

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
KATIHAL FİZİĞİ**

**TÜRKİYE'DEKİ OLIVİN MİNERALİNİN FİZİKSEL VE OPTİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN FARKLI TEKNİKLERLE İNCELENMESİ**

Canberk ALTUĞ

**Danışman
Prof. Dr. Ahmet ÇETİN**



MANİSA-2019

**Canberk
ALTUĞ**

**TÜRKİYE'DEKİ OLIVİN MINERALİNİN FİZİKSEL VE OPTİKSEL ÖZELLİKLERİNİN
FARKLI TEKNİKLERLE İNCELENMESİ**

2019

TEZ ONAYI

Canberk ALTUĞ tarafından hazırlanan "TÜRKİYE'DEKİ OLİVİN MİNERALİNİN FİZİKSEL VE OPTİKSEL ÖZELLİKLERİNİN FARKLI TEKNİKLERLE İNCELENMESİ" adlı tez çalışması 22/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Ahmet ÇETİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Rana KİBAR
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Murat TÜREMİŞ
Bursa Teknik Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Fizik Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Canberk ALTUĞ



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ	V
TEŞEKKÜR.....	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ	1
2. MİNERALLER	3
2.1. Mineraloji ve Sınıflandırılması	3
2.2. Kristaller.....	4
2.2.1. Kristal Yapı	5
2.2.2. Üç Boyutlu Kristal Örgü Tipleri	6
2.2.2.1. Yedi Kristal Sistemi.....	6
2.2.2.2. On Dört Bravais Örgü.....	6
2.2.3. Kristal Kusurlar	8
3. MİNERALLERİN ÖZELLİKLERİ	9
3.1. Minerallerin Tanınmasında Yararlanılan Fiziksel Özellikleri	9
3.2. Minerallerin Tanınmasında Yararlanılan Kimyasal Özellikleri.....	17
4. MATERYAL VE YÖNTEM	19
4.1. Materyal	19
4.1.1. Materyalin Özellikleri ve Kullanım Alanları	20
4.1.2. Materyalin Fiziksel Özellikleri	20
4.1.3. Materyalin Kimyasal Özellikleri.....	20
4.1.4. Materyalin Kullanım Alanları	21
4.2. Yöntem	24
4.2.1. Termolüminesans (TL).....	24
4.2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	25
4.2.3. X-Işını Kırınımı (XRD)	26
4.2.4. Radyolüminesans (RL).....	27
4.2.5. Optik Spektrofotometre Sistemi.....	28
4.2.6. Elektriksel Özellikler	29

4.2.7.	FT-IR ve Raman Spektroskopisi.....	29
4.2.8.	ICP-MS	30
5.	BULGULAR.....	32
5.1.	Termoluminesans Ölçümleri	32
5.2.	Radyoluminesans Ölçümleri	34
5.3.	XRD Analizi.....	34
5.4.	SEM Görüntüleri.....	35
5.5.	ICP-MS Analizi.....	35
5.6.	Optik Absorbsiyon ve Geçirgenlik Analizi.....	36
5.7.	FT-IR ve Raman Spektroskopisi Analizleri	37
5.8.	Elektriksel Özellik Ölçümleri.....	39
6.	TARTIŞMA	40
7.	SONUÇ	41
	KAYNAKLAR	42
	ÖZGEÇMİŞ	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Fa	Fayalit
FT-IR	Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi
Fo	Forsterit
GC	Gaz Kromatografi
IC	İyon Kromatografi
ICP-MS	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
LC	Likit Kromatografi
PM	Foto Çoğaltıcı
RL	Radyolüminesans
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TL	Termolüminesans
UV/VIS/NIR	Ultraviyole/ Görünür/ Yakın Kızılötesi
XRD	X-Işını Kırınımı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Dünitlere ait görüntü [2]	1
Şekil 1.2. Olivin kristaline ait görüntü [3]	1
Şekil 2.1. İki boyutlu bir kristal [6].....	5
Şekil 3.1 Olivin kristaline ait çatlak yapısı	16
Şekil 4.1. Analizlerde kullanılmak üzere kesilip parlatılmış olivin örnekleri (a) RL ölçümünde kullanılan örnek, (b) Optik, elektriksel ve diğer analizlerde kullanılan örnek, (c) 1000°C' de tavllanmış örnek	19
Şekil 4.2. RA'94 TLD Reader-Analyser sistemi	24
Şekil 4.3. SEM çalışma prensibi	26
Şekil 4.4. W. H. Bragg ve W. L. Bragg'ın bulduğu eşitlik.....	27
Şekil 4.5. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre sistemi.....	28
Şekil 4.6. Dört Nokta Prob Metodu uygulama şeması.....	29
Şekil 5.1. Olivinin farklı ışınlama süreleri için TL spektrumu	32
Şekil 5.2. Olivinin farklı ısıtma hızları için TL spektrumu.....	33
Şekil 5.3. Olivini tavlamanın TL spektrumuna etkisi	33
Şekil 5.4. Tavllanmış ve tavlınmamış olivin örneklerinin RL Spektrumu	34
Şekil 5.5. Olivin için elde edilen XRD spektrumu.....	34
Şekil 5.6. Olivine ait SEM görüntüleri.....	35
Şekil 5.7. Olivinin optik soğurma spektrumu	36
Şekil 5.8. Tavllanmış ve tavlınmamış olivin örneklerine ait optik soğurma spektrumu.....	36
Şekil 5.9. Olivinin optik geçirgenlik spektrumu	37
Şekil 5.10. Tavlınmış ve tavlınmamış olivin için FT-IR spektrumu	37
Şekil 5.11. Olivinin Raman spektrumu	38
Şekil 5.12. Olivinin ısıya bağlı elektriksel özelliği	39

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Amorf ve kristallerin atom dizilimleri [5]	5
Tablo 2.2. Yedi kristal sistemi ve on dört Bravais örgü [7].....	7
Tablo 3.1. Mohs sertlik skalası	12
Tablo 3.2. Minerallerin dilinim şekilleri [4]	14
Tablo 4.1. Olivin grubu mineralleri	19
Tablo 5.1. Mineralin madde analizi sonuçları.....	35



TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet ÇETİN'e, çalışmam sırasında bilgi ve deneyimleriyle desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Rana Kibar hocama, çalışmam boyunca bana yardımcı olan ve bilgilerini benimle paylaşan Dr. Öğr. Üyesi Murat TÜREMİŞ ve Dr. İlker Çetin KESKİN'e teşekkür ederim.

Attığım her adımda arkamda hissettiğim, öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini üzerimden eksik etmeyen değerli ailem; annem Zeliha ÖZBİLGİN MARTİNET, anneannem Makbule ÖZBİLGİN, büyükbabam AYTEKİN ÖZBİLGİN ve teyzem Cansu ÖZBİLGİN'e teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca manevi desteğini esirgemeyen, hep yanımda olan yol arkadaşım Büşra PEHLİVAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın gerçekteşmesinde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu birimine CBÜ BAP 2015-126 numaralı BAP projesine vermiő olduğu destekten dolayı teşekkür ederim.

Canberk ALTUĞ
Manisa, 2019

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Türkiye’deki Olivin Mineralinin Fiziksel ve Optiksel Özelliklerinin Farklı Tekniklerle İncelenmesi

Canberk ALTUĞ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÇETİN

(Mg, Fe)₂SiO₄ formülüne sahip olivin, yüksek sıcaklık silikat mineralidir. Güneş Sisteminde en yaygın bulunan minerallerden olduğu düşünülmektedir. Olivin meteorların, kuyruklu yıldızların ve Dünya benzeri gezegenlerin içinde bulunur. İçerdiği Mg ve Fe miktarına göre forsterit (Mg₂SiO₄) ve fayalit (Fe₂SiO₄) olarak isimlendirilir. Bu çalışmada Bursa Orhaneli yöresinden çıkarılan olivin minerali kullanılmıştır.

Yapısal karakterizasyonu için; X ışını kırınımı (XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS), optik karakterizasyonu için; Termoluminesans (TL), Radyoluminesans (RL), Fourier Dönüşümlü Kıızıl Ötesi Spektrometresi (FT-IR), Raman spektroskopisi, Optik Soğurma ve elektriksel analizleri yapılmıştır. Olivinin sıcaklığa bağlı elektriksel iletkenlik ölçümleri Dört Nokta Prob Metodu ile yapılmıştır.

X ışınına maruz bırakılan numunenin TL spektrumunda 110°C’de gözlenen ana pikin yanı sıra 190°C ve 375°C’de pikler görülmüştür. Optik soğurma spektrumunda ise Fe ve Mg safsızlıklarından kaynaklandığı düşünülen 480, 520 ve 620 nm’de soğurma bandları görülmüştür. Literatürde olivin için bilinen çubuklu yapı SEM görüntülerinde de tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Olivin, Lüminesans, Optik Soğurma, X-Işını Kırınımı (XRD), Fourier Dönüşümlü Kıızıl Ötesi Spektrometresi (FT-IR)

2019, 56 sayfa

ABSTRACT

Master of Science Thesis

Examining Physical and Optical Properties of the Olivine Mineral in Turkey via Various Techniques

Canberk ALTUĞ

Manisa Celal Bayar University

Institute of Science

Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ÇETİN

Olivine is high temperature silicate mineral and has $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ formula. It is thought to be one of the most common minerals in the Solar System. Olivine is found in meteors, comets and Earth-like planets. According to Mg and Fe ratio, it is named as forsterite (Mg_2SiO_4) and fayalite (Fe_2SiO_4). Olivine from Bursa-Orhaneli is used this study.

X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) are used for structural characterization. Moreover, Thermoluminescence (TL), Radioluminescence (RL), Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), Raman Spectroscopy, Optical Absorption Analysis are carried out for optical characterization. The electrical conductivity of olivine depends on temperature measurements were performed with a four point probe method.

The samples exposed to X-ray was seen about 110°C main TL peak, besides it was seen 190°C and 375°C. In the optical absorption spectra of Fe and Mg it is thought to be caused by impurities 480, 520 and 620 nm absorption bands were observed. In the literature, it has been identified in the structure rods known for olivine SEM images.

Keywords: Olivine, Luminescence, Optical Absorption, X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectrometry (FT-IR)

2019, 56 pages

1. GİRİŞ

Olivin, Magnezyum ve Silika kaynağı olan bir mineral grubuna verilen isimdir. Bu mineral grubu arasında ticari değeri olan ise forsterit'tir. Forsterit ismi, bir İngiliz mineral koleksiyoncusu olan A. Jacob Forster'den gelir. Olivinin ana kaynağı olan dünit %90 ve daha fazla oranda olivin içeren magmatik bir kayadır (Şekil 1.1.). Dünit ismi ise Yeni Zelanda'nın Güney adasında yer alan ve ikinci büyük şehri olan Dunedin adasından türetilmiştir [1]. Doğada kristal olarak da bulunan olivine ait görüntü şekil 1.2. de verilmiştir.



Şekil 1.1. Dünitlere ait görüntü [2]



Şekil 1.2. Olivin kristaline ait görüntü [3]

Bu çalışmada olivin mineralinin karakterizasyonu için; Termolüminesans (TL), X-Işını Kırınımı (XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Fourier Dönüşümlü Kıızıl Ötesi Spektrometresi (FT-IR), Radyolüminesans (RL), İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS), Raman Spektroskopisi, Optik Absorbsiyon ve elektriksel özellikleri için Dört Nokta Prob Metodu kullanılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde mineraller ve mineraloji hakkında bilgi verilmektedir. Kristallerin düzenli atom gruplarına sahip olduğundan ve kristal yapıları ile üç boyutlu kristal örgü özelliklerinden bahsedilmektedir. Ayrıca katıların teknolojik olayların gelişiminde rol oynamasına sebep olan kristal kusurlardan bahsedilmektedir.

Tezin üçüncü bölümünde minerallerin fiziksel özelliklerinin ışık, mekanik, manyetik ve elektrik enerjisi ile etkileşimi sonucu nasıl tayin edildiği hakkında detaylı bilgiler verilmektedir. Ayrıca minerallerin tanınmasında yararlanılan kimyasal bağ yapılarından bahsedilmektedir.

Tezin dördüncü bölümünde tezin konusu olan olivin mineralinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden bahsedilmekte ve bilinen kullanım alanları olan demir-çelik endüstrisinde, refrakter ve döküm sanayinde, endüstriyel atıkların ortadan kaldırılması ile CO₂ salınımının azaltılmasında olivinin yeri hakkında bilgi verilmektedir. Yine dördüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemler ve deneysel sistemler tanıtılmaktadır.

Beşinci bölümde TL, SEM, XRD, ICP-MS ve diğer çalışmaların sonuçları ve grafikleri sunulmaktadır.

Altıncı bölümde çalışmanın sonucunda ortaya çıkan bulgularla yazılan, tartışmaya yer verilmektedir.

Yedinci ve son bölümde ise tezin sonuçlarına yer verilmektedir.

2. MİNERALLER

Mineraller doğal olarak oluşmuş, homojen, belli bir kimyasal formülü olan inorganik, kristalleşmiş katı nesnelere dir.

Özellikleri

- Doğal olarak oluşurlar.
- Homojen cisimlerdir.
- Kimyasal elementler ile bileşiklerden oluşurlar. Kimyasal formüle sahiptirler.
- İnorganik bileşiklerdir.
- Katı cisimler olup simetri sistem sınıflarından birine dahildir. [4]

Mineral kelimesi, Fransızca “Minéral” (yer altından veya yer yüzeyinden ulaşılan inorganik madde) sözcüğünden alıntıdır. Fransızca “Minéral” kelimesi, Geç Latince minera (maden yatağı) sözcüğünden, Latince’de isimlere gelen ön eklerle yeni bir kelime oluşmasını sağlayan –alis son ekiyle türetilmiştir. Minera sözcüğü ise Latince mina (maden) sözcüğünden türetilmiştir.

2.1. Mineraloji ve Sınıflandırılması

Mineraloji, minerallerin geometrik şekillerini, iç yapılarını, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bunlar arasındaki ilişkileri inceleyen bir bilim dalıdır.

