



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



VİGARANO TÜRÜ KARBONLU GÖKTAŞI NWA 5508 ÜZERİNE PETROGRAFİK, TİTREŞİMSSEL SPEKTROSKOPİK VE MİKROSKOBİK ANALİZLER

Doktora Tezi

Ceren KAMİL

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2023

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**VİGARANO TÜRÜ KARBONLU GÖKTAŞI NWA
5508 ÜZERİNE PETROGRAFİK, TİTREŞİMSSEL
SPEKTROSKOPİK VE MİKROSKOBİK
ANALİZLER**

Ceren KAMİL

Danışman : Doç. Dr. Ozan ÜNSALAN

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

İleri Malzemeler ve Teknolojileri Doktora Programı

İzmir
2023

Ceren KAMİL tarafından Doktora tezi olarak sunulan ‘‘Vigarano Türü Karbonlu Göktaşı NWA 5508 Üzerine Petrografik, Titreşimsel Spektroskopik ve Mikroskopik Analizler’’ başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 29/12/2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri :

İmza

Jüri Başkanı	: Doç. Dr. Ozan ÜNSALAN	
Raportör Üye	: Prof. Dr. Şule ERTEN ELA	
Üye	: Prof. Dr. Osman CANDAN	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Hümeysra ÖRÜCÜ	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Murat ALKAN	

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “*Vigarano Türü Karbonlu Gökteşı NWA 5508 Üzerine Petrografik, Titreşimsel Spektroskopik ve Mikroskopik Analizler*” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

29/12/2023

Ceren KAMİL

ÖZET

VİGARANO TÜRÜ KARBONLU GÖKTAŞI NWA 5508 ÜZERİNE PETROGRAFİK, TİTREŞİMSSEL SPEKTROSKOPİK VE MİKROSKOBİK ANALİZLER

KAMİL, Ceren

Doktora Tezi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ozan ÜNSALAN

Aralık 2023, 390 sayfa

Bu tezde Vigarano türü karbonlu göktaşı NWA 5508 üzerine petrografik, titreşimsel spektroskopik ve mikroskopik analizler gerçekleştirilerek, göktaşı sınıflandırılmıştır.

NWA 5508 karbonlu göktaşının kimyasal bileşimlerinin analizi ile içeriğindeki minerallerin belirlenmesi ve sınıflandırılması, Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM), Enerji Dispersif X-ışını Spektroskopisi (EDS), mikro-Raman Spektroskopisi, Yansıma (IR) Spektroskopisi ve petrografi çalışması kapsamında kullanılan Optik Mikroskopi bölümlerinden oluşmaktadır.

Göktaşına ait kimyasal yapısının ayrıntılı analizleri SEM/EDS, mikro-Raman ve Yansıma (IR) spektroskopisi yöntemiyle yapılmıştır. Petrografik çalışma ise optik mikroskopi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonrasında, NWA 5508 karbonlu göktaşının kimyasal bileşiminde bulunan mineraller belirtilmiş ve göktaşı sınıflandırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Karbonlu göktaşı, Taramalı elektron mikroskopi, SEM, Enerji dispersif X-ışını spektroskopisi, EDS, mikro-Raman spektroskopisi, Yansıma spektroskopisi, FTIR, Optik mikroskopi, Petrografi.

ABSTRACT

PETROGRAPHIC, VIBRATIONAL SPECTROSCOPIC AND MICROSCOPIC ANALYZES ON VIGARANO TYPE CARBONACEOUS METEORITE NWA 5508

KAMİL, Ceren

PhD in Material Science and Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ozan ÜNSALAN

December 2023, 390 pages

In this thesis, petrographic, vibrational spectroscopic and microscopic analyzes were performed on the Vigarano type carbonaceous meteorite NWA 5508 and the meteorite was classified.

Analysis of the chemical composition of the carbonaceous meteorite NWA 5508, determination of the minerals in it and classification of meteorite, Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), micro-Raman and Reflectance (IR) Spectroscopy and Optical Microscopy used within the scope of petrography work.

Detailed analyses of the chemical structure of the NWA 5508 meteorite were made by SEM/EDS, micro-Raman, and Reflectance (IR) Spectroscopy method. Petrographic work was performed with an optical microscopy method. After these analyses, the minerals in the chemical composition of the NWA 5508 carbonaceous meteorite were specified and the meteorite was classified.

Keywords: Carbonaceous meteorite, Scanning electron microscopy, SEM, Energy dispersive X-ray spectroscopy, EDS, micro-Raman spectroscopy, Reflectance spectroscopy, FTIR, Optical microscopy, Petrography.

ÖNSÖZ

Meteorlar, atmosfere girdiklerinde yüksek ısı ve sürtünmenin etkisiyle ışık saçarak gökyüzü boyunca ilerler. Gökyüzünde parlak bir ışık hüzmeleri gibi görünen meteorlar yere düşerek meteorit olur. Halk arasında ‘yıldız kayması’ olarak adlandırılan ve dilek tutularak hayallerin gerçekleşeceğine inanılan gök olayı aslında atmosfere giren bir meteorun gökyüzü boyunca bıraktığı izdir. Son yıllarda gelişen teknoloji ile meteoritlerin kaynak gövdeleri olduğu düşünülen asteroitlere birçok görev gönderilmiştir ve gönderilmeye de devam etmektedir. Gönderilen bu görevler, evrenin kapısını aralayarak yaşadığımız Dünya’nın ötesine dair bakış açımızı ve ufhumuzu genişletir. Meteoritler üzerine yapılan çalışmalar, yıldız evrimi, Güneş Sisteminin oluşumu ve evrimi, Dünya ve Ay’ın jeolojik tarihi, Dünya’daki yaşamın gelişimi hakkında ayrıntılı bilgi edinilmesini sağlar. Meteoritler evrenin anı defteri gibidir. Ufak bir meteorit parçası içerisinde Güneş Sisteminin evrimine ve oluşumuna dair izler saklar. Bu izlerin analizi bizi uzun bir yolculuğa çıkarır. Bu yolculuk boyunca çeşitli düşüncelerimiz olur, daha fazlasını araştırmaya, öğrenmeye ve öğrendiklerimizi aktarmaya karşı ilgi ve merakımız artarak devam eder. Ancak bu yolculuk boyunca öğrendiklerimiz sadece sonsuz evren okyanusunda küçük bir damladır. O küçük damlayı büyütmek ise bilimi seven, bilime hak ettiği değeri ve önemi veren bizlerin ve gelecekteki bilim insanlarının elindedir. Bu doktora tezi kapsamında araştırılan karbonlu meteorit parçası da bu küçük damlaya bir katkı niteliğindedir. Bazen yorucu fakat her daim keyifli ve merak dolu bu uzun yolda, emek veren tüm bilim insanlarının emeklerinin karşılığını alabilmesi dileğiyle. Ufkunuz geniş, dilekleriniz gerçek, gözleriniz ise daima gökyüzünde olsun. Bilim ile kalın.

İZMİR

29/12/2023

Ceren KAMİL

İÇİNDEKİLERSayfa

İÇ KAPAK.....	ii
KABUL ONAY SAYFASI.....	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
TABLolar DİZİNİ.....	xxxvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xliii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	10
2.1 Demirli Meteoritler.....	12
2.2 Taşsı-Demirli Meteoritler.....	14
2.3 Taşsı Meteoritler.....	16

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.4 Ay ve Mars Kökenli Meteoritler.....	22
2.5 Karbonlu Meteoritler.....	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	29
3.1 NWA 5508 Karbonlu Meteoriti.....	30
3.2 Optik Mikroskopi (Petrografik Çalışma).....	34
3.3 Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM) ve Enerji Dispersif X-ışını Spektroskopisi (EDS).....	36
3.4 Mikro-Raman Spektroskopisi.....	38
3.5 Kırmızıaltı (Infrared) Spektroskopisi.....	41
4. BULGULAR.....	44
4.1 Optik Mikroskopi (Petrografi) Sonuçları.....	44
4.2 SEM/EDS Görüntüleri ve Sonuçları.....	81
4.3 Mikro-Raman Spektroskopisi Sonuçları.....	114
4.4 Yansıma (IR) Spektroskopisi Sonuçları.....	128
5. TARTIŞMA.....	180

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

5.1 NWA 5508 Karbonlu Meteoriti.....	180
5.2 Optik Mikroskopi (Petrografik Çalışma).....	188
5.3 Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM) ve Enerji Dispersif X-ışını Spektroskopisi (EDS).....	199
5.4 Mikro-Raman Spektroskopisi.....	204
5.5 Yansıma (IR) Spektroskopisi.....	211
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	232
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	250
TEŞEKKÜR.....	269
ÖZGEÇMİŞ.....	270
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Kimyasal bileşimlerine bağlı olarak meteorların renkleri.....	5
2.1.1 Hoba meteoriti.....	12
2.1.2 Sikhote-Alin demirli meteoriti.....	13
2.1.3 Gibeon demirli meteoriti.....	14
2.2.1 Krasnojarsk meteoriti.....	15
2.2.2 NWA 1242 meteoriti.....	15
2.3.1 Kondritlerdeki kondrül yapıları.....	16
2.3.2 Kondritlerin sınıflandırılması.....	20
2.4.1 Allan Hills 84001 meteoriti.....	22
2.4.2 Allan Hills (ALHA) 81005 meteoriti.....	23
2.5.1 Bencubbin meteoriti.....	24
2.5.2 Ivuna meteoriti.....	25
2.5.3 Karoonda meteoriti.....	26
2.5.4 Mighei meteoriti.....	26
2.5.5 Renazzo meteoriti.....	27

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.5.6 Vigiarano meteoriti.....	27
2.5.7 Allende meteoriti.....	28
2.5.8 Ornans meteoriti.....	29
3.1.1 NWA 5508 parlak kesitin ön yüzeyi ve arka yüzeyi.....	30
3.1.2 NWA 5508 karbonlu meteorit numunesi.....	31
3.1.3 NWA 5508 meteoritinin ince kesiti.....	31
3.1.4 İnce kesit üzerinden belirlenen 33 kondrül ile bu 33 kondrülün açısı ve çapa göre dağılımı.....	32
3.2.1 NWA 5508 karbonlu meteoritin parlak kesiti üzerinden belirlenen alan.....	35
3.2.2 NWA 5508 karbonlu meteoritin 4.8x2.8 cm boyutundaki ince kesiti.....	35
3.2.3 Leica DM750 P polarizan mikroskop.....	36
3.3.1 Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı.....	37
3.3.2 JEOL 7600 FESEM cihazı.....	37
3.4.1 Renishaw Raman Spektrometresi cihazı ve cihazın teknik özellikleri.....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.4.2 Renishaw inVia mikro-Raman cihazı.....	40
3.5.1 Hyperion 3000 mikroskobu ile Bruker Vertex 70 FTIR cihazı.....	44
4.1.1 Araları cam fazlı çizgili olivin.....	45
4.1.2 Araları cam fazlı çizgili olivinin yakınlaştırılmış hali.....	46
4.1.3 Olivin kristallerinin etrafını çevreleyen klinoenstatit halkası.....	47
4.1.4 Klinoenstatit ve olivin.....	48
4.1.5 Tek parça halinde olivin ve klinoenstatit.....	49
4.1.6 Özşekli tek piroksen kristali.....	50
4.1.7 Klinoenstatit ve olivin.....	51
4.1.8 Özşekilsiz olivin kristallerinden oluşan topluluk (Dünit).....	52
4.1.9 Yönlendirilmiş olivin kristallerinden oluşan dünit.....	53
4.1.10 Klinoenstatit ve olivin.....	54
4.1.11 Olivin minerali.....	55
4.1.12 İnce ve eş taneli olivinlerden oluşan dünit.....	56
4.1.13 Klinoenstatit ve sulu/hidroksil (OH içeren) faz.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1.14 Klinoenstatit (klinopiroksenit).....	58
4.1.15 Düzgün kristal formu tek olivin parçası.....	59
4.1.16 Dört farklı faza sahip tanımlanamayan bir yapı.....	60
4.1.17 Dört farklı faza sahip tanımlanamayan başka bir yapı.....	61
4.1.18 Olivin ve klinoenstatit.....	62
4.1.19 Araları cam faz olmayan çizgili olivin.....	63
4.1.20 Araları cam faz olmayan çizgili olivin (eksolüsyon olayı).....	64
4.1.21 Araları cam faz olmayan çizgili olivin.....	65
4.1.22 Araları cam faz olmayan çizgili olivin ve klinoenstatit.....	66
4.1.23 Etrafı olivin ile çevrili klinoenstatit ve olivin.....	67
4.1.24 Olivin ve klinoenstatit.....	68
4.1.25 Olivin minerali (CAI Nokta 2).....	69
4.1.26 Olivin minerali (CAI Nokta 3).....	70
4.1.27 Olivin minerali (CAI Nokta 4).....	71
4.1.28 İri kristalli dünit (CAI Nokta 5).....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1.29 Olivin minerali (CAI Nokta 6).....	73
4.1.30 Anortit minerali (CAI Nokta 7).....	74
4.1.31 CAI Nokta 7'nin yakınlaştırılmış hali.....	75
4.1.32 Plajiyoklaz minerali (CAI Nokta 7).....	76
4.1.33 Apatit kapanımlarına sahip plajiyoklaz minerali (CAI Nokta 7).....	77
4.2.1 İnce kesitin arka yüzeyi ve analiz (ön) yüzeyi.....	81
4.2.2 Numune içerisindeki havanın arındırılması için vakumlanan ince kesit.....	81
4.2.3 Au ile kaplandıktan sonra çift taraflı karbon banta yapıştırılan ince kesit.....	82
4.2.4 SEM cihazına yerleştirilen ince kesitin görüntüsü.....	82
4.2.5 SEM analizi gerçekleştirilen Bölge 1'in optik mikroskoptaki genel görüntüsü.....	83
4.2.6 Bölge 1'in mikroskobik görüntüsü ve seçilen alanın BSE görüntüsü.....	84
4.2.7 Bölge 1'e ait BSE görüntüsünün EDS genel haritası ve spektrumu.....	85
4.2.8 Bölge 1'e ait EDS spektrum özeti.....	86
4.2.9a Bölge 1 Alan 1'e ait BSE görüntüsü (Ek 1).....	

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil

Sayfa

4.2.9b Bölge 1 Alan 1'e ait EDS haritası (Ek 1).....	
4.2.9c Bölge 1 Alan 1'e ait EDS spektrumu (Ek 1).....	
4.2.10 Bölge 1 Alan 2'ye ait BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 1).....	
4.2.11 Bölge 1 Alan 3'e ait BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 1).....	
4.2.12 Bölge 1 Alan 4'e ait BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 1).....	
4.2.13 Bölge 1 Alan 5'e ait BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 1).....	
4.2.14 Bölge 1 Alan 6'ya ait BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 1).....	
4.2.15 Bölge 1 Alan 7'ye ait BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 1)	
4.2.16 Bölge 1 Alan 8'e ait BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 1).....	
4.2.17 Bölge 1 Nokta 2'nin BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 2).....	
4.2.18 Bölge 1 Nokta 3'ün BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 2).....	
4.2.19 Bölge 1 Nokta 4'ün BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 2).....	
4.2.20 Bölge 1 Nokta 5'in BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 2).....	
4.2.21 Bölge 1 Nokta 6'nın BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 2).....	
4.2.22 Bölge 1 Nokta 7'nin BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 2).....	

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.23 Bölge 1'in BSE görüntüsü ve parlak nokta (sarı halka).....	87
4.2.24 Bölge 1 - Parlak Alan 1'in BSE görüntüsü ve EDS spektrumu.....	88
4.2.25 Parlak Alan 1 Nokta 1'in BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 3).....	
4.2.26 Parlak Alan 1 Nokta 2'nin BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 3).....	
4.2.27 Parlak Alan 1 Nokta 3'ün BSE görüntüsü ve EDS spektrumu (Ek 3).....	
4.2.28 Bölge 2'nin ince kesit üzerindeki yeri ve BSE görüntüsü.....	89
4.2.29 Bölge 2'nin BSE görüntüsü.....	90
4.2.30 Analiz için seçilen alan (sarı renk) ve seçilen alan Bölge 2 - Parlak Nokta 1'in yakınlaştırılmış BSE görüntüsü.....	91
4.2.31a Bölge 2 - Parlak Nokta 1 üzerinden seçilmiş alanın BSE görüntüsü.....	92
4.2.31b Bölge 2 - Parlak Nokta 1 üzerinden seçilmiş alanın EDS haritası.....	92
4.2.31c Bölge 2 - Parlak Nokta 1 üzerinden seçilmiş alanın EDS spektrumu.....	92
4.2.32 Bölge 2 - Parlak Nokta 2'nin BSE görüntüsü.....	93
4.2.33 Bölge 2 - Parlak Nokta 3 (sarı renkli alan) ve yakınlaştırılmış BSE görüntüsü.....	93
4.2.34 Bölge 2 - Parlak Nokta 3'ün EDS haritası ve spektrumu.....	95

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.35 Bölge 3'ün BSE görüntüsü.....	96
4.2.36a Bölge 3 üzerinden seçilen alanın BSE görüntüsü.....	97
4.2.36b Bölge 3 üzerinden seçilen alanın EDS haritası.....	97
4.2.36c Bölge 3 üzerinden seçilen alanın EDS spektrumu.....	97
4.2.37 Yönelmiş halde bulunan CAI kapanımları.....	98
4.2.38 CAI Nokta 1'in BSE görüntüsü (Ek 4).....	
4.2.39 CAI Nokta 1'in EDS haritası ve spektrumu (Ek 4).....	
4.2.40 CAI Nokta 2'nin BSE görüntüsü (Ek 4).....	
4.2.41 CAI Nokta 2'nin EDS haritası ve spektrumu (Ek 4).....	
4.2.42 CAI Nokta 3'ün BSE görüntüsü (Ek 4).....	
4.2.43 CAI Nokta 3'ün EDS haritası ve spektrumu (Ek 4).....	
4.2.44 CAI Nokta 4'ün BSE görüntüsü (Ek 4).....	
4.2.45 CAI Nokta 4'ün EDS haritası ve spektrumu (Ek 4).....	
4.2.46 CAI Nokta 5'in BSE görüntüsü (Ek 4).....	
4.2.47 CAI Nokta 5'in EDS haritası ve spektrumu (Ek 4).....	

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil

Sayfa

4.2.48 CAI Nokta 6'nın BSE görüntüsü (Ek 4).....	
4.2.49 CAI Nokta 6'nın EDS haritası ve spektrumu (Ek 4).....	
4.2.50 CAI Nokta 7'nin ince BSE görüntüsü (Ek 4).....	
4.2.51 CAI Nokta 7'nin EDS haritası ve spektrumu (Ek 4).....	
4.2.52 CAI Nokta 3 Parlak 1'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 5).....	
4.2.53 CAI Nokta 3 Parlak 2'nin SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 5).....	
4.2.54 CAI Nokta 3 Parlak 3'ün SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 5).....	
4.2.55 CAI Nokta 3 Parlak 4'ün SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 5).....	
4.2.56 CAI Nokta 3 Parlak 5'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 5).....	
4.2.57 CAI Nokta 3 Parlak 6'nın SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 5).....	
4.2.58 CAI Nokta 3 Parlak 7'nin SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 5).....	

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil

Sayfa

- 4.2.59 CAI Nokta 3 Parlak 8'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 5).....
- 4.2.60 CAI Nokta 6 Parlak 1'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 6).....
- 4.2.61 CAI Nokta 6 Parlak 2'nin SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 6).....
- 4.2.62 CAI Nokta 6 Parlak 3'ün SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 6).....
- 4.2.63 CAI Nokta 6 Parlak 4'ün SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 6).....
- 4.2.64 CAI Nokta 6 Parlak 5'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri ve EDS spektrumu (Ek 6).....
- 4.2.65 CAI Nokta 1'in EDS çizgi profili ve spektrumu (Ek 7).....
- 4.2.66 CAI Nokta 1-1'in EDS çizgi profili ve spektrumu (Ek 7).....
- 4.2.67 CAI Nokta 1-2'nin EDS çizgi profili ve spektrumu (Ek 7).....
- 4.2.68 CAI Nokta 1-3'ün EDS çizgi profili ve spektrumu (Ek 7).....
- 4.2.69 CAI Nokta 2'nin EDS çizgi profili ve spektrumu (Ek 7).....
- 4.2.70 CAI Nokta 3'ün EDS çizgi profili ve spektrumu (Ek 7).....

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.71 CAI Nokta 2'nin BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si, S, Cr ve Ni EDS element haritaları.....	104
4.2.72 CAI Nokta 2'nin BSE görüntüsü.....	105
4.2.73 CAI Nokta 2'nin Mg-Ca-Al EDS haritası (Mg: yeşil, Ca: kırmızı, Al: mavi).....	105
4.2.74 CAI Nokta 2'nin Mg-Si-Fe EDS haritası (Mg: yeşil, Si: mor, Fe: sarı).....	106
4.2.75 CAI Nokta 2'nin Fe-S EDS haritası (Fe: yeşil, S: turuncu).....	106
4.2.76 Diğer bir CAI noktasının BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si, S, Cr ve Ni EDS element haritaları.....	107
4.2.77 Diğer bir CAI noktasının BSE görüntüsü.....	108
4.2.78 Diğer bir CAI noktasının Mg-Ca-Al EDS haritası (Mg: yeşil, Ca: kırmızı, Al: mavi).....	108
4.2.79 Diğer bir CAI noktasının Mg-Si-Fe EDS haritası (Mg: yeşil, Si: pembe, Fe: kırmızı).....	109
4.2.80 Diğer bir CAI noktasının Fe-S EDS haritası (Fe: kırmızı, S: mavi).....	109
4.2.81 Diğer bir CAI noktasının Fe-Ni-S EDS haritası (Fe: kırmızı, Ni: açık mavi, S: mavi).....	110

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.82 CAI Nokta 7'nin BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si ve S EDS element haritaları.....	111
4.2.83 CAI Nokta 7'nin BSE görüntüsü.....	112
4.2.84 CAI Nokta 7'nin EDS haritası (Mg: yeşil, Ca: kırmızı, Al: mavi).....	112
4.2.85 CAI Nokta 7'nin EDS haritası (Fe: sarı, Mg: yeşil, Si: mor).....	113
4.2.86 CAI Nokta 7'nin EDS haritası (Fe: yeşil, S: turuncu).....	113
4.3.1 CAI kapanımı olan Bölge 1 (CAI Nokta 7).....	114
4.3.2 Fayalit, hedenbergit ve kirschsteinite minerallerinin Raman spektrumları.....	115
4.3.3 Numuneye ait Raman spektrumu.....	116
4.3.4 Siyah noktanın görüntüsü ve siyah noktaya ait Raman spektrumu.....	117
4.3.5 Gri noktanın görüntüsü ve gri noktaya ait Raman spektrumu.....	118
4.3.6 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.....	119
4.3.7 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.....	120

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.3.8 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.....	121
4.3.9 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.....	122
4.3.10 Numuneye ait Raman spektrumu.....	123
4.3.11 Numuneye ait Raman spektrumu.....	123
4.3.12 Numuneye ait Raman spektrumu.....	124
4.3.13 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.....	125
4.3.14 Beyaz noktanın görüntüsü ve beyaz noktaya ait Raman spektrumu.....	126
4.3.15 Siyah bölgenin görüntüsü ve siyah bölgeye ait Raman spektrumu.....	127
4.3.16 Olivin dağılımını gösteren Raman haritası ve spektrumu (Ek 8).....	
4.3.17 Piroksen dağılımını gösteren Raman haritası ve spektrumu (Ek 8).....	
4.3.18 Makro Moleküler Karbon (MMC) dağılımını gösteren Raman haritası ve spektrumu (Ek 8).....	
4.4.1 IR Alan 1'in haritası ve yansıma spektrumları.....	129
4.4.2 IR Alan 1'in ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	130

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.4.3 IR Alan 1 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	131
4.4.4 IR Alan 2'nin haritası ve yansıma spektrumları.....	132
4.4.5 IR Alan 2'nin ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	133
4.4.6 IR Alan 2 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	134
4.4.7 IR Alan 3'ün haritası ve yansıma spektrumları.....	135
4.4.8 IR Alan 3'ün ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	136
4.4.9 IR Alan 3 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	137
4.4.10 IR Alan 4'ün haritası ve yansıma spektrumları.....	138
4.4.11 IR Alan 4'ün ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	139
4.4.12 IR Alan 4 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	140
4.4.13 IR Alan 5'in haritası ve yansıma spektrumları.....	141
4.4.14 IR Alan 5'in ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	142
4.4.15 IR Alan 5 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	143

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.4.16 IR Alan 6'nın haritası ve yansıma spektrumları.....	144
4.4.17 IR Alan 6'nın ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	145
4.4.18 IR Alan 6 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm ⁻¹ ve 2000-500 cm ⁻¹ yakınlaştırılmış hali.....	146
4.4.19 IR Alan 7'nin haritası ve yansıma spektrumları.....	147
4.4.20 IR Alan 7'nin ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	148
4.4.21 IR Alan 7 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm ⁻¹ ve 2000-500 cm ⁻¹ yakınlaştırılmış hali.....	149
4.4.22 IR Alan 8'in haritası ve yansıma spektrumları.....	150
4.4.23 IR Alan 8'in ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	151
4.4.24 IR Alan 8 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm ⁻¹ ve 2000-500 cm ⁻¹ yakınlaştırılmış hali.....	152
4.4.25 IR Alan 9'un haritası ve yansıma spektrumları.....	153
4.4.26 IR Alan 9'un ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	154
4.4.27 IR Alan 9 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm ⁻¹ ve 2000-500 cm ⁻¹ yakınlaştırılmış hali.....	155
4.4.28 IR Alan 10'un haritası ve yansıma spektrumları.....	156

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.4.29 IR Alan 10'un ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	157
4.4.30 IR Alan 10 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	158
4.4.31 IR Alan 11'in haritası ve yansıma spektrumları.....	159
4.4.32 IR Alan 11'in ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	160
4.4.33 IR Alan 11 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	161
4.4.34 IR Alan 12'nin haritası ve yansıma spektrumları.....	162
4.4.35 IR Alan 12'nin ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	163
4.4.36 IR Alan 12 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	164
4.4.37 IR Alan 13'ün haritası ve yansıma spektrumları.....	165
4.4.38 IR Alan 13'ün ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	166
4.4.39 IR Alan 13 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	167
4.4.40 IR Alan 14'ün haritası ve yansıma spektrumları.....	168
4.4.41 IR Alan 14'ün ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	169

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.4.42 IR Alan 14 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	170
4.4.43 IR Alan 15'in haritası ve yansıma spektrumları.....	171
4.4.44 IR Alan 15'in ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	172
4.4.45 IR Alan 15 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	173
4.4.46 IR Alan 16'nın haritası ve yansıma spektrumları.....	174
4.4.47 IR Alan 16'nın ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	175
4.4.48 IR Alan 16 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	176
4.4.49 Katı örnek üzerinden seçilen bölgenin haritası ve yansıma spektrumları.....	177
4.4.50 Katı örnek üzerinden seçilen bölgenin ortalaması alınmış yansıma spektrumu.....	178
4.4.51 Katı örnek yansıma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} ve 2000-500 cm^{-1} yakınlaştırılmış hali.....	179
5.1.1 Allende (CV3) meteoritinin parlak kesiti.....	180
5.1.2 Axtell (CV3) meteoritinin parlak kesiti.....	181

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.1.3 Efremovka (CV3) meteoritinin parlak kesiti.....	181
5.1.4 Grosnaja (CV3) meteoritinin parlak kesiti.....	181
5.1.5 Leoville (CV3) meteoritinin parlak kesiti.....	182
5.1.6 Mokoia (CV3) meteoritinin parlak kesiti.....	182
5.1.7 Vigarano (CV3) meteoritinin parlak kesiti.....	182
5.1.8 NWA 5508 (CV3) meteoritinin parlak kesiti.....	183
5.2.1 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen çizgili olivinin (BO) XPL optik görüntüsü ve Allende (CV3) meteoritinden elde edilen cam fazlı çizgili olivinin (BO) XPL optik görüntüsü.....	189
5.2.2 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin (PO) XPL optik görüntüsü ve Allende (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin (PO) XPL optik görüntüsü.....	190
5.2.3 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivin-piroksenin (POP) XPL optik görüntüsü ve Allende (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivin-piroksenin (POP) XPL optik görüntüsü.....	191
5.2.4 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik piroksenin (PP) XPL optik görüntüsü ve Allende (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik piroksenin (PP) XPL optik görüntüsü.....	192

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil

Sayfa

5.2.5 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen olivin topluluğunun (dünit) XPL optik görüntüsü ve Kaba (CV3) meteoritinden elde edilen olivin tanesinin XPL optik görüntüsü.....193

5.2.6 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen olivin tanesinin XPL optik görüntüsü ve Kaba (CV3) meteoritinden elde edilen olivin tanesinin XPL optik görüntüsü.....194

5.2.7 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin (PO) XPL optik görüntüsü ve Kaba (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin (PO) XPL optik görüntüsü.....195

5.2.8 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen iri taneli olivinin XPL optik görüntüsü ve Kaba (CV3) meteoritinden elde edilen iri taneli olivinin XPL optik görüntüsü.....196

5.2.9 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen ince taneli (granüllü) olivinin (GO) XPL optik görüntüsü ile Leoville (CV3) meteoritinden elde edilen ve çoğunluğu olivinden oluşan granüllü olivinin (GO) XPL optik görüntüsü 197

5.2.10 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin XPL optik görüntüsü ve Vigarano (CV3) meteoritinden elde edilen olivinin XPL optik görüntüsü.....198

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Meteoritlerin sınıflandırılması.....	11
2.3.1 Petrografik tipler.....	18
2.3.2 Petrografik özelliklerine göre kondritlerin sınıflandırılması.....	19
2.3.3 Petrografik tipleri tanımlama özellikleri.....	21
3.1.1 ImageJ ile 33 kondrül üzerinden elde edilen sonuçlar.....	33
4.2.1 Bölge 1'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.....	86
4.2.2 Bölge 1 Alan 1'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 1).....	
4.2.3 Bölge 1 Alan 2'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 1).....	
4.2.4 Bölge 1 Alan 3'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 1).....	
4.2.5 Bölge 1 Alan 4'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 1).....	
4.2.6 Bölge 1 Alan 5'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 1).....	
4.2.7 Bölge 1 Alan 6'ya ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 1).....	
4.2.8 Bölge 1 Alan 7'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 1).....	
4.2.9 Bölge 1 Alan 8'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 1).....	

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.10 Bölge 1 Nokta 2'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 2).....	
4.2.11 Bölge 1 Nokta 3'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 2).....	
4.2.12 Bölge 1 Nokta 4'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 2).....	
4.2.13 Bölge 1 Nokta 5'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 2).....	
4.2.14 Bölge 1 Nokta 6'ya ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 2).....	
4.2.15 Bölge 1 Nokta 7'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 2).....	
4.2.16 Bölge 1 - Parlak Alan 1'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.....	88
4.2.17 Parlak Alan 1 Nokta 1'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 3).....	
4.2.18 Parlak Alan 1 Nokta 2'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 3).....	
4.2.19 Parlak Alan 1 Nokta 3'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri (Ek 3).....	
4.2.20 Bölge 2 - Parlak Nokta 1'in BSE görüntüsü üzerinden seçilmiş alanın elementlerinin yüzde (%) değerleri.....	93
4.2.21 Bölge 2 - Parlak Nokta 3' ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.....	95
4.2.22 Bölge 3'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri	98
4.2.23 CAI Nokta 1'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 4).....	

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.24 CAI Nokta 2'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 4).....	
4.2.25 CAI Nokta 3'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 4).....	
4.2.26 CAI Nokta 4'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 4).....	
4.2.27 CAI Nokta 5'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 4).....	
4.2.28 CAI Nokta 6'ya ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 4).....	
4.2.29 CAI Nokta 7'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 4).....	
4.2.30 CAI Nokta 3 Parlak 1'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 5).....	
4.2.31 CAI Nokta 3 Parlak 2'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 5).....	
4.2.32 CAI Nokta 3 Parlak 3'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 5).....	
4.2.33 CAI Nokta 3 Parlak 4'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 5).....	
4.2.34 CAI Nokta 3 Parlak 5'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 5).....	
4.2.35 CAI Nokta 3 Parlak 6'ya ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 5).....	
4.2.36 CAI Nokta 3 Parlak 7'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 5).....	
4.2.37 CAI Nokta 3 Parlak 8'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 5).....	

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.38 CAI Nokta 6 Parlak 1'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 6).....	
4.2.39 CAI Nokta 6 Parlak 2'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 6).....	
4.2.40 CAI Nokta 6 Parlak 3'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 6).....	
4.2.41 CAI Nokta 6 Parlak 4'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 6).....	
4.2.42 CAI Nokta 6 Parlak 5'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri (Ek 6).....	
4.2.43 Yedi CAI kapanımının EDS haritalarından elde edilen kimyasal bileşimlerinin yüzde değerleri.....	103
4.2.44 Yedi CAI kapanımının element tablolarından elde edilen elementlerin ağırlıkça (wt%) değerleri.....	103
5.1.1 Literatürdeki diğer CV3 kondritlerinin CAI kapanımı boyutları.....	185
5.1.2 NWA 5508 (CV3) kondritindeki yedi CAI kapanımının boyutları.....	186
5.3.1 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri ile Allende (CV3) ve Bali (CV3) meteoritleri için literatürde bildirilen değerler.....	200
5.3.2 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri ile NWA 4435 (CV3) meteoriti için literatürde bildirilen değerler	201

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
5.3.3 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Ca-Al-Si elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri ile Allende (CV3) meteoriti için literatürde bildirilen değerler.....	202
5.3.4 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Ca-Al-Si elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri ile Allende (CV3) ve Bali (CV3) meteoritleri için literatürde bildirilen değerler.....	202
5.3.5 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Fe-S-Mg-Ca-Al elementlerinin ağırlıkça yüzde değerleri.....	203
5.3.6 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Fe-Ni-S elementlerinin ağırlıkça yüzde değerleri.....	203
5.3.7 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Fe-S elementlerinin ağırlıkça yüzde değerleri.....	204
5.4.1 Karbonlu meteoritlerin Raman çalışmalarına ait literatür verileri ile bu çalışma kapsamında NWA 5508 (CV3) kondriti üzerinden elde edilen Raman verileri (Ek 9).....	
5.5.1 NWA 5508 (CV3) kondritinin IR spektrumlarında tanımlamayan bant değerleri.....	228
5.5.2 NWA 5508 (CV3) kondritinin IR spektrumlarından elde edilen Christiansen ve saydamlık özelliği ile Reststrahlen bant değerleri.....	231
5.5.3 Karbonlu meteoritlerin IR çalışmalarına ait literatür verileri ile bu çalışma kapsamında NWA 5508 (CV3) kondriti üzerinden elde edilen IR verileri (Ek 10)...	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
AB	Astronomik Birim ($1AB \approx 1,5 \times 10^8$ km)
Ga	Milyar yıl (10^9 yıl)
ıy	Işık yılı ($1 \text{ ıy} = 9 \times 10^{12}$ km)
kV	Kilo Volt (Elektrik potansiyeli)
nA	Nano Amper (Elektrik akımı)
nm	Nanometre ($1 \text{ nm} = 10^{-7}$ cm)
pc	Parsek ($1 \text{ pc} \approx 3,09 \times 10^{13}$ km)
wt (%)	Ağırlıkça yüzde
μm	Mikrometre ($1 \mu\text{m} = 10^{-4}$ cm)

Kısaltmalar

EDS	Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (Enerji Dispersif X-ışını Spektroskopisi)
IDP	Interplanetary Dust Particles (Gezegenlerarası Toz Parçacıkları)
JSC	Johnson Space Center (Johnson Uzay Merkezi)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NWA	NorthWest Africa (Kuzeybatı Afrika)
SEM	Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskopi)

1. GİRİŞ

Güneş Sistemimizin de içinde bulunduğu Samanyolu Galaksisi düzlemi boyunca, devasa boyutlara sahip binlerce gaz ve toz bulutu vardır. Bu gaz ve toz bulutu, tipik olarak 10-50 pc (1 pc = 3,26 ıy $\approx 3,09 \times 10^{13}$ km) arasında dağılmış halde bulunan, yoğun, karanlık moleküler bulutlardan ve Fe (Demir), C (Karbon) gibi ağır elementler ile SiC (Silisyum Karbür), grafit, elmas gibi basit molekülerden meydana gelen toz parçacıklarından oluşmaktadır. Temel yapılardan büyük yapılara kadar bütün bu parçacıkların tümü “Gezegenlerarası Toz Parçacıkları (IDP)” olarak adlandırılır ve IDP’ler ilk kez ilkel karbonlu kondrit meteoritlerde bulunmuştur. IDP’ler, yıldız rüzgarlarının da yardımı ile evren boyunca yayılır ve dağılırlar. IDP’lerin, kuyruklu yıldızlar ve asteroitler olmak üzere iki farklı kaynaktan geldiği öne sürülmektedir. Bununla birlikte, üçüncü bir kaynak olarak ise IDP’ler, Güneş Sisteminin ötesinden geliyor olabilirler. Süpernovalar ve yıldızların termonükleer süreçleri de IDP’lere katkıda bulunur. IDP’ler aynı zamanda ‘mikrometeoritler’ olarak da adlandırılır. Bu toz parçacıklarının yaşam süreleri, kütlelerine ve ebatlarına bağlıdır. Boyutları ise yaklaşık olarak 1 μm (10^{-4} cm) ile birkaç μm arasında değişmektedir. Bu boyut aralığındaki parçacıklar, atmosfere girmeden önce bir miktar atmosferde yavaşlatılır. Kütle/hacim oranlarına bakıldığında, kütlelerine göre daha büyük yüzey alanlarına sahip olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle, IDP’lerin yüzey alanları ne kadar büyük ise o kadar bozulmamış olarak kalabilmektedir. Dünya’nın kaçma hızı (11,7 km/sn) ile atmosferik giriş hızı da göz önüne alındığında, bu parçacıkların herhangi bir ablasyona (buharlaşma, ufalanma veya aşınma işlemi) uğramadan atmosferik giriş için tanımlanan kritik boyut sınırının çapı yaklaşık olarak 52 μm ’dir. Bütün bu olaylardan sonra sağ olarak kurtulan ve hayatta kalan toz parçacıkları, yere mikrometeoritler olarak düşmektedir. Boyutları 1 μm ’den daha küçük olan toz parçacıkları ise Güneş’in ışıma basıncına ve Güneş rüzgarlarının basıncına maruz kalmaktadır. Birlikte çalışan bu iki basınç, toz parçacıklarını Güneş Sistemi’nden dışarı iten sürekli bir radyal kuvvet üretir. Güneş dışına gönderilen Pioneer 10 ve 11 gibi uzay araçları bu toz parçacıkları ile yaklaşık 18 AB (Dünya’nın Güneş’ten ortalama uzaklığı, 1 AB $\approx 1,5 \times 10^8$ km)’de karşılaşmıştır (Norton and Chitwood, 2008).

Birkaç μm 'den birkaç mm boyuta kadar olan parçacıklar için, Güneş'in ısıma basıncı geriye doğru bir itme kuvveti üretir ve bu kuvvet parçanın yörüngesini elipsten çembere doğru değiştirir. Asteroit kuşağında (2-3 AB) çapı 1 mm olan bir parçacık düşünelim. Bu parçacığın Güneş'e doğru ilerlemesi yaklaşık 60 milyon yıl sürer. Bu durum, parçacığın dış yörünge merkezliliğine bağlıdır. Güneş Sistemi bu parçacıkları hızla kaybeder. Her saniyede yaklaşık 8 metrik ton parçacık Güneş'e düşmektedir. Bu da yılda yaklaşık 250 milyon metrik tona karşılık gelmektedir. Atmosfere giren IDP'ler 100 ile 130 km arasında bir yükseklikte asılı kalmaktadır ancak tıpkı bir süzgeç gibi iş gören atmosfer sayesinde asılı kalan bu parçacıklar, yaklaşık 35 km yüksekliklere kadar (Stratosfer) düşmektedir. Düşen bu parçacıklar, toplama verimliliğini artırmak açısından oldukça önemlidirler. IDP'leri Stratosferden toplayan ilk uçak U2 casus uçağıdır. 150-200 km yüksekliklerde atmosfere giren her bir parça (meteor gibi) yaklaşık 5-15 sn. gibi bir süre aralığında flash heating (parlama ile ısınma) yapar. Bu olay, parçacığın boyutlarına, kütlesine, atmosfere giriş hızına ve açısına bağlıdır. Kuyruklu yıldız kaynaklı olan parçacıklar atmosfere daha hızlı girer ve dolayısıyla etrafa saçtığı parçacıklar da daha hızlı olur. Bu hıza bağlı olarak patlaması da farklı olmaktadır. Asteroit kaynaklı parçacıkların atmosfere giriş hızları 17 km/sn iken kuyruklu yıldız kaynaklı olan parçacıkların giriş hızları ise 20 km/sn'dir (Norton and Chitwood, 2008).

Farklı uzay araçları ve görevleri ile toplanan IDP'lerin fiziksel, kimyasal, mikroskopik ve spektroskopik analizleri yapılmaktadır. Bu analizlerde sıklıkla kullanılan elektron mikroskobu, 1951 yılında Fransa'da Raymond Castaing tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen bu analitik cihaz, 1960'larda büyük bir kesinlik kazanmıştır. Meteoritlerin ilk yüksek doğruluklu mikroanaliz çalışmalarından biri, Klaus Keil ve Kurt Fredriksson tarafından 1964 yılında gerçekleştirilmiştir. (Norton and Chitwood, 2008). Elektron mikroskobu, son derece parlak (cilalanmış) bir numuneye yönlendirilmiş ve odaklanmış ince bir elektron ışın demeti kullanır. Elektron ışını, numunede daha sonra bir X-ışını spektrometresi ile mevcut elementlerin karakteristik dalga boylarına ayrılan X-ışınları üretir. Böylece, X-ışını yoğunlukları, mineralde bulunan elementin miktarı ile ilişkili olduğundan, söz konusu mineralin elementel bileşimini belirlemek mümkün hale gelmektedir. Bir başka analiz yöntemi olan iyon mikroskobu da benzer şekilde çalışmaktadır. İnce odaklanmış iyon demetleri, yüzeyi cilalanmış

olan bir kaya örneğinin yüzeyine yönlendirilir. İyon ışıını, püskürtme adı verilen bir işlem ile hedef kayanın küçük bir miktarını buhar bulutuna dönüştürür ve daha sonra kayaların temel bileşiminin belirlendiği bir kütle spektrometresine enjekte edilir. Bu kütle spektrometre ile kütlelerine göre ayırt edilerek numunenin kompozisyonu belirlenir (Norton and Chitwood, 2008). Toplanan IDP'lerin boyutları genel olarak 1 ile 50 μm arasındadır. Dokuları ise düzgünden karmaşığa kadar değişmektedir. IDP'lerin çoğu, tipik olarak $<0,1$ ile 3 μm arasında değişen daha küçük mineral taneciklerin istiflenmesiyle oluşmaktadır. Bu parçacıkların yoğunlukları 0,7 ile 2,2 gr/cm^3 arasında değişmektedir. Kütleleri ise 10^{-9} ile 10^{-12} gr arasındadır. IDP'ler, kimyalarına ve dokularına göre olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Bunlar, μm boyutlu kondritik ve kondritik olmayan parçacıklardır. Kondritik IDP'ler, Güneş'e benzer bir kozmik element bolluğuna sahiptir (Norton and Chitwood, 2008).

Dünya yüzeyinin yaklaşık üçte ikisi su ile kaplıdır. Bu nedenle, sadece karada değil denizlerin derinliklerinde de IDP'ler bulunmaktadır. Daha çok metalik olan parçacıklar deniz suyunun da etkisi ile buharlaşarak diplere doğru dağılırlar. Bunların birçoğu, çapı yaklaşık 1 mm olan küresel parçacıklardır. Toplanan IDP'ler, 80 km'lik atmosferik girişten itibaren erimeye başlar. Atmosferdeki sıcaklığın ve sürtünmenin artması ile bazı elementler (karbon, sodyum, sülfür) buharlaşır. Bununla birlikte, diğer elementlerden geriye olivin, cam ve manyetit kalır. Böylece, bir miktar manyetit içeren IDP'leri denizin yaklaşık 4-5 km derinliklerinden toplamak mümkün hale gelmektedir. IDP'leri atmosfer dışından toplama fikri, Donald Brownlee ve Peter Tsou'nun 1980'lerin başından beri üzerinde çalıştığı bir kavramdır. 7 Şubat 1999 yılında Stardust uzay aracı, kuyruklu yıldız Wild 2'ye gönderilmek üzere yola çıkmıştır. Bundan bir yıl sonra ise Stardust, Güneş Sistemi ötesindeki yıldızlararası toz parçacıklarını toplamaya başlamıştır. Yaklaşık beş yıl sonra 2 Ocak 2004 tarihinde Stardust, Wild 2 kuyruklu yıldızının toz yüklü komasından geçerek, yol boyunca IDP'leri başarılı bir şekilde toplamayı başarmıştır. Aynı zamanda Wild 2 kuyruklu yıldızının çekirdeği de sadece 150 km'lik bir mesafeden fotoğraflanmış ve Stardust uzay aracı Wild 2 kuyruklu yıldızın yüzeyinin buzlu ve kraterli bir yapıya sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Toplam yedi yıl süren bu yolculuğun ardından Stardust uzay aracı 15 Ocak 2006 tarihinde Dünya atmosferine girmiş ve başarılı bir şekilde yere indikten

sonra topladığı IDP'lerde herhangi bir hasarın olmadığı görülmüştür. Bilim insanları, Stardust görevi gerçekleşmeden çok önce bu tür yıldızlararası parçacıkları uzun süredir aramaktaydılar. 1978 yılında jeokimyacılar, Murchison CM2 karbonlu kondrit içinde asal gaz olan Ksenon'u (Xe) tespit etmişlerdir. Bundan 5 yıl sonra, karbon taneleri yıldızlararası ortama atılırken Ksenon gazını yakalayıp tutabilen ve kristal bir yapıya sahip taşıyıcı taneler olarak işlev görebilecek iki karbon izotopunun keşfini duyurmuşlardır. Son olarak, 1987 yılında, karbon taşıyıcının, ortalama bir IDP'den bin kat daha küçük olan elmaslar olan minik nano elmaslar şeklinde olduğuna dair kesin kanıt sunulmuştur. Yıldızlararası elmasların kristal yapısında, kilitlenmiş vaziyette, Xe bulunmuştur. Murchison meteoritinden yıldızlararası elmaslar, tüm meteorit çözülerek ve çözünmeyen elmas tozu içeren tortu toplanarak çıkarılmıştır. Bununla birlikte, ilk defa karbon (aminoasit) bulunan meteoritte Murchison meteoritidir (Norton and Chitwood, 2008).

Kuyruklu yıldızların dışında asteroitler de Dünya'dan ve/veya uzaydan teleskoplar ile gönderilen uzay araçları ile gözlenebilmektedir. Örneğin, Dawn görevi Asteroit kuşağının bilinen iki asteroiti olan 4 Vesta ve 1 Ceres'i incelemek için 2007 yılında gönderilmiştir. Dawn, dünya dışı iki cismin birden yörüngesine giren ve 4 Vesta ile 1 Ceres'i ziyaret eden ilk uzay aracı olma özelliğini taşımaktadır. Bir asteroitin yüzeyine gelen Güneş ışığı, o asteroit tarafından soğurulur, yansıtılır veya geçirilir. Gelen ışığın yansıyan ışığa oranına ise 'albedo' denir ve yansıtma gücü olarak tanımlanır. Yansıma spektroskopisi ile asteroitin yüzeyinden yansıyan ışık incelenerek, asteroitin mineralojik yapısı hakkında bilgi edinilmeye çalışılmaktadır. Elde edilen yansıma spektrumlarından ve mineralojik (olivin, piroksen, demir) yapıdan yararlanarak asteroitler sınıflandırılabilir. Örneğin, albedosu %40 olan bir asteroit için V (Vesta) türüne aittir diyebiliriz. Bu oran, sıradan kondritler için %10-20 iken enstatit kondritleri için %7-20 arasında değişmektedir (Norton and Chitwood, 2008).

Asteroit, Meteorit, Meteor ve Meteorit (Göktaşı) kavramları birbirinden tamamen farklı kavramlar olup, bu kavramlar sıklıkla karıştırılmaktadır. Asteroitler genel olarak Mars ile Jüpiter arasında bulunan Asteroit Kuşağı'nda yer almaktadırlar. Mevcut bilgiler ışığında, asteroitlerin atmosferleri olmadıkları bilinmektedir. Bir asteroit yüzeyinden, muhtelif sebepler ile çarpmalar nedeniyle,

irili ufaklı parçalar kopabilmektedir. Bu kopan parçalar “Meteorit” olarak adlandırılır. Çok uzun zaman dilimlerinde bu meteoritler, dünyanın yerçekimi etkisiyle dünya atmosferine giriş yaptıkları sırada “Meteor” olarak adlandırılırlar. Atmosferik giriş hızları 11-75 km/sn arasında değişen meteorların kütlelerinin büyük kısmı (~%90), karşılaştıkları yüksek sıcaklık ve sürtünmeden dolayı yok olur. Bu koşullardan kurtulabilen meteorlar ise yeryüzüne düşer. Bu düşen parçalar ise “Meteorit” olarak adlandırılır. Asteroitlerin, meteoritlerin kaynak (ana) gövdeleri oldukları düşünülmektedir. Dünya atmosferine girişte, artan sıcaklık ve sürtünmenin de etkisiyle birlikte ortaya çıkan meteorların renklerine çıplak göz ile bakıldığında, o meteorun içeriği olan kimyasal bileşimi hakkında yorum yapılabilmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Kimyasal bileşimlerine bağlı olarak meteorların renkleri (<https://www.accuweather.com/en/space-news/why-do-meteors-glow-in-vibrant-colors/433610>).

Yeryüzüne düşen meteor parçaları olan meteoritler üzerine yapılan çalışmalar, yıldız evrimi, Güneş Sisteminin oluşumu ve evrimi, Dünya ve Ay'ın jeolojik tarihi, Dünya'daki yaşamın gelişimi hakkında ayrıntılı bilgi edinilmesini sağlar. Özellikle karbonlu kondritler, erken Güneş Sisteminden kalan en ilkel malzemeler olarak kabul edilirler ve bu nedenle, diğer meteorit türlerine göre karbonlu meteoritlerin araştırılması, Dünya ve erken Güneş Sisteminin anlaşılması açısından daha fazla öneme sahiptir. Örneğin, Murchison meteoritinde günümüze kadar 96 çeşit aminoasit tespit edildiği belirtilmiş (Koga and Naraoka, 2017) ve 2006 yılındaki bir başka araştırmada ise, karbonlu kondritler ve gezegenlerarası toz parçacıklarındaki organik materyaller üzerine bir çalışma yapılmış, gerçekleştirilen

araştırmada bu aminoasitler ve dünya dışı oluşum mekanizmaları ayrıntılarıyla tartışılmıştır (Pizzarello et al., 2006). Karbonlu kondritler, tüm meteorit sınıfları arasında sadece %0,04'lük bir dilimde yer almaktadır. Bu nedenle oldukça nadirdirler ve araştırmaları önem arz etmektedir. Bu meteorit türü kil mineralleri, oksitler ve organik maddeden oluşan karbon bakımından zengin bir matris ile kondrül de içermektedir (Sephton, 2002). Ek olarak başka bir çalışmada ise tipik bir karbonlu kondrit meteorit matrisinin içerdiği mineraller silikat mineralleri (olivin ve piroksen gibi), oksitler, karbonatlar ve sülfidler olarak verilmektedir (Buseck and Hua, 1993).

Bu tez çalışmasında incelenen NWA 5508 karbonlu meteoriti, 2008 yılında Kuzeybatı Afrika'da bulunmuştur. Meteoritin türü olan Vigarano ise 22 Ocak 1910 tarihinde İtalya, Ferrara yakınlarında düşen (CV3) karbonlu bir kondrittir. Burada C karbonlu sınıfı, V Vigarano grubunu ve 3 petrografik tipi ifade etmektedir. Vigarano, The Meteoritical Society'ye göre, çoğu magmatik rimler, büyük refrakter (sıcaklığa dayanıklı) kapanımlar ve bol miktarda matris (hacimce %40) ile çevrili büyük (mm boyutlu) kondrüller ile ayırt edilen CV grubu meteoritleri için tipik bir örnektir. Aynı zamanda, NWA 5508 meteoriti bol miktarda CAI (Kalsiyum-Alüminyum) kapanımları da içermektedir. CV3 kondritik meteoritleri, refrakter kapanımlarının varlığı nedeniyle oldukça önemlidirler. Metamorfik derecenin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, bu cisimlerin ilkeliği ve CAI kapanımlarının sahip olduğu özellikler hakkında bilgiler sağlar (Bonal et al., 2004).

CAI kapanımları, erken Güneş Sistemi'nde gerçekleşen olaylara ışık tutmakta olup bu olayların meydana geldiği zaman ve çevresel koşullar hakkında bilgi sağlar. Çoğu CAI kapanımının boyutu 1 mm'den daha küçüktür. En büyük CAI kapanımların boyutu 2-3 cm'ye kadar varabilir ve bunlar yalnızca bir kondrit tipinde (CV3) meydana gelir. CAI kapanımları ilk olarak 1968 yılında Vigarano meteoritinde tanımlanmıştır (Christophe Michel-Lévy, 1968) ancak ilk kez 1969 yılında düşen Allende meteoritinden elde edilmiştir (MacPherson et al., 2005). CAI kapanımları, melilit (Kalsiyum-Alüminyum oksit), spinel (Magnezyum-Alüminyum oksit) ve anortit (Kalsiyum-Alüminyum silikat) gibi yüksek sıcaklığa dayanıklı oksitlerden ve silikatlardan oluşan karmaşık bir mineralojiye sahiptir (Norton and Chitwood, 2008).

CV3 kondritlerinde, kondrüllerde, CAI kapanımlarında ve matris yapısında geniş yelpazede mineralojik ve kimyasal özellikler sergilenmektedir. Birçok CV3 kondriti, yoğun sulu değişime uğramıştır (Krot et al., 1995). CV3 kondritleri, çeşitli derecelerde sulu değişiklik ve/veya termal metamorfizma gösterir ve bu durum CV3 kondritlerinin mineralojik ve petrografik olarak karmaşık yapıya sahip olduklarına işaretler. Allende (CV3) meteoriti 1969 yılında Meksika'ya düştüğünden beri kondritler, meteorit çalışmalarında önemli bir rol oynamıştır. CV3 grubu meteoritler literatürde ilk kez 1969 yılında Van Schmus tarafından tanımlanmıştır (Van Schmus, 1969; Krot et al., 1995). CV3 kondritlerinin alt grupları ile ilgili yapılan ilk çalışmada ise McSween (1977), onların oldukça heterojen yapıya sahip olduklarını söyleyip, karmaşık bir meteorit sınıfı olarak tanımlamıştır. Daha sonra, farklı derecelerde sulu değişikliklerin meydana geldiğinin kanıtlarını göstermiş ve CV3 sınıfını, indirgenmiş “reduced-red” ve oksitlenmiş “oxidized-ox” olmak üzere iki alt gruba ayırmıştır (McSween, 1977; Krot et al., 1995; Bonal et al., 2006).

Vigarano alt türü, petrografik olarak karmaşık bir meteorit sınıfıdır. Oksitlenmiş (Allende-benzeri, Bali-benzeri) ve indirgenmiş gruplar (Leoville, Efremovka ve Vigarano), metal ve manyetit bollukları ile sülfür minerallerinin Ni içerikleriyle ayırt edilebilir. Bu meteoritler aynı zamanda, yapılarında barındırdıkları matris ve kondrül oranlarında da farklılık gösterir (McSween et al., 1977). Termal metamorfizma, kondritik meteoritlerin çeşitli petrografik alt tipleri şeklinde ayırım yapılmasıyla anlaşılabilir. CV3 kondritleri için klasik bir örnek olan Allende'nin mineralojik, petrografik ve bileşimsel analizleri en düşük 325°C olmak üzere 600°C'ye kadar uzanan bir sıcaklık aralığı sağlamıştır. Yapılan mikro-Raman çalışmaları çözünmeyen organik maddenin moleküler yapısının petrografik tip ile bir korelasyon içinde olduğunu göstermiştir (Cody et al., 2008).

CV kondritlerinin alt gruplarının kondrül boyut dağılımı, matris bollukları ve metamorfik geçmiş karşılaştırılmaları, indirgenmiş (CV_{red}) ve oksitlenmiş (CV_{ox}) bu alt grupların farklı kaynak gövdelerden kaynaklandığını göstermektedir. Öte yandan, oksitlenmiş alt gruba ait olan Allende-benzeri (CV_{oxA}) ve Bali-benzeri (CV_{oxB}) CV kondritlerinin kaynağının muhtemelen aynı kaynak gövde olduğu iddia edilmektedir (Bonal et al., 2020). Termal metamorfizma çoğu kondritik meteoritleri

bir dereceye kadar etkilemiştir. Sıradan kondritlerin birçoğunda, bazı karbonlu kondritlerde ve birçok enstatit kondritinde meteoritlerin birincil özelliklerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Termal metamorfizma esnasında, kondritlerin dokularında birçok değişiklikler oluşur ve CV3 kondritlerin alt grupları, bu değişikliklerden farklı düzeylerde etkilenir. Buna karşın, diğer karbonlu kondritlerin ne tür bir termal metamorfizma süreci yaşadığına dair çok az kanıt vardır ve bu nedenle, karbonlu kondritlerin termal geçmişleri hakkında daha fazla bilgiye sahip olabilmek için karbonlu meteoritler üzerine daha çok çalışma yapılması gereklidir (Huss et al., 2006).

Termal değişim esnasında, birincil ve ikincil süreçler söz konusu olup, bu süreçlerde farklı minerallerin oluşumları da mümkündür. Bu süreçlerde oluşan farklı mineraller Raman spektroskopisi tekniği ile ortaya çıkarılabilir. Poliaromatik karbon yapısı içeren bir meteoritin yapısı Raman spektroskopik yöntemiyle birçok karbonlu meteorit için incelenmiş ve özellikle spektrumda gözlenen karbon sinyallerinden yararlanılarak incelenen meteoritlerin termal geçmişleri hakkında bulgulara ulaşılabilmektedir (Bonal et al., 2016).

İlkel kondritik meteoritlerdeki karbonun çoğu, büyük ölçüde çözünen ve çözünmeyen bileşenlere ayrılabilen organik malzemeler şeklinde bulunur. Çözünür malzeme, karboksilik asitler, amino asitler ve diğer birçok bileşiği içeren çok çeşitli, karmaşık bir tür karışımdan oluşur. Bol olarak bulunan çözünmeyen organik malzemeler, makromolekülerdir ve hidrojen atomları kısa, çok dallı alifatik zincirler, eterler ve furanlar ile yüksek oranda değiştirilebilen polisiklik aromatik hidrokarbonlardan (PAH) oluşur. Kondritlerdeki çözünmeyen organik malzemenin oluşumu için önerilen birçok teori vardır. Bu teorilerden ikisi daha çok öne çıkmaktadır. Öne çıkan bu teorilerin ilkinde, tüm kondritlerin Güneş bulutsusunun da oluşumuna katkı sağlayan organik maddeyi topladığı ve farklı kondritler arasında çözünmeyen organik malzemede gözlemlenen değişimlerin meteorit kaynak gövdelerinde meydana gelen termal ve/veya sulu işlemlerin sonucu olduğu varsayılmaktadır. İkincisinde ise, kaynak gövde değişiminin çözünmeyen organik malzeme heterojenliğini açıklayamadığı kabul edilir. Bunun yerine doğrudan ilkel Güneş bulutsusundaki heterojenlikleri yansıttığı öne sürülmektedir (Starkey et al., 2013).

Karbonlu kondritlerin incelenmesiyle, ilkel gezegensel diskte meydana gelen süreçler, Güneş bulutsusundaki koşullar hakkında bilgileri ortaya çıkarılabilmekte ve Dünya'daki yaşamın kökenine yol açan organik kimyasalların bileşimi ve evrimine dair bulgulara ulaşılabilir. Bu meteorit türleri, ağırlıkça %5 konsantrasyona sahip çözünmeyen organik malzeme veya makromoleküler karbon olarak bilinen grafitik malzemeler içerir. Bu grafitik malzemeleri incelemek önemli ve yararlıdır çünkü kimyasal yapıları kaynak kayaların/gövdelerin termal ve metamorfik geçmişine ışık tutabilir (Gasda, 2014).

1960'lı yıllardan günümüze kadar karbonlu meteoritler üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ve sonuçlar incelendiğinde, karbonlu meteoritlerin astrobiyolojik olarak büyük bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Örneğin, 1963 yılında yapılan bir çalışmada, karbonlu kondritlerde gözlenen organik bileşikler ile deniz çökeltileri arasında benzerlik bulunmuştur (Meinschein et al., 1963). 1993 yılında gerçekleştirilen deneysel bir araştırmada ise, Murchison karbonlu kondritin meteoritik bileşiminin ana malzemesinin, evrimin sonraki aşamalarında, karbon yıldızlarındaki PAH türleri olarak ortaya çıktığını göstermiştir (Lee and Wdowiak, 1993). 2002 yılında yapılan başka bir çalışmada ise karbonlu meteoritlerde yüksek fosfat konsantrasyonlarına sahip çözeltilerin oluşabileceği gösterilmiş, karbonlu kondrit malzemelerin uzay temelli tarım için yeterli fosfat içerdiği belirtilmiştir (Mautner and Sinaj, 2002). Bazı karbonlu kondritlerde belirli sıcaklıklarda ve belli basınç koşullarında var olabilecek minerallerle karşılaşılması da mümkündür. Bunlardan bazıları, "kirschsteinite" ve "hedenbergit" mineralleridir (Ganino and Libourel, 2017).

Meteoritlerin sınıflandırılabilmesi için bilinmesi gereken öncelikli kısımlar o meteoritin petrografik karakterinin (dokusu, mineralin tanımı, bolluğu ve yoğunluğu, eğer varsa kondrüllerin yapısı, yoğunluğu ve bolluğu) ve kimyasal bileşenlerinin analizidir. Örneğin, demirli meteoritler veya taşı-demirli meteoritler (pallasit grubu gibi) fiziksel inceleme ile anlaşılabilir özelliğe sahiptirler. Ancak karbonlu meteoritlerin detaylı olarak sınıflandırılabilmesi için spektroskopik, mikroskopik ve kimyasal analizler şarttır. Bu analizler arasında yaygın kullanılan yöntemler olarak Taramalı Elektron Mikroskopi/Enerji Dispersif X-ışını Spektroskopisi (SEM/EDS), Optik mikroskopi, Raman ve Kırmızı-altı (Infrared

(IR)) spektroskopisi teknikleri verilebilir (Kim and Yang, 1998; Paul, 2018; Stokke, 2018; Dall’Asén et al., 2019; LeBleu-DeBartola, 2019; Skulteti and Kereszturi, 2019). Bununla birlikte, ayırt edici petrografik özellikler kullanılarak kondritlerin sınıflandırılabilmesi için öncelikli olarak o kondritin ait olduğu kimyasal grup belirlenmelidir.

Oldukça değerli bir örnek olan ve nadir olarak bulunan karbonlu kondritik meteoritler, Güneş Sistemimizin oluşumundan kalan en ilkel malzemelerden biri olarak kabul edilmektedir (Stokke, 2018). Karbonlu meteoritler üzerine yapılan mikroskobik ve spektroskopik analizler, o meteoritin koptuğu düşünülen olası kaynak gövde asteroidi hakkında bulgulara ulaşılmasına imkân sağlamaktadır. Bununla birlikte, mikroskobik ve spektroskopik analizlere ek olarak yapılan petrografik çalışmalar, meteoritin ait olduğu kimyasal grubun belirlenmesine ve ayrıntılı bir alt grup sınıflandırılması yapılmasına olanak tanımaktadır.

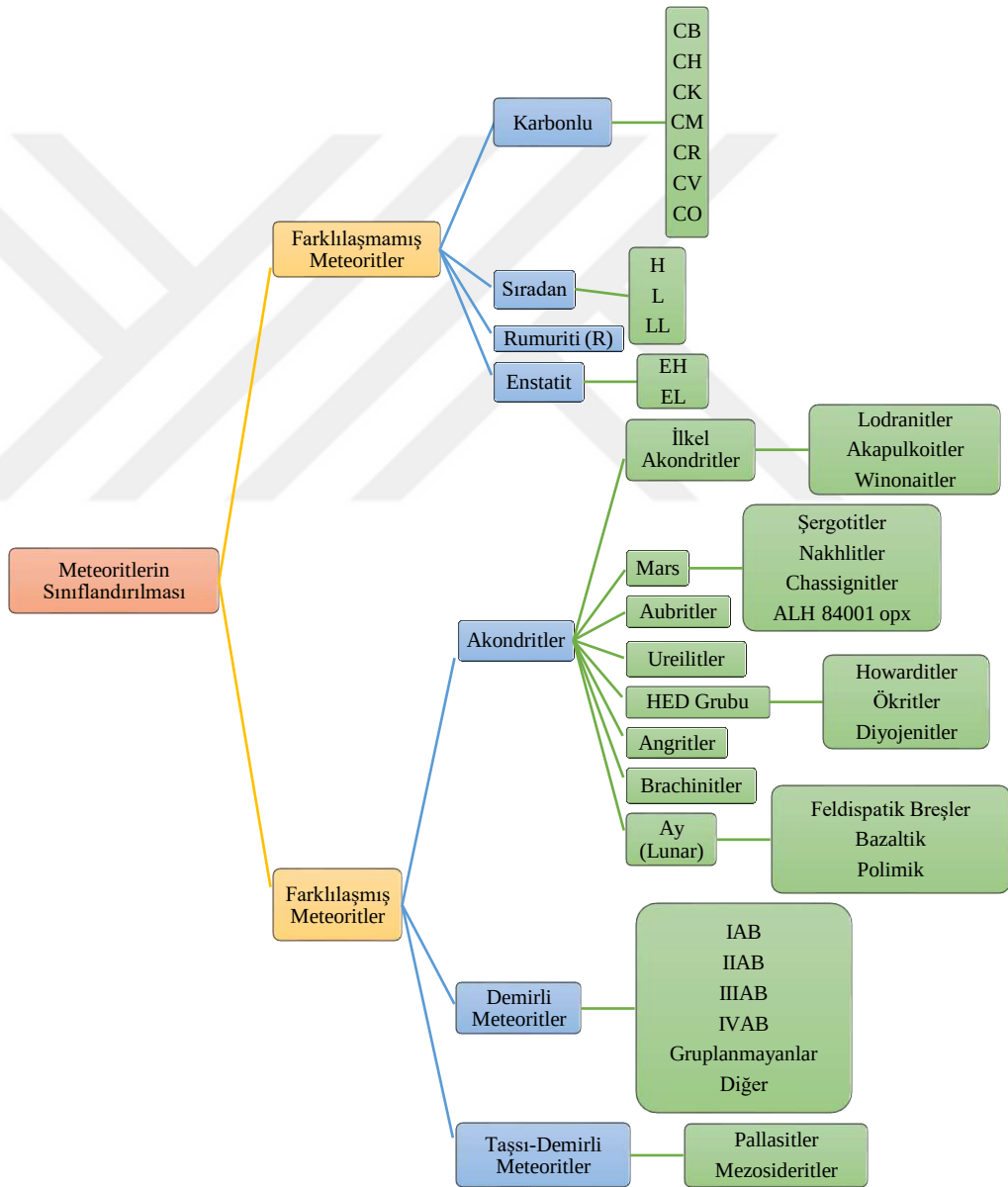
2. GENEL BİLGİLER

Meteoritler, “düşen” ve “bulunan/buluntu” olmak üzere iki farklı kategoride değerlendirilir. Meteoritin yere düşüş anını, kamera ya da doğrudan çıplak gözümüz ile takip edip o meteorite ulaşabiliyorsak, bu meteorit ‘düşen’ sınıfına girmektedir. Bunun dışında kalan tüm meteoritler ise ‘bulunan/buluntu’ olarak kayıtlara geçmektedir. Meteoritler, bulunduğu ve/veya düştüğü şehrin, ülkenin ya da coğrafi bölgenin adını almaktadır. Resmi olarak onaylanan meteoritler, adı, durumu (resmi veya şüpheli), yılı, yeri (düşme veya bulunma), türü, fiziksel (kütle gibi) ve kimyasal özellikleri ile bir veri tabanına kaydedilmektedir. Bu veri tabanına örnek olarak ‘The Meteoritical Society’ verilebilir.

Bir numunenin meteorit olabilmesi için, 1 mm’den daha ince yanık dış kabuğa sahip olması, dış yüzeyinde kabarcıklar, tabakalar, damarlı yapı, delikli yapı, çok köşeli, şekilli ve tıraşlanmış görünüm olmaması ve dış yüzeyinin, “regmaglipt” olarak adlandırılan ve parmak izini andıran girintili ve çıkıntılı yapılardan oluşması gerekir. Genel olarak üç tür meteorit vardır. Bunlar; demirli, taşsı ve taşsı-demirli meteoritlerdir. Bunlara ek olarak, Ay ve Mars kökenli meteoritler ve karbonlu meteoritler de mevcuttur. Taşsı-demirli meteoritler,

yaklaşık olarak eşit miktarda Si (Silikat) ve Fe-Ni (Demir-Nikel) alaşımı içerir. Taşsi meteoritler ise en yaygın meteorit türüdür ve gözlenen meteorit düşmelerinin %94'ünü oluşturur. Taşsi meteoritler “kondritler” (“kondrül” olarak adlandırılan ve ebatları μm 'den cm 'ye kadar değişebilen yuvarlağımsı yapılar içerirler) ve “akondritler” (kondrül içermezler) olmak üzere iki farklı kategoriye ayrılabilir. Meteoritlerin ayrıntılı bir şekilde sınıflandırılmış hali Tablo 2.1'deki gibidir.

Tablo 2.1 Meteoritlerin sınıflandırılması (<https://curator.jsc.nasa.gov/education/classification.cfm>).



Tablo 2.1’de kullanılan bazı kısaltmalar şunlardır: CB (Bencubbin-benzeri kimyasal grup), CH (ALH 85085-benzeri kimyasal grup), CK (Karoonda kimyasal grubu), CM (Mighei kimyasal grubu), CR (Renazzo kimyasal grubu), CV (Vigarano kimyasal grubu), ve CO (Ornans kimyasal grubu), CI (Ivuna kimyasal grubu), H (yüksek demirli kimyasal grup), L (düşük demirli kimyasal grup), LL (düşük demir ve düşük metal kimyasal grup), EH (enstatit kondritlerin yüksek demirli kimyasal grubu), EL (enstatit kondritlerin düşük demirli kimyasal grubu), opx (ortopiroksen).

2.1 Demirli Meteoritler

Demirli meteoritlerde, özellikle Ni içeriği, doğada bulunan bolluklardan oldukça yüksektir ($\sim\%4$ ve üstü) ve bu şekilde yersel kayalardan hemen ayırt edilebilirler. Gezegenimizde bulunan en büyük demirli meteorit, 1920 yılında Namibya Grootfontein’de bulunan ve yaklaşık 60 ton kütleye sahip olan ‘Hoba meteoriti’dir. Hoba demirli meteoritine ait görsel Şekil 2.1.1’de verilmektedir (Norton and Chitwood, 2008).



Şekil 2.1.1 Hoba meteoriti, Namibya, 1920 (bulunma yılı) (Norton and Chitwood, 2008).

Çoğu demirli meteoritin büyük boyutlara sahip asteroitlerin çekirdeklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Demirli meteoritlerin neredeyse tamamına yakını Fe-Ni alaşımından oluşmaktadır. Bu, aynı zamandan Dünya’nın çekirdeğinin de temel bir bileşimidir. Gözlemlenen düşmelerin $\%5$ ’inden daha azını oluşturlar ve

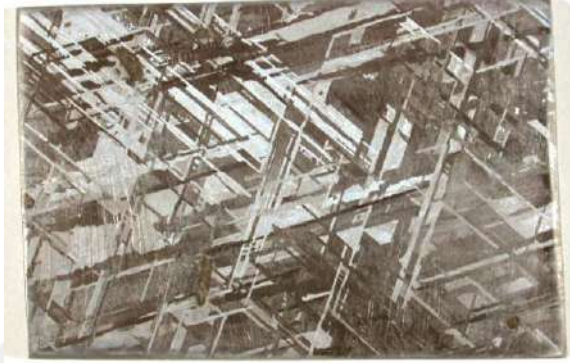
diğer meteorit türlerine kıyasla daha kolay tanımlanabilen fiziksel ve kimyasal özelliğe sahiptir. Bir demirli meteorit olan Sikhote-Alin meteoritine ait görsel Şekil 2.1.2’de verilmektedir (Norton and Chitwood, 2008).



Şekil 2.1.2 Sikhote-Alin demirli meteoriti, Rusya, 1947 (düşme yılı) (Norton and Chitwood, 2008).

Bazı demirli meteoritlerin kazınmış ve/veya aşındırılmış olan yüzeylerinde, ayırt edici bir özellik olarak, Widmanstätten deseni görülmektedir. Bu oktahedral figürler ilk olarak 1804 yılında Napoli’de William Thomson tarafından bulunmuş ve bu buluştan bağımsız olarak dört yıl sonra, 1808 yılında Viyana’da Kont Alois von Widmanstätten tarafından keşfedilmiştir. Özellikle, demirli meteoritlerde kimyasal aşınmayı önlemek için birçok yöntem geliştirilmiştir. Örneğin, Widmanstätten desenlerini ortaya çıkarmak için asit özelliğine sahip seyreltik nitrik asit kullanılmaktadır. Bu asit ile demirli meteoritin yüzeyi aşındırıldıktan sonra, meteorit numunesi nötralize edilip su ile yıkanır ve fırında kurutulur. Kurutma işlemi için ise %99 alkole batırılma işlemi gerçekleştirilir. Bütün bu işlemlerden sonra, meteoritin yüzeyi akrilik bir cila ile kaplanarak dış havadan korunur. Örneğin Thomson, pallasit grubuna ait taşı-demirli bir meteoriti paslanmaya karşı korumak için nitrik asit kullanmıştır. Asit kullanımı ile paslanmayı engelleyemediği gibi meteoritin asit tarafından aşındırılmasının da önüne geçememiştir. Nitrik asit numuneyi kazarak oktahedral deseni ortaya çıkarmıştır. 1808 yılında Kont von Widmanstätten, Bunsen brülörü kullanarak ince bir oktahedrit levhayı ısıtırken yanlışlıkla bu figürleri ürettiğinde, demirli meteoritlerin özelliklerini araştırmaktaydı. Bununla birlikte, ısıtma işlemi sırasında, kamasit ve taenitin meteoritte farklı oranlarda oksitlendiği gördü ve böylece Widmanstätten desenini

ortaya çıkarmış oldu. Bu desen, iki Fe-Ni alaşımı olan kamasit ve taenitin birbirine kenetlenen kristal yapısı tarafından oluşturulmaktadır. Kamasit ve taenit birbirinden içerdikleri Ni oranları ile ayırt edilmektedir. Kamasit düşük Ni ($\sim$ %4-7) oranına sahip iken, taenit yüksek Ni ($\sim$ %20) oranına sahiptir. Widmanstätten deseninin net olarak görüldüğü Gibeon demirli meteoritine ait görsel Şekil 2.1.3'te gösterilmektedir (Norton and Chitwood, 2008).



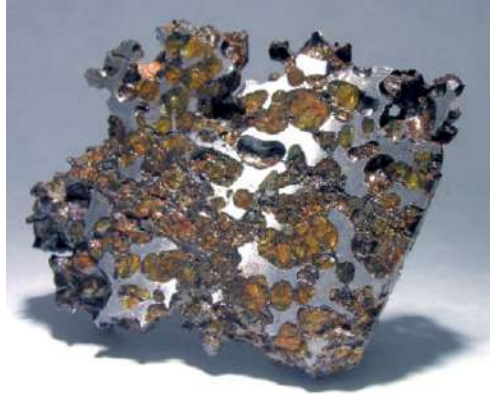
Şekil 2.1.3 Asit ile tamamen kazınarak Widmanstätten deseninin ortaya çıkarıldığı Gibeon demirli meteoriti, Namibya, 1836 (bulunma yılı) (Norton and Chitwood, 2008).

2.2 Taşlı-Demirli Meteoritler

Taşlı-demirli meteoritler, yaklaşık olarak eşit miktarda Si (Silikat) ve Fe-Ni (Demir-Nikel) alaşımı içerir. Bu meteorit türü, 'Pallasitler' ve 'Mezosideritler' olmak üzere iki farklı gruba ayrılmaktadır. Pallasitlerin Si (Silikat) manto veya dış kabuk ile farklılaşmış bir asteroidin erimiş metal çekirdeği arasında olduğu düşünülmektedir. Pallasitler, renkleri sarıdan açık yeşile kadar değişen olivin kristallerinden ve bu kristalleri çevreleyen bir demir-nikel ağının karışımlarından oluşan meteorit grubudur. Pallasitlerdeki birincil Si minerali, yeşilimsi renk tonu ile ayırt edilebilen olivindir.

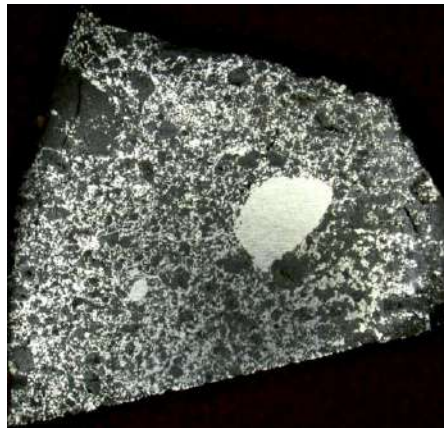
Pallasitler, taşlı-demirli meteoritler arasında en yaygın olanıdır. Pallasit adı, 1749 yılında Sibirya'nın Krasnojarsk yakınında bulunan 700 kg kütleye sahip bir meteoritten gelmektedir (Şekil 2.2.1). Esas kökeni olan 'Pallas demir' adını, Alman doğa bilimci Peter Simon Pallas'tan almaktadır. Peter Simon Pallas, büyük olivin kristalleri içeren bir demir olan bu olağandışı taşın örneklerini toplamış ve bu

bilgileri de 1772 yılında günlüklerinde açıklamıştır. Pallas, o zamanlar bir meteorit örneği bulduğunun farkında değildir. Ancak daha sonra, tanınan ilk pallasit meteorit, Peter Simon Pallas'ın adı ile isimlendirilmiştir (Norton and Chitwood, 2008).



Şekil 2.2.1 Krasnojarsk meteoriti, Pallas demiri, Rusya, 1749 (bulunma yılı). Pallasitler için tipik bir numune örneğidir (Norton and Chitwood, 2008).

Bir diğer grup olan mezosideritlerin çoğu, yaklaşık eşit miktarda Si ve Fe-Ni metalden oluşan tipik taşı-demirli meteoritlerdir. Farklı mineral bileşimlerinden, özellikle ortopiroksen, plajiyoklaz, Fe-Ni metal kapanımlarından oluşan polimerik breşlerdir. Pallasit grubunda bol olarak bulunan olivin, mezosideritlerde bulunmaz. Mezosiderit meteorit grubuna ait bir örnek Şekil 2.2.2'de verilmektedir (Norton and Chitwood, 2008).

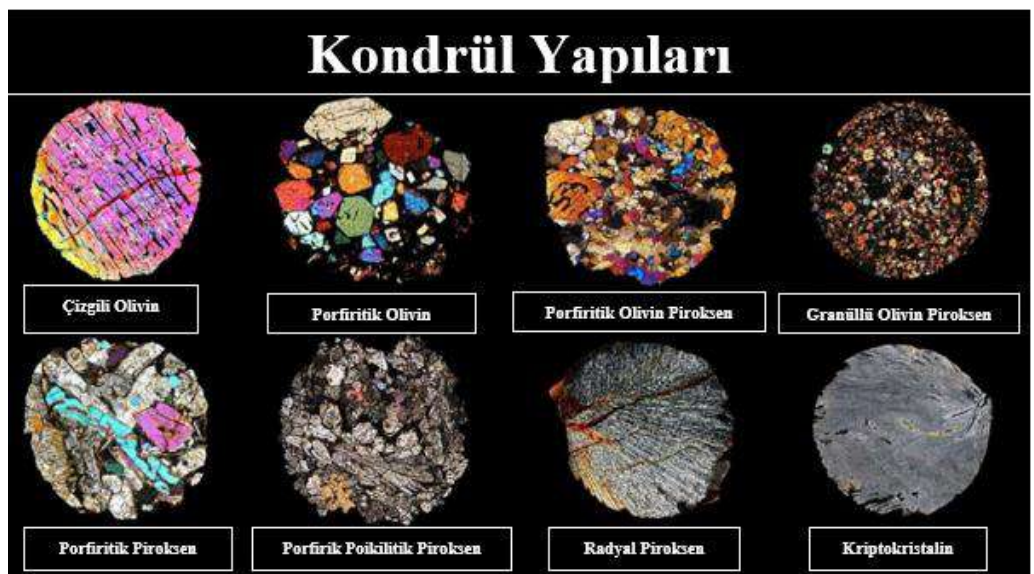


Şekil 2.2.2 NWA 1242 meteoriti (eski adıyla Sahara 85001), Libya, 1985 (bulunma yılı) (Norton and Chitwood, 2008).

