabuğundan ibaret olduğunu, Karaçam'daki gibi Fe-Ni ve Co cevherleşmesi söz konusu olmadığını belirtmiştir. Yalnız yeşilin baskın olduğu opallerin renginin, ana kayaçtan gelen

Ni'den ileri geldiğini ileri sürmüştür. Gerçektende yapılan jeokimyasal çalışmalarda opallerin içinde 1000 ppm civarında Nikel olması bunu kanıtlamaktadır.

Sachanbinski vd (2001), değişik yörelerden aldıkları krizopraz örnekleriyle yaptıkları çalışmada krizopraz'ın nikel içeriğinden dolayı yeşil renklenen kriptokristalen yada amorf silika, genellikle kalsedon, olduğunu belirtmiştir. Cevher olarak tanımlanan örneklerin ince kesit incelemesi ve XRD çalışması sonucu opal-CT olduğu anlaşılmıştır. Aynı örneklerin XRD diyagramında tespit edilen kuvarsın da kalsedon olduğu düşünülmektedir. O halde, çalışma alanındaki yeşil renkli kriptokristalen cevher örneklerini krizopraz olarak adlandırmamız yanlış olmayacaktır. Bu nedenle inceleme alanındaki cevherli bu kayaçlar krizopraz olarak isimlendirilebilir.

Krizopraz, karakteristik elma yeşili rengiyle kuvars grubunun en değerli üyesidir. Çalışma alanındaki oluşumlar bölgenin tektonizmasından etkilendiği için kolay kırılan bir yapı göstermektedir. Seçilmiş örnekleri kuyumculuk sektöründe takılarda kullanılabilir. Ancak bu cevherden ekonomik bir üretim yapmak mümkün değildir.

Serpantinitlerin ileri düzeyde kırıklanmasının hem kıta kabuğuna yerleşimleri hem de Karacakaya'da oluşan yerleşiminden sonraki daha genç bir tektonik zonun ortak etkisiyle olduğu varsayılabilir.

Mikroskop çalışmalarına ek olarak serpantinitlerde yapılan XRD çalışması, Koç ve Kadıoğlu (1996)'nın ileri sürdüğü gibi serpantin minerallerinin lizardit değil krizotil olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR

[1] **Atakay, E.,** 2002. Dumluca, Dümrek, Karkın ve Karaçam civarındaki silisleşmiş ultramafik kayaçların jeolojik incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara.

[2] **Aydal, D.,** 1990. Gold bearing listweanites in the Araç Massif, Kastamonu, Turkey, *Terra Nova, 2,* 56–64.

[3] **Blatt, H., Tracy, R.J., Owens, B.E.,** 2006. *Petrology – Igneous, Sedimentary, and Metamorphic.* W.H. Freeman and Company, New York.

[4] **Boyalı, İ.,** 1984. Yunusemre-Karaçam-Doğray-Karkın-Karaburhan-Dümrek (Mihalıçık, Sivrihisar, Eskişehir) yöresi nikel kobalt prospeksiyon raporu, MTA Rapor No:7589, Ankara.

[5] **Boynton, W.V.,** 1984. Cosmochemistry of rare earth elements: meteorite studies. In:Henderson, P. (Ed.), Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, Amsterdam, 63-114.

[6] **Cox, K.J., Bell, J.D., Pankhurst, R.J.,** 1979. The interpretation of igneous rocks. Allen and Unwin, London.

[7] **Erkan, Y.,** 2001. *Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelenmeleri.* T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.

[8] **Gautier, Y.,** 1984. Deformations et metamorphismes associes a la fermeture tethysiene en Anatolie centrale (Region de Sivrihisar, Turque), *PhD thesis*, Universite e Paris-Sud, Centre d'orsay (in french).

[9] **Gümüş, A.,** 1999. *Dış Olaylara Bağlı Maden Yatakları.* DEÜ MF Basım Ünitesi.

[10] **Günther, B.,** 1988. *Tables of Gemstone Identification.* Verlagsbuchhandlung Elisabeth Lenzen, Kirschweiler.

[11] **Gözler M. Z., Cevher, F., Küçükayhan, A., Taşanyürek, M., Asutay, H., J. ve Acar, Ş.,** 1984. Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) Kompleks (Fluorit, Barit, Toryum ve Nadir Toprak Elementleri) Cevher Yatağı ile Yunusemre Nikel Cevherleşmesinin Jeolojisi. MTA Rapor No:7718. Ankara.

[12] Gözler M. Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H. J., 1996. Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi, MTA Rapor No:9973, Ankara.

[13] İnceoğlu, İ. 1974. Eskişehir ili Sivrihisar Karacakaya köyü opal zuhurları hakkında ön etüd raporu, MTA Rapor No:2897, Ankara.