Georgius Agricola, Alman bilim insanı ayrıca maden mühendisi ve mineralojinin babası olarak tanınır. En önemli eseri 1556 yılında yazmış olduğu “De Re Metallica” kitabıdır. De Re Metallica cevher hazırlama ve zenginleştirme bilim dallarında önemli yere sahip olan bir kitaptır.

Modern mineraloji çalışmaları ise 17. yüzyılda mikroskopun icadı ile kristalografi ve kaya bölümlerinin mikroskopik incelemesi üzerine kurulmuştur.

1912 yılında X-ışınlarının keşfinden sonra, Laue tarafından kristallerde kırınım olayı keşfedildi. İngiltere’de ise William Henry Bragg yaptığı çalışmalar ve oğlu William Lawrence Bragg ile buldukları eşitlik sayesinde kristalografinin temelleri atılmış ve XRD spektroskopisine yol göstermiştir.

Mineraloji genel ve özel olarak sınıflandırılır.

Genel Mineraloji : Minerallerin fiziksel, kimyasal, geometrik özellikleri ile kristal yapıları, oluşma şekilleri ve onlarda meydana gelen değişimleri inceler.

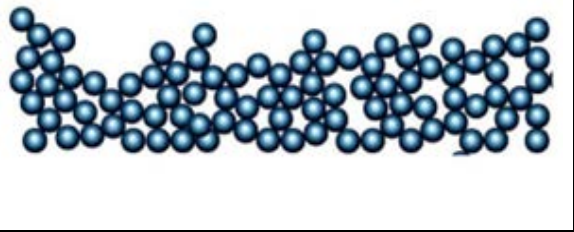
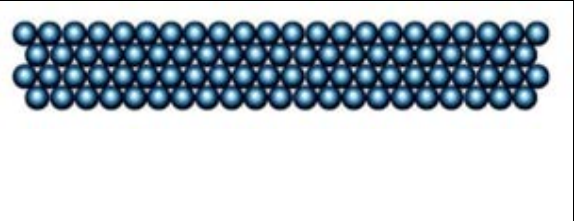
Özel Mineraloji : Minerallerin gruplandırılmasını, fiziksel, kimyasal ve geometrik özelliklerini, oluşum basamaklarını, uğradığı değişimleri, kullanım ve yayılma stiline ve minerallerin bütün özelliklerini inceler.

2.2. Kristaller

Katı madde, dışarıdan bakıldığında düzgün biçimli ve sürekli bir cisim olarak gözükür. İlk önce mineralleri araştıran jeologların dikkatini çeken katıların bu düzgün biçimleri, temel birimlerin düzenli tekrarı sonucunda oluştuğunu düşündürdü. Deneyler sonucunda da, bazı katıların, atomların veya atom gruplarının oluşturduğu temel birimlerin düzenli tekrarı sonucu elde edilebileceğini göstermiştir [6]. Bu temel birimler katının içinde gelişigüzel dağılmış halde değil, birbirlerine göre oldukça düzenli konumlarda bulunurlar.

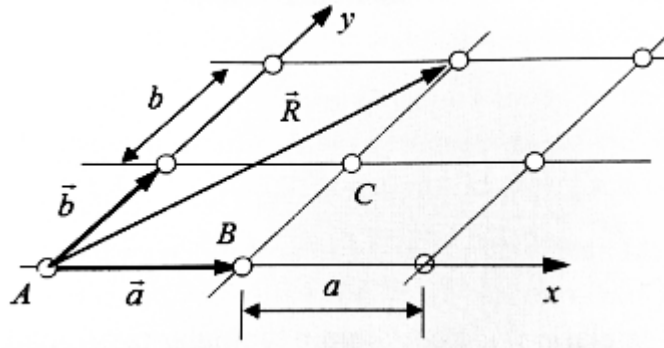
Atom veya atom gruplarının bir düzen içinde olduğu katı cisme kristal denir. Bazı katılardaki atomlar rastgele yerleşmiş olabilirler, yani bu katılar kristal yapıya sahip değildir ve bu tarz cisimlere, amorf cisimler denir. Amorf cisimlere cam, plastik, odun gibi örnekler verilebilir.

Tablo 2.1. Amorf ve kristallerin atom dizilimleri [5]

Amorf	
Kristal	

2.2.1. Kristal Yapı

Atomların yerleşiminin geometrisine göre değişen birçok kristal yapı tipi vardır. Katının fiziksel özellikleri kristalin yapı tipine bağlıdır. İki boyutlu kristallerin (Şekil 2.1.) tabakalar halinde üst üste yerleştirilmesiyle üç boyutlu kristal yapı elde edilir. [6]



Şekil 2.1. İki boyutlu bir kristal [6]

Her atom, o atomun merkezine temellendirilen geometrik nokta ile simgelenmiştir. Kristalinkiyle aynı geometrik özelliklere sahip olan noktaların desenine kristal örgü denir. Kristalografi, kristali oluşturan atomların sebep olduğu olaylardan çok kristalin geometrik özellikleri ile uğraşır.

2.2.2. Üç Boyutlu Kristal Örgü Tipleri

2.2.2.1. Yedi Kristal Sistemi

\vec{a} , \vec{b} , \vec{c} örgü öteleme vektörleri ile tayin edilen öteleme simetrilerine sahip olan üç boyutlu bir kristal örgü, aynı zamanda bir, iki, üç, dört veya altı kat dönme ekseninden birine veya birkaçına sahip olabilir. Böylelikle öteleme simetrisi ve dönme simetrisi birlikte değerlendirilerek üç boyutlu uzayda sadece yedi kristal sistem elde edilir. Bu kristal sistemler; kübik, tetragonal, ortorombik, rombohedral, monoklinik, triklinik ve hekzagonal'dir.

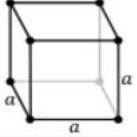
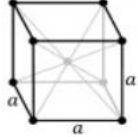
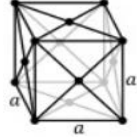
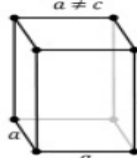
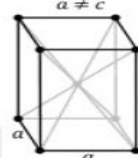
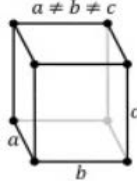
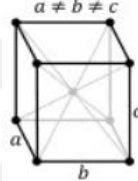
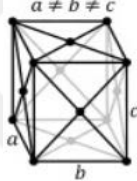
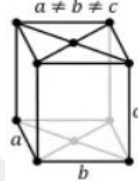
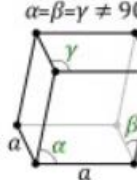
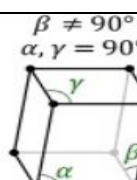
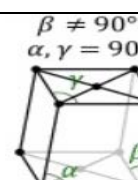
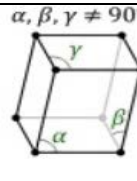
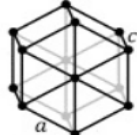
2.2.2.2. On Dört Bravais Örgü

Kübik, tetragonal, ortorombik, rombohedral, monoklinik, triklinik ve hekzagonal kristal sistemlerinin her birinde sadece birim hücrelerin köşelerinde örgü noktalarının bulunduğu kabul edilmektedir. Bu şekilde elde edilen örgüye basit örgü denir.

Basit örgülere ek olarak yedi kristal sistemindeki birim hücrelerin bazılarının cisim merkezinde, bazılarının yüzey merkezlerinde veya taban merkezlerinde de örgü noktası bulunabilir ancak kristal sisteminin sahip olduğu simetri özelliklerini değiştirmez. Neticede değişik on dört Bravais örgü elde edilir.

- A. Temel Örgü : Sadece birim hücrenin köşelerinde örgü noktalarına sahiptir.
- B. Hacim Merkezli Örgü : Birim hücrenin köşelerindekilere ek olarak hücrenin merkezinde yer alan bir örgü noktasına daha sahiptir.
- C. Yüzey Merkezli Örgü : Birim hücrenin köşelerindekilere ek olarak hücrenin her yüzünün merkezinde bir tane olmak üzere toplam altı örgü noktasına sahiptir. Yüzeylerdeki örgü noktalarının her biri iki birim hücre tarafından ortaklaşa kullanılır.
- D. Taban Merkezli Örgü : Birim hücrenin köşelerindekilere ek olarak hücrenin taban ve tavan yüzlerinin merkezlerinde birer tane olmak üzere toplam iki örgü noktasına daha sahiptir.

Tablo 2.2. Yedi kristal sistemi ve on dört Bravais örgü [7]

Yedi Kristal Sistemi	On Dört Bravais Örgü			
	Temel Yapılar	Hacim Merkezli Yapılar	Yüzey Merkezli Yapılar	Taban Merkezli Yapılar
Kübik				
Tetragonal				
Ortorombik				
Rombohedral				
Monoklinik				
Triklinik				
Hekzagonal				

2.2.3. Kristal Kusurlar

İdeal ve kusursuz bir kristal bulmak neredeyse imkansızdır. Kristallerin, kusurlu olmasına neden olan birkaç örnek verecek olursak;

- Ne kadar büyük olursa olsun, gerçek bir kristal sonlu bir büyüklüğe sahiptir. Bu yüzden üç boyutlu uzayda bir kristal yüzeyi kusur olarak değerlendirilir. Kristalin yüzeyinde periyodiklik sona erer ve yüzeye yakın atomlar derinlekilerden farklı bir çevre içinde olduklarından farklı davranırlar.
- Gerçek kristallerde her zaman az da olsa yabancı atomların bulunması kusursuzluktan saptığının göstergesidir.
- İdeal kristallerde atomların denge konumlarında hareketsiz olduğu varsayılır. Oysaki termal titreşim sıcaklıkla beraber atomlara denge konumları civarında küçük hareketler yaptırır.
- Kristallerde farklı yoğunluklarda olmakla beraber, her zaman, nokta, çizgi, yüzeysel ve hacimsel kusurları, ya teker teker ya da birçoğu bir arada bulunabilir.

Katılarda ilginç ve teknolojik olayların çoğuna, yukarıda sıralanan kusurlar veya başka kristal kusurlar sebep olmaktadır. Katıların esneklik, elektriksel, optik, akustik, elektromanyetik ve mekanik özellikleri, katıdaki kristal kusurlara bağlıdır. Bu yüzden bilim insanları için kristal kusurlar çok önemli ve aranan özelliklerdir.

3. MİNERALLERİN ÖZELLİKLERİ

Minerallerin fiziksel özellikleri skaler ve vektörel olmak üzere iki başlıkta incelenir. Kristallerin bütün fiziksel özellikleri; ışık, ısı, mekanik, magnetik ve elektrik enerjisi ile olan etkileşimi sonucu belirlenmiştir. Kristal yapısında kimyasal özellik ve kimyasal bağ yapıları yer aldığından her fiziksel özellik mineralin kimyasal özellikleriyle birlikte incelenmelidir.

- A. Skaler özellikler : Her yönde aynı olup yöne bağlı olmayan özelliklerdir. Özgül ağırlık gibi. Yönlere göre değişmeyen fiziksel özelliklere sahip olan minerallere izotrop mineraller denir.
- B. Vektörel özellikler : Minerallerin yönlere bağlı olarak değişen özellikleridir. Böyle minerallere de anizotrop mineraller denir.

3.1. Minerallerin Tanınmasında Yararlanılan Fiziksel Özellikleri

- A. Işık Enerjisi ile Etkileşim : Lüminesans, renk, çizgi rengi, parlaklık.
- B. Mekanik Enerji ile Etkileşim : Sertlik, dilinim, ayrılma, çatlak, kırılma.
- C. Manyetik Enerji ile Etkileşim : Ferromagnetik, Paramagnetik, Diamagnetik.
- D. Elektrik Enerjisi ile Etkileşim : İletkenlik, Piroelektirisite, Piezoelektirisite.

Mineraller yukarıdaki özellikleri incelenerek tayin edilir [8].

Yoğunluk (Özgül Ağırlık) : Bir cismin belirli bir hacminin, o hacimde +4 °C ve 1 atmosfer basınç altında saf suyun ağırlığına oranına o cismin veya mineralin yoğunluğu denir.

- Atomik ağırlığa,
- Bağ uzunluğuna,
- Kimyasal bağ türüne,
- Basınç ve sıcaklığa bağlıdır.

Renk : Mineralin üzerine gelen ışık ışınlarının bir kısmı yansır, bir kısmı kırılır ve saçılır, bir kısmı da emilir (absorbe) olur. Renk bu emilen ışığın cinsine, yani dalga boyuna bağlıdır. Mineralin üzerine düşen ışık ışınlarını absorbe etmediği durumda mineral renksiz olmaktadır. Belirli ışınları absorbe edip, belirli ışınları da geçiren minerallerde ise renklenme meydana gelmektedir.

Çizgi rengi : Bir mineralin kendisinden daha sert bir cisimle çizildiğinde veya levhamsı bir sert cisim üzerine sürtüldüğünde oluşturduğu toz rengi "çizgi rengi" olarak ifade edilir. Toplu iğne veya çakı yardımıyla yapılabildiği gibi laboratuarda en çok kullanılan yöntem mineralin porselen levha ile çizilmesidir. Kendi gerçek renginden farklı olabilen çizgi rengi bu yüzden pek çok mineral için karakteristiktir.

Parlaklık : Mineralin yüzeyinin yansıyan ışınlar yardımıyla nasıl görüldüğünü açıklamak için kullanılır. Başlıca 2 tür parlaklık tanımlanmıştır.

- A. Metalik
- B. Metalik olmayan

Bu iki tür birbirinden çok keskin sınırlarla ayrılamadığı için, ara geçişler adlandırması "Yarımetalik" olarak yapılır.

Metallerdeki gibi parlak bir dış görünüme sahip minerallerin parlaklığı metalik parlaklık sınıfına girer. Opak olurlar, koyu renkli, siyah, gri gibi renklerde görülürler yani ışığı geçirmezler.

Metalik olmayan mineraller genel olarak açık renkli olur. Işığı geçiren minerallerdir. Bu tür minerallerin parlaklığı aşağıdaki gibi tanımlanır.