2.3 Taşlı Meteoritler

Taşlı meteoritler en yaygın meteorit türüdür ve gözlenen meteorit düşmelerinin %94'ünü oluşturur. Taşlı meteoritler “kondritler” (“kondrül” olarak adlandırılan ve ebatları μm 'den cm 'ye kadar değişebilen yuvarlağımsı yapılar içerirler) ve “akondritler” (kondrül içermezler) olmak üzere iki farklı kategoriye ayrılmaktadır. Kondritler, neredeyse küresel, silikat bakımından zengin parçacıklar olan kondrüllerden oluşmaktadır ve adını da buradan almaktadır. Kondritler, en bol bulunan taşlı meteorit türüdür. Bununla beraber kondritler, kesin olmamakla birlikte, atmosferik girişte maruz kaldığı yüksek sıcaklıklara rağmen erimezler ve oluşumlarından bu yana diğer nesneler ile çok az kimyasal etkileşime girdikleri için kimyaları çok ilkindir. Taşlı meteoritler, yeryüzüne düşen en yaygın meteorit türüdür ve Dünya’da bulunan tüm meteoritlerin %86’sını oluştururlar (<https://meteorites.asu.edu/chondrites>). İlkel bir kimyaya sahip olmaları nedeniyle, Güneş Sisteminin tarihi hakkında ipuçları için karbonlu kondritler yoğun bir şekilde incelenmektedir.

Kondritlerdeki kondrül yapısı farklılıklar göstermektedir ve bu nedenle de kondrüller yapılarına göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmada sekiz farklı kondrül yapısı bulunmaktadır. Bu yapılar Şekil 2.3.1’de gösterilmektedir (Norton and Chitwood, 2008).



Şekil 2.3.1 Kondritlerdeki kondrül yapıları (Norton and Chitwood, 2008).

Şekil 2.3.1’de verilen ve kondrül yapılarını tanımlamak için kullanılan sekiz farklı kondrül yapısından ilki olan çizgili yapı, kondrüldeki uzun, yarı paralel çizgisel yapıları ifade eder. Bu yapıya örnek olarak çizgili olivin (BO) verilebilir. Bir diğer kondrül yapısı olan porfiritik yapı, mineral kristallerinin farklı boyutlara sahip olduğu yapıyı belirtmektedir. Bu yapıya örnek olarak porfiritik olivin (PO), porfiritik piroksen (PP) ve porfiritik olivin piroksen (POP) verilebilir. Bir başka kondrül yapısı olan granüllü yapı, ince ve küçük boyuttaki mineral kristallerinin oluşturduğu yapıdır. Granüllü olivin piroksen (GOP) bu yapıya örnek olarak verilebilir. Kondritlerde tanımlanan bir diğer kondrül yapısı ise porfirik yapıdır. Bu yapı, bir mineral topluluğunda minerallerin bir bölümünün diğer minerallere göre çok daha iri kristalli olarak gözlendiği yapıları ifade etmektedir. Buna örnek olarak porfirik piroksen (PP) verilebilir. Bir başka kondrül yapısı olan poikilitik, iri kristalli minerallerin farklı türlerdeki küçük kristalli minerallerin kapanım şeklinde bulunmasıyla oluşan yapıyı ifade etmektedir. Bu yapıya örnek olarak, hem porfirik hem de poikilitik yapısı gösteren porfirik poikilitik piroksen (PPP) verilebilir. Kondritlerde görülen diğer kondrül yapıları ise radyal ve kriptokristalin yapıdır. Radyal yapı, birbirine paralel olarak tek bir merkezden ve/veya bölgeden dağılarak yayılıyormuş gibi görünen yapı ifade ederken, kriptokristalin yapısı ise mikroskop altında optik özellikleri tanınamayacak kadar küçük kristallerin oluşturdukları yapıyı belirtmektedir. Radyal yapıya örnek olarak radyal piroksen (RP) verilebilir. Kondritlerde görülen bu sekiz farklı dokuya sahip kondrül yapısı, kondritlerin içeriğinde bulunan kondrül yapılarını tanımlamak için kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, meteoritlerin sınıflandırılabilmesi için, ayırt edici petrografik özellikler kullanılarak kondritlerin sınıflandırılabilmesi için öncelikli olarak o kondritin ait olduğu kimyasal grup belirlenmelidir. Petrografik sınıflandırma, meteoritin içerdiği minerallere ve bu minerallerin bolluğuna, kondrül içerip içermemesi durumuna, bolluğuna ve boyutlarına, refrakter kapanım özelliklerine göre belirlenebilmektedir. 1967 yılında R. Van Schmus ve J. Wood tarafından kondritik bir meteoritin petrografik tipini tanımlayabilmek için 10 kriter belirlenmiştir, ancak günümüzde yedi petrografik tip geçerli görülmektedir. Kondritik meteoritlerin tip 1’den tip 6’ya kadar olan petrografik tipleri Tablo 2.3.1’de verilmektedir (Norton and Chitwood, 2008).

Tablo 2.3.1 Petrografik tipler (Norton and Chitwood, 2008).

Kriterler						
	1	2	3	4	5	6
1.Olivin ve piroksen bileşimlerinin homojenliği	----	Piroksenin ortalama sapması $\geq\%5$		Tekdüzede ortalama sapma $\leq\%5$	Tek tip ferromagnezyen mineraller	
2.Düşük-Ca pirokseninin yapısal durumu	----	Ağırlıklı olarak monoklinik kristaller	Monoklinik kristaller		Ortorombik kristaller	
			$>\%20$	$<\%20$		
3.İkincil feldispatın büyüme derecesi	----	Yok		$<2\ \mu\text{m}$ taneler	$<50\ \mu\text{m}$ taneler	$>50\ \mu\text{m}$
4.Kondrüllerde volkanik cam	----	Değişken bollukta şeffaf ve izotropik cam		Var ise bulanık/opak	Gözlenmez	
5.Metalik mineraller (maksimum wt% Ni)	----	taenit yok veya çok az (Ni $<200\ \text{mg/gr}$)	kamasit ve taenit var ise ($>\%20$)			
6.Sülfür mineralleri (ortalama Ni içeriği)	----	$>5\ \text{mg/gr}$	$<\%0,5$			
7.Kondrül yapısı	Kondrül yok	Tanımlanmış keskin kondrüller		İyi tanımlanmış kondrüller	Kondrüller kolayca ayırt edilir	Zayıf olarak tanımlanmış kondrüller
8.Matris yapısı	Hepsi ince taneli, opak	Daha çok opak matris	Opak matris	Saydam mikrokristalin matris	Yeniden kristallenmiş matris	
9.Yığın karbon (wt%)	$\%3-5$	$\%1,5-2$	$\%0,1-1$	$<\%0,2$		
10.Yığın su içeriği (wt%)	$\%18-22$	$\%3-11$	$<\%2$			

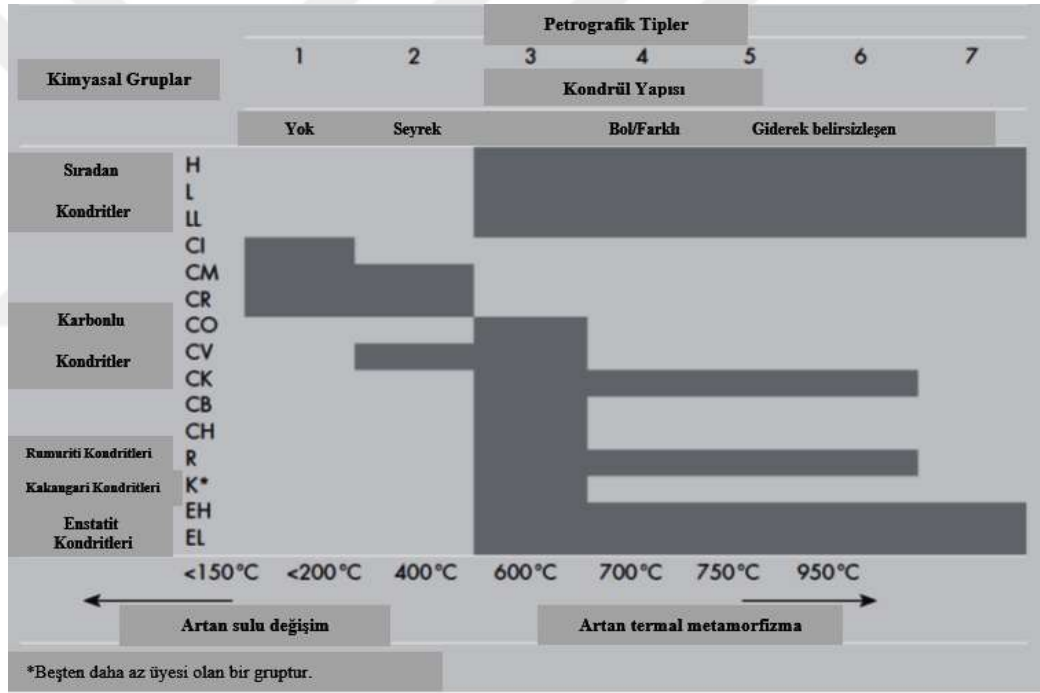
Kondritler, karbonlu (CB, CH, CK, CM, CR, CV, CO ve CI), sıradan (H, L ve LL), rumuruti (R) ve ensatit (EH, EL) olmak üzere, genel olarak dört gruba ayrılmaktadır. Petrografik özelliklerine göre kondritlerin sınıflandırılması Tablo 2.3.2’de verilmiştir. Bununla birlikte, ayırt edici petrografik özellikler kullanılarak kondritlerin sınıflandırılabilmesi için öncelikli olarak o kondritin ait olduğu kimyasal grup belirlenmelidir (Norton and Chitwood, 2008).

Tablo 2.3.2 Petrografik özelliklerine göre kondritlerin sınıflandırılması (Norton and Chitwood, 2008).

	Karbonlu Kondritler								Sıradan Kondritler			Rumuruti Kondritleri	Enstatit Kondritleri	
Kriterler	CI	CM	CO	CV	CK	CR	CH	CB	H	L	LL	R	EL	EH
Kondrül Boyutu (mm)	----	0,3	0,15	1,0	1,0	0,7	0,02	2-10	0,3	0,7	0,9	0,4	0,6	0,2
Matris (%)	>99	70	34	40	40	30-50	5	<1	10-15	10-15	10-15	36	2-15	2-15
Kondritler (%)	<1	20	48	45	45	50-60	70	20-40	60-80	60-80	60-80	>40	60-80	60-80
CAI'lar (%)	<1	5	13	10	10	0,5	0,1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1
Metal (%)	0	0,1	1-5	0-5	0-5	5-8	20	60-80	8	4	2	0,1	10	10
Olivin (%)	<1	30	>50	>50	>50	40	6	?	39	48	58	50-75	<1	<1
Piroksen (%)	<1	az	az	az	az	10	60	?	28	24	16	0-13	70	65

Şekil 2.3.2, yedi farklı petrografik tipi göstermektedir. Termal metamorfizma, tip 3’ten tip 7’ye doğru artarak devam etmektedir. Bu tipler, yeniden kristalleşme aralığı içinde, 950°C’lik bir sıcaklığa kadar kademeli olarak termal metamorfizma aşamalarını gösterir. Olivinlerin ve piroksenlerin kimyasında yüksek derecede değişimler gözlemlendiği için tip 3, kimyasal olarak dengelenmemiş olarak kabul edilmektedir. Öte yandan, tip 4 ile tip 7 arasındaki diğer petrografik tipler ise kimyasal olarak dengelenmiştir ve kimyaları tip 3’e göre daha homojendir. Tabloda, sıcaklık gradyanının sol tarafında, yaklaşık 400°C’den başlayıp yaklaşık 150°C’nin altına uzanan (bazıları 20°C kadar düşük), geçmiş bir zamanda suyun varlığına bağlı olarak bir değişiklik fark edilmiştir. Bu değişiklikler özellikle tip 1 ve tip 2 kondritlerde daha belirgindir. Burada, sıvılar küçük çatlaklardan kayaların içine girmiş ve oradan da orijinal birincil minerallerle reaksiyona girip manyetit ve

kil benzeri fillosilikatlar gibi hidratlanmış mineraller üretmiştir. Bu durumdan en az etkilenen kondritler tip 3'e ait kondritleridir. Bunun nedeni, meteoritin birincil özelliklerini değiştirmiş olabilecek sulu bir değişikliğin ya da termal metamorfizmanın hemen hemen hiç olmamasıdır. Artan termal metamorfizma ise, 600 ila 950°C arasındaki sıcaklıklar ile kendini gösterir. Tip 3 kondritler, termal metamorfizma ile sulu değişim arasında bir ayırım noktası görevi görmektedir. Başta CI1, CM2 ve CR2 olmak üzere, bazı karbonlu kondritler, meteoritlerin oda sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıklarda (–20°C) su ile reaksiyona girdiğini gösteren şiddetli değişim dönemlerine sahiptir. Bu reaksiyonların çoğu muhtemelen asteroit kaynak gövdesi üzerinde veya içinde gerçekleşmiştir (Norton and Chitwood, 2008).



Şekil 2.3.2 Kondritlerin sınıflandırılması (Norton and Chitwood, 2008).

Bunlara ek olarak, kondritler için şok derecesi ve hava maruziyeti/oksidasyon (weathering) derecesi gibi parametreler de göz önüne alınmaktadır. Hava maruziyeti derecesi meteoritin yeryüzünde geçirdiği zaman ile doğru orantılıdır ve W ile gösterilir. W0 ile W6 arasında belirlenir. W0 'görünür bir oksidasyon yok' demek iken, W6 ise 'silikatlar büyük oranda mineralojik değişime uğramış' demektir (Wlotzka, 1993). Şok derecesi meteoritin kütlesi, atmosfere giriş hızı, yere

çarpma hızı ve kütlesi ile düştüğü bölgenin yapısı ile ilişkilidir. Şok derecesi S ile ifade edilir ve şiddetine göre S1-S6 arasında gözlenir. S1’de şok gözlenmez iken S6’da çok güçlü şok (75-90 GPa) söz konusudur ve erimeler gözlemlenir (Jinping, 2016). Kondritlerin birçoğu, yere çarpma anında ve/veya atmosferik girişte yüksek basınç ve sıcaklık dalgalarına maruz kalır. Bu etkiler, o kondritin kristal yapısında bozulmaya, yüzeyinde erimeye, çatlaklara, kırılmalara, eriyik damarların oluşmasına neden olur. Bu etkiler Tablo 2.3.3’te açıklanmıştır ve tabloda gösterildiği gibi, meteoritin şok derecesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Norton and Chitwood, 2008).

Tablo 2.3.3 Petrografik tipleri tanımlama özellikleri (Norton and Chitwood, 2008).

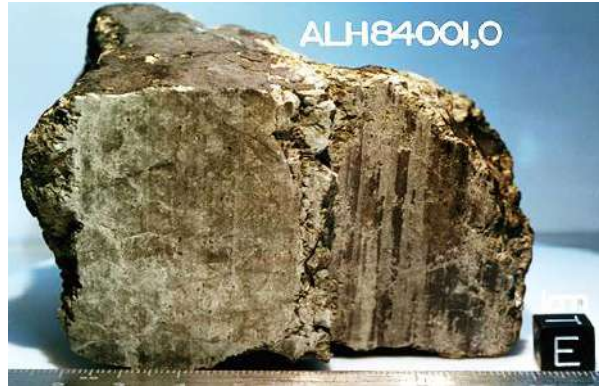
	Su Değişimi		Çok az değişim / Değişim yok		Termal Metamorfizma	
Kriterler	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Tip 6
Kondrüllerin Durumu	Kondrül yok	Keskin olarak tanımlanmış		İyi tanımlanmış	Kolayca tanımlanmış	Zayıfça tanımlanmış
Plajiyoklaz	Yok			Taneler 2 µm	Taneler 2-50 µm	Taneler >50 µm
Kondrüllerde cam	Yok	Çoğunlukla değiştirilmiş	Temiz cam	Bulanık	Kristal	
Matris	Opak			Yarı saydamdan (tip 4) saydamlığa (tip 6) kadar sınıflar; tane büyüklüğü tip 4’ten tip 6’ya kadar iridir.		
Piroksen	Yok	Ağırlıklı olarak ikiz		Bir miktar klinopiroksen		Ortopiroksen

Bir diğer taşı meteorit grubu olan Akondritler, farklılaşmış meteoritlerin en büyük sınıfıdır. Ay ve Mars gezegeninden, asteroit kuşağından meteoritleri içermektedir. Kondrül yapıları içermeyen Akondritler, ilkel (Akapulkoitler, Lodranitler Winonaitler) ve asteroidal (Aubritler, Ureilitler, HED grubu, Angriteler, Braçinitler, Ay ve Mars) olmak üzere iki ana grup altında sıralanmaktadır. İlkel akondritlerin kaynağının aynı kaynak gövde olduğu

düşünülmektedir. Bazaltik magmalardan oluşan, volkanik ve plütonik kayaların bir koleksiyonunu temsil eden üç bazaltik akondrit grubu vardır. Bunlar, HED grubu olarak adlandırılan Howarditler, Ökritler ve Diyojenitler'dir. Genellikle asteroidal bazaltın bileşenleri olarak birlikte incelenmektedirler. HED meteoritlerinin aynı kaynak gövdeden ve muhtemelen asteroit 4 Vesta'dan geldiği düşünülmektedir. HED meteoritleri, en büyük asteroidal akondrit grubudur. En nadir ve en değerli akondritler, gezegensel akondritlerdir. Bunlar, Ay ve Mars kökenli meteoritler olarak adlandırılır (Norton and Chitwood, 2008).

2.4 Ay ve Mars Kökenli Meteoritler

Ay'ın veya Mars'ın yüzeyinden çarpma etkisi ile kopan ve yeryüzüne düşen meteorit parçaları, Ay ve Mars kökenli meteoritler olarak adlandırılır. Mars kökenli meteoritler SNC (Shergottite, Nakhilite ve Chassignite) grubu olmak üzere üç türe ayrılır. SNC meteoritlerinin çoğunun, bir magma odasının tabanında oluşan kümülatif magmatik kayalar olduğu düşünülmektedir (Norton and Chitwood, 2008). Mars kökenli bir diğer meteorit ise ALH (Allan Hills) 84001 meteoritidir. Bu meteorite ait görsel Şekil 2.4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.4.1 Allan Hills 84001 meteoriti, Antarktika, 1984 (bulunma yılı) (<https://astrobiology.nasa.gov/news/an-update-from-alh84001/>).

İlk Ay kökenli meteorit olan Yamato 791197 meteoriti, Polar Araştırma Enstitüsü'nden Japon bilim insanları tarafından 20 Kasım 1979 tarihinde Antarktika'daki Yamato Dağları yakınlarındaki bir buz sahasında yanlışlıkla bulunmuştur. Aynı yıl içerisinde Yamato Dağları'nın yakınlarında ikinci bir Ay

kökenli meteorit, Yamato 793169 meteoriti bulunmuştur. 1980 yılında ise başka bir Ay kökenli meteorit olan Yamato 293274 meteoriti bulunmuştur. Ancak Ay kökenli meteorit olarak tanımlanan ilk meteorit ALHA 81005 meteoritidir (Norton and Chitwood, 2008). ALHA 81005 meteoritine ait görsel Şekil 2.4.2’de verilmektedir.



Şekil 2.4.2 Allan Hills (ALHA) 81005 meteoriti, Antarktika, 1981 (bulunma yılı) (https://sites.wustl.edu/meteoritesite/items/lm_alha_a81005/).

2.5 Karbonlu Meteoritler

Taşsı meteorit olan karbonlu kondritler, kondrül içermekte olup, ‘karbonlu kondritler’ olarak isimlendirilirler. Kondritler, en bol bulunan taşsı meteorit türüdür. Özellikle karbonlu kondritler Ca-Al (Kalsiyum-Alüminyum) açısından zengin kapanımlar (CAI) içermektedir. Kondritler, kondrüllerden (silikat bakımından zengin yuvarlağımsı parçacıklar) oluşmaktadır ve adını da buradan almaktadır. Kondritler, oluşumlarından bu yana diğer nesneler ile çok az kimyasal etkileşime girdikleri için kimyaları çok ilkindir. Bununla birlikte, karbonlu kondritler, tüm meteorit sınıfları arasında sadece %0,04’lük bir dilimde yer aldığı için oldukça nadirdirler ve araştırmaları önem arz etmektedir. Bu nedenle de Güneş Sisteminin tarihi hakkında ipuçları için karbonlu kondritler yoğun bir şekilde incelenmektedir. Karbon, Güneş Sistemi’nde en temel ve bol miktarda bulunan elementlerden biridir. Bununla birlikte, karbonlu kondritlerin de temel bileşenlerindendir (Varela and Métrich, 2000). Karbonlu meteoritler, önemli miktarda karbon içerirler ve bu nedenle araştırmaları oldukça önem arz etmektedir. Örneğin, Antarktika’da bulunan ve buz üzerinden toplanan taşsı

meteorit örnekleri, radyoaktif yaş tayini amacıyla kullanılmıştır. Analiz sonucunda, 0,1 milyar yıldan daha az bir belirsizlik ile 4,54 milyar yıllık bir geçmişleri oldukları belirlenmiştir. Bulunan bu değer, Güneş Sistemimizin yaşına dair kuvvetli ipuçları vermektedir (Fraknoi et al., 2000).

Karbonlu meteoritler, CB (Bencubbin-benzeri), CH (ALH 85085-benzeri), CI (Ivuna) CK (Karoonda), CM (Mighei), CR (Renazzo), CV (Vigarano) ve CO (Ornans) olmak üzere sekiz kimyasal gruba ayrılır. Bununla birlikte, petrografik sınıflama olarak tip 1 ve tip 7 arasında değişen alt gruplara sahiptirler. Burada C karbonlu sınıfı ifade ederken, diğer harflerin her biri ise benzer özelliğe sahip olduğu meteoritlerin baş harflerini göstermektedir.

Karbonlu kondritlerin Bencubbin-benzeri kimyasal bileşimine (metal ve piroksen) sahip meteorit grubu ‘CB (Bencubbin-benzeri) meteoritler’ olarak adlandırılmaktadır. CB meteoritleri, CB_a ve CB_b olmak üzere iki alt gruba ayrılır. CB_a, cm boyutlu kondrül benzeri nesneler ve bol miktarda metal (> hacmin yarısından fazla) içerir. İnce taneli matrise sahip değildir. Hemen hemen sıcaklığa dayanıklı olmayan kapanımların olmaması ile ayırt edilmektedir. CB_b ise küçük boyutlu kondrüller (0,2-1 mm), bol miktarda metal (hacimce ~%70) ve bazı sıcaklıklara dayanıklı kapanımlar içermektedir (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbullclass.php?sea=CBa>). CB meteoritine ait bir görsel Şekil 2.5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.5.1 Bencubbin (CB_a) meteoriti, Avustralya, 1930 (bulunma yılı) (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/5014_1361_186.jpg).

Karbonlu kondritlerin ALH 85085 benzeri (yüksek metal) kimyasal bileşimine sahip meteorit grubu ‘CH (ALH 85085-benzeri) meteoritler’ olarak adlandırılır. CH meteoritleri, bol miktarda metale (hacimce %20), küçük ebatlı kondrüllere ve refrakter kapanımlara (~0,02 mm) sahiptir. Bu gruba ait meteorit türleri, zenolitik klastlar ve genel olarak düşük uçucu element içeriği ile tutarlı olan nadir sülfürler dışında ince taneli matris içermez (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbullclass.php?sea=CH3>).

Karbonlu kondritlerin Ivuna meteoriti türü kimyasal grubu meteoritlere ‘CI (Ivuna türü) meteoritler’ denir. Bu meteorit grubunda, kondrül yapıları ve refrakter kapanımlar yoktur. Yüksek oranda demir açısından zengin killer veya fillosilikatlar içerir. Çok ince taneli matrise sahiptir ve yüksek derecede sulu değişiklik ile ayırt edilirler (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbullclass.php?sea=CI1>). CI meteoritine ait görsel Şekil 2.5.2’de verilmiştir.



Şekil 2.5.2 Ivuna meteoriti, Tanzanya, 1938 (düşme yılı) (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/12063_10792_661.jpg).

Karbonlu kondritlerin Karoonda meteoriti türü kimyasal grubuna ait meteoritlere ise ‘CK (Karoonda türü) meteoriti’ denir. Bol miktarda ince taneli matrise (hacimce ~%75) sahip olan CK meteoriti, magmatik rimleri (çeper) olmayan mm boyutlu kondrüller ve nispeten az refrakter kapanım içerir. Yüksek derecede oksidasyon göstermesi ile ayırt edilmektedir (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbullclass.php?sea=CK4>). CK meteoritinin görseli Şekil 2.5.3’te gösterilmiştir.



Şekil 2.5.3 Karoonda meteoriti, Avustralya, 1930 (düşme yılı) (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/12264_9765_2686.jpg).

Karbonlu kondritlerin Mighei meteoriti türü kimyasal grubuna ait meteoritler ‘CM (Mighei türü) meteoritler’ olarak adlandırılır. Bu meteorit türü, küçük ebatlı kondrüllere, refrakter kapanımlara (0,3 mm) ve ince taneli matrise (hacimce ~%70) sahiptir. Bol miktarda hidratlı mineraller ile ayırt edilmektedir (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbullclass.php?sea=CM2>). CM meteoritine ait bir görsel Şekil 2.5.4’te verilmektedir.



Şekil 2.5.4 Mighei meteoriti, Ukrayna, 1889 (düşme yılı) (<http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/mighei2.jpg>).

Karbonlu kondritlerin Renazzo meteoriti türü kimyasal grubuna ise ‘CR (Renazzo türü) meteoritler’ denir. Büyük ve bol miktarda porfirik kondrüller (0,7 mm, hacimce %50) ile ayırt edilmektedir. CR meteoritlerinin birçoğu magmatik rimlere, az miktarda sıcaklığa dayanıklı kapanıma, bol miktarda metale (hacimce

%5-8) ve genellikle hidratlı (%50 hacime kadar) ince taneli matrise sahiptir (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbullclass.php?sea=CR2>). Bu meteorite ait bir görsel Şekil 2.5.5’te gösterilmektedir.



Şekil 2.5.5 Renazzo meteoriti, İtalya, 1824 (düşme yılı) (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/22586_3425_126.jpg).

Karbonlu kondritlerin Vigarano meteoriti türü kimyasal grubuna ait meteoritler ‘CV (Vigarano türü) meteoritler’ olarak adlandırılır. Vigarano türü karbonlu meteoritlerin çoğu magmatik rimlere, büyük refrakter kapanımlara sahiptir ve bol miktarda matris (hacimce %40) ile çevrili büyük (mm boyutlu) kondrüller ile ayırt edilmektedir. Bu özellikler CV grubu meteoritleri için tipik bir örnektir (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbullclass.php?sea=CV3>). Vigarano türü karbonlu meteorite ait örnek bir görsel Şekil 2.5.6’da verilmiştir.



Şekil 2.5.6 Vigarano meteoriti, İtalya, 1910 (düşme yılı) (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/24174_19416_2800.jpg).

CAI (Kalsiyum-Alüminyum) kapanımları, Güneş Sisteminin oluşumu sırasında gerçekleşen olaylara ışık tutar. Bu olayların meydana geldiği zaman ve çevresel koşullar hakkında bilgi sağlayan CAI kapanımları, ilk kez 1968 yılında Vigarano meteoritinde tanımlanmıştır (Christophe Michel-Lévy, 1968). Ancak bu yapılar, ilk olarak 1969 yılında düşen Allende meteoritinden elde edilmiştir (MacPherson et al., 2005). Günümüzde en çok çalışılan karbonlu meteoritlerin başında Allende meteoriti yer almaktadır. CAI kapanımları, Güneş bulutsusunda oluşan yüksek sıcaklığa dayanıklı minerallerdir ve tüm CV3 kondritlerinde belirgin olarak bulunurlar. Allende meteoriti, hacimce %5 ile 10 arasında CAI kapanımları içermektedir (Norton and Chitwood, 2008). Allende meteoritine ait bir görsel Şekil 2.5.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5.7 Allende meteoriti, Meksika, 1969 (düşme yılı) (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/2278_21174_2666.jpg).

Karbonlu kondritlerin Ornans meteoriti türü kimyasal grubu meteoritlerine ‘CO (Ornans türü) meteoritler’ denir. Bu tür meteoritler, kaya hacminin yaklaşık yarısını kaplayan ve genellikle düşük derecede sulu değişiklik gösteren küçük boyutlu kondrüller ve refrakter kapanımlar (<0,2 mm) ile ayırt edilmektedir (<https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbullclass.php?sea=CO3.4>). Ornans türü karbonlu meteoritine ait görsel Şekil 2.5.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5.8 Ornans meteoriti, Fransa, 1868 (düşme yılı) (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/18030_9857_2686.jpg).

Karbonlu kondritler, Güneş Sisteminin oluşumundan kalan en ilkel malzemeler olarak kabul edildiğinden, diğer meteorit türlerine göre karbonlu meteoritlerin araştırılması, Dünya ve erken Güneş Sisteminin anlaşılması açısından daha fazla öneme sahiptir (Stokke, 2018).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Vigarano türü karbonlu meteorit NWA 5508 üzerine petrografik, titreşimsel spektroskopik ve mikroskobik analizler gerçekleştirilmiştir. NWA 5508 karbonlu meteoritinin termal metamorfizma geçmişi hakkında yeni bulgulara ulaşabilmek ve olası kaynak asteroidinin belirlenebilmesine katkıda bulunarak, bu meteoritteki minerallerin, fonksiyonel grupların, petrografik tipin tanımlanabilmesi ve meteoritin ayrıntılı sınıflandırılabilmesi için yaygın olarak tercih edilen ve kullanılan Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM), Enerji Dispersif X-ışını Spektroskopisi (EDS), mikro-Raman spektroskopisi, Kırmızı-altı (Infrared (IR)) yansıma spektroskopisi ve Optik mikroskopi (petrografik çalışma) analiz yöntemleri kullanılmıştır. Ek olarak, NWA 5508 karbonlu meteoritinde mevcut olan minerallerin tanımlanması, kondrül boyutları ve yoğunluklarının ölçülmesi ve bahsedilen diğer analitik tekniklerle bu meteoritin ait olduğu grubun ve alt grubun belirlenmesi hedeflenmiştir.

3.1 NWA 5508 Karbonlu Meteoriti

Çalışma kapsamında incelenen NWA 5508 karbonlu meteoritinin türü Vigarano karbonlu meteoritidir. Vigarano meteoriti, 22 Ocak 1910 tarihinde İtalya, Ferrara yakınlarında düşen (CV3) karbonlu bir kondrittir. Burada sırasıyla, C karbonlu sınıfı, V Vigarano grubunu ve 3 petrografik tipi ifade etmektedir. The Meteoritical Society'ye göre Vigarano karbonlu meteoriti, çoğu magmatik rimler, büyük refrakter kapanımlar ve bol miktarda matris (hacimce %40) ile çevrili büyük (mm boyutlu) kondrüller ile ayırt edilen CV grubu meteoritleri için tipik bir örnek olarak kabul edilmektedir (<https://meteorites.asu.edu/meteorites/vigarano>). Vigarano türü olan NWA 5508 (CV3) karbonlu meteoriti ise 2008 yılında Kuzeybatı Afrika'da bulunmuştur. Bol miktarda CAI kapanımları ve kondrül içeren NWA 5508 karbonlu meteorit numunesinin parlak kesitinin ön yüzeyi (sol) ve arka yüzeyi (sağ) Şekil 3.1.1'de verilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan NWA 5508 karbonlu meteorit numunesinin kütlesi yaklaşık olarak 19,34 gr'dır. Meteorit numunesinin kütlesi hassas terazi yardımı ile tartılarak belirlenmiş ve Şekil 3.1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1.1 NWA 5508 parlak kesitinin ön yüzeyi (sol) ve arka yüzeyi (sağ).



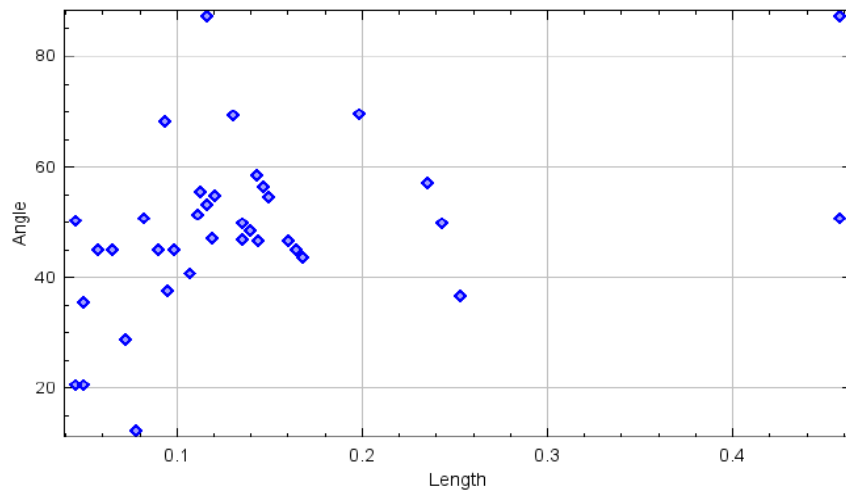
Şekil 3.1.2 NWA 5508 karbonlu meteorit numunesi.

Analizlerde kullanılmak üzere materyal olarak, NWA 5508 meteoritine ait bir adet parlak kesit mevcuttur (Şekil 3.1.3). Parlak kesit numunesi mikro-Raman spektroskopisi analizinde kullanılmıştır. Bununla birlikte, parlak kesit numunesi üzerinden belirlenen ve seçilen alandan SEM/EDS, mikro-Raman spektroskopisi ve optik mikroskop ile gerçekleştirilen petrografik çalışma için bir adet ince kesit hazırlanmıştır (Şekil 3.1.3). Hazırlanan ince kesit ve karbonlu meteorit numunesinden geriye kalan irili-ufaklı parçalar, yansıma (IR) spektroskopisi analizi için kullanılmıştır.



Şekil 3.1.3 NWA 5508 meteoritinin ince kesiti.

NWA 5508 karbonlu meteoritinin bol miktarda içerdği kondrüllerin ortalama yarıçapları, ince kesit görüntüsü (Şekil 3.1.3) üzerinden ImageJ (IJ 1.46r) programı ile hesaplanmıştır (Abramoff et al., 2004; Schneider et al., 2012). Hesaplama, Şekil 3.1.4'te sarı çizgi ve numaralar ile gösterilen 33 adet kondrül üzerinden yapılmıştır. McSween (1977), CV kondritlerindeki kondrüllerin çapının ~ 550 ile ~ 2000 μm arasında değiştiğini kaydetmiştir. 33 adet kondrül üzerinden gerçekleştirilen hesaplama ile kondrüllerin ortalama çapı 0,136 cm (1,36 mm) olarak bulunmuştur. NWA 5508'in kondrül çaplarının, geniş bir varyasyon aralığında (~ 500 - 2000 μm) nispeten büyük kondrül boyutlarına (ortalama çapı 1360 μm) sahip olduğu görülmüştür. Kondrüllerin açı ve çapa göre dağılımları Şekil 3.1.4'te gösterilmiştir. Hesaplama elde edilen sonuçlar ise Tablo 3.1.1'de listelenmiştir.



Şekil 3.1.4 İnce kesit üzerinden belirlenen 33 kondrül (üst) ile bu 33 kondrülün açı ve çapa göre dağılımı (alt).

Tablo 3.1.1 ImageJ ile 33 kondrül üzerinden elde edilen sonuçlar.

Kondrül No	Alan	Ortalama	Min.	Max.	Açı	Çap
1	0,003	114,860	92,667	128,087	50,659	0,458
2	0,81	111,318	94,667	122,131	46,736	0,136
3	0,88	117,449	99,843	135,333	58,241	0,143
4	0,001	100,727	63,667	119,667	69,444	0,199
5	0,71	96,694	59,667	113,333	87,138	0,116
6	0,51	100,127	59,333	115,784	50,711	0,083
7	0,37	123,746	117,027	134,447	45,000	0,058
8	0,68	75,156	58,667	91,333	51,340	0,112
9	0,88	84,344	53,667	101,554	46,637	0,144
10	0,002	82,058	64,592	117,534	36,607	0,253
11	0,001	73,503	63,245	87,667	49,844	0,243
12	0,57	93,190	62,078	120,000	45,000	0,090
13	0,001	78,418	55,977	91,250	57,095	0,235
14	0,57	117,717	90,333	135,000	68,199	0,094
15	0,71	61,450	49,000	81,200	53,130	0,116
16	0,88	84,095	69,086	95,919	56,310	0,147
17	0,30	96,569	86,010	109,667	50,194	0,045
18	0,34	99,406	70,000	114,333	35,538	0,050
19	0,34	116,700	102,333	132,333	20,556	0,050
20	0,91	78,640	69,882	98,333	54,462	0,150
21	0,001	65,695	41,000	78,426	43,603	0,168
22	0,98	68,761	50,088	90,007	45,000	0,164
23	0,74	71,931	59,667	83,667	46,975	0,119
24	0,64	81,507	60,667	113,704	40,601	0,107
25	0,74	60,167	23,000	91,170	54,782	0,121
26	0,68	80,584	49,333	111,333	55,491	0,113
27	0,61	62,595	30,667	75,561	45,000	0,099
28	0,98	69,881	47,667	94,830	46,469	0,160
29	0,47	89,446	34,000	127,905	28,610	0,073
30	0,57	74,989	57,667	87,667	37,569	0,095
31	0,84	70,921	58,000	95,333	48,366	0,140
32	0,78	86,254	65,000	101,085	69,146	0,131
33	0,41	65,575	41,928	78,868	45,000	0,066
Ortalama	0,82	86,499	63,649	105,287	49,680	0,136

3.2 Optik Mikroskopi (Petrografik Çalışma)

Optik mikroskop ya da ışık mikroskobu olarak adlandırılan analiz yöntemi, küçük nesneleri büyütmek için merceklerden oluşan bir sistem ile görünür ışığı kullanan bir mikroskop türüdür. Optik mikroskop ile malzemelerin mikro yapısı incelenmektedir. En yaygın kullanılan ve en basit yapıya sahip olan mikroskop çeşididir. Meteoritlerin incelenmesinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Optik mikroskopta kullanılan polarize ışık, ışığı oluşturan dalgaların tümünün aynı yönde düzenlendiği ışık akışı türüdür. Petrografik inceleme sırasında polarize ışık kullanılmaktadır. Petrografik çalışma, ince kesit olarak hazırlanan numuneye alttan ışık verilerek, numunedeki mineralin türü, yapısı, dokusu, sınırları, boyutu yani numunenin mineralojisi hakkında birçok bilgi veren analiz yöntemidir.

Petrografik çalışma için NWA 5508 karbonlu meteoritinin parlak kesiti üzerinden belirlenen bölge için bir ince kesit hazırlanmıştır. İnce kesitin elde edilebilmesi için ilk önce karbonlu meteorit numunesinin parlak kesiti üzerinden Şekil 3.2.1’de belirlenen ve iki kırmızı çizgi arasında kalan bölgeden, meteorit numunesi dilim halinde kesilip bir lam üzerine yapıştırılmıştır. Kesilen meteorit numunesinin kalınlığının (30 μm) ayarlanması için sırasıyla, iri taneli aşındırıcıdan ince taneli aşındırıcıya doğru birkaç aşamada yüzeyi aşındırılmıştır. Aşındırma işleminden sonra içinde elmas parçacıkları olan solüsyon ile (sırasıyla, 10 μm , 6 μm ve 1 μm) meteorit numunesinin yüzeyi incelemek şeklinde parlatılmıştır. Bu işlemler sonucunda, NWA 5508 karbonlu meteoritine ait 4,8×2,8 cm boyutunda bir ince kesit elde edilmiştir ve elde edilen bu ince kesite ait görsel ise Şekil 3.2.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2.1 NWA 5508 karbonlu meteoritinin parlak kesiti üzerinden belirlenen alan.



Şekil 3.2.2 NWA 5508 karbonlu meteoritinin 4,8×2,8 cm boyutundaki ince kesiti.

Petrografik çalışma kapsamında NWA 5508 karbonlu meteoritinin ince kesiti, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği tarafından hazırlanmıştır. Analizler, alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop Leica DM750 P ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2.3).



Şekil 3.2.3 Leica DM750 P polarizan mikroskop.

3.3 Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM) ve Enerji Dispersif X-ışını Spektroskopisi (EDS)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), alan emisyonlu tabancadan ortaya çıkan elektronların, incelenecek malzeme yüzeyine gönderilmesi sonucu oluşan etkileşmelerden yararlanılması esasına dayanan bir yüzey analiz yöntemidir. Bir taramalı elektron mikroskobunda görüntü oluşumu temel olarak; elektron demetinin incelenen örneğin yüzeyi ile yaptığı fiziksel etkileşmelerin sonucunda ortaya çıkan sinyallerin toplanması ve incelenmesi prensibine dayanmaktadır. SEM cihazına entegre olan bir enerji dispersif X-ışını spektroskopisi (EDS) ile incelenen bölgenin elementel bir haritalaması yapılabilmekte olup, o bölgede gözlenen elementlerden yola çıkılarak ilgili mineral/(ler)in varlığı tespit edilebilmektedir. SEM/EDS tekniği ile analiz edilen malzemenin elementel bileşimini karakterize etmek için, elektron demeti tarafından bombardıman edilen numuneden yayılan X-ışınları kullanılmaktadır. Böylece, yaklaşık 1 μm kadar küçük yüzeyler ya da fazlar yarı-kantitatif olarak analiz edilebilmektedir. SEM analiz yöntemi, malzemenin yüzey yapılarını incelemek için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, SEM ile malzemenin nano ve mikro yapısının görüntüsü elde edilebilmektedir. SEM analiz yöntemindeki en önemli kriter, analizi yapılacak malzemenin iletken olmasıdır. İletken olmayan malzemeler iletkenliği artırmak için altın platinyum, karbon veya

paladyum ile kaplanmaktadır. SEM cihazına entegre bir EDS dedektörü ile nokta ve çizgi analizlerinin yanı sıra elementel haritalamanın da yapılması mümkündür. SEM/EDS analiz yöntemi ile numune içerisindeki element tanımının yapılması ve element dağılımlarının belirlenmesi ile element kompozisyon haritaları oluşturulabilir. EDS, element bolluğunu yüzde (%) olarak vermektedir.

SEM cihazında bulunan farklı dedektörler ile farklı yapılar görülebilmektedir. Secondary Electron (SE) yani ikincil elektronlar, numune yüzeyinden yansıyan ve/veya kopan elektronlardır ve bu elektronlar malzemenin yüzey yapısı hakkında morfolojik bilgi vermektedir. İkincil elektronlar, numune yüzeyinden 10 nm derinliğe kadar inebilmektedir. Numune üzerine gönderilen elektronlar, numunenin yüzeyinden geri saçılır. Geri saçılan bu elektronlar Backscattered Electron (BSE), bir diğer adıyla geri saçılan elektronlar olarak adlandırılır. BSE dedektörü ile farklı atom numarasına sahip olan elementlerin farklı enerji ile saçtığı elektronlar ölçülmektedir. Böylece, elde edilen görüntüde bir kontrast farkı oluşur. Örneğin, atom numarası yüksek olan bir element daha parlak (beyaz) görünürken, atom numarası düşük olan element daha koyu (gri ve/veya siyah) renkte görünmektedir. BSE dedektörü ile numune yüzeyinden 450 nm'ye kadar olan derinliğe inebilmektedir.

SEM/EDS tekniği ile meteoritlerin hem kimyasal hem de fiziksel olarak özellikleri belirlenebilir. Meteoritlerin içeriğindeki mineraller tanımlanabilir. Meteoritlerin kaynak gövdelerine ilişkin termal metamorfizma geçmişleri ve değişimleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bu özelliklerin belirlenmesiyle ortaya çıkan yapılar ve sonuçlar incelenerek meteoritler sınıflandırılabilir (Morlok et al., 2008; Dirri et al., 2018; Dall'Asén et al., 2019; Kayastha et al., 2019).

SEM/EDS analizleri, NWA 5508 karbonlu meteoritinin ince kesiti üzerinden Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (MATAL) ve NASA Johnson Uzay Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Analizler, Ege-MATAL kapsamında bulunan Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı (Şekil 3.3.1) ve NASA Johnson Uzay Merkezi Astromalzemeler Araştırma ve Keşif Bilimi Araştırma Laboratuvarı (ARES) bünyesinde bulunan JEOL 7600 FESEM cihazı (Şekil 3.3.2) ile yapılmıştır.



Thermo Scientific Apreo S SEM Cihazı Teknik Özellikleri

Dedektörler: ETD (SE) , T1 (In-Column BSE) - T2 (In-Column SE), geri çağrılabilen BSE, EBIC, STEM, LVD, EDS

Numune odası iç çapı: 340 mm

Vakum: Yüksek vakum - Düşük vakum

Elektron tabancası: Schottky FEG tabancası

Şekil 3.3.1 Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı (<https://egematal.ege.edu.tr/files/egematal/icerik/SEM.pdf>).



JEOL 7600 FESEM Cihazı Teknik Özellikleri

Elektron tabancası: Schottky FEG tabancası

Uzaysal çözünürlük: 2-3 nm

Dedektörler: SEI, BEI, SDD tipi X-ışını

Şekil 3.3.2 JEOL 7600 FESEM cihazı (<https://ares.jsc.nasa.gov/research/laboratories/scanning-electron-microscopes.html>).

3.4 Mikro-Raman Spektroskopisi

Sir Chandrasekhara Venkata Raman, 1928 yılında ışığın molekül ile etkileşime girdiğinde bazılarının dalga boylarında bir değişimin olduğunu gözlemlemiştir. Bu buluş, literatürde “Raman Saçılması” olarak adlandırılır. Raman spektroskopisi “saçılma” prensibine dayanmaktadır. Infrared spektrumlarında gözlenemeyen bazı titreşimsel modların Raman spektrumlarında gözlenmesi mümkündür. Bu açıdan ele alındığında iki tekniğin birbirlerini tamamlayıcı rol üstlendikleri görülmektedir. Bu yöntemde molekül ile etkileşen ışığın dalga boyuna göre saçılan farklı dalga boyları gelen ışığın dalga boyuna göre

kayma miktarı şeklinde ölçülür ve bu farklar ‘‘Raman kayması’’ olarak adlandırılır. Böylece numune içeriğindeki mineraller tanımlanabilmektedir.

Raman spektrometreleri ışık (lazer) kaynağı, numune aydınlatma sistemi ve spektrometre olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Konfokal Raman spektrometresi, konfokal mikroskop ve hassas Raman spektrometresinin kombine edilmesiyle oluşan bir sistemdir. Konfokal mikro-Raman spektroskopisi (KRS), mineralojik ve petrografik çalışmalarda optik mikroskop, kimyasal analiz ve diğer spektroskopik analizleri destekleyip tamamlamaya yardımcı olur. KRS ile minerallerin Raman spektrumları ve aynı zamanda hızlı bir şekilde Raman görüntüleri elde edilebilir, ayrıca Raman spektrum haritaları oluşturulabilir. KRS ile yapılan uygulamalar, nokta analizi, çizgi boyu analiz, haritalama ve şiddet analizi şeklinde sıralanabilir. Nokta analizinde numunenin tek bir noktasından Raman spektrumu elde edilmektedir. Genelde mineralojik tayinlerde nokta analizi uygulanmaktadır. Çizgi boyu analizinde, numune üzerinde bir hat boyunca belirli aralıklarla peş peşe Raman çekimleri yapılarak Raman spektrumları elde edilmektedir. Çizgi boyu analizi ile numune üzerindeki zonlanma ve bileşimsel farklılıklar incelenebilmektedir. Haritalama ve şiddet analizi ölçümlerinde ise numunenin bileşimsel değişimi ve geçiş aralıkları ortaya konulabilmektedir.

Raman spektroskopisi, meteoritler ve asteroitler gibi dünya dışı malzemelerin karakterizasyonu ve bu malzemelerin içeriğinde var olan minerallerin tanımlanmasında sıklıkla kullanılan bir analiz tekniğidir (Dall’Asén et al., 2019; Kayastha et al., 2019). Ek olarak, meteoritlerin geldiği düşünülen kaynak gövdeleri ve bu gövdelerin geçirdiği termal süreçler ile değişimleri anlamak için Raman spektroskopisi tekniği önemli bir rol oynamaktadır (Wang et al., 2001; Dirri et al., 2018).

Raman spektroskopisi çalışması kapsamında, malzeme olarak NWA 5508 karbonlu meteoritine ait, hem parlak kesit (Şekil 3.1.1) hem de ince kesit (Şekil 3.1.3) kullanılmıştır. Analizler sırasında Raman spektroskopik haritalama elde edilebilmektedir. Haritalama, incelenecek bölge/bölgelerin seçilmesi sonrasında, bu bölgedeki mikroskobik ölçekteki belirlenen adım aralıklarının tespiti ve buna göre spektrumların toplanması şeklinde yapılmıştır. Raman analizleri, İzmir Kâtip

Çelebi Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda bulunan Renishaw Raman spektrometresi (Şekil 3.4.1) ve NASA Johnson Uzay Merkezi ARES laboratuvarlarında bulunan Renishaw inVia mikro-Raman spektrometresi (Şekil 3.4.2) ile yapılmıştır.



Renishaw Raman Spektrometresi Cihazı Teknik Özellikleri

Objektifler: 5x, 20x, 50x ve 100x

Lazer Kaynakları: 532 nm ve 785 nm

Grating Değerleri: 600 l/mm, 1200 l/mm, 1800 l/mm, 2400 l/mm

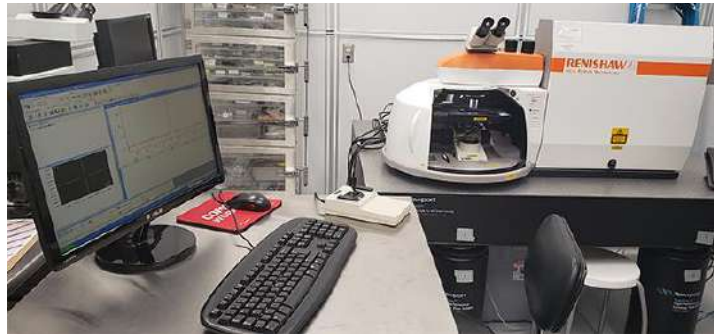
Sistemin Spektral Aralığı: 260-3300 cm^{-1}

Piksel Seçenekleri: 1024x256 / 1025x256 / 1024x127

Piksel Büyüklüğü: 26x26 μm

Raman Kütüphanesi: RRUFF Kayaç Kütüphanesi

Şekil 3.4.1 Renishaw Raman Spektrometresi cihazı ve cihazın teknik özellikleri (<https://merkeziarastirmalab.ikcu.edu.tr/S/15567/raman-spektrometresi-cihazı-teknik-ozellikleri>).



Renishaw inVia mikro-Raman Cihazı

Lazer Kaynakları: 514 nm, 632,8 nm, 784,8 nm

Şekil 3.4.2 Renishaw inVia mikro-Raman cihazı (<https://ares.jsc.nasa.gov/research/laboratories/raman-microprobe.html>).

3.5 Kırmızıaltı (Infrared) Spektroskopisi

Infrared spektroskopisi (IRS) yöntemi, titreşimsel spektroskopik bir yöntem olup, incelenen molekül üzerine gönderilen IR ışınının soğurulması sonucunda moleküler titreşimleri ortaya çıkarmaktadır. Moleküle ve/veya minerale özgü karakteristik bir titreşim modunun IR spektrumunda gözlenebilmesi için, molekülün, en yüksek katlı simetriye sahip moleküler eksen boyunca değişen net bir dipol momenti olması gereklidir. Fourier Dönüşümlü Kırmızıaltı Spektrometresi (FTIR) cihazı, katı, sıvı ve toz halindeki çeşitli malzemelerin yapılarının ortaya çıkarılmasında kullanılabilmektedir. FTIR spektrometresi moleküllerdeki bağların titreşim frekanslarını ölçerek ilgili fonksiyonel grupların tanınmasını sağlamaktadır. Numune içeriğindeki bileşiklerin tanımlanmasına yardımcı olan grup frekans bölgesi $4000-1550\text{ cm}^{-1}$ arasında yer almaktadır. Bu bölgeye karşılık gelen pikler gözlemlenerek fonksiyonel gruplar belirlenebilir. Parmak izi bölgesi ise $1550-650\text{ cm}^{-1}$ arasında yer almaktadır. Bir molekülün yapısındaki küçük farklılıklar parmak izi bölgesinde önemli değişikliklere neden olur. Bu değişikliklerden yola çıkılarak, bilinmeyen bir numunenin spektrumları ile standart spektrumlar karşılaştırılarak parmak izi bölgesi aynı olanlar belirlenir. Böylece, bilinmeyen madde bu yöntemle tanımlanabilir. Ayrıca, Christiansen, saydamlık ve Reststrahlen bant özellikleri de mineralleri tanımlamak için kullanılan önemli özelliklerdir.

Fourier-Transform Kırmızıaltı (FTIR) Spektroskopisi, kırmızıaltı ışınım ile etkileşimlerine dayalı olarak maddelerin kimyasal bileşimini tanımlamak ve karakterize etmek için kullanılan bir analitik tekniktir. FTIR spektroskopisi, farklı kimyasal bileşiklerin belirli frekanslarda kırmızıaltı ışınımı soğurarak moleküler titreşimlerin uyarılmasına dayanır. Bu titreşimler molekülde bulunan kimyasal bağların karakteristiğidir. Fourier spektroskopisi adını, J.B.J. Fourier'in matematiksel tekniğinden almıştır. FTIR spektrometresi, ilk önce interferometre tarafından interferogram adı verilen bir sinyal üretir. İnterferometre, gelen IR ışını alan ve onu iki optik ışına bölen bir ışın ayırıcı kullanır. Bu ayırıcı 'ışın bölücü' olarak adlandırılır. Birinci ışın, yerine sabitlenmiş düz bir aynadan yansır. Diğer ışın ise bu aynanın ışın ayırıcıdan çok kısa bir mesafe (tipik olarak birkaç milimetre) uzağa hareket etmesini sağlayan bir mekanizmaya sahip olan düz ve hareketli bir

aynadan yansır. Birinci ışının kat ettiği yol sabit uzunluktadır. Bu nedenle, diğer ışının aynası hareket edip sürekli değiştiği için interferometreden çıkan sinyal bu iki ışının birbirine olan girişimin bir sonucudur. Ortaya çıkan bu sinyale ise “interferogram” denir. Üretilen interferogram, interferometrenin iki ışınının yol farkının bir fonksiyonu olarak kırmızıaltı detektör tarafından sinyalin (yoğunluğun) bir kaydını verir. Daha sonra spektrum, interferogramın Fourier dönüşümü gerçekleştirilerek elde edilir. Burada x yol farkının bir fonksiyonu olan yoğunluk, sadece v frekansındadır.

$$S(v) = \int_{-\infty}^{+\infty} I(x) e^{+i2\pi vx} dx = F^{-1}[I(x)] \quad (1)$$

ve

$$I(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(v) e^{-i2\pi vx} dv = F[S(v)] \quad (2)$$

bağlı olan S spektrumunu verecek şekilde bir bütün olarak dönüşüme tabi tutulur. Böylece, denklem (1) ile verilen integral, x yol farkının bir fonksiyonu olan interferogram şiddeti (I), frekansın (v) bir fonksiyonu olan spektrum S(v)’ye (dalga sayısına) dönüştürür. Bu matematiksel hesaplama bir bilgisayarda gerçekleştirilir. IR bölgesi, uzak IR (FIR, 400-10 cm⁻¹), orta IR (MIR, 4000-400 cm⁻¹) ve yakın IR (NIR, 14000-4000 cm⁻¹) olmak üzere üç bölgeye ayrılır. IR fotonları, atom gruplarının onları birbirine bağlayan bağlara göre titreşmesine neden olacak yeterli enerjiye sahiptir. Elektronik geçişler gibi titreşim geçişleri de farklı enerjilere karşılık gelir ve moleküller IR ışıınımını yalnızca belirli dalga boylarında ve frekanslarda soğurur. Kimyasal bağlar karakteristik frekanslarda titreşir ve IR ışıınımına maruz kaldıklarında, titreşim modlarıyla eşleşen frekanslardaki ışıınımı soğururlar. Işıınımın soğurma frekansının ölçülmesi, fonksiyonel grupları ve bileşikleri tanımlamak için kullanılabilecek bir spektrum üretir. Bir molekülün kovalent bağları, belirli dalga boylarındaki ışıınımı soğurur ve bu da bağdaki titreşim enerjisini değiştirir. Kırmızıaltı ışıınımın neden olduğu titreşimin türü (gerilme veya bükülme) bağdaki atomlara bağlıdır. Örneğin, farklı bağlar ve fonksiyonel gruplar farklı frekansları soğurduğundan, farklı moleküller için yansıma modeli farklıdır. Spektrum, x ekseninde dalga sayısı (cm⁻¹) ve y ekseninde yansıma olacak şekilde bir grafik üzerine kaydedilir. Dalga sayısı 1/dalga boyudur

ve moleküler bağların titreşim enerjisine karşılık gelir (Perkins, 1986; Smith, 2011; Thomas et al., 2017; Jaggi and Vij, 2021).

Yansıma spektroskopisi, katı (bulk) numunelerin soğurma spektrumlarını ölçen bir tekniktir. Yansıma spektroskopisi ile bir numunenin soğurma özellikleri yansıyan ışıktan çıkarılabilir. Yansıma teknikleri, içten ve dıştan yansıma olmak üzere ikiye ayrılır. İçten yansıma yönteminde, numune ile kırılma indisi daha yüksek olan bir ortam arasındaki elektromanyetik ışınımının etkileşimi incelenir. Dıştan yansıma teknikleri ise numune yüzeyinden yansıyan ışınımın ortaya çıkar. Dıştan yansıma “düzenli yansıma” ve “dağınık yansıma” olmak üzere iki farklı yansıma türünü kapsar. Düzenli yansıma, genellikle ayna gibi pürüzsüz, parlatılmış yüzeylerden yansımayla ilişkilidir. Dağınık yansıma ise pürüzlü yüzeylerden yansımayla ilişkilidir. Yansıma spektrumları, türev benzeri bantlar olarak görünürler. Bu spektrumlar, çoğu spektrometre yazılım paketinde bulunan Kramers-Kronig dönüşümü (K-K dönüşümü) kullanılarak absorpsiyon (soğurma) spektrumuna dönüştürülebilir. Soğurma-yansıma ölçümünde, ışınımın bir kısmı yansıtılır. Işınımın diğer kısmı ise numune yüzeyine nüfuz eder ve yansıtıcı yüzey tarafından yansıtılır. Böylece ışık, numune yüzeyinden yansıtıcı yüzeye iki kez geçer ve bu da yansıma spektrumunun yoğunluğunun artmasına yol açar. (Khoshhesab, 2012). IR spektroskopi tekniği, meteorit örneklerinin içeriği ve karakteri hakkında daha fazla bilgi edinebilmek için de kullanılmaktadır. Ek olarak, meteoritlerin içeriğinin belirlenmesiyle, meteorit ve meteoritin geldiği düşünülen olası kaynak gövdeleri arasında bir ilişki kurulmasına da olanak sağlar. Meteoritlerin olası kaynak gövdelerinin termal geçmişleri ve değişimleri hakkında daha fazla bilgi edinilmesine de katkı sağladığı bilinmektedir (Kereszturi et al., 2015). IR spektroskopisi ile incelenen meteoritlere, bu tez çalışmasında da incelenen ve CAI kapanımı açısından zengin olan CV3 meteoritlerinden bazı örnekler verilebilir (Morlok et al., 2008, Cloutis et al., 2012, Dirri et al., 2017, Dirri et al., 2018; Skulteti et al., 2020a).

Yansıma (IR) spektroskopisi çalışma kapsamında, NWA 5508 meteoritine ait hem ince kesit ve hem de parlak kesit kullanılmıştır. IR analizleri, NASA Johnson Uzay Merkezi bünyesinde bulunan Hyperion 3000 mikroskobu ile donatılmış bir Bruker Vertex 70 FTIR cihazı (Şekil 3.5.1) ile gerçekleştirilmiştir.

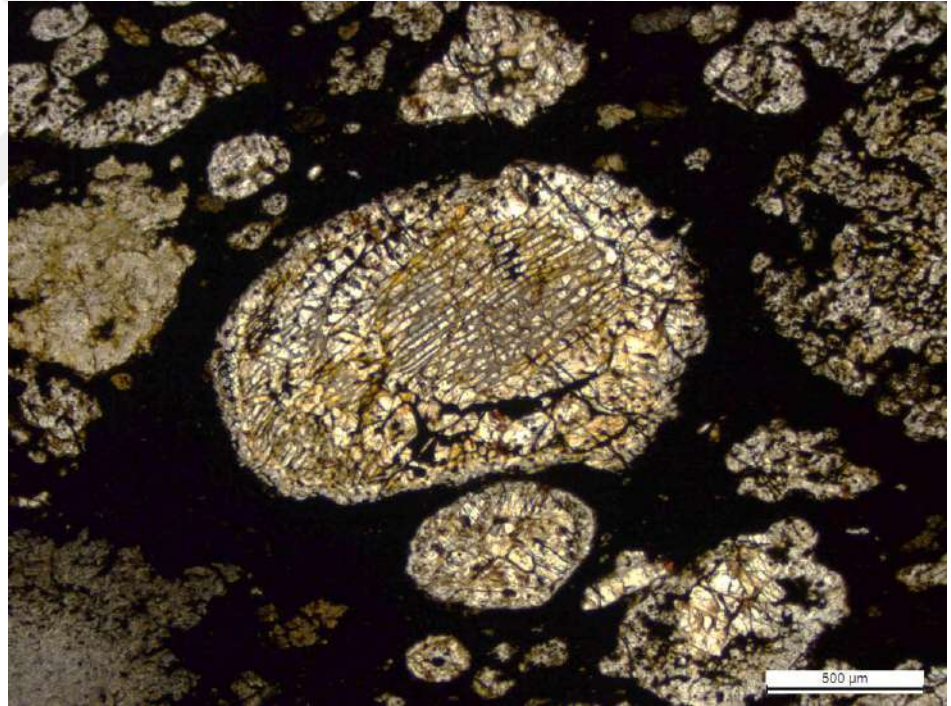
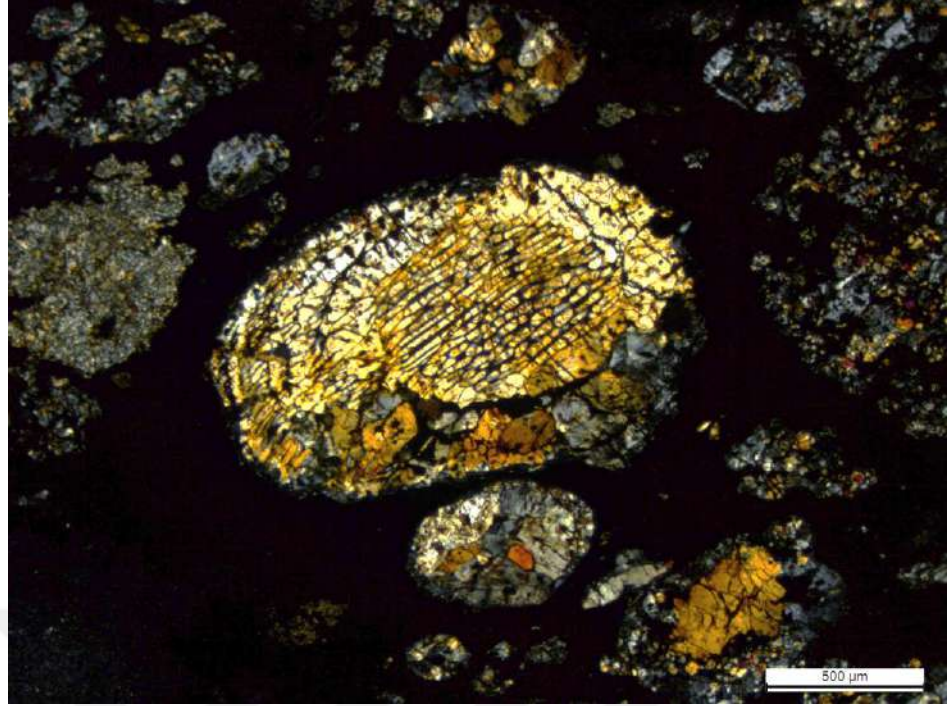


Şekil 3.5.1 Hyperion 3000 mikroskobu (sol) ile Bruker Vertex 70 FTIR cihazı (sağ).

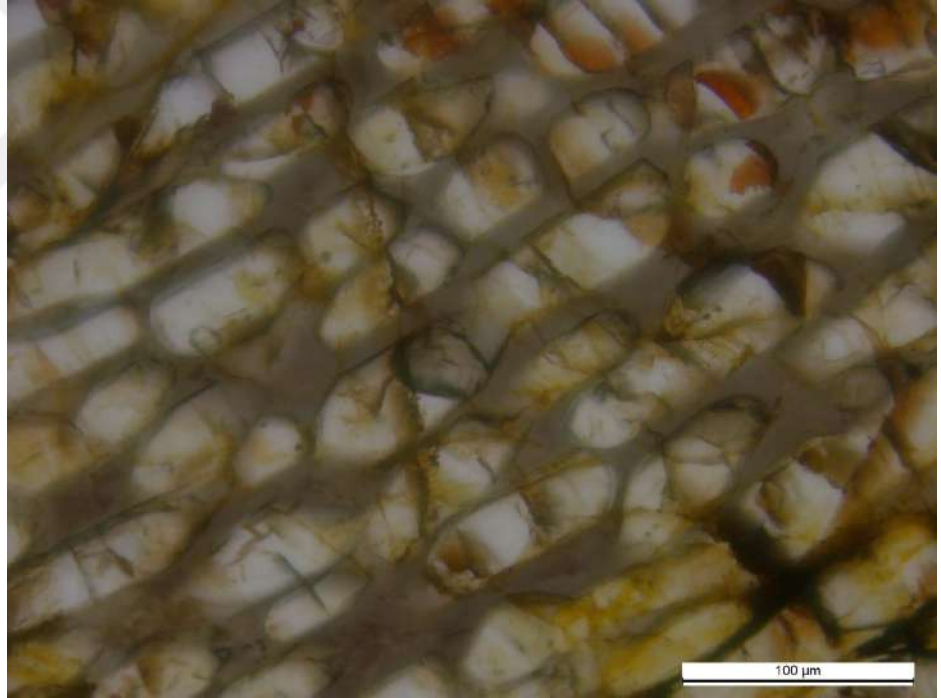
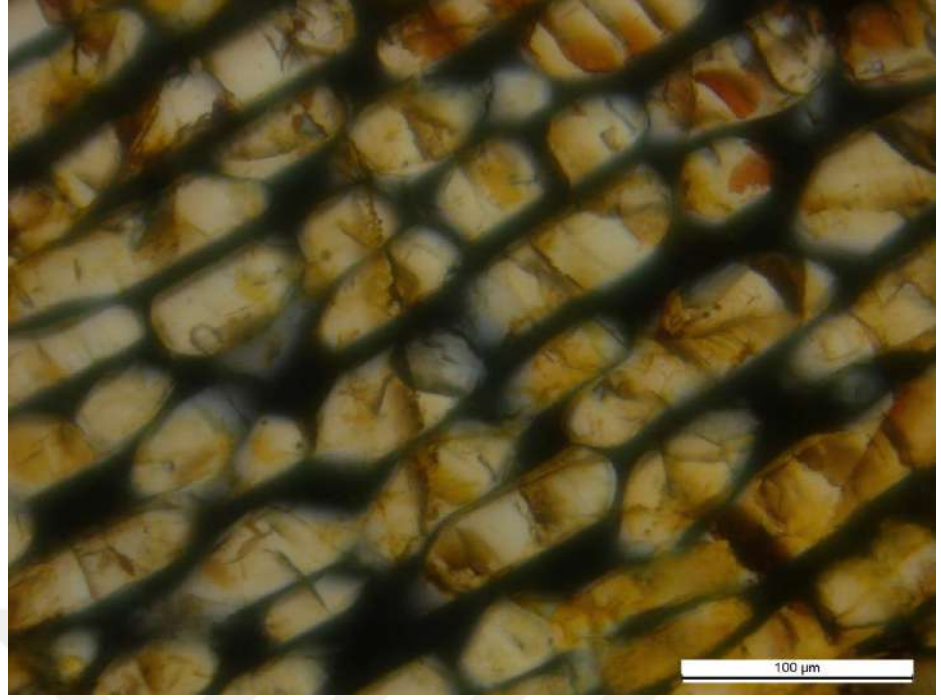
4. BULGULAR

4.1 Optik Mikroskopi (Petrografi) Sonuçları

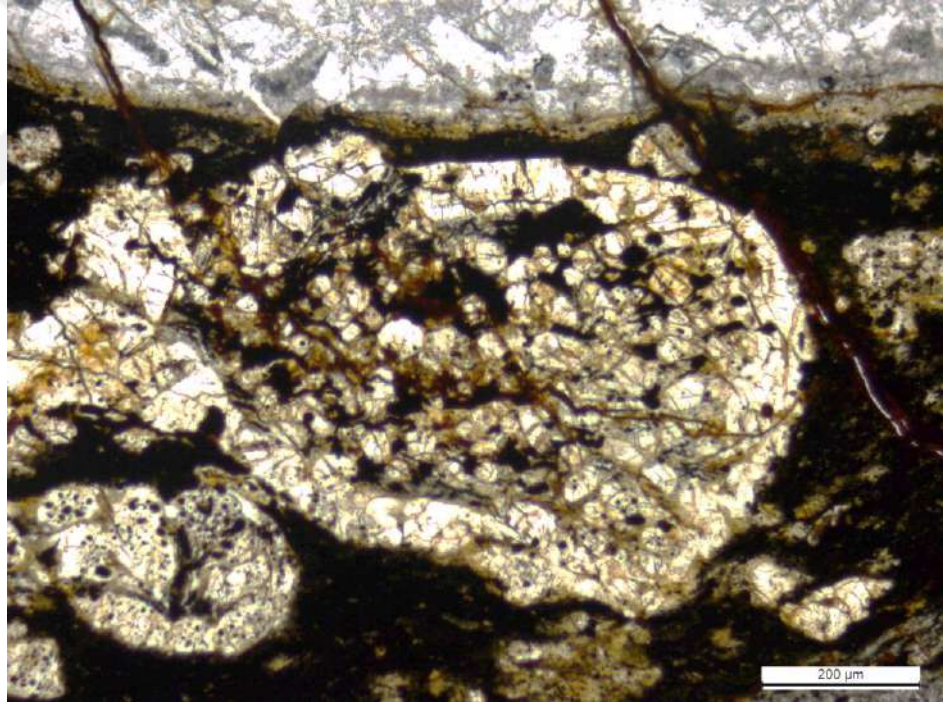
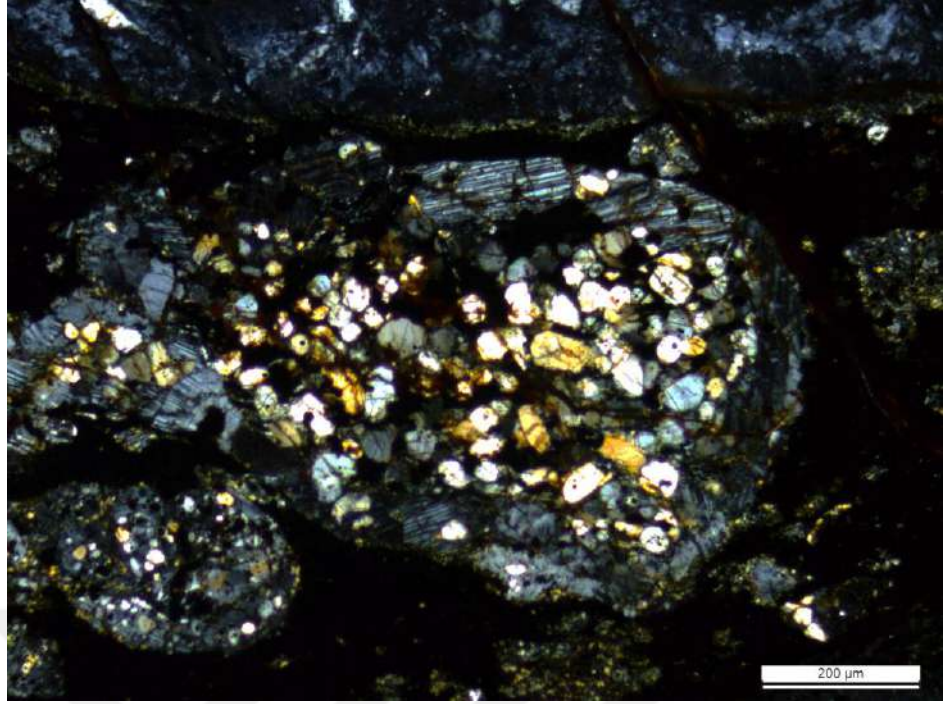
NWA 5508 karbonlu meteoritinin ince kesiti üzerinden, meteoritin kaç farklı kondrül yapısına sahip olduğuna dair bilgi edinmek amacı ile mikroskobik analizler gerçekleştirilmiştir. Görüntüler, alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop Leica DM750 P ile elde edilmiştir. NWA 5508 karbonlu meteoritinin içerdiği farklı kondrül yapılarına ait mikroskobik görüntüler, 1,5x, 2,5x, 4x, 10x ve 63x objektif (büyütme) kullanılarak çapraz nikol (çapraz polarize ışık, XPL - üst) ve paralel ışık (düzlem polarize ışık, PPL - alt) olarak elde edilmiştir. XPL ve PPL olarak elde edilen optik görüntüler sırasıyla, Şekil 4.1.1 ile 4.1.33 arasında aşağıda verilmiştir.



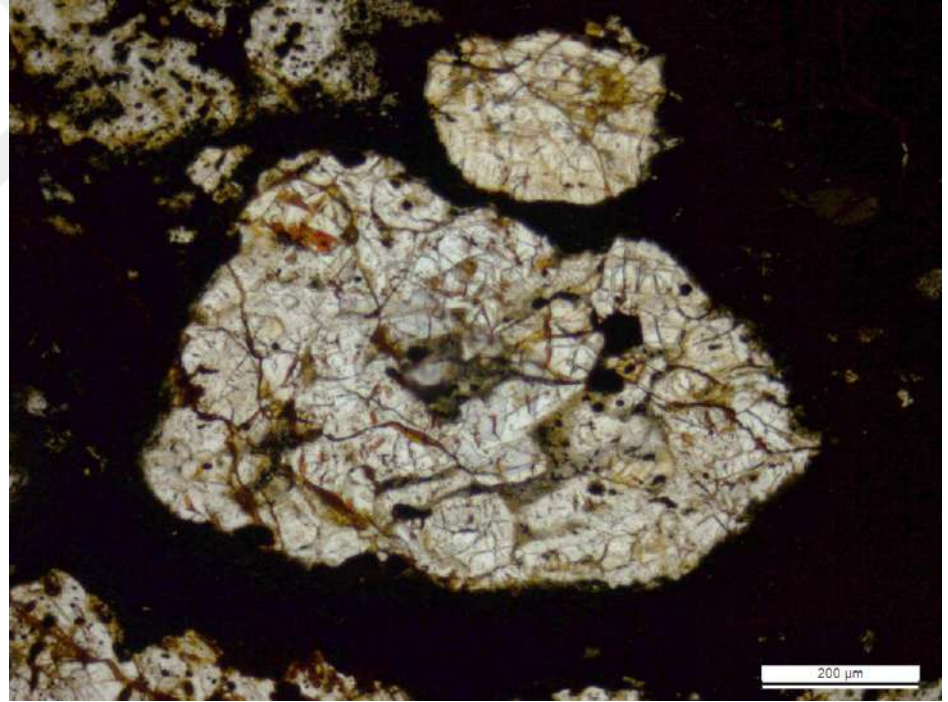
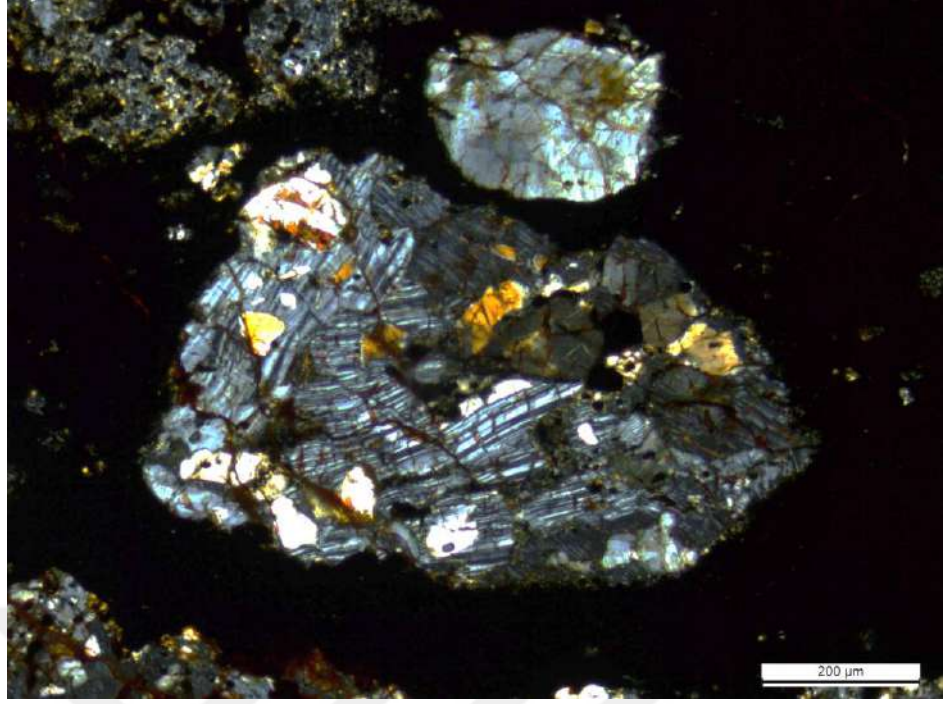
Şekil 4.1.1 Araları cam fazlı çizgili olivin.



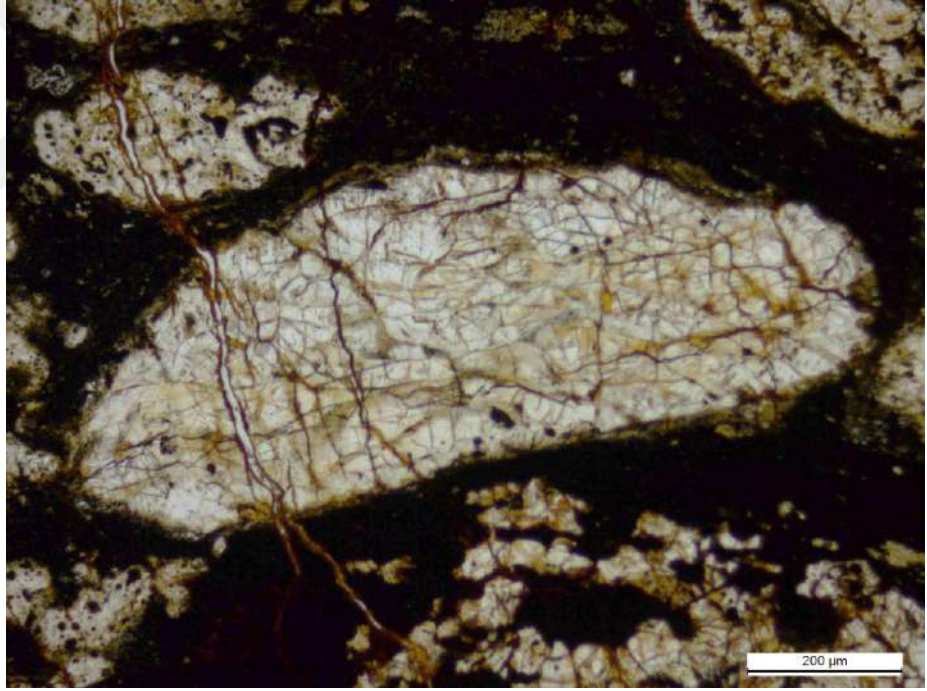
Şekil 4.1.2 Araları cam fazlı çizgili olivinin yakınlaştırılmış hali.