[14] Karaoğlu N. Ve Gümüş, A., 1997. Origin of iron-opal-chalcedony deposits near Sivrihisar, Turkey, *Mineral Deposits,* Papunen (ed.) Balkema, Roterdam, 729-733.

[15] Kırıkoğlu, M. S., 1992. *Maden Yatakları.* Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.

[16] Koç, Ş., and Kadıoğlu, Y. K., 1996. Mineralogy, geochemistry and precious metal content of Karacakaya (Yunusemre-Eskişehir) Listweanites, *Ofioliti, 21(2),* 125-130.

[17] Kulaksız, S., 1977. Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi, *Doktora Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

[18] Kulaksız, **S.,** 1981. Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi, *Bilim Dergisi,* Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

[19] Monod, O., Andrieux, J., Gauter, Y., Kienast, J.R., 1991. Pontides-Taurides relationship in the region of Eskişehir (NW Turkey), *Bulletin of the Technical University*, Istanbul, 44, 257-278.

[20] Okay, A., 1984. Kuzeybatı Anadolu'da Yeralan Metamorfik Kuşaklar, İTÜ Maden Fakültesi, *Ketin Sempozyumu*, İstanbul, 83-92.

[21] Okay, A., and Tüysüz O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In:Durand.B, Jolivet, L., Horvath, F. And Sfranne, M. (eds) The Mediterranen Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. *Geological Society.* London, Special Publications, 156, 475-515.

[22] Okay, A. ve Monié, P., 1997. Early Mesozoic subduction in the Eastern Mediterranean. Evidence from Triassic eclogite in northwest Turkey. Geology, 25, 595-598.

[23] Pecerillo A. and Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Upper Cretaceous volcanic rocks from the Pontic chain. Northern Turkey. Bull.Volcan., 39, 1-13.

[24] **Reçber, A.,** 1997. Ultramafitlerin hidrotermal alterasyon derecesini belirleyen doku çeşitleri, *20. yıl Jeoloji Sempozyumu*, Selçuk Üniversitesi, Eskişehir, 293-298.

[25] **Reçber, A., Koç, Ş. ve Kadıoğlu, Y.K.,** 1997. Hidrotermal alterasyona uğramış Yunusemre serpantinitlerinin jeolojisi ve petrografisi, *20. yıl Jeoloji Sempozyumu***,** Selçuk Üniversitesi, Eskişehir, 387-394.

[26] **Romieux, J.** 1942. Sivrihisar-Paşadağları ve emirdağları bölgelerinin jeolojisi hakkında rapor. MTA Rapor No:1431. Ankara.

[27] **Sachanbinski M. and Janeczek J.,** 2001. The origin of colour of chrysoprase from Szklary (Poland) and Sarykul Boldy (Kazakhstan), *Miner. Abh.,* 61-76.

[28] **Schuman, W.,** 2001. *Gemstones of the World.* N.A.G Press, Germany

[29] **Sojka, Z., Witkowski, S., Zabinski, W., Dyrek K., Bidzinska, E.,** 2004. TPR, EPR and UV-Vis studies of Ni speciation in chrysoprase, N.Jb.Miner.Mh., Stuttgart.

[30] **Şengör, A.M.C. ve Yılmaz. Y.,** 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectophysics, 75, 181-241.

[31] **Şentürk K. ve Karaköse C.,** 1979. Orta Sakarya dolayının temel jeolojisi, MTA Rapor No: 6642, Ankara.

[32] **Tekeli, O.,** 1981. Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey. Mineral Research and Exploration Institute (MTA), Ankara.

[33] **Tüysüz, N.,** 1991. Geology and geochemistry of lisweaeniten and gold occurences in Kağızman-Kars region. *Doktora Tezi,* ODTÜ, Ankara.

[34] **Walther, J.V.,** 2005. *Essentials of Geochemistry.* Jones and Bartlett Publishers, Massachusetts.

[35] **Weingart W.,** 1954. 56/2, 56/4 Sivrihisar ve 57/1, 57/3 Ankara paftalarının jeolojisi hakkında rapor, MTA Rapor No: 2248, Ankara.

EKLER

EK 1 – Karacakaya Köyü'nin 1/10.000 jeoloji haritası ve A-A' kesiti

EK 2 – Serpantin ve cevher örneklerinin XRD grafikleri

ÖZGEÇMİŞ

Esin AKBULUT, 1980 yılında İstanbul'da doğdu. Orta öğretimini Balmumcu Ortaokulunda tamamladı. 1997'de Beşiktaş Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne kayıt oldu. 2003 yılında Jeololi Mühendisliğini bitirdi. Aynı yıl Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'da master programına kayıt oldu. Ayrıca 2004 yılında German Gemmological Association'dan Gemolog diploması aldı. Halen F.G.G (Fellowship of German Gemological Association) üyesidir.