- Cam parlaklığı : Kuvars, turmalin
- Reçine parlaklığı : Sfalerit
- İnci parlaklığı : Talk
- Yağ parlaklığı : Nefelin, som kuvars
- İpek parlaklığı : Jips, malakit
- Elmas parlaklığı : Elmas, serüsit, anglesit

Lüminesans : Minerallerin ışık yayma özelliği olarak tanımlanır. Lüminesans, minerallerin farklı koşullar altında aktivatör denilen yabancı maddelerin etkileri sonucunda meydana gelmektedir. Genellikle karanlık ortamlarda gözlemlenmektedir. Lüminesans çeşitleri ise şunlardır :

- A. Fotolüminesans : Malzemenin elektromanyetik ışığa ile uyarılması sonucu gerçekleşen olaydır. Floresans ve fosforesans, fotolüminesansın çeşitleridir.
- B. Floresans : Minerallerin X-ışını, ultraviyole ışınlar veya katod ışınları maruz kalıp ışın yayma özelliğidir. Kısa süreli lüminesans olayıdır. Minerallerden florit, şeelit, willemit, kalsit, elmas ve skapolit örnek olarak verilebilir.
- C. Fosforesans : Etki ortadan kalktıktan sonra mineral bir süre daha ışık yaymaya devam ediyorsa buna fosforesans denir. Uzun süreli lüminesans olayıdır. Floresans ile fosforesans arasında keskin sınırlar yoktur.
- D. Termolüminesans : Minerallerin ısıtıldığı zaman ışık yaymaları olayına denir. Florit, kalsit, apatit, skapolit, lepidolit ve feldspat termolüminesans özelliği gösteren minerallerdir.
- E. Tribolüminesans : Minerallerin ezilme, öğütülme, çizilme ve sürtünme gibi mekanik etkilerle karşılaştığında ışık yayma özelliğidir. Tribolüminesans özelliği gösteren mineraller, florit, sfalerit, lepidolit, feldspat ve kalsittir.
- F. Katodolüminesans : Mineralin elektron demeti ile uyarılması ile elde edilir. Fotolüminesans ile karşılaştırıldığında daha büyük enerjilere ve lüminesans şiddetine sahiptir. Yüzey kusurlarının incelenmesinde başarılı bir yöntemdir.
- G. Radyolüminesans : α , β , ve γ radyoaktif ışınları ve yüksek enerjili parçacıklar ile ışınlanan numunenin yaptığı lüminesans çeşididir. Işınlar numunenin tüm yüzeyine nüfus ettiği için numunenin hacimsel kısımları hakkında bilgi verir.
- H. Elektrolüminesans : Malzemeye elektrik alan uygulanması ve bu şekilde uyarılmasıyla oluşan lüminesans olayıdır.
- İ. Sonolüminesans : Malzemenin yüksek frekanslı ses dalgaları ile uyarılması sonucu gerçekleşen lüminesans çeşididir.
- J. Kimilüminesans : Kimyasal enerji ile uyarılma sonucu oluşan ışımaya denir.
- K. Biyolüminesans : Ateş böceği, olta balığı ve bunun gibi canlı organizmalarda gözlemlenen ışımaya çeşidine denir.

L. Optik Uyarmalı Lüminesans : OSL, radyasyona maruz bırakılmış numunenin tekrar UV ve IR ile uyarılarak tuzaklanan elektronların serbest bırakılması sonucu oluşan lüminesans olayıdır.

Sertlik : Minerallerin çizilmeye karşı gösterdikleri direnç olarak bilinmektedir. Bu yüzden çizilebilirlik özelliği de denir. Minerallerin sertliği doğrudan kristal yapıları ve atomlar arasındaki bağ kuvvetleri ile ilişkilidir ve bağ kuvvetleri arttıkça minerallerin sertliği de artmaktadır. Sertlik bağıntılı bir kavram olup sertlik derecesinin saptanması için sertliği bilinen minerallerle, sertliği belirlenmek istenen mineral birbirine sürtülür. Sertliği bilinmeyen mineralin hangi minerali çizdiği ve hangisiyle çizildiği belirlenir.

Bunun için kullanılan çizelge Avusturyalı bir mineralog olan F. MOHS'un 1824'te belirlediği çizelgedir. MOHS sertlik skalası 10 mineralin sertliği en yumuşak olandan en sert olana doğru sıralanmıştır [9].


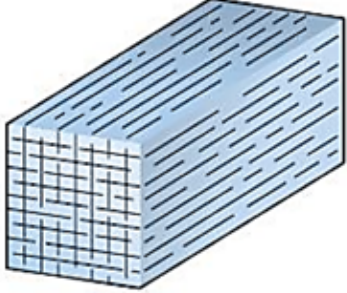
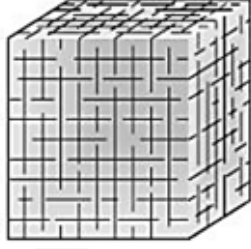
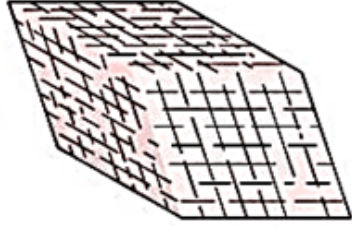

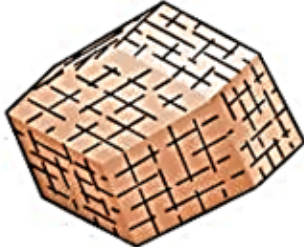
Tablo 3.1. Mohs sertlik skalası

Mineral ismi	Sertlik derecesi	Çizme denemesi
Talk	1	Tırnakla çizilir.
Jips	2	Toplu iğneyle çizilir.
Kalsit	3	Toplu iğneyle çizilir.
Florit	4	Toplu iğneyle çizilir.
Apatit	5	Eğre ile çizilir.
Feldspat	6	Eğre ile çizilir.
Kuars	7	Camı çizer.
Topaz	8	Camı çizer.
Korund	9	Camı çizer.
Elmas	10	Her şeyi çizer, lazerle çizilir.

Dilinim : Mineraller belirli yönlerde birbirlerine ve kristal yüzeyine paralel şekilde ayrılabilme, bölünebilme özelliği gösterir. Dilinim mineralin kristal yapısı ile doğrudan ilişkilidir ve farklı kimyasal bileşime, sahip olsa da kristal yapıları aynı olan mineraller aynı dilinimleri gösterir. Dilinim niteliğine göre iyi, mükemmel, kötü olarak, yönlere göre ise 1 yönde, 2 yönde, 3 yönde dilinim şeklinde ifade edilir. Eğer 1'den daha fazla yönde dilinim varsa bunların aralarındaki açının bilinmesi gerekir. Çünkü minerallerin dilinimleri arasındaki açılar o mineralin tanınması bakımından parmak izi gibi önemli bir özelliktir.



Tablo 3.2. Minerallerin dilinim şekilleri [4]

Dilinim Şekli		Örnek
Tek Yönlü Dilinim		Mikalar - Biotit - Muskovit
Dik Açılı, İki Yönlü Dilinim		- Potasyum Feldspatlar - Plajiyoklaz Feldspatlar
Dik Açılı, Üç Yönlü Dilinim		- Halit - Galen
Dik Açılı Olmayan Üç Yönlü Dilinim		- Kalsit - Dolomit
Dört Yönlü Dilinim		- Florit - Elmas
Altı Yönlü Dilinim		- Sferit

Yarılım : Dilinime benzeyen şekilde belli kristallografik yönlerde gelişmektedir fakat sadece basınç altında kalmış, bozulmuş minerallerde gözlemlenir. Yarılım dilinimden farklı olarak devamlı değildir.

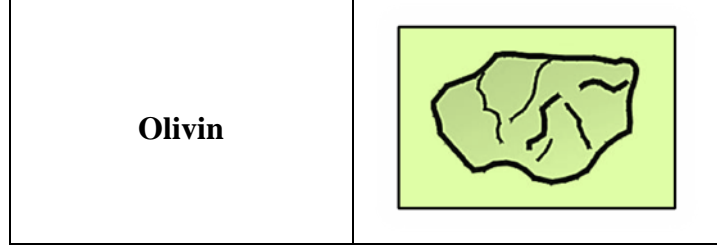
Kırıklık : Mineral içerisinde belirli yönler ile düzlemler boyunca olmayan yarılımlardır. Kırılma yüzeyi, şekli farklı minerallerde farklı olabilmektedir. En belirgin olan kırık yüzeyi şekilleri:

- Konkoidal.
- Işınsal.
- Keskin kenarlı.
- Pürüzlü.
- Düzensiz kırık yüzeyler.

Minerallerin kırılma, ezilme, bükülme, parçalanma ve yırtılmaya karşı gösterdikleri dirence tenasite denir. Mineraller tenasite özellikleri bakımından aşağıdaki sınıflara ayrılmaktadır.

- Kırılgan : Kolayca kırılabilme ve toz haline gelebilme özelliğine sahip minerallerdir.
- Mallebl : Dövülme ve levha haline gelebilme özelliğine sahip minerallerdir.
- Sektil : Bıçakla kesilebilen minerallerdir.
- Duktıl : Tel haline gelebilen minerallerdir.
- Fleksible : Bükülebilen ve bükülmeyi sağlayan kuvvet ortadan kalkınca eski haline gelmeyen minerallerdir.
- Elastik : Bükülebilen, ancak bükülmeyi sağlayan kuvvet ortadan kalkınca eski haline dönebilen minerallerdir.

Bu tür oluşumlar bazı mineraller için karakteristik olabilmektedir. Örneğin olivin minerali, diğer özellikleri yanı sıra sıkça çatlaklar içermesiyle de tanınabilmektedir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1 Olivin kristaline ait çatlak yapısı

Minerallerin Manyetik Özellikleri : Üç başlık altında inceleyecek olursak

- A. Ferromagnetik Mineraller : Zayıf manyetik alanda çok şiddetli manyetik özellik gösterir ve mıknatıs ile şiddetle çekilebilen minerallerdir.
- B. Paramagnetik Mineraller : Güçlü bir elektromanyetik alanda hafifçe çekilme özelliği gösteren minerallere denir. Manyetik alınganlık sabiti artı olan minerallerdir.
- C. Diamagnetik Mineraller : Eğer güçlü elektromanyetik alanda, mineraller çekilme yerine hafifçe itilirse bu minerallere denir. Manyetik alınganlık sabiti eksi olan minerallerdir.

Mineraller bu şekilde birbirlerinden kolayca ayrılabilirler. [10]

Minerallerin Elektrik Özellikleri : Minerallerde elektrik iletkenlik, kristalin bağ tipi ile ilgilidir. Saf metalik bağa sahip mineraller örneğin altın, bakır, demir iyi iletkenlerdir. Kısmen metalik bağa sahip mineraller örneğin sülfürler yarı iletken özelliktedir. İyonik ve kovalent bağa sahip mineraller örneğin silikatlar genellikle iletkenlik özelliği göstermezler. Kübik sistem dışında kristallenen minerallerde elektrik iletkenlik yönlerine göre değişim gösterdiği için elektrik iletkenliğinin vektörel bir özellik olduğu söylenebilir.

İki başlık altında inceleyecek olursak.

- A. Piezoelektriklenme : Minerallerde polar eksene basınç uygulanmasının sonucunda, eksenin bir ucunda pozitif (+) diğer ucunda da negatif (-) elektrik yükü birikir. Bu olaya piezoelektriklenme denir. Bunun en iyi örneği kuvars ve turmalin kristalleridir.

- B. Piroelektriklenme : Polar eksenli kristallerde sıcaklık değişimleri polar eksenin uçlarında (+) ve (-) elektrik yüklerinin oluşumuna sebep olmaktadır. Piroelektriklenmenin iki türü vardır.
- Primer Piroelektriklenme : Sıcaklık farkı polar eksen uçlarında (+) ve (-) elektrik yükü oluşturur. (Turmalin)
 - Sekonder Piroelektriklenme : Sıcaklık farkı prizmatik kenarların üçünde (-) diğerlerinde ise (+) yük toplanmaktadır. (Kuars)

3.2. Minerallerin Tanınmasında Yararlanılan Kimyasal Özellikleri

Minerallerde başta iyonik ve kovalent olmak üzere iki kimyasal bağ türü önemlidir. Daha az yaygın olan diğer iki kimyasal bağ türü, metalik ve Van der Waals bağlarıdır [5].

İyonik Bağ : Zıt yüklü iyonlar arasındaki çekim sonucunda iyonik bağ meydana gelir. Soygazlara benzemek yani en dış halkalarını tamamlamak için elektron alışverişi ile sağlanır. Bu bağ, bir metal atomunun metal olmayan bir atomla elektron değiştirmesi ile oluşur.

İyonik bağlı kristallerin özellikleri:

- Kolay çözünürler.
- Orta derecede sertlik gözlemlenir.
- Özgül ağırlık gösterir.
- Ergime noktaları oldukça yüksektir.
- Isı ve elektriği zayıf iletirler.
- Minerallerde en çok görülen bağ türüdür.

Kovalent Bağ : En güçlü bağ türüdür. Aynı veya farklı atomlar arasında dış yörüngedeki elektronların ortak kullanımı ile gerçekleşir. Kovalent bağı meydana getiren elektriksel güçler, elektronların ortak olarak kullanıldığı bölgede yoğunlaşmıştır.

Kovalent bağlı minerallerin özellikleri;

- Çözünmezler.
- Yüksek derecede sertliğe sahiptirler.
- Büyük kararlılık ve yüksek ergime noktaları gösterirler.
- Katı ve çözelti halindeyken elektriği iletmezler.
- Işığı kırma indisleri büyük, yansıtma özelliği kuvvetlidir.
- Minerallerde en çok görülen ikinci bağ türüdür.

Metalik Bağ : Elektronlar bağ mekanizmasını bozmadan yapı içinde serbestçe kayarlar veya yapının dışına çıkabilirler. Elektron yörüngeleri dolu olan çekirdekler ve elektron bulutu arasındaki çekici güçler metalik bağı oluştururlar.

Metalik bağlı minerallerin özellikleri:

- Düşük sertlik gösterirler.
- Isı ve elektriği iyi iletir.
- Erime, kaynama dereceleri, genleşme özellikleri, sıkıştırılabilme ve plastik şekillenme gibi fiziksel özellikleri bağ kuvvetine bağlıdır.
- Işığı geçirmezler.
- Bükülebilir, levha ve tel haline gelebilir, rendelenebilirler.
- Metalik parlaklığa sahiptirler.