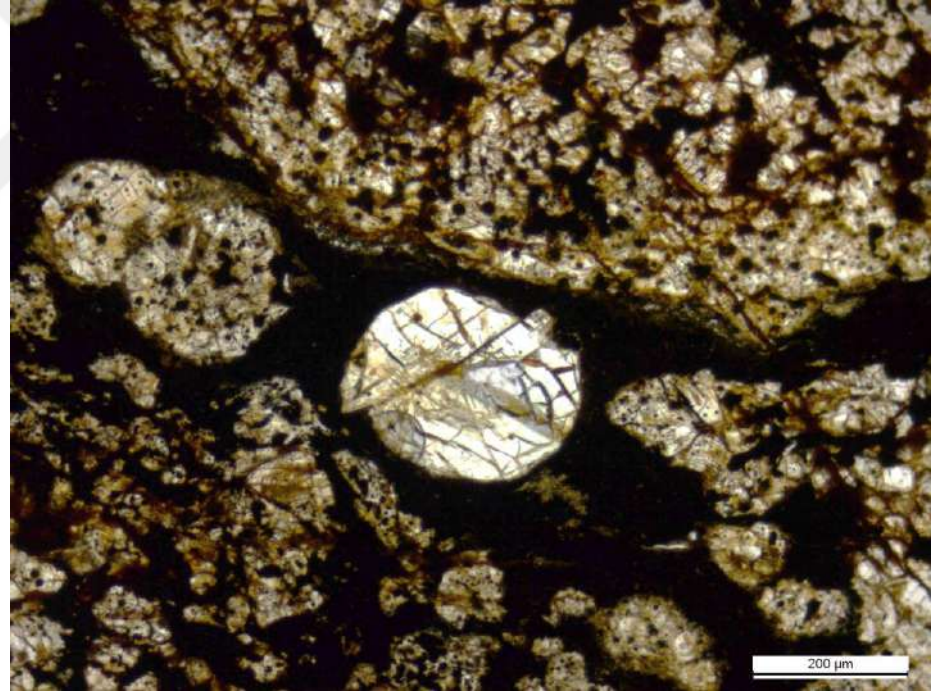
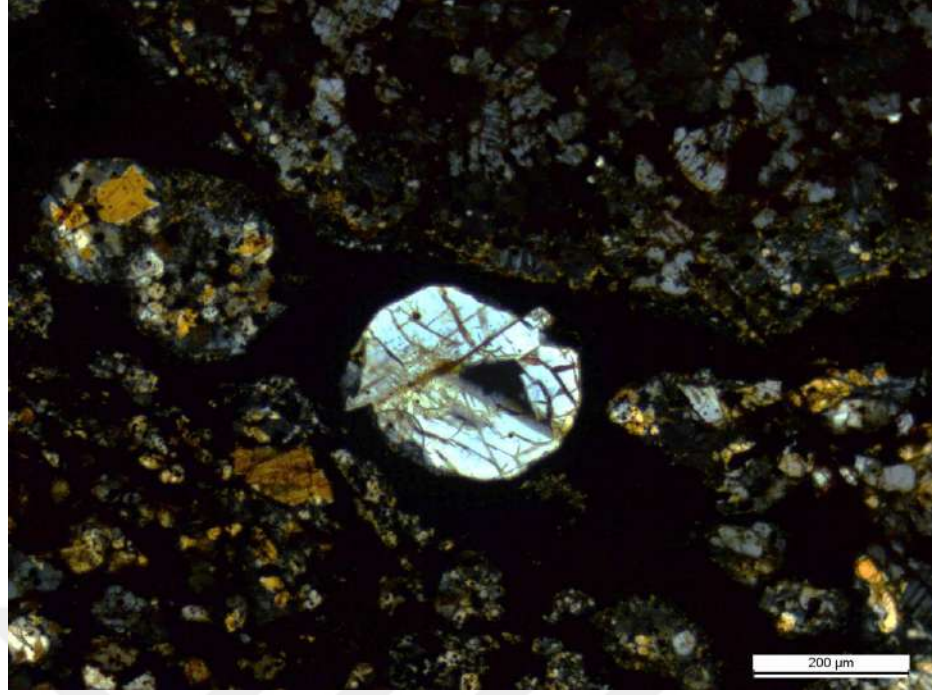
Şekil 4.1.3 Olivin kristallerinin etrafını çevreleyen klinoenstatit halkası.



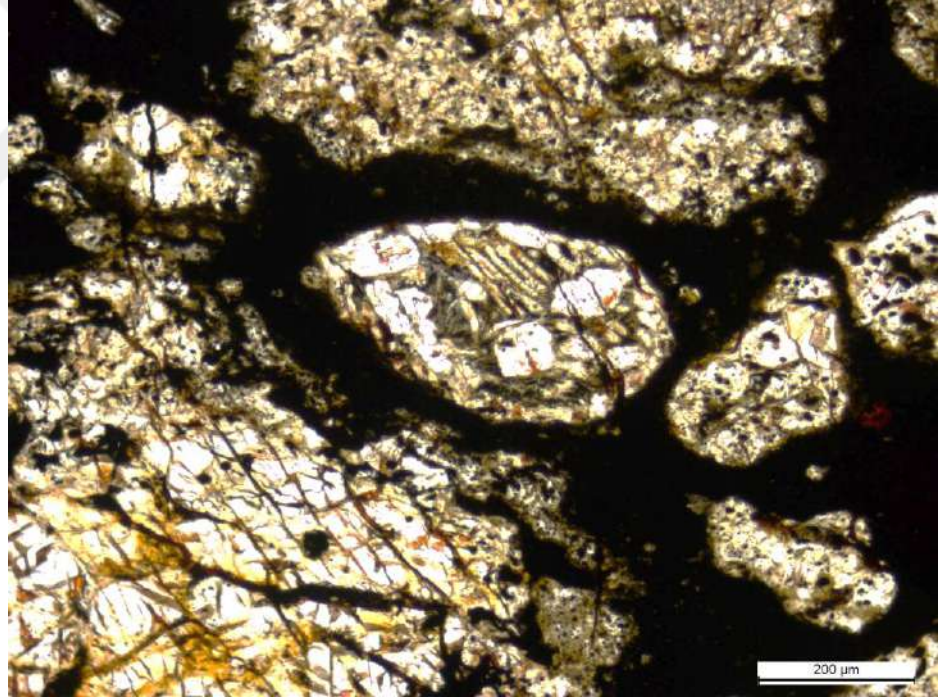
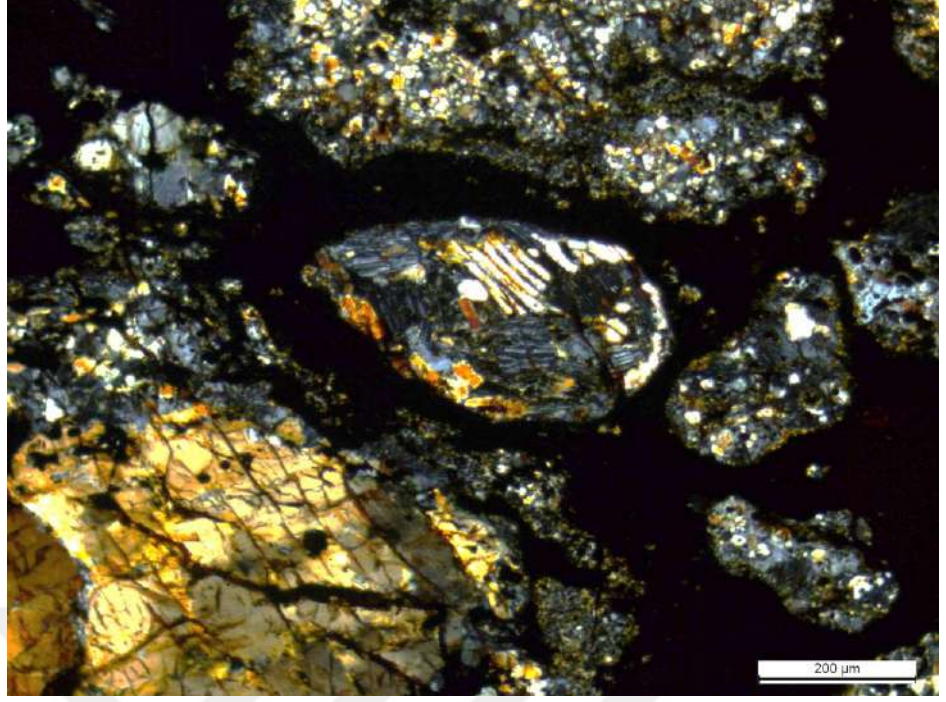
Şekil 4.1.4 Klinoenstatit ve olivin.



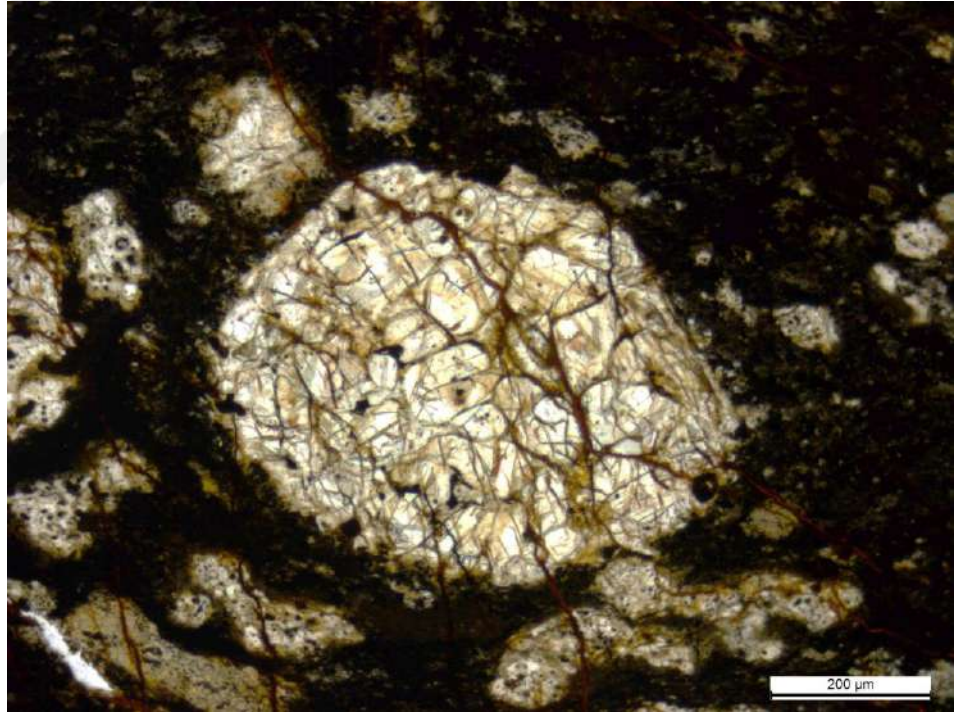
Şekil 4.1.5 Tek parça halinde olivin ve klinoenstatit.



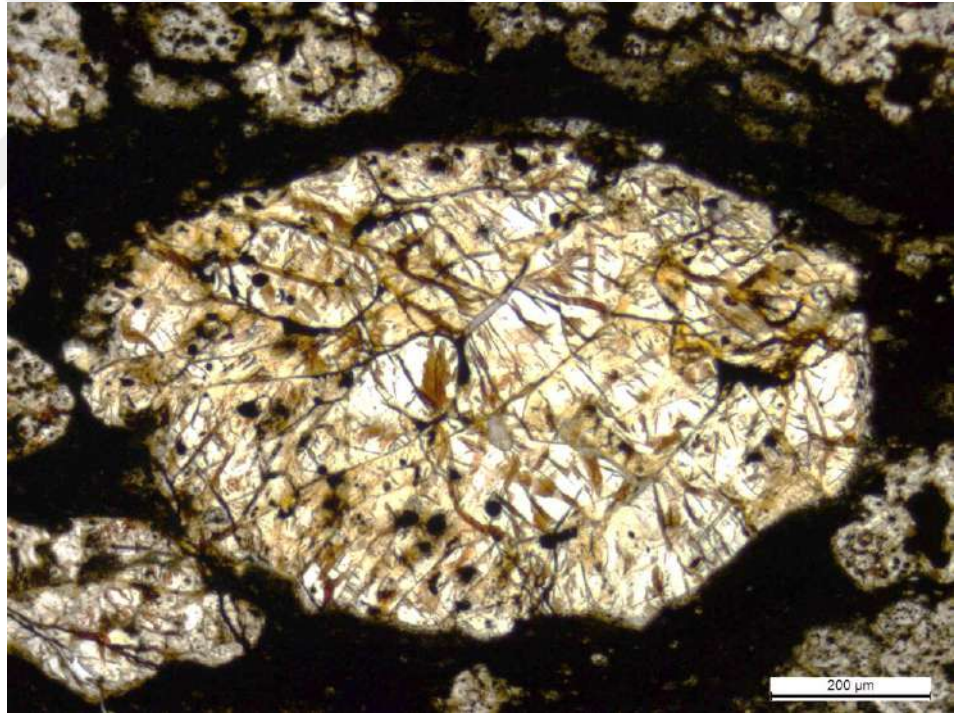
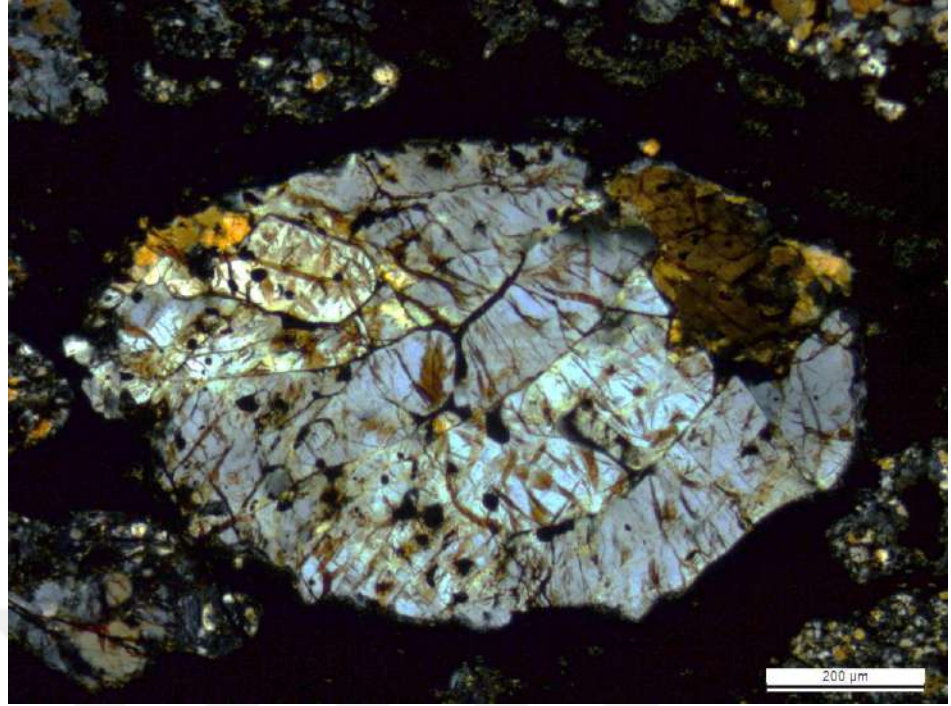
Şekil 4.1.6 Özşekli tek piroksen kristali.



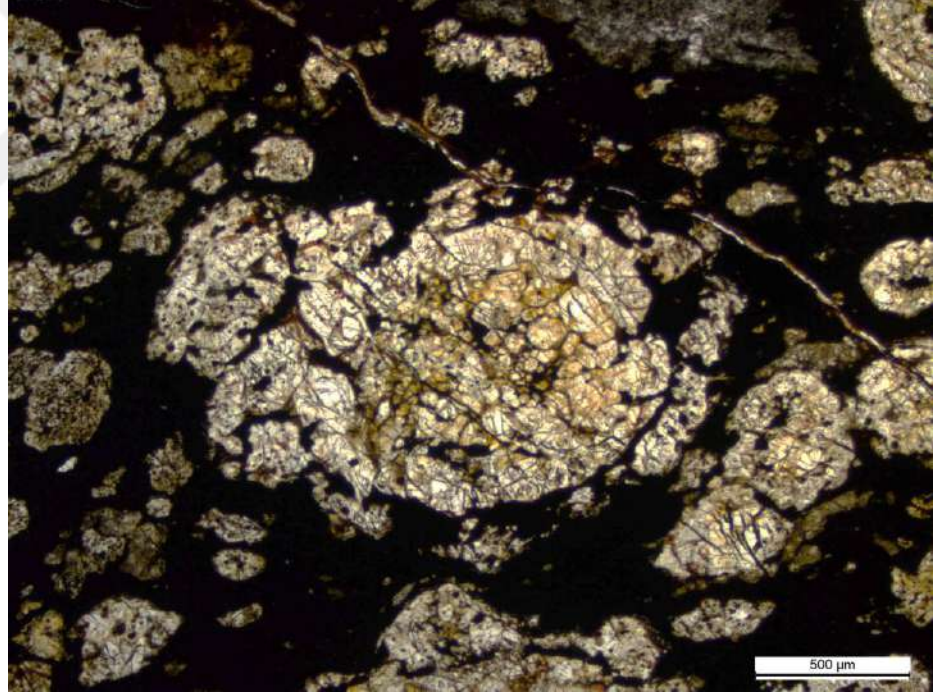
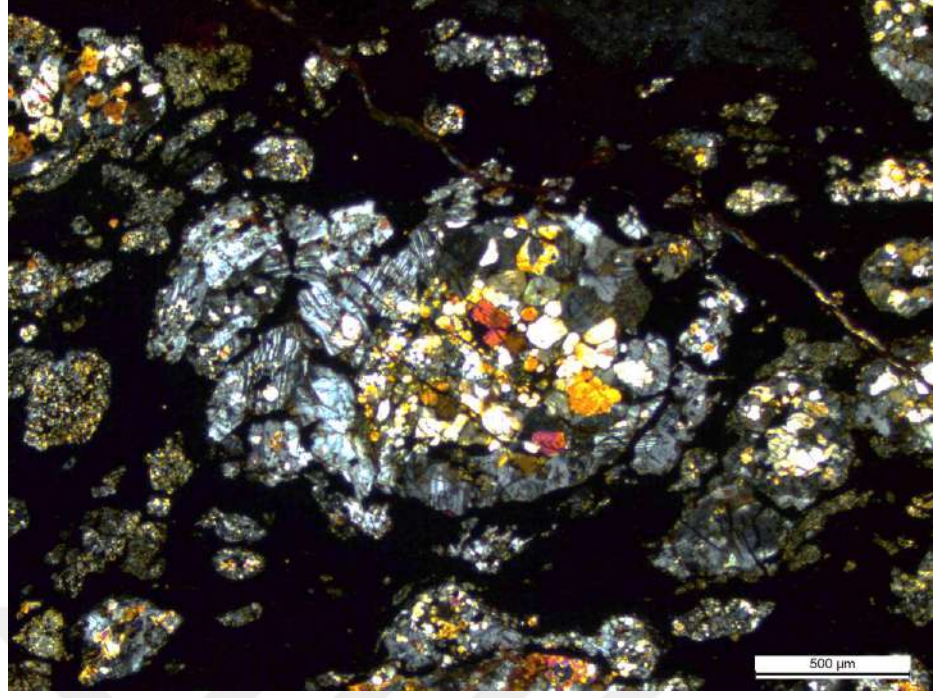
Şekil 4.1.7 Klinoenstatit ve olivin.



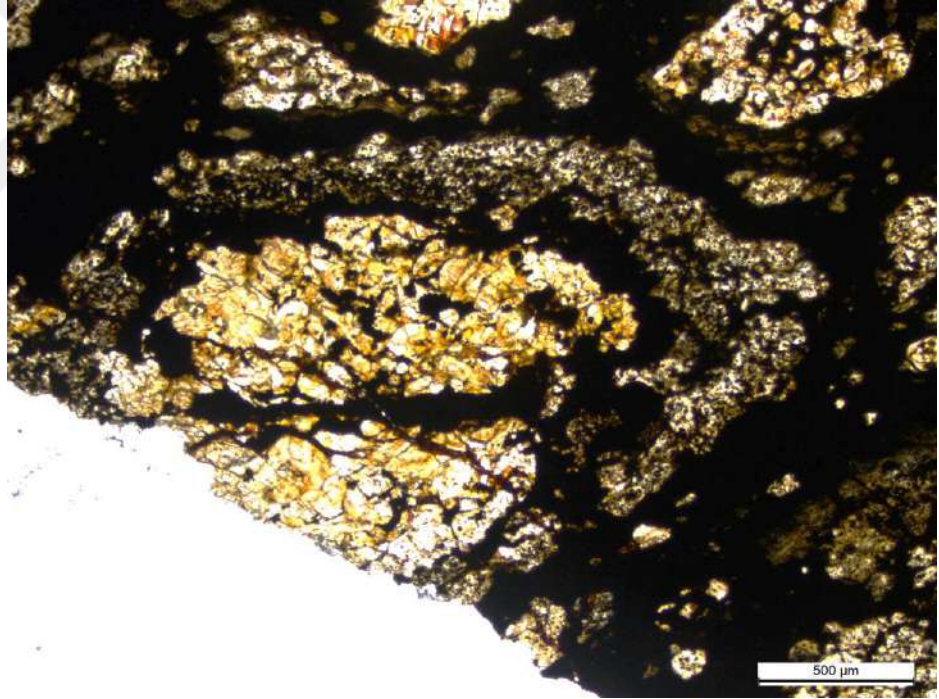
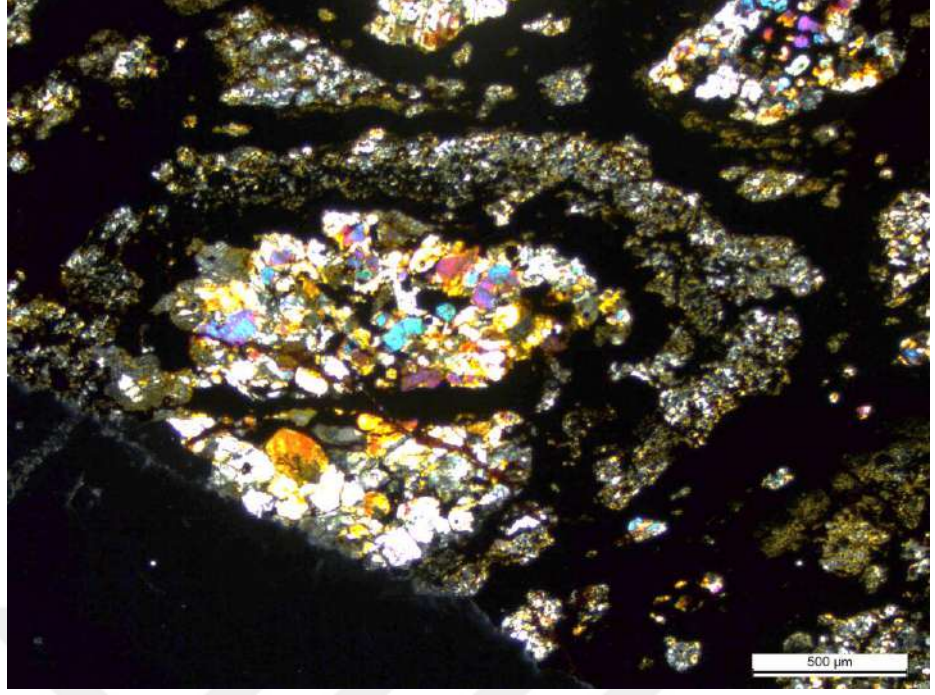
Şekil 4.1.8 Özşekilsiz olivin kristallerinden oluşan topluluk (Dünit).



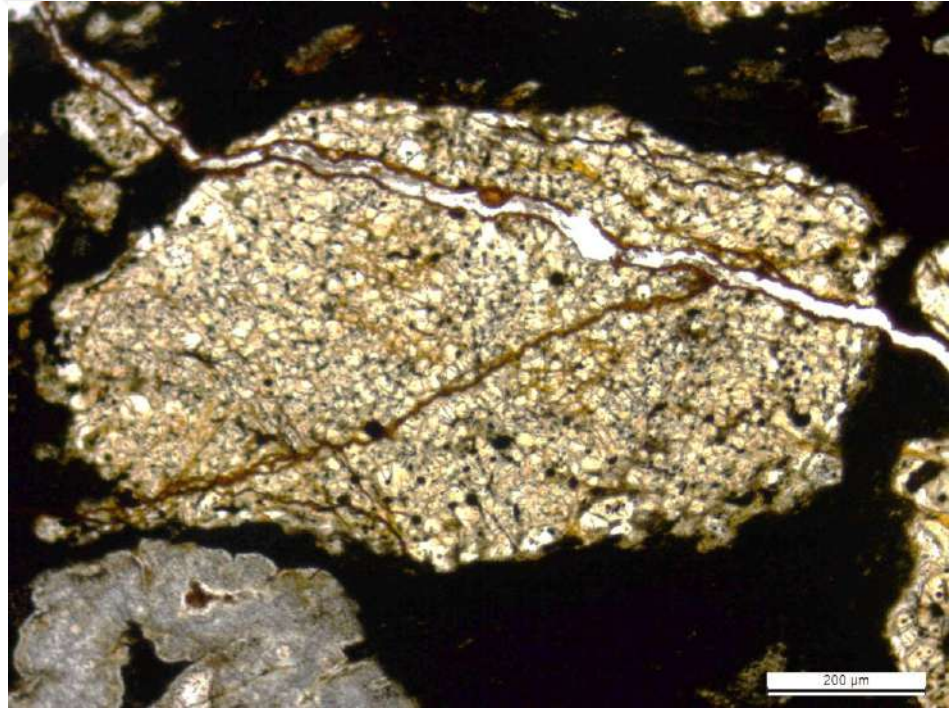
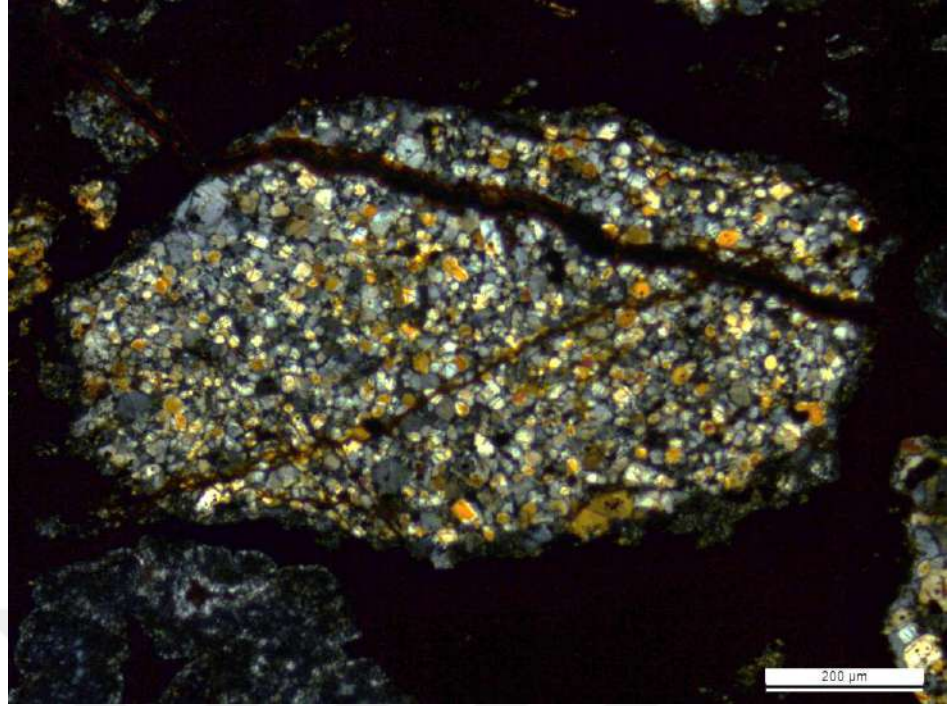
Şekil 4.1.9 Yönlendirilmiş olivin kristallerinden oluşan dünit.



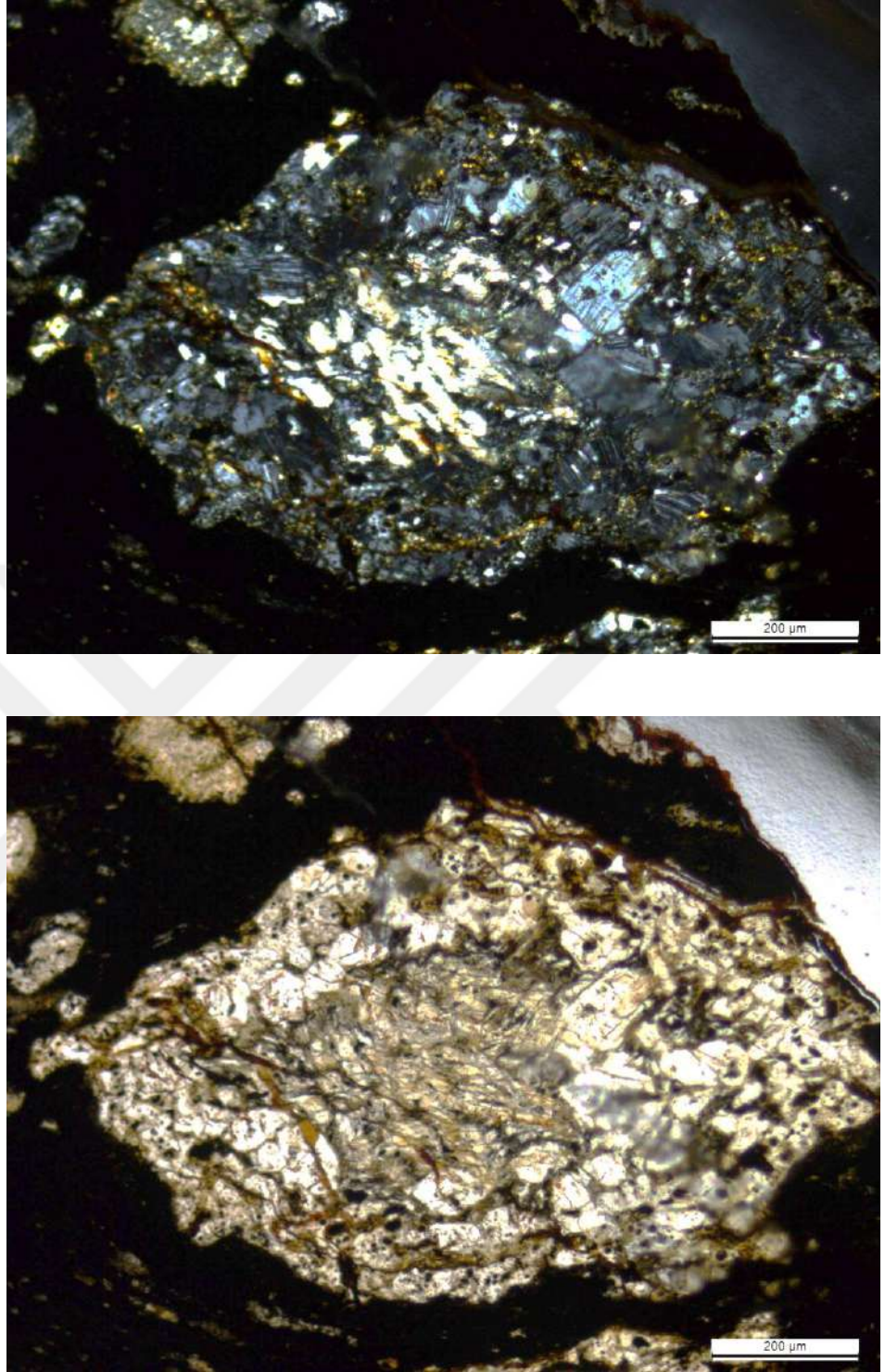
Şekil 4.1.10 Klinoenstatit ve olivin.



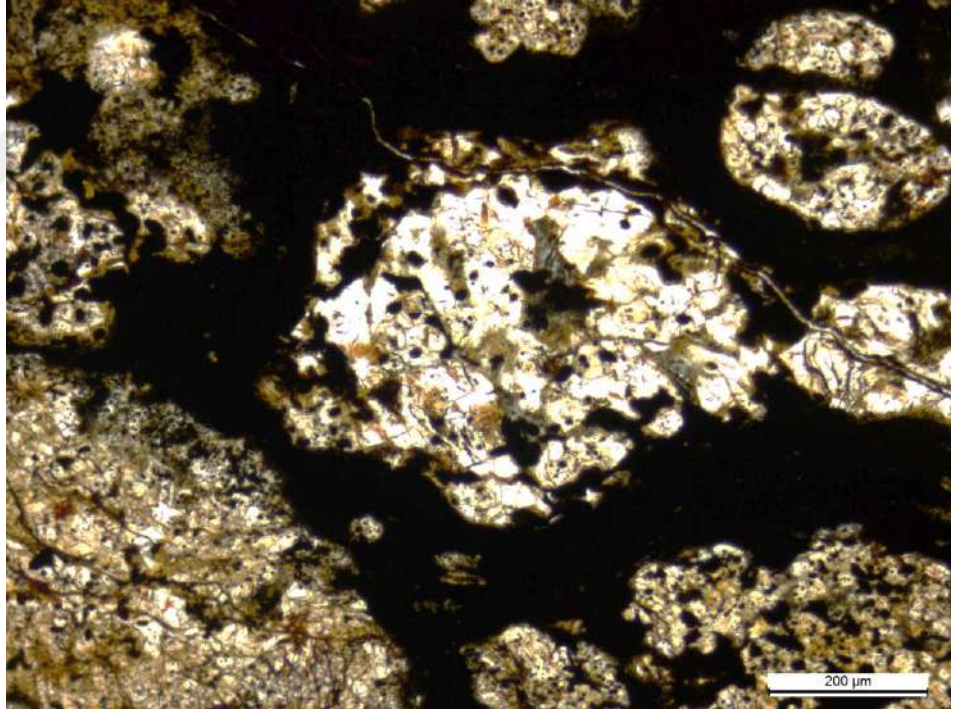
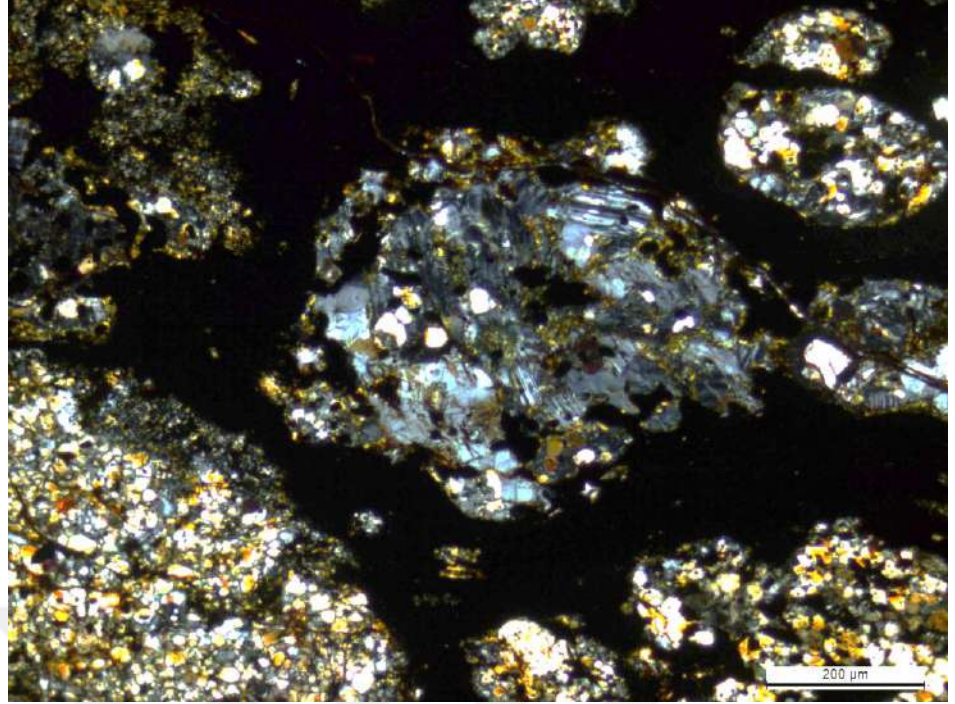
Şekil 4.1.11 Olivin minerali.



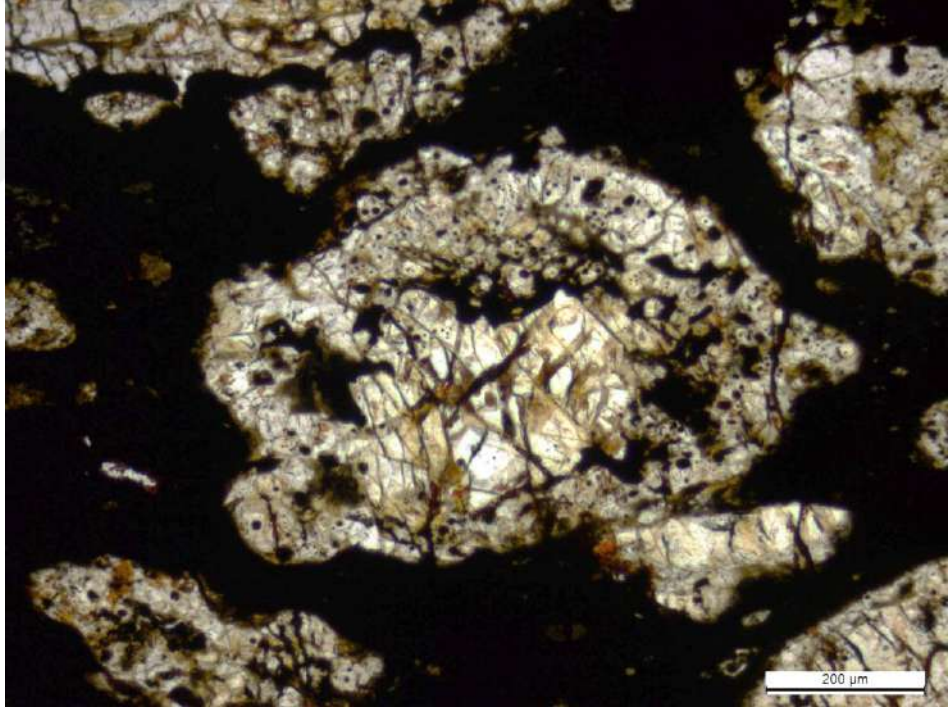
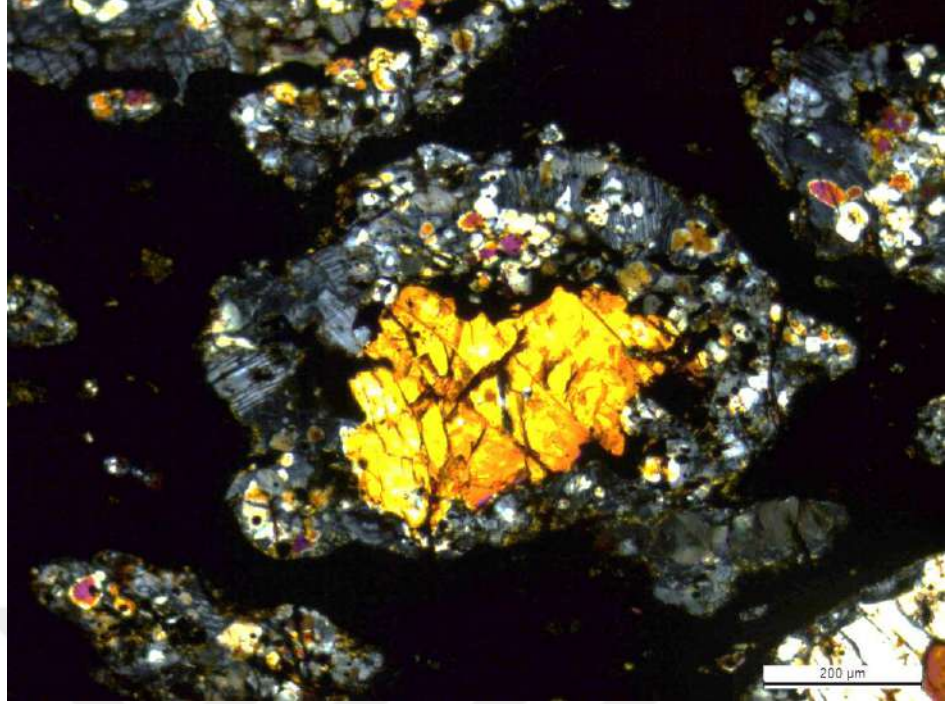
Şekil 4.1.12 İnce ve eş taneli olivinlerden oluşan dünit.



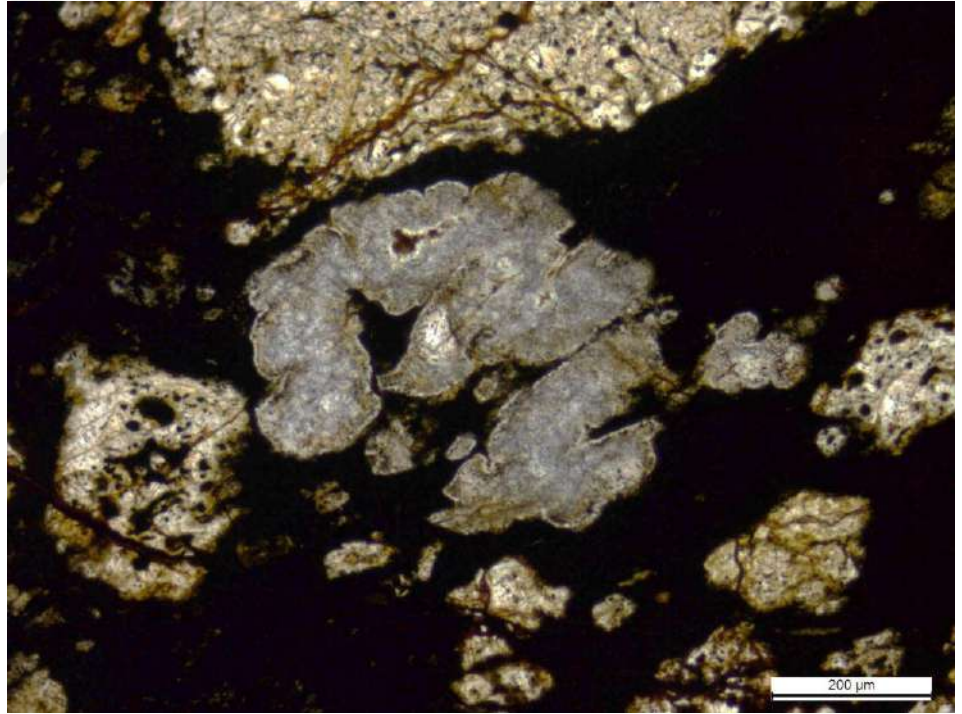
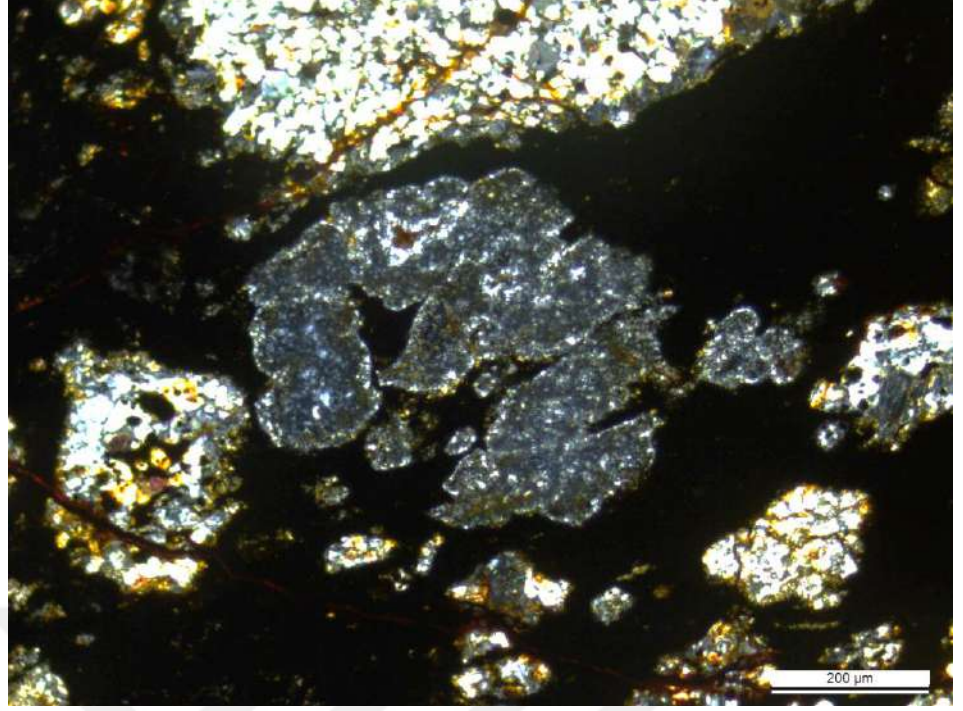
Şekil 4.1.13 Klnoenstatit ve sulu/hidroksil (OH içeren) faz (orta).



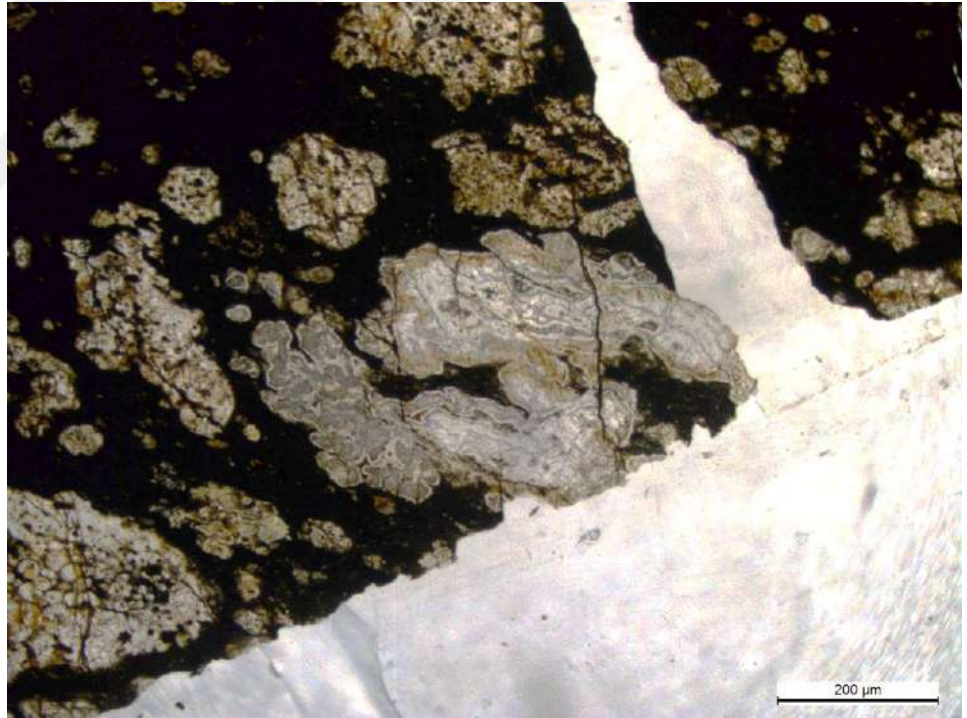
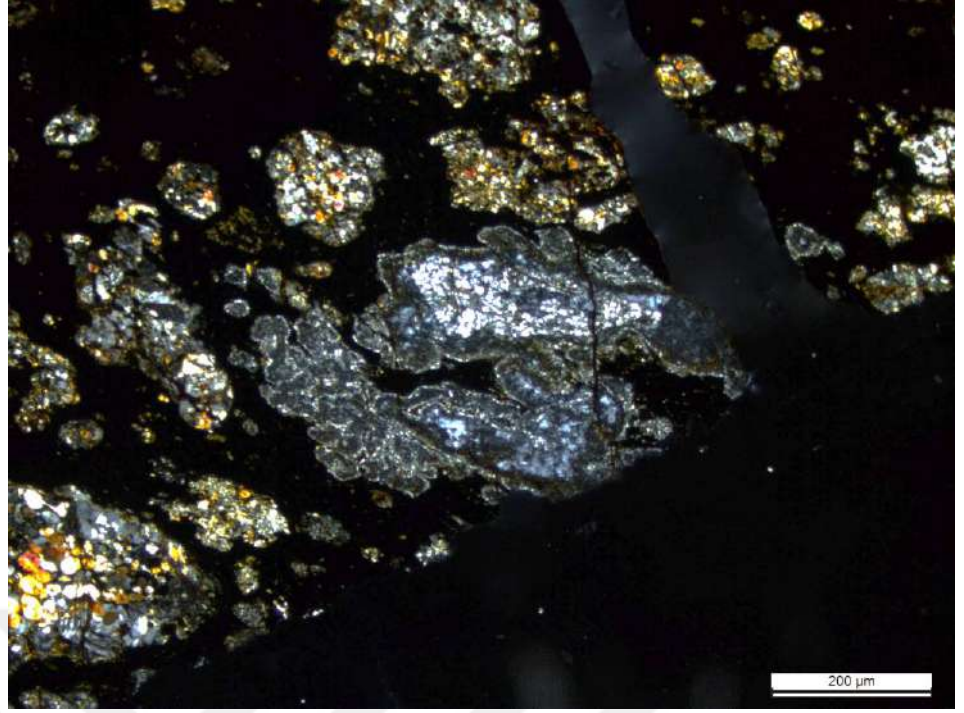
Şekil 4.1.14 Klnoenstatit (klinopiroksenit).



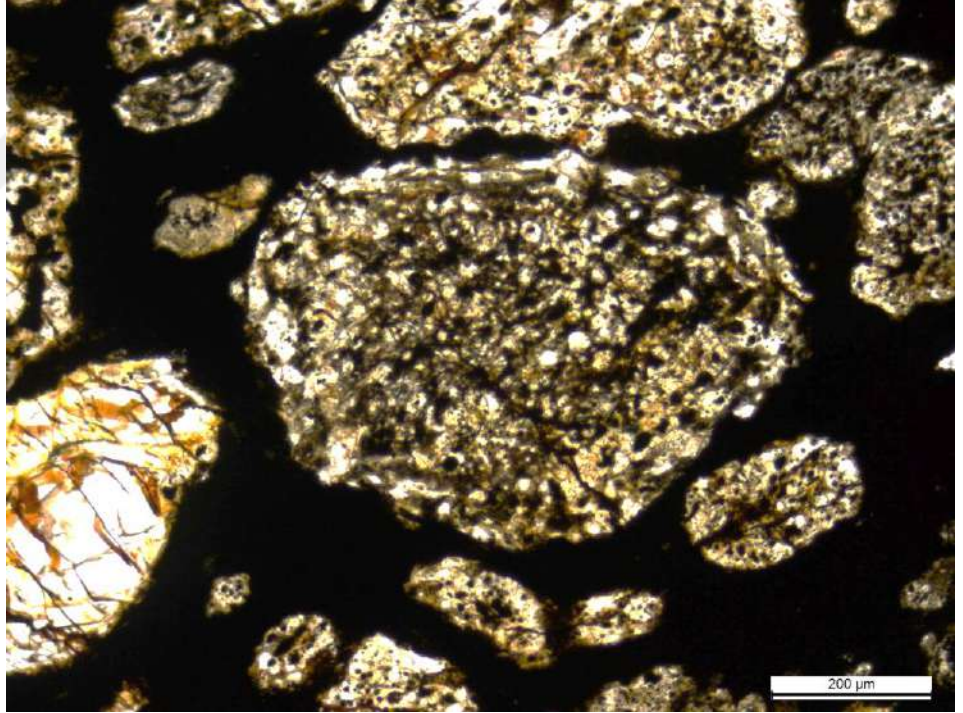
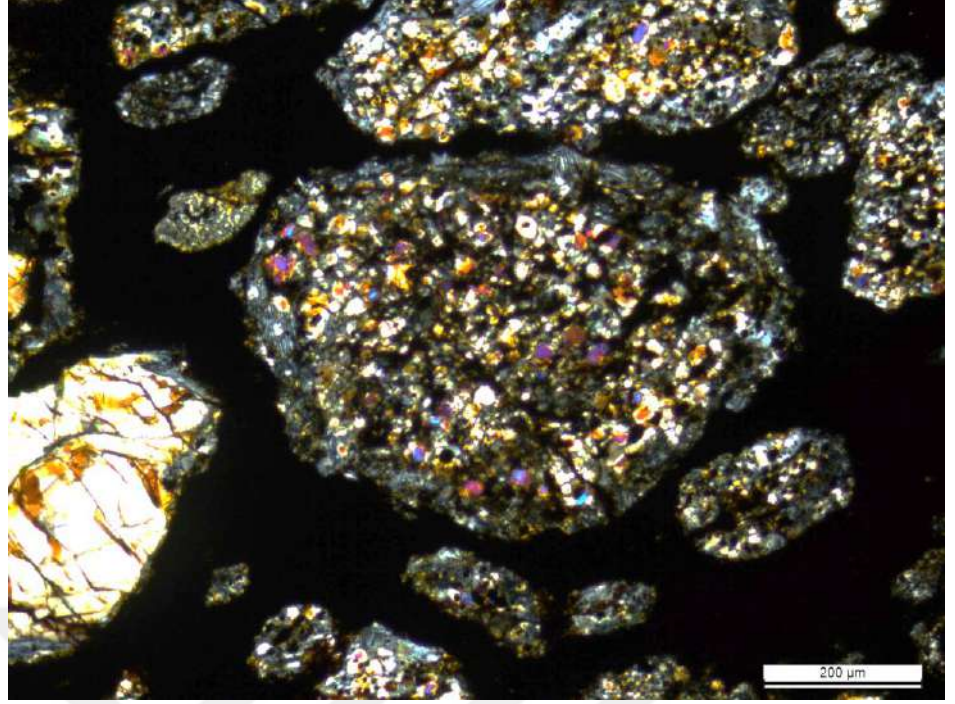
Şekil 4.1.15 Düzgün kristal formlu tek olivin parçası.



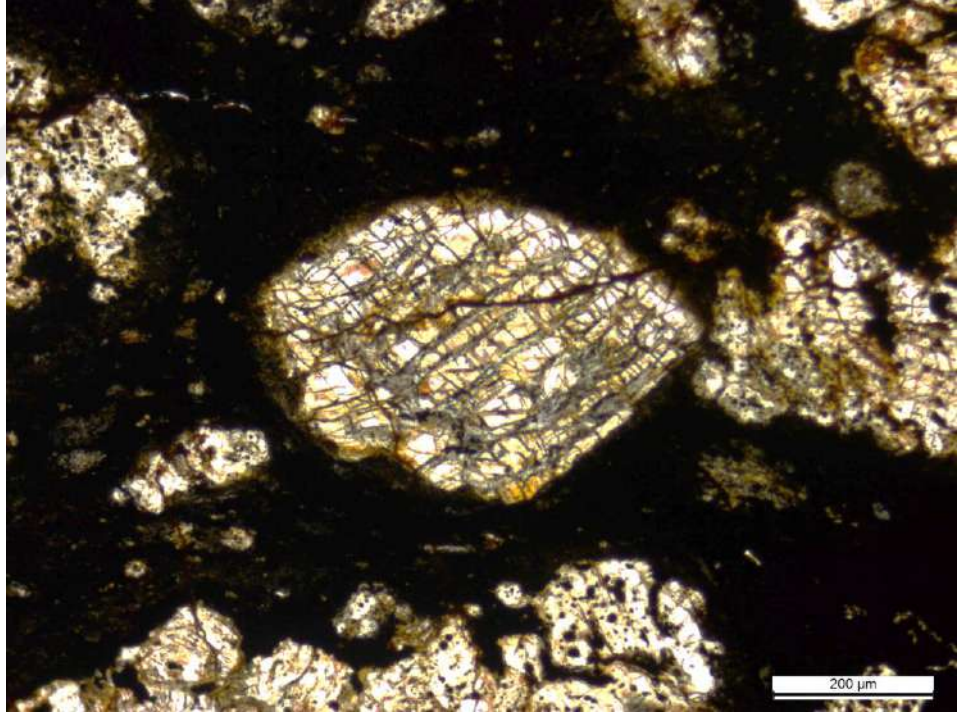
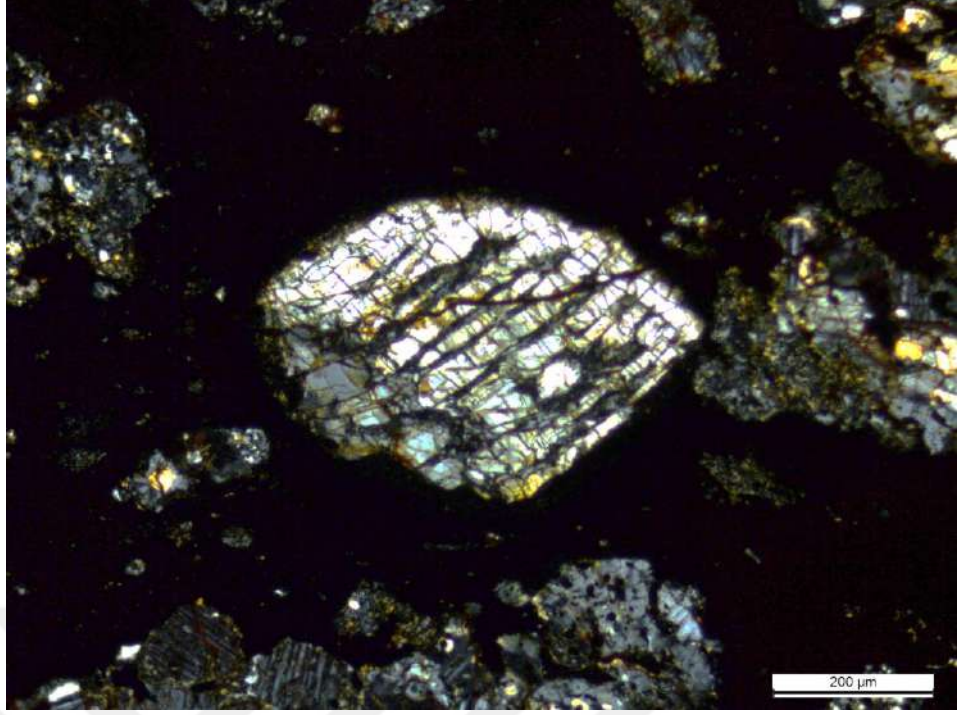
Şekil 4.1.16 Dört farklı faza sahip tanımlanamayan bir yapı.



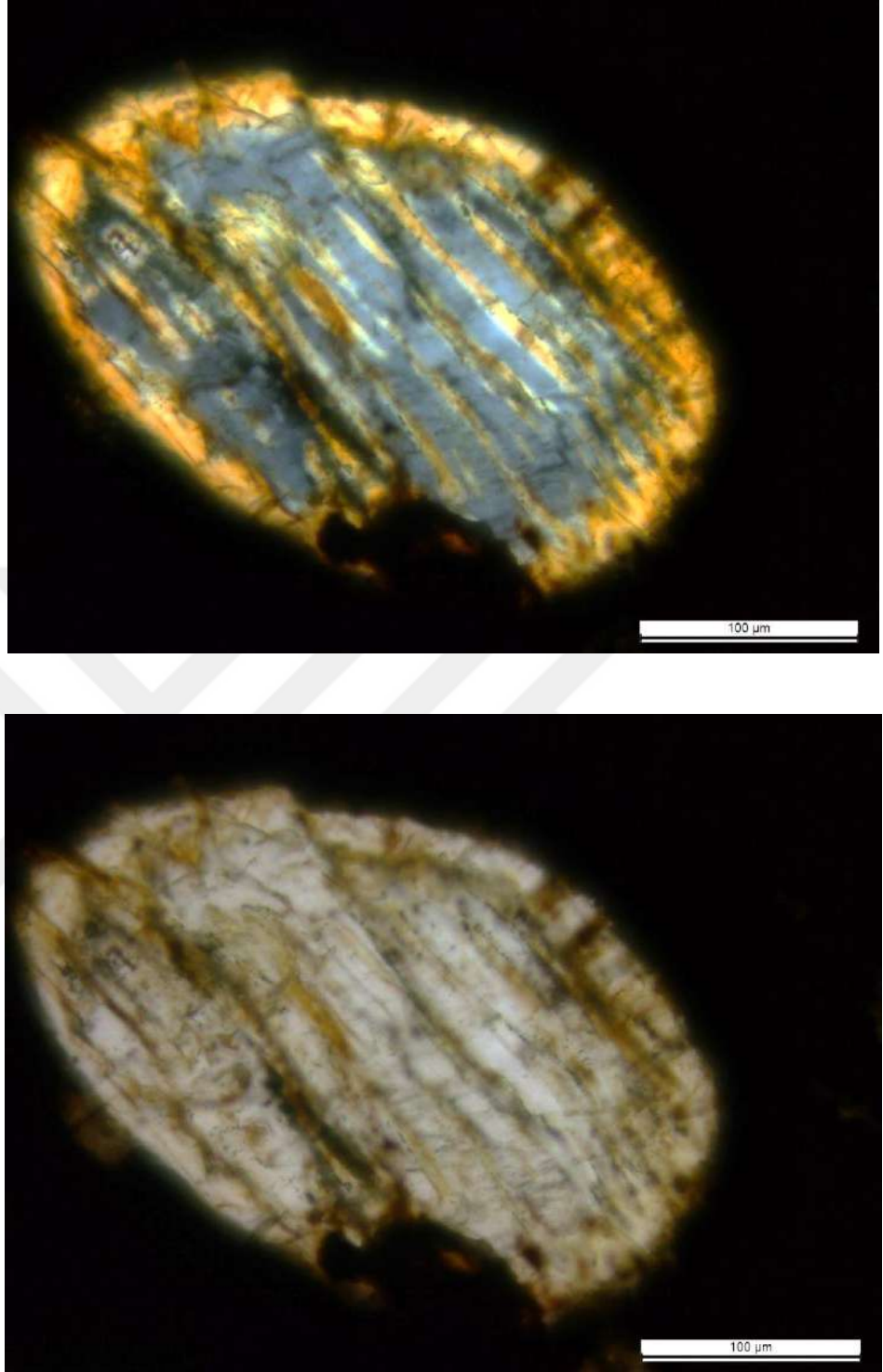
Şekil 4.1.17 Dört farklı faza sahip tanımlanamayan başka bir yapı.



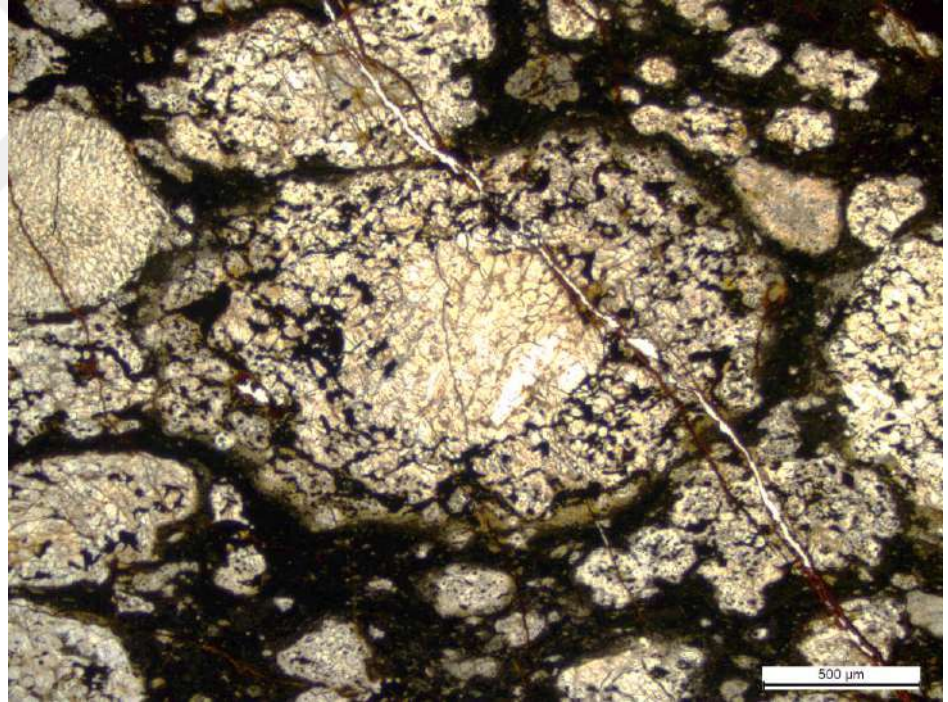
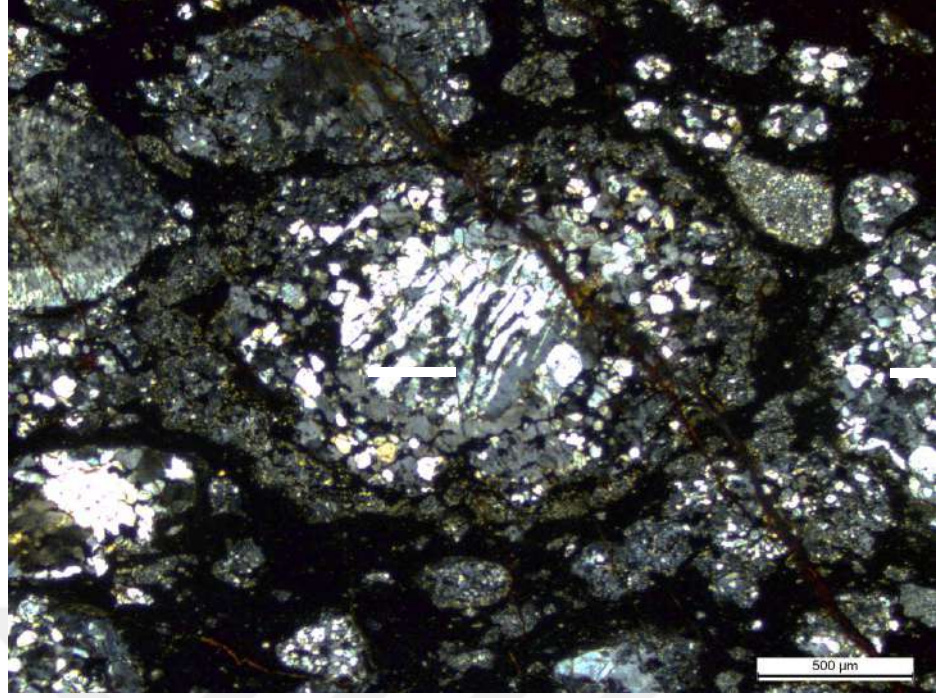
Şekil 4.1.18 Olivin ve klinoenstatit.



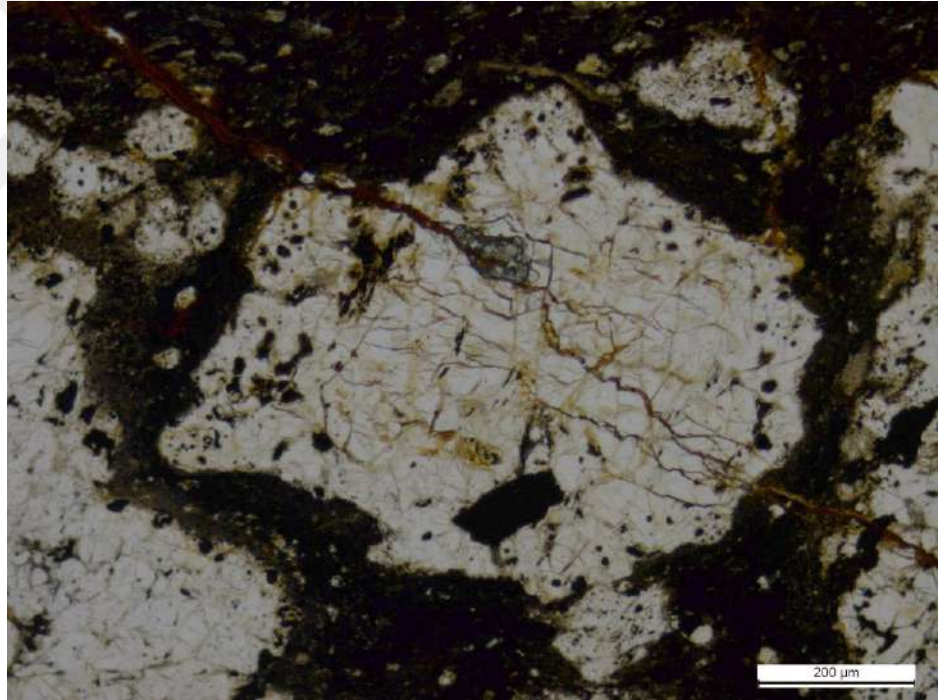
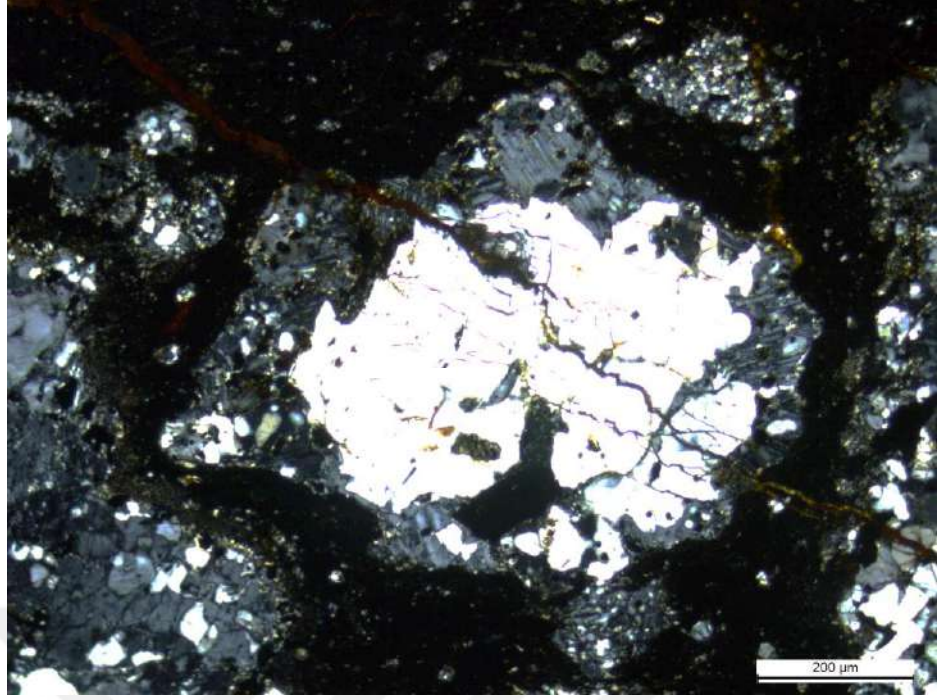
Şekil 4.1.19 Araları cam faz olmayan çizgili olivin.



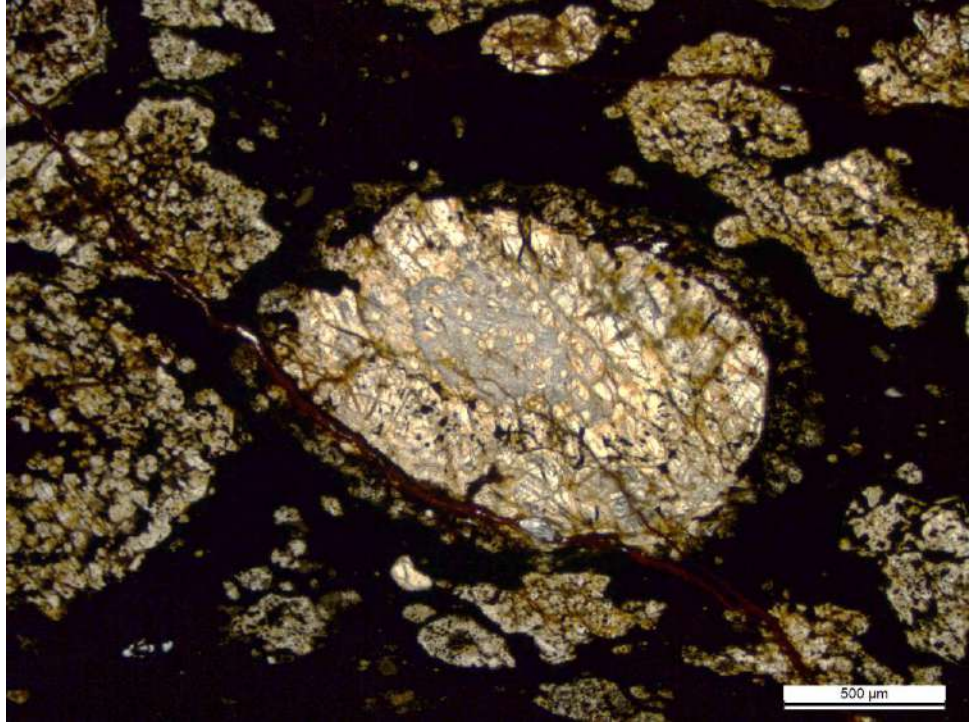
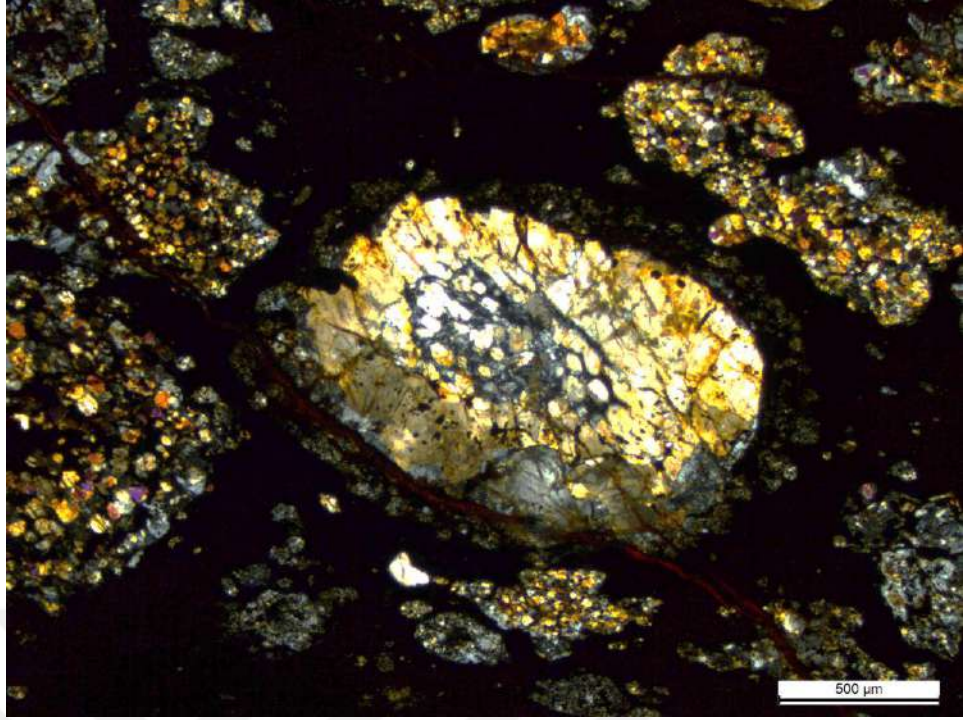
Şekil 4.1.20 Araları cam faz olmayan çizgili olivin (eksolüsyon olayı).



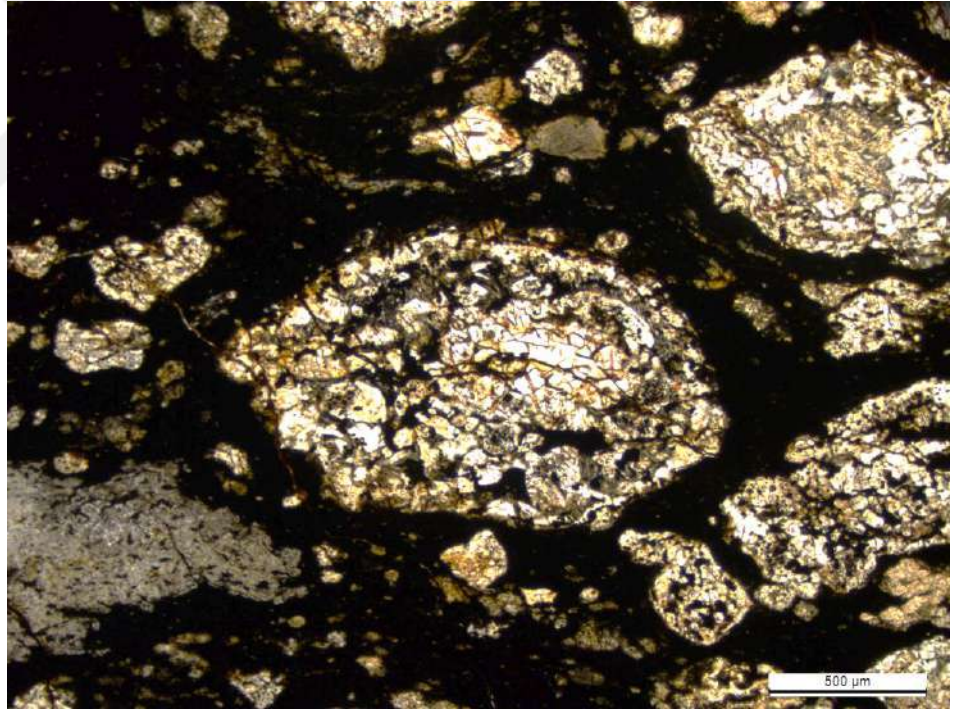
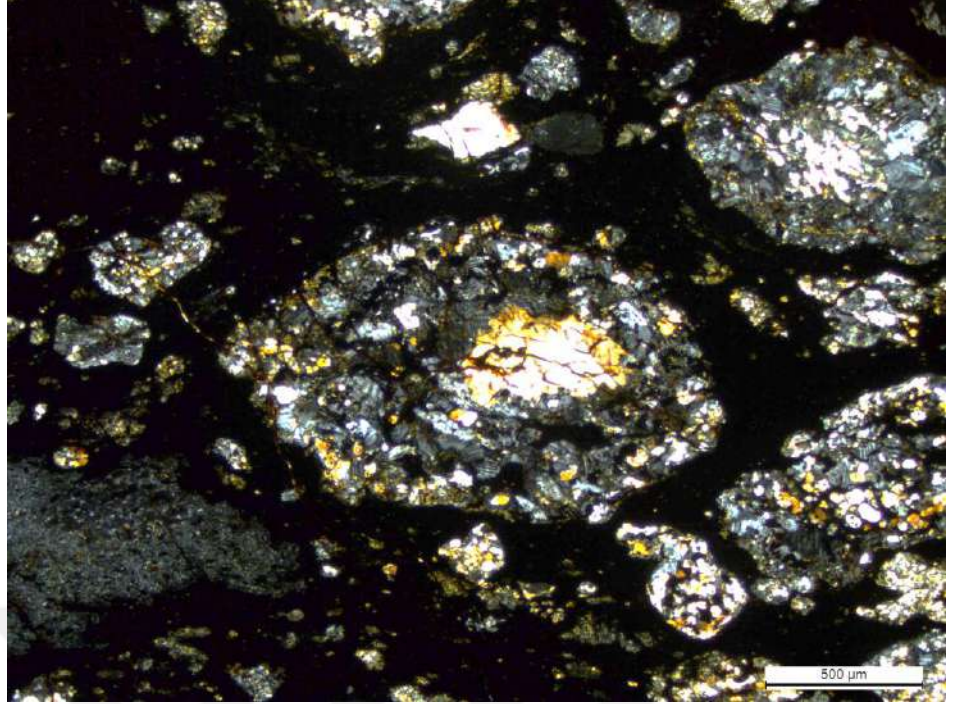
Şekil 4.1.21 Araları cam faz olmayan çizgili olivin.



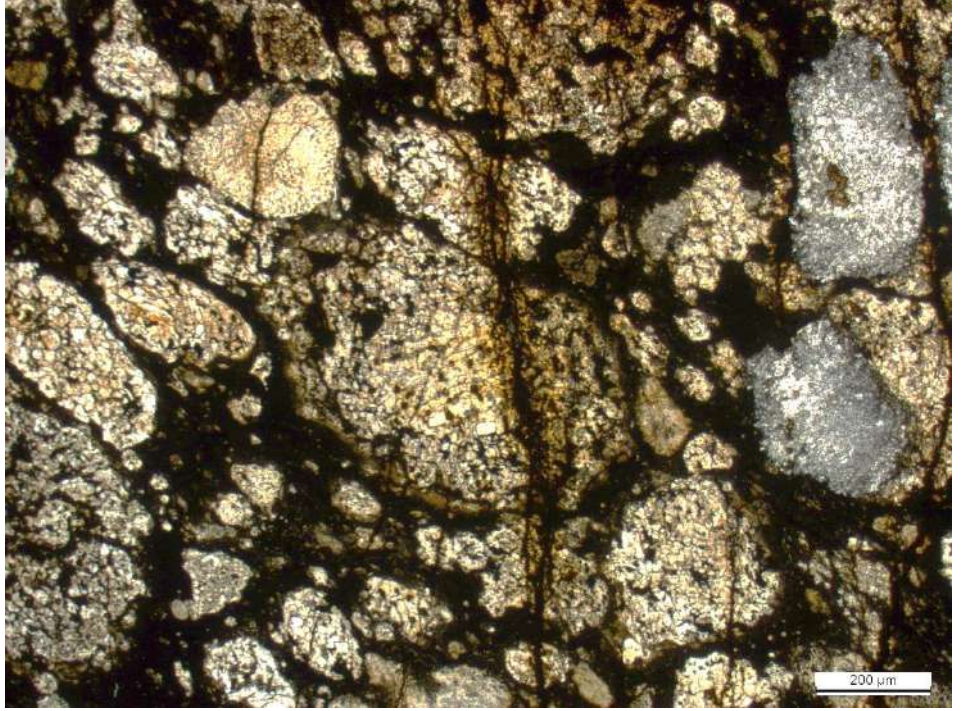
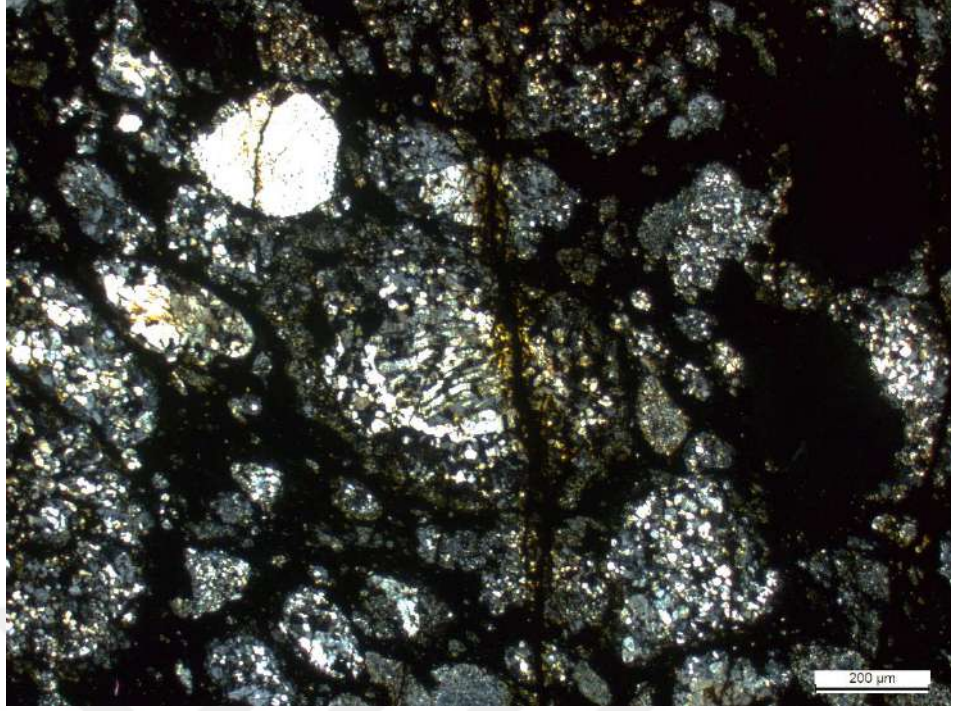
Şekil 4.1.22 Araları cam faz olmayan çizgili olivin ve klinoenstatit.