Van der Waals Bağı : Soygazların dizilim düzenine benzemek için, kutuplanmış moleküller arasında oluşan bağa denir. Bunlar en zayıf kimyasal bağlardır. Minerallerde seyrek olarak görülür. Çoğunlukla organik bileşikler ve katılaştırılmış gazlarda bulunurlar.

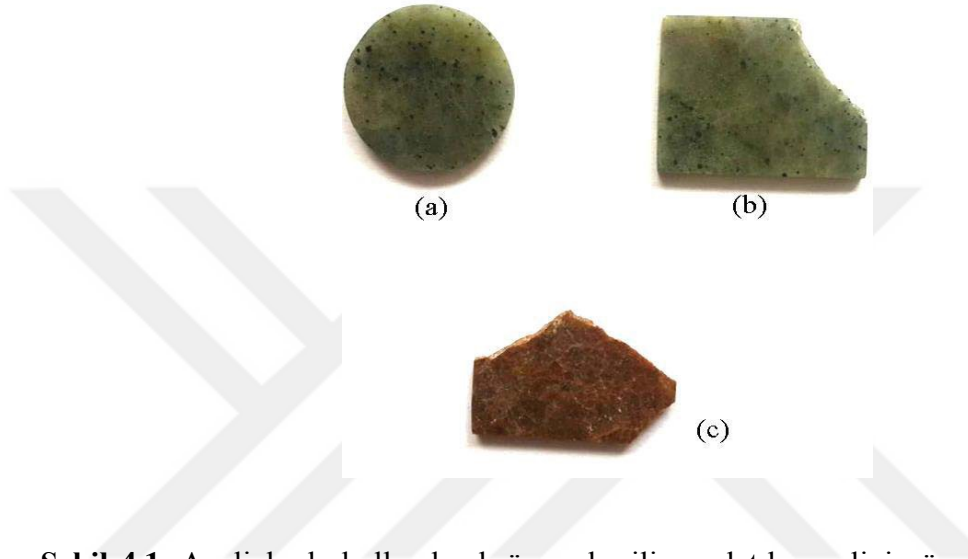
Van der Waals bağlı minerallerin özellikleri:

- Düşük sertlik gösterirler.
- Ergime noktaları düşüktür.
- Genleşme katsayıları yüksektir.
- Yalıtkan özellik gösterirler.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Bu çalışmada Bursa ili Orhaneli ilçesi bölgesinden temin edilen olivinin, fiziksel, optiksel ve elektriksel özellikleri belirlenmiştir. Numunelerin tavllanmış ve tavlansınmamış görünüşü Şekil 4.1. de mevcuttur.



Şekil 4.1. Analizlerde kullanılmak üzere kesilip parlatılmış olivin örnekleri (a) RL ölçümünde kullanılan örnek, (b) Optik, elektriksel ve diğer analizlerde kullanılan örnek, (c) 1000°C' de tavllanmış örnek

Tablo 4.1. Olivin grubu mineralleri

Olivin Grubu Mineralleri	Kimyasal Formül
Forsterit	Mg_2SiO_4
Krizotil	$(Mg, Fe)_2 [SiO_4]$
Hyalosiderit	$(Mg, Fe)_2 [SiO_4]$
Hortonolit	$(Fe, Mg, Mn)_2 [SiO_4]$
Ferrohortonolit	$(Fe, Mg, Mn)_2 [SiO_4]$
Fayalit	Fe_2SiO_4

Kristal kafes yapılarından biri olan ortorombik sistemde kristallenen olivinin genel formülü $(Mg, Fe)_2 [SiO_4]$ şeklindedir ve Tablo 4.1. de görüldüğü gibi farklı olivin grubu mineralleri bulunmaktadır.

Olivin grubunun uç üyeleri forsterit (Mg_2SiO_4) ve fayalit (Fe_2SiO_4)'tir. Bu uç üyelerin birbirleriyle sürekli bir katı ergiyik serisi vardır ve sonucunda forsterit ve fayalit arası bileşime sahip ara üyeler ortaya çıkar. Bunlar genellikle içerdikleri Mg ve Fe oranına göre forsterit (Fo) ve fayalit (Fa) cinsinden ifade edilir.

4.1.1. Materyalin Özellikleri ve Kullanım Alanları

4.1.2. Materyalin Fiziksel Özellikleri

Olivin genellikle zeytin yeşili renklerdedir. Ayrıca renksiz, beyaz (forsterit), açık yeşilimsi sarı ve kahvemsiz siyah (fayalit), renksiz-gri (montisellit), mavimsiz gri (glokokroit), açık kırmızımsı-kül grisi (tefroit), ayrıca bileşimlerine bağlı olarak koyu yeşil, grimsiz yeşil, sarımsı kahverengi olan türleri de bilinmektedir. Çürüme, bozulma sonucu, kırmızımsı ve siyahımsı renklere dönüştüğü görülür. Kayaç özelliklerine bağlı olarak öz şekilsiz veya otomorf (öz şekilli) kristal halinde gözlenir. Çoğunlukla yuvarlağımsı kristal; kum, çakıl karışımı yığışımalar halinde bulunurlar. Olivinler kırılmandır, konkoidal kırılma gözlenir ve cam parlaklığına sahiptir. Sertlikleri, 20°C'de, Mohs sertlik skalasına göre 6,5-7 arasında olan olivinlerin özgül ağırlıkları içerdikleri Fe miktarına göre 3,2-4,4 gr/cm³ arasında değişir [8].

4.1.3. Materyalin Kimyasal Özellikleri

Olivinlerin bileşimleri forsterit ve fayalit arasında değişir. Bu üyelerin yapısında, Mg^{+2} ve Fe^{+2} 'nin değişik oranda birbirlerinin yerini alma meyili vardır. Olivin kristallerinin çoğunda, özellikle demir bakımından zengin türlerde, magnezyum-demir ile manganez-kalsiyum arasında az miktarda yer değiştirmeler görülür. Magnezyum bakımından zengin olivinlerin bileşimlerinde nikel ve krom elementleri vardır. Fe^{+3} 'de krom'a benzer bir davranış gösterir. Eser oranda kalsiyuma rastlanan olivinlerin %0,0-1,0 oranında kalsiyum içerdiği görülmüştür. Fosforun bazı olivinlerde 400 ppm seviyesine ulaştığı görülmüştür. Ergime sıcaklıklarına bakacak olursak forsterit 1890°C civarında, fayalit ise 1205°C'de ergir [11]

4.1.4. Materyalin Kullanım Alanları

- A. Demir-Çelik Endüstrisinde Kullanımı : Yüksek fırınlarda eritici ve cüruf düzenleyici olarak kullanılan olivin, çelik üretimi için fırınlarda demir cevheri ve kok kömürü ile birlikte yakılır. Cevherlerdeki safsızlıklar hammaddenin yeterince eriyemeyip cürufa karışmasına engel olur ve olivin, bu olayı düzenleyici olarak kullanılır. Olivin sisteme eklendiğinde cürufun bazikliği dolayısıyla akışkanlığı artar. Ayrıca demir-çelik endüstrisinde kullanıldığında kok tüketimini azaltan olivin, böylece önemli enerji kayıplarını da önlemektedir.
- B. Refrakter Sanayinde Kullanımı : Olivin grubu minerallerinden forsteritin ergime ısısının 1890°C civarında olması, forsteritten yapılmış tuğlaların demir-çelik, çimento ve yüksek ısı ihtiyacı olan diğer sanayi dallarında, eriyik haldeki metali tutmak veya kalıba doldurmak için kullanılan tundişlerin yapımında ve yüksek fırınlarda kullanımını sağlamıştır.
- C. Döküm Sanayinde Kullanımı : Kuvars kumu döküm sanayinde kullanılan ana malzemedir. Ancak kuvars kumunun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle ve bazı metal dökümlerde, kuvarsın metal ile reaksiyona girdiği durumlarda, olivinden yapılmış kalıplar tercih edilmektedir. Manganez çelik dökümünde ise yalnızca olivin kalıplar kullanılmaktadır. Çünkü kuvars kumu döküm işleminde düşük ergime sıcaklığı problemiyle birlikte, çelik kum üzerinde sinterleşir ve çelik üzerinde yanmalar sonrasında delikler meydana gelir. Bu sorun olivin kullanıldığında tümüyle ortadan kalkmaktadır. Olivin kuvars kumuna göre daha iyi bir döküm malzemesi olarak görülmektedir. Bunun sebepleri, termal genleşmesinin az olması, termal şok etkilerine mukavemet göstermesi, daha kolay şekil alması ve köşeli parçalardan oluşması, yüksek kuru kırılma dayanımı, iyi kalsine olma özelliği sayesinde bünyesine çok az miktarda su alması ve yeniden kullanımının kolaylığı olarak gösterilebilir.

- D. Aşındırıcı Olarak Kullanımı: Kuvars kumunun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri sonucu kullanımının pek çok yerde yasaklanması bu alanda olivin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Yüksek yoğunluğu, sertliği ve köşeli yüzeylere sahip taneler halinde olması özellikleriyle, bina köprü gibi yapıların dış yüzeylerinin temizlenmesinde basınçlı toz olivinler kullanılır.
- E. Elektrikli Isıtıcı Olarak Kullanımı : Isıyı oldukça yüksek oranda depolama özelliği olan olivin bu alanda kullanılmaktadır. Olivinden yapılan radyatörler 1960'lı yıllarda Avrupa'da kullanılmış ve bu sisteme gece ısıyı depolayan ısıtıcılar anlamına gelen “night storage heaters” ismi verilmiştir. Bunun nedeni geceleri elektrik fiyatlarının daha ucuz olması ve gece depolanan ısının daha sonra istenilen ortamı ısıtma amacıyla kullanılmasıdır.
- F. Denge Malzemesi Olarak Kullanımı : Yüksek yoğunluk özelliği olan olivin, betonun içine katılarak beton gözeneklerini doldurması ve ağırlığı ile dengeyi sağlaması amacıyla denizlerde kurulan petrol platformlarında kullanılır. Tren yollarında da sağlam ve dengeli bir temel olması amacıyla köşeli olivin taşları kullanılır.
- G. Endüstriyel Atıkların Arıtılmasında Kullanımı : Endüstriyel atıkların arıtılması sürecinde kireçtaşı kullanılması ağır metal içeriği yüksek miktarlarda jips açığa çıkarmaktadır. Bunun benzeri sorunları çözmek için kullanılan yöntemlerinden birisi de nötralizasyonda olivin kullanılmasıdır. Bu sayede hem atık sular arıtılmakta hem de sanayi değeri yüksek yan ürünler kazanılmaktadır. Olivin çözündüğünde ortamın pH'ı 9 - 9,3 civarına ulaşır. Başlangıçta 70-100°C sıcaklık gerekir [11]. Meydana gelecek reaksiyonlar ekzotermik olduğundan daha fazla enerjiye ihtiyaç olmaz ve sistem ısı yaymaya başlar. Dört kademede gerçekleşen reaksiyonların ilk kademesinde çöktürülmüş silika filtre edilerek alınır. Elde edilen mikronize silika, kağıt, lastik, cam, seramik, temizlik ve deterjan sektörlerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. İkinci kademede, filtrelenen mikronize manyetit, elektrik sektöründe ve fotokopi makinelerinde toner olarak kullanılır. Üçüncü kademede elde edilen magnezyum sülfat gübre sanayi ve kağıt endüstrisinde kullanılmakta olup bu kademede nötralize edilmiş su atılmaktadır. Diğer ara kademelerde ise atık içeriğine bağlı olarak nikel, krom, vanadyum, titan gibi ürünlerde elde etmek mümkündür.

- H. Nükleer Atıkların Ortadan Kaldırılmasında Kullanımı : Nükleer atıklar çağımızın çok önemli bir sorunudur. Bariyerlerin amacı, nükleer atıkların doğaya karışma sürecini uzatarak radyonüklitlerin yayılmasını geciktirmek veya engellemektir. Yapılan çalışmalarda, nükleer atık havuzlarında redoks tamponu olarak fayalit (Fe_2SiO_4) kullanılabilceğini göstermiştir. Bu çalışmada araştırmacılar, fayalitin nükleer atıklardan çözünen radyonüklitleri tutma yeteneği, içeriğindeki demir ve manyetit nedeniyle redoks potansiyelini kontrol edebildiğini ve bu süreçte diğer silikat minerallerine göre daha az oksijen tükettiğini göstermişlerdir [12].
- İ. CO_2 Salınımının Azaltılmasında Kullanımı : Çağımızın bir diğer önemli çevre problemi de endüstriyel faaliyetler ile fosil yakıtlardan açığa çıkan CO_2 gazının kontrol altına alınmasıdır. Olivin ile yapılan araştırmalarda CO_2 gazının karbonata dönüştürülerek depolanabildiği bulunmuştur. Deneylerde baca gazından çıkan su buharı kullanılarak, CO_2 ve olivin arasındaki reaksiyon hızlandırılmış ve olivinin CO_2 moleküllerini tutup, uzun bir süre sonunda duyarlı karbonat olarak depolanması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalar, olivinin etkin olarak maden sahalarında meydana gelen asit maden drenajı olayının rehabilitasyonunda kullanılabilceğini ortaya koymuştur. Araştırmacıların yaptıkları deneylerde, pH'ı 1,88 - 2,39 arasında değişen ortama, kristal boyutu 0,1 - 1 mm arasında değişen olivin serilerek ortamın % 82 nötrale edilebildiğini göstermişlerdir [12]. Bu çalışmalar olivinin çevre teknolojilerinde önemli bir yer tutacağını ortaya koymuştur.
- J. Diğer kullanım alanları : Olivinin saydam ve gösterişli olanları süs taşı ve doğal renklendirici olarak kullanılır. Ayrıca tarımda magnezyum ve demir dengesini sağlamak amacıyla gübre olarakta kullanılır [11]. Uzay sanayinin ihtiyaç duyduğu ısıya dayanıklı malzemelerin yapımında, toz halindeki renginin beyaza yakın olması sebebiyle özel boya yapımında, olivin katkılı çelikten düdüklü tencere yapımında, yüksek dayanıklı beton yapımında, kot kumaşı ağartılmasında silis kumunun sağlığa zararlı olması nedeniyle yerine olivin kullanılmaktadır [12].