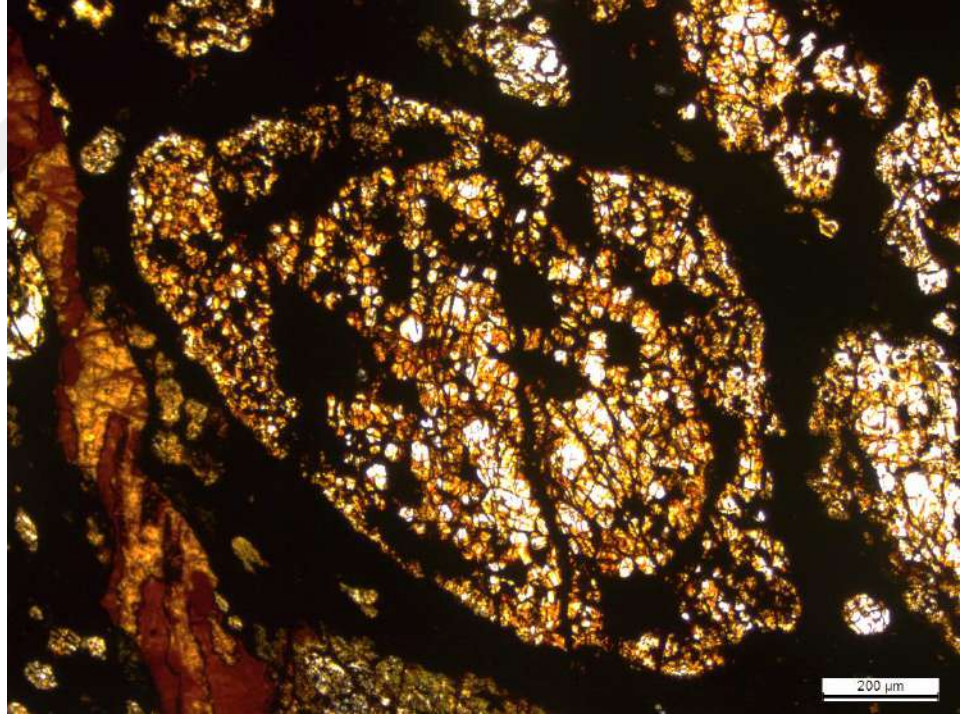
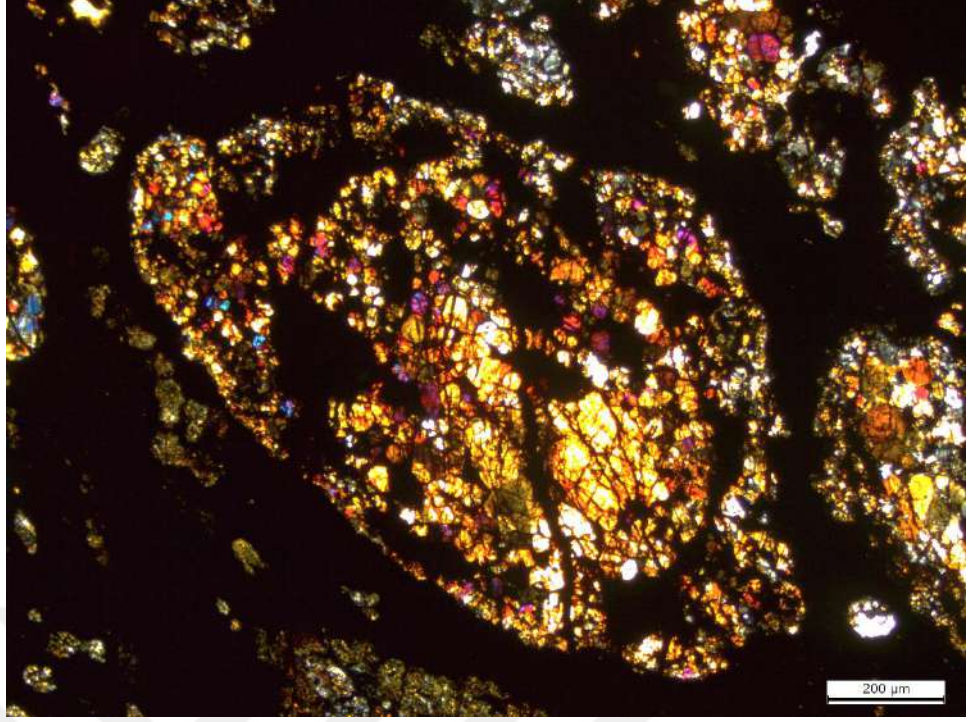
Şekil 4.1.23 Etrafı olivin ile çevrili klinoenstatit ve olivin.



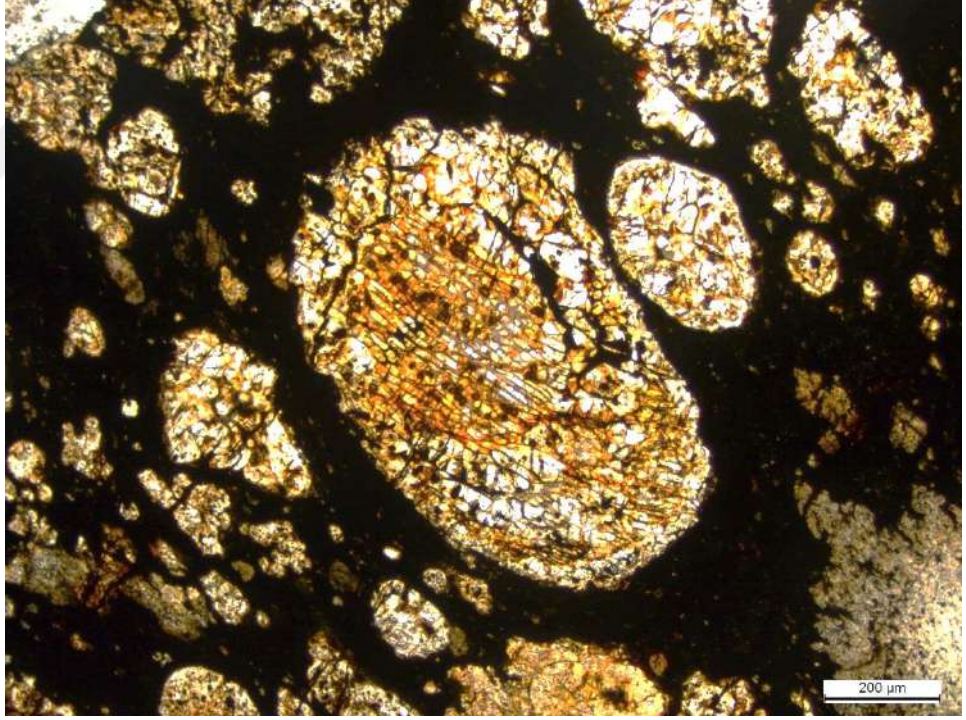
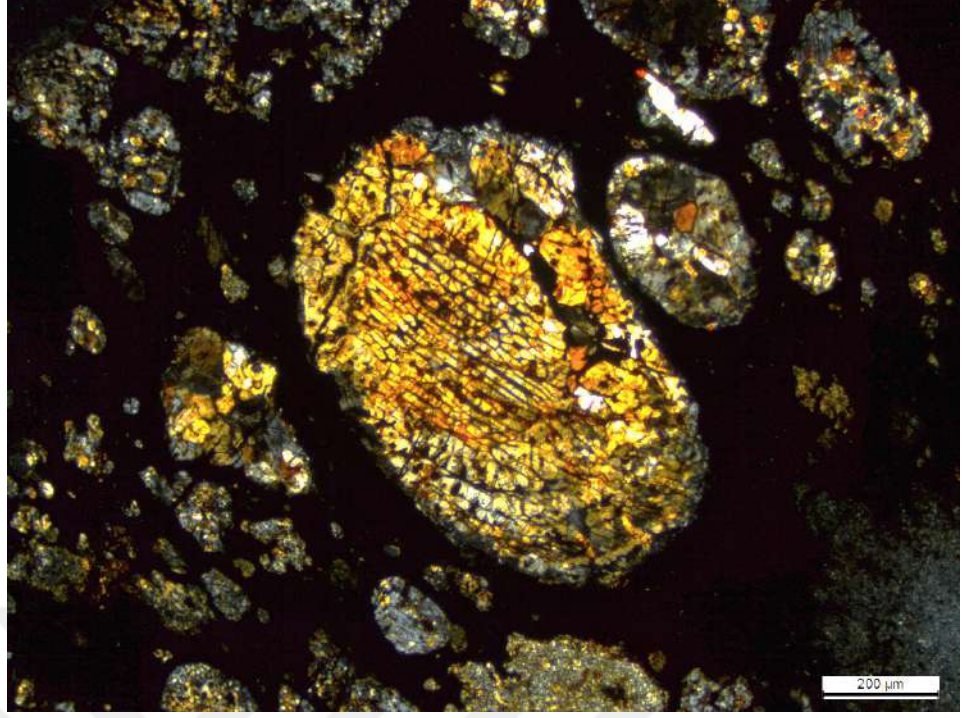
Şekil 4.1.24 Olivin ve klinoenstatit.



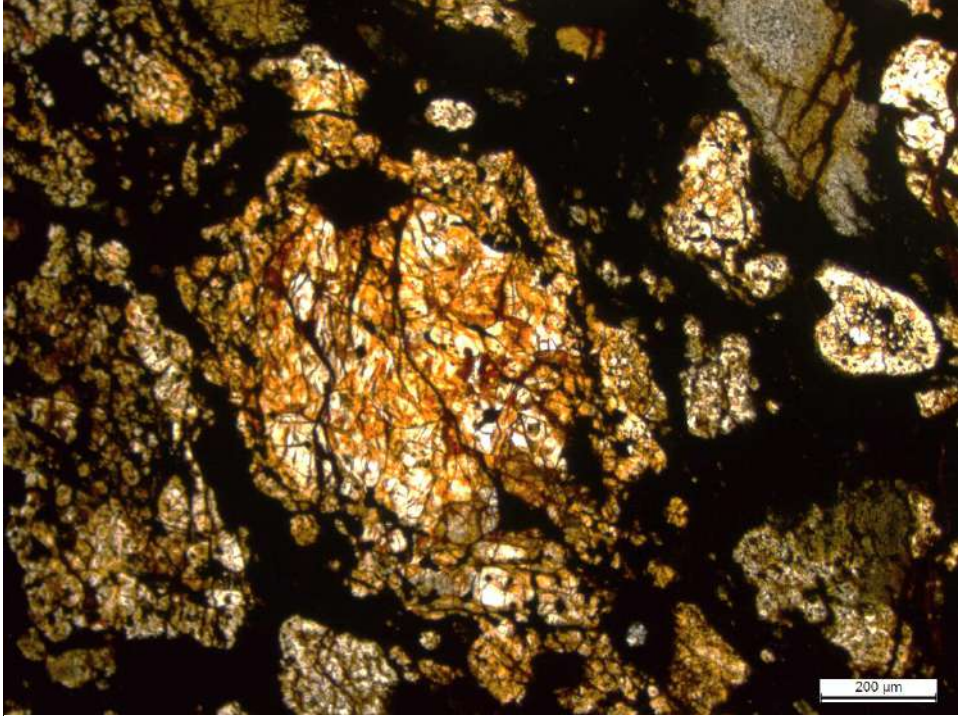
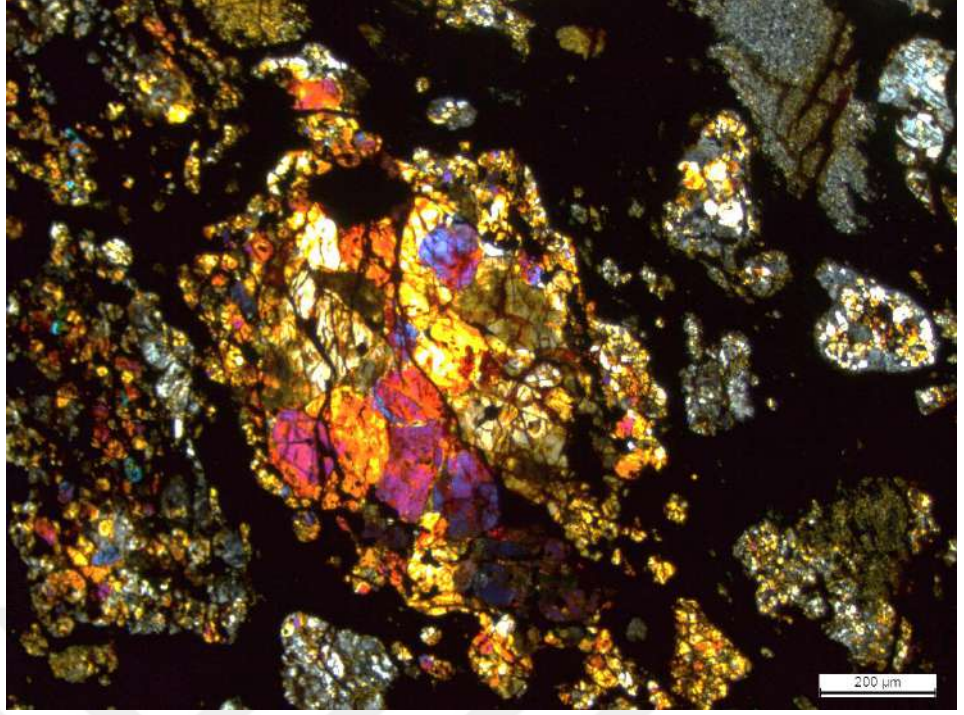
Şekil 4.1.25 Olivin minerali (CAI Nokta 2).



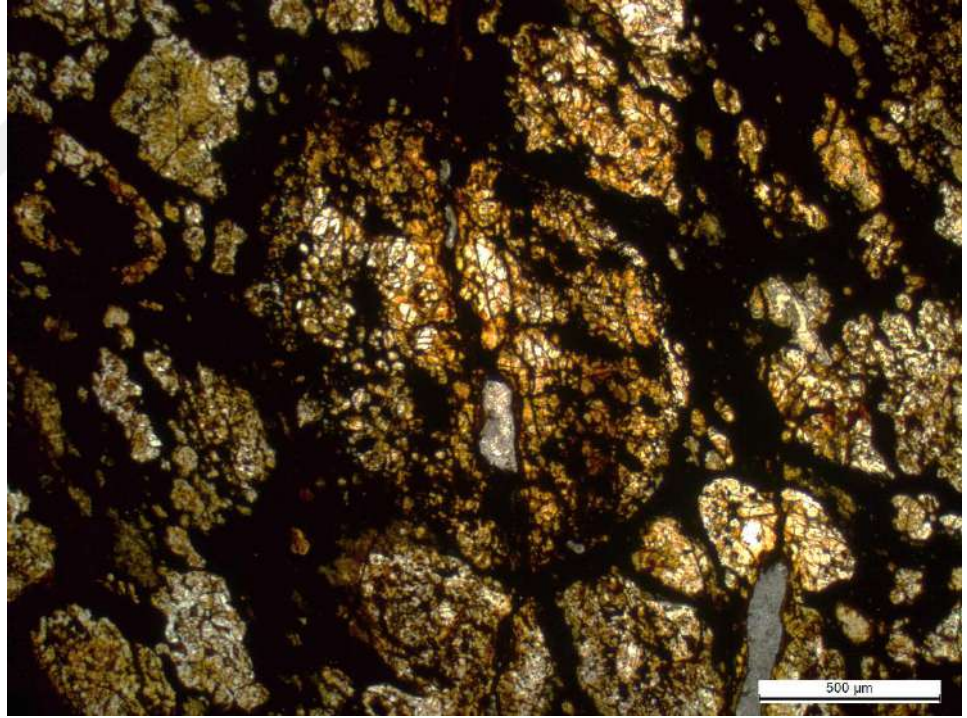
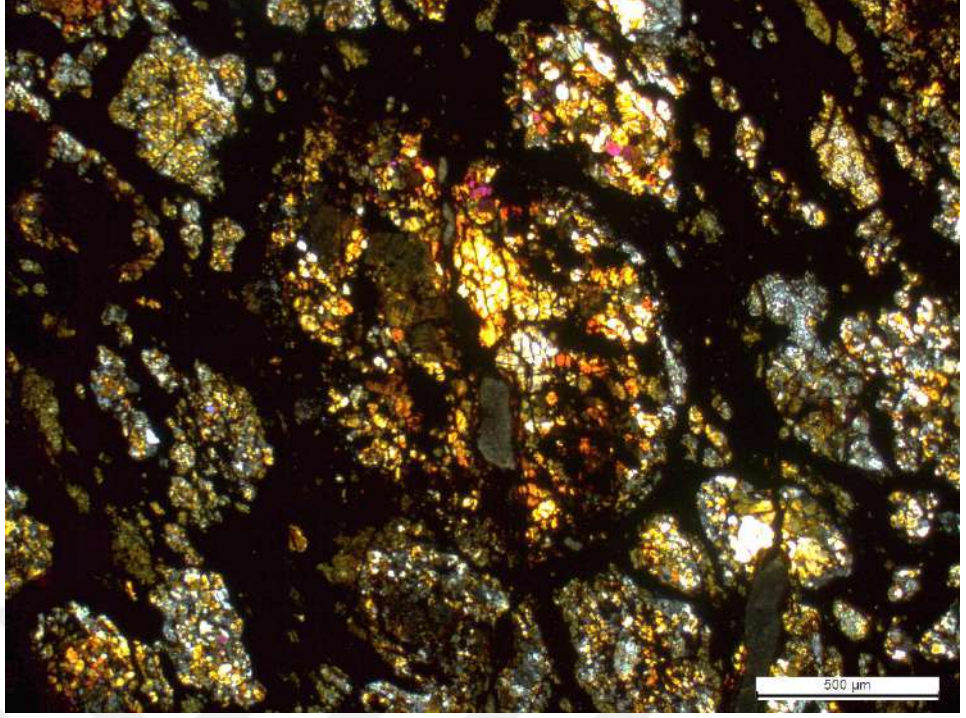
Şekil 4.1.26 Olivin minerali (CAI Nokta 3).



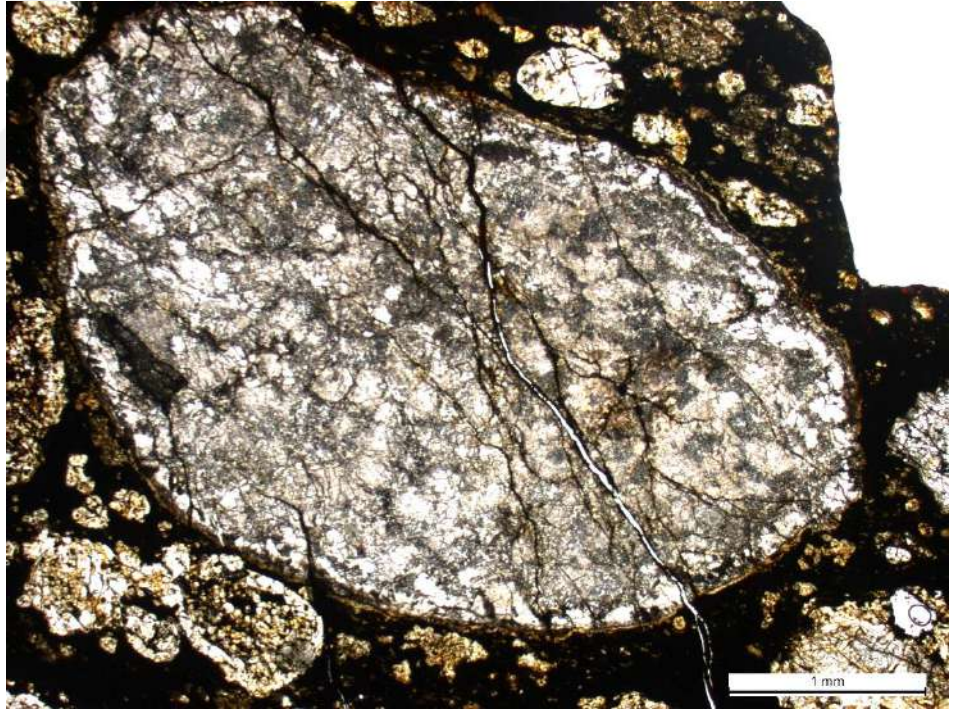
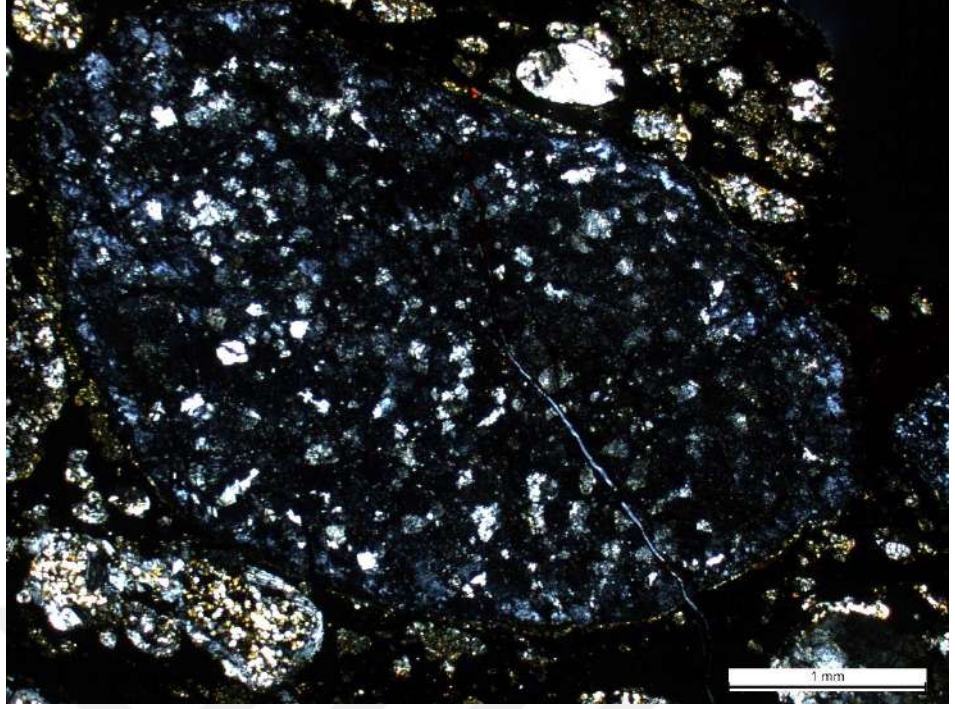
Şekil 4.1.27 Olivin minerali (CAI Nokta 4).



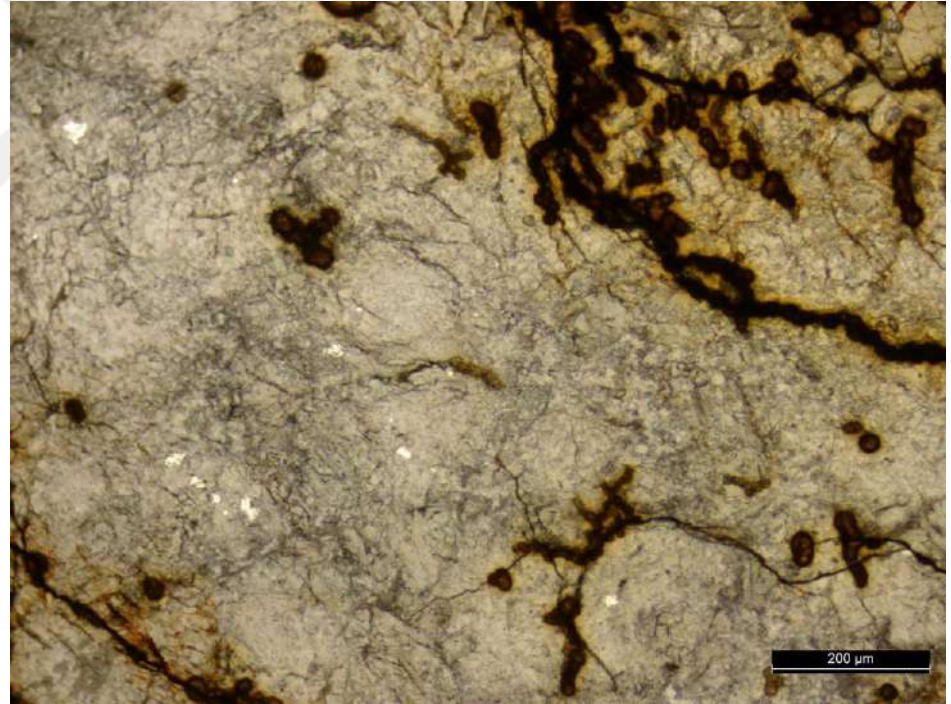
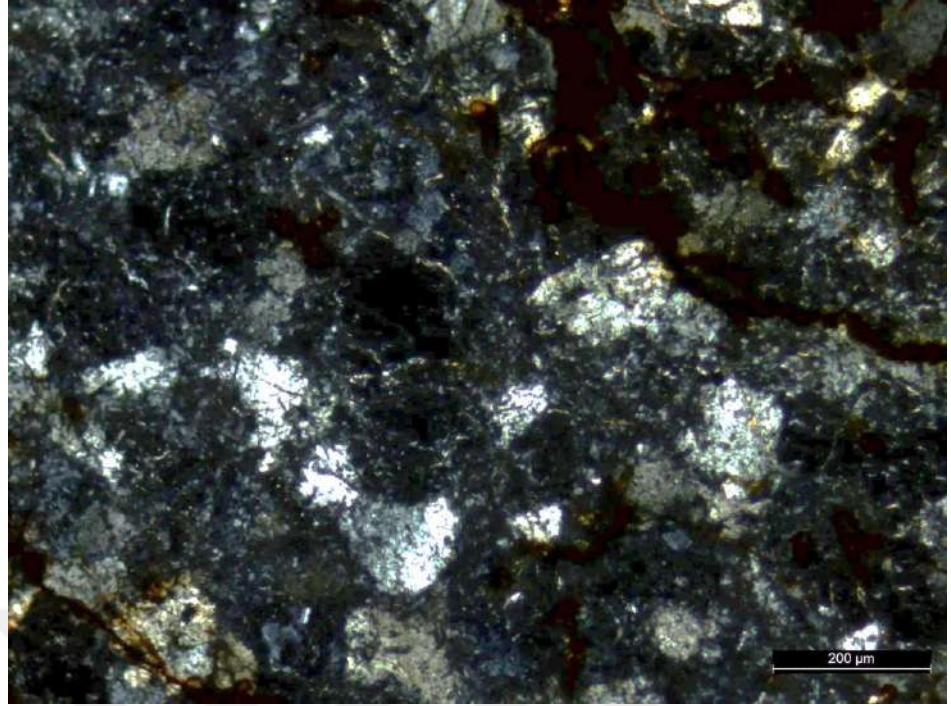
Şekil 4.1.28 İri kristalli dünit (CAI Nokta 5).



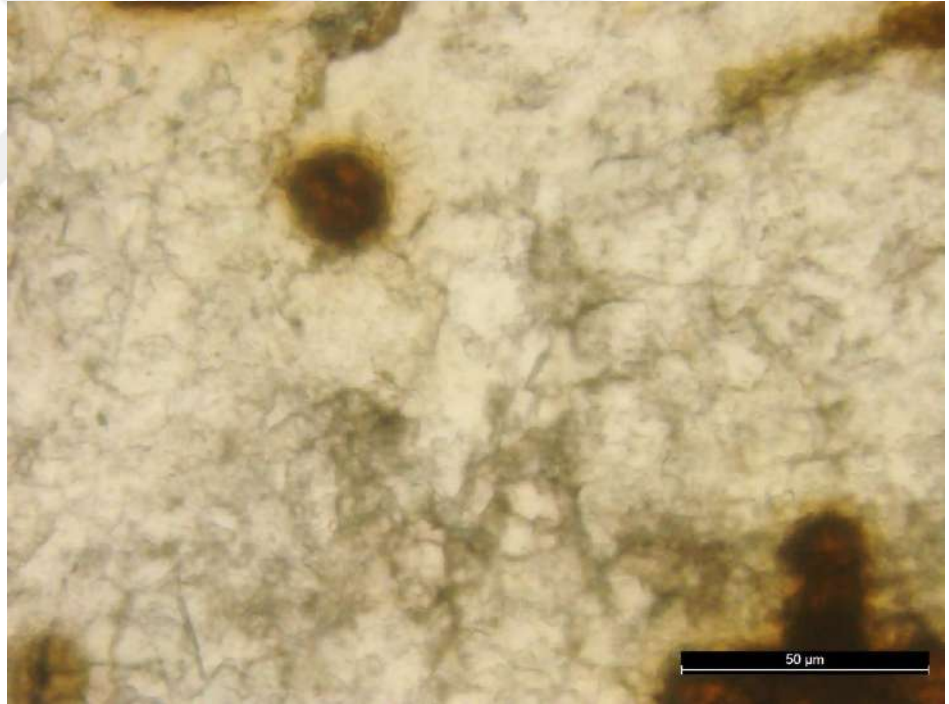
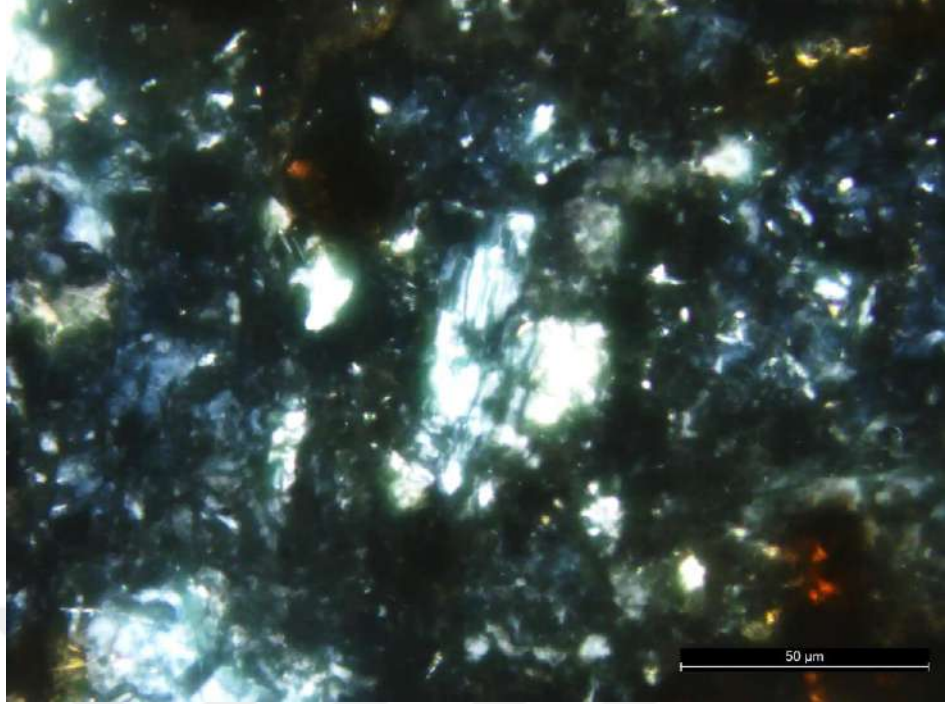
Şekil 4.1.29 Olivin minerali (CAI Nokta 6).



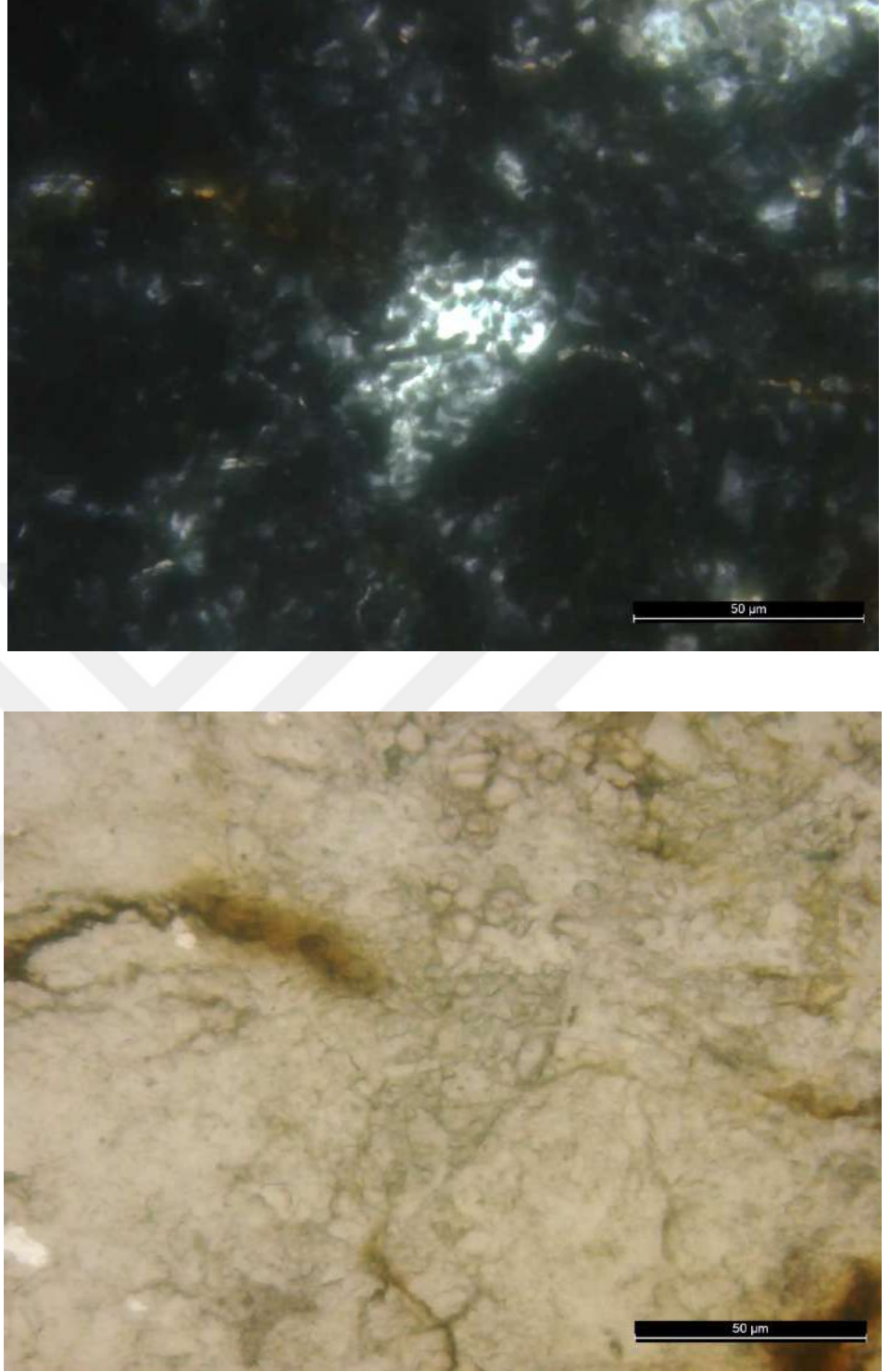
Şekil 4.1.30 Anortit minerali (CAI Nokta 7).



Şekil 4.1.31 CAI Nokta 7'nin yakınlaştırılmış hali.



Şekil 4.1.32 Plajiyoklaz minerali (CAI Nokta 7).



Şekil 4.1.33 Apatit kapanımlarına sahip plajiyoklaz minerali (CAI Nokta 7).

Çizgili olivinin optik görüntüsü, 2,5x büyütme kullanılarak 500 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.1’de verilmiştir. Etrafı olivin ile çevrili olan çizgili olivinin araları cam fazına sahiptir ve bu faz da karanlık yapıda görünmektedir. Çizgili olivin yapısının yakınlaştırılmış hali 10x büyütme kullanılarak 100 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.2’de verilmiştir. 100 μm boyutunda ve araları cam fazlı olan olivin taneleri birbirine paralel halde bulunmaktadır. Klinoenstatit ve olivin, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.3’te verilmiştir. Birbirinden farklı şekil ve boyutlara sahip olan bu olivin kristallerinin çevresi klinoenstatit çeperi ile sarıdır. Optik görüntülerdeki renkli ve daha küçük kristaller olivin, mavi-gri renkte uzun, blok şeklindeki kristaller ise klinoenstatit mineralidir. Baskın olarak klinoenstatitten oluşan ve içerisinde iri taneli olivin kristalleri barındıran mineral topluluğu, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.4’te verilmiştir. Tek parça halinde iri kristalli olivin ve klinoenstatit minerali, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.5’te verilmiştir. Tek parça halinde ve özşekile sahip piroksen kristali, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.6’da verilmiştir. İçerisinde olivin kristalleri, çizgili olivin ve klinoenstatit barındıran ve damla şekline benzeyen mineral topluluğu, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.7’de verilmiştir.

Olivin kristallerinden oluşan topluluk ‘Dünit’ olarak adlandırılır ve bu dünit 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.8’de verilmiştir. Dünit oluşturulan olivin kristalleri şekilsiz ve iri taneli yapıya sahiptir. Yine başka bir dünit, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.9’da verilmiştir. Bu dünit, yönlendirilmiş halde bulunan iri taneli olivin kristallerinden oluşmaktadır. Klinoenstatit ile olivin minerali 2,5x büyütme kullanılarak 500 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.10’da verilmiştir. Farklı boyutlara ve şekillere sahip olan olivin kristallerinin etrafı klinoenstatit çeperi ile çevrilidir. Ayrıca, klinoenstatit çeperinin içerisinde de olivin kristalleri dağılmış halde bulunmaktadır. Farklı boyutlarda ve şekillerdeki olivin kristalleri, 2,5x büyütme kullanılarak 500 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.11’de verilmiştir. Bir diğer dünit ise 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.12’de verilmiştir. Elde edilen diğer dünit yapılarının aksine

bu dünit, ince ve eş taneli olivinlerden oluşmaktadır. Klinoenstatit ve sulu/hidroksil (OH içeren) fazı, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.13'te verilmiştir. Bu OH fazının etrafı klinoenstatit çeperi ile sarılıdır. Klinoenstatit (klinopiroksenit) minerali, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.14'te verilmiştir. Düzgün kristal formuna sahip tek parça halindeki olivin ise 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.15'te verilmiştir. Bu olivin parçasının etrafı, klinoenstatit ile olivin kristallerinden oluşan çeper ile çevrilidir. Parlak bir çeper, karanlık bir faz, ince taneli parlak faz ve daha koyu bir faz olmak üzere dört farklı faza sahip tanımlanamayan yapılar, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.16 ve 4.1.17'de verilmiştir. Klinoenstatit ve baskın olarak olivin kristallerinden oluşan mineral topluluğu, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.18'de verilmiştir. Farklı şekil ve boyutlara sahip olan olivin kristallerinin etrafı ince klinoenstatit çeperi ile çevrilidir. Araları cam faz olmayan çizgili olivinin optik görüntüsü, 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.19'da verilmiştir. Bir diğer araları cam faz olmayan çizgili olivin parçası ise 10x büyütme kullanılarak 100 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.20'de verilmiştir. Genellikle sıcaklığın düşmesine (soğumaya) bağlı olarak bir fazın iki veya daha fazla faza ayrılması olayı 'eksolüsyon (kusma)' olarak adlandırılır ve bu çizgili olivinde de, eksolüsyon olayı mevcuttur. Araları cam faz olmayan bir başka çizgili olivin yapısı, 2,5x büyütme kullanılarak 500 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.21'de verilmiştir. Bu olivinin etrafı farklı boyut ve şekillere sahip olivin kristallerinin oluşturduğu bir çeper ile çevrilidir. Araları cam faz olmayan bir diğer çizgili olivin ile klinoenstatit ise 4x büyütme kullanılarak 200 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.22'de verilmiştir. Burada klinoenstatit bir çeper olarak çizgili olivinin etrafını sarmaktadır.

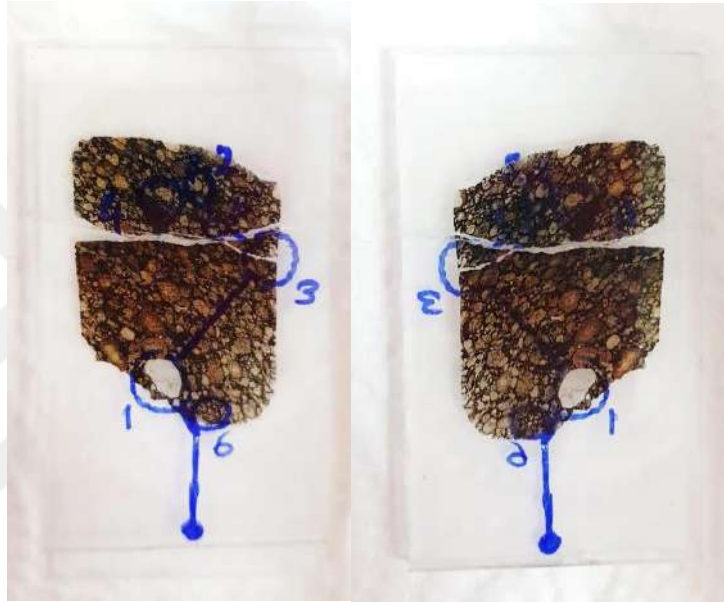
Bir başka klinoenstatit ve olivin mineralinin optik görüntüsü, 2,5x büyütme kullanılarak 500 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.23'te verilmiştir. Bu olivin ve klinoenstatitin etrafı bir olivin çeperi ile çevrilidir. Bir diğer olivin ve klinoenstatite ait optik görüntü ise 2,5x büyütme kullanılarak 500 μm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.24'te verilmiştir. Orta kısımda tek parça halinde bulunan olivin tanesinin etrafı olivin ve klinoenstatitten oluşan mineral topluluğu ile

sarılıdır. CAI Nokta 2 ve CAI Nokta 3'ün içeriğindeki olivinin optik görüntüsü, 4x büyütme kullanılarak 200 µm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.25 ve 4.1.26'da verilmiştir. CAI Nokta 4'ün içeriğindeki çizgili olivinin optik görüntüsü ise 4x büyütme kullanılarak 200 µm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.27'de verilmiştir. CAI Nokta 5'in içeriğindeki iri kristalli olivinlerden oluşan dünitin optik görüntüsü, 4x büyütme kullanılarak 200 µm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.28'de verilmiştir. CAI Nokta 6'nın içeriğindeki farklı şekil ve boyutlardan oluşan olivinin optik görüntüsü, 2,5x büyütme kullanılarak 500 µm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.29'da verilmiştir. CAI Nokta 7'nin içeriğindeki anortit mineralinin optik görüntüsü, 1,5x büyütme kullanılarak 1 mm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.30'da verilmiştir. CAI Nokta 7'nin yakınlaştırılmış hali ise 4x büyütme kullanılarak 200 µm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.31'de verilmiştir. CAI Nokta 7'de polisentetik ikizlenme gösteren plajiyoklazın optik görüntüsü, 63x büyütme kullanılarak 50 µm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.32'de verilmiştir. Ek olarak, CAI Nokta 7'nin içeriğindeki bir diğer plajiyoklazın optik görüntüsü ise 63x büyütme kullanılarak 50 µm boyutunda elde edilmiş olup Şekil 4.1.33'te verilmiştir. Ayrıca bu plajiyoklaz, adacıklar şeklinde apatit kapanımları içermektedir.

Optik analizler sonucunda, NWA 5508 kondritindeki olivin mineralinin cam fazlı (Şekil 4.1.1 ve 4.1.2) ve cam fazlı olmayan (Şekil 4.1.19, 4.1.20, 4.1.21 ve 4.1.22) olmak üzere iki farklı yapıda olduğu görülmüştür. Mineraller yüksek basıncın etkisiyle cama dönüşebilir. Ancak, camın kristal yapısı olmadığından mineral olarak tanımlanmaz. Meteoritlerde cam, erimiş silikat malzemesi hızla soğuduğunda ve kristallerin büyümesi için yeterli zaman olmadığında oluşur (Norton and Chitwood, 2008). Şekil 5.2.1'de de görüldüğü üzere, NWA 5508 kondritindeki çizgili olivinin çizgileri arasındaki karanlık faz camdır. NWA 5508 kondritinde cam faz yapısına sahip olan çizgili olivinin optik görüntüsü Şekil 4.1.1'de verilmiştir. Şekil 4.1.1'in yakınlaştırılmış hali Şekil 4.1.2'de verilmiştir. NWA 5508 kondritinde cam faz yapısına sahip olmayan çizgili olivinlerin optik görüntüleri ise Şekil 4.1.19, 4.1.20, 4.1.21 ve 4.1.22'de verilmiştir. Ek olarak, optik görüntüler incelendiğinde, olivin ve piroksen minerallerinin birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğu görülmüştür.

4.2 SEM/EDS Görüntüleri ve Sonuçları

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi için NWA 5508 karbonlu meteoritinin ince kesiti üzerinden, elde edilen mikroskobik görüntülerden yola çıkılarak, altı adet farklı bölge seçilmiş ve seçilen bölgelerin her biri numaralandırılmıştır. SEM analizi için ince kesit üzerinden seçilen bölgelerin yerleri kesitin arka yüzeyinden işaretlenmiştir (Şekil 4.2.1). Analizler, Thermo Scientific Apreo S SEM Cihazı ile yapılmıştır.



Şekil 4.2.1 İnce kesitin arka yüzeyi (sol) ve analiz (ön) yüzeyi (sağ).

SEM analizi ve görüntüleme öncesinde ince kesit içerisindeki hava vakumlanmıştır (Şekil 4.2.2).



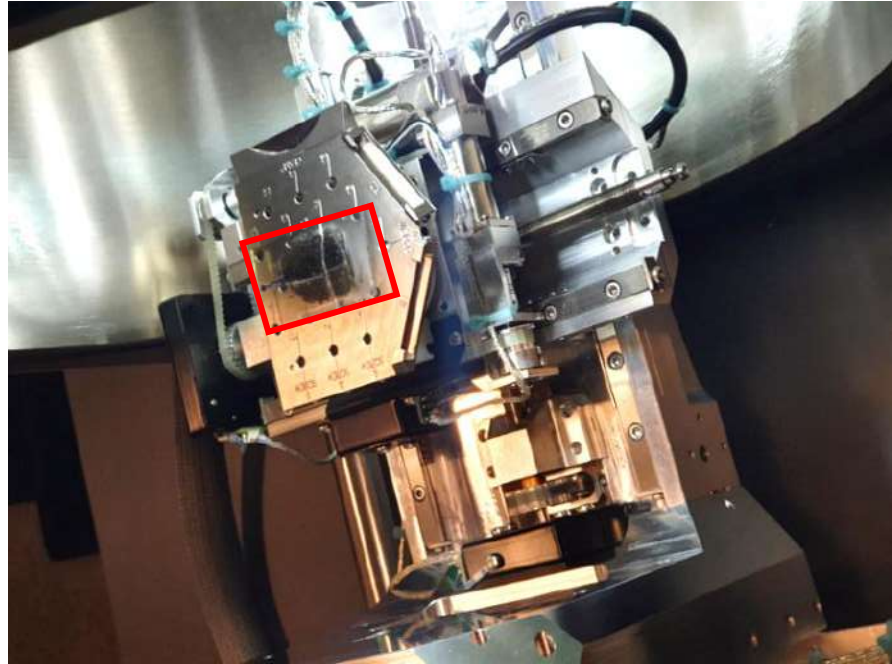
Şekil 4.2.2 Numune içerisindeki havanın arındırılması için vakumlanan ince kesit.

Vakumlanma işleminde sonra ince kesitin analiz (ön) yüzeyi altın (Au) ile yaklaşık 60 sn. boyunca kaplanmıştır. Yüzeyi Au ile kaplanan ince kesit çift taraflı karbon bant üzerine yapıştırılmıştır (Şekil 4.2.3).



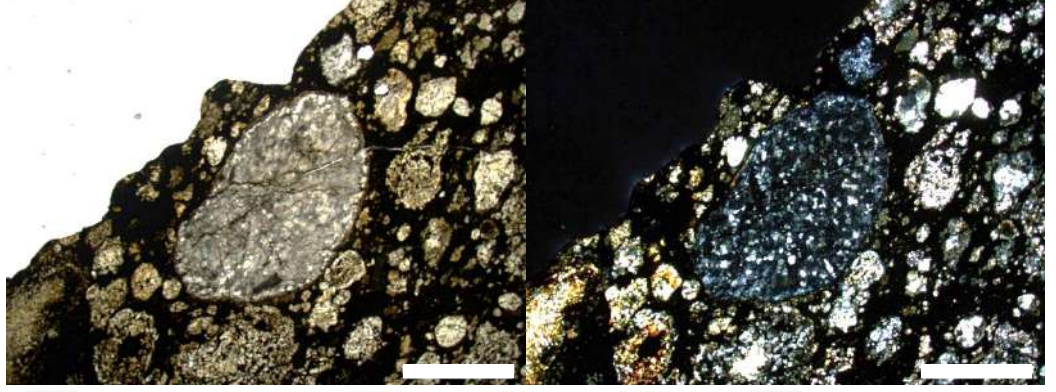
Şekil 4.2.3 Au ile kaplandıktan sonra çift taraflı karbon banda yapıştırılan ince kesit.

Karbon bant üzerine yapıştırılma işleminden sonra ince kesit SEM cihazına yerleştirilmiştir ve Şekil 4.2.4'te kırmızı alan içerisinde gösterilmiştir. Görüntü alınmadan önce NWA 5508 karbonlu meteoritine ait ince kesit SEM cihazı içerisinde 3 dk. boyunca vakumlanmıştır.



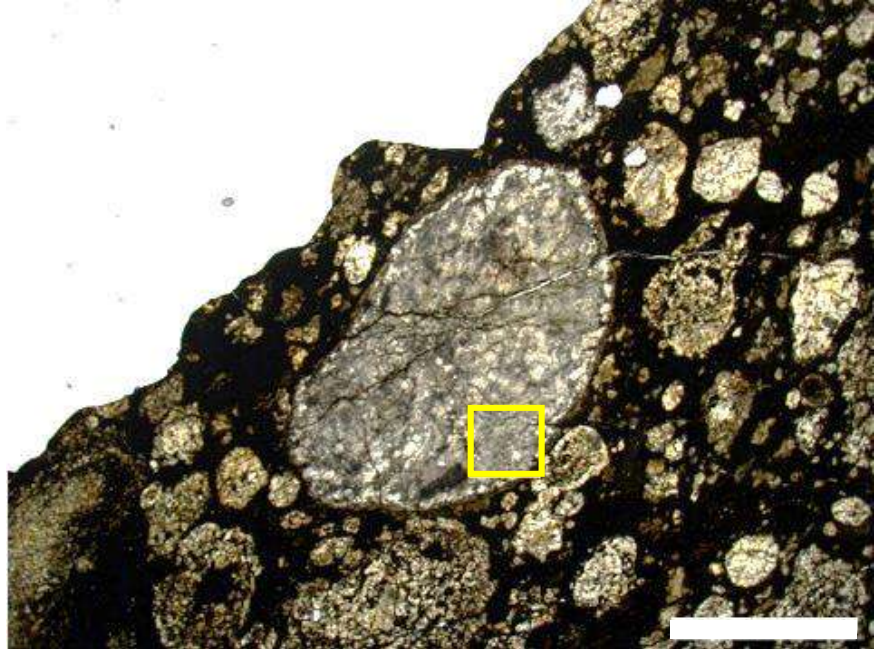
Şekil 4.2.4 SEM cihazına yerleştirilen ince kesitin görüntüsü (kırmızı alan).

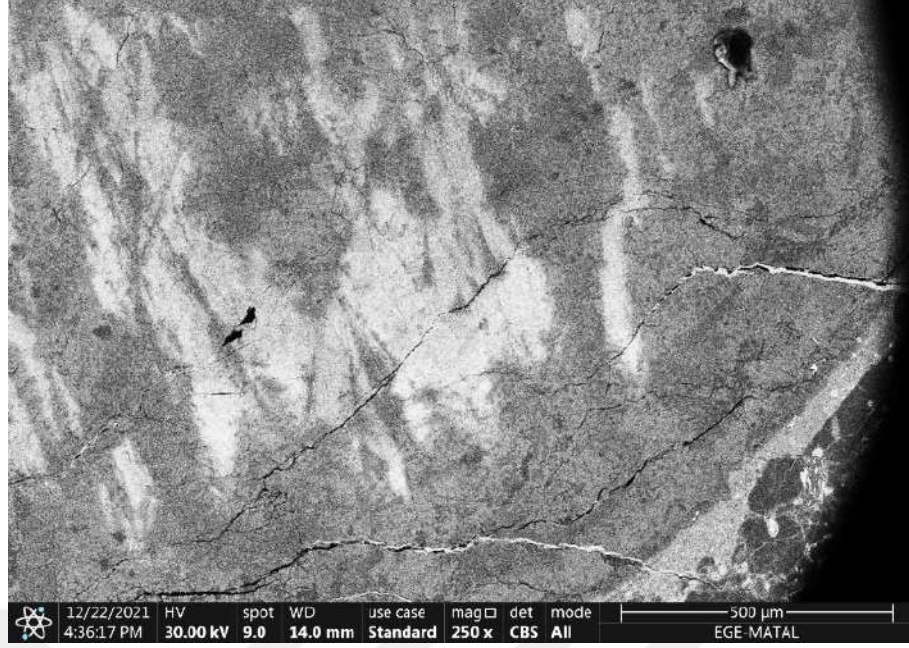
İnce kesit üzerinden mikroskobik görüntüler yardımıyla belirlenen ve numaralandırılan altı bölgenin ilki olan Bölge 1'e ait SEM analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.2.5).



Şekil 4.2.5 SEM analizi gerçekleştirilen Bölge 1'in optik mikroskoptaki genel görüntüsü.

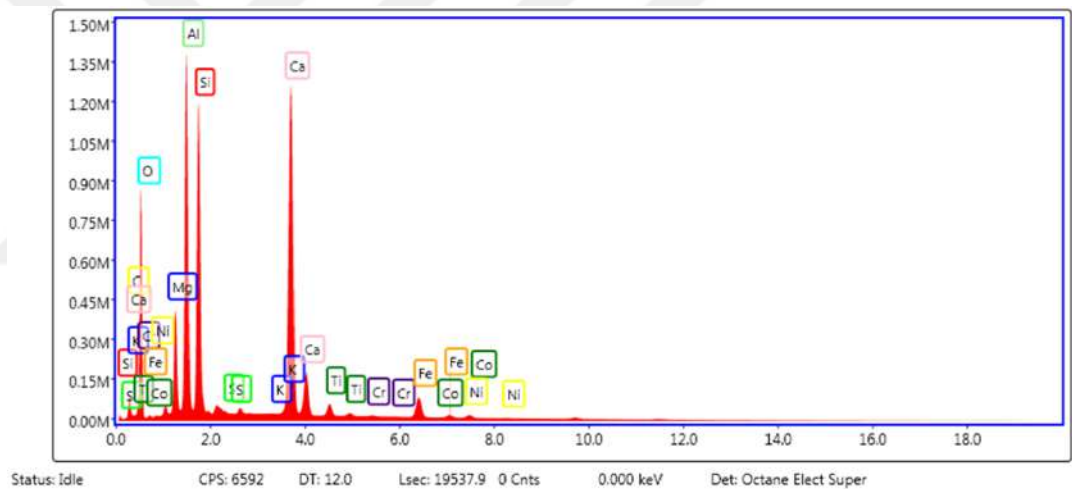
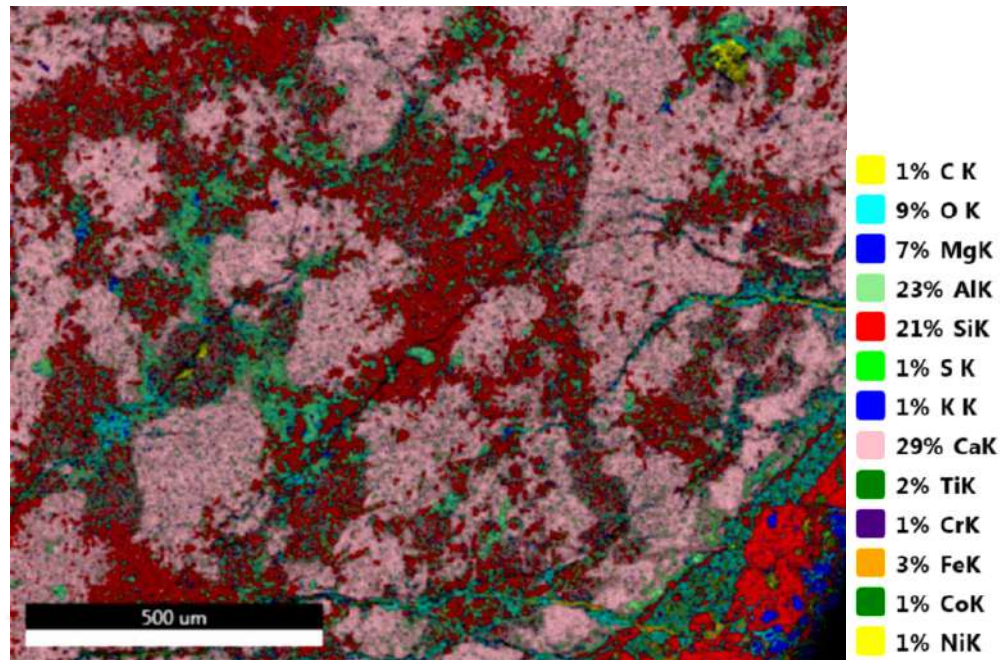
Optik görüntüsü 1 mm boyutunda olan Bölge 1'in içerisinde sarı renkli kare ile işaretlenmiş olarak belirlenen alanın farklı faz yapılarını ayrıntılı bir şekilde görebilmek için geri saçılmış elektron (Backscattered Electron - BSE) dedektörü ile bir görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 4.2.6).





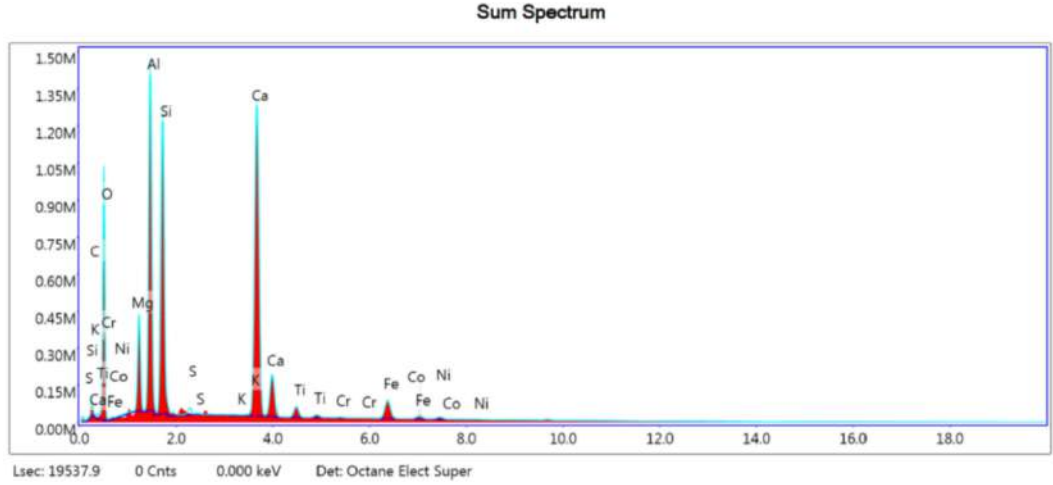
Şekil 4.2.6 Bölge 1'in mikroskobik görüntüsü (üst) ve seçilen alanın (sarı renk) BSE görüntüsü (alt).

BSE görüntüsü üzerinden elementel spektrumların analizi ile elementel haritalama elde etmek için SEM cihazına entegre EDS dedektörü (EDAX) kullanılmıştır. Analiz sırasında nokta boyutu (spot size) 9,0 mm ve çalışma mesafesi (working distance - WD) 14,0 mm olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (30 kV) çalışılmış ve büyütme (magnification - mag) 250x olarak belirlenmiştir. Elementel haritalamada fazları ayırt edebilmek için her elemente ait farklı renkler kullanılarak renklendirme yapılmıştır. Böylece, BSE görüntüsünün hem EDS genel haritası hem de EDS genel spektrumu elde edilmiştir (Şekil 4.2.7). Bu girdilere göre Bölge 1'in EDS analizi yaklaşık 6 saat sürmüştür.



Şekil 4.2.7 Bölge 1'e ait BSE görüntüsünün EDS genel haritası (üst) ve spektrumu (alt).

CAI kapanımlarının görüldüğü ve Bölge 1 olarak isimlendirilen alan içerisinde sarı renkli kare ile işaretlenmiş olarak belirlenen alanın farklı faz yapılarını ayrıntılı şekilde görmek amacı ile BSE dedektörü ile bir görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 4.2.6). BSE görüntüsünün elementel dağılımı gösteren genel bir EDS haritası da bu analiz süresince elde edilmiştir (Şekil 4.2.7). Bununla beraber, BSE görüntüsünün ayrıntılı EDS spektrumu ile içeriğindeki elementlerin bolluğu da yüzde (%) olarak tabloda listelenmiştir (Şekil 4.2.8 ve Tablo 4.2.1).



Şekil 4.2.8 Bölge 1'e ait EDS spektrum özeti.

Tablo 4.2.1 Bölge 1'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

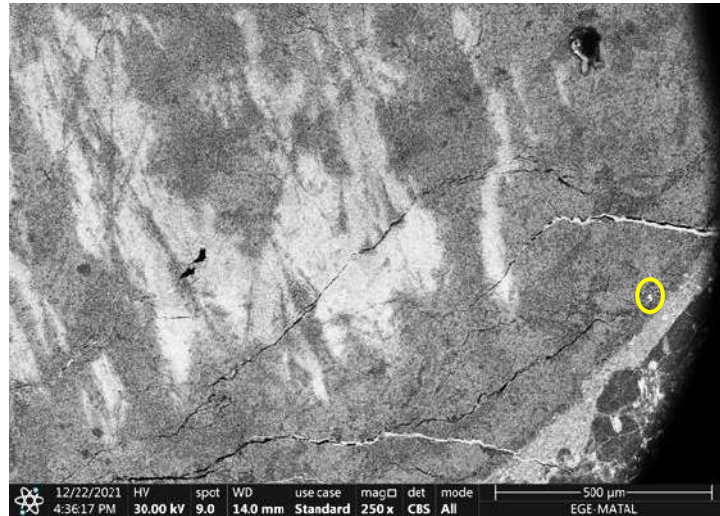
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.01	10.54
O K	40.36	53.09
MgK	4.91	4.25
AlK	15.16	11.82
SiK	13.42	10.06
S K	0.27	0.18
K K	0.00	0.00
CaK	17.12	8.99
TiK	0.71	0.31
CrK	0.05	0.02
FeK	1.74	0.66
CoK	0.00	0.00
NiK	0.25	0.09

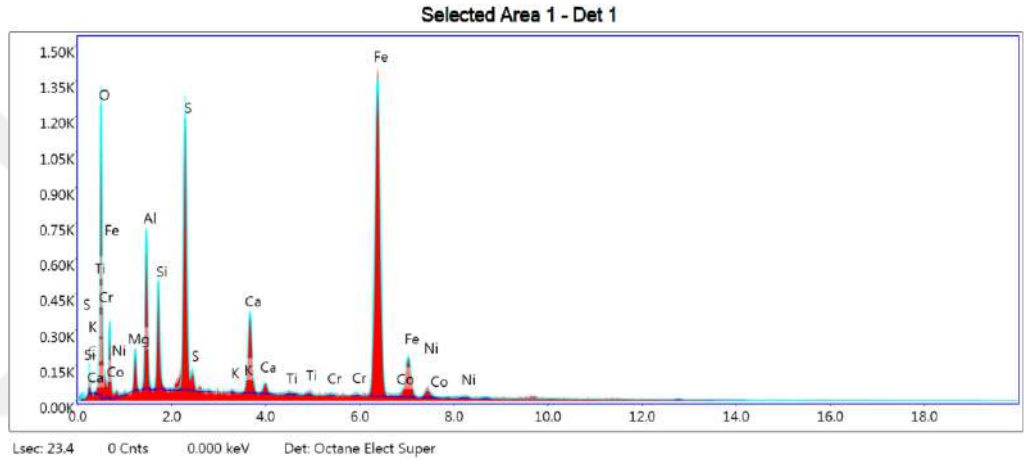
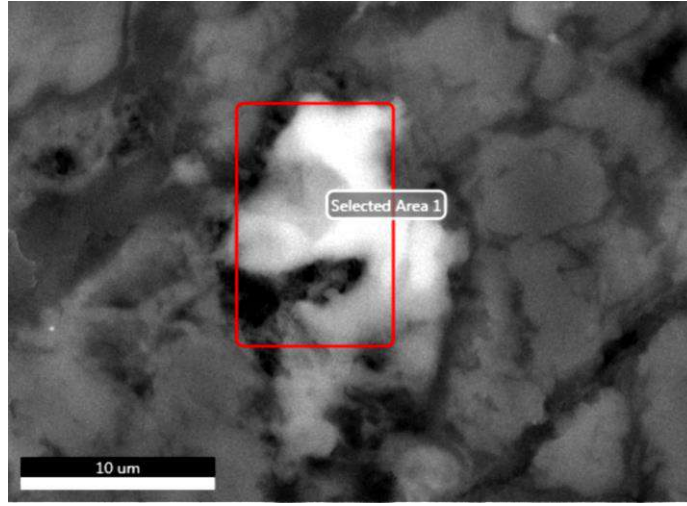
Şekil 4.2.6'daki BSE görüntüsünün farklı yerlerinden sekiz adet alan belirlenmiştir. Bu sekiz alanın BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve element tabloları Ek 1'de verilmiştir. Belirlenen bu sekiz farklı alanın alan analizi Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Belirlenen sekiz farklı alan; Bölge 1 Alan 1 (Şekil 4.2.9), Bölge 1 Alan 2 (Şekil 4.2.10), Bölge 1 Alan 3 (Şekil 4.2.11), Bölge 1 Alan 4 (Şekil 4.2.12), Bölge 1 Alan 5 (Şekil 4.2.13), Bölge 1 Alan 6 (Şekil 4.2.14), Bölge 1 Alan 7 (Şekil 4.2.15) ve Bölge 1 Alan 8 (Şekil 4.2.16) olarak adlandırılmıştır. Her bir alan analizine ait EDS spektrumları ve elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak, sırasıyla elde edilmiş ve tabloda listelenmiştir.

Bununla birlikte, Bölge 1'in BSE görüntüsünün farklı yerlerinden altı adet nokta seçilmiş ve bu noktaların nokta analizi gerçekleştirilmiştir. Bu altı noktanın BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve element tabloları Ek 2'de verilmiştir. Seçilen bu altı farklı nokta; Bölge 1 Nokta 2 (Şekil 4.2.17), Bölge 1 Nokta 3 (Şekil 4.2.18), Bölge 1 Nokta 4 (Şekil 4.2.19), Bölge 1 Nokta 5 (Şekil 4.2.20), Bölge 1 Nokta 6 (Şekil 4.2.21) ve Bölge 1 Nokta 7 (Şekil 4.2.22) olarak isimlendirilmiştir. Her bir nokta analizine ait EDS spektrumları ve elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak, sırasıyla elde edilmiş ve tabloda listelenmiştir.

Bu altı farklı nokta dışında ek olarak, Bölge 1'in (Şekil 4.2.6) BSE görüntüsü üzerinden seçilen başka bir parlak noktaya odaklanılmış ve seçilen parlak bölgenin hem alan analizi hem de farklı yerlerinden belirlenen üç noktanın nokta analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu üç noktanın EDS spektrumları ve element tabloları Ek 3'te verilmiştir. Bölge 1 - Parlak Alan 1'den seçilen ve Parlak Alan 1 Nokta 1 (Şekil 4.2.25), Parlak Alan 1 Nokta 2 (Şekil 4.2.26) ve Parlak Alan 1 Nokta 3 (Şekil 4.2.27) olarak adlandırılan üç noktanın nokta analizine ait EDS spektrumları ve elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiştir ve tabloda listelenmiştir. Seçilen Bölge 1 - Parlak Alan 1'e ait BSE görüntüsü ve alan analizinden elde edilen EDS spektrumu ve elementlerin yüzde (%) değerleri birlikte verilmiştir (Şekil 4.2.24 ve Tablo 4.2.16). Analizi yapılan parlak noktanın yeri Bölge 1'e ait BSE görüntüsü üzerinde sarı renk ile işaretlenerek gösterilmiştir (Şekil 4.2.23).



Şekil 4.2.23 Bölge 1'in BSE görüntüsü ve parlak nokta (sarı halka).



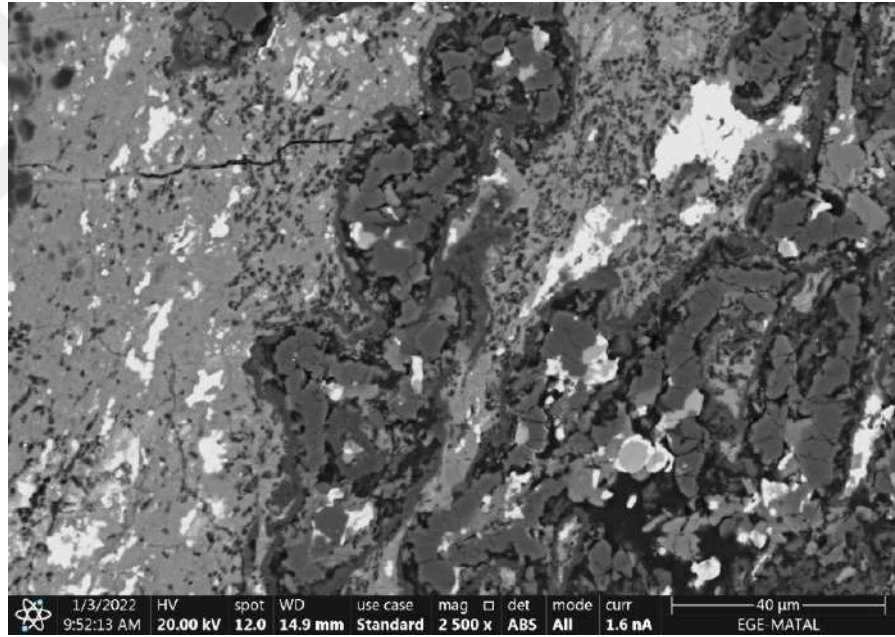
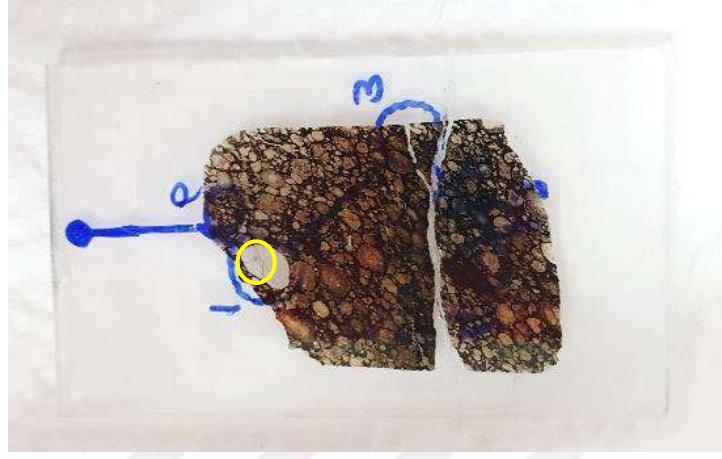
Şekil 4.2.24 Bölge 1 - Parlak Alan 1'in BSE görüntüsü ve EDS spektrumu.

Tablo 4.2.16 Bölge 1 - Parlak Alan 1'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

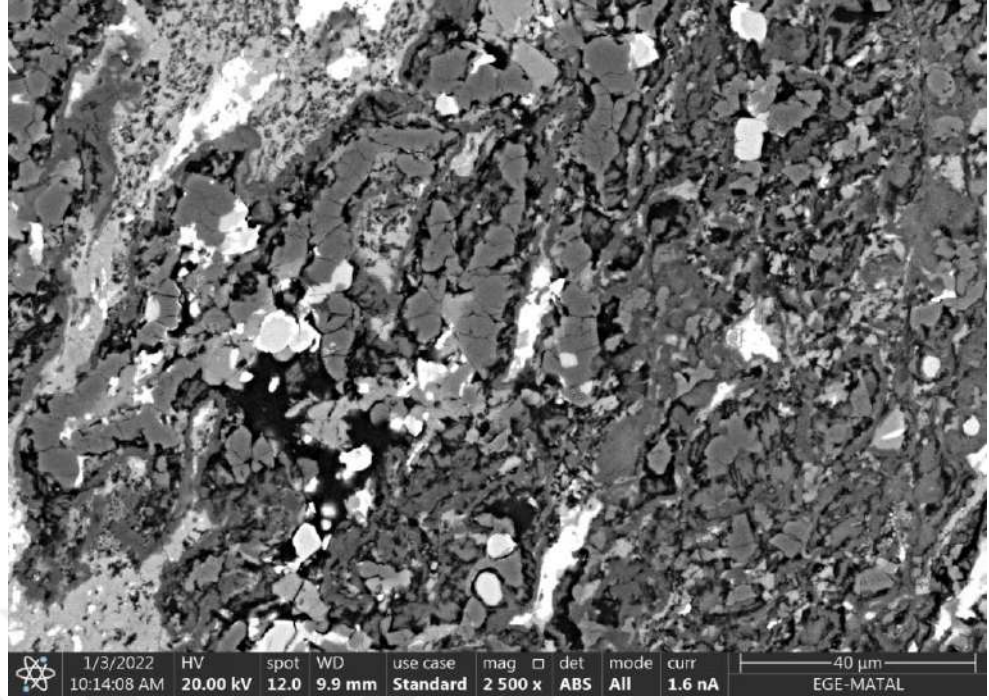
Element	Weight %	Atomic %
C K	9.38	17.78
O K	34.53	49.13
MgK	2.54	2.38
AlK	7.40	6.24
SiK	4.38	3.55
S K	10.85	7.71
K K	0.10	0.06
CaK	3.75	2.13
TiK	0.15	0.07
CrK	0.12	0.05
FeK	25.95	10.58
CoK	0.04	0.02
NiK	0.81	0.32

İnce kesitin üzerinde numaralandırılmış olan Bölge 1 (mavi halka) içerisinde belirlenen alanın (sarı renk) SEM-BSE görüntüsü elde edilmiş ve Bölge 2 olarak adlandırılmıştır. Bölge 2'nin SEM-BSE görüntüsü Şekil 4.2.28'de verilmiştir.



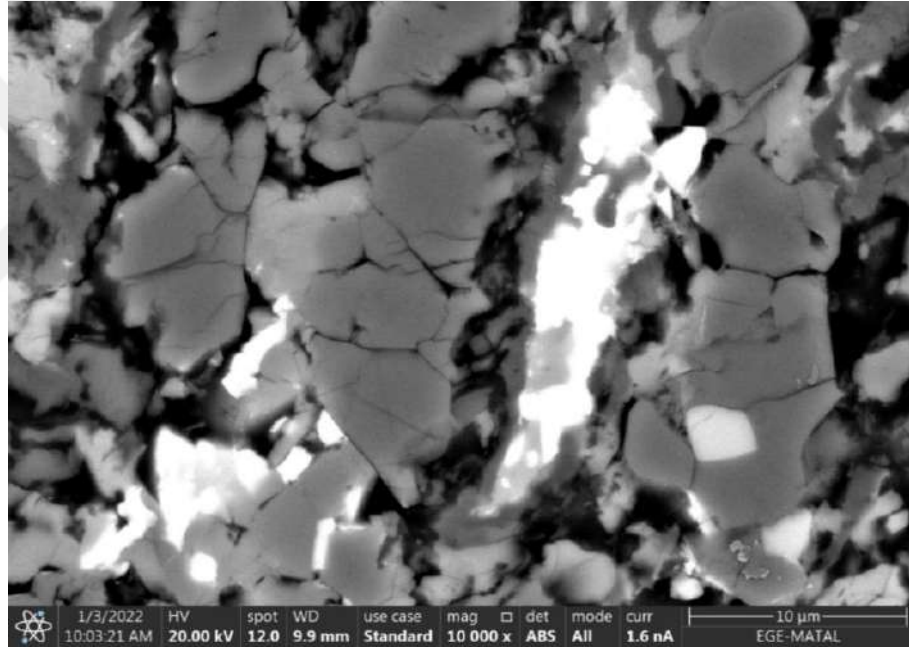
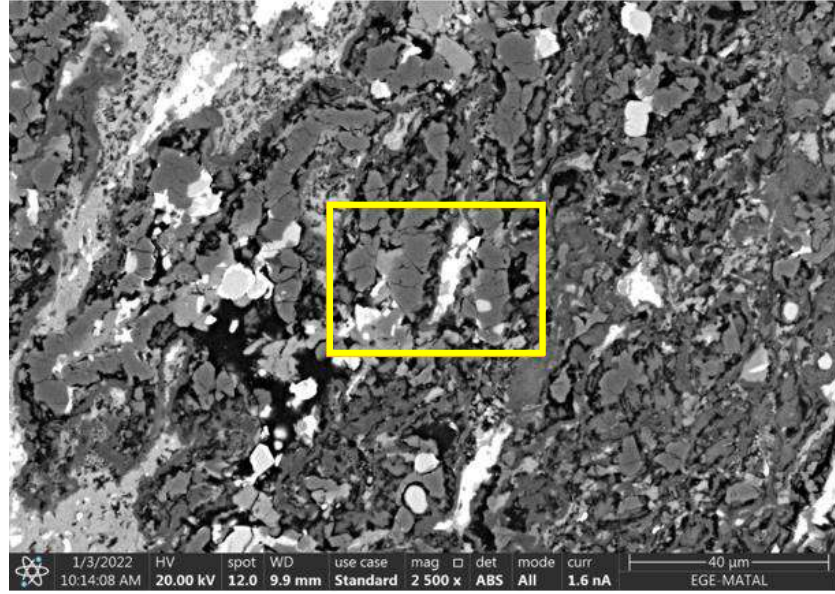
Şekil 4.2.28 Bölge 2'nin ince kesit üzerindeki yeri (üst) ve BSE görüntüsü (alt).

Analiz öncesinde, Bölge 2'nin SEM-BSE görüntüsü üzerinde fazların daha net görülebilmesi ve ayırt edilebilmesi için kontrast %66,20 ve parlaklık %42,50 olarak ayarlanmıştır. Böylece, Bölge 2'nin BSE görüntüsünün netliği üzerinde iyileştirmeler yapılmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, çalışma mesafesi 9,9 mm ve büyütme 2500x olarak belirlenmiştir. Bu girdilere göre Bölge 2 üzerinden elde edilen yeni BSE görüntüsü Şekil 4.2.29'da verilmiştir.