4.2. Yöntem

4.2.1. Termolüminesans (TL)

Termolüminesans (TL) ölçümlerimiz RA94 TLD Reader-Analyser cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Cihaz termolüminesans olaylarının incelenmesi ve pelet (tablet) veya toz şeklindeki bilinen tüm TL malzemeleri ile radyasyon dozunun ölçümü için tasarlanmıştır. RA94 TLD Reader-Analyser el ile kontrol edilerek READER olarak çalıştırılabildiği gibi bir bilgisayarla beraber programlanmış kontrol parametreleri ile Reader-Analyser olarak da çalıştırılabilir. Farklı radyasyon kaynaklarına maruz bırakılan malzemelerin ısıtılması sonucu oluşan ışık sinyali uygun bir şekilde seçilmiş foto çoğaltıcı (PM) ile ölçülür. PM in çıkış akımı, akım-puls dönüştürücüsünde standart atmalara dönüştürülür [13].



Şekil 4.2. RA'94 TLD Reader-Analyser sistemi

1. Kontrol düğmeleri
2. Isıtma levhası, kontrol ışık kaynağı ve ısıtma güç birimini içeren çekmece
3. LCD ekran
4. Mod kontrolü ve programlama anahtarları
5. İnert gaz akışı ayarları için kullanılan rotametre

Sistemin teknik özellikleri :

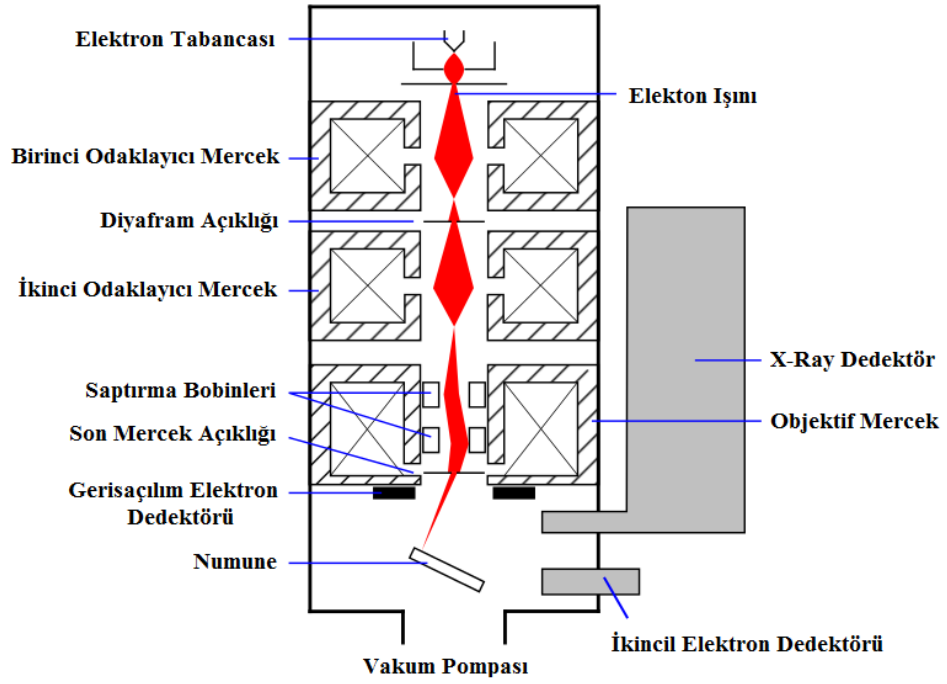
1. Referans ışık kaynağı ile programlanabilir duyarlılık
2. Hassasiyeti %2 S.D. (çoklu algılama ve okuma değeri için)
3. Kararlılığı 8 saat çalışma süresince %2 den iyi
4. Ölçüm süresi;
 - READER modunda : 3s - 180 s
 - ANALYSER modunda : 25s - 4000 s
 - XREADER modunda : maksimum toplam zaman 45 s
5. Üç adımlı ısıtma, 40 °C - 400 °C arasında ayarlanabilir sıcaklıklar, döngü zamanı 1s - 60 s arasında.
6. Lineer ısıtma hızı saniyede 0.1 °C - 20 °C arasında ayarlanabilir
7. Maksimum ısıtma sıcaklığı 400 °C'ye kadar ayarlanabilir
8. Veri Çıkışı;
 - LCD ekran
 - Paralel CENTRONICS - yazıcıya
 - Seri RS-232C - bilgisayara
9. Isıtma levhası dayanıklı, sağlam platin alaşımından
10. Ölçüm aralığı elle ayarlanabilir
11. Yüksek güç kaynağı otomatik ayarlama
12. Güç kaynağı gerilimi : 230 V, 0.8A, 50 Hz
13. Ortam sıcaklığı : 10 °C - 35 °C
14. Boyutları 345 x 245 x 340 mm
15. Ağırlığı 18 kg

4.2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu, bir numunenin yüzey resmini, yüzeyini elektron demetiyle tarayarak görüntüleyen bir cihazdır. SEM kullanılarak bir yüzeyin görüntüsü 500.000 kata kadar büyütülebilir. Bu cihaz sayesinde malzemelerin yüzey yapıları ayrıntılı olarak incelenebilir.

Hizmet alımı yöntemi ile Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Merkez Laboratuvarı, İzmir İleri teknoloji Enstitüsü (İYTE) Malzeme Araştırma Merkezi ve Selçuk Üniversitesinde olivin örneklerine ait SEM görüntüleri alınmıştır.

Çalışma prensibi şemada gösterilen gibidir (Şekil 4.3.). Elektron elde etmek için filament lamba kullanılır. Üretilen elektronlar numune üzerine yönlendirilir. Dedektör kamera gibi davranarak görüntü yakalar ve ekrana yansıtır.

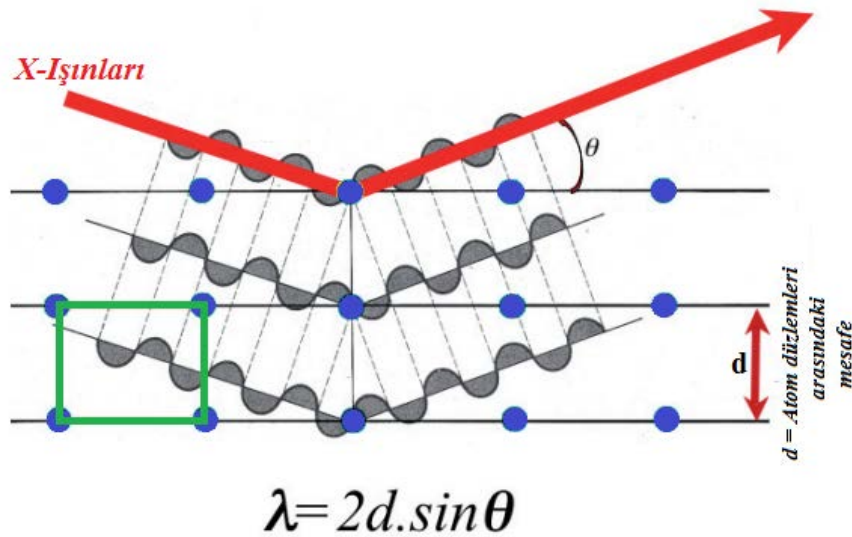


Şekil 4.3. SEM çalışma prensibi

4.2.3. X-Işını Kırınımı (XRD)

X-Işını Kırınımı, materyallerin karakteristiğini analiz etmek için kullanılır. XRD, malzemenin iyi bir şekilde tanımlanması için hızlı ve güvenilir sonuçlar sağlar. Özellikle ince tanecikli yapıların ve karışımların belirlenmesi için yararlı bir analiz yöntemidir. Eğer örnek bir karışımsa, XRD verileri, örnekteki farklı element veya bileşiklerin oranını tayin etmek için kullanılır. XRD ile elde edilebilecek diğer bilgiler, mevcut malzemenin kristallik derecesi, malzemenin yapısal durumları gibi özellikleridir.

X-ışını, her bir polimerden, polimerin kristal yapısına ve atomların dizilimine bağlı olarak, farklı şekilde kırılır. İncelemede kullanılan X-ışınları vakum altında bir tüp içerisinde üretilir. Tüp içerisindeki ısıtılmış flamanın akımı uygulandığında flamandan büyük bir elektron demeti yayılımı olur. Çoğunlukla 15-60 kV'lık bir yüksek gerilim uygulanarak hızlandırılan elektronlar, hedefe çarpar ve X-ışınları üretilmiş olur ve oluşan bu X-ışınlarının dalga boyu numunenin karakteristiğini gösterir. X-ışınları toplanır ve 10 mikrondan daha küçük, ince toz haline getirilmiş örnek üzerine gönderilir. X-ışını sinyali bir dedektör yardımıyla tespit edilir [14]. X-ışınlarının keşfinden sonra kırınım olayı keşfedildi. W. H. Bragg ile oğlu W. L. Bragg'ın buldukları eşitlik XRD spektroskopisine yol göstermiştir (Şekil 4.4.). XRD ölçümleri üniversitemiz bünyesindeki Deneysel Fen Bilimleri Araştırmaları Merkezi (DEFAM)'nde alınmıştır.



Şekil 4.4. W. H. Bragg ve W. L. Bragg'ın bulduğu eşitlik

4.2.4. Radyolüminesans (RL)

Manisa Celal Bayar Üniversitesi (MCBÜ) Araştırma Laboratuvarı'nda Jobin Yvon marka CCD dedektörlü bir monokromatör, X-ışını ünitesi, Euroterm sıcaklık kontrol sistemi ve vakum sisteminden oluşan bir X-ışını lüminesans sistemi mevcuttur.

Radyolüminesans olayında malzeme X-ışınlarına maruz bırakılır. Deney boyunca malzemeye gelen radyasyon kesintiye uğramaz ve X-ışınları ile uyartılan bir malzemedeki elektronların iletkenlik bandına geçmesi sağlanır. İletkenlik bandına geçen elektron tekrar değerlik bandına dönüşte bir ışıma yapar. Işıma yapan bu elektronlar sayesinde numunenin yapısı, bant aralığı, hangi dalga boylarında ışık yayınladığı gibi o numuneye mahsus bilgiler alınabilir. X-ışınları malzemenin tüm yüzeyine nüfus ettiği için bu yöntem ile malzemenin hacimsel özellikleri hakkında bilgi edinilir [15].

4.2.5. Optik Spektrofotometre Sistemi

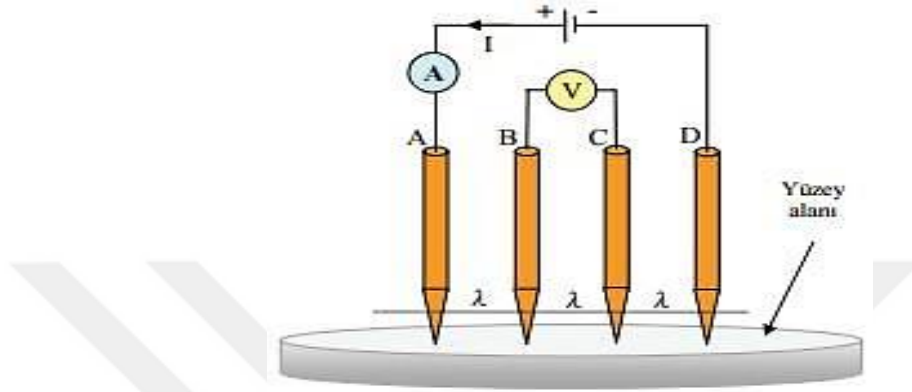
Bu çalışmada TBAG-2324 (103T048) nolu proje kapsamında TÜBİTAK desteği ile daha önceden alınan Perkin Elmer marka Lambda 950 UV-VIS-NIR spektrofotometre sistemi kullanılmıştır. Bu sistem 175 nm'den 3300 nm'ye kadar olan UV/VIS/NIR dalgaboyu aralığında ölçüm yapma imkanı sağlamaktadır. Bu amaçla sistemde döteryum ve tungsten - halojen lambalardan oluşan iki adet ışık kaynağı ve UV/VIS için 240 nm 1440 çizgi/nm ile NIR için 1100 nm'de 360 çizgi/mm kırınım ağına sahip iki monokromatör mevcuttur. Lambalardan çıkan ışık demeti ayna sistemi ile monokromatöre gelir böylece demetin dalgaboyu belirlenir. Lambda 950 spektrometresi ile olivinin soğurma ve geçirgenlik ölçümleri alınmıştır [16].



Şekil 4.5. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre sistemi

4.2.6. Elektriksel Özellikler

Olivinin sıcaklığa bağlı elektriksel iletkenlik ölçümleri Dört Nokta Prob Metodu ile yapılmıştır. Dört nokta prob metodu, genellikle ince film malzemelerin veya yarıiletken maddelerin iletkenlik ve özdirençlerinin ölçülmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde ölçüm için maddenin kontak boyutlarından daha büyük ve düzlemsel olan bir yüzeye sahip olması gerekir.



Şekil 4.6. Dört Nokta Prob Metodu uygulama şeması

Dört nokta kontak metodunda, Şekil 4.6. da görülen ölçme sisteminde olduğu gibi dıştaki iki proba (A ve D) akım kaynağı bağlanır ve içteki iki uçtan (B ve C) potansiyel fark ölçülür [17].

4.2.7. FT-IR ve Raman Spektroskopisi

Titreşimsel spektroskopi teknikleri endüstri laboratuvarında, organik ve inorganik kimyada molekül yapılarının aydınlatılmasında ve akademik çalışmalarda etkin olarak kullanılan standart bir yapı analiz yöntemidir. Raman tekniğinde görünür bölgede monokromatik bir ışın demeti belirli aralıkta frekans taraması yaparak örnek üzerine düşürülür. Örnekten saçılan ışık şiddeti ve frekansı dik açıda kaydedilir. Bu saçılma esnasında ışığın şiddeti ve frekansındaki kaymalar spektrum olarak görüntülenir ve bu frekans kaymaları moleküllerde bulunan her bir fonksiyonel gruba ait titreşimlerden Raman aktif modlara eşdeğer belirli frekans bölgelerinde gerçekleşir. Bunlar moleküllerin titreşimsel kimliğini oluşturur. Böylece bir örneğin Raman spektrumu incelenerek moleküllerinde ne tür fonksiyonel gruplar ve bağlanmalar bulunduğu hakkında oldukça önemli bilgiler elde etmek mümkündür.

FT-IR spektroskopisi, Raman spektroskopisinden farklı olarak ışığın maddeden saçılması yerine kızıl ötesi bölgesinde gelen ışığın IR aktif moleküler titreşimlerle eş frekanslı değerlerde soğrulması ilkesine dayanır [18, 19]. Kızılötesi aktifliği olmayan moleküller eğer kutuplaşma değişimi gerçekleştiriyorsa Raman aktiflik özelliği gösterir bu yüzden bir moleküle ait tüm titreşimsel özelliklerin belirlenebilmesi ancak hem IR hem de Raman aktif titreşimlerin belirlenmesi ile mümkündür.

Titreşimsel spektroskopinin bu genel kullanımının yanı sıra, jeolojik araştırmalarda kaya ve toprak türlerinde var olan minerallerin ve bu minerallerin bulunma oranlarının belirlenmesinde de kullanıldığı bilinmektedir. Her mineralin kendine özgü bir FT-IR ve Raman spektrumu olmasının yanında herhangi bir mineralin farklı yapısal türlerinin bulunması durumunda bu türlerin ve oranlarının belirlenmesi açısından da son derece önemlidir. Buna bağlı olarak mineral yapısında bulunan Mg^{2+}/Fe^{2+} gibi iyon oranları etkili biçimde belirlenebilir. Numunelerin FT-IR ölçümleri DEFAM'da, Raman analizleri ODTÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarında alınmıştır.

4.2.8. ICP-MS

İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi (ICP-MS) direkt olarak çözeltilerde iz element konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılır. Birçok element için gözlenebilir sınırları ng/L 'nin altındadır. Çok sayıda elementi aynı anda analiz edebilme özelliğine sahiptir. Bunun sayesinde nitel analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde olduğu gibi başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun nicel ve yarı-nitel tayinlerinde de çoğunlukla kullanılmaktadır.

ICP-MS'in çalışma aralığı diğer yöntemlere göre oldukça geniştir. Birçok element için $pg-mg/L$ aralığında kalibrasyon grafikleri çizilebilmektedir ve bu farklı konsantrasyona sahip birçok elementin aynı anda analizine olanak sağlamaktadır.

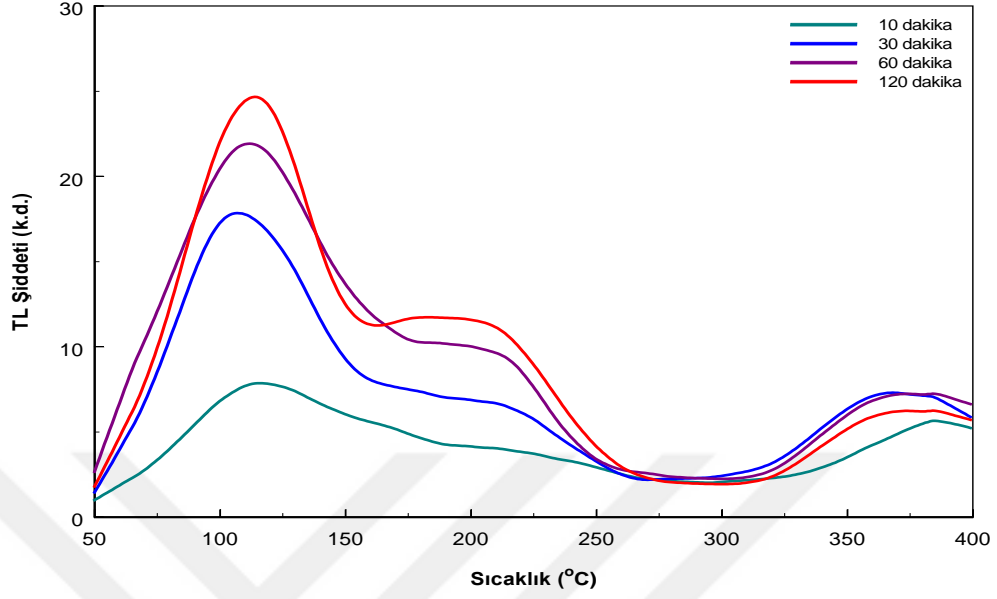
Değişik örnek göndericilerle eşleştirildiğinde ICP-MS, katı örneklerin analizinde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin lazerle aşındırma, lazer ablasyon ICP-MS gibi. Diğer tekniklerle de eşleştirilebilen örnek gönderme sistemleri, hidrür oluşturma, elektrotermal ısıtma, lazerle parçalama, akışa enjeksiyon sistemi gibi sistemlerde aynı şekilde ICP-MS ile de kullanılabilir.

ICP-MS'e likit kromatografisi (LC), iyon kromatografisi (IC) ve gaz kromatografisi (GC) gibi kromatografik sistemler de dahil edilerek elementlerin türleri oldukça hassas bir şekilde belirlenebilmektedir [20]. Numunelerin element analizleri üniversitemiz bünyesindeki DEFAM'da alınmıştır.



5. BULGULAR

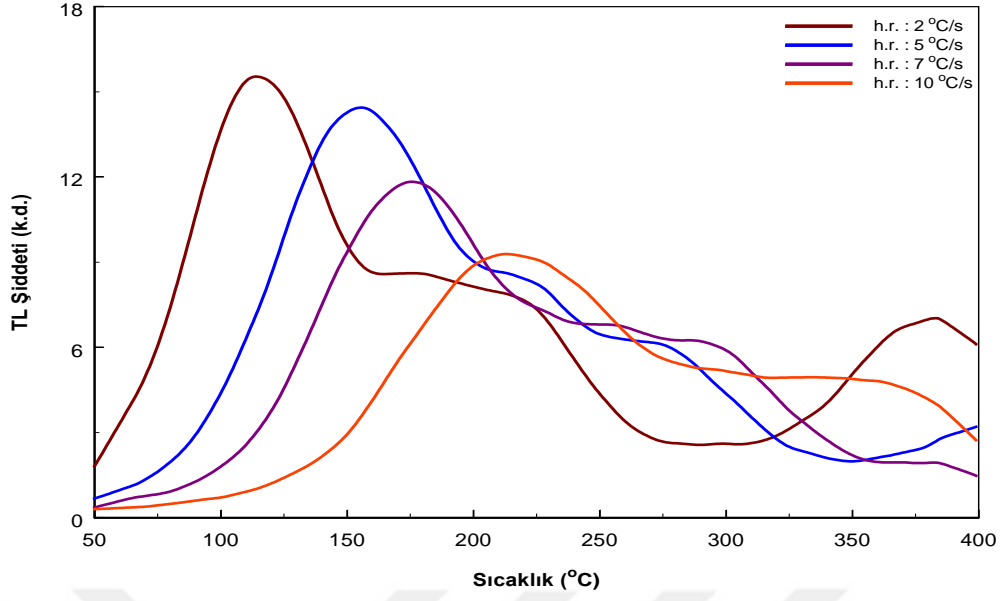
5.1. Termoluminesans Ölçümleri



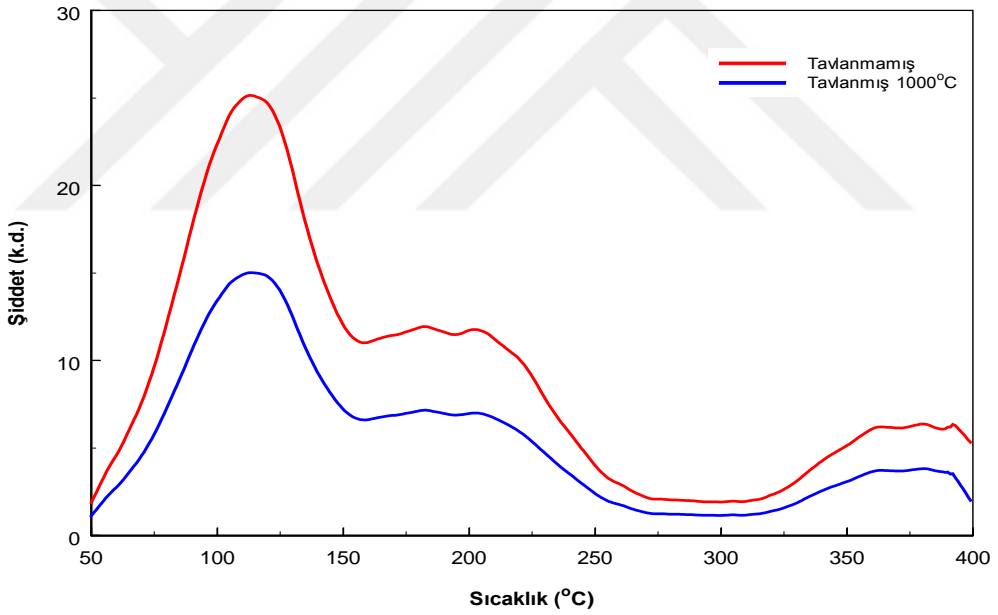
Şekil 5.1. Olivinin farklı ışınlama süreleri için TL spektrumu

Olivin örneğinin ait 10, 30, 60 ve 120 dk X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra alınan TL spektrumları şekil 5.1. de görülmektedir. Parıldama eğrilerinde silisyuma ait 110°C'de ve bunun yanında 190°C ve 375°C pikler görülmektedir. Grafikten anlaşılacağı gibi numunenin ışınlanma süresi arttıkça termoluminesans şiddeti artmaktadır.

Şekil 5.2. de görüldüğü gibi eşit sürelerde ışınlanarak farklı ısıtma hızlarında TL ölçümleri alınan numunenin, ısıtma hızı arttıkça pik maksimumu daha yüksek sıcaklıklara kaymıştır. Numune ile numune tutucu arasındaki ısıl gecikmenin (thermal lag) sebep olduğu bu durumu en aza indirmek için ısıtma hızı düşük tutulmuştur.



Şekil 5.2. Olivinin farklı ısıtma hızları için TL spektrumu

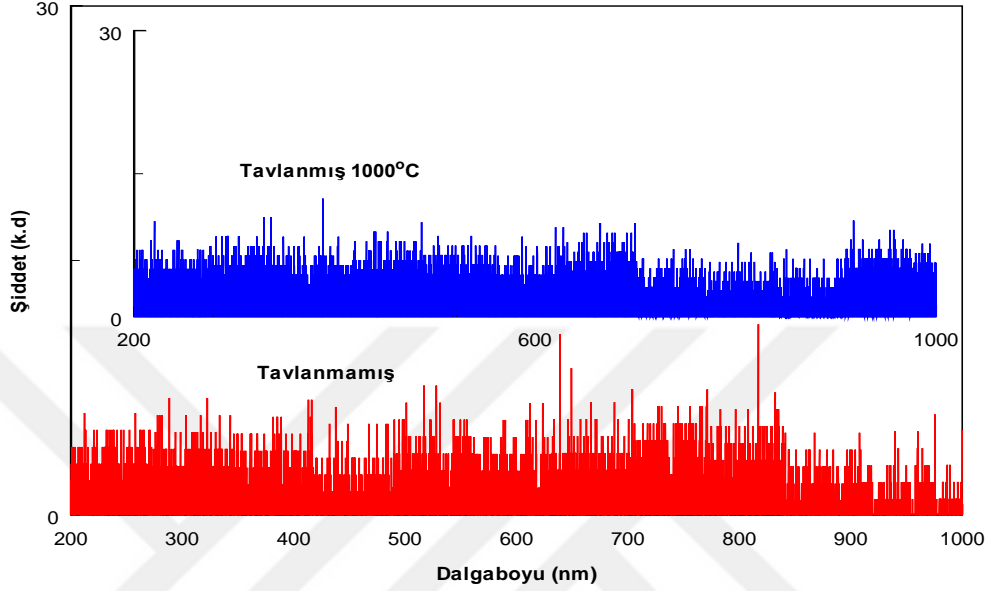


Şekil 5.3. Olivini tavlamanın TL spektrumuna etkisi

2 saat X- ışınına maruz bırakılan tavlınmış ve tavlınmamış örneklere ait TL spektrumu şekil 5.3. te verilmiştir. Görüldüğü gibi tavlanan olivinin TL şiddetindeki düşüş dikkati çekmektedir. Bu durum tavlama işleminin örnekteki kusur merkezlerini azaltmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [21, 22].