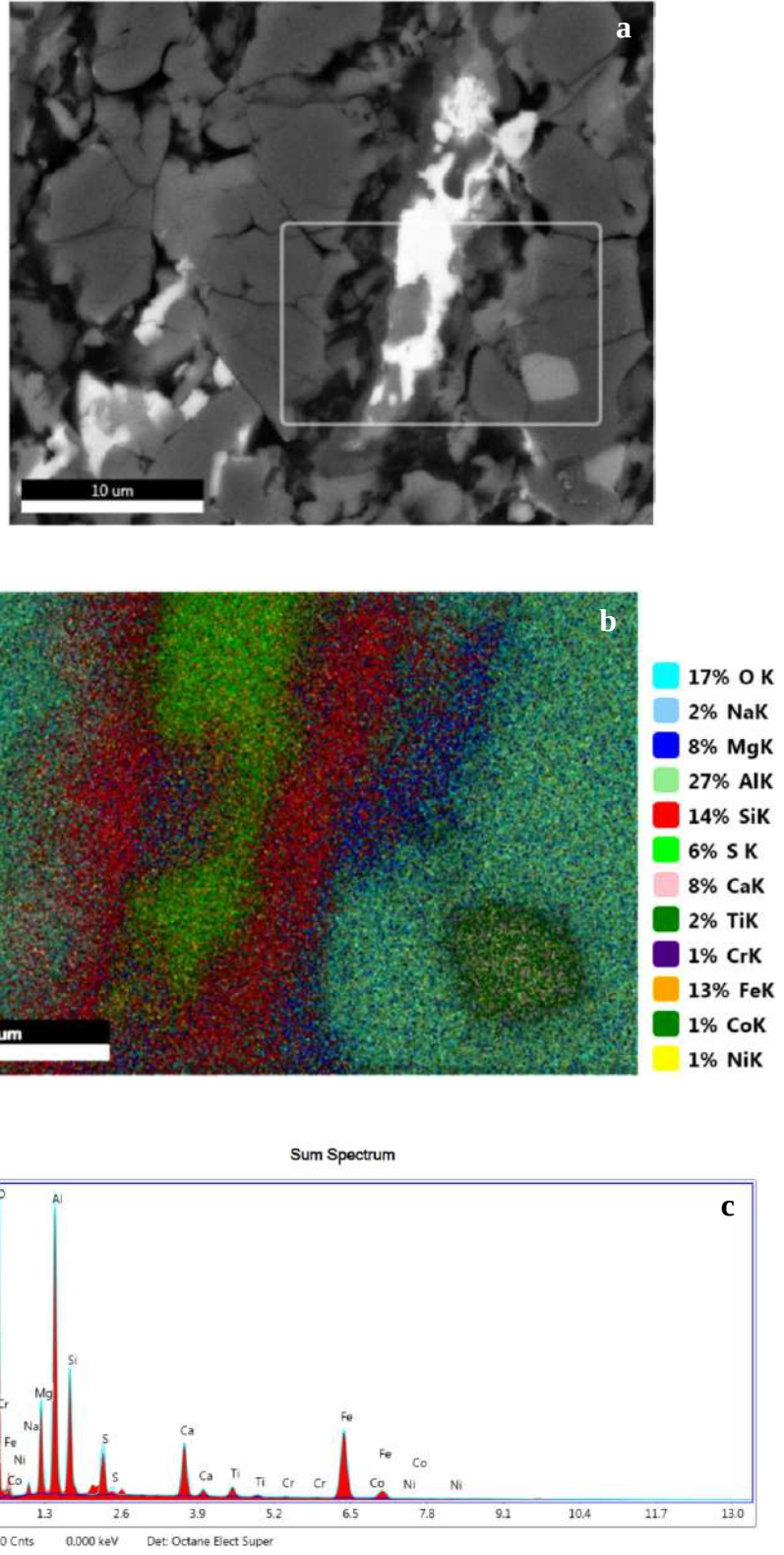
Şekil 4.2.29 Bölge 2'nin BSE görüntüsü.

Bölge 2'ye ait yeni BSE görüntüsü üzerinden bir parlak bölge (sarı renk) seçilmiş ve bu bölge Bölge 2 - Parlak Nokta 1 olarak isimlendirilmiştir. Seçilen bölge ve Bölge 2 - Parlak Nokta 1'in yakınlaştırılmış hali Şekil 4.2.30'da gösterilmektedir. Bölge 2 - Parlak Nokta 1'in BSE görüntüsü için kontrast %66,20 ve parlaklık %42,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, çalışma mesafesi 9,9 mm, büyütme 10000x olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.2.30 Analiz için seçilen alan (sarı renk) (üst) ve seçilen alan Bölge 2 - Parlak Nokta 1'in yakınlaştırılmış BSE görüntüsü (alt).

Bölge 2 - Parlak Nokta 1'in BSE görüntüsü üzerinden EDS analizi için bir bölge seçilmiş ve bu bölge üzerinde alan analizi SEM cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Alan analizine ait EDS haritası, EDS spektrumu ve elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş ve tabloda listelenmiştir (Şekil 4.2.31 ve Tablo 4.2.20).



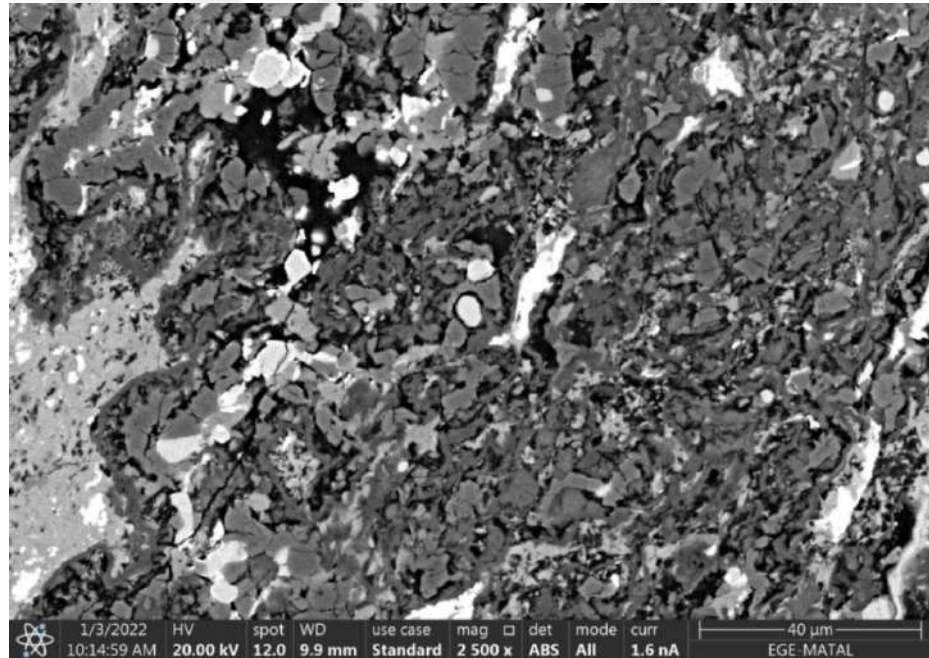
Şekil 4.2.31 Bölge 2 - Parlak Nokta 1 üzerinden seçilmiş alanın a) BSE görüntüsü, b) EDS haritası, c) EDS spektrumu.

Tablo 4.2.20 Bölge 2 - Parlak Nokta 1'in BSE görüntüsü üzerinden seçilmiş alanın elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

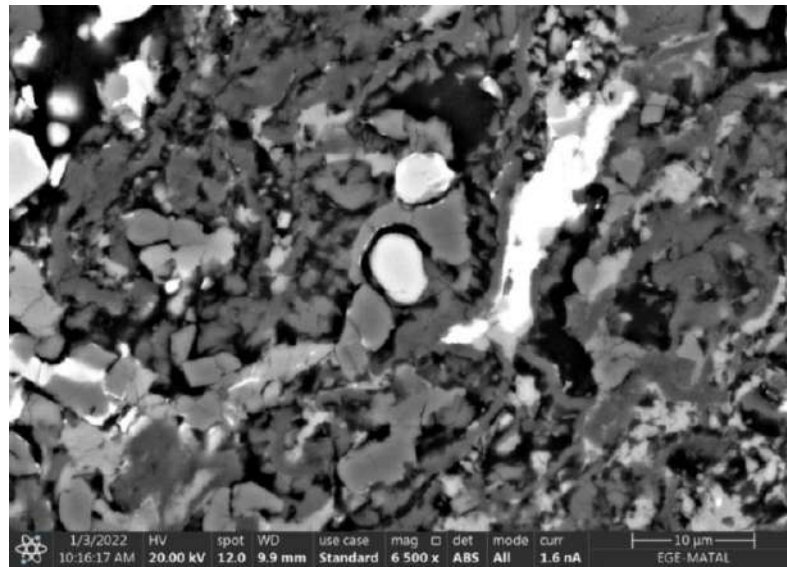
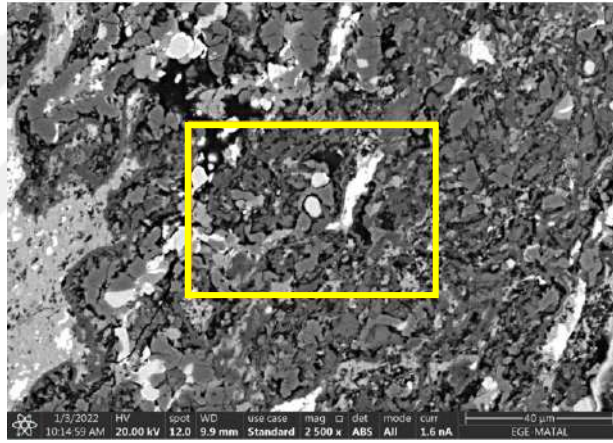
Element	Weight %	Atomic %
O K	34.17	51.78
NaK	1.29	1.36
MgK	6.61	6.59
AlK	19.27	17.31
SiK	8.59	7.41
S K	4.16	3.14
CaK	6.18	3.74
TiK	1.39	0.70
CrK	0.11	0.05
FeK	18.17	7.89
CoK	0.05	0.02
NiK	0.03	0.01

SEM/EDS analizi için Bölge 2 üzerinden başka bir parlak bölge seçilmiş ve bu bölge Bölge 2 - Parlak Nokta 2 olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.2.32). Bölge 2 - Parlak Nokta 2'nin BSE görüntüsü için kontrast %66,20 ve parlaklık %42,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0 çalışma mesafesi 9,9 mm ve büyütme 2500x olarak belirlenmiştir.

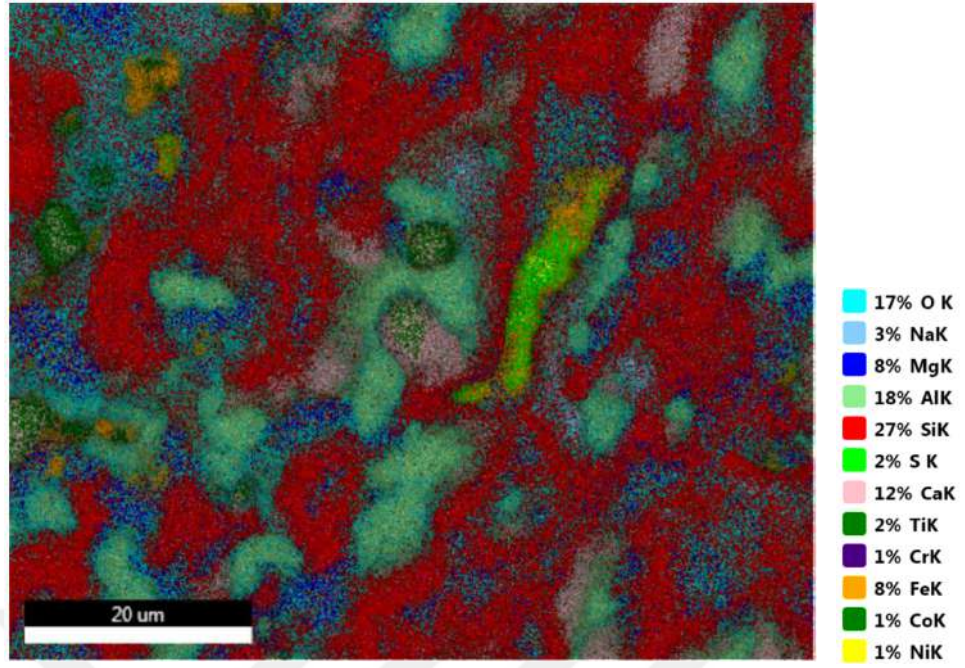


Şekil 4.2.32 Bölge 2 - Parlak Nokta 2'nin BSE görüntüsü.

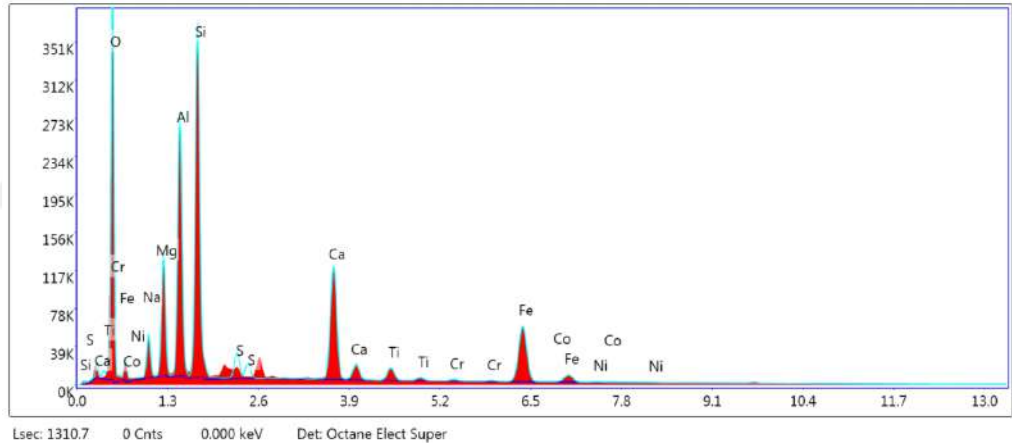
Bölge 2 - Parlak Nokta 2 BSE görüntüsü üzerinden belirlenen başka bir parlak bölgenin (sarı renk) yeri ve yakınlaştırılmış BSE görüntüsü Şekil 4.2.33'te verilmiştir. Yakınlaştırılmış BSE görüntüsü Bölge 2 - Parlak Nokta 3 olarak adlandırılmıştır. Bölge 2 - Parlak Nokta 3'ün BSE görüntüsü için kontrast %66,20 ve parlaklık %42,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, çalışma mesafesi 9,9 mm ve büyütme 6500x olarak belirlenmiştir. Bölge 2 - Parlak Nokta 3'ün EDS haritası, EDS spektrumu Şekil 4.2.34'te gösterilmiş ve elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo 4.2.21'de listelenmiştir. Bu parlak bölge için EDS haritalama verileri manuel olarak belirlenmiştir. Çözünürlük 512x400, frame (görüntü sayısı) 64 ve dwell time (alandan veriyi toplama süresi) 100 μ s olarak ayarlanmıştır. Bu girdilere göre analiz süresi yaklaşık 30 dakika sürmüştür.



Şekil 4.2.33 Bölge 2 - Parlak Nokta 3 (sarı renkli alan) (üst) ve yakınlaştırılmış BSE görüntüsü (alt).



Sum Spectrum



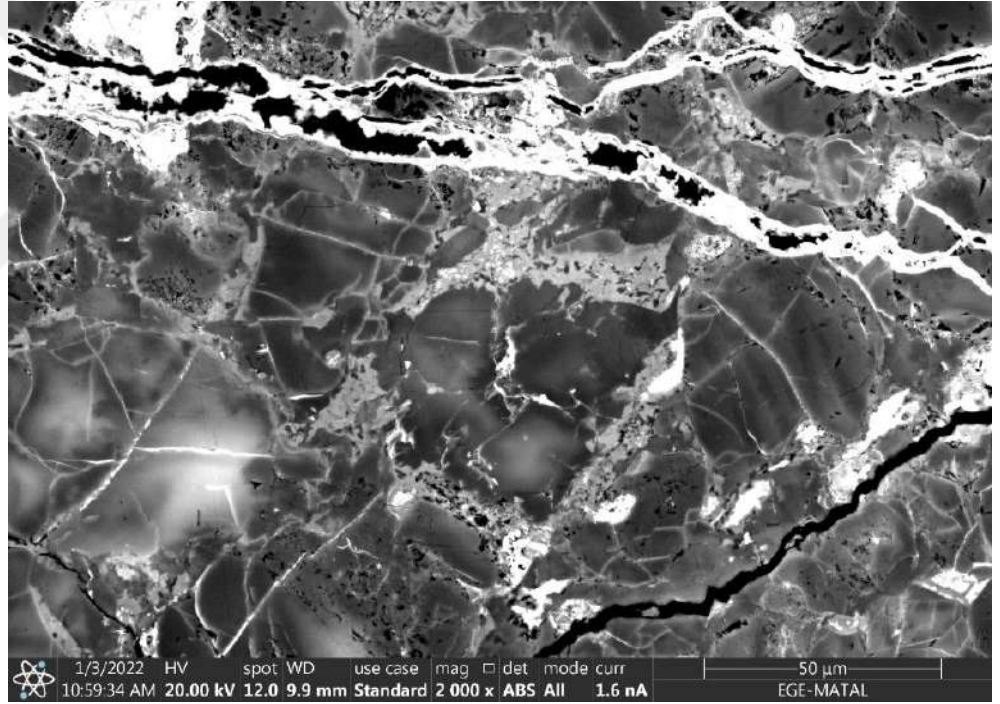
Şekil 4.2.34 Bölge 2 - Parlak Nokta 3'ün EDS haritası (üst) ve spektrumu (alt).

Tablo 4.2.21 Bölge 2 - Parlak Nokta 3' ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

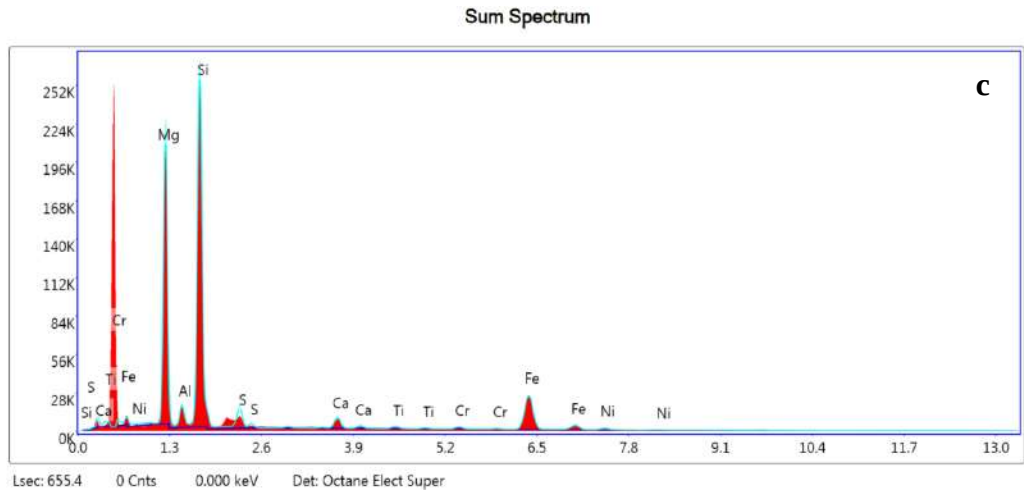
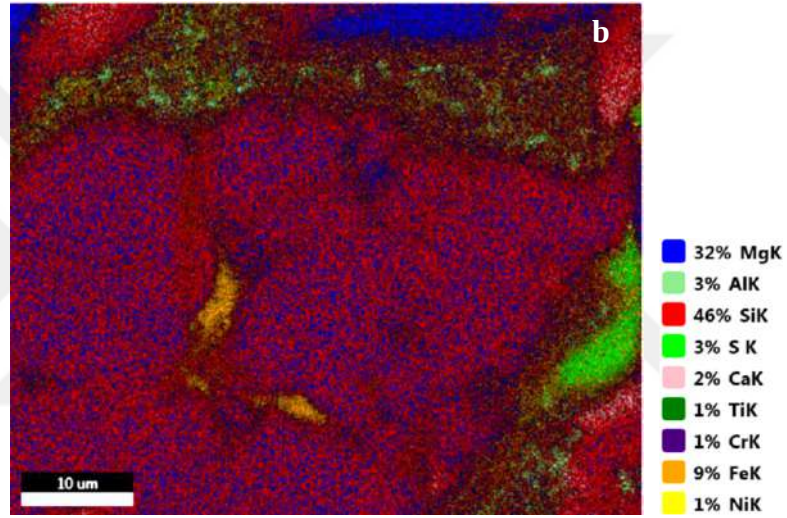
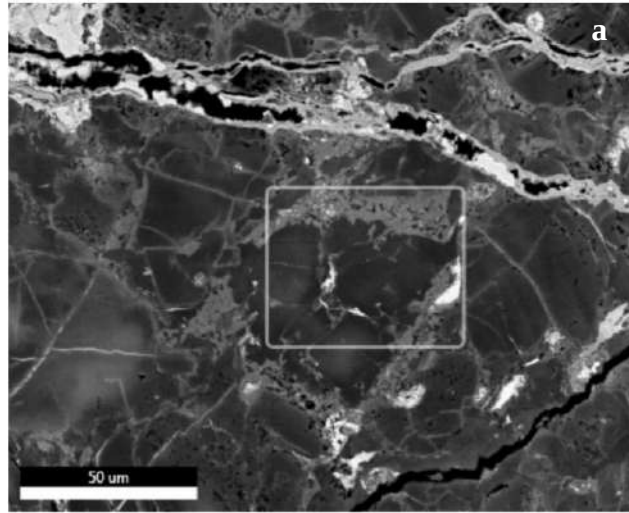
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	36.75	53.57
NaK	3.53	3.58
MgK	6.27	6.02
AlK	12.40	10.72
SiK	16.40	13.62
S K	1.41	1.03
CaK	10.06	5.86
TiK	1.42	0.69
CrK	0.19	0.09
FeK	11.42	4.77
CoK	0.04	0.01
NiK	0.11	0.04

İnce kesit üzerinde işaretli olarak bulunan Bölge 1 (mavi halka) içerisinde (Şekil 4.2.1) SEM/EDS analizi için başka bir alan seçilmiş ve bu seçilen Bölge 3 olarak adlandırılmıştır. Bölge 3'ün BSE görüntüsü Şekil 4.2.35'te verilmiştir. Bölge 3'ün BSE görüntüsü üzerinden EDS analizi için bir bölge seçilmiş ve bu bölge üzerinde alan analizi SEM cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.2.36). Bölge 3'ün BSE görüntüsü için kontrast %66,20 ve parlaklık %42,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, çalışma mesafesi 9,9 mm ve büyütme 2000x olarak belirlenmiştir. Bölge 3'ün EDS haritası ve spektrumu Şekil 4.2.36'da gösterilmiş, elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo 4.2.22'de listelenmiştir. Bu alan için EDS haritalama verileri manuel olarak belirlenmiştir. Çözünürlük 512x400, frame 32 ve dwell time 100 μ s olarak ayarlanmıştır. Bu girdilere göre analiz 15 dakika sürmüştür.



Şekil 4.2.35 Bölge 3'ün BSE görüntüsü.



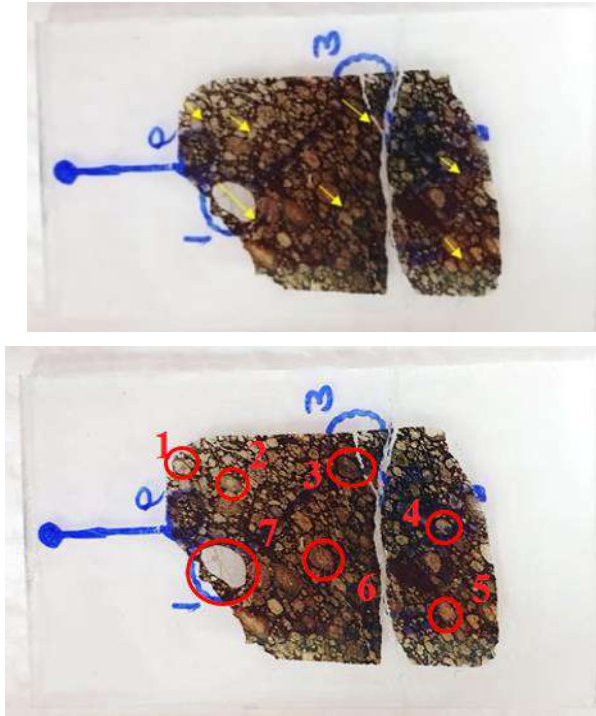
Şekil 4.2.36 Bölge 3 üzerinden seçilen alanın a) BSE görüntüsü, b) EDS haritası, c) EDS spektrumu.

Tablo 4.2.22 Bölge 3'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
MgK	29.53	36.39
AlK	2.57	2.85
SiK	42.18	44.99
S K	3.51	3.28
CaK	2.45	1.83
TiK	0.64	0.40
CrK	0.76	0.44
FeK	17.23	9.24
NiK	1.12	0.57

NWA 5508 karbonlu meteoritinin ince kesiti incelendiğinde CAI kapanımı bölgelerinde bir yönelim olduğu görülmüştür. Yönelmiş halde (sarı oklar ve kırmızı halka) bulunan yedi CAI bölgesi, analiz öncesinde, ince kesit üzerinde numaralandırılarak işaretlenmiştir. İşaretlenen her bir bölge CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7 olarak adlandırılmıştır. Bu yedi bölge Şekil 4.2.37'de gösterilmiştir. Nokta 1 hariç, geriye kalan 6 noktanın çapraz polarize ışık (XPL) ve düzlem polarize ışık (PPL) olarak elde edilen optik görüntüleri sırasıyla verilmiştir (Şekil 4.1.25, 4.1.26, 4.1.27, 4.1.28, 4.1.29 ve 4.1.30).



Şekil 4.2.37 Yönelmiş halde bulunan CAI kapanımları.

EDS haritalama verileri yedi CAI bölgesi, CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7 için manuel olarak belirlenmiştir. Çözünürlük 512x400, frame 64 ve dwell time 150 μ s olarak ayarlanmıştır. Bu girdilere göre her CAI bölgesi için analizler 40 dakika sürmüştür.

CAI Nokta 1'in SEM-BSE görüntüsü SEM cihazı ile alınmış olup, Ekler bölümünde (Ek 4) Şekil 4.2.38'de verilmiştir. CAI Nokta 1'in BSE görüntüsü için kontrast %54,32 ve parlaklık %46,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, yatay alan genişliği (HFW - Horizontal Field Width) 1,66 mm, 3072x2048 görüntü çözünürlüğü ile 5 μ s bekleme süresi, çalışma mesafesi 8,8 mm ve büyütme 250x olarak belirlenmiştir. CAI Nokta 1'in EDS haritası ve spektrumu Şekil 4.2.39'da gösterilmiş, elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo 4.2.23'te listelenmiştir. CAI Nokta 1'in BSE görüntüsü (Şekil 4.2.38), EDS haritası ve spektrumu (Şekil 4.2.39) ile ağırlıkça element tablosu (Tablo 4.2.23) Ek 4'te verilmiştir.

CAI Nokta 2'nin SEM-BSE görüntüsü SEM cihazı ile alınmış olup, Ekler bölümünde (Ek 4) Şekil 4.2.40'ta verilmiştir. CAI Nokta 2'nin BSE görüntüsü için kontrast %54,32 ve parlaklık %46,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, yatay alan genişliği 1,66 mm, 3072x2048 görüntü çözünürlüğü ile 5 μ s bekleme süresi, çalışma mesafesi 8,8 mm ve büyütme 250x olarak belirlenmiştir. CAI Nokta 2'nin EDS haritası ve spektrumu Şekil 4.2.41'de gösterilmiş, elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo 4.2.24'te listelenmiştir. CAI Nokta 2'nin BSE görüntüsü (Şekil 4.2.40), EDS haritası ve spektrumu (Şekil 4.2.41) ile ağırlıkça element tablosu (Tablo 4.2.24) Ek 4'te verilmiştir.

CAI Nokta 3'ün SEM-BSE görüntüsü SEM cihazı ile alınmış olup, Ekler bölümünde (Ek 4) Şekil 4.2.42'de verilmiştir. CAI Nokta 3'ün BSE görüntüsü için kontrast %54,32 ve parlaklık %46,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, yatay alan genişliği 1,66 mm, 3072x2048 görüntü çözünürlüğü ile 5 μ s bekleme süresi, çalışma mesafesi 8,8 mm ve büyütme 250x olarak belirlenmiştir. CAI Nokta 3'ün EDS haritası ve spektrumu Şekil 4.2.43'te gösterilmiş, elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo

4.2.25'te listelenmiştir. CAI Nokta 3'ün BSE görüntüsü (Şekil 4.2.42), EDS haritası ve spektrumu (Şekil 4.2.23) ile ağırlıkça element tablosu (Tablo 4.2.25) Ek 4'te verilmiştir.

CAI Nokta 4'ün SEM-BSE görüntüsü SEM cihazı ile alınmış olup, Ekler bölümünde (Ek 4) Şekil 4.2.44'te verilmiştir. CAI Nokta 4'ün BSE görüntüsü için kontrast %54,32 ve parlaklık %46,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, yatay alan genişliği 1,66 mm, 3072x2048 görüntü çözünürlüğü ile 5 µs bekleme süresi, çalışma mesafesi 8,8 mm ve büyütme 250x olarak belirlenmiştir. CAI Nokta 4'ün EDS haritası ve spektrumu Şekil 4.2.45'te gösterilmiş, elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo 4.2.26'da listelenmiştir. CAI Nokta 4'ün BSE görüntüsü (Şekil 4.2.44), EDS haritası ve spektrumu (Şekil 4.2.45) ile ağırlıkça element tablosu (Tablo 4.2.26) Ek 4'te verilmiştir.

CAI Nokta 5'in SEM-BSE görüntüsü SEM cihazı ile alınmış olup, Ekler bölümünde (Ek 4) Şekil 4.2.46'da verilmiştir. CAI Nokta 5'in BSE görüntüsü için kontrast %54,32 ve parlaklık %46,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, yatay alan genişliği 1,18 mm, 3072x2048 görüntü çözünürlüğü ile 5 µs bekleme süresi, çalışma mesafesi 8,8 mm ve büyütme 350x olarak belirlenmiştir. CAI Nokta 5'in EDS haritası ve spektrumu Şekil 4.2.47'de gösterilmiş, elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo 4.2.27'de listelenmiştir. CAI Nokta 5'in BSE görüntüsü (Şekil 4.2.46), EDS haritası ve spektrumu (Şekil 4.2.47) ile ağırlıkça element tablosu (Tablo 4.2.27) Ek 4'te verilmiştir.

CAI Nokta 6'nın SEM-BSE görüntüsü SEM cihazı ile alınmış olup, Ekler bölümünde (Ek 4) Şekil 4.2.48'de verilmiştir. CAI Nokta 6'nın BSE görüntüsü için kontrast %54,32 ve parlaklık %46,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, yatay alan genişliği 1,66 mm, 3072x2048 görüntü çözünürlüğü ile 5 µs bekleme süresi, çalışma mesafesi 8,8 mm ve büyütme 250x olarak belirlenmiştir. CAI Nokta 6'nın EDS haritası ve spektrumu Şekil 4.2.49'da gösterilmiş, elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo 4.2.28'de listelenmiştir. CAI Nokta 6'nın BSE görüntüsü (Şekil 4.2.48), EDS

haritası ve spektrumu (Şekil 4.2.49) ile ağırlıkça element tablosu (Tablo 4.2.28) Ek 4'te verilmiştir.

CAI Nokta 7'ye SEM-BSE görüntüsü SEM cihazı ile alınmış olup, Ekler bölümünde (Ek 4) Şekil 4.2.50'de verilmiştir. CAI Nokta 7'nin BSE görüntüsü için kontrast %54,32 ve parlaklık %46,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmış ve nokta boyutu 12,0, yatay alan genişliği 1,66 mm, 3072x2048 görüntü çözünürlüğü ile 5 µs bekleme süresi, çalışma mesafesi 8,8 mm ve büyütme 250x olarak belirlenmiştir. CAI Nokta 7'nin EDS haritası ve spektrumu Şekil 4.2.51'de gösterilmiş, elementlerin bolluğu yüzdelik (%) değer olarak elde edilmiş olup Tablo 4.2.29'da listelenmiştir. CAI Nokta 7'nin BSE görüntüsü (Şekil 4.2.50), EDS haritası ve spektrumu (Şekil 4.2.51) ile ağırlıkça element tablosu (Tablo 4.2.29) Ek 4'te verilmiştir.

Bu yedi CAI noktasından elde edilen EDS haritalarına ek olarak, CAI Nokta 3 ve Nokta 6'ya ait BSE görüntülerinin farklı bölgelerinden EDS nokta analizleri gerçekleştirilmiştir. CAI Nokta 3'ün BSE görüntüsü (Ek 4 - Şekil 4.2.42) üzerinden seçilen sekiz parlak noktanın nokta analizi yapılmıştır. Bu sekiz parlak noktaya ait BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve ağırlıkça element tabloları Ek 5'te verilmiştir. Seçilen parlak noktalar, CAI Nokta 3 Parlak 1 (Şekil 4.2.52), CAI Nokta 3 Parlak 2 (Şekil 4.2.53), CAI Nokta 3 Parlak 3 (Şekil 4.2.54), CAI Nokta 3 Parlak 4 (Şekil 4.2.55), CAI Nokta 3 Parlak 5 (Şekil 4.2.56), CAI Nokta 3 Parlak 6 (Şekil 4.2.57), CAI Nokta 3 Parlak 7 (Şekil 4.2.58) ve CAI Nokta 3 Parlak 8 (Şekil 4.2.59) olarak adlandırılmıştır. Her bir parlak noktadan elde edilen EDS spektrumu ile elementlerin yüzde (%) değerleri tabloda listelenerek, sırasıyla verilmiştir.

CAI Nokta 6'nın BSE görüntüsü (Ek 4 - Şekil 4.2.48) üzerinden seçilen beş parlak noktanın nokta analizi yapılmıştır. Bu beş parlak noktaya ait BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve ağırlıkça element tabloları Ek 6'da verilmiştir. Seçilen parlak noktalar, CAI Nokta 6 Parlak 1 (Şekil 4.2.60), CAI Nokta 6 Parlak 2 (Şekil 4.2.61), CAI Nokta 6 Parlak 3 (Şekil 4.2.62), CAI Nokta 6 Parlak 4 (Şekil 4.2.63) ve CAI Nokta 6 Parlak 5 (Şekil 4.2.64) olarak isimlendirilmiştir. Her bir parlak noktadan elde edilen EDS spektrumu ile elementlerin yüzde (%) değerleri tabloda listelenerek sırasıyla verilmiştir.

Ek olarak, CAI Nokta 1, CAI Nokta 2 ve CAI Nokta 3'ün BSE görüntüleri (Ek 4 sırasıyla, Şekil 4.2.38, Şekil 4.2.40 ve Şekil 4.2.42) üzerinden seçilen bölgenin sol üstünden başlayarak sağ alta doğru bir çizgi (line) çizilip, tez literatüründe ilk kez EDS çizgi profil analizi de bu çalışma kapsamında yapılmıştır. Her bir nokta için, sırasıyla EDS çizgi profilinin spektrumu elde edilmiştir. Çizgi profili analizleri, CAI kapanımlarına ait herhangi bir uzanımın (elongation) ve miktar değişiminin olup olmadığına bakılması amacıyla yapılmıştır. Mineralojik olarak yapının değişmesi ve uzanım yönündeki mineralojik dağılım, meteoritin maruz kaldığı şok etkisi hakkında bilgi verebilir, o yönde bir yer değiştirme, yeniden yönlendirme veya yeniden kristalleşme olabilir. Bu etkiler, atmosferik girişten kaynaklı olabileceği gibi, aynı zamanda meteoritin olası kaynak gövdesinde bir çarpmaya maruz kalması sebebiyle, Dünya atmosferine girip yere öyle düşmesi kaynaklı da olabilir. CAI Nokta 1 (Şekil 4.2.65) için CAI Nokta 1-1 (Şekil 4.2.66), CAI Nokta 1-2 (Şekil 4.2.67) ve CAI Nokta 1-3 (Şekil 4.2.68) olmak üzere dört çizgi analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden elde edilen EDS spektrumları Ek 7'de verilmiştir. CAI Nokta 2 ve CAI Nokta 3'ün BSE görüntüsü (sırasıyla, Şekil 4.2.40 ve Şekil 4.2.42) üzerinden gerçekleştirilen çizgi analizlerinden elde edilen EDS spektrumları (Şekil 4.2.69 ve Şekil 4.2.70) da Ek 7'de verilmiştir. Çizgi profili sonuçlarına göre mineralojik olarak bir değişimin varlığına işaret eden bölgeler, özellikle Şekil 4.2.69 ve 4.2.70'te belirgin olup, siyah daire içine alınarak gösterilmiştir (Ek 7).

CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7 olarak adlandırılan yedi CAI kapanım bölgesinin SEM/EDS görüntüleri ve EDS haritalarından (Ek 4 - Şekil 4.2.39, 4.2.40, 4.2.41, 4.2.42, 4.2.43, 4.2.44 ve 4.2.45) yüzde değer olarak elde edilen kimyasal bileşimlerine ilişkin özet, Tablo 4.2.43'te verilmiştir. Ayrıca, bu yedi CAI kapanımının EDS analizleri sonucu elde edilen element tablolarından (Ek 4 - Tablo 4.2.23, 4.2.24, 4.2.25, 4.2.26, 4.2.27, 4.2.28 ve 4.2.29), kapanımların içerdiği elementlerin ağırlıkça (wt%) değerleri de Tablo 4.2.44'te özetlenmiştir.

Tablo 4.2.43 Yedi CAI kapanımının EDS haritalarından elde edilen kimyasal bileşiminin yüzdelik (%) değerleri.

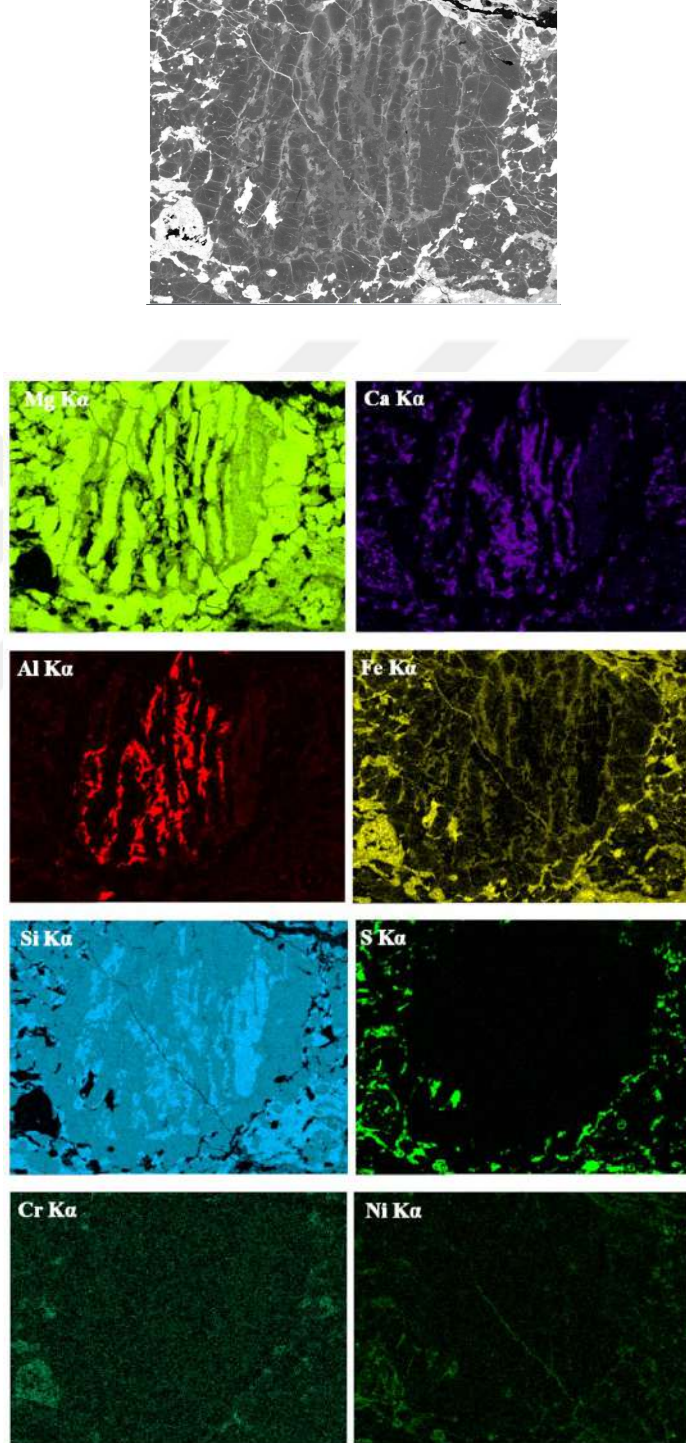
CAI Nokta	Si	Mg	Fe	S	Al	Ca
1	34	19	12	4	-	-
2	29	25	13	5	-	-
3	27	26	15	4	-	-
4	29	32	8	-	-	-
5	26	23	16	8	-	-
6	29	29	11	4	-	-
7	25	28	-	-	27	21

Tablo 4.2.44 Yedi CAI kapanımının element tablolarından elde edilen elementlerin ağırlıkça (wt%) değerleri.

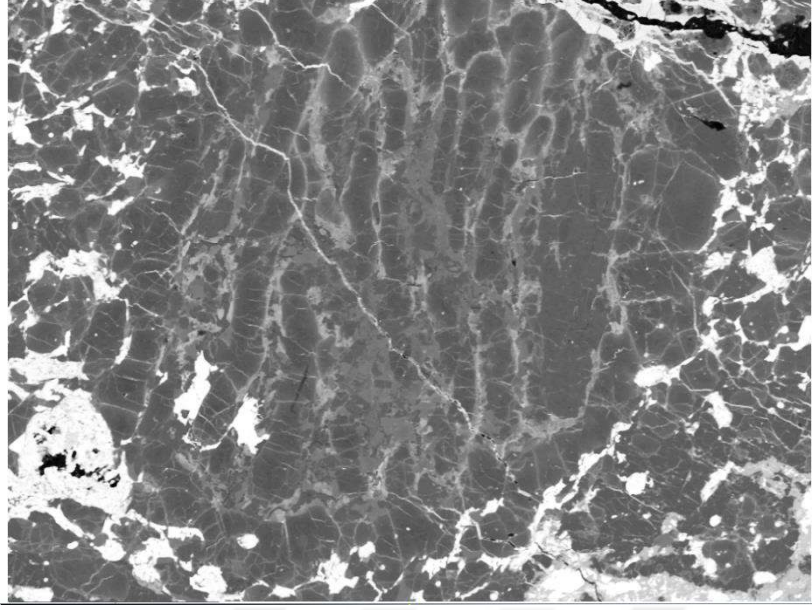
CAI Nokta	Si	Mg	Fe	S	Al	Ca
1	21,29	16,21	15,58	2,84	-	-
2	19,31	21,88	16,40	3,21	-	-
3	17,93	23,70	17,81	2,76	-	-
4	19,91	26,29	10,54	-	-	-
5	16,94	20,75	19,79	5,05	-	-
6	19,56	25,02	13,44	2,90	-	-
7	15,04	5,53	-	-	16,83	17,35

NWA 5508 karbonlu meteoritinin ince kesiti üzerinden daha önce belirlenen ve yedi CAI kapanımından ikisi olan CAI Nokta 2 ve CAI Nokta 7 ile bu yedi CAI kapanımı dışında diğer bir CAI noktasının SEM/EDS deneyleri NASA-Johnson Uzay Merkezi (JSC)'nde yapılmıştır. Analizler, Oxford Ultim Max 170 EDS dedektör sistemi ile donatılmış JSM-7600F SEM cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Meteorit numunesi haritalama için, Oxford Instruments Ultim Max geniş alanlı (170 mm²) Si sürüklenme (drift) EDS dedektörü ile donatılmış bir JEOL 7600 FESEM kullanılarak karakterize edilmiştir. BSE görüntüleri, 25-2000x büyütme aralığında alınmıştır ve her kare 90 sn'de toplanmıştır. EDS haritaları, 15 kV enerjide, 5nA'de, 1024 çözünürlükte ve piksel başına 100 µs dwell time ile elde edilmiştir. CAI bölgelerinin Mg, Ca, Al, Fe, Si, S, Cr ve Ni EDS element haritaları, CAI Nokta 2, diğer bir CAI noktası ve Nokta 7 kapanımı için sırasıyla, Şekil 4.2.71, 4.2.76 ve 4.2.80 olarak aşağıda verilmiştir. Mg, Ca, Al, Si, Fe, S ve Ni EDS haritaları, ImageJ (IJ 1.46r) programı ile birleştirilerek yeniden renklendirilmiştir.

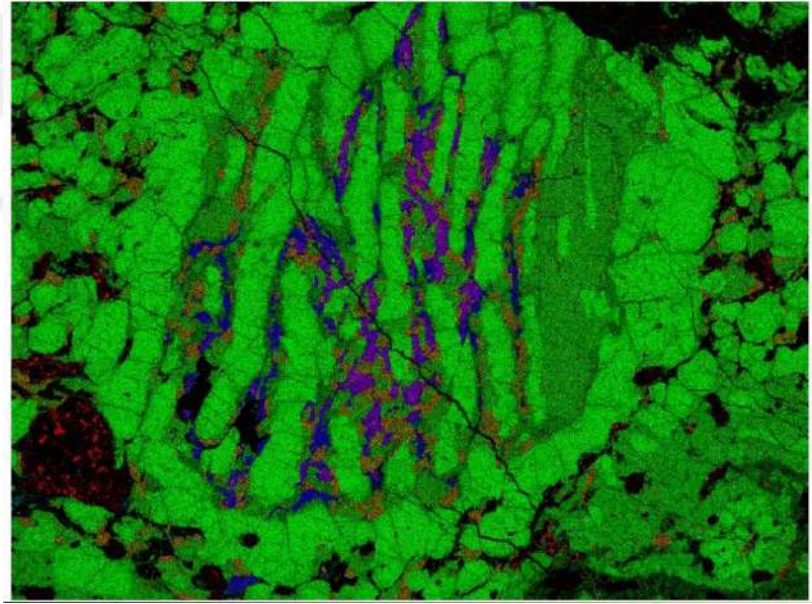
CAI Nokta 2'nin BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si, S, Cr ve Ni EDS element haritaları Şekil 4.2.71'de verilmiştir. CAI Nokta 2'ye ait BSE görüntüsü Şekil 4.2.72'de verilmiştir. Bu kapanımın birleştirilen ve yeniden renklendirilen EDS haritaları Şekil 4.2.73, Şekil 4.2.74 ve Şekil 4.2.75'te verilmiştir.



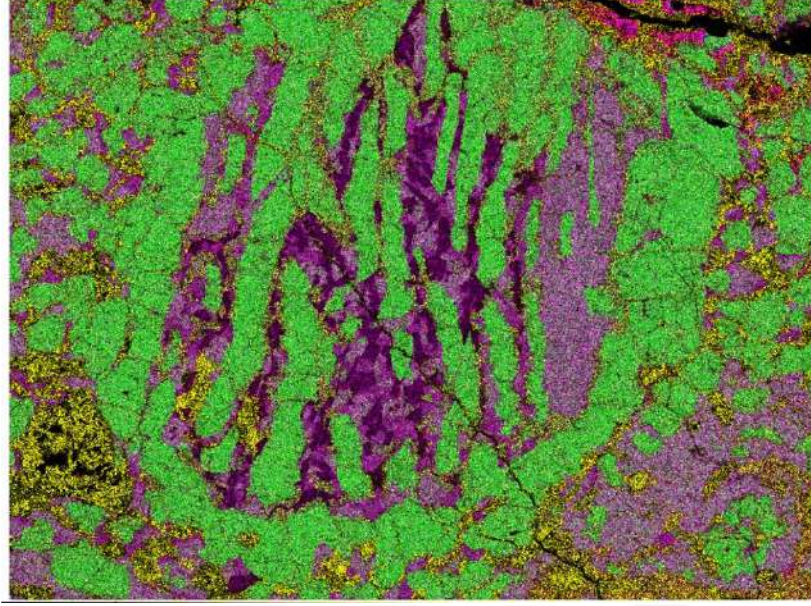
Şekil 4.2.71 CAI Nokta 2'nin BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si, S, Cr ve Ni EDS element haritaları.



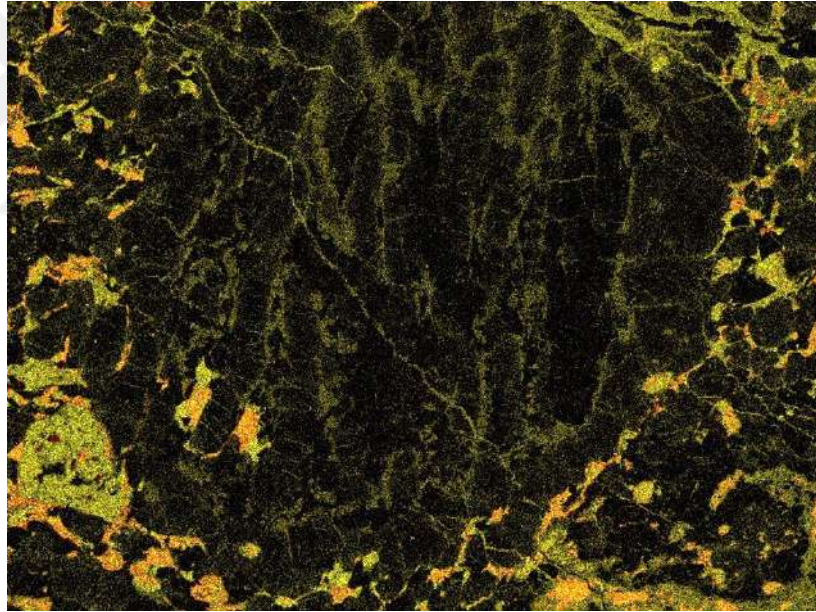
Şekil 4.2.72 CAI Nokta 2'nin BSE görüntüsü.



Şekil 4.2.73 CAI Nokta 2'nin Mg-Ca-Al EDS haritası (Mg: yeşil, Ca: kırmızı, Al: mavi).

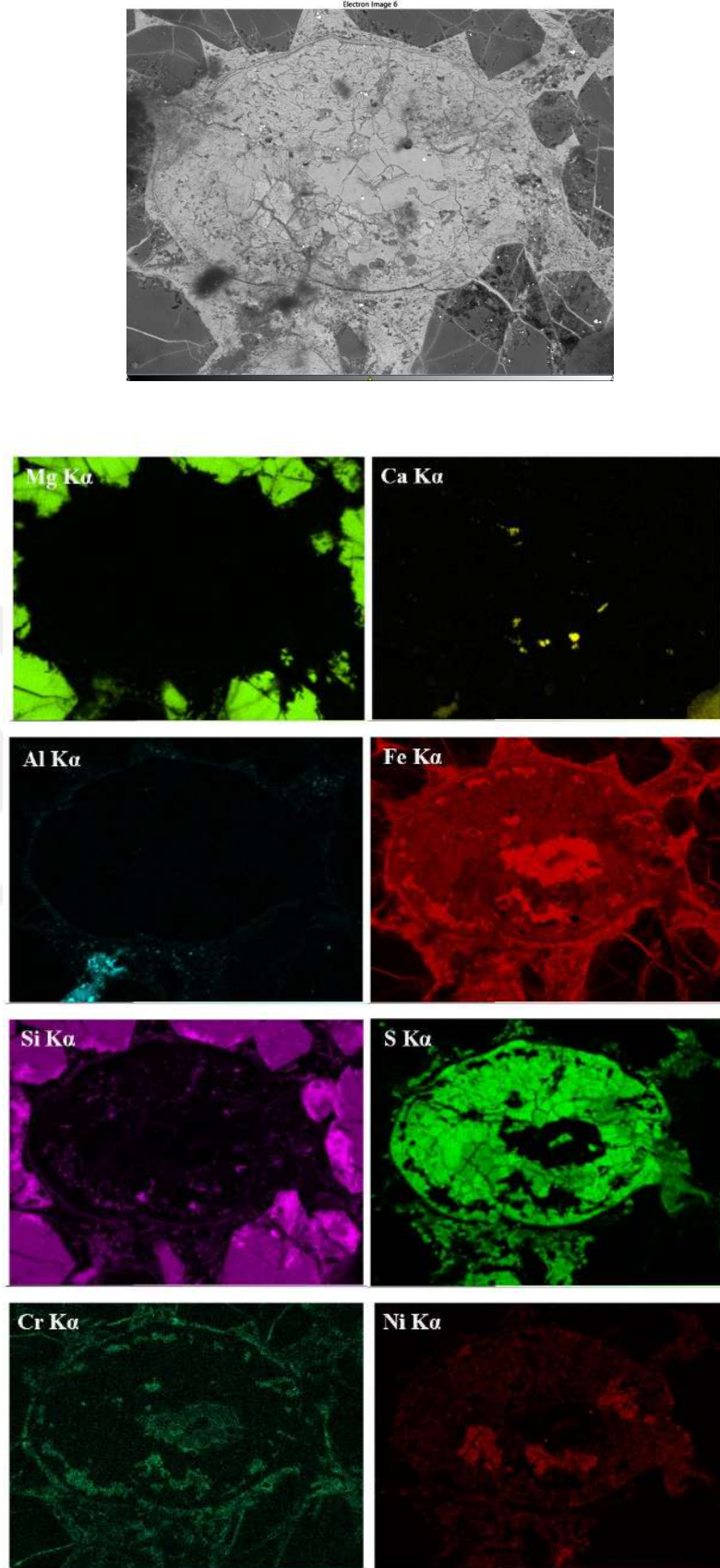


Şekil 4.2.74 CAI Nokta 2'nin Mg-Si-Fe EDS haritası (Mg: yeşil, Si: mor, Fe: sarı).

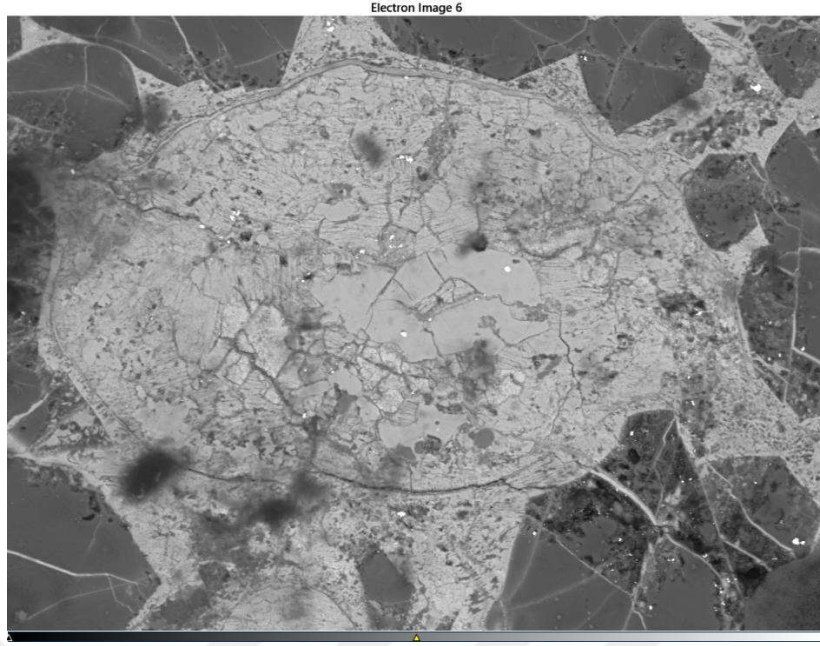


Şekil 4.2.75 CAI Nokta 2'nin Fe-S EDS haritası (Fe: yeşil, S: turuncu).

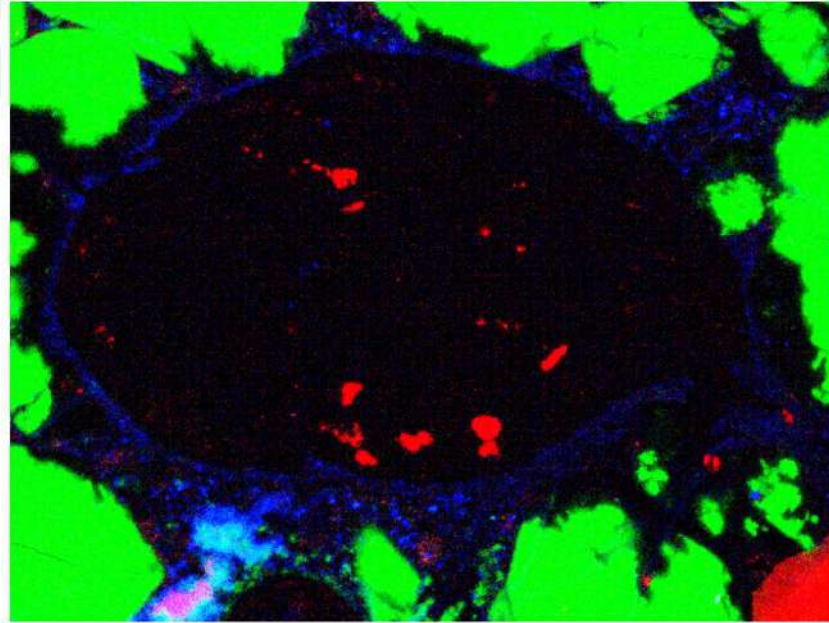
Bir diğer CAI noktasının BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si, S, Cr ve Ni EDS element haritaları Şekil 4.2.76'da verilmiştir. Bu noktaya ait BSE görüntüsü ve birleştirilip yeniden renklendirilen EDS haritaları sırasıyla, Şekil 4.2.77 ve Şekil 4.2.81 arasında aşağıda verilmiştir.



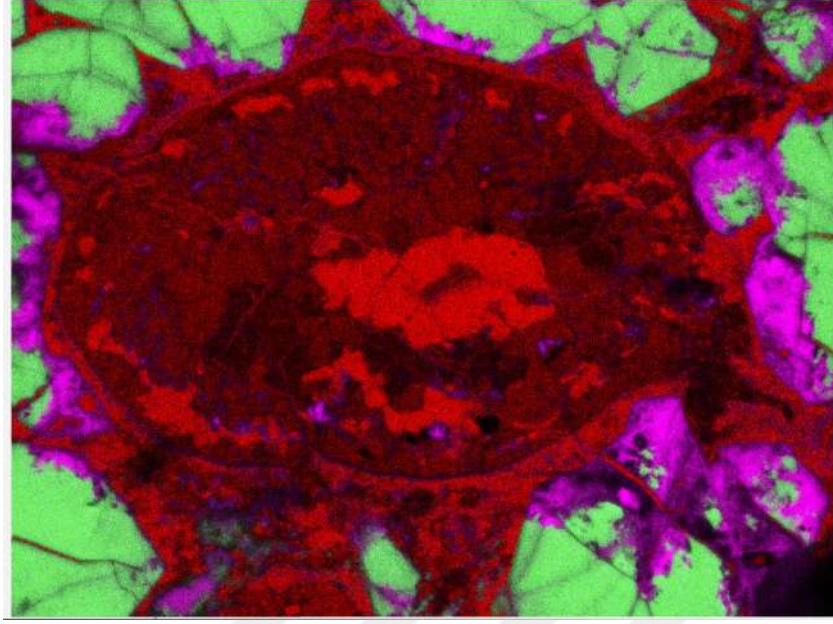
Şekil 4.2.76 Diğer bir CAI noktasının BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si, S, Cr ve Ni EDS element haritaları.



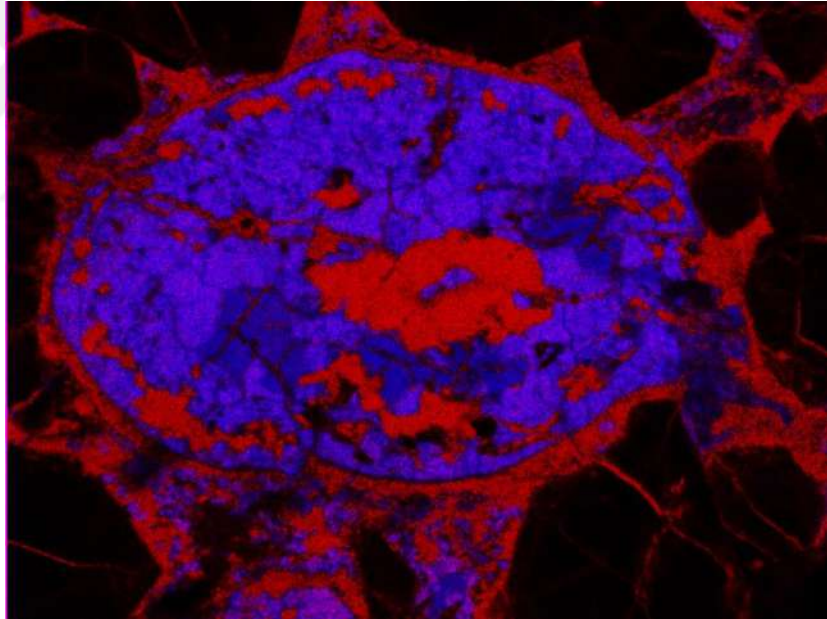
Şekil 4.2.77 Diğer bir CAI noktasının BSE görüntüsü.



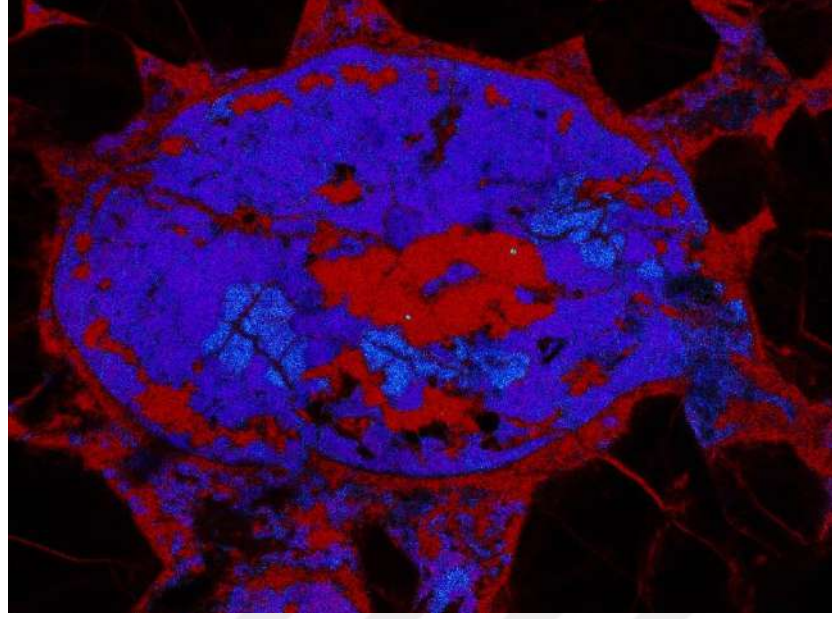
Şekil 4.2.78 Diğer bir CAI noktasının Mg-Ca-Al EDS haritası (Mg: yeşil, Ca: kırmızı, Al: mavi).



Şekil 4.2.79 Diğer bir CAI noktasının Mg-Si-Fe EDS haritası (Mg: yeşil, Si: pembe, Fe: kırmızı).

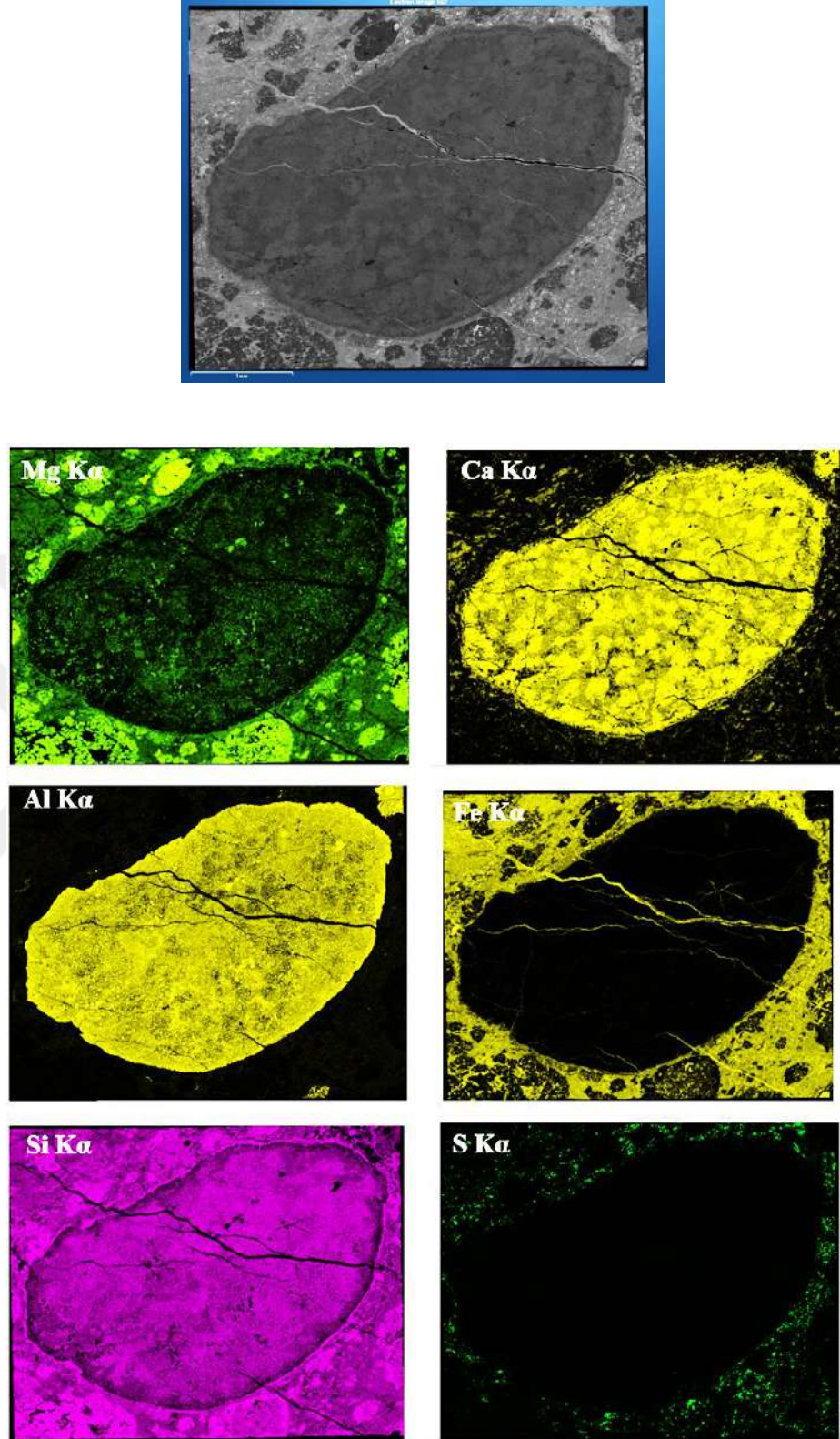


Şekil 4.2.80 Diğer bir CAI noktasının Fe-S EDS haritası (Fe: kırmızı, S: mavi).

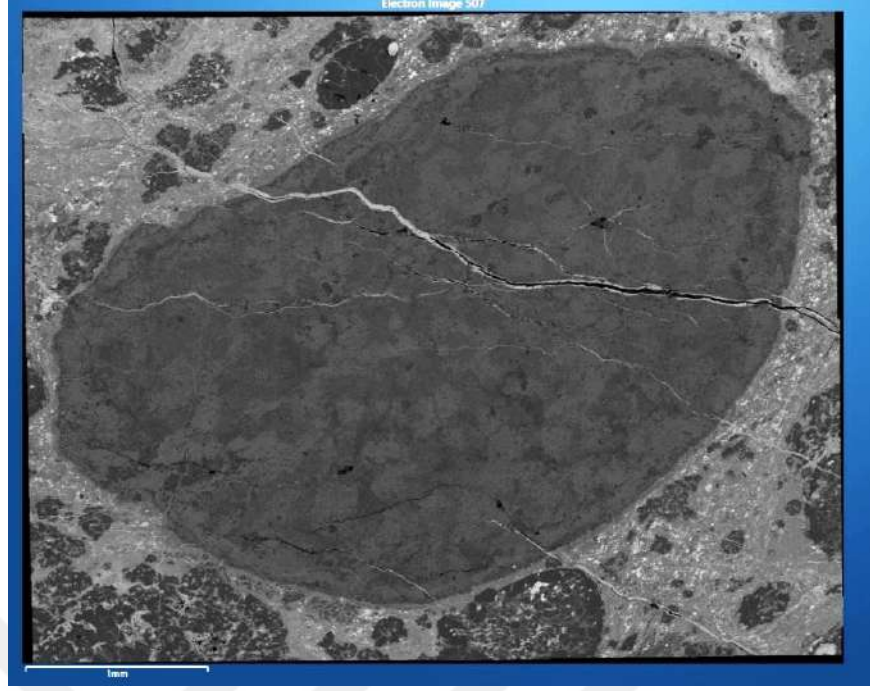


Şekil 4.2.81 Diğer bir CAI noktasının Fe-Ni-S EDS haritası (Fe: kırmızı, Ni: açık mavi, S: mavi).

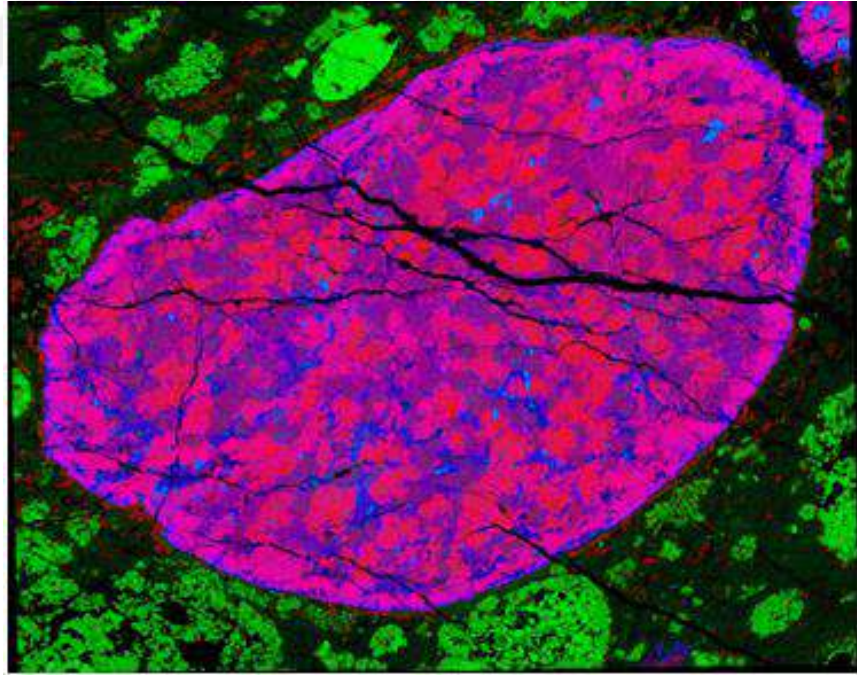
CAI Nokta 7 (optik görüntüsü, Şekil 4.1.30) kapanımının BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si ve S EDS element haritaları Şekil 4.2.82’de verilmiştir. Bu CAI kapanımının BSE görüntüsü Şekil 4.2.83’te verilmiştir. Kapanımın, birleştirilen ve yeniden renklendirilen EDS haritaları ise Şekil 4.2.84, Şekil 4.2.85 ve Şekil 4.2.86’da verilmiştir.



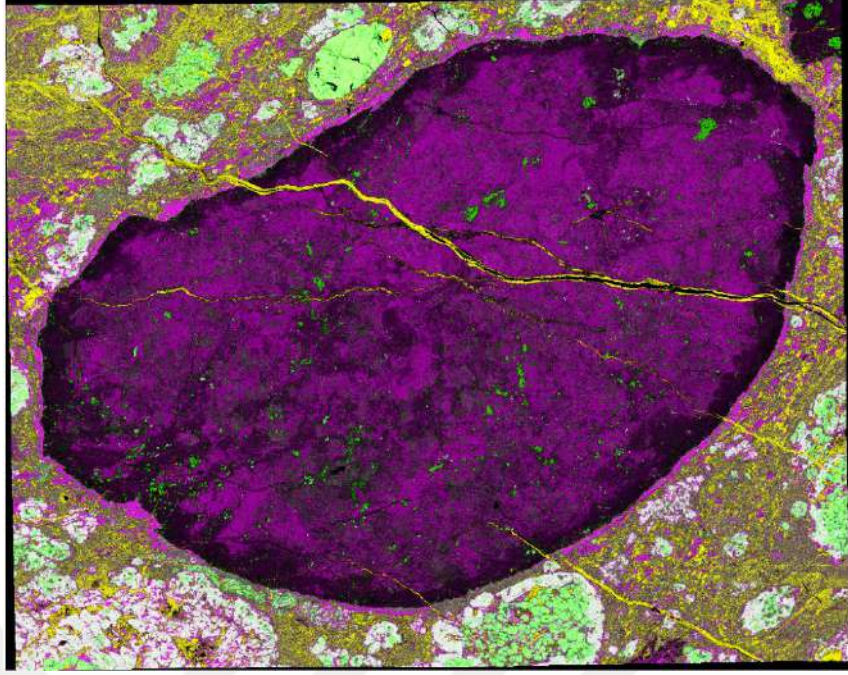
Şekil 4.2.82 CAI Nokta 7'nin BSE görüntüsü ile Mg, Ca, Al, Fe, Si ve S EDS element haritaları.



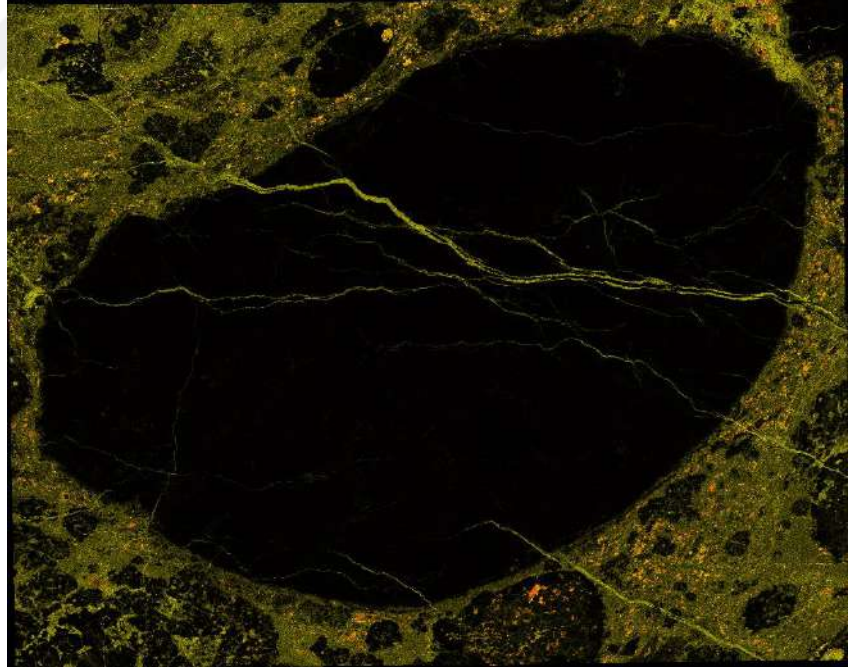
Şekil 4.2.83 CAI Nokta 7'nin BSE görüntüsü.



Şekil 4.2.84 CAI Nokta 7'nin Mg-Ca-Al EDS haritası (Mg: yeşil, Ca: kırmızı, Al: mavi).



Şekil 4.2.85 CAI Nokta 7'nin Mg-Si-Fe EDS haritası (Mg: yeşil, Si: mor, Fe: sarı).



Şekil 4.2.86 CAI Nokta 7'nin Fe-S EDS haritası (Fe: yeşil, S: turuncu).

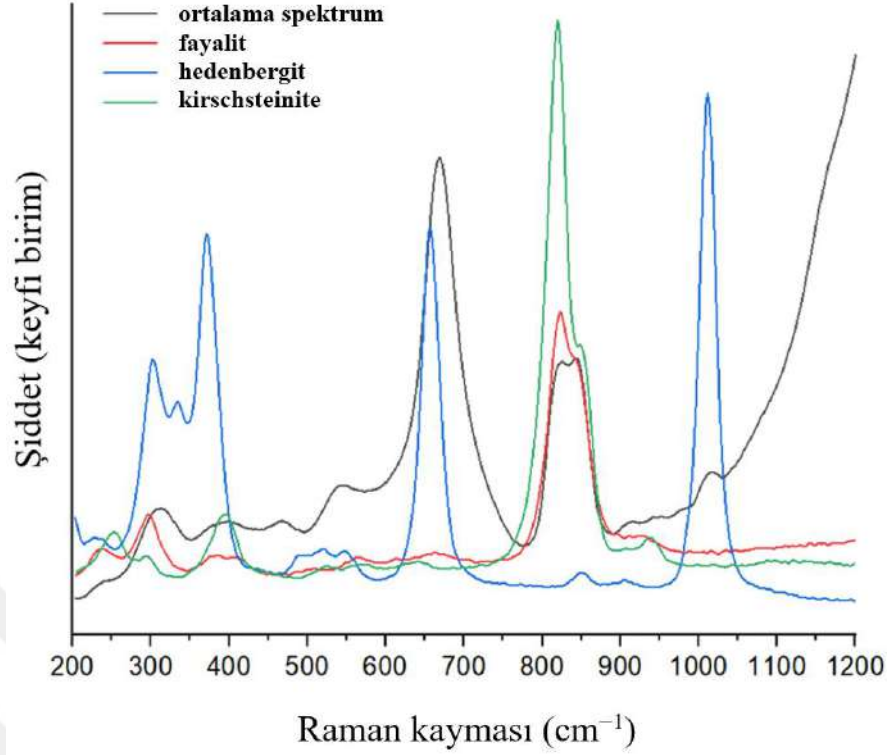
4.3 Mikro-Raman Spektroskopisi Sonuçları

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen Raman analizi kapsamında, NWA 5508 karbonlu meteoritin parlak kesiti üzerinden seçilen Bölge 1 (CAI Nokta 7)'in Raman spektrumları 532 ve 785 nm katı hal lazer ile donatılmış Renishaw Raman Spektrometresi cihazı ile 785 nm katı hal lazer dalga boyunda elde edilmiştir. Raman analizi gerçekleştirilen Bölge 1'in yeri sarı renkle işaretlenmiş ve Şekil 4.3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3.1 CAI kapanımı olan Bölge 1 (CAI Nokta 7).

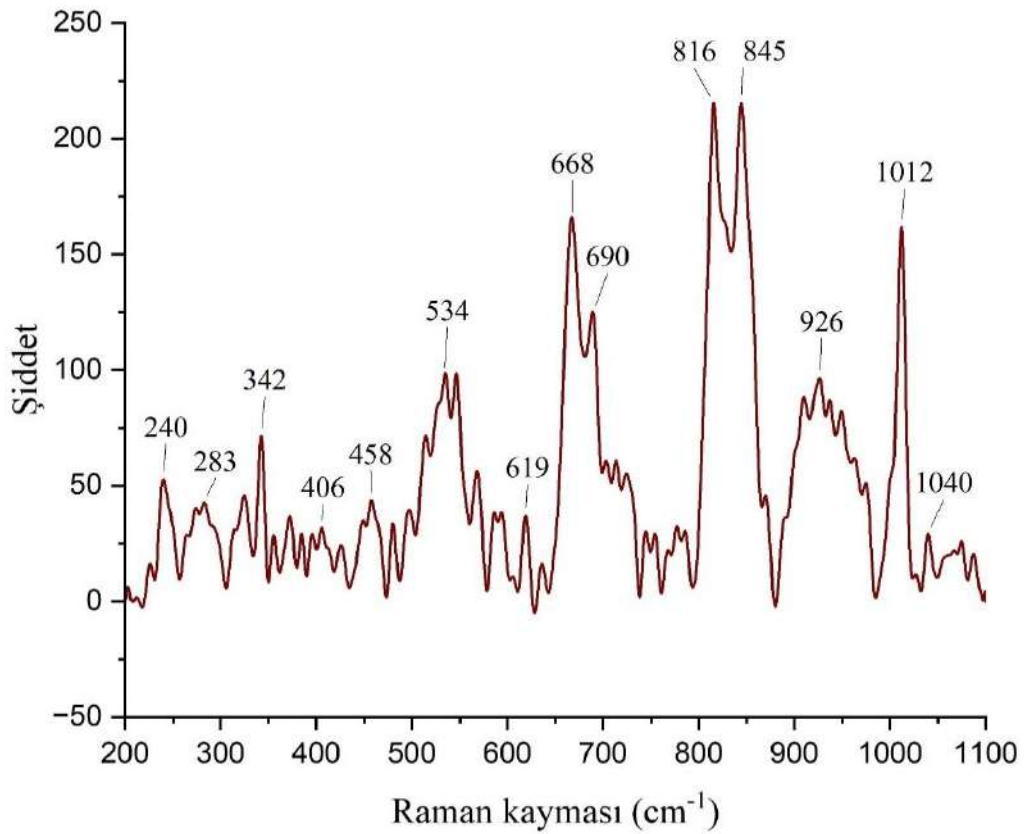
NWA 5508 karbonlu meteorit numunesinin içeriğinde bulunan, belirli sıcaklıklarda ve belli basınç koşullarında var olabilecek hedenbergit, fayalit ve kirschsteinite aksesuar (yan) minerallerinin Raman analizi sonucunda elde edilen Raman spektrumları karşılaştırılmış olup Şekil 4.3.2'de gösterilmektedir. Spektrumda, fayalit $237, 295, 823$ ve 838 cm^{-1} , hedenbergit $305, 346, 378, 658, 850, 905$ ve 1012 cm^{-1} , kirschsteinite ise $252, 297, 392, 819, 852$ ve 938 cm^{-1} bölgesindeki piklerin varlığı ile NWA 5508 (CV3) kondritinde tanımlanmıştır.



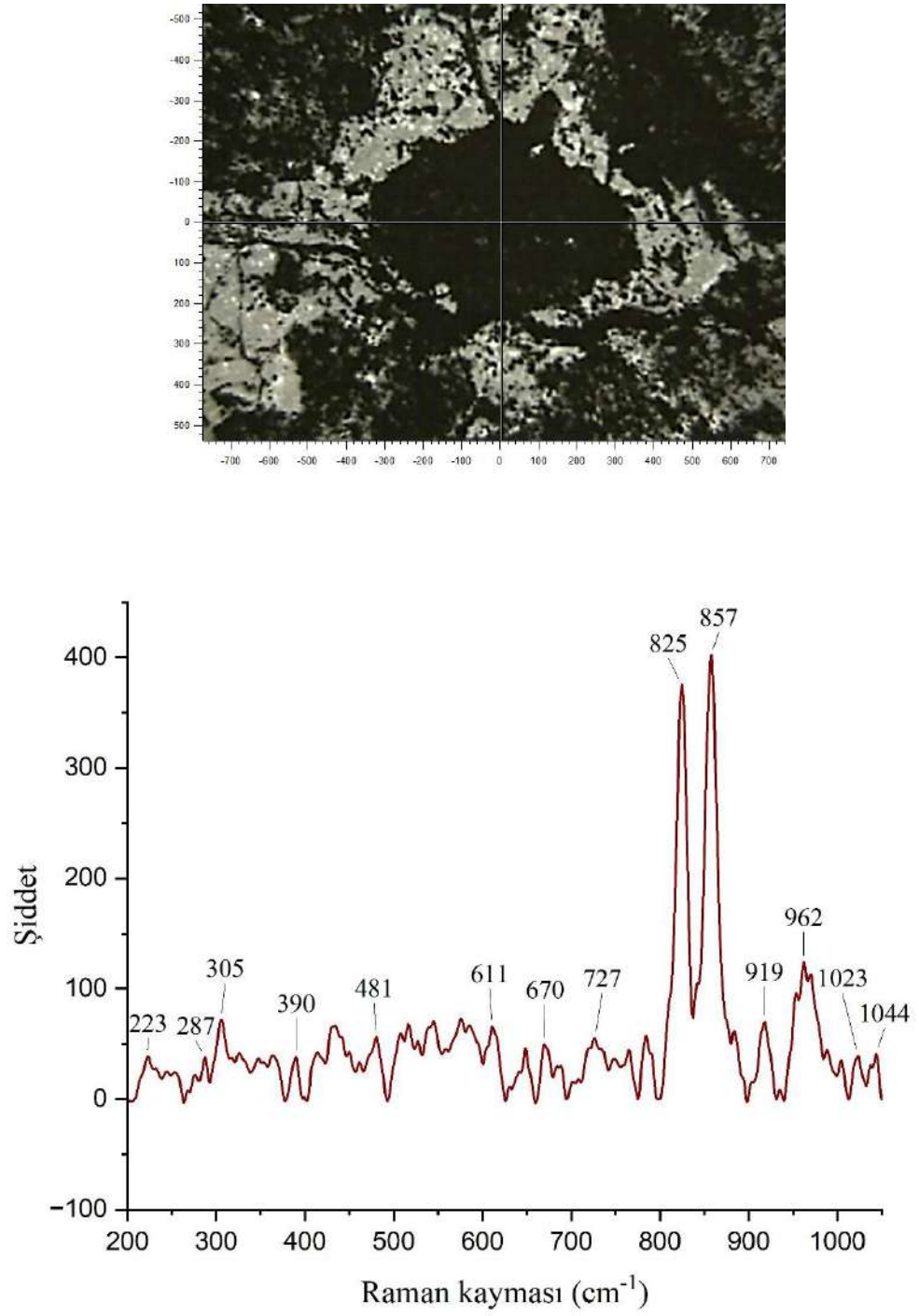
Şekil 4.3.2 Fayalit, hedenbergit ve kirschsteinite minerallerinin Raman spektrumları.

NWA 5508 karbonlu meteoritinin hem ince kesitinden hem de parlak kesitinden elde edilen Raman spektrumları, NASA Johnson Uzay Merkezi'nde Wire v.4.3 sürümünü kullanan 514 nm Argon lazer, 633 nm HeNe lazer ve 785 nm katı hal lazer ile donatılmış Renishaw inVia mikro-Raman cihazı ile elde edilmiştir. Elde edilen spektrumların analizi için Wiley KnowItAll Analytical Edition programı kullanılarak ilk önce spektrumlara smoothing (yumuşatma) and baseline correction (temel düzeltme) işlemleri uygulanmıştır. Daha sonra bu spektrumlar, Origin2023b v.10.05.157 programı kullanılarak yeniden çizdirilmiş ve pik pozisyonlarına karşılık gelen Raman kayması (cm^{-1}) değerleri belirlenmiştir. Spektrumların yorumlanması ve mineral tayininin yapılması için literatür verilerinden ve RRUFF veri tabanından yararlanılmıştır (Lafuente et al., 2016). Spektrumlardaki x eksenini Raman kayması (cm^{-1}) değerlerini, y eksenini ise şiddeti göstermektedir. NWA 5508 (CV3) kondrit örneğinin Raman analizleri örnek üzerinden farklı alanlar seçilerek, çeşitli parametreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Raman analizi için seçilen parametreler Şekil 4.3.3 için; 20 maruziyet süresi, %100 lazer gücü, 2 akümülyasyon değerindedir. Siyah noktanın Raman spektrumu Şekil 4.3.4'te, gri noktanın Raman spektrumu Şekil 4.3.5'te ve

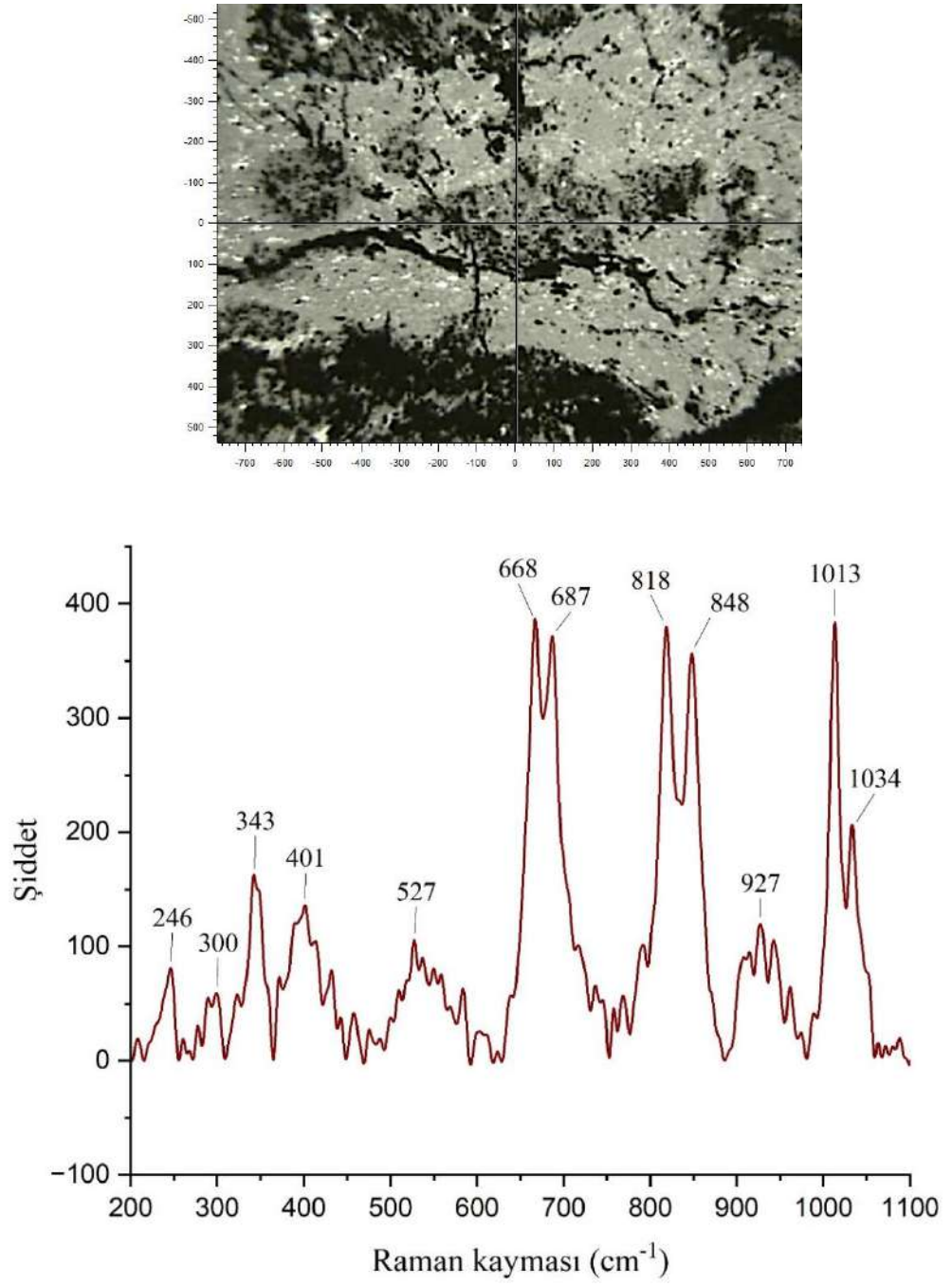
seçilen bölgelerin Raman spektrumları ise Şekil 4.3.6 ve 4.3.7’de verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.3.8 için; 633 nm dalga boyu, 30 maruziyet süresi, %10 lazer gücü, 2 akümülayon, Şekil 4.3.9 için; 633 nm dalga boyu, 10 maruziyet süresi, %10 lazer gücü, 1 akümülayon, Şekil 4.3.10 için; 633 nm dalga boyu, 10 maruziyet süresi, %50 lazer gücü, 2 akümülayon, Şekil 4.3.11 için; 633 nm dalga boyu, 20 maruziyet süresi, %100 lazer gücü, 2 akümülayon, Şekil 4.3.12 için; 633 nm dalga boyu, 40 maruziyet süresi, %5 lazer gücü, 3 akümülayon, Şekil 4.3.13 için; 633 nm dalga boyu, 30 maruziyet süresi, %50 lazer gücü, 2 akümülayon, Şekil 4.3.14 için; 633 nm dalga boyu, 10 maruziyet süresi, %10 lazer gücü, 3 akümülayon, Şekil 4.3.15 için; 633 nm dalga boyu, 10 maruziyet süresi, %10 lazer gücü, 4 akümülayon değerlerindedir. Örnek üzerinde incelenen bölgeler ve örneğe ait spektrumlar, Şekil 4.3.3 ile 4.4.15 arasında aşağıda verilmiştir.



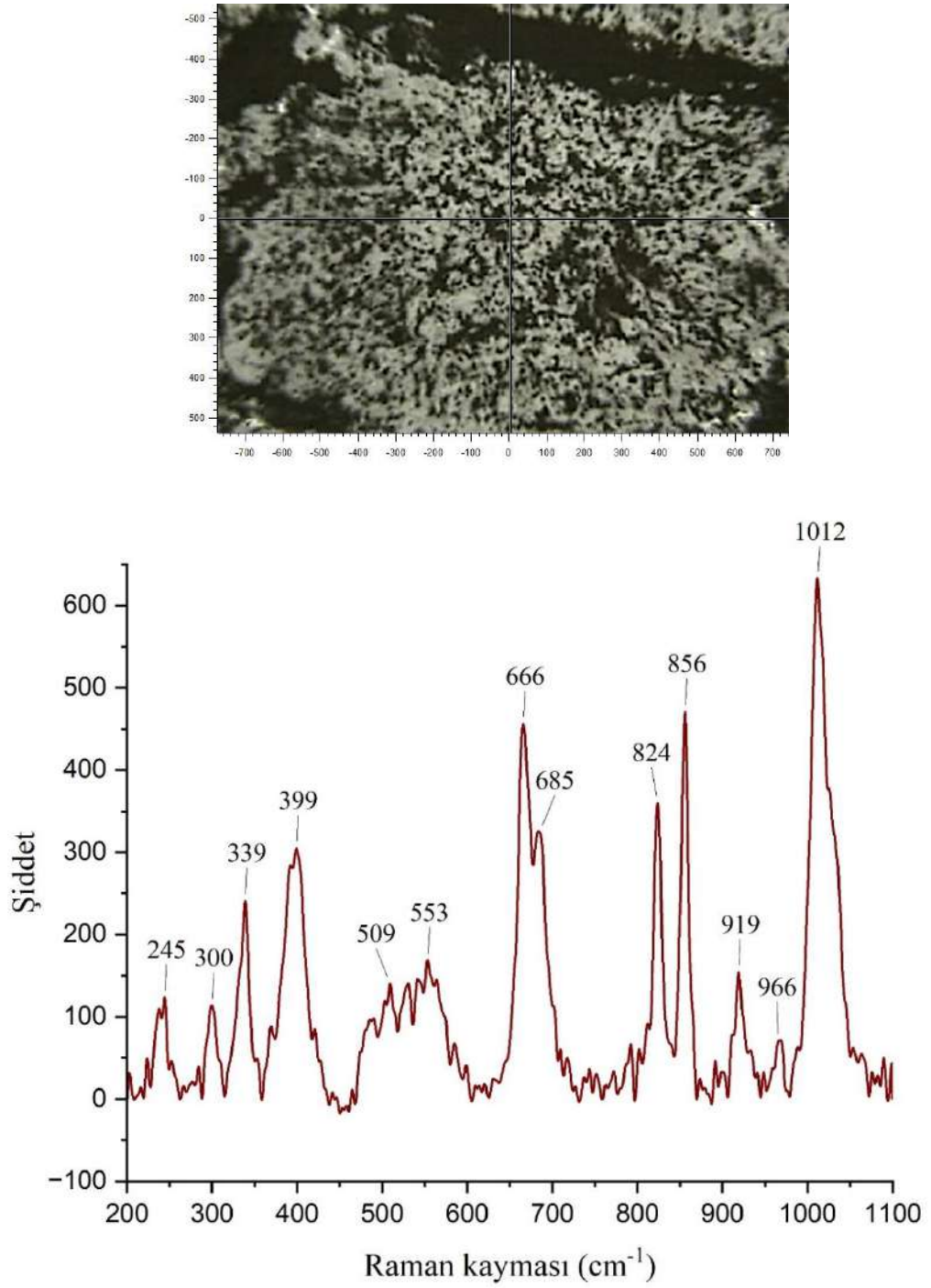
Şekil 4.3.3 Numuneye ait Raman spektrumu.



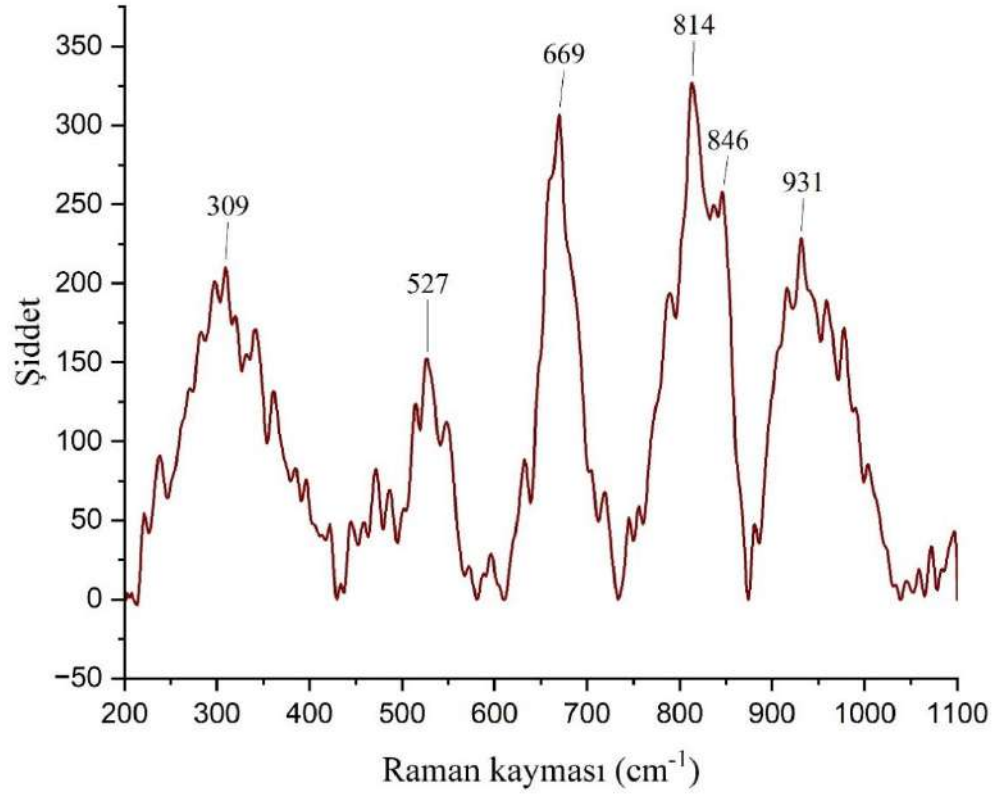
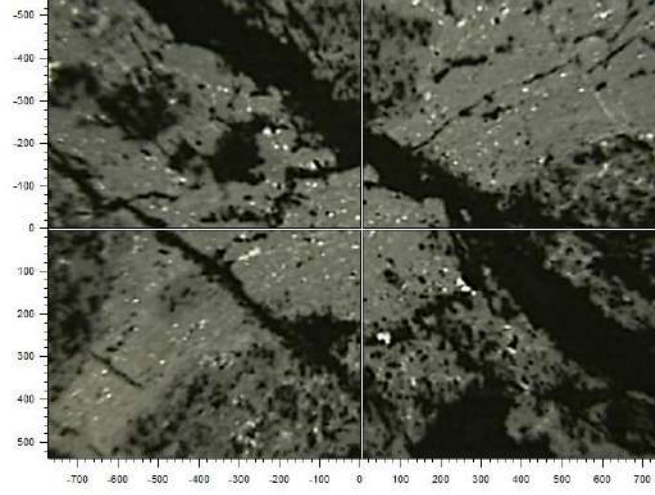
Şekil 4.3.4 Siyah noktanın görüntüsü ve siyah noktaya ait Raman spektrumu.



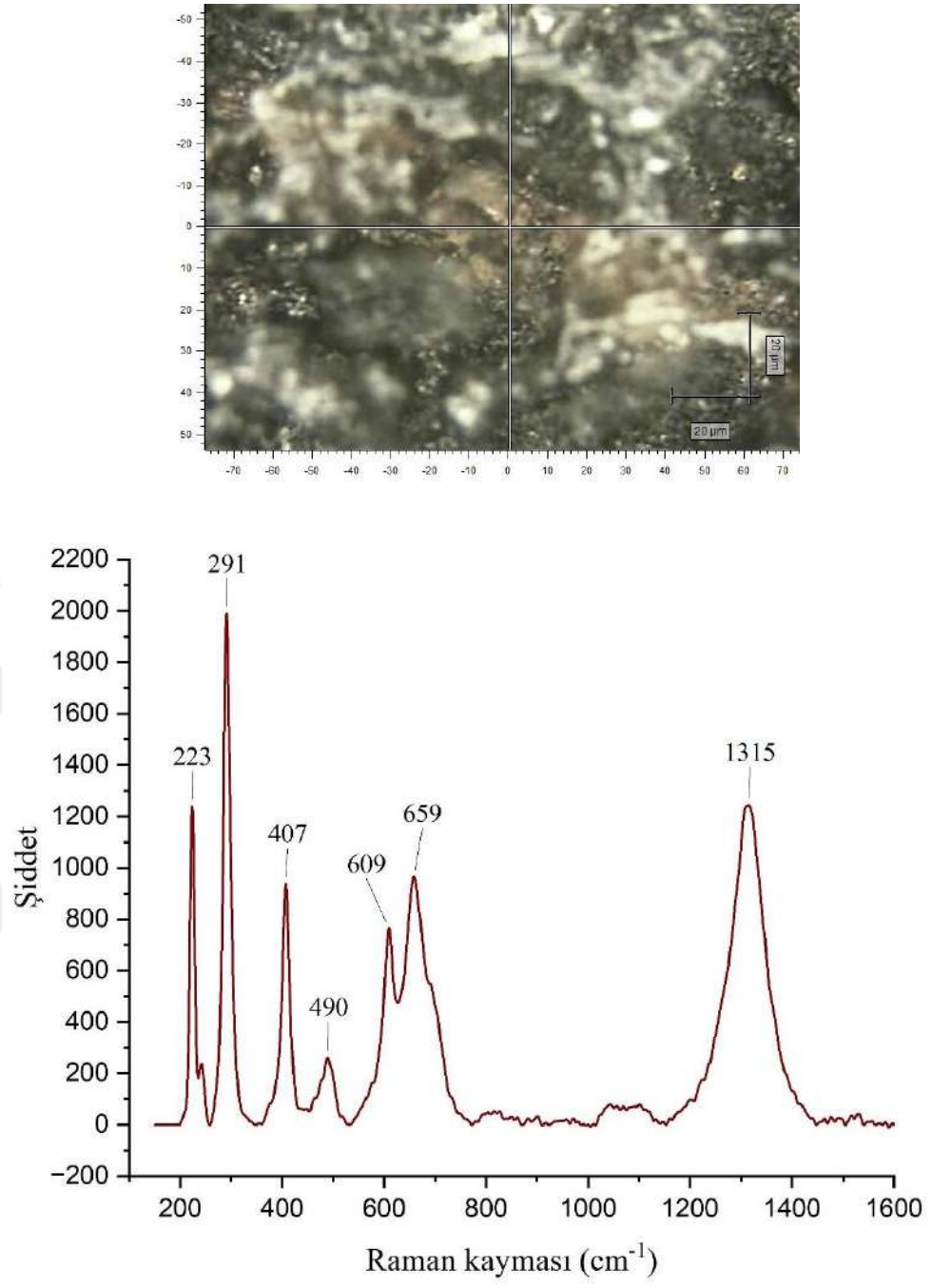
Şekil 4.3.5 Gri noktanın görüntüsü ve gri noktaya ait Raman spektrumu.



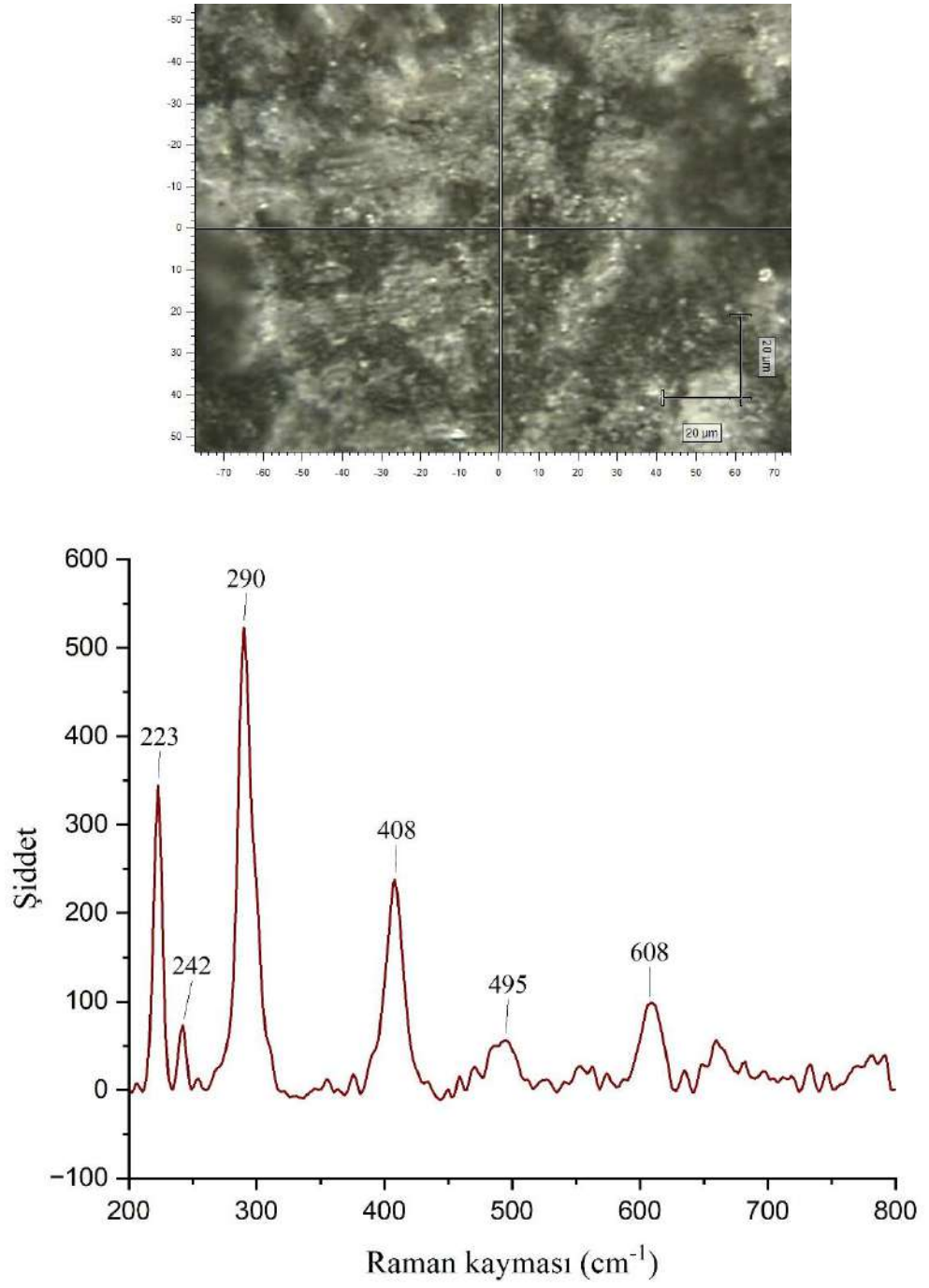
Şekil 4.3.6 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.



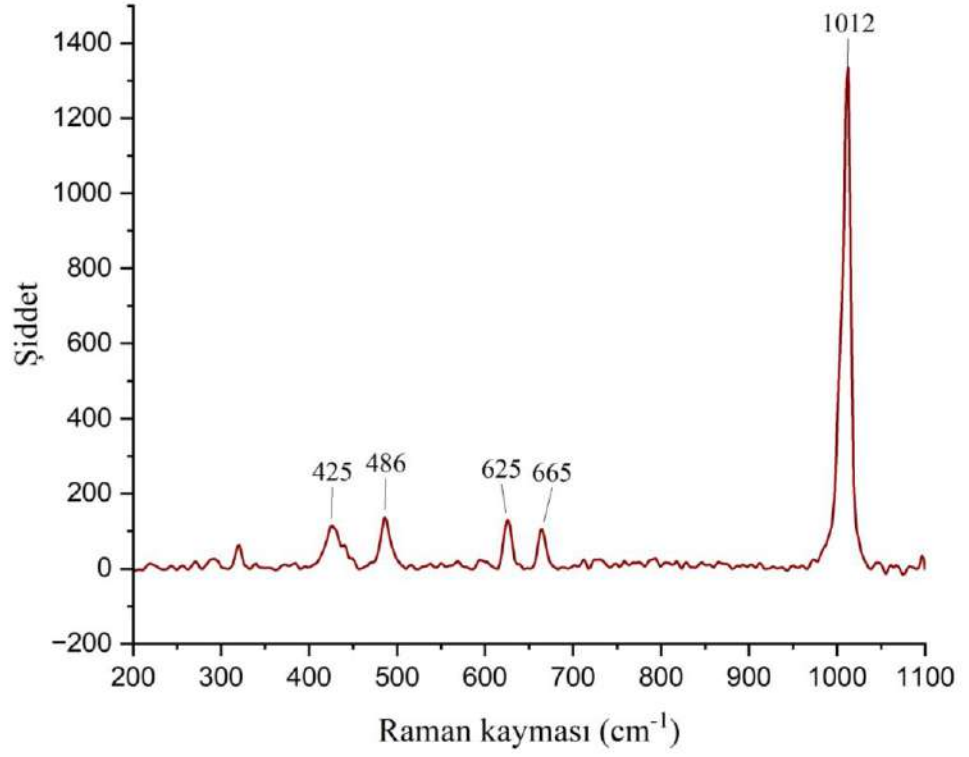
Şekil 4.3.7 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.



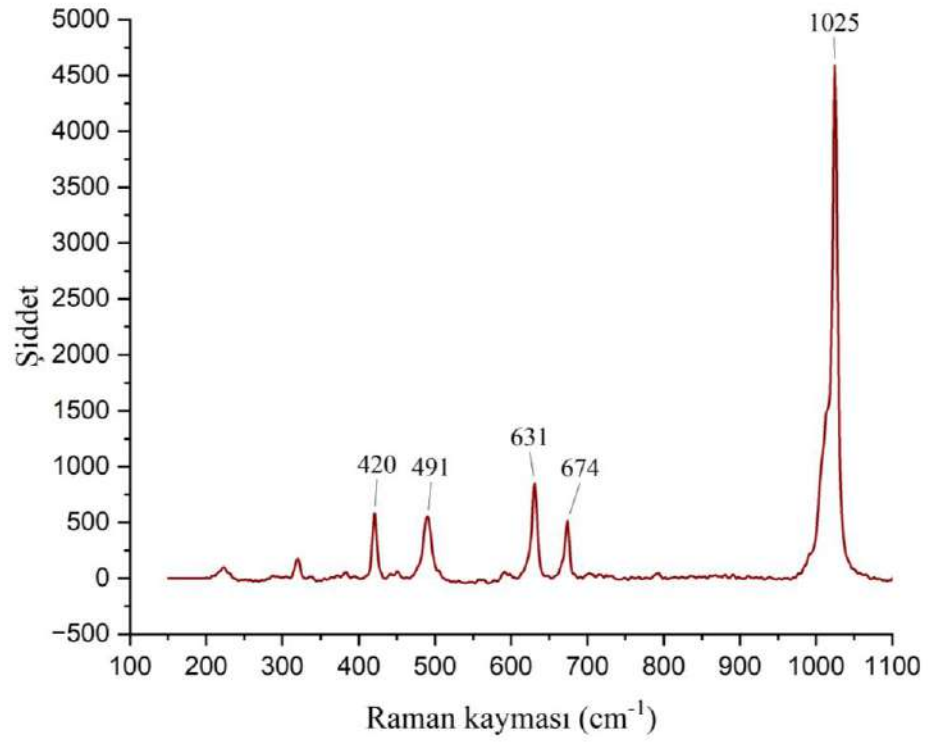
Şekil 4.3.8 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.



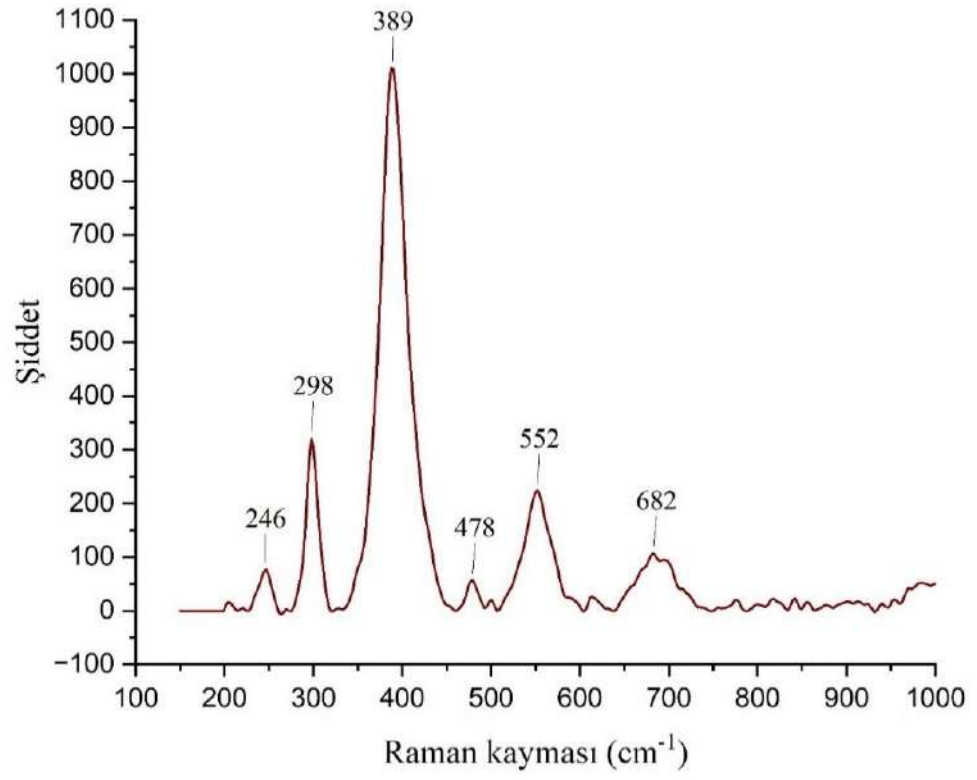
Şekil 4.3.9 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.



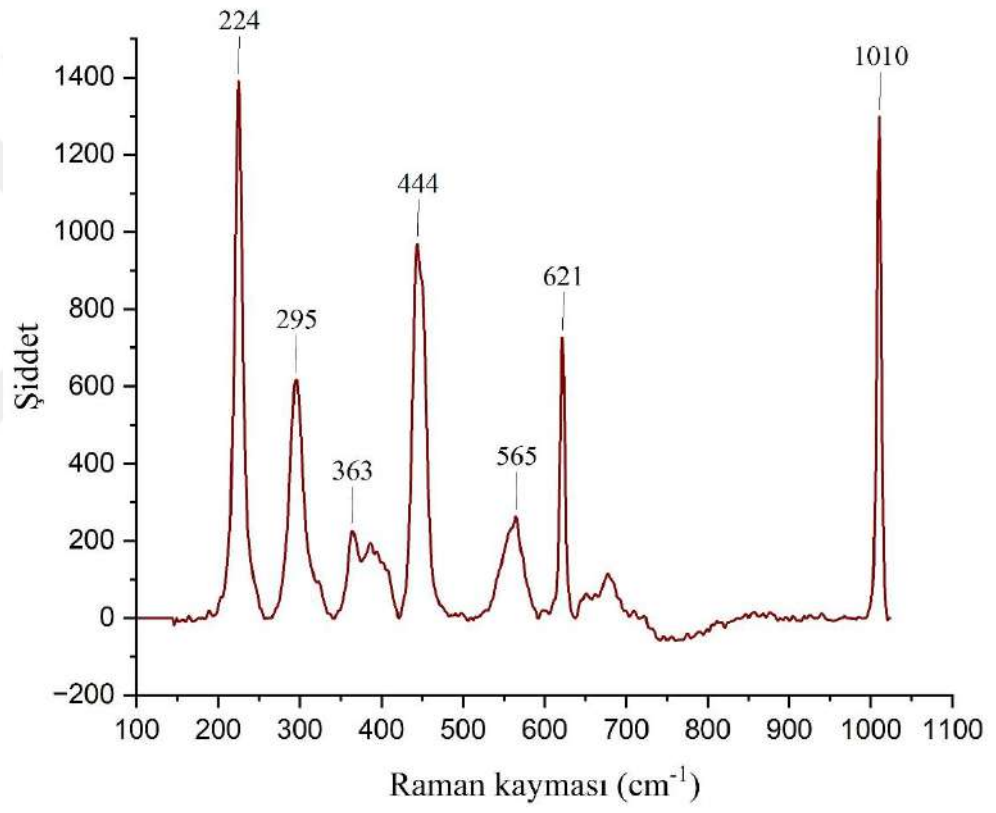
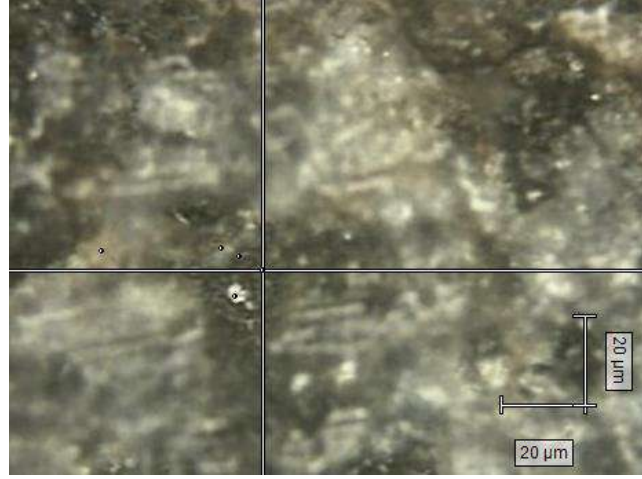
Şekil 4.3.10 Numuneye ait Raman spektrumu.



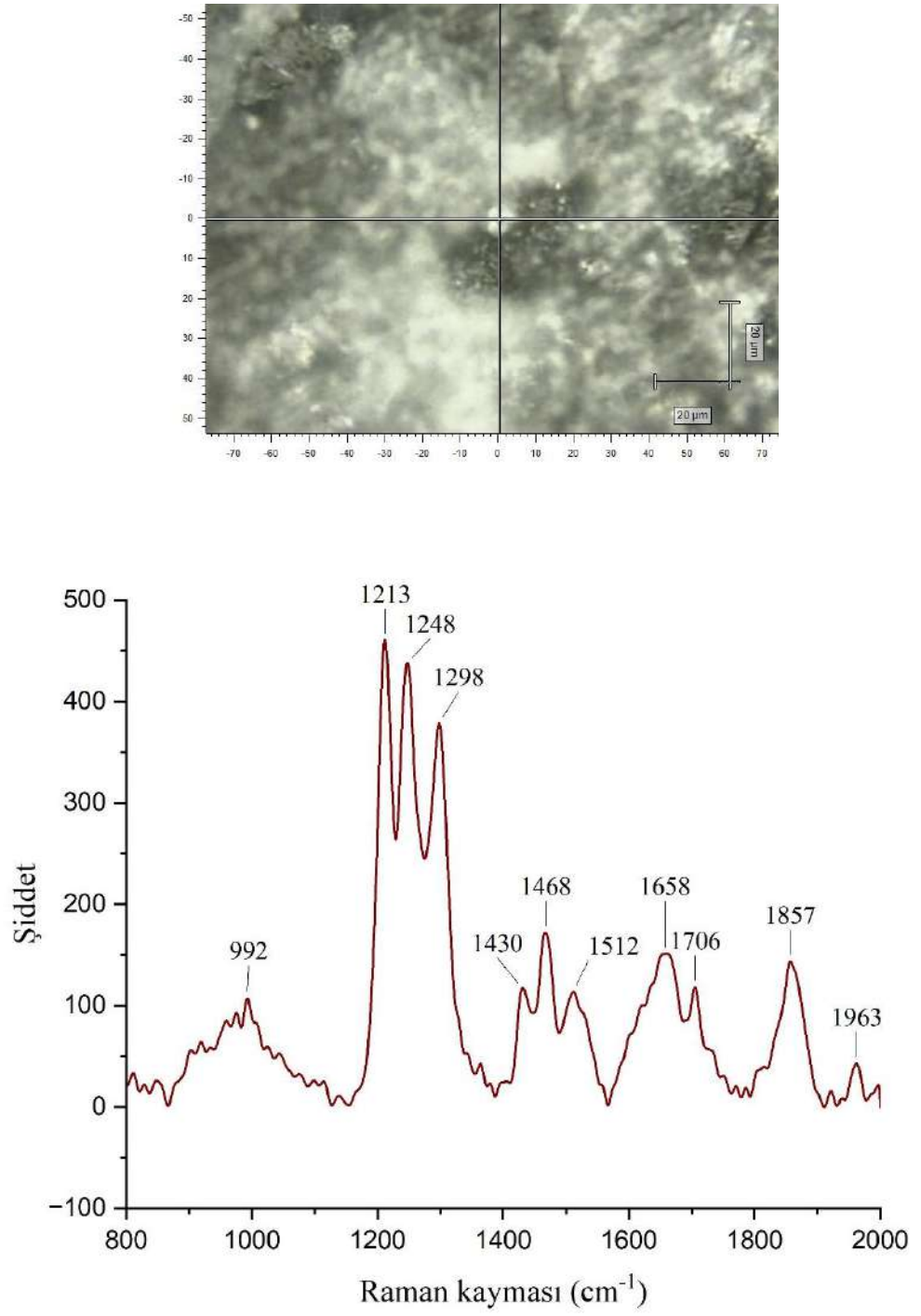
Şekil 4.3.11 Numuneye ait Raman spektrumu.



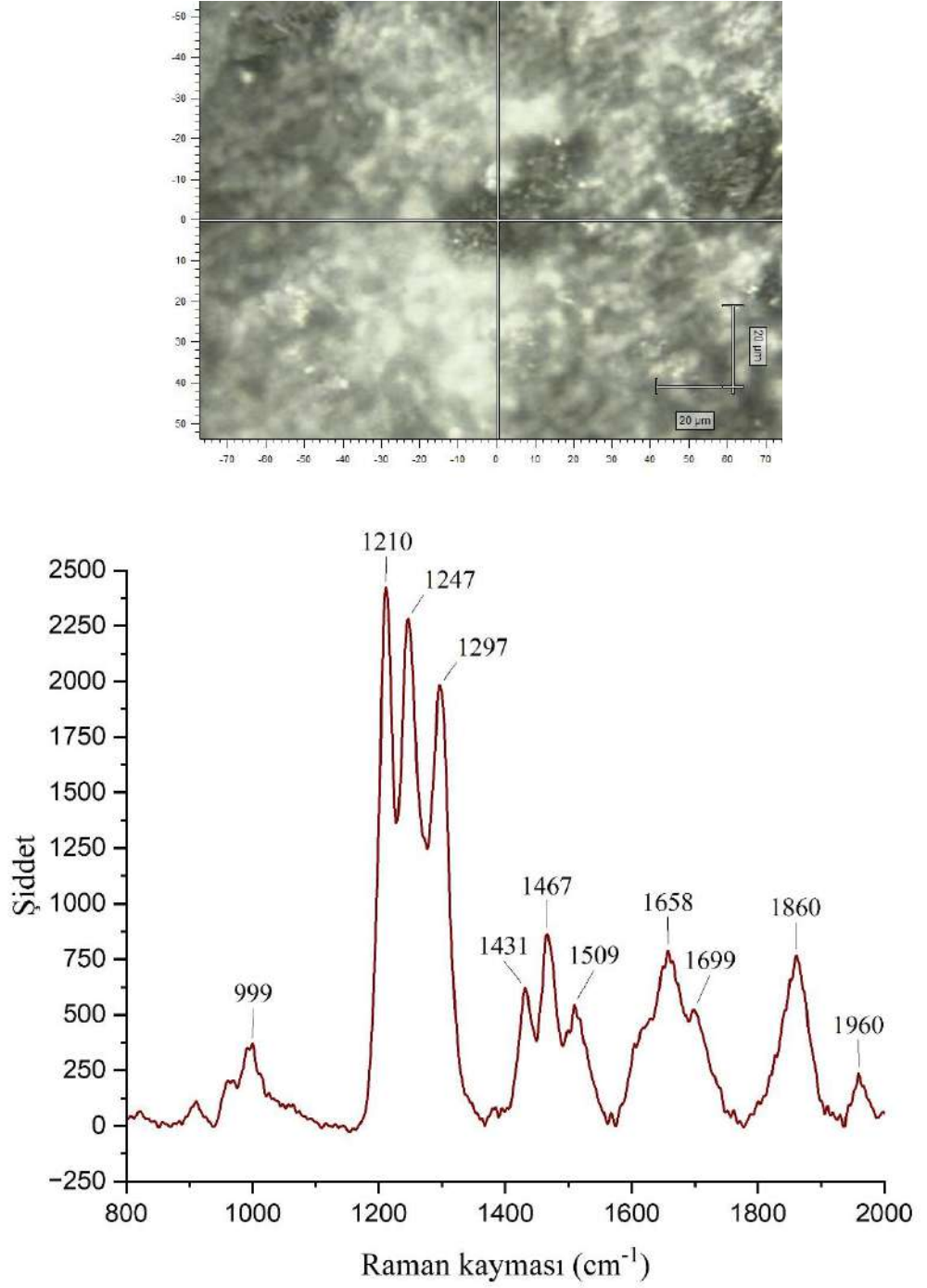
Şekil 4.3.12 Numuneye ait Raman spektrumu.



Şekil 4.3.13 Raman analizi için seçilen bölgenin görüntüsü ve seçilen bölgenin Raman spektrumu.



Şekil 4.3.14 Beyaz noktanın görüntüsü ve beyaz noktaya ait Raman spektrumu.



Şekil 4.3.15 Siyah bölgenin görüntüsü ve siyah bölgeye ait Raman spektrumu.

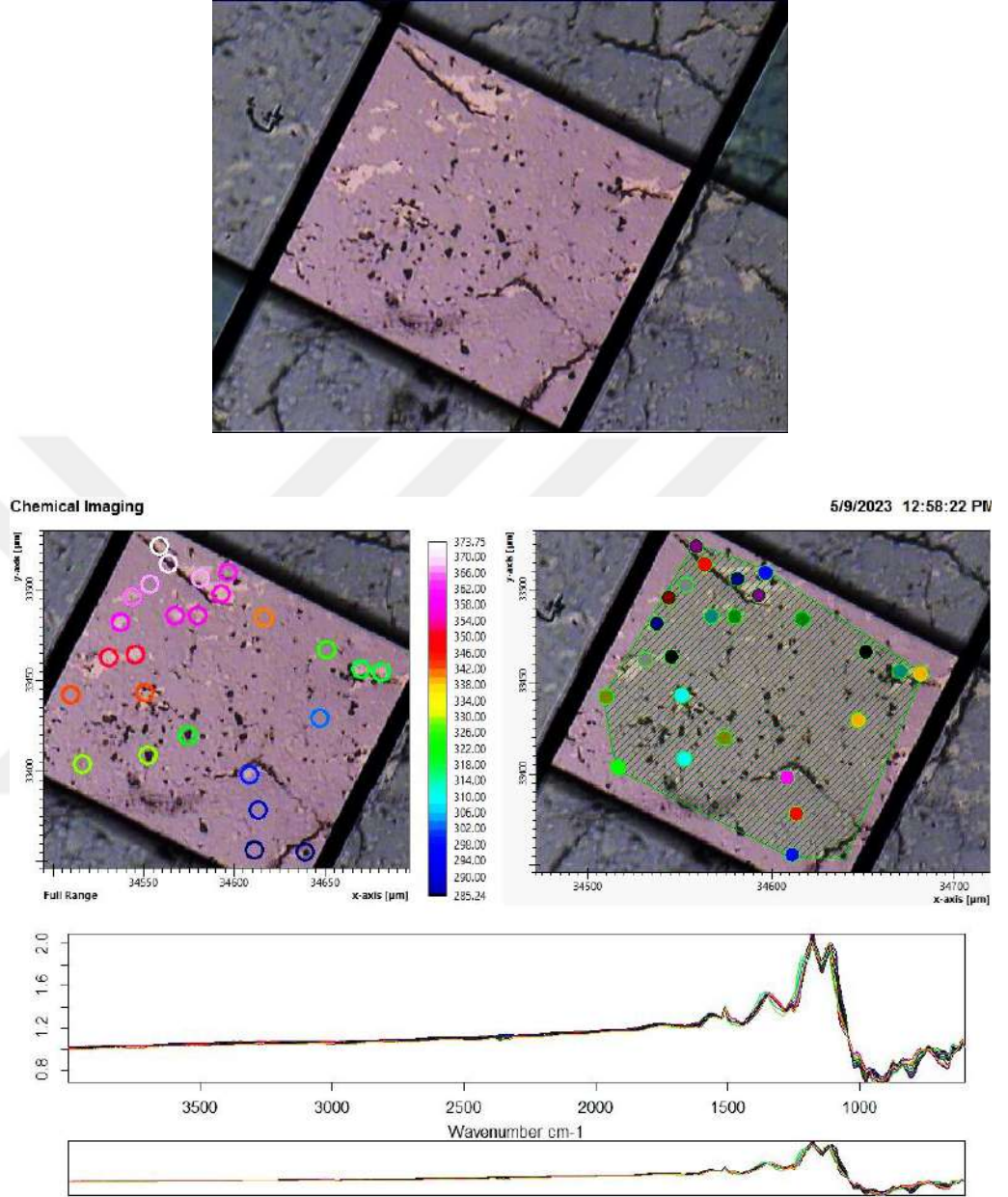
Ek olarak, NWA 5508 (CV3) kondritinin Raman analizinden elde edilen olivin, piroksen ile makro moleküler karbon dağılımları ve spektrumları, sırasıyla Şekil 4.3.16, 4.3.17 ve 4.3.18 olmak üzere Ek 8’de verilmiştir.

4.4 Yansıma (IR) Spektroskopisi Sonuçları

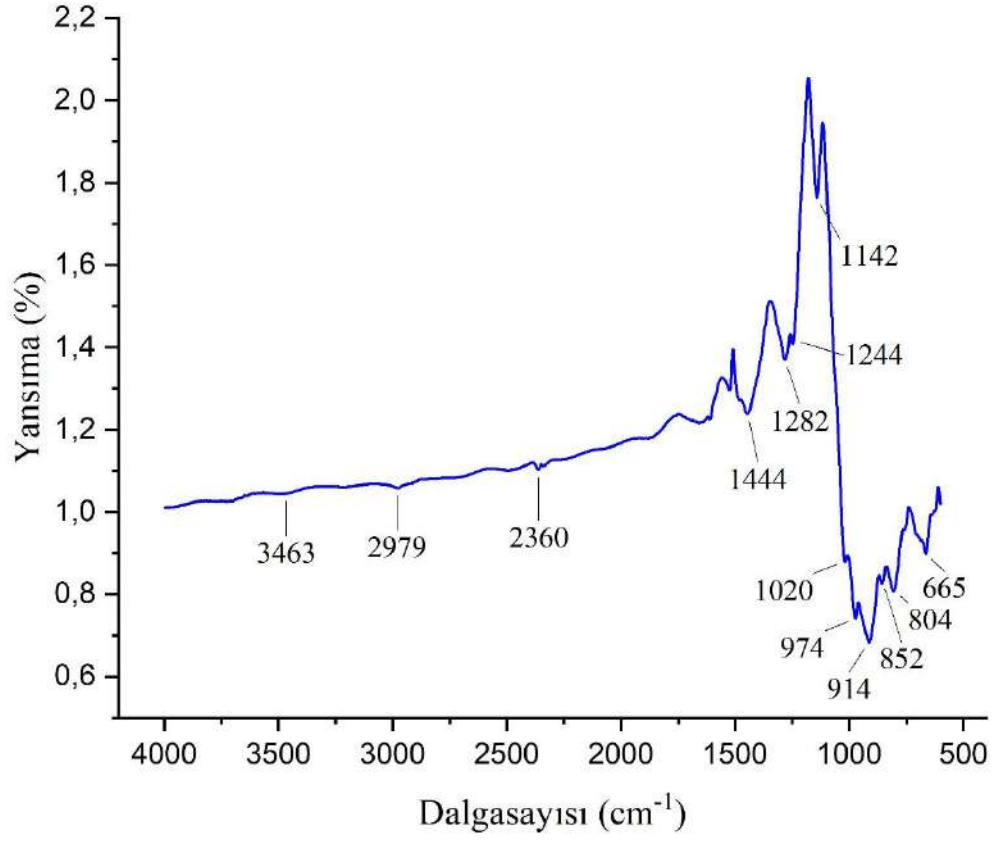
NWA 5508 karbonlu meteoritinin hem ince kesitinden hem de parlak kesitinden elde edilen yansıma spektrumları, NASA Johnson Uzay Merkezi'nde Bruker Fourier Dönüşümlü Kırmızıaltı (FTIR) Spektroskopi Laboratuvarı'nda 3000 mikroskobu ile donatılmış Bruker Vertex 70 Hyperion cihazı ile kaydedilmiştir. IR deneylerinde, 15x objektif ile standart olarak altın kaplı bir ayna kullanılarak numunelerin IR yansıması ölçülmüştür. Spektrumlar 4cm^{-1} spektral çözünürlükte toplanmıştır. Spektrumun son hali, 100 spektrumun ortalaması alınarak elde edilmiştir. İnce kesitin farklı bölgelerinden elde edilen ve numaralandırılan IR kimyasal haritaları, spektrumları ve ortalaması alınmış IR spektrumları aşağıda verilmiştir. İnce kesit üzerinden seçilen ve yansıma spektrumları alınan bölgeler; IR Alan 1, IR Alan 2, IR Alan 3, IR Alan 4, IR Alan 5, IR Alan 6, IR Alan 7, IR Alan 8, IR Alan 9, IR Alan 10, IR Alan 11, IR Alan 12, IR Alan 13, IR Alan 14, IR Alan 15 ve IR Alan 16 olarak adlandırılmıştır. Spektrumların ortalamaları, SpectraGryph v1.2.16.1 programı ile elde edilmiştir (Menges, 2022). Ortalaması alınan spektrumlar, Origin2023b v.10.05.157 programı kullanılarak yeniden çizdirilmiş ve pik pozisyonlarına karşılık gelen dalgasayısı (cm^{-1}) değerleri belirlenmiştir. Spektrumlardaki x eksenini dalgasayısı (cm^{-1}) değerlerini, y eksenini ise yüzdelik olarak yansıma (%) değerlerini göstermektedir.

IR Alan 1'in ortalaması 26 spektrum üzerinden, IR Alan 2'nin ortalaması 16 spektrum üzerinden, IR Alan 2'nin ortalaması 16 spektrum üzerinden, IR Alan 3'ün ortalaması 25 spektrum üzerinden, IR Alan 4'ün ortalaması 23 spektrum üzerinden, IR Alan 5'in ortalaması 45 spektrum üzerinden, IR Alan 6'nın ortalaması 22 spektrum üzerinden, IR Alan 7'nin ortalaması 33 spektrum üzerinden, IR Alan 2'nin ortalaması 16 spektrum üzerinden, IR Alan 8'in ortalaması 30 spektrum üzerinden, IR Alan 9'un ortalaması 26 spektrum üzerinden, IR Alan 10'un ortalaması 30 spektrum üzerinden, IR Alan 11'in ortalaması 17 spektrum üzerinden, IR Alan 12'nin ortalaması 39 spektrum üzerinden, IR Alan 13'ün ortalaması 52 spektrum üzerinden, IR Alan 14'ün ortalaması 25 spektrum üzerinden, IR Alan 15'in ortalaması 18 spektrum üzerinden, IR Alan 16'nın ortalaması 24 spektrum üzerinden, meteorit katı örneğinin ortalaması ise 20

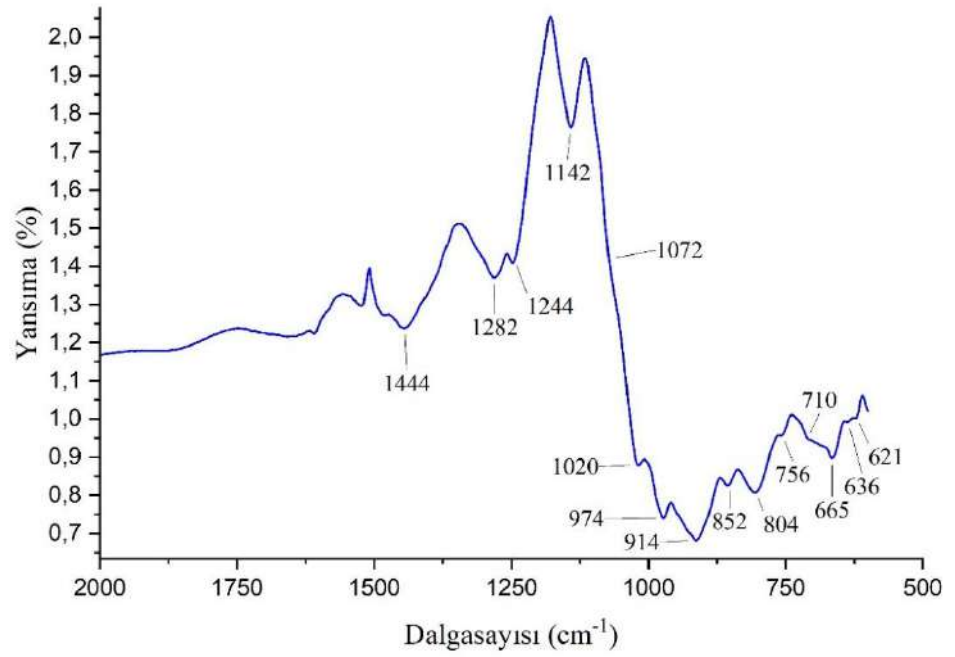
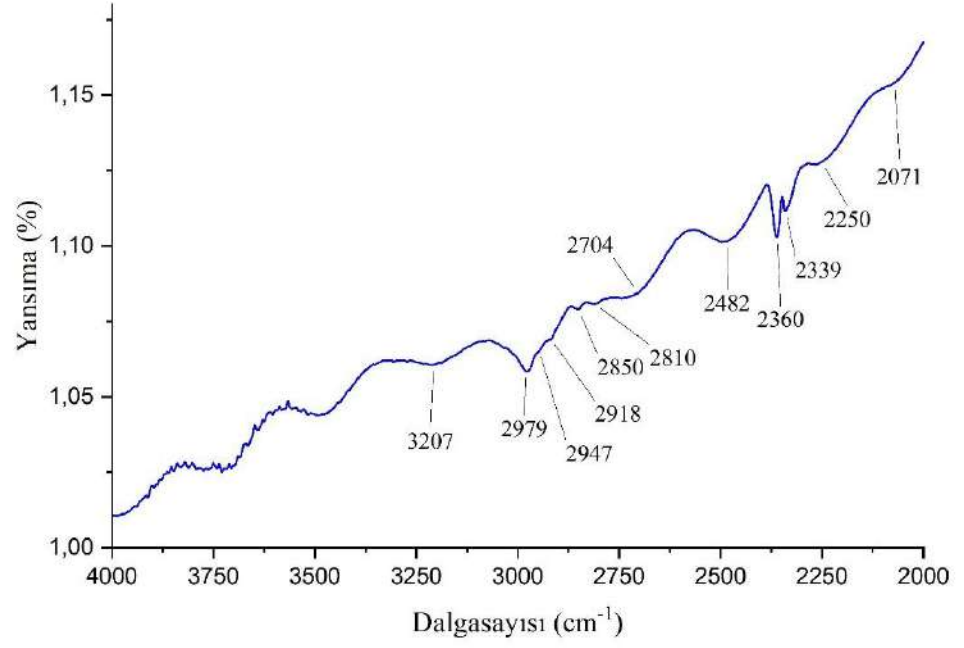
spektrum üzerinden elde edilmiştir. Ortalaması elde edilen IR spektrumları, Şekil 4.4.1 ile 4.4.51 arasında aşağıda verilmiştir.



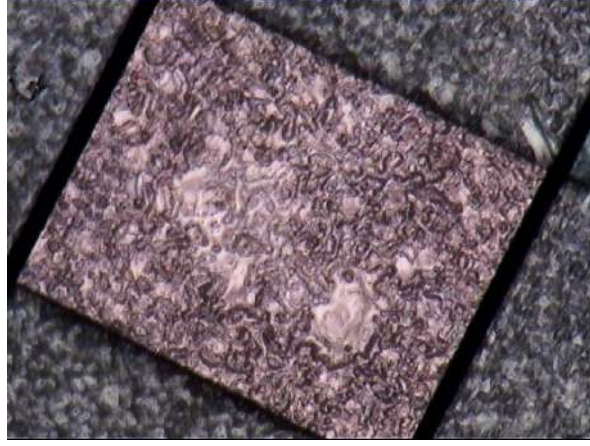
Şekil 4.4.1 IR Alan 1'in haritası ve yansımaları.



Şekil 4.4.2 IR Alan 1'in ortalaması alınmış yansımada spektrumu.

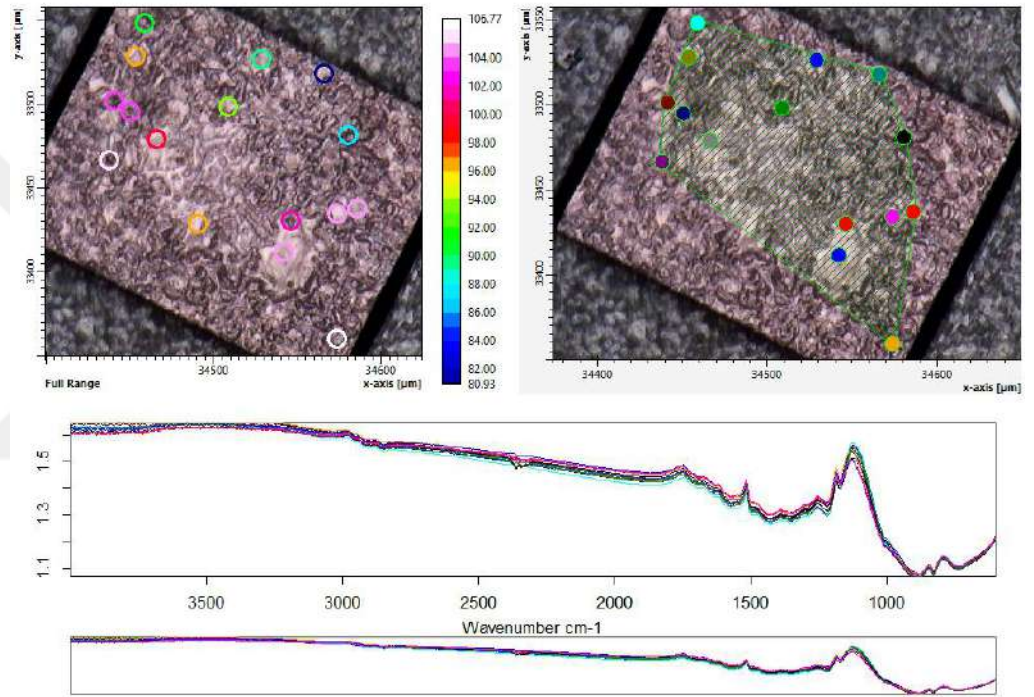


Şekil 4.4.3 IR Alan 1 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

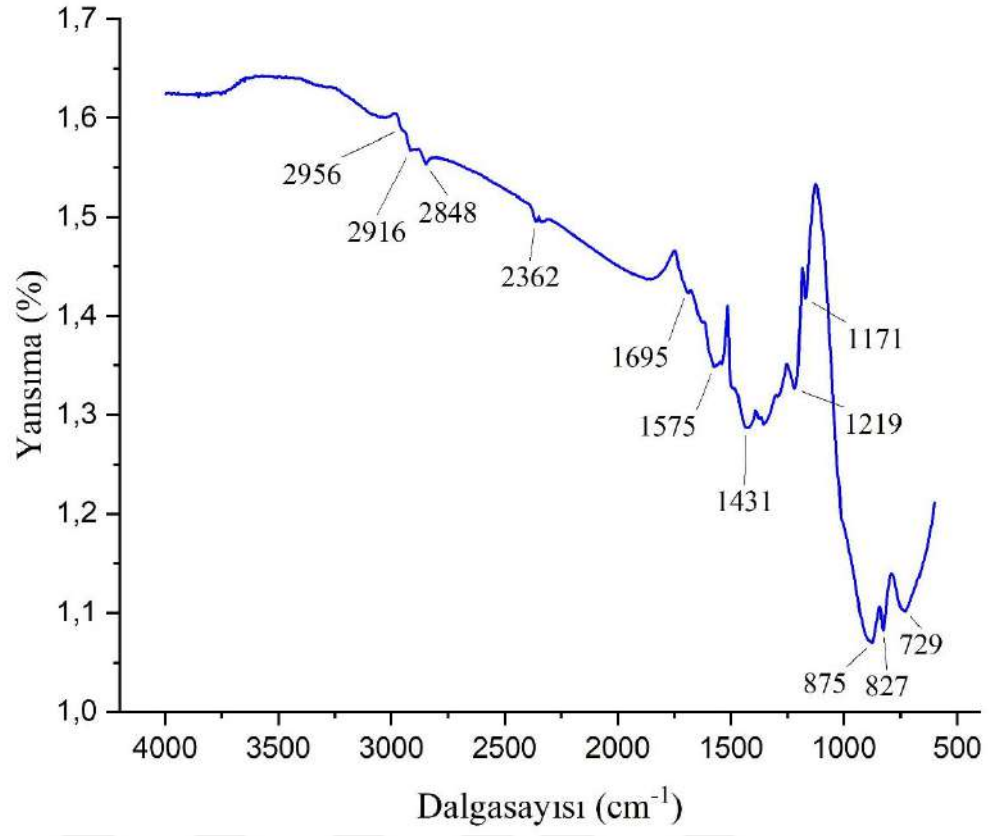


Chemical Imaging

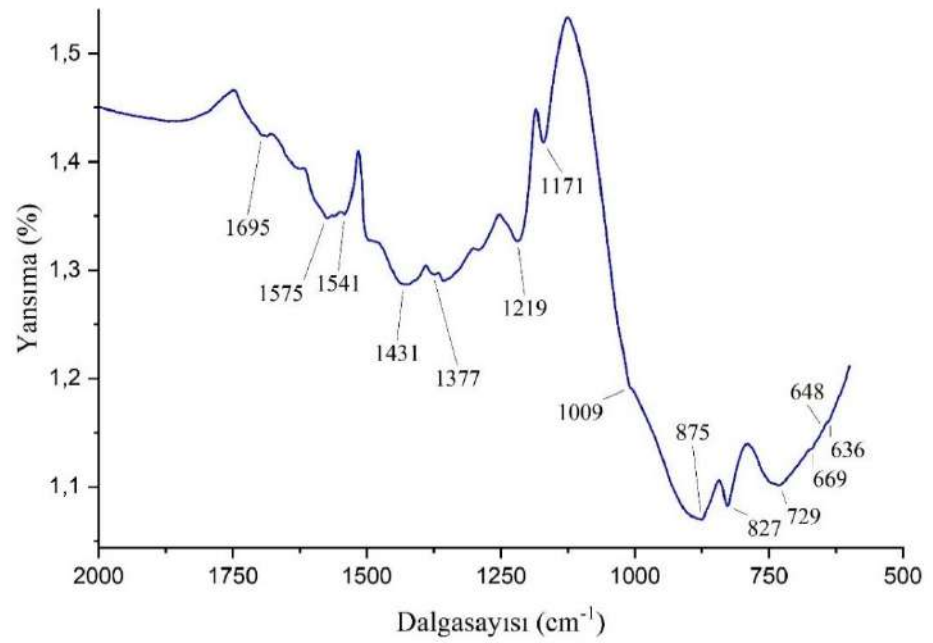
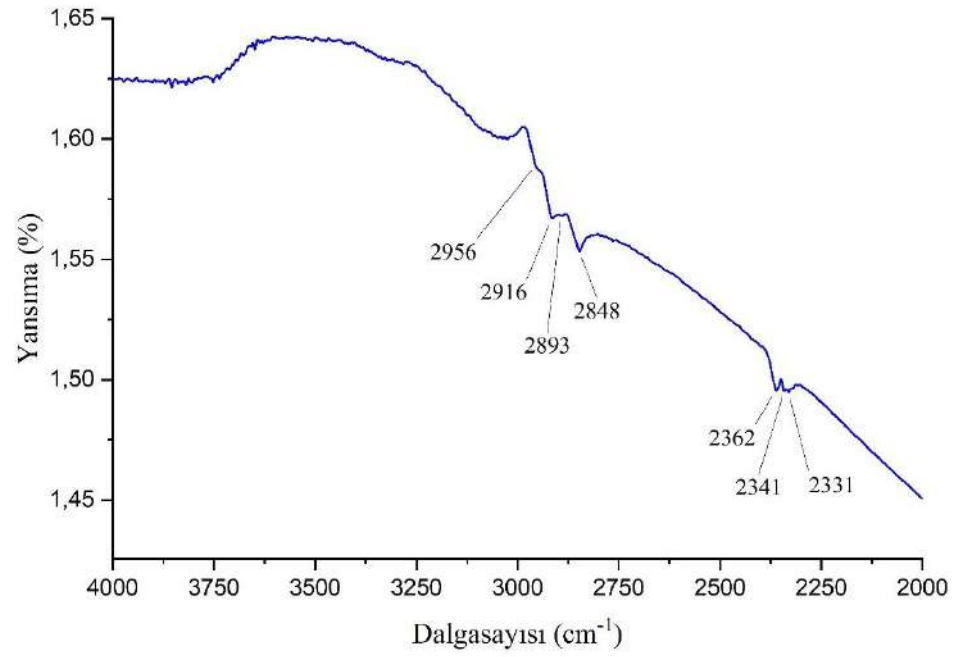
5/9/2023 1:22:30 PM



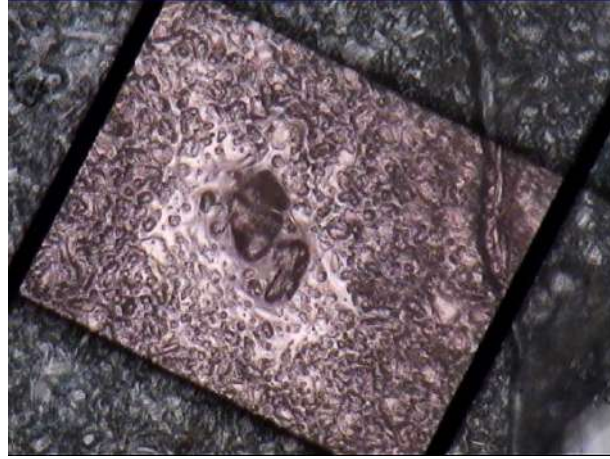
Şekil 4.4.4 IR Alan 2'nin haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.5 IR Alan 2'nin ortalaması alınmış yansıtım spektrumu.

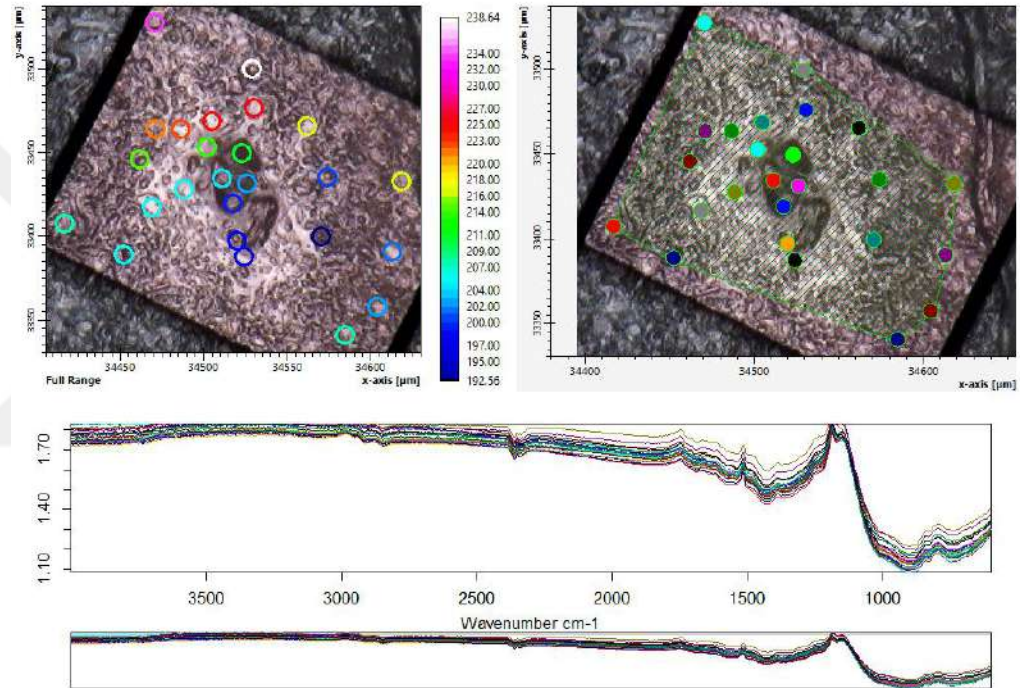


Şekil 4.4.6 IR Alan 2 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

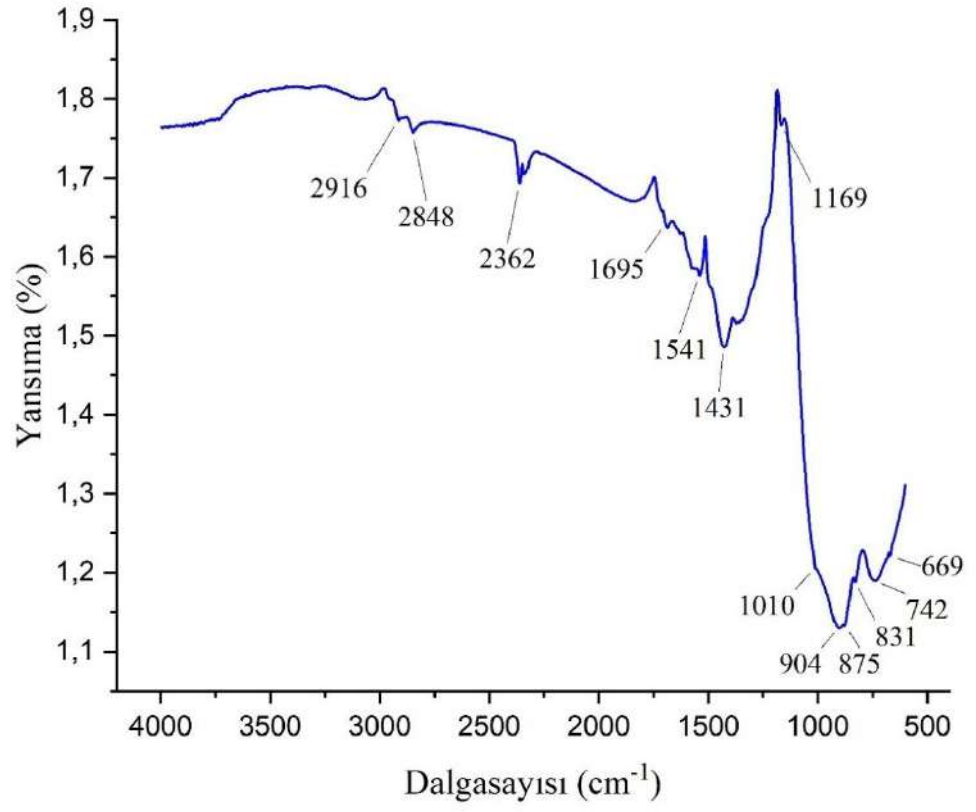


Chemical Imaging

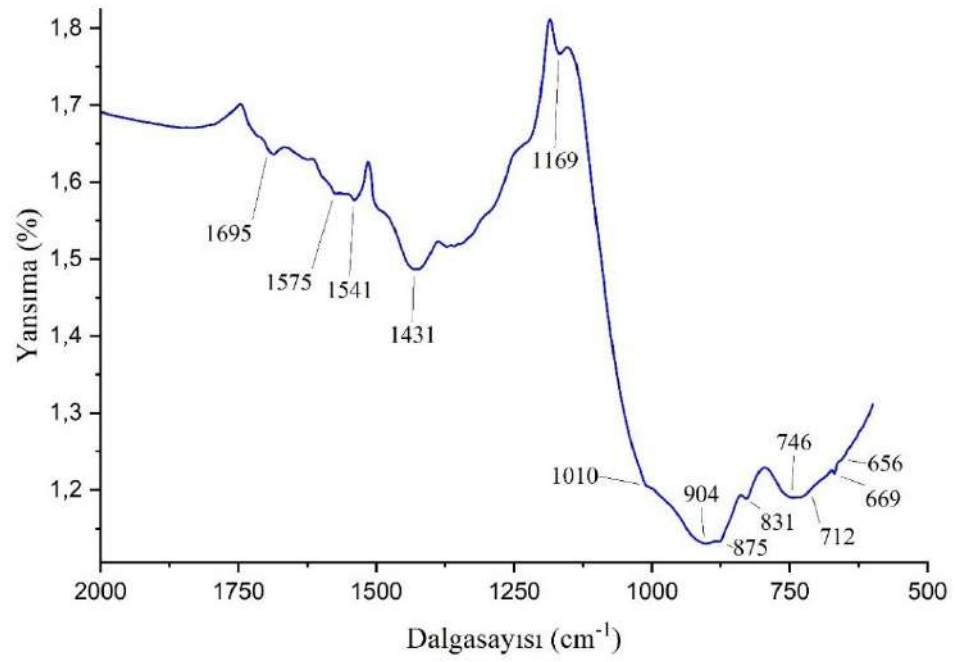
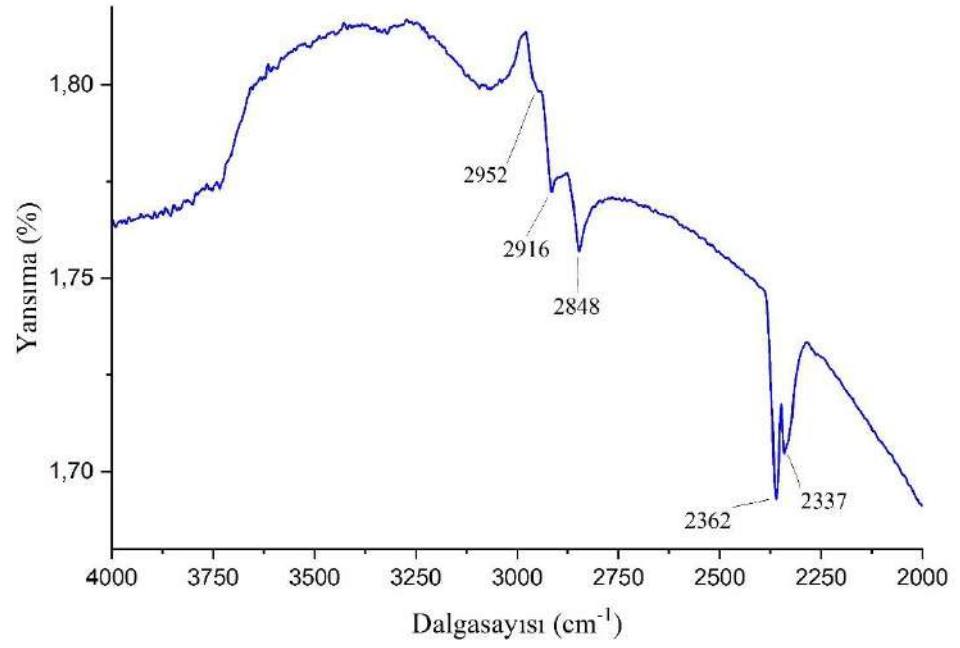
5/9/2023 1:33:53 PM



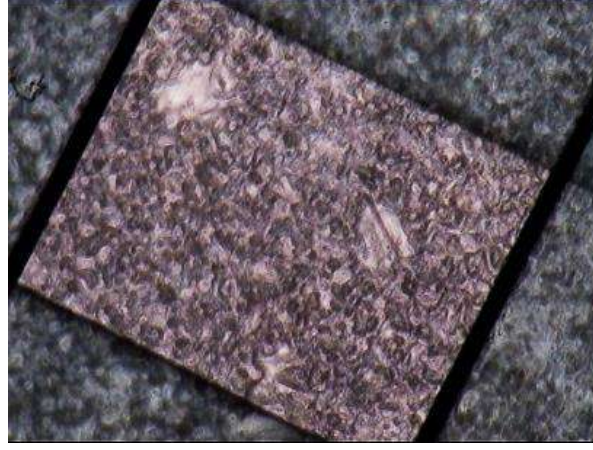
Şekil 4.4.7 IR Alan 3'ün haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.8 IR Alan 3'ün ortalaması alınmış yansıtma spektrumu.

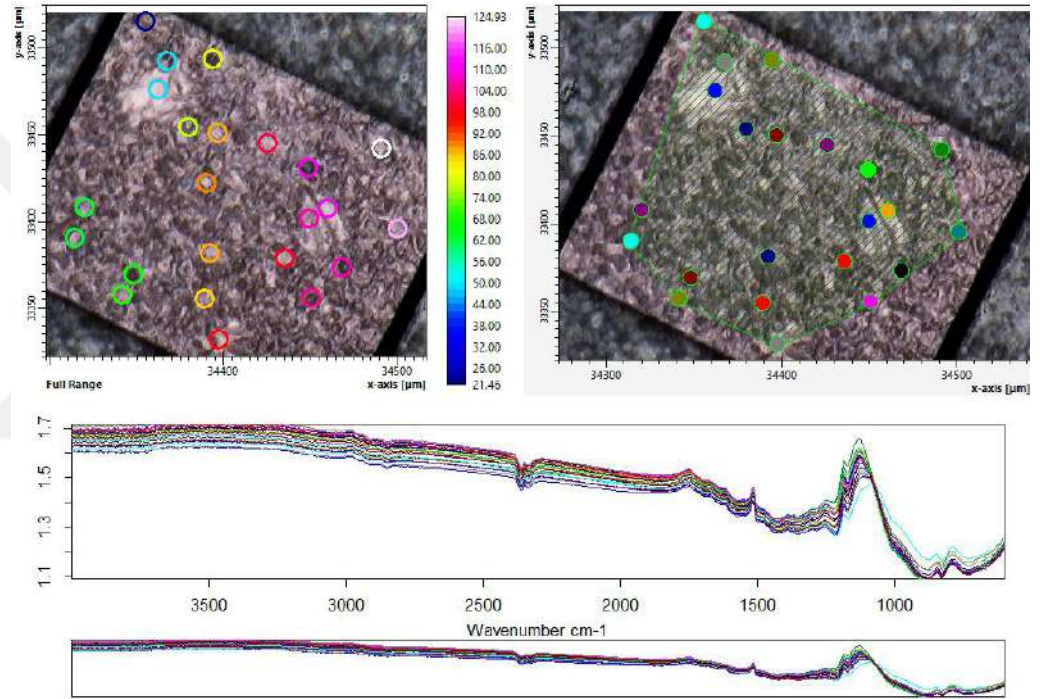


Şekil 4.4.9 IR Alan 3 yansımada spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} (üst) ve 2000-500 cm^{-1} (alt) yakınlaştırmış hali.