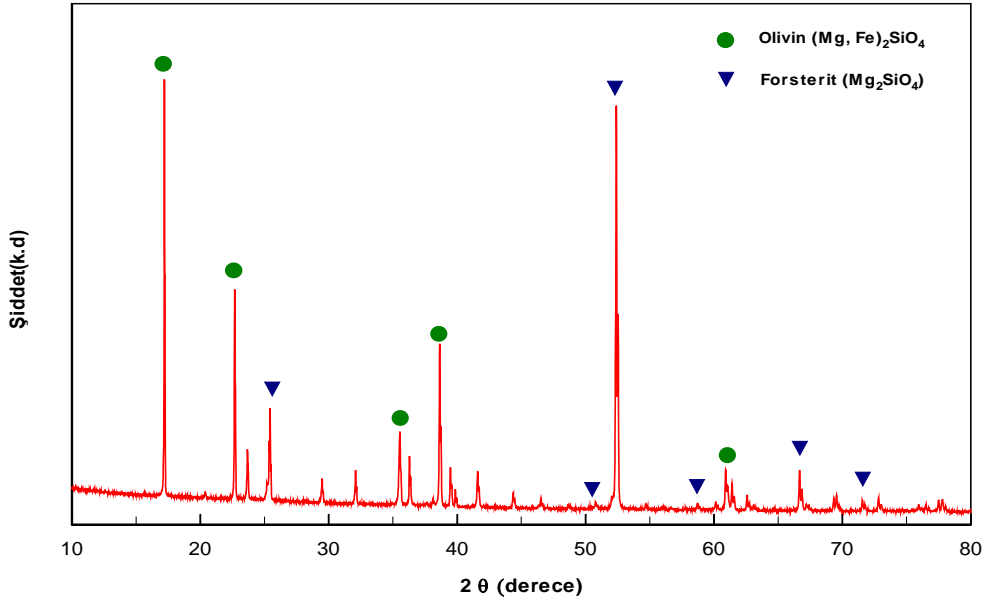
5.2. Radyolüminesans Ölçümleri

Tavlanmış ve tavlanmamış örnekler için RL ölçümlerinde, anlamlı bir lüminesans spektrumu kaydedilmemiştir (Şekil 5.4.). Aynı zamanda tavlama işleminin de lüminesans şiddetine etkisi olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.4. Tavlanmış ve tavlanmamış olivin örneklerinin RL Spektrumu

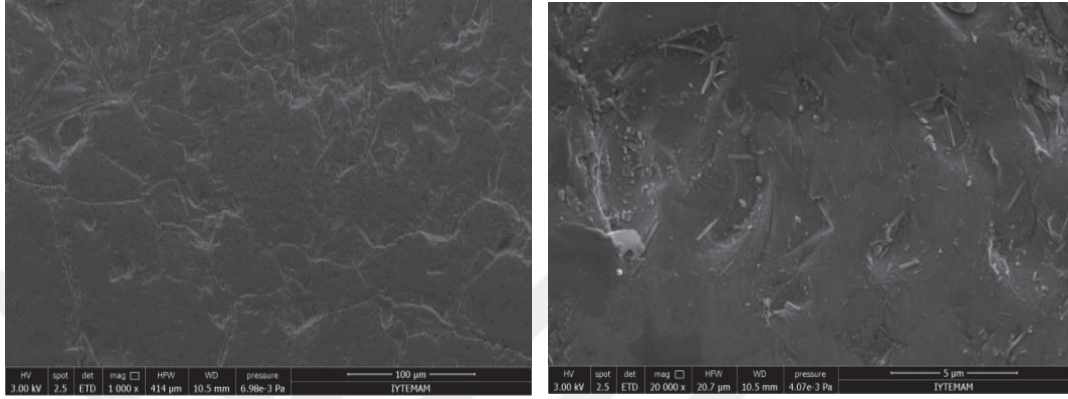
5.3. XRD Analizi



Şekil 5.5. Olivin için elde edilen XRD spektrumu

2θ değerleri 10° ile 80° arasında olmak üzere 0,020° lik adımlarla ve süre adım başına 4s seçilerek olivin minerali için XRD spektrumu alınmıştır (Şekil 5.5). Spektrum üzerinde Fe, Mg ve SiO₄ içeren olivin ile Mg ve SiO₄ içeren forsterite ait fazlar görülmüştür [23].

5.4. SEM Görüntüleri



Şekil 5.6. Olivine ait SEM görüntüleri

Olivinin 1000' den 20000 büyötmeye kadar alınan SEM görüntüleri Şekil 5.6. da verilmiştir. Bu görüntülerden olivin mineralinin 5µm mertebesindeki görüntüsünde çubuklu yapıların bulunduğu açıkça görölmektedir. Bu yapı literatür ile uyum içerisindedir [24].

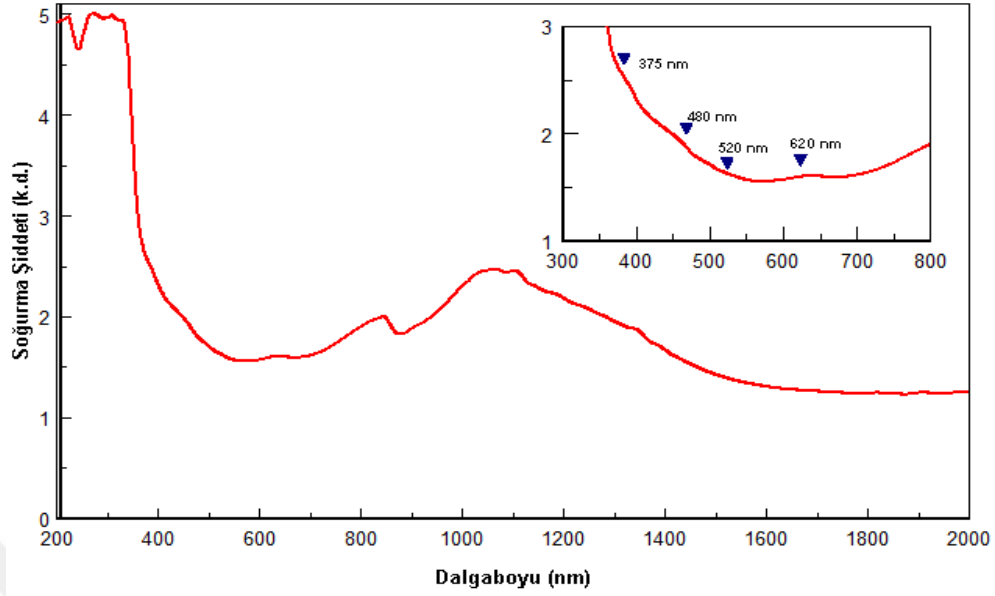
5.5. ICP-MS Analizi

Tablo 5.1. Mineralin madde analizi sonuçları

Element	Miktarı (mg/gr)
Mg	256,710
Fe	41,677
Ca	0,824
Cr	2,021
Mn	0,671
Ni	3,071

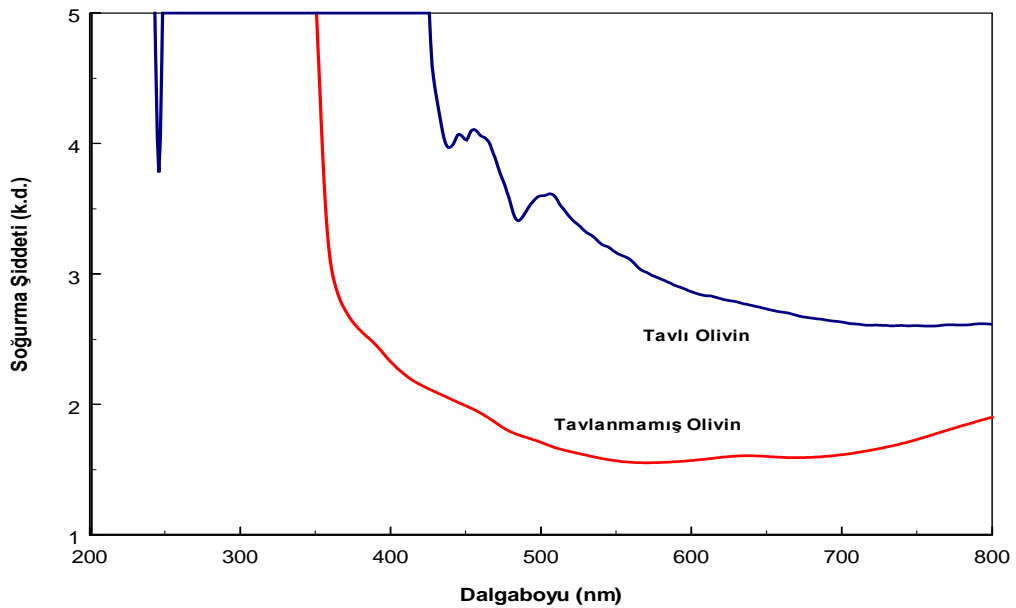
Tablo 5.1. de olivine ait madde analizi sonuçları verilmiştir. Sonuçlar olivinin kimyasal yapısıyla uyumlu olarak Mg ve Fe gibi elementler başta olmak üzere Cr ve Ni safsızlıklarını da içermektedir.

5.6. Optik Absorbsiyon ve Geçirgenlik Analizi



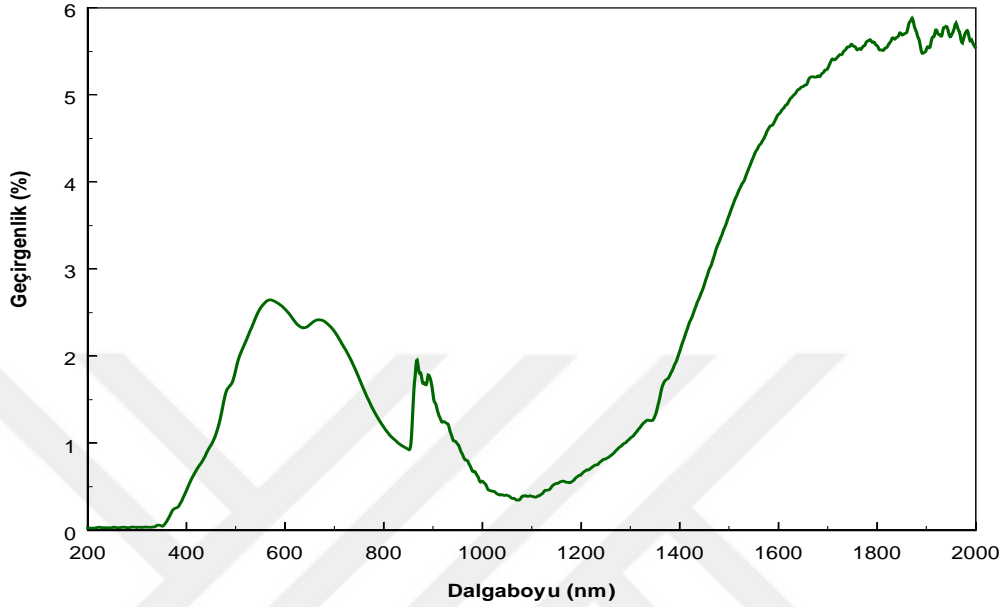
Şekil 5.7. Olivinin optik soğurma spektrumu

Numuneye ait soğurma spektrumunda 375 nm' deki soğurma bandı kuvarsa (SiO_2) ait 480 nm ve 520 nm' de Fe, 620 nm de Mn safsızlığından kaynaklanan soğurma bandı görülmektedir [25]. Kızılötesi bölgede maksimum piki 840 nm ve 1080 nm de belirgin olarak görülen geniş bir soğurma bandı bulunmaktadır (Şekil 5.7.).



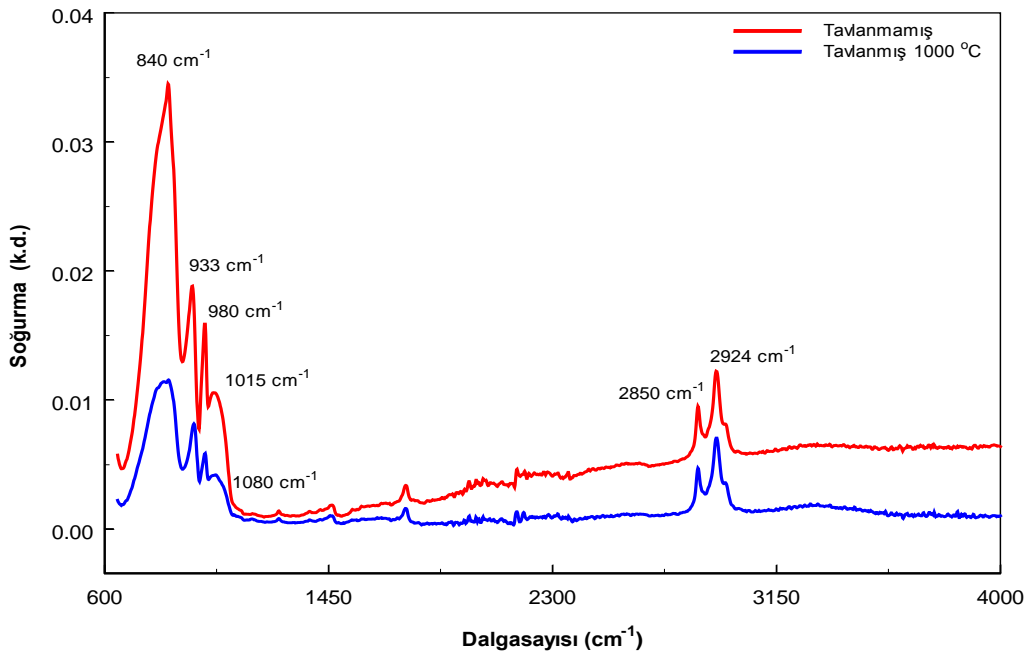
Şekil 5.8. Tavlanmış ve tavlanmamış olivin örneklerine ait optik soğurma spektrumu

Yapılan tavlama işlemi sonucunda ısı etkisi ile malzemenin kristal örgüsünde muhtemel değişiklikler olduğu görülmektedir. Şekil 5.8. de tavlama işlemi sonucunda malzemede 460 nm ve 500 nm civarında yeni soğurma piklerinin olduğu gözlenmiştir. Geçirgenlik grafiği de Şekil 5.9. da mevcuttur.



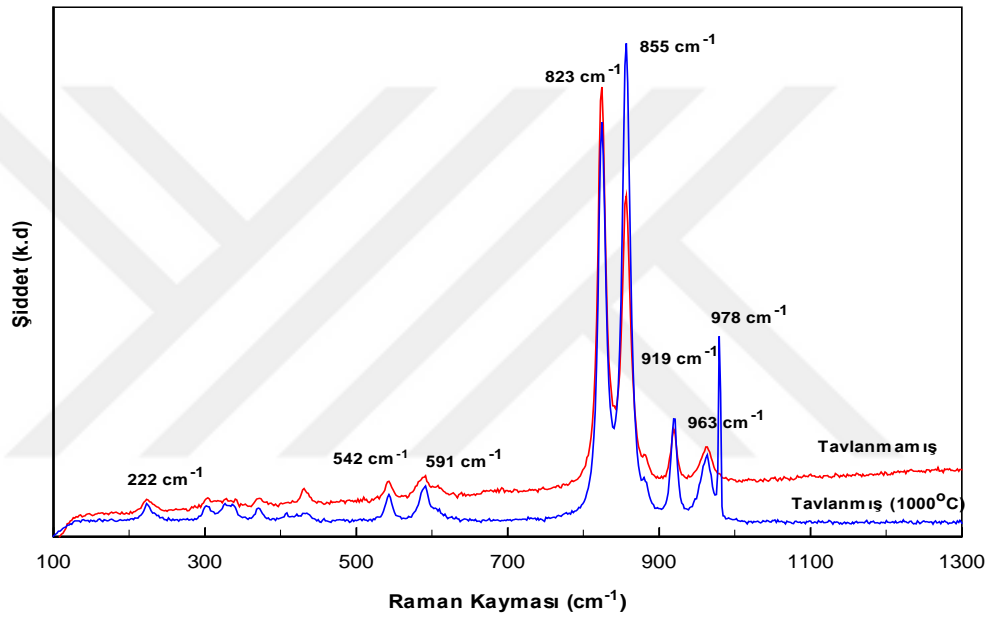
Şekil 5.9. Olivinin optik geçirgenlik spektrumu

5.7. FT-IR ve Raman Spektroskopisi Analizleri



Şekil 5.10. Tavlammış ve tavlammamış olivin için FT-IR spektrumu

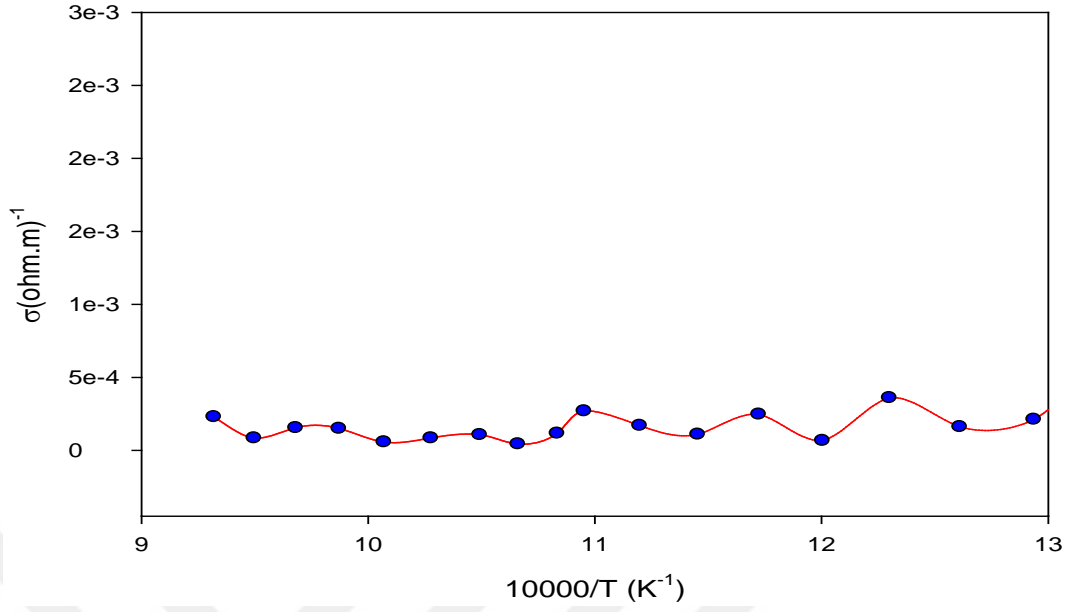
Tavlanmış ve tavlanmamış olivin örneklerine ait FT-IR spektrumları Şekil 5.10. da görüldüğü gibi 3000 cm^{-1} civarındaki pikler karakteristik C-H gerilmeleridir. 1610 cm^{-1} civarında H_2O deformasyonu sırasında, OH titreşiminden kaynaklanan pikler mevcuttur $933\text{-}1080\text{ cm}^{-1}$ aralığında Si-O gerilmelerine ait pikler gözlenmiştir. 700 cm^{-1} kadar mevcut piklerin, olivinde mevcut olan Si ve Fe gibi metal ve oksijen gerilmeleri sonucu oluştuğu bilinmektedir. Maksimum soğurmanın gözleendiği 840 cm^{-1} de, SiO_4 gerilmesine ait karakteristik pik bulunmaktadır. Spektrumda, tavlama işleminin önemli bir değişikliğe neden olmadığı gözlenmiştir [26].



Şekil 5.11. Olivinin Raman spektrumu

Tavlanmış ve tavlanmamış örneklere ait Raman spektrumunda, literatürle uyum gösteren forsterite ait; $222, 642, 681, 823, 855, 919, 963\text{ cm}^{-1}$ 'de ortak Raman pikleri gözlenmiştir (Şekil 5.11.). Tavlama etkisi ile 978 cm^{-1} de oluşan pik açıkça gözlenmektedir [27, 28].

5.8. Elektriksel Özellik Ölçümleri



Şekil 5.12. Olivinin ısıya bağlı elektriksel özelliği

Düşük sıcaklıktaki elektriksel iletkenlik değerleri literatür değerleri ile uyum içerisindedir. Bununla birlikte sıcaklığın artması ile elektriksel iletkenlikte belirgin bir değişim gözlenmediği Şekil 5.12. de mevcuttur [29, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

6. TARTIŞMA

Bursa Orhaneli'den çıkarılan olivin örneği ile alınan TL ölçümlerinde 110°C'deki pik, literatürde yaygın olarak bilinen silikat pikidir. Madde analizi de mineral içerisindeki silikat oranının mg/gr olarak yüksek olduğu görülmektedir. Önceki çalışmalarda da olivinin renk merkezlerinin Mg, Fe ve Cr safsızlıklarından kaynaklandığı vurgulanmıştır. Soğurma spektrumunda da bahsedilen safsızlık atomlarına ait pikler, literatürle uyumlu olarak tespit edilmiştir. Numuneye tavlama işlemi uygulanarak yasak enerji bandındaki tuzaklarda oluşacak değişiklikler TL sonuçları ve optik soğurma spektrumuna göre yorumlanmıştır. Yapılan FT-IR analizlerinde Si ve Fe' nin oksijen gerilmeleri dikkat çekmiştir. Tavlama etkisi FT-IR analizlerinde belirgin bir değişime neden olmazken Raman kayması spektrumunda 978 cm^{-1} de belirgin bir pik oluşmuştur. Olivin, soğurma spektrumunda da anlaşılabilceği gibi yalıtkan özellik göstermektedir. Bu nedenle yapılan elektriksel iletkenlik analizinde literatürde çalışılmış olan olivin örneklerine benzer sonuçlar elde edilmiştir.

7. SONUÇ

Bu çalışmada Bursa Orhaneli'den çıkarılan olivin mineralinin optik ve lüminesans özellikleri belirlenmiş olup elde edilen sonuçlar literatüre olumlu bir katkı sağlamıştır.

Madde analizi sonuçlarında kullandığımız numunenin Mg ve Fe bakımında oldukça zengin olduğu görülmüştür. Birincil uyartma olarak X ışınları kullanılmış olan numunenin TL spektrumunda 110°C' de gözlenen ana pikin yanı sıra 190°C ve 375°C' de pikler görülmüştür. RL analizine uygun olmadığı görülen olivin örneğinde, tavlama işleminin de sonucu değiştirecek bir etki oluşturmadığı görülmüştür. Optik soğurma spektrumunda ise Fe ve Mg safsızlıklarından kaynaklandığı düşünülen 480, 520 ve 620 nm' de soğurma bantları görülmüştür. Literatürde olivin için bilinen çubuklu yapı SEM görüntülerinde de tespit edilmiştir. FT-IR analizinde, C-H gerilmeleri, H₂O deformasyonu sırasında, OH titreşiminden kaynaklanan pikler, Si-O yanı sıra Si ve Fe gibi metal ve oksijen gerilmeleri sonucu oluştuğu bilinen pikler gözlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar uluslararası sempozyumda makale olarak yayınlanmış ve sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Ülkemizde çıkarılmakta olan olivin minerali hakkında literatüre önemli katkı sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Harben, P,W., Smith Jr., C., 2006. Olivine, Industrial Minerals and Rocks, 679-683.
- [2] <https://global.britannica.com/science/dunite>
- [3] <http://www.mindat.org/photo-20976.html>
- [4] http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/FJ_Mineraler.pdf
- [5] https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/68235/mod_resource/content/0/MINERALLER.pdf
- [6] M. Dikici, Katıhal Fiziği, Ankara, 456s: Seçkin Yayıncılık, 2013.
- [7] http://matpsych.blogspot.com/2014/08/crystal-systems-and-bravais-lattices_27.html
- [8] http://www.kursatozcan.com/ders_notlari/mineraloji/cu/cukurova.pdf
- [9] D. Cankurt, Ametistin Lüminesans ve Optiksel Özelliklerinin İncelenmesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [10] M. Dikici, Kristallerin Fiziksel Özellikleri, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2014.
- [11] C. Genç, Olivin Raporu, İTÜ Maden Fakültesi, 2000.
- [12] Örgün Y., Erarslan C., "21. Yüzyılda Olivin ve Türkiye'nin Olivin Potansiyeli", Madencilik ve Türkiye Dergisi, No. 23, (2012), s. 62-74
- [13] Çetin A. "Farklı Metalik İyonlarla Bombalanan ZnO Örneklerinin Fiziksel ve Yapısal Özelliklerinin Nükleer, Lüminesans ve Diğer Teknikler Kullanılarak İncelenmesi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2007
- [14] Keskin I. C. "Kemerit'in Karakterizasyonu ve Lüminesans Özelliklerinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, 2012
- [15] Kibar R. "Farklı Metal İyonları ile Bombalanan SrTiO₃ Kristalinin ve Bazı Minerallerin Nükleer ve Diğer Yöntemlerle İncelenmesi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2007.
- [16] Türemiş M. "İyon Aşılınmış ZnO Kristalinin Termoluminesans Özelliklerinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, 2011
- [17] Özdemir R. "Elektrodepolama Yöntemi İle Elde Edilen ZnFe İnce Filmlerinin Elektriksel Özdirenç Özelliklerinin Sezgisel Yöntemler Yardımıyla İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, 2010
- [18] Matveev, S., Stachel, T., (2007) FTIR spectroscopy of OH in olivine: A new tool in kimberlite exploration, Department of Atmospheric Sciences University of Alberta.
- [19] Mouri, T., Enami, M., (2008) Raman spectroscopic study of olivine-group minerals, Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 103 (2), 100-104s.
- [20] Katı, M. İ. Ege Bölgesi'nden Çıkarılan Süstaşlarının Karakteristik ve Optik Özelliklerinin İncelenmesi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilimdalı, Manisa, 2012, 100s. (Yüksek Lisans Tezi)

- [21] Colin-Garcia, M., Correcher, V., Garcia-Guinea, J., Heredia-Barbero, A., Roman- Lopez, J., Ortega-Gutierrez, F., Negron-Mendoza, A., Ramos-Bernal, S., (2013). Characterization and luminescent properties of thermally annealed olivines. *Radiation Measurements*, Volume 56, Pages 262-266.
- [22] Ottonello, G., Morlotti, R., (1987). Thermodynamics of the (nickel+magnesium) olivine solid solution. *J.Chem. Thermodyn*, Volume 19, Pages. 20 809–818.
- [23] Dobrzhinetskaya, L., Bozhilov, K.N., Green, H.W., (1999). II The solubility of TiO₂ in olivine: implications for the mantle wedge. *Environment Chem. Geol*, volume160, Pages. 357–370.
- [24] Mercedes, M. Song, C. Soong, Y. (2002). Environmental challenges and greenhouse gas control for fossil fuel utilization in the 21 th. century. Newyork: Springer science bussiness media.
- [25] Hatipoğlu, M., Helvacı, C., Kibar, R., Çetin, A., Tuncer, Y. and Can,N., (2010). Amethyst and morion quartz gemstone raw materials from Turkey: color saturation and enhancement by gamma, neutron and beta irradiation. *Radiation Effects&Defects in Solids: Incorporating Plasma Science&Plasma Technology*, Vol. 165, Pages. 876–888.
- [26] Hosseini, S N., Jazi, H S., Fathi M. (2015). Novel electrophoretic deposited nanostructured forsterite coating on 316L stainless steel implants for biocompatibility improvement. *Materials Letters*, Volume 143, Pages 16–19.
- [27] I. Weber , U.Böttger, S.G.Pavlov, E.K.Jessberger, H.-W.Hübers (2014), Mineralogical and Raman spectroscopy studies of natural olivines exposed to different planetary environments, *Planetary andSpaceScience*104, 163–172
- [28] Chopelas, A., (1991). Single crystal Raman spectra of forsterite, fayalite, and monticellite. *Am. Mineral.*76,1101–1109
- [29] Cemic, L., Will, G., Hinze, E., 1980. Electrical conductivity measurements on olivines Mg₂SiO₄-Fe₂SiO₄ under defined thermodynamic conditions. *Phys. Chem. Miner.*6, 95- 107.
- [30] Hirsch, L.M., Shankland, T.J., Duba, A., 1993. Electrical conduction and polaron mobility in Fe-bearing olivine. *Geophys. J. Int.* 114, 36-44.
- [31] Omura, K., Kurita, K., Kumazawa, M., 1989. Experimental study of pressure dependence of electrical conductivity of olivine at high temperatures. *Phys.Earth Planet. Inter.* 57, 291-303.
- [32] Wang, D., Mookherjee, M., Xu, Y., Karato, S., 2006. The effect of water on the electrical conductivity in olivine. *Nature* 443,977-980.
- [33] Yoshino, T., Katsura, T., 2013. Electrical conductivity of mantle minerals: role of water in conductivity anomalies. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 41, 605-628.

- [34] Dai, L., & Karato, S. I. (2014). The effect of pressure on the electrical conductivity of olivine under the hydrogen-rich conditions. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 232, 51-56.
- [35] Dai, L., & Karato, S. I. (2014). Influence of FeO and H on the electrical conductivity of olivine. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 237, 73-79.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Canberk ALTUĞ

Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1988

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : canberkaltug@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Şemikler Anadolu Lisesi, 2005

Ön Lisans : Anadolu Üniversitesi, Dış Ticaret Bölümü, 2011

Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Fizik Bölümü (II.Ö.), 2013

Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Fizik Bölümü, Katıhal Fiziği, 2019

Mesleki Deneyim

Özel Tam Eğitim Özel Öğretim Kursu - Fizik Öğretmeni 2016-2019

Özel Elit Ege Anadolu Lisesi – Fizik Öğretmeni 2019-.... (halen)

Yayınları

Altuğ, C., Türemiş, M., Keskin, Ç. İ., Katı, M. İ., Çorumlu, V., Üstün, S., Kibar, R., Çetin A., “*Examining with Different Techniques Physical and Optical Properties of the Olivine Mineral in Turkey*” 5 th International Vocational Schools Symposium-UMYOS 2016, 18-20 May, (2016), Prizren - KOSOVA., Volume I, 926-932s.