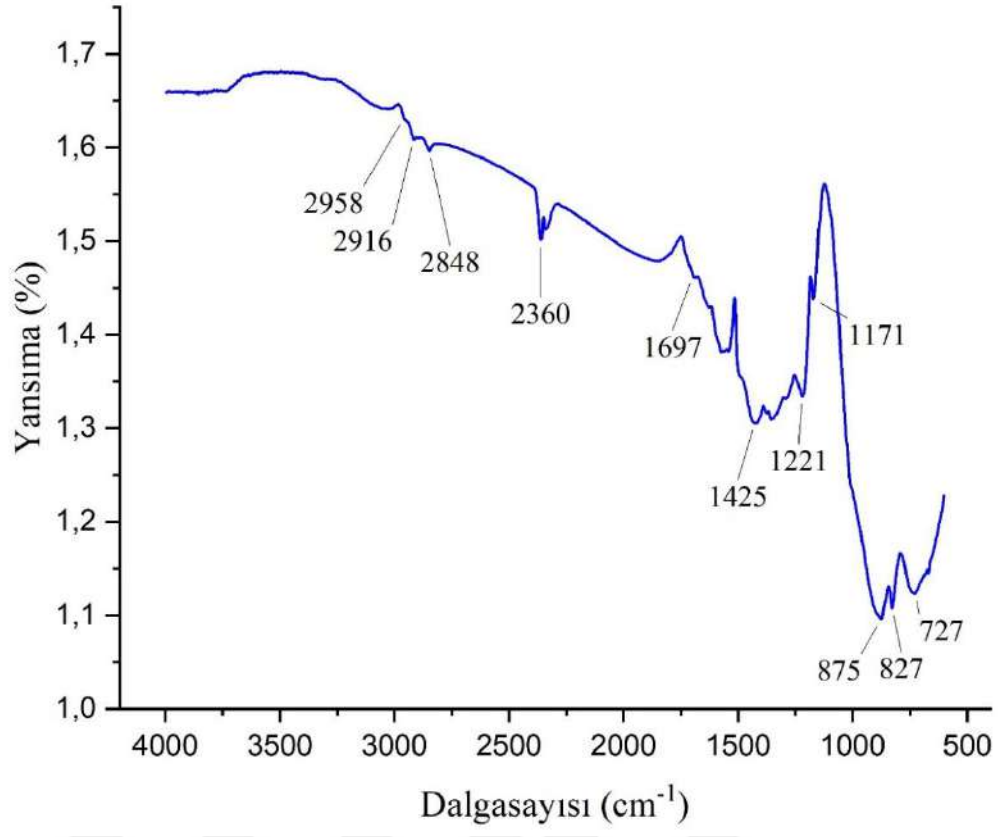


Chemical Imaging

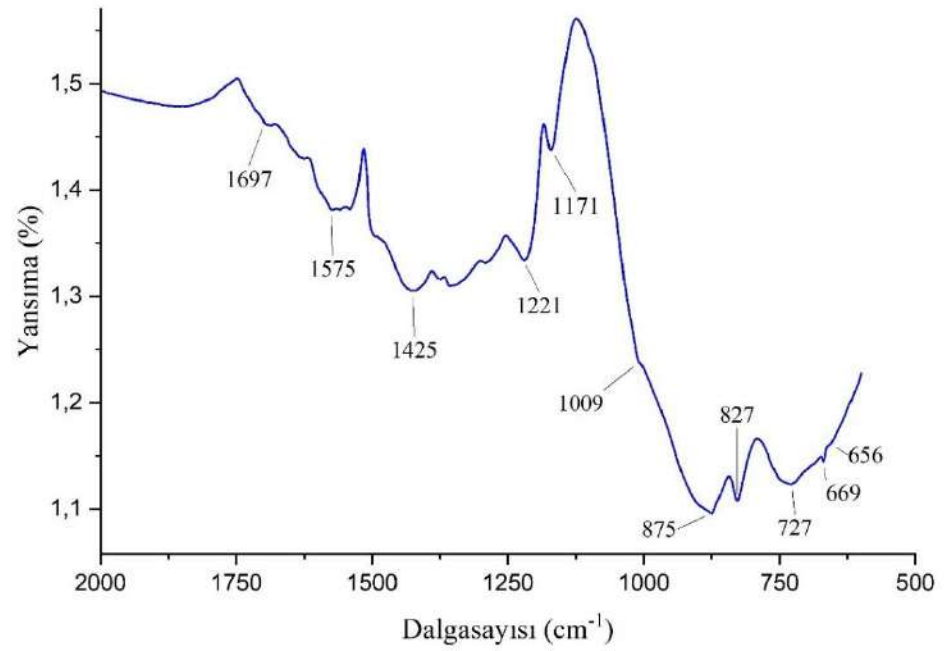
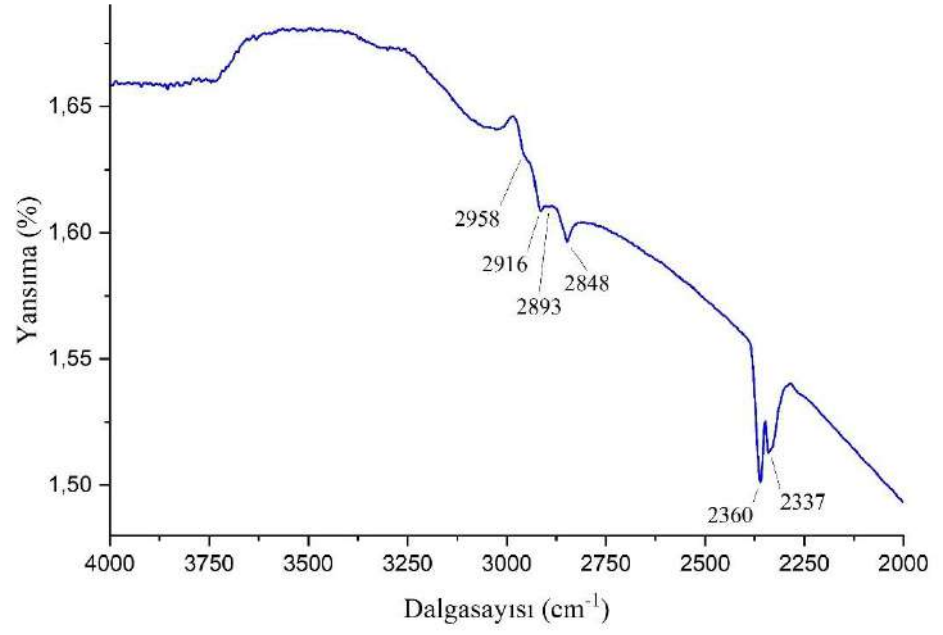
5/9/2023 1:46:23 PM



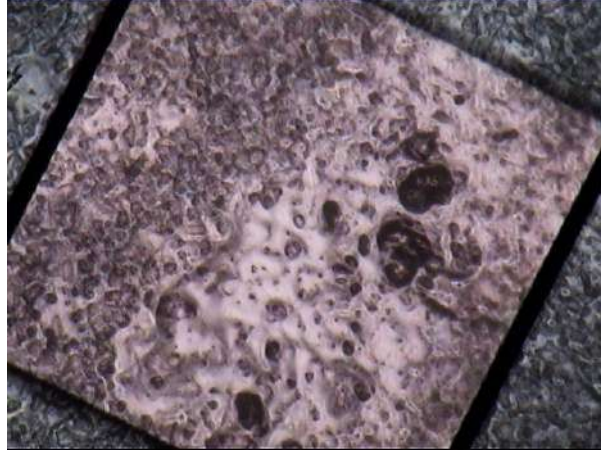
Şekil 4.4.10 IR Alan 4'ün haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.11 IR Alan 4'ün ortalaması alınmış yansım spektrumu.

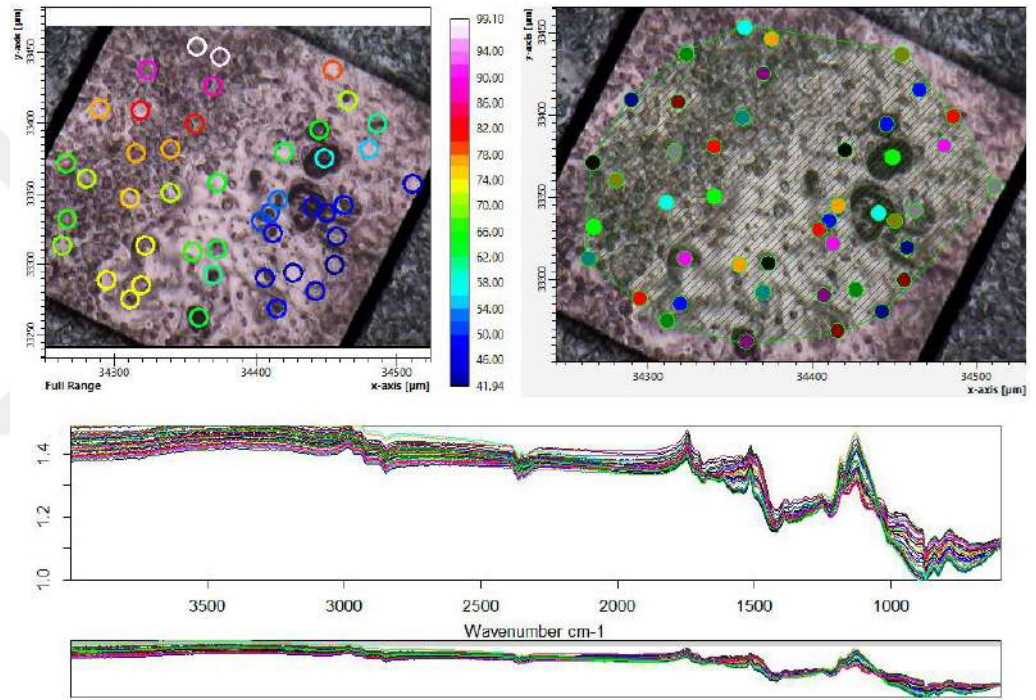


Şekil 4.4.12 IR Alan 4 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

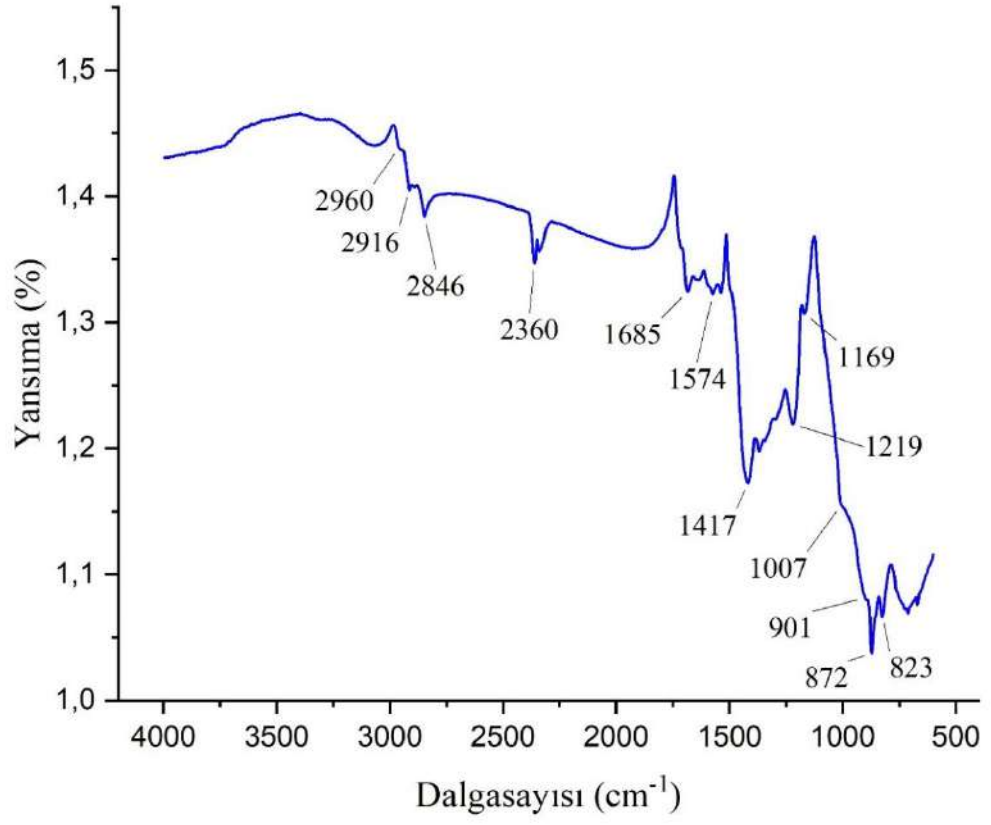


Chemical Imaging

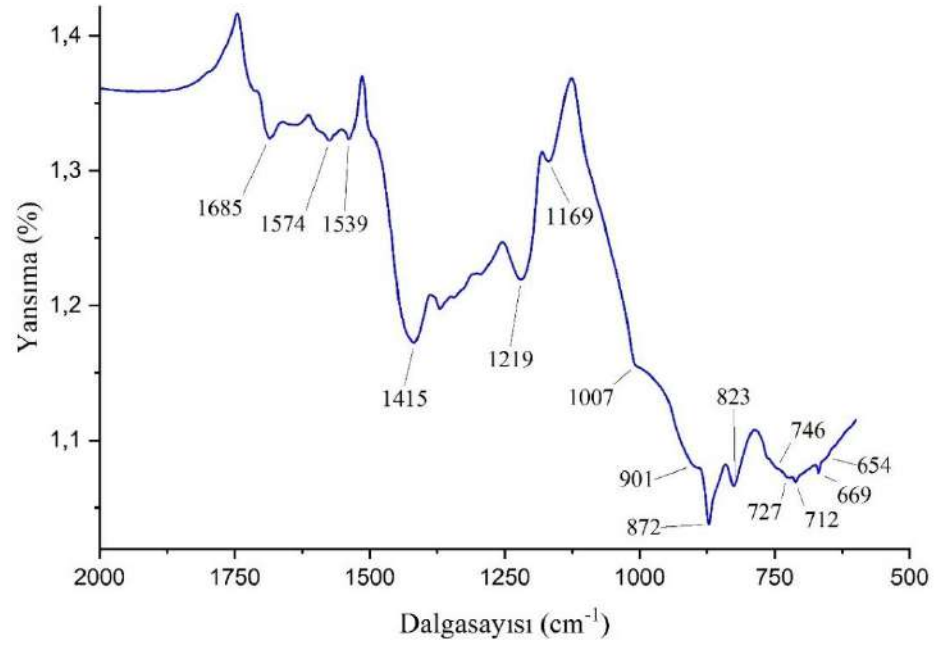
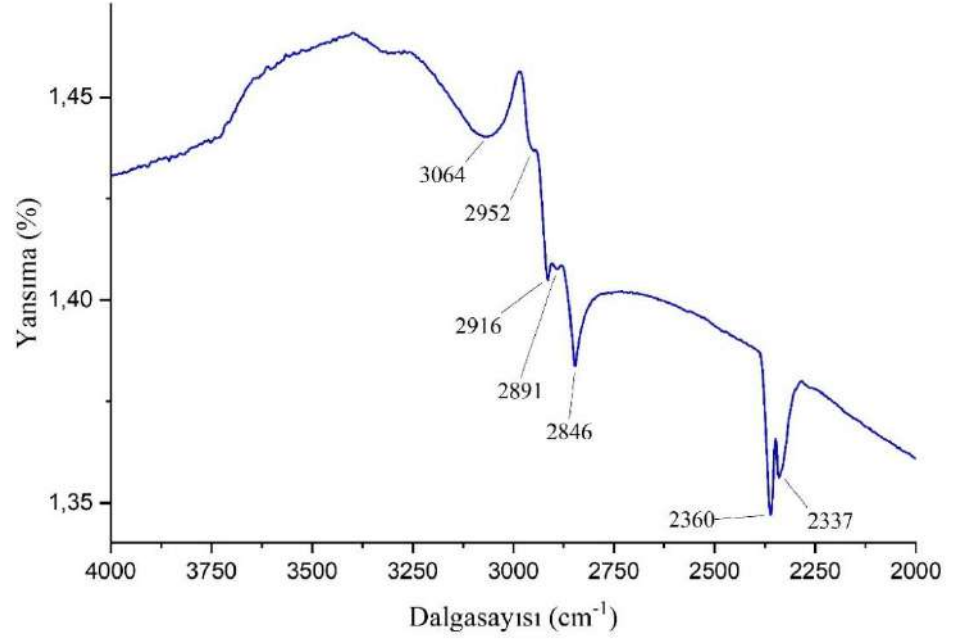
5/9/2023 2:06:49 PM



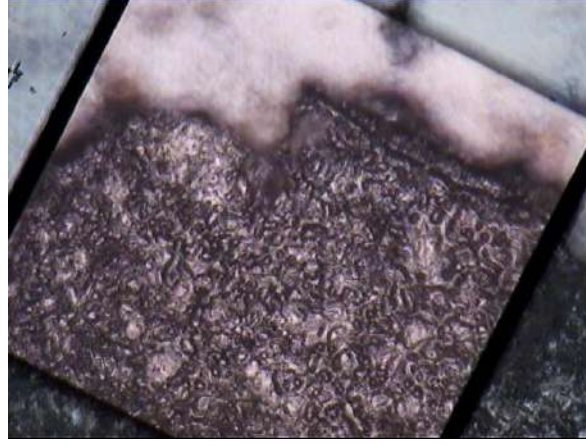
Şekil 4.4.13 IR Alan 5'in haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.14 IR Alan 5'in ortalaması alınmış yansıtım spektrumu.

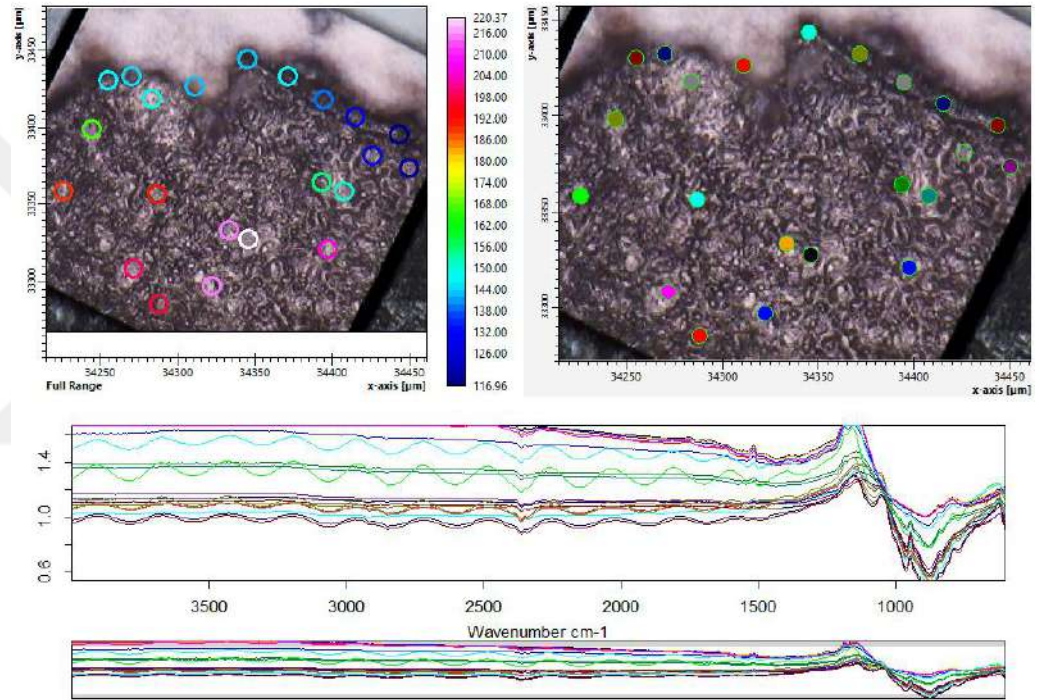


Şekil 4.4.15 IR Alan 5 yansıtma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

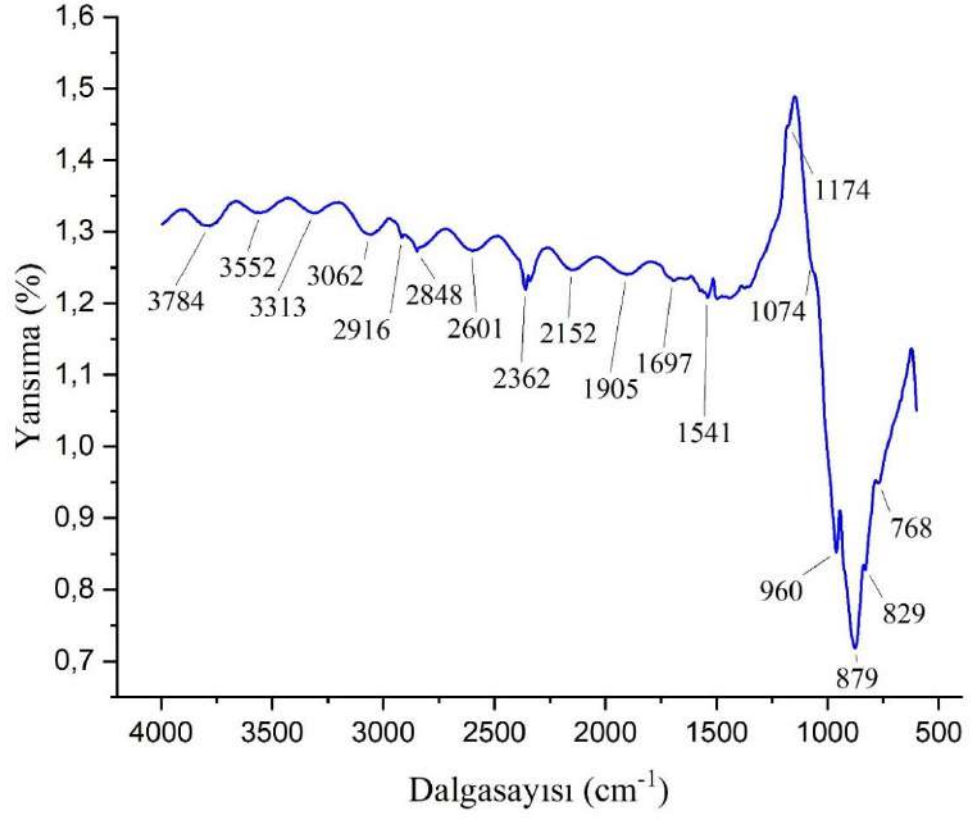


Chemical Imaging

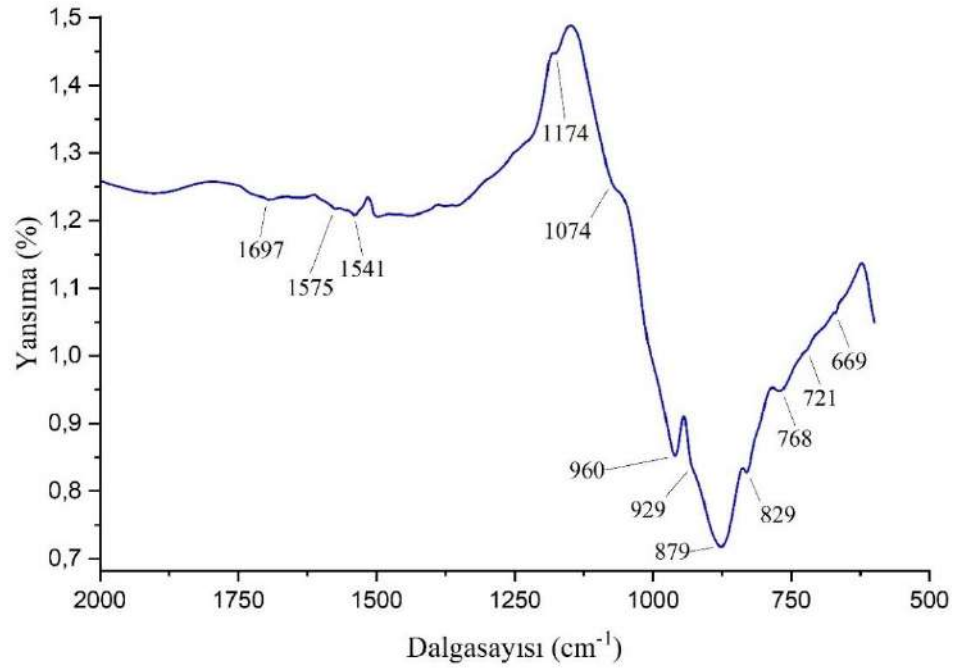
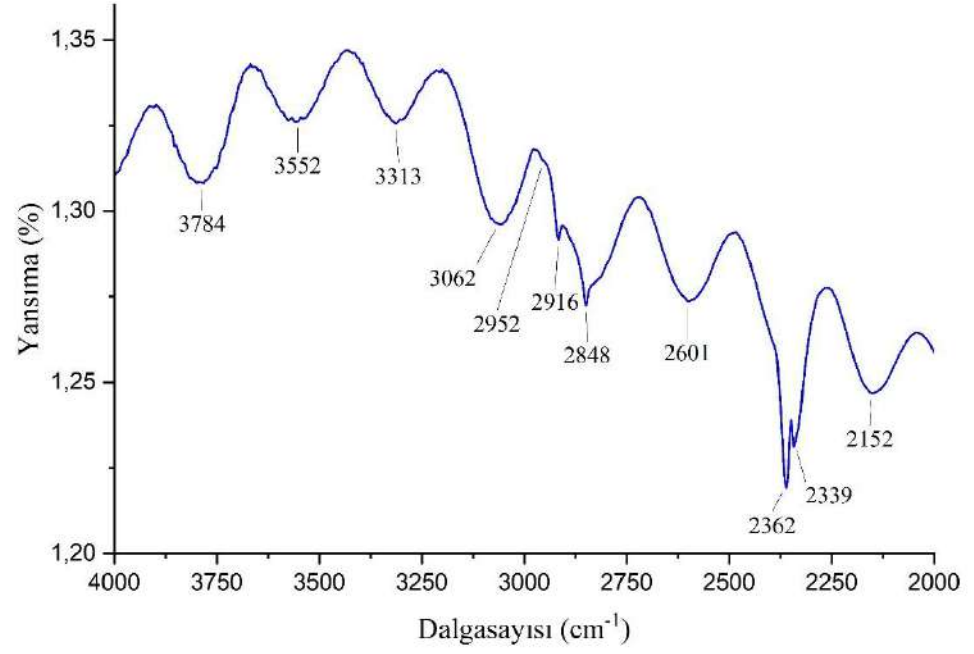
5/9/2023 2:27:18 PM



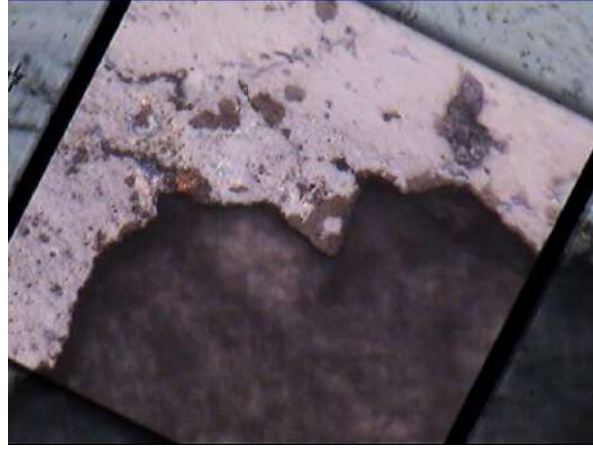
Şekil 4.4.16 Alan 6'nın haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.17 IR Alan 6'nın ortalaması alınmış yansıtım spektrumu.

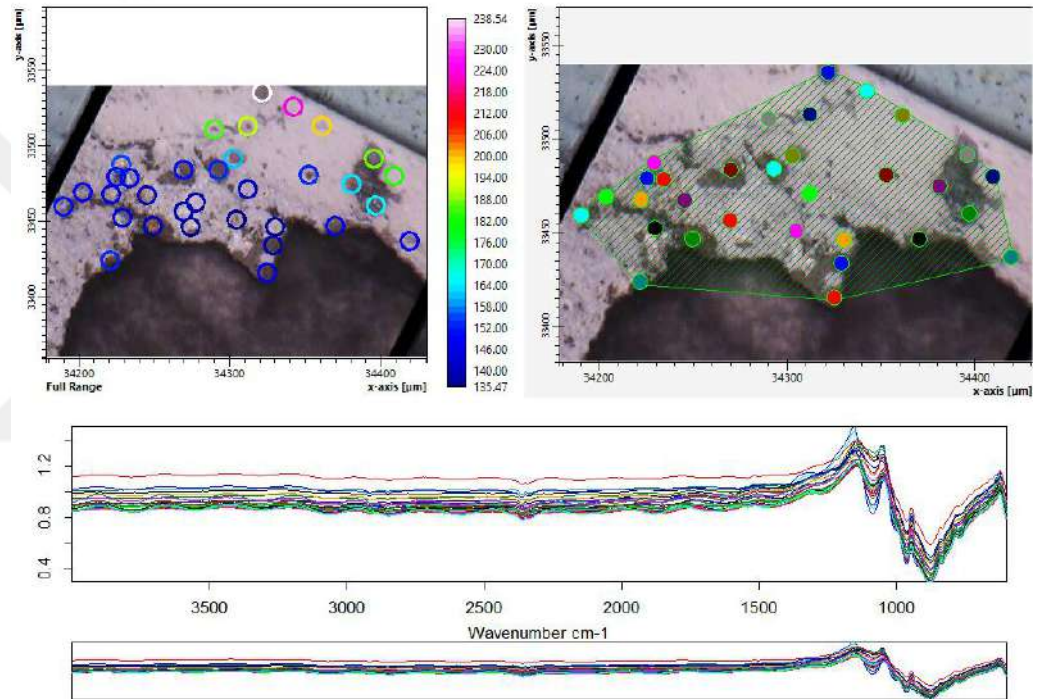


Şekil 4.4.18 IR Alan 6 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

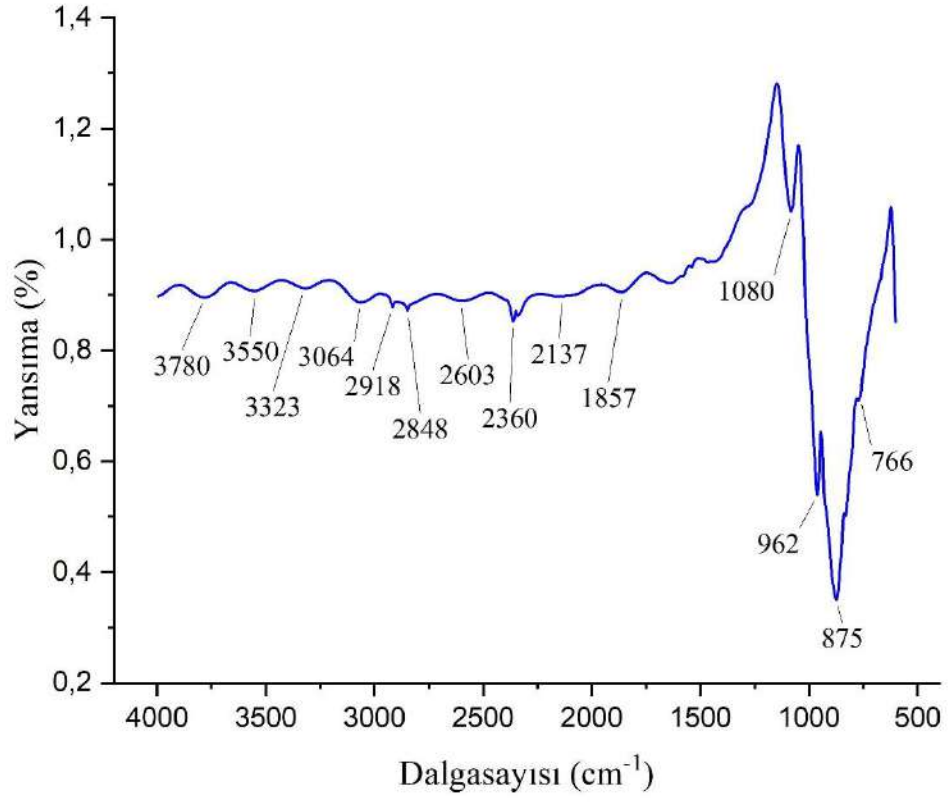


Chemical Imaging

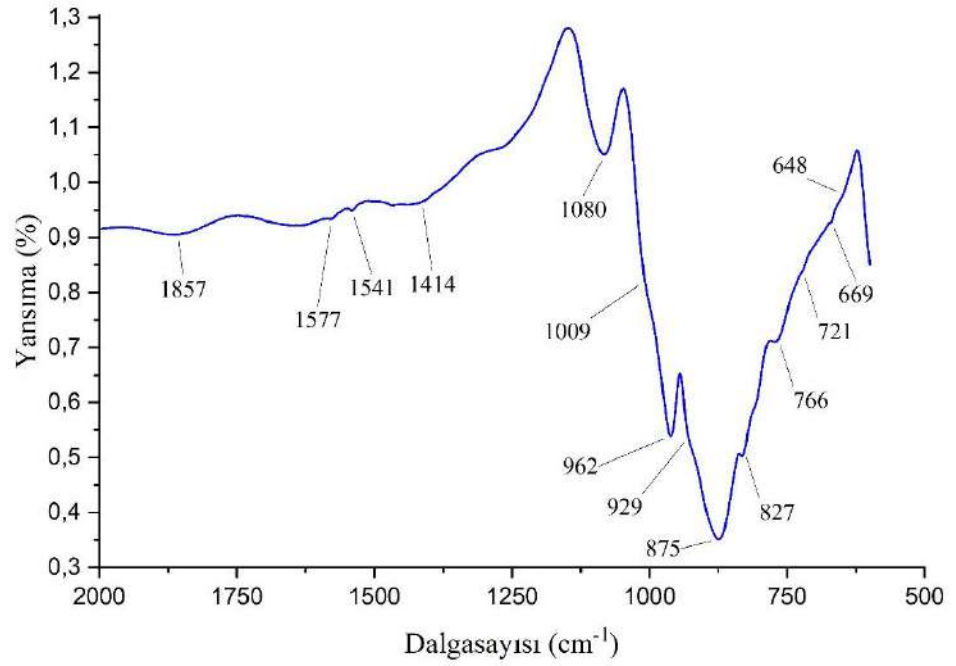
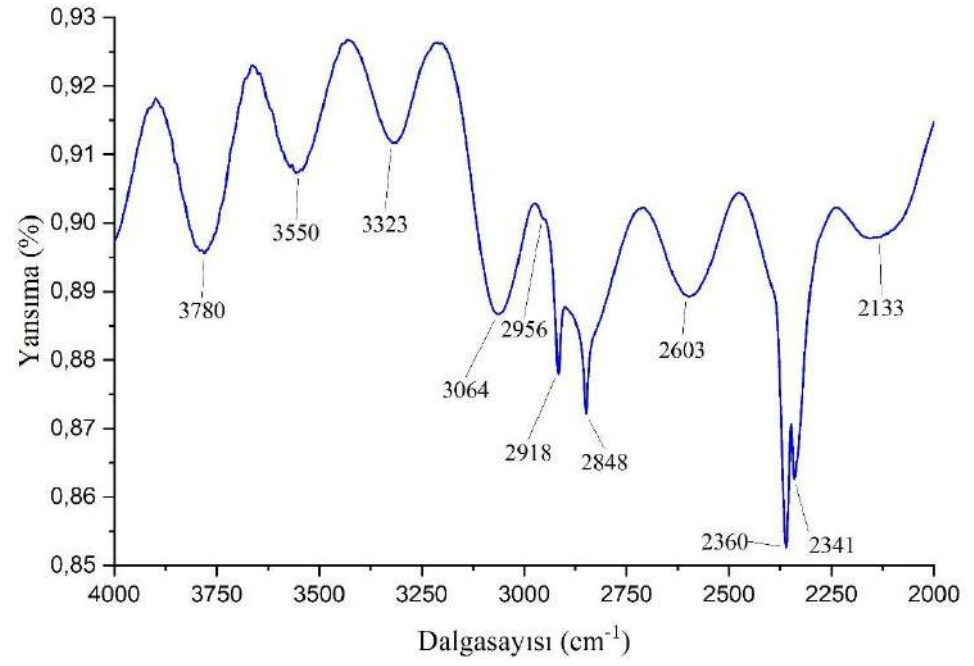
5/9/2023 2:42:59 PM



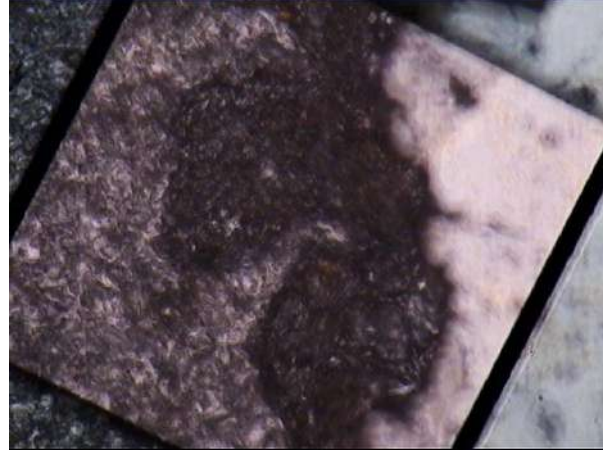
Şekil 4.4.19 IR Alan 7'nin haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.20 IR Alan 7'nin ortalaması alınmış yansımada spektrumu.

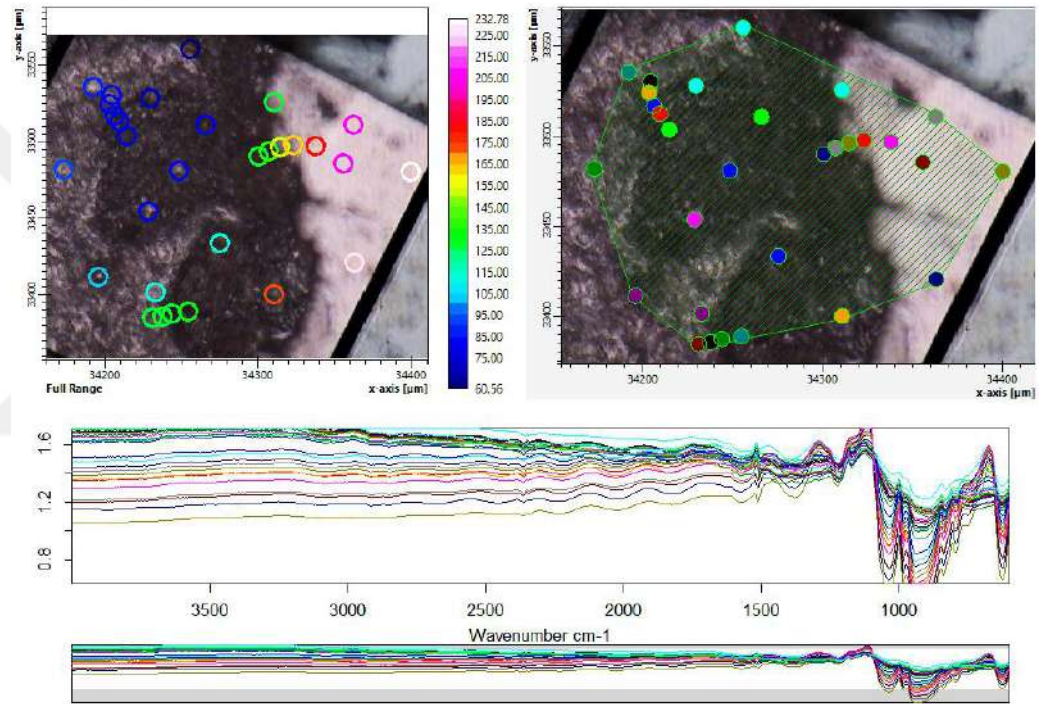


Şekil 4.4.21 IR Alan 7 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

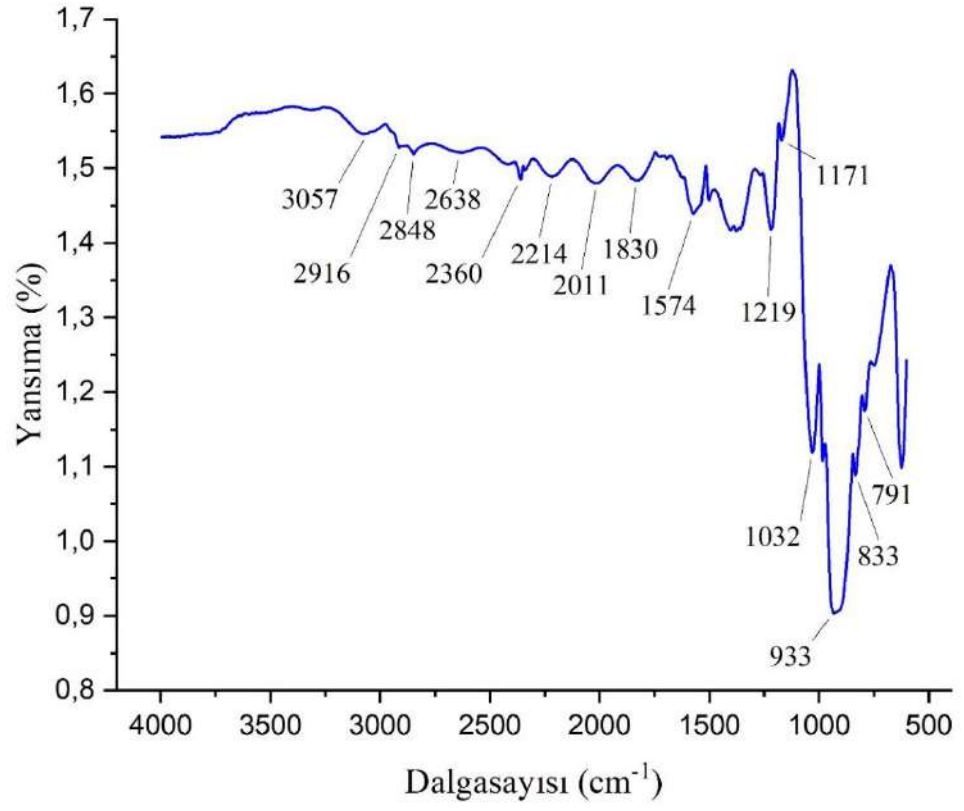


Chemical Imaging

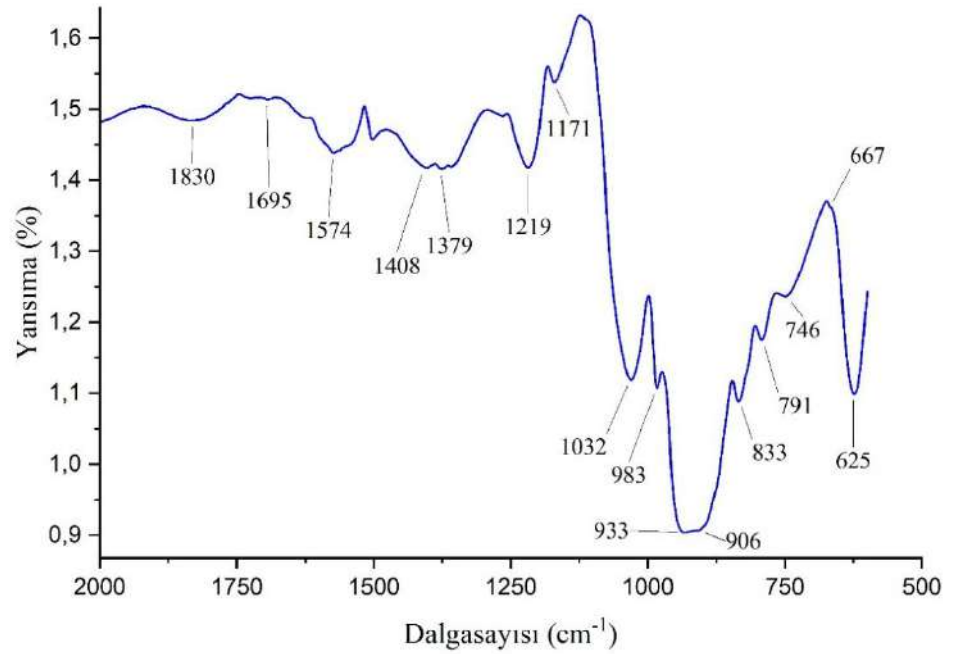
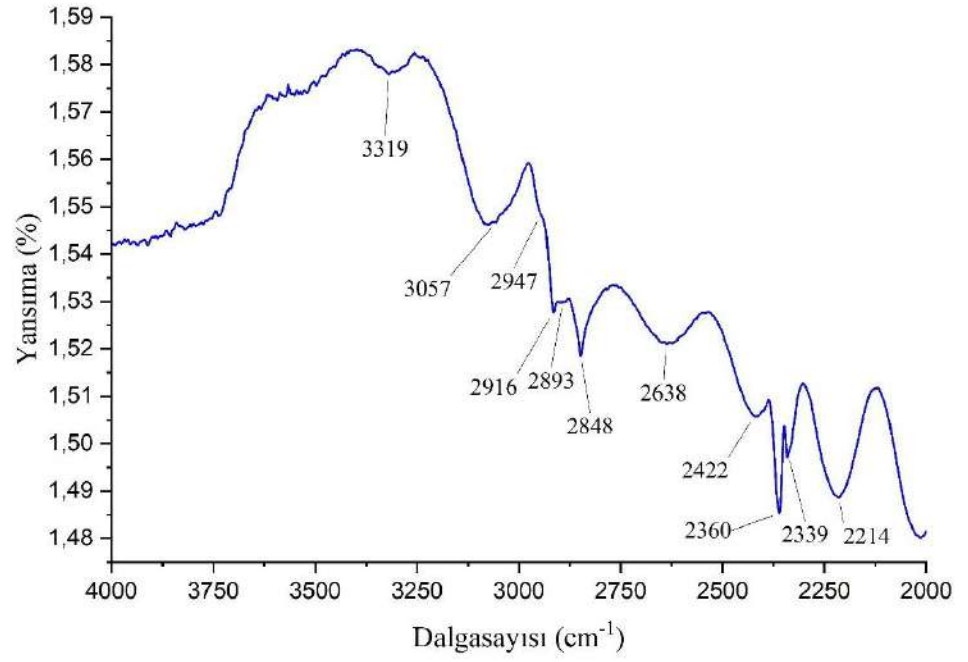
5/9/2023 2:57:35 PM



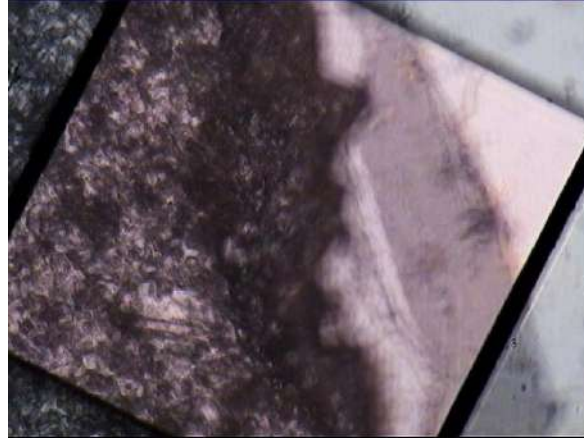
Şekil 4.4.22 IR Alan 8'in haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.23 IR Alan 8'in ortalaması alınmış yansıtma spektrumu.

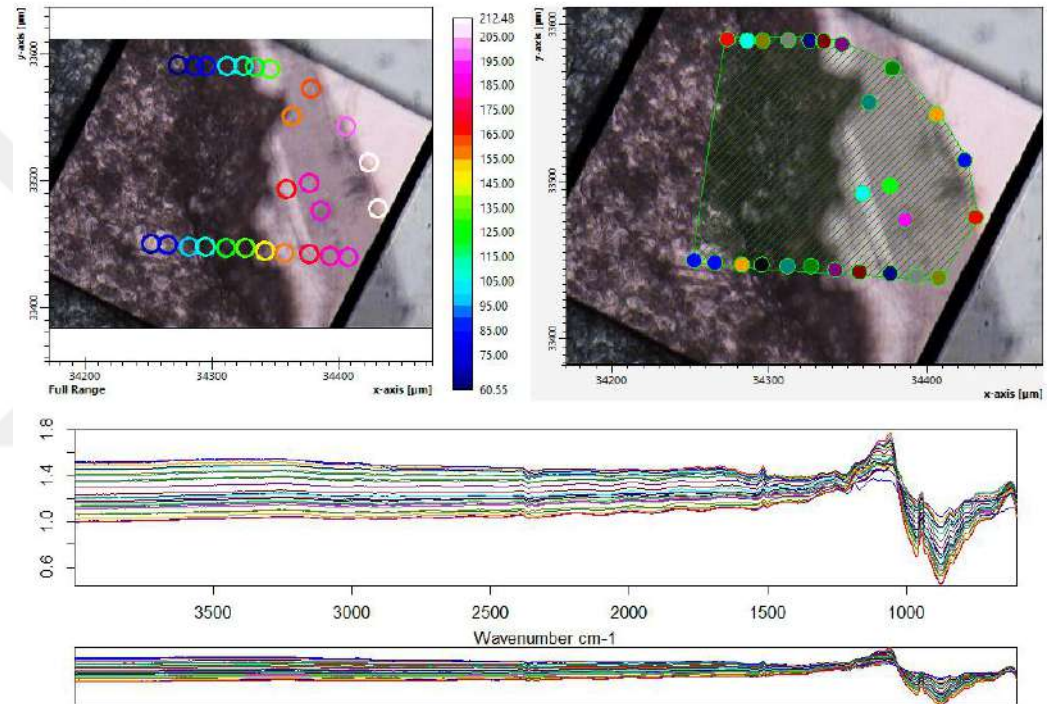


Şekil 4.4.24 IR Alan 8 yansımaya spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} (üst) ve 2000-500 cm^{-1} (alt) yakınlaştırılmış hali.

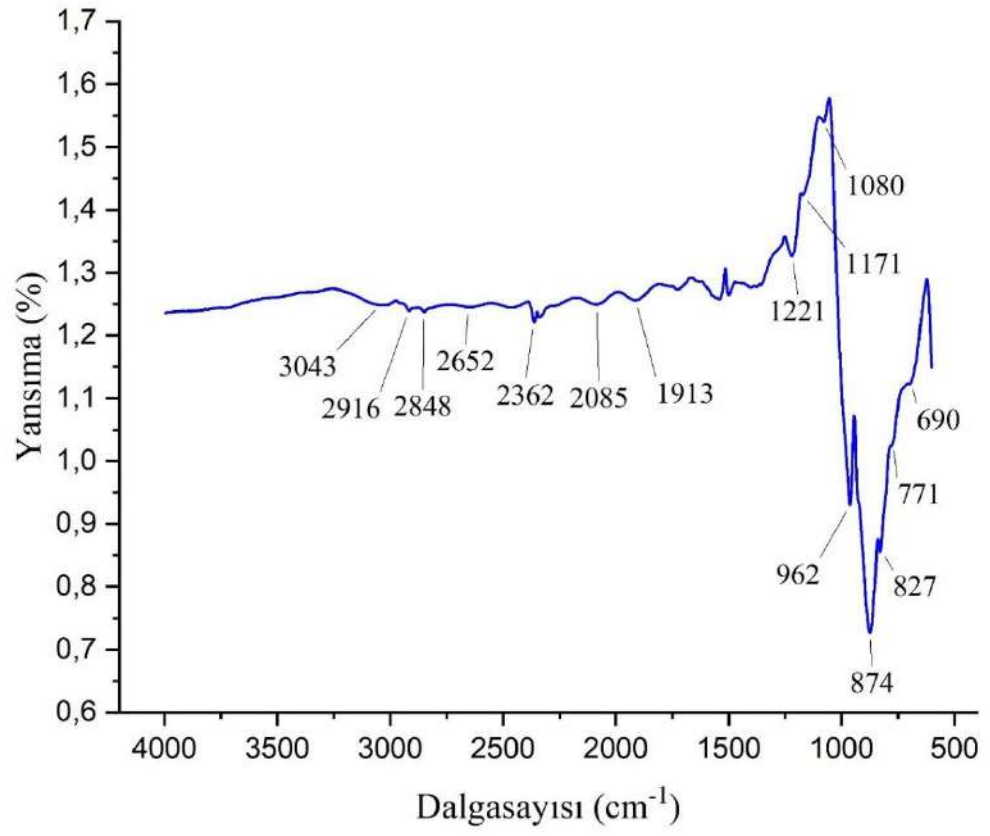


Chemical Imaging

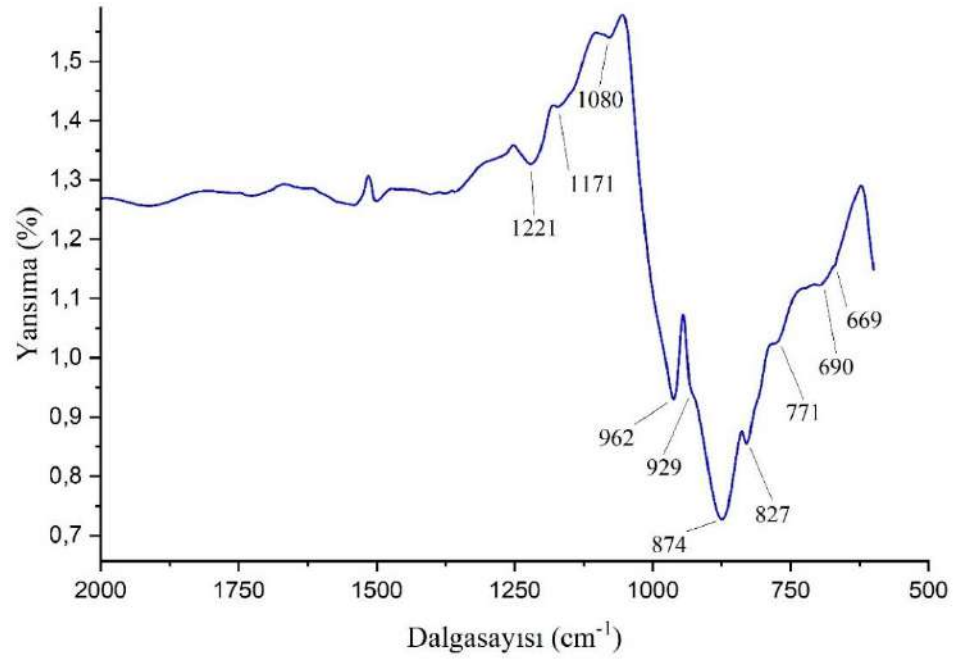
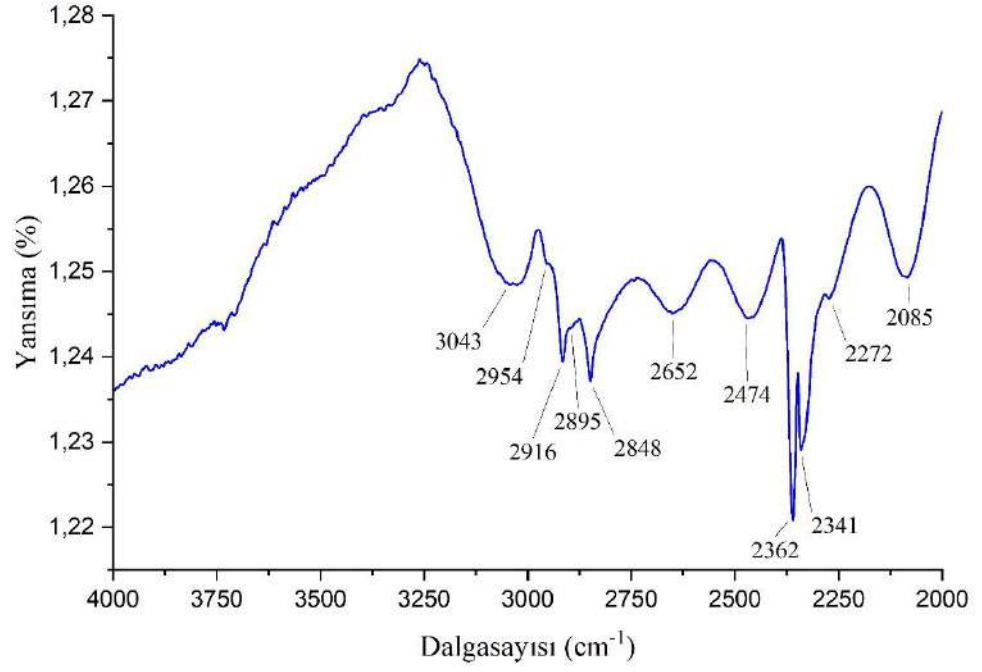
5/9/2023 3:11:36 PM



Şekil 4.4.25 IR Alan 9'un haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.26 IR Alan 9'un ortalaması alınmış yansıtma spektrumu.

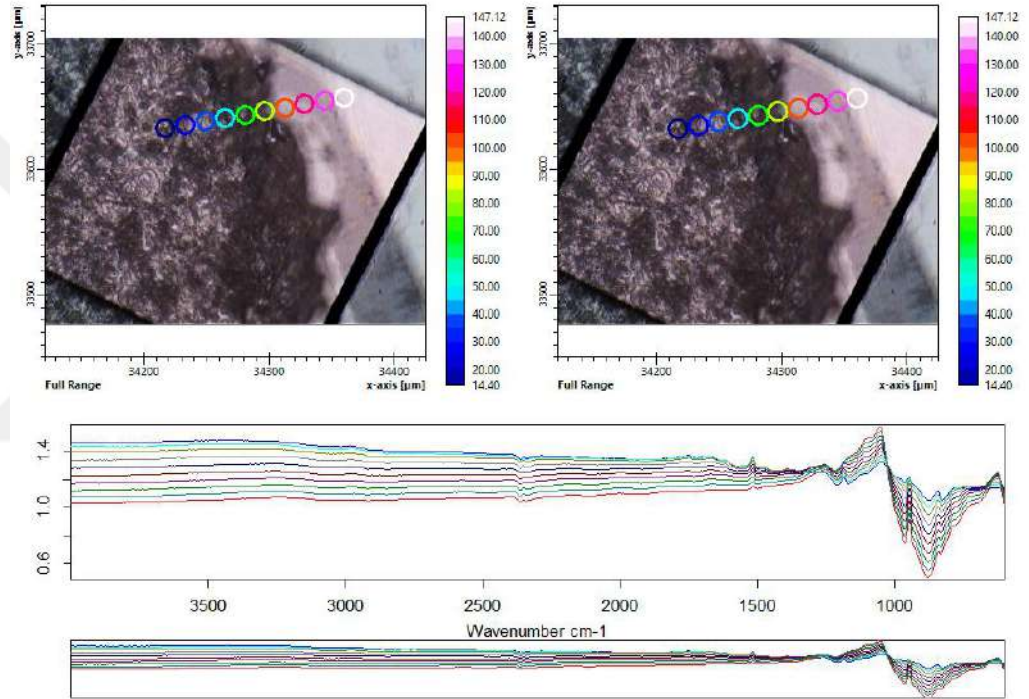


Şekil 4.4.27 IR Alan 9 yansımada spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

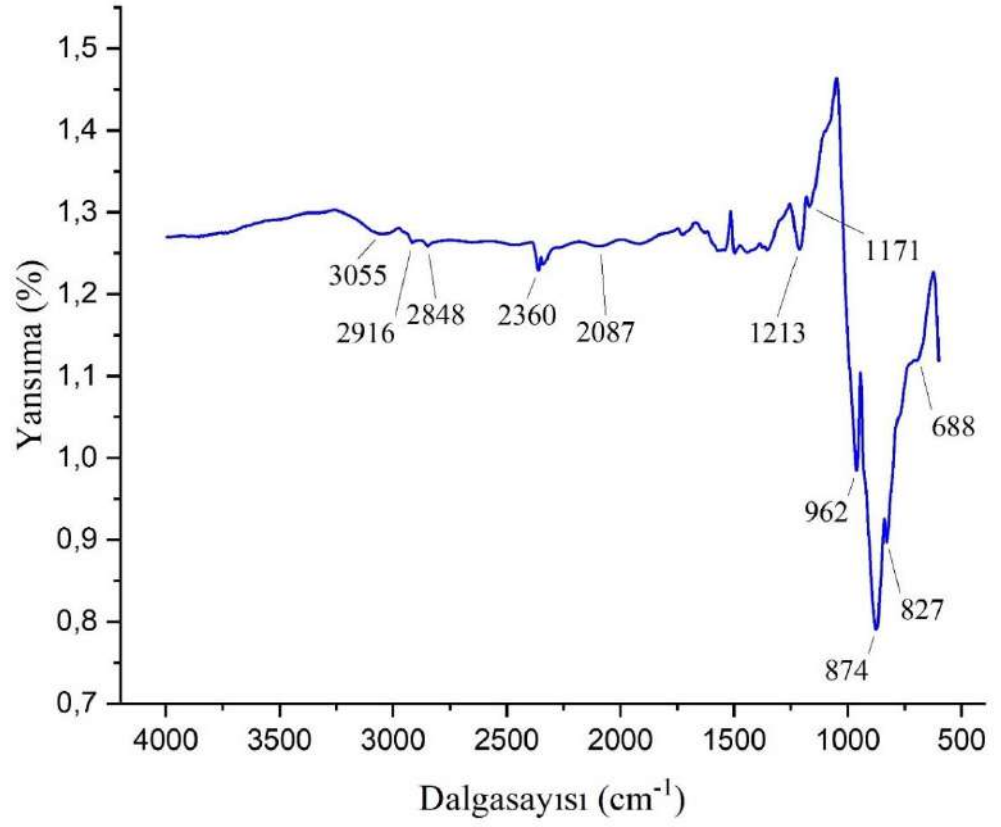


Chemical Imaging

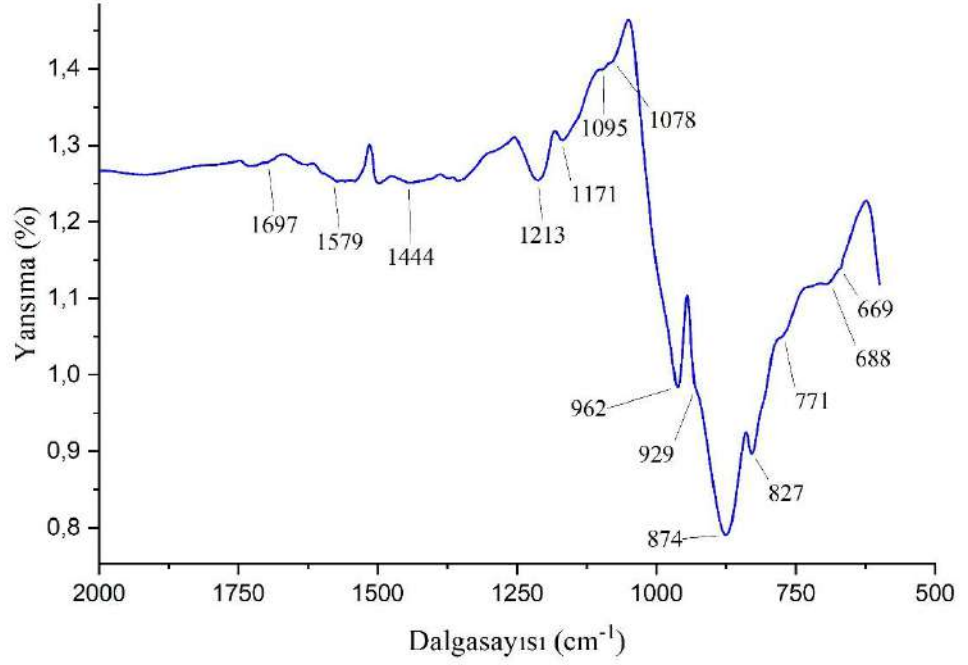
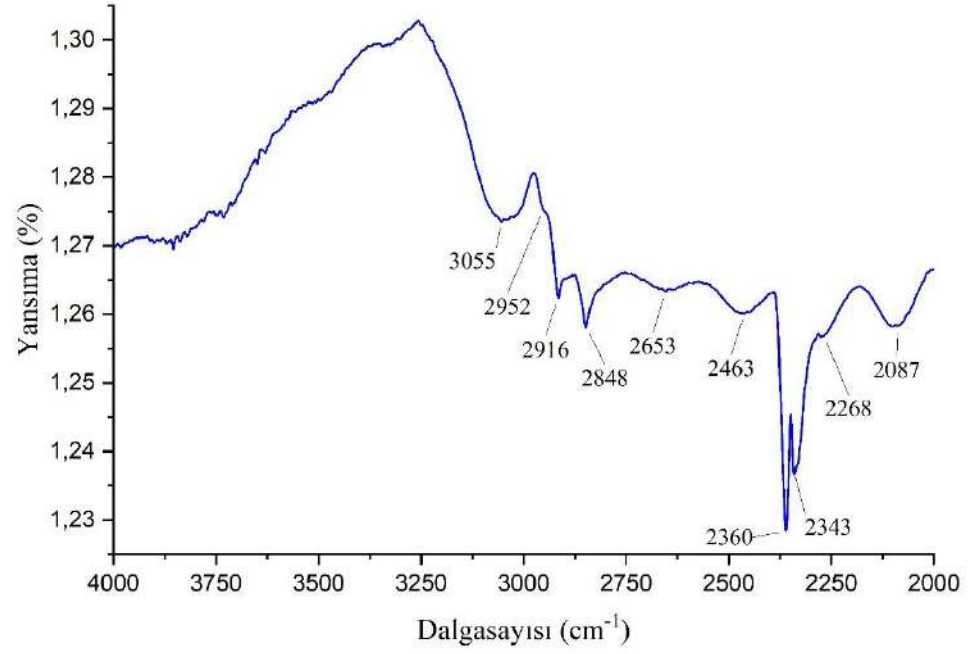
5/9/2023 3:24:48 PM



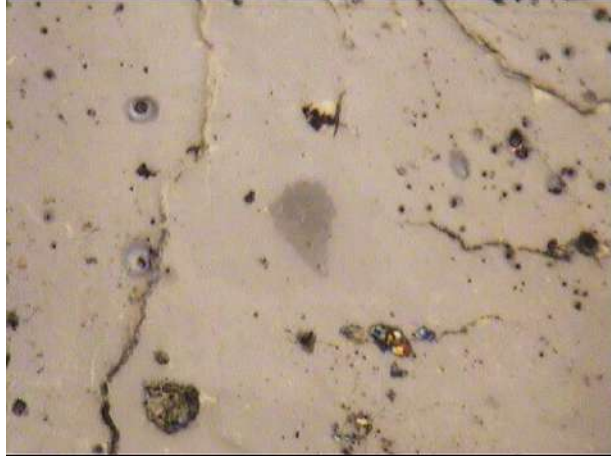
Şekil 4.4.28 IR Alan 10'un haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.29 IR Alan 10'un ortalaması alınmış yansıtma spektrumu.

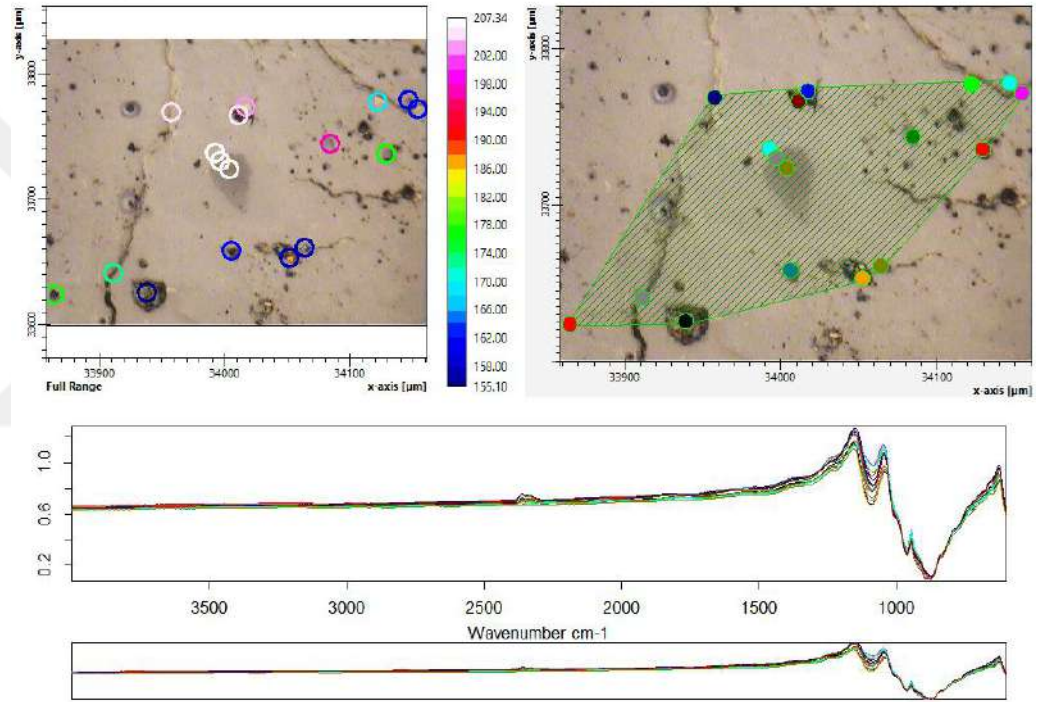


Şekil 4.4.30 IR Alan 10 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

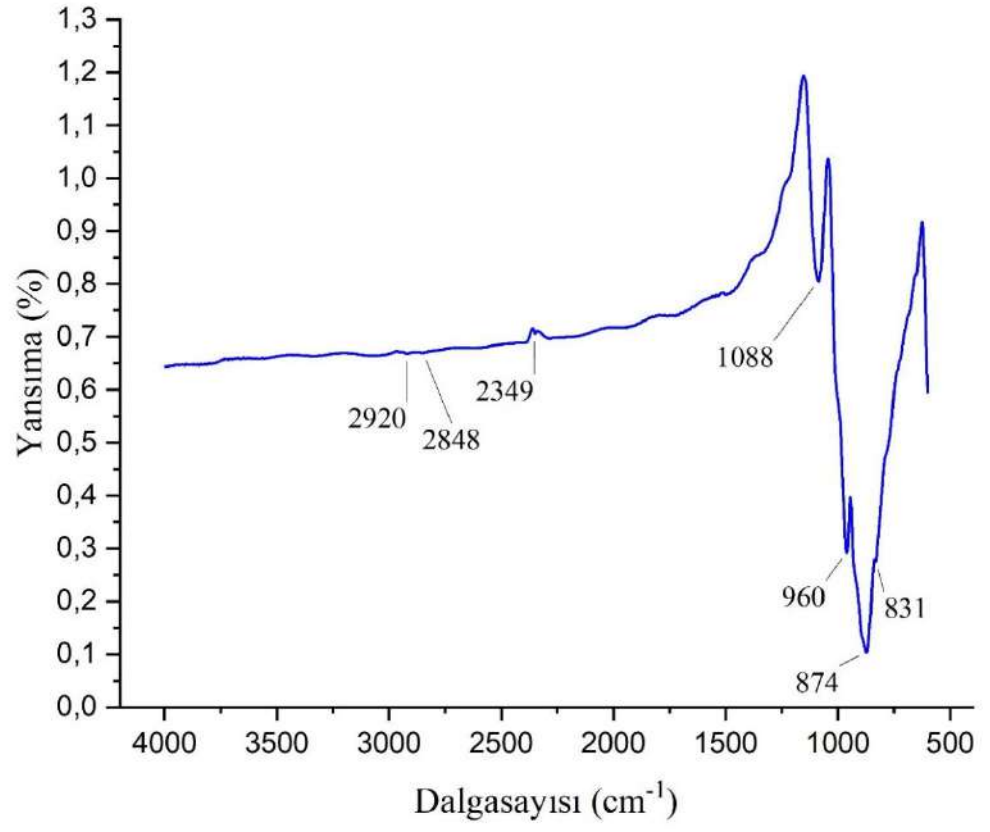


Chemical Imaging

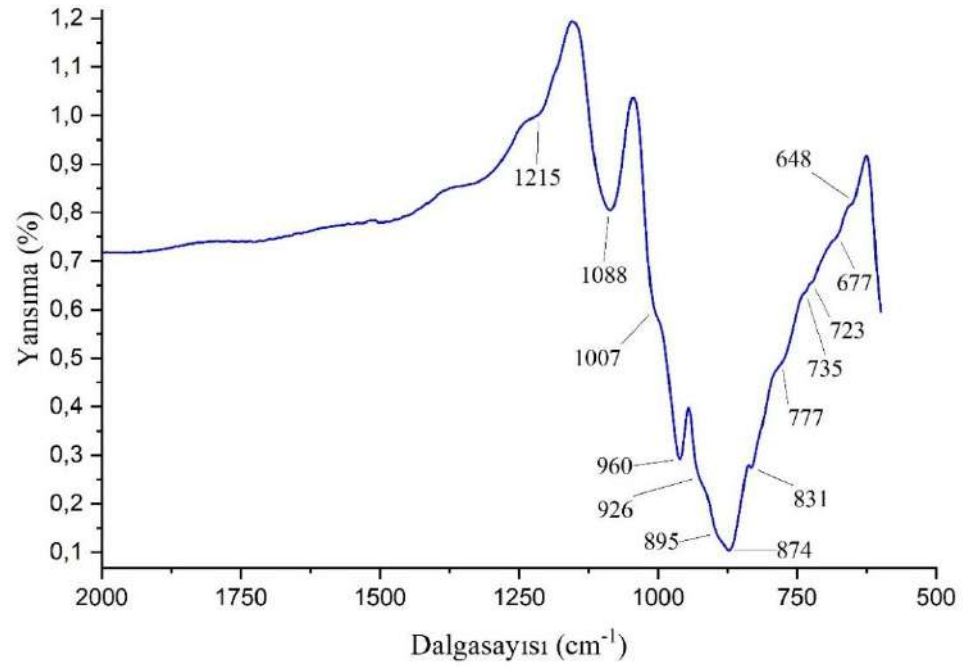
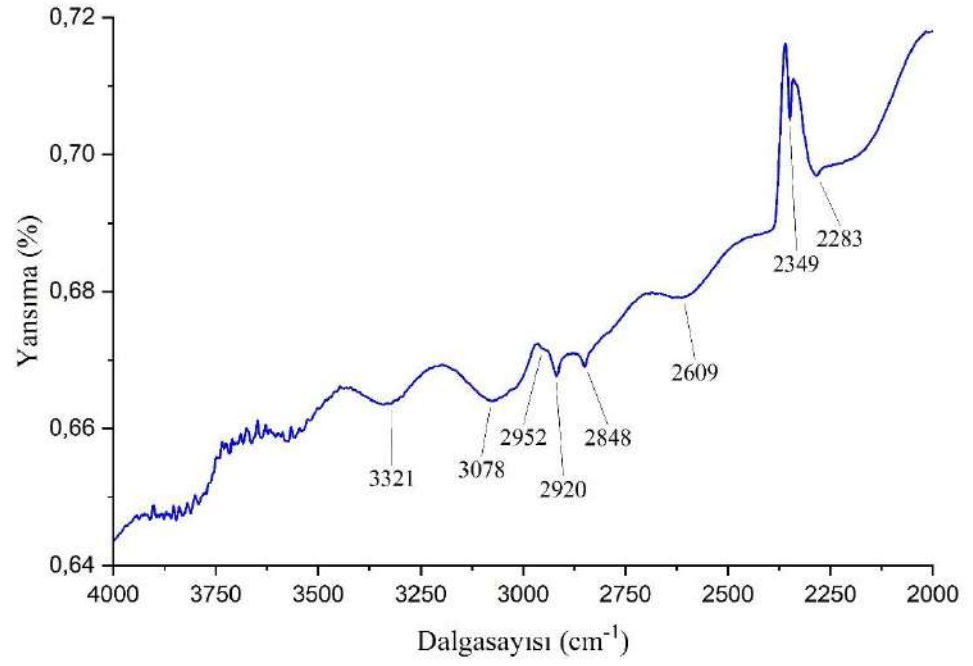
5/11/2023 10:25:29 AM



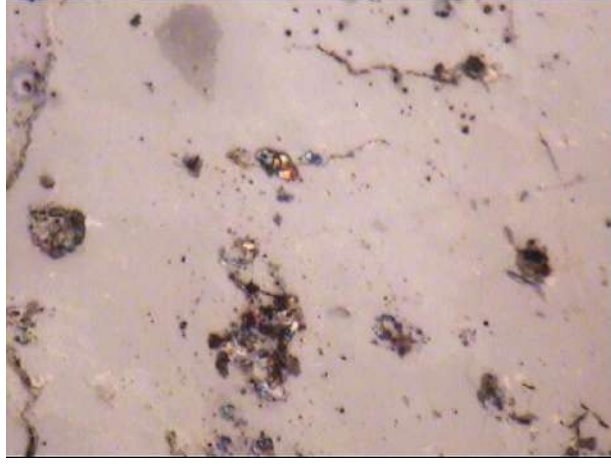
Şekil 4.4.31 IR Alan 11'in haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.32 IR Alan 11'in ortalaması alınmış yansıtım spektrumu.

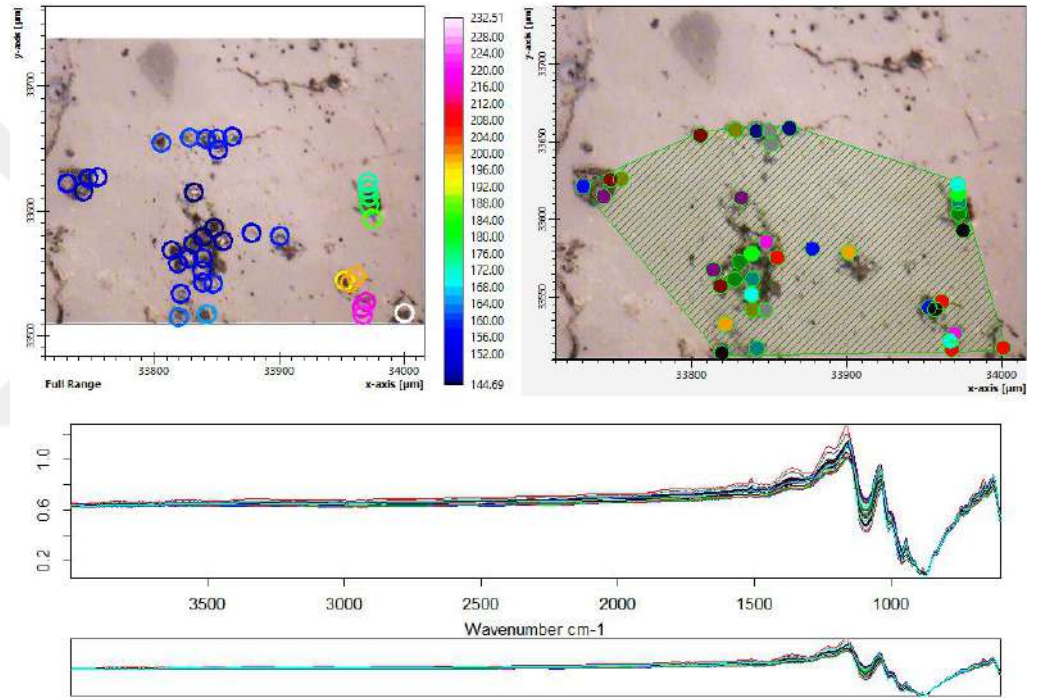


Şekil 4.4.33 IR Alan 11 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

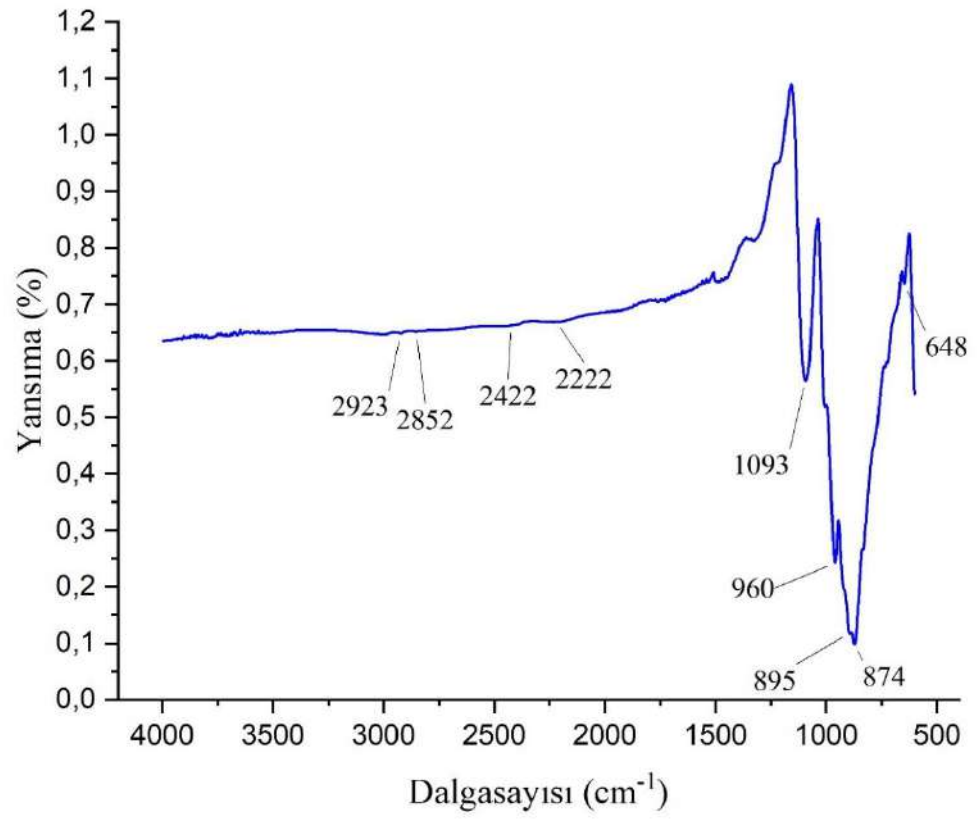


Chemical Imaging

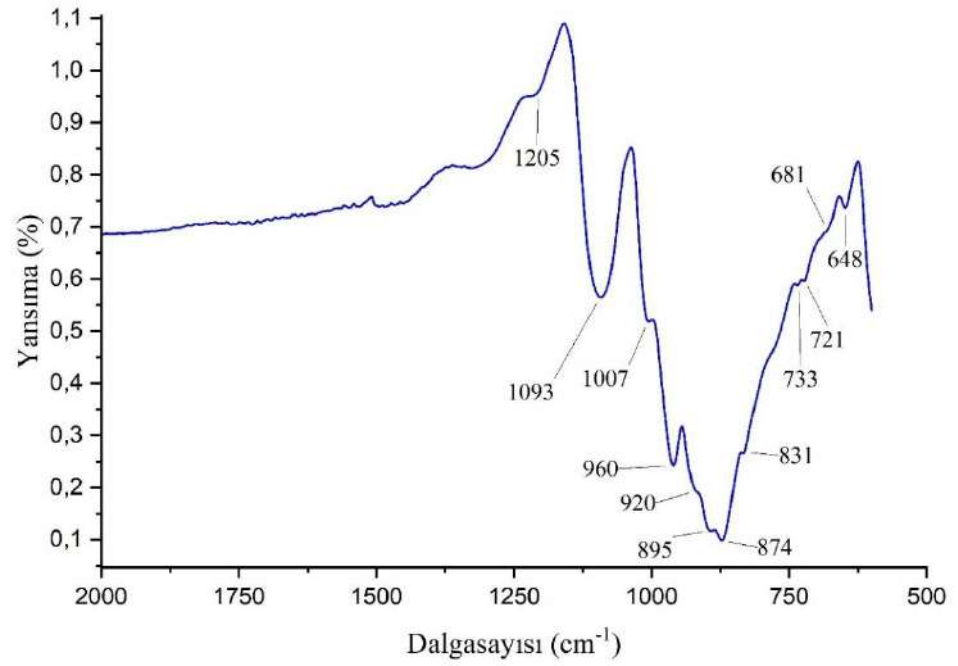
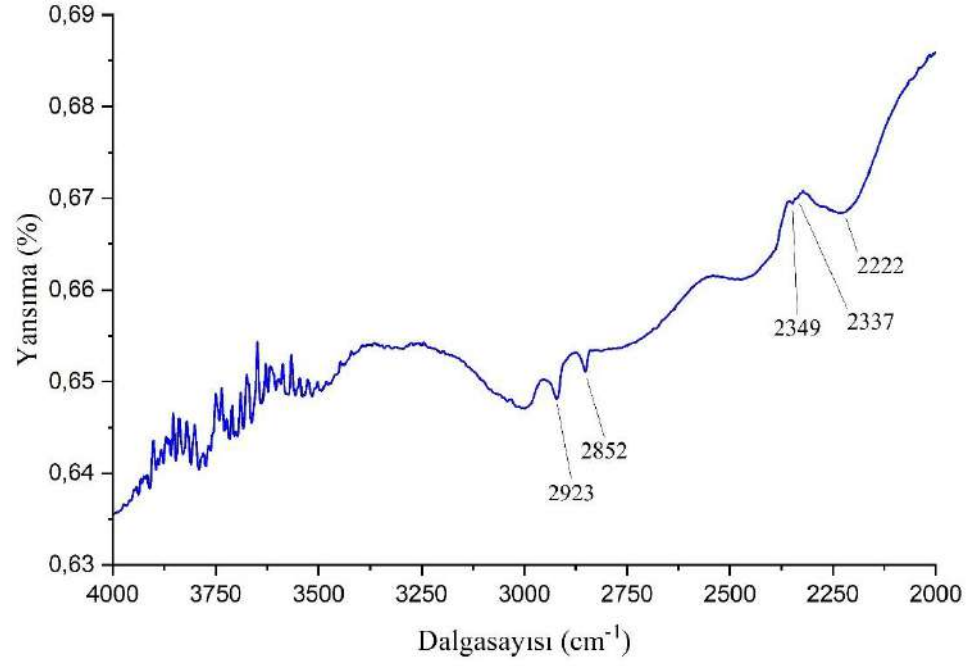
5/11/2023 10:42:47 AM



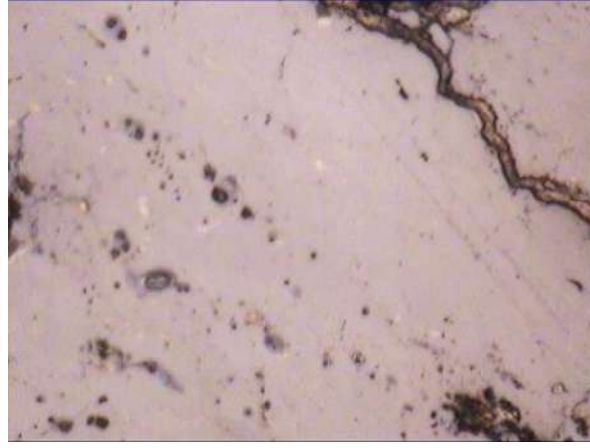
Şekil 4.4.34 IR Alan 12'nin haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.35 IR Alan 12'nin ortalaması alınmış yansıtım spektrumu.

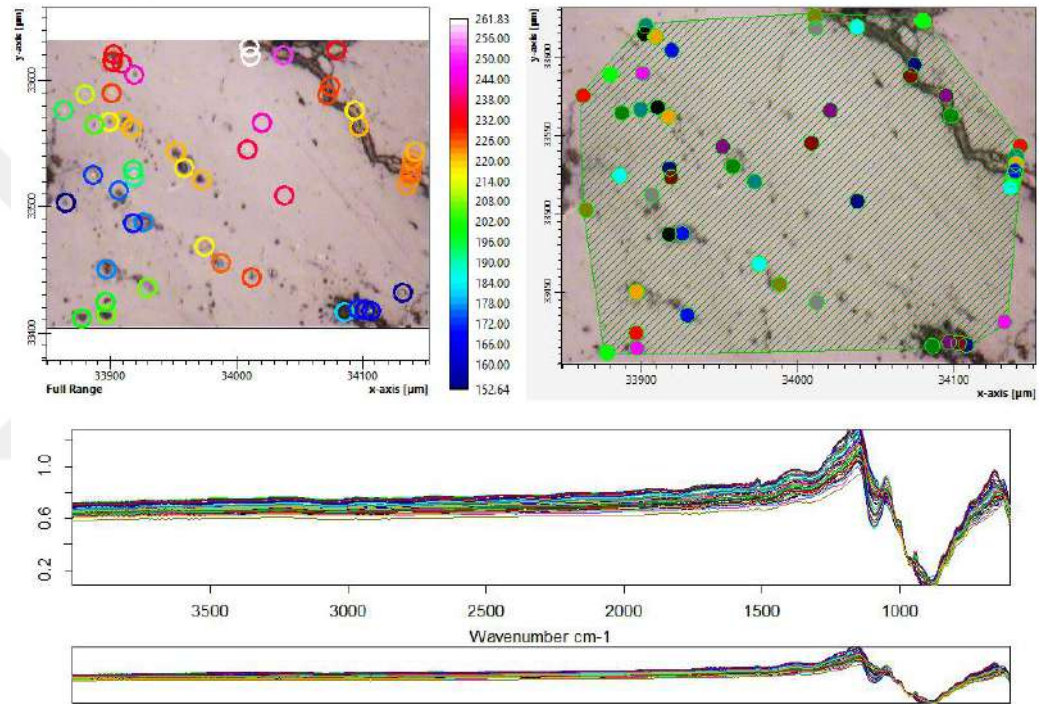


Şekil 4.4.36 IR Alan 12 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

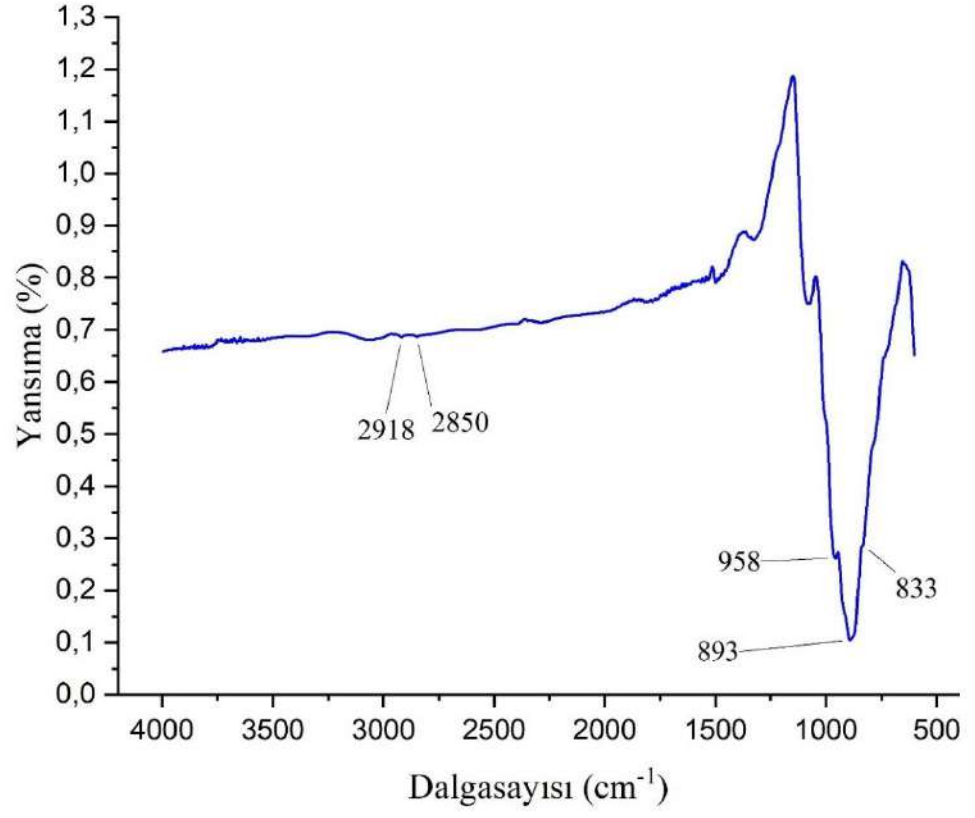


Chemical Imaging

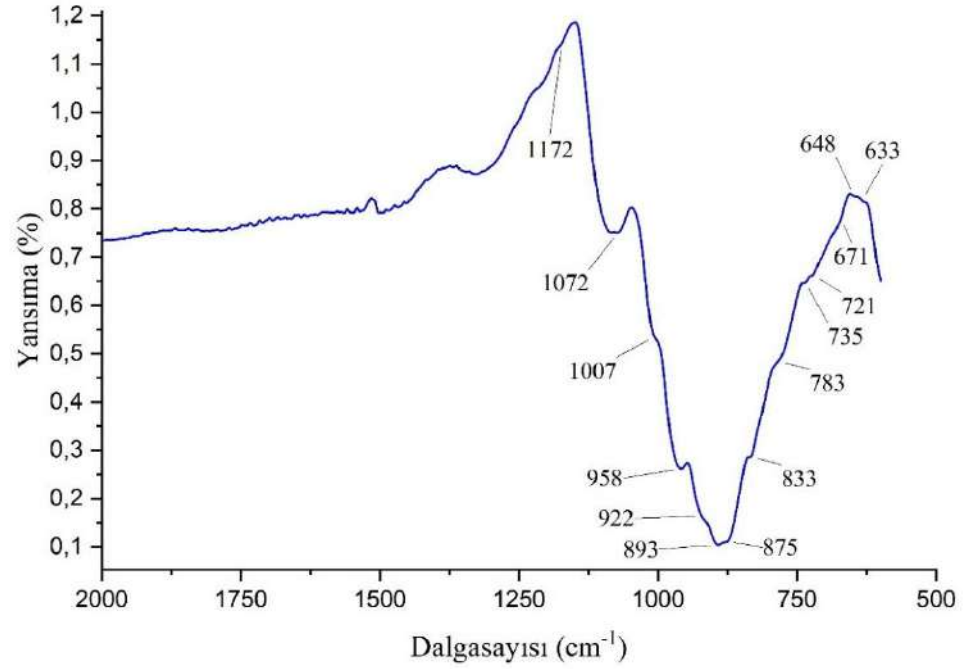
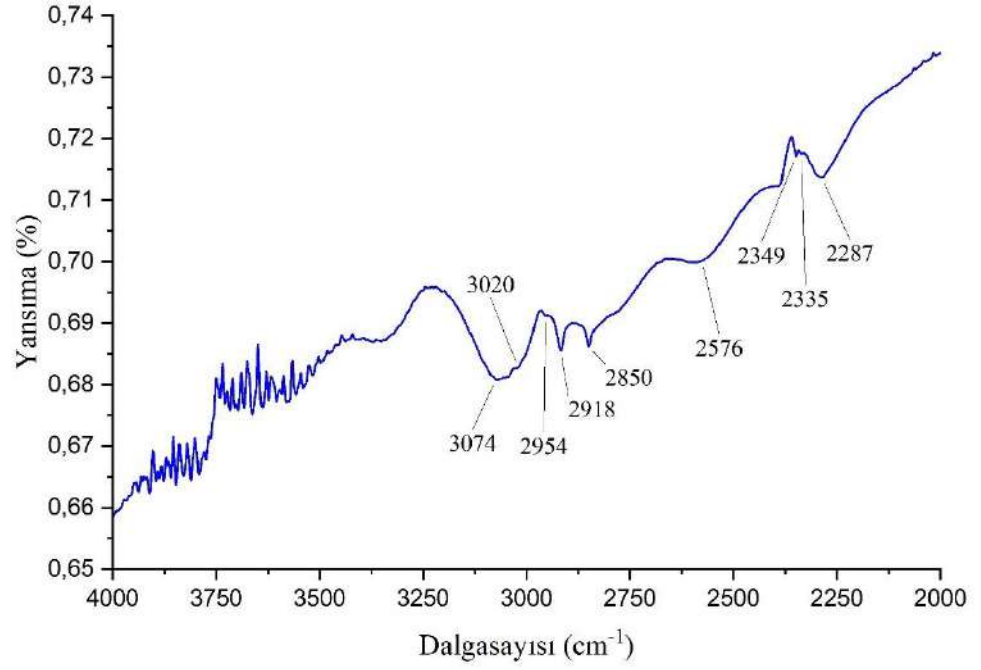
5/11/2023 11:03:46 AM



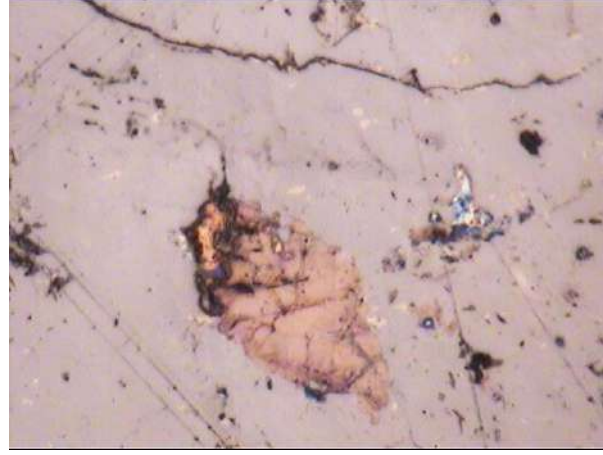
Şekil 4.4.37 IR Alan 13'ün haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.38 IR Alan 13'ün ortalaması alınmış yansıtım spektrumu.

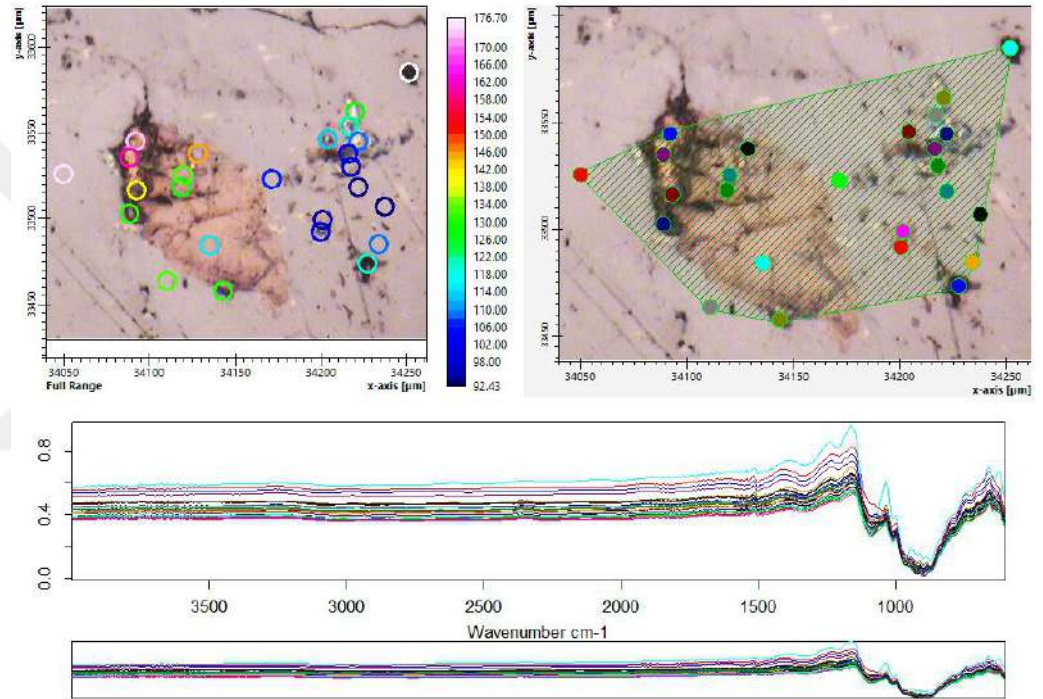


Şekil 4.4.39 IR Alan 13 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

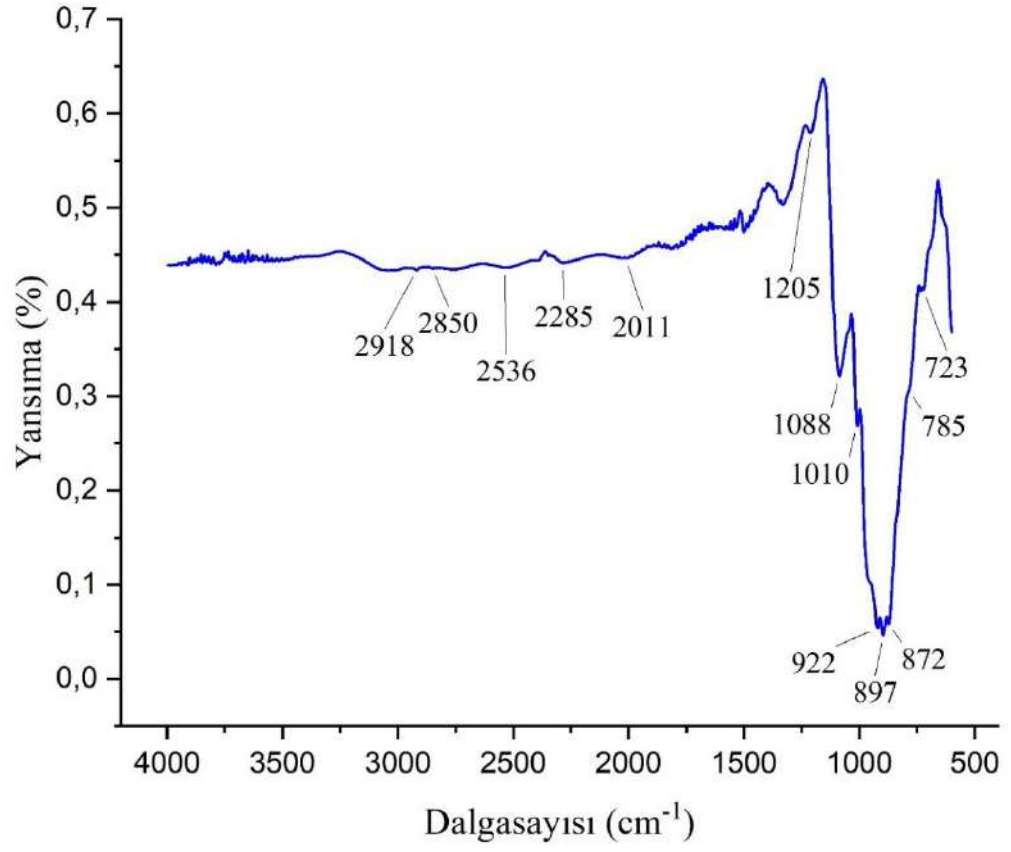


Chemical Imaging

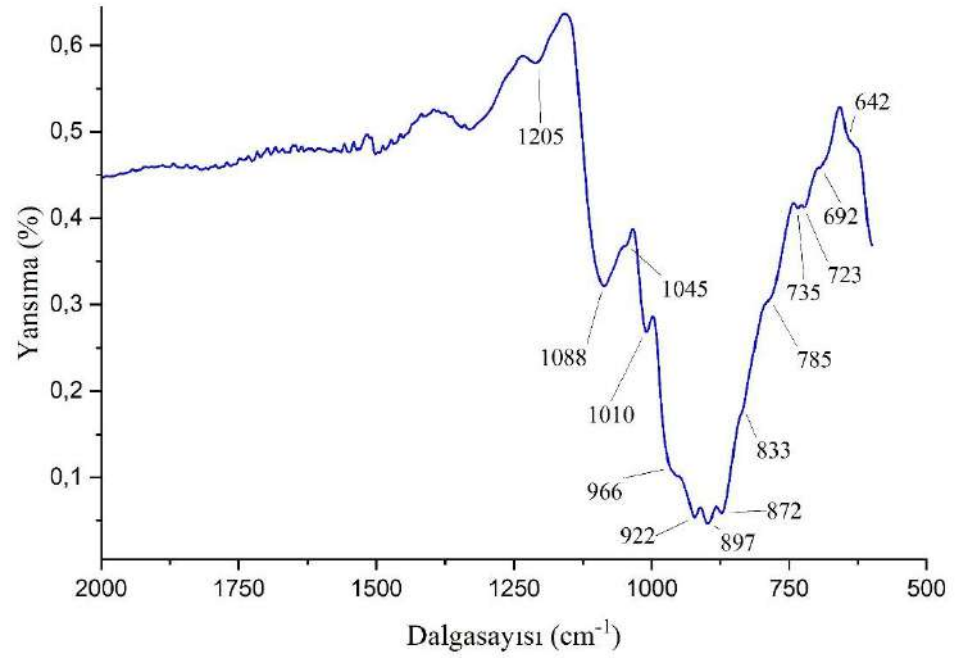
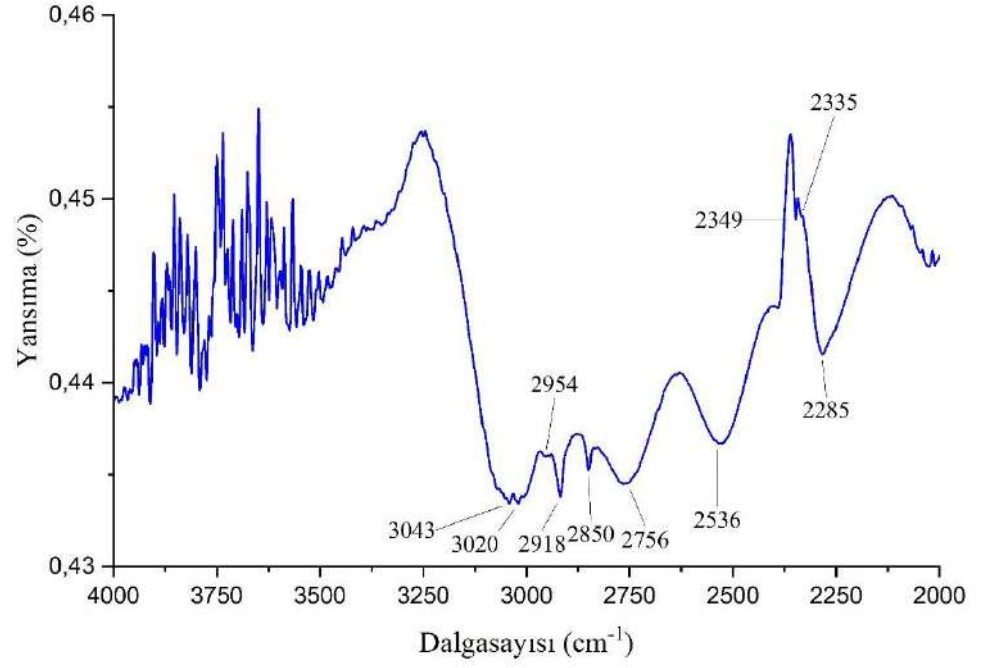
5/11/2023 11:15:15 AM



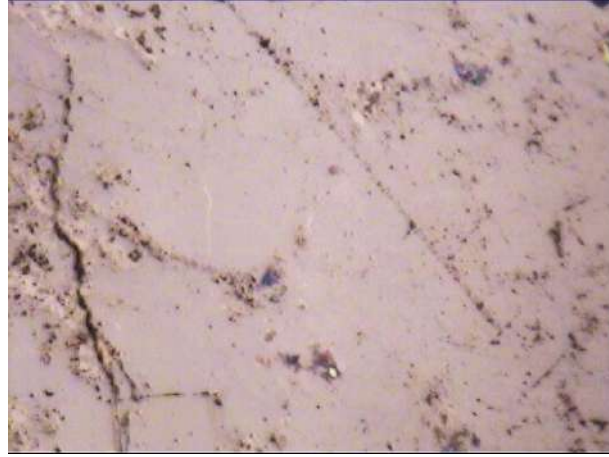
Şekil 4.4.40 IR Alan 14'ün haritası ve yansımaları.



Şekil 4.4.41 IR Alan 14'ün ortalaması alınmış yansıtma spektrumu.

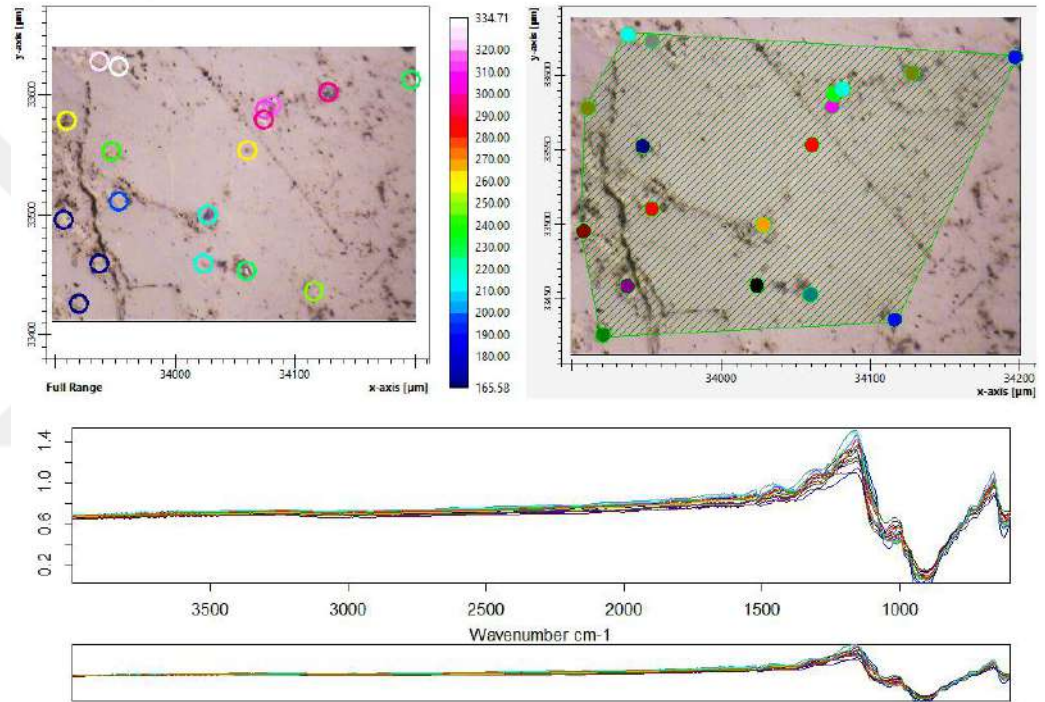


Şekil 4.4.42 IR Alan 14 yansımada spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} (üst) ve 2000-500 cm^{-1} (alt) yakınlaştırılmış hali.

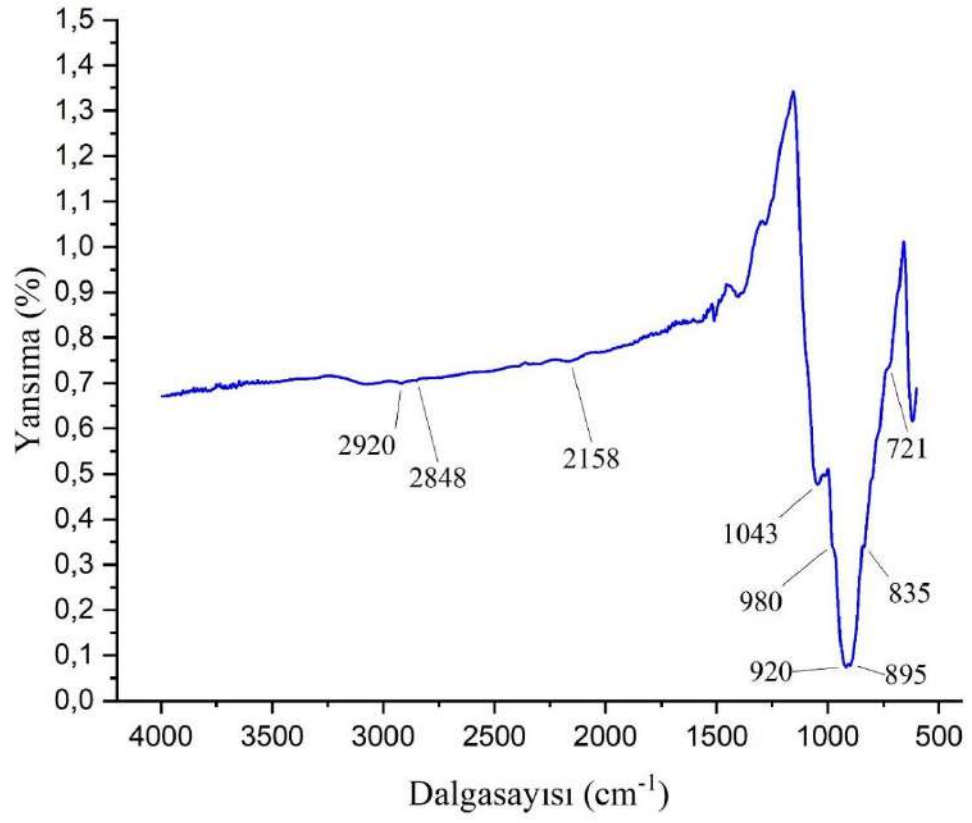


Chemical Imaging

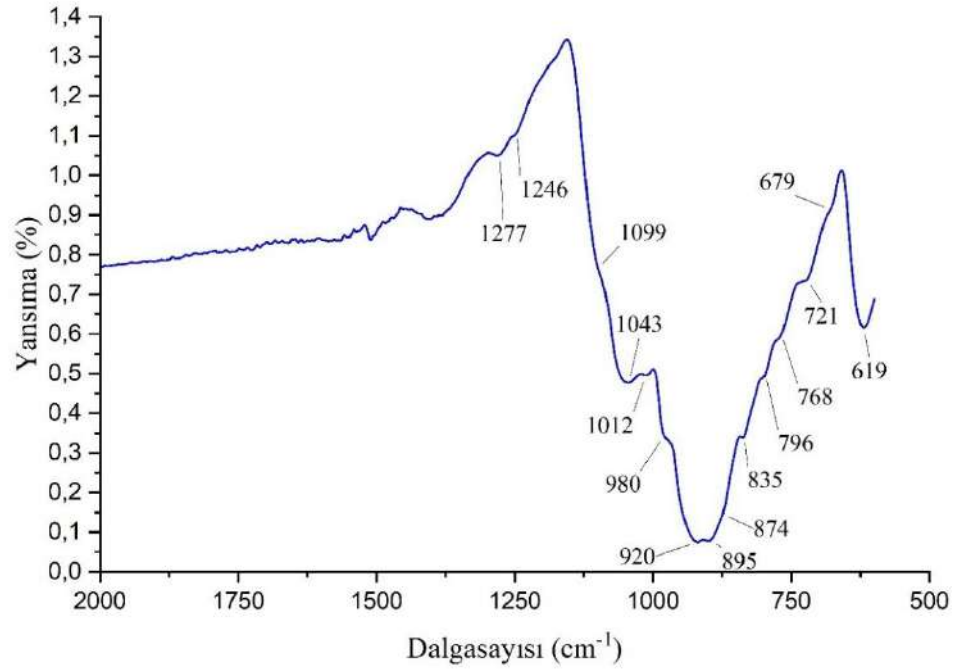
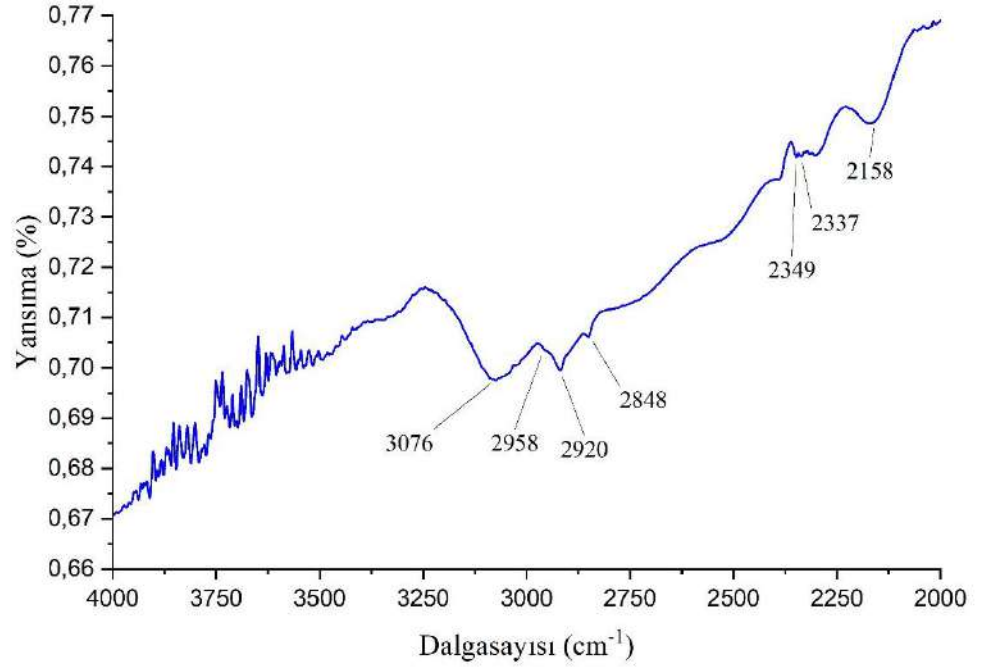
5/11/2023 11:27:44 AM



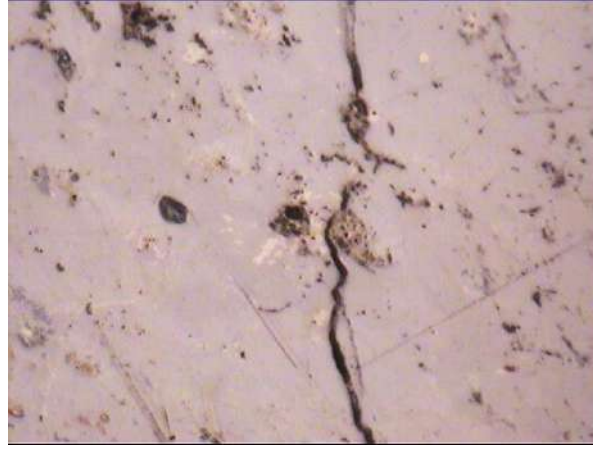
Şekil 4.4.43 IR Alan 15'in haritası ve yansımaları.



Şekil 4.4.44 IR Alan 15'in ortalaması alınmış yansıma spektrumu.

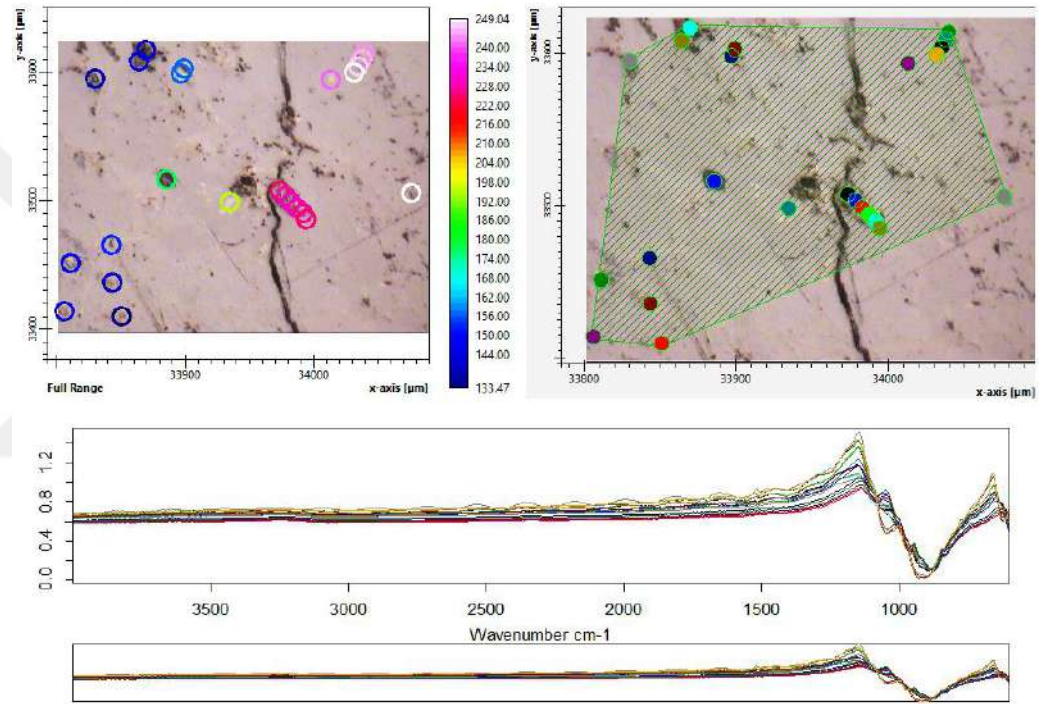


Şekil 4.4.45 IR Alan 15 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlaştırılmış hali.

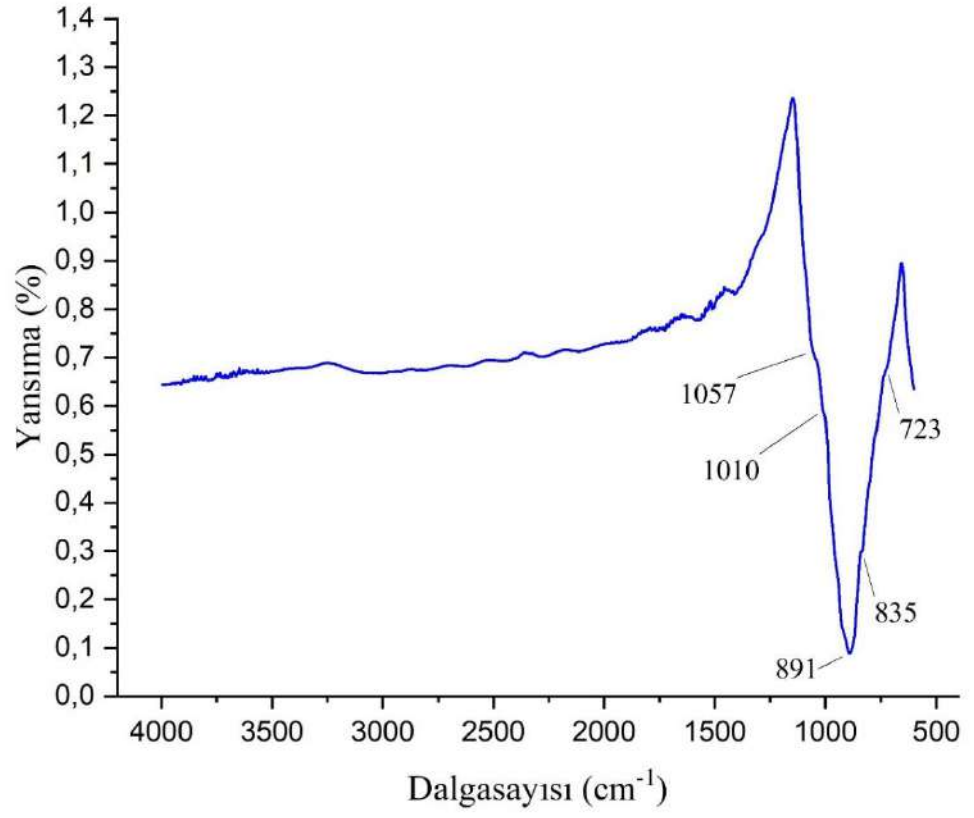


Chemical Imaging

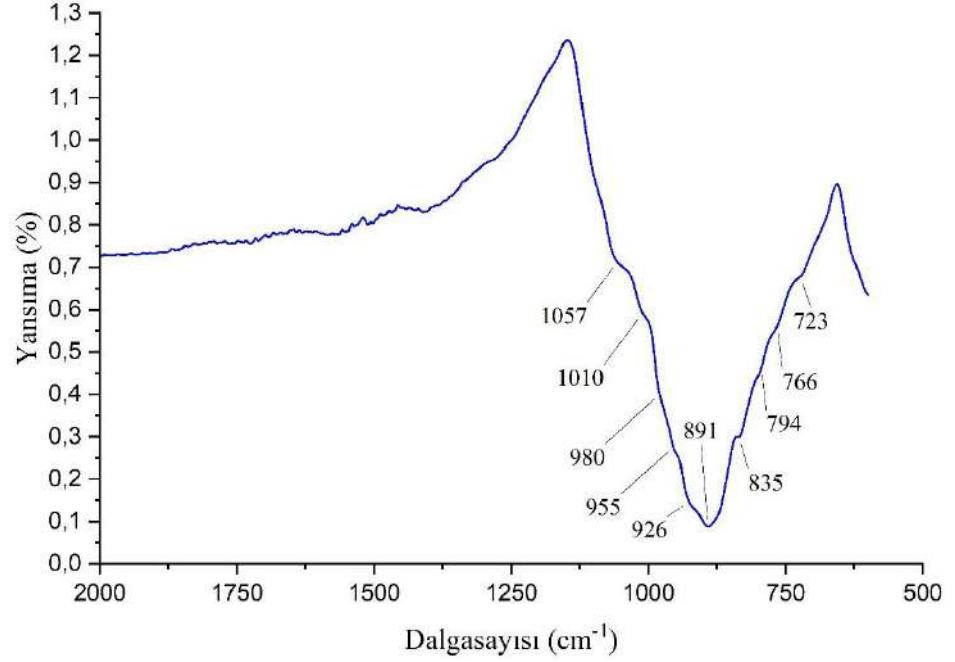
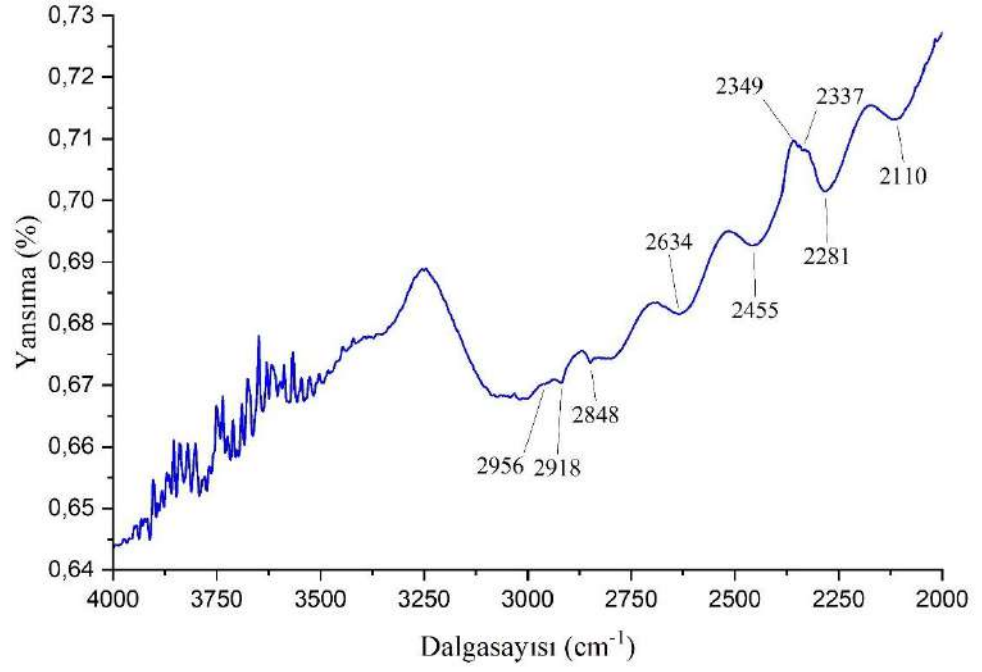
5/11/2023 11:43:47 AM



Şekil 4.4.46 IR Alan 16'nın haritası ve yansıma spektrumu.

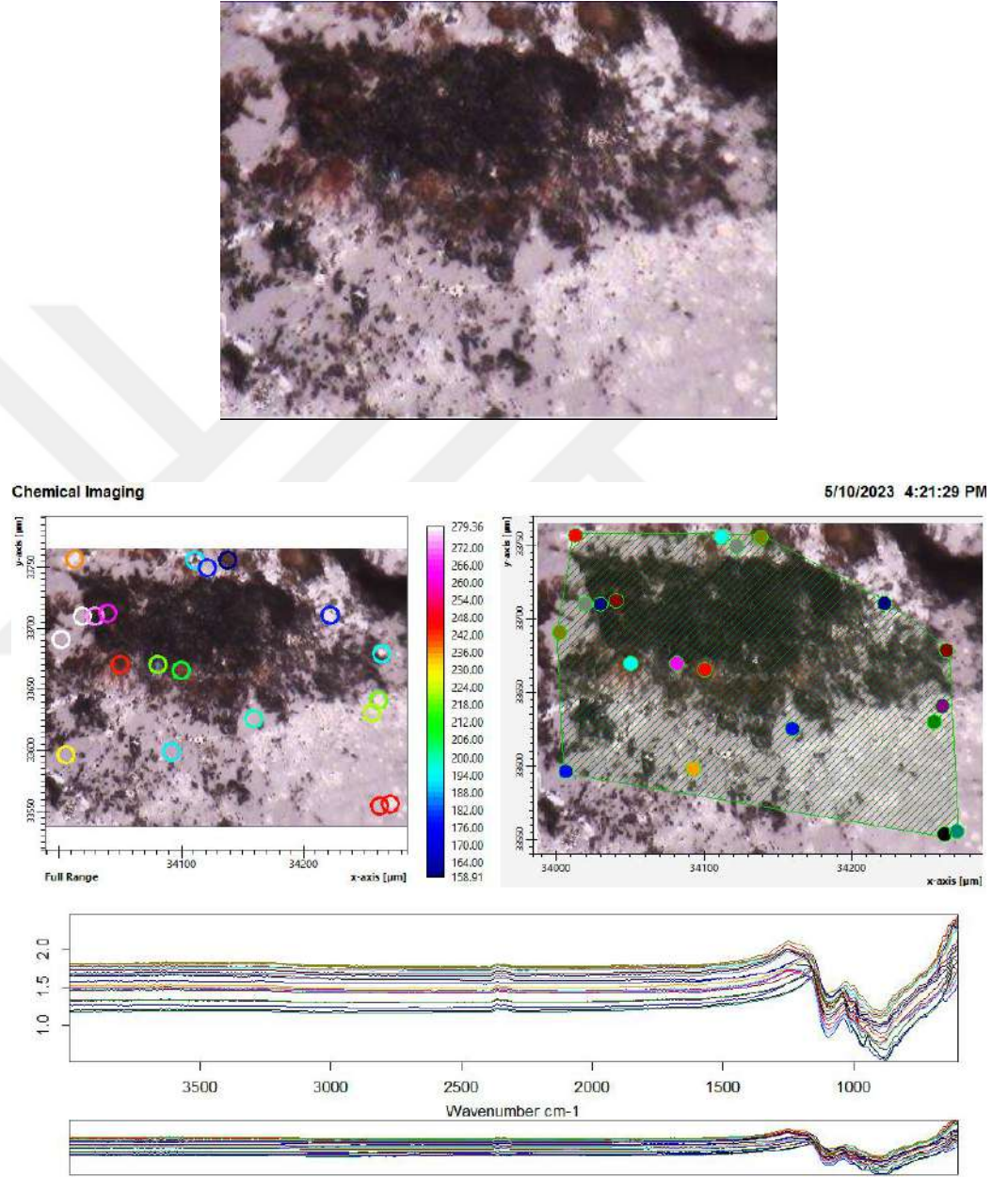


Şekil 4.4.47 IR Alan 16'nın ortalaması alınmış yansım spektrumu.

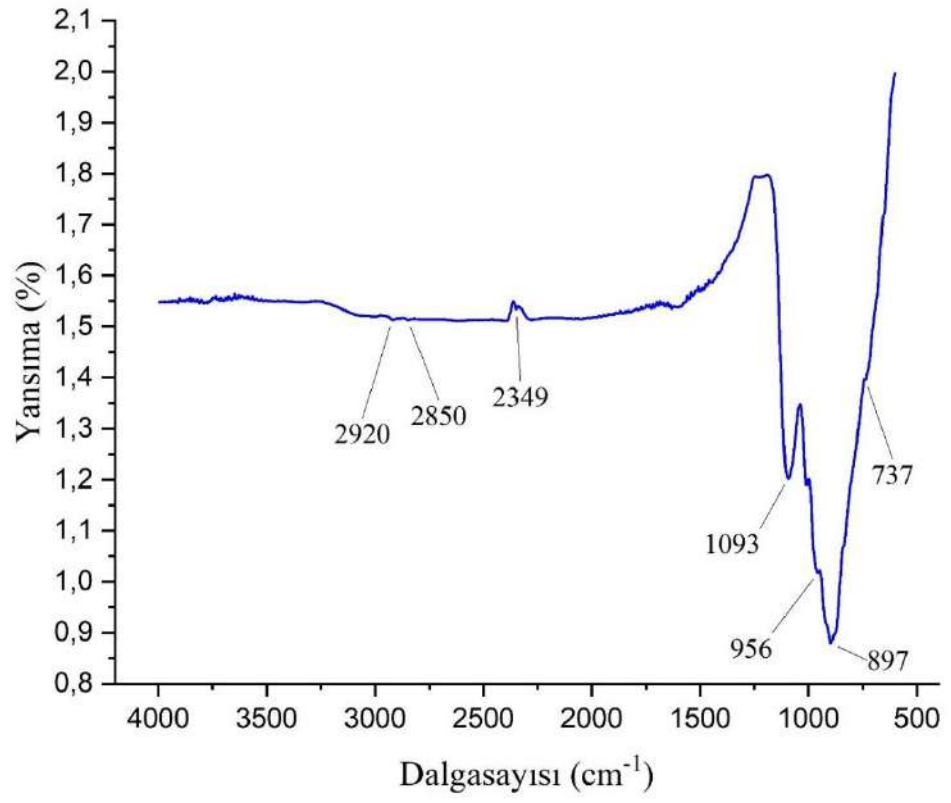


Şekil 4.4.48 IR Alan 16 yansıma spektrumunun 4000-2000 cm⁻¹ (üst) ve 2000-500 cm⁻¹ (alt) yakınlştırılmış hali.

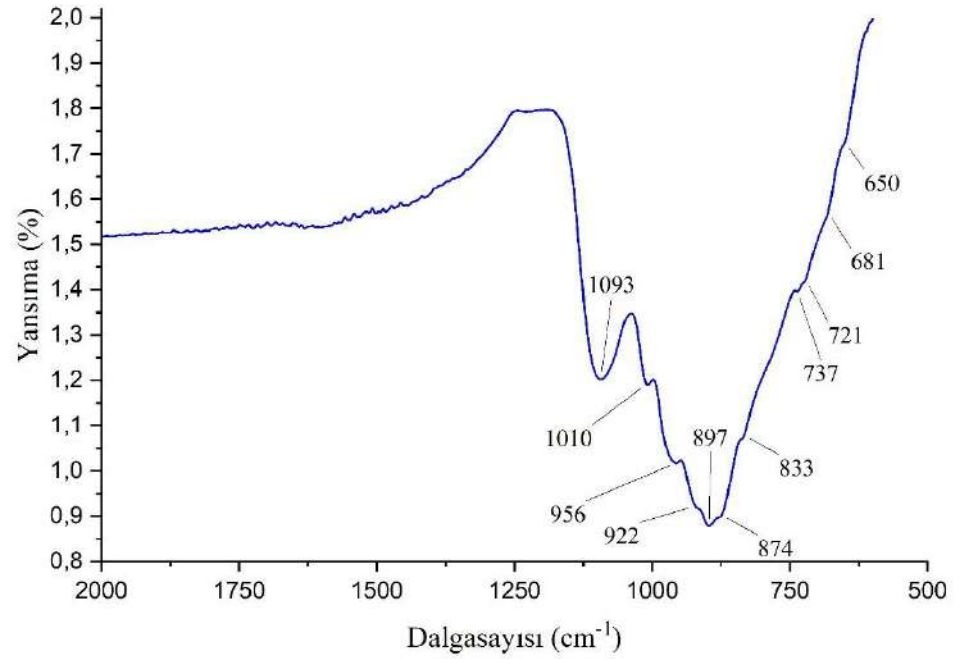
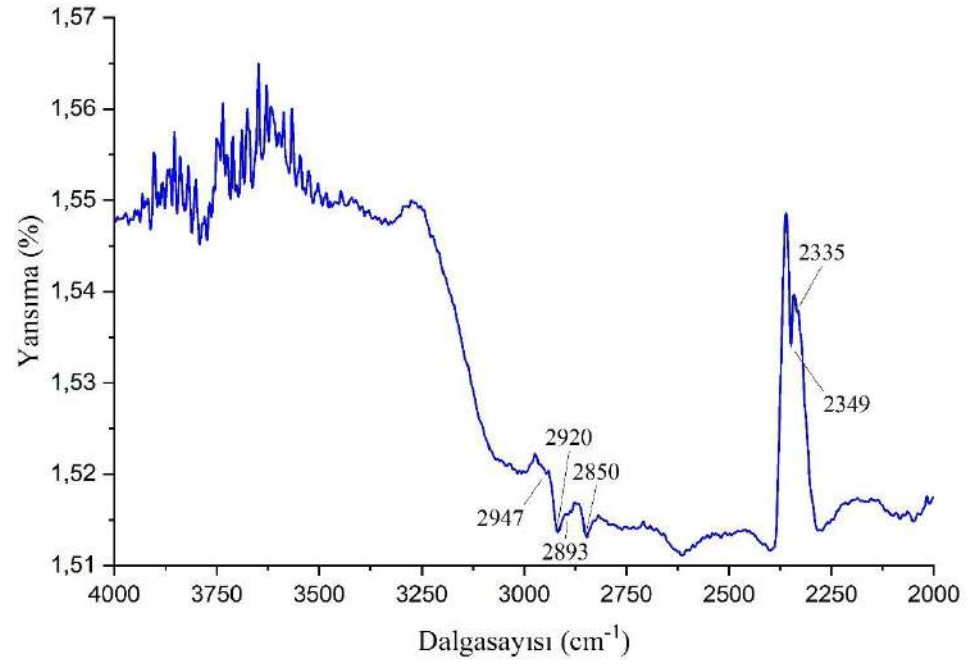
NWA 5508 meteoritinin katı örneğinden elde edilen IR kimyasal haritası ve spektrumu Şekil 4.4.49'da ortalaması alınmış yansıma spektrumu ise Şekil 4.4.50'de verilmiştir. Spektrumun yakınlaştırılmış hali Şekil 4.4.51'deki gibidir.



Şekil 4.4.49 Katı örnek üzerinden seçilen bölgenin haritası ve yansıma spektrumları.



Şekil 4.4.50 Katı örnek üzerinden seçilen bölgenin ortalaması alınmış yansıtma spektrumu.



Şekil 4.4.51 Katı örnek yansıtma spektrumunun 4000-2000 cm^{-1} (üst) ve 2000-500 cm^{-1} (alt) yakınlaştırılmış hali.

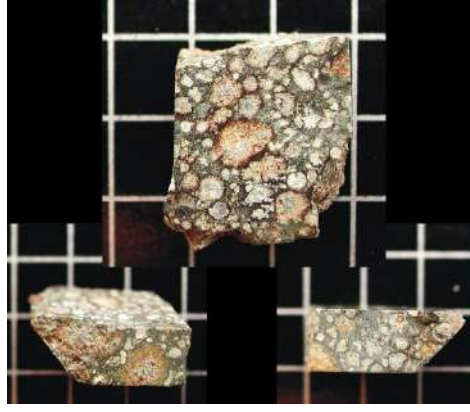
5. TARTIŞMA

5.1 NWA 5508 Karbonlu Meteoriti

Vigarano türü (CV3) NWA 5508 karbonlu meteorit numunesine ait parlak kesiti fiziksel olarak incelenmiş ve aynı gruptaki diğer CV3 meteoritleri ile karşılaştırılmıştır. Literatürde, McSween (1977) tarafından CV3 kondritlerinin alt gruplarının belirlenmesi ile ilgili yapılan ilk çalışmada, bu meteorit türlerinin oldukça heterojen yapıya sahip olduğu söylenmiş ve karmaşık bir meteorit sınıfı olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda bu karbonlu meteorit türleri, içerdikleri matris ve kondrül oranlarında da farklılık göstermektedir (McSween et al., 1977; Krot et al., 1995). İnce taneli ve neredeyse opak bir matrise sahip olan NWA 5508 karbonlu meteorit örneği yapısında bol miktarda, farklı boyutlara sahip çeşitli kondrüller ile CAI kapanımları içermektedir. Çok türlü bir matrise sahip olan NWA 5508 meteoriti diğer CV3 meteoritleri gibi oldukça heterojen bir yapıya sahiptir. Diğer CV3 meteoritlerine ve bu çalışmada kullanılan NWA 5508 (CV3) kondritine ait parlak kesit örnekleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.1.1 Allende (CV3) meteoritinin parlak kesiti (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/2278_10472_2704.jpg).



Şekil 5.1.2 Axtell (CV3) meteoritinin parlak kesiti (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/4911_6038_183.jpg).



Şekil 5.1.3 Efremovka (CV3) meteoritinin parlak kesiti (<http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/efremovka.jpg>).



Şekil 5.1.4 Grosnaja (CV3) meteoritinin parlak kesiti (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/11206_5332_126.jpg).



Şekil 5.1.5 Leoville (CV3) meteoritinin parlak kesiti (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/12766_9385_2587.jpg).



Şekil 5.1.6 Mokoia (CV3) meteoritinin parlak kesiti (<http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/mokoia.jpg>).



Şekil 5.1.7 Vigarano (CV3) meteoritinin parlak kesiti (http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/24174_9856_2686.jpg).



Şekil 5.1.8 NWA 5508 (CV3) meteoritinin parlak kesiti.

McSween (1977), CV kondritlerindeki bireysel kondrüllerin çapının 550-2000 μm arasında değiştiğini kaydetmiştir. Başka bir çalışmada ise CV kondritlerindeki kondrül çapının 1000 μm olduğu belirtilmiştir (Grossman et al., 1988a). May et al., (1999)'nın yaptığı bir diğer çalışmada, CV3 meteoritleri olan Vigarano, Efremovka, Mokoia ve Leoville kondritlerindeki kondrüllerin ortalama olarak sırasıyla, 680, 655, 683 ve 823 μm çaplarına sahip oldukları bildirilmiştir. Yapılan başka bir diğer çalışmada ise, Allende'den ayrıştırılmış kondrüllerin ise 850 μm 'lik bir ortalama çapa sahip oldukları bulunmuştur (Paque and Cuzzi, 1997). Rubin (2000) ve Wasson et al., (2013), CV kondritlerindeki kondrül çaplarının ortalama 910 μm olduğunu rapor etmiştir. Dodd (1976) ve Grossman (1988b) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise CV kondritleri olan ALH 84028 ve Allende meteoritlerindeki kondrüllerin ortalama çapları, sırasıyla 970 μm ve 850 μm olarak rapor edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, ImageJ (IJ 1.46r) programı ile analiz edilen NWA 5508 (CV3) kondritindeki bireysel kondrüllerin ortalama çapı 1360 μm olarak bulunmuştur (Tablo 3.1.1). Gerek bu çalışma kapsamında elde edilen gerekse de literatürde daha önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, NWA 5508 (CV3) kondriti ile diğer CV3 kondritlerindeki kondrül çapları McSween (1977)'nin çalışmasında tanımladığı aralığa uymaktadır.

İlk kez Vigarano meteoritinde tanımlanan bir yapı olan CAI kapanımlarının boyutu genellikle 1 mm'den daha küçüktür. Özellikle CV3 kondritlerinde meydana gelen en büyük CAI kapanımları ise birkaç cm boyutuna ulaşabilir (Christophe Michel-Lévy, 1968; MacPherson et al., 2005). Buna istisna olarak, Zolensky et al., (2023) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise, NWA 10758 (CV3) kondritinde alışılmadık ebatta (2,4×1,4 cm) bir CAI içerdiği ve bu yapının yaklaşık 5 mm boyutlarında bir rime (çepere) sahip olduğu rapor edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, Allende (CV3) kondritinde yaklaşık 2 cm boyutunda bir CAI kapanımının varlığı bildirilmiştir (Aléon, 2016; Aléon, 2018). Bir diğer çalışmada, CV3 kondriti olan Efremovka meteoritindeki CAI kapanımının boyutunun yaklaşık 15 mm olduğu bildirilmiştir (Amelin et al., 2002). Bullock et al., (2012) tarafından yapılan çalışmada ise Efremovka kondritinde yaklaşık 0,5 cm ve 1 cm boyutlarında iki CAI kapanımının varlığı rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada, Allende kondriti için yaklaşık 2,5×1,5 cm ve 1 cm boyutlarında iki CAI kapanımının varlığı bildirilmiştir (Bullock et al 2012). Bir başka çalışmada, CV3 kondritleri olan Kaba, Bali ve Allende meteoritlerindeki CAI kapanımlarının ortalama boyutlarının sırasıyla, 0,20 mm, 0,17 mm ve 0,22 mm olduğu bildirilmiştir (Chaumard et al., 2014). Chaumard et al., (2014) tarafından yapılan aynı çalışma kapsamında, CV3 kondritleri olan NWA 779 ve NWA 2900 meteoritlerindeki CAI kapanımlarının boyutlarının sırasıyla, 0,29 mm ve 0,36 mm olduğu rapor edilmiştir.

Lorenz et al., (2019) tarafından yapılan çalışmada, CV3 kondriti olan NWA 3118 meteoritindeki dört CAI kapanımının boyutlarının 2 cm, 1,7 cm, 1,1 cm ve yaklaşık 1,5 cm olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada, CV3 kondriti olan Vigarano meteoritinde 10 mm boyutunda bir CAI kapanımının varlığı rapor edilmiştir (Wark and Boynton, 2001). MacPherson et al., (2012) tarafından yapılan çalışmada ise Vigarano kondritindeki beş CAI kapanımının boyutları 4,7 mm, yaklaşık 4×5 mm, 2,2×2,8 mm, 1,8×4,8 mm ve yaklaşık 6,2×3,9 mm olarak bildirilmiştir. Bullock et al., (2013) tarafından yapılan başka bir çalışmada, Vigarano kondritindeki CAI kapanımının boyutunun yaklaşık 0,4×0,5 cm olduğu bildirilmiştir. Bir başka çalışmada, Leoville kondritindeki üç CAI kapanımının boyutları 3 mm'den büyük, 0,7 mm ve 1,2 mm olarak rapor edilmiştir (Patzer et al., 2018). Diğer bir çalışmada, CV3 kondriti olan RBT 04143 meteoritindeki CAI kapanımlarının boyutları 1,5×0,8 mm, 0,7×0,4 mm, 0,3×0,3 mm ve 0,3×0,2 mm

olarak rapor edilmiştir (Yoshizaki et al., 2019). MacPherson et al., (2003) tarafından yapılan çalışmada, Vigarano kondritindeki üç CAI kapanımının boyutları yaklaşık 2 mm, 5 mm ve 1,2 cm olarak rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada, CV3 kondritleri olan Leoville için yaklaşık 3 mm, Efremovka için 3×2 mm, Allende için yaklaşık 3 mm ve Axtell için 2×3 mm CAI kapanımı boyutları bildirilmiştir (MacPherson et al., 2003). Literatürde diğer CV3 kondritleri için rapor edilen CAI kapanımlarının boyutları Tablo 5.1.1’de özetlenmiştir.

Tablo 5.1.1 Literatürdeki diğer CV3 kondritlerinin CAI kapanımı boyutları.

Meteorit (CV3)	CAI Kapanımı Boyutları*	Referans
Allende	$\sim 2\text{ cm}$	Aléon, 2016; Aléon, 2018
	$\sim 2,5 \times 1,5\text{ cm}$ ve 1 cm	Bullock et al., 2012
	0,22 mm	Chaumard et al., 2014
	$\sim 3\text{ mm}$	MacPherson et al., 2003
Axtell	$2 \times 3\text{ mm}$	MacPherson et al., 2003
Bali	0,17 mm	Chaumard et al., 2014
Efremovka	$\sim 0,5$ ve 1 cm	Amelin et al., 2002
	$\sim 15\text{ mm}$	Bullock et al., 2012
	$3 \times 2\text{ mm}$	MacPherson et al., 2003
Kaba	0,20 mm	Chaumard et al., 2014
Leoville	$\sim 3\text{ mm}$	MacPherson et al., 2003
	0,7 mm, 1,2 mm, $>3\text{ mm}$	Patzer et al., 2018
NWA 3118	$1,1\text{ cm}$, $\sim 1,5\text{ cm}$, $1,7\text{ cm}$, 2 cm	Lorenz et al., 2019
NWA 779	0,29 mm	Chaumard et al., 2014
NWA 2900	0,36 mm	Chaumard et al., 2014
NWA 10758	$2,4 \times 1,4\text{ cm}$	Zolensky et al., 2023

RBT 04143	0,3×0,2 mm, 0,3×0,3 mm, 0,7×0,4 mm, 1,5×0,8 mm	Yoshizaki et al., 2019
Vigarano	0,4×0,5 cm	Bullock et al., 2013
	2 mm, 5 mm , 1,2 cm	MacPherson et al., 2003
	1,8× 4,8 mm , 2,2×2,8 mm, 4,7 mm , 4×5 mm , ~6,2×3,9 mm	MacPherson et al., 2012
	10 mm	Wark and Boynton, 2001
* <i>italik</i> yazı ile ifade edilen değerler cm boyutundaki (istisna >1 cm) CAI kapanımlarını ifade etmektedir. Kalın yazı ile ifade edilen değerler ise NWA 5508 kondritindeki en büyük CAI kapanımı boyutu (CAI Nokta 7) ile uyumlu (≥ 3 ile ≤ 5 mm arasında) olanları göstermektedir.		

Bu çalışma kapsamında, ImageJ programı ile hesaplanarak elde edilen ve Tablo 3.1.1’de özetlenen sonuçlar göz önüne alındığında, NWA 5508 (CV3) kondritindeki yönelmiş halde bulunan yedi CAI kapanımının (CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7) boyutları Tablo 5.1.2’de listelenmiştir.

Tablo 5.1.2 NWA 5508 (CV3) kondritindeki yedi CAI kapanımının boyutları.

Meteorit	CAI	CAI Kapanımı Boyutları
NWA 5508	CAI Nokta 1	0,143 cm (1,43 mm)
	CAI Nokta 2	0,199 cm (1,99 mm)
	CAI Nokta 3	0,235 cm (2,35 mm)
	CAI Nokta 4	0,150 cm (1,50 mm)
	CAI Nokta 5	0,164 cm (1,64 mm)
	CAI Nokta 6	0,243 cm (2,43 mm)
	CAI Nokta 7	0,458 cm (4,58 mm)

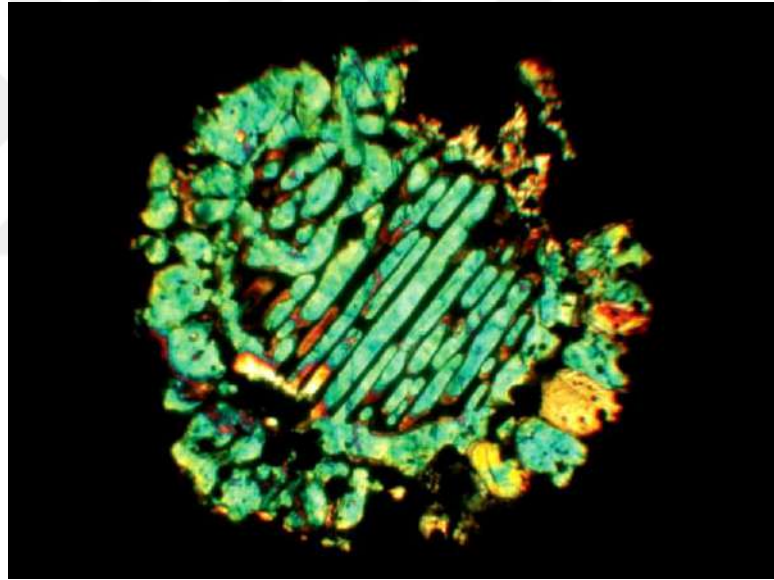
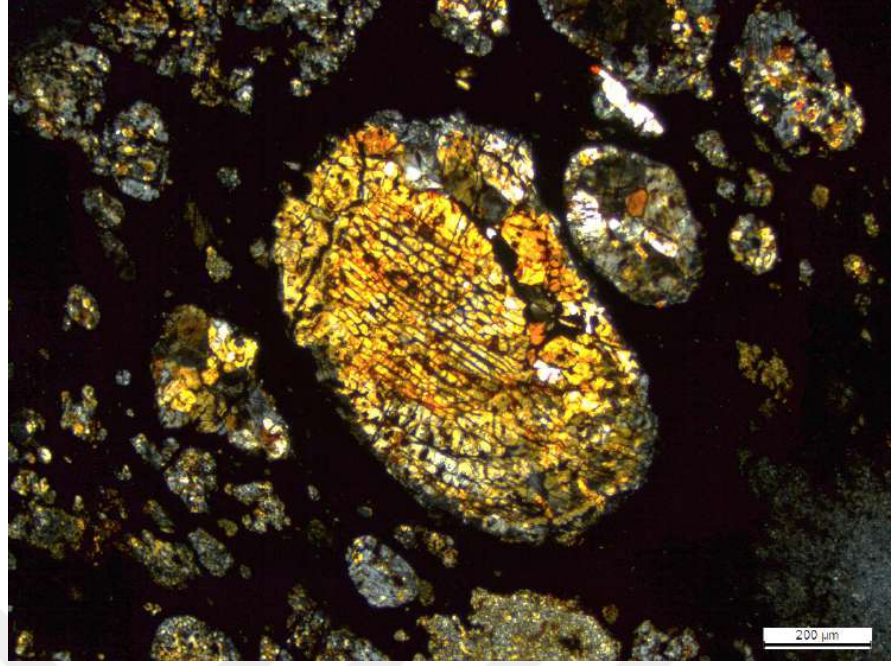
Bu çalışma kapsamında, ImageJ (IJ 1.46r) programı ile analiz edilen NWA 5508 karbonlu kondrit örneğindeki yedi CAI kapanımı yapısının (CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7) boyutları sırasıyla, 0,143 cm (1,43 mm), 0,199 cm (1,99 mm), 0,235 cm (2,35 mm), 0,150 cm (1,50 mm), 0,164 cm (1,64 mm), 0,243 cm (2,43 mm), 0,458 cm (4,58 mm) olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlar, NWA 5508 (CV3) meteorit örneğindeki CAI kapanımlarının boyutları, diğer CV3 türü kondritlerdeki CAI kapanımlarının boyutları ile uyumludur. NWA 5508 karbonlu (CV3) kondriti, farklı boyutlarda ve çeşitli yapılarda içerdiği kondrüller ve bol miktarda bulunan CAI kapanımları ile oldukça heterojen bir yapıya sahiptir ve literatürde bahsedilen CV3 kondritleri grubunun genel özelliklerine uymaktadır. Vigarano türü olan NWA 5508 (CV3) kondritindeki en büyük çapa sahip olan CAI Nokta 7 kapanımının (~4,6 mm), MacPherson et al., (2012) ve Bullock et al., (2013) tarafından Vigarano kondritine ait CAI kapanımlarının boyutlarına ilişkin yapılan çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre sırasıyla, üç CAI kapanımının boyutu (1,8×4,8 mm, 4,7 mm, 4×5 mm) ve 0,4×0,5 cm boyutuna sahip CAI ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, yine Vigarano kondritindeki 5 mm çapa sahip CAI kapanımı da NWA 5508 kondritindeki en büyük CAI kapanımının boyutu ile uyumludur (MacPherson et al., 2012). Leoville kondritine ait ~3 mm ve >3 mm boyutunda olan CAI kapanımları da NWA 5508 kondritindeki en büyük CAI kapanımı ile uyumludur (MacPherson et al., 2003; Patzer et al., 2018). Ek olarak, NWA 5508 kondritindeki diğer CAI kapanımlarının boyutları, diğer CV3 kondritleri olan Vigarano meteoritindeki 2 mm çapa sahip CAI kapanımı, RBT 04143 meteoritindeki 1,5×0,8 mm çapa sahip CAI kapanımı, Leoville meteoritindeki 1,2 mm çapa sahip CAI kapanımı, Axtell meteoritindeki 2×3 mm çapa sahip CAI kapanımı ve Efremovka meteoritindeki ~0,5 cm ve 3×2 mm çapa sahip CAI kapanımlar ile uyumludur (Amelin et al., 2002; MacPherson et al., 2003; Yoshizaki et al., 2019). NWA 5508 (CV3) kondriti içerdiği farklı boyutlardaki CAI kapanımları ile diğer CV3 meteoritlerine uymaktadır.

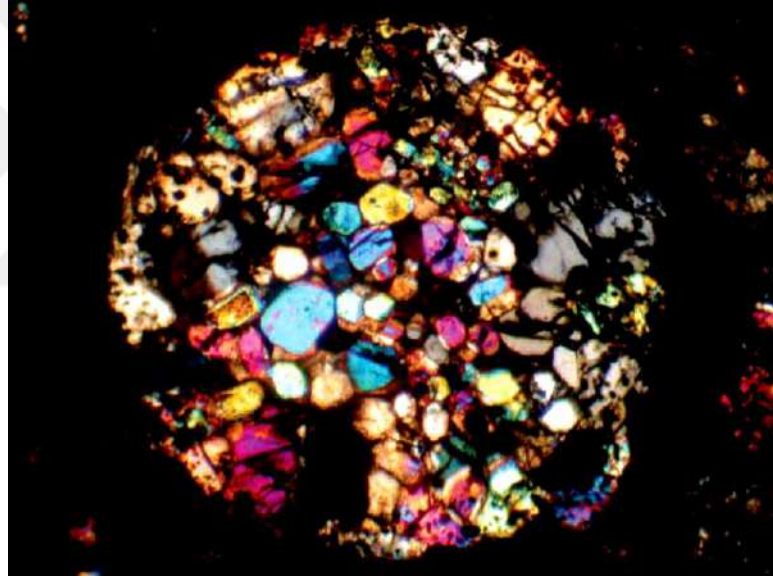
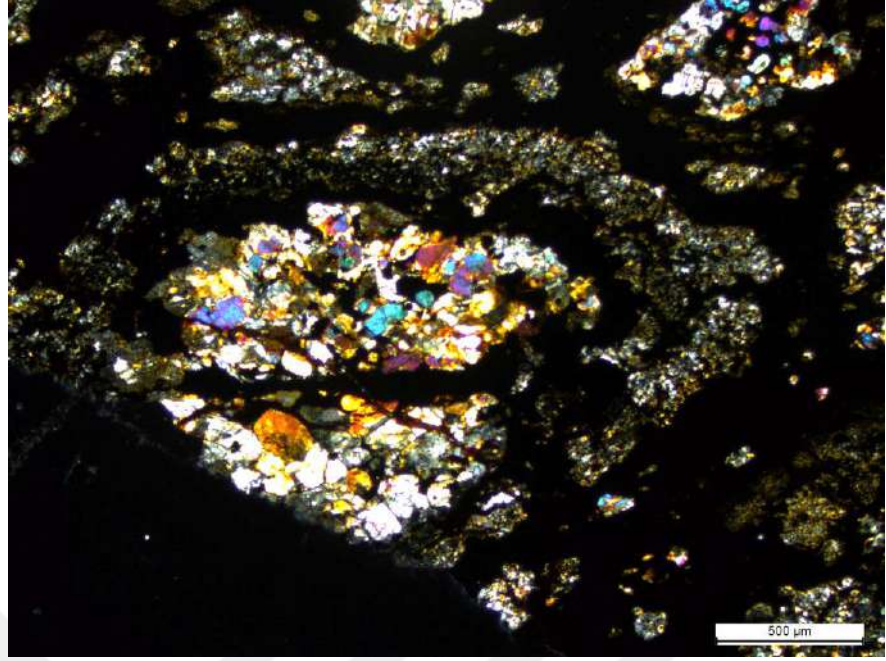
5.2 Optik Mikroskopi (Petrografik Çalışma)

Vigarano türü NWA 5508 karbonlu meteorit örneğine ait ince kesitten elde edilen optik sonuçlar incelendiğinde, örnekte baskın mineralin olivin olduğu belirlenmiştir. Olivinin yanı sıra klinoenstatit, piroksen, anortit ve apatit kaparımları içeren plajiyoklaz minerallerinin varlığı da görülmüştür. Benzer şekilde literatürde CV3 kondritleri üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında, bu tür karbonlu kondritlerdeki baskın mineralin olivin olduğu gösterilmiştir (Kornacki and Wood, 1984; Morlok et al., 2008; Szurgot and Polański, 2008, Tomeoka and Ohnishi, 2014; Futó et al., 2021).

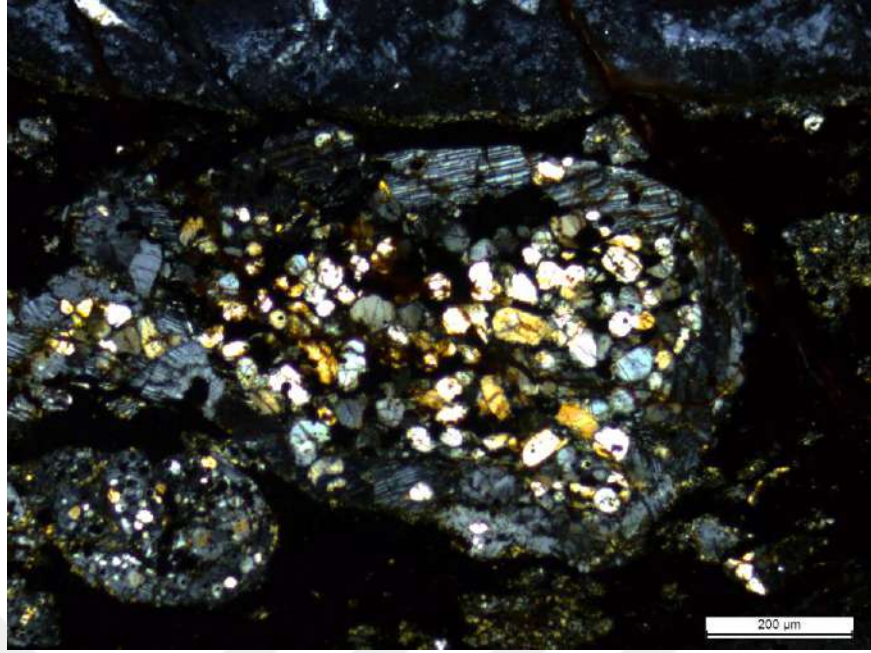
Literatüre göre, CV3 kondritlerinde görülen kondrül yapıları olan çizgili olivin (BO), porfiritik olivin (PO), porfiritik olivin-piroksen (POP) ve porfiritik piroksen (PP) gibi farklı şekillerde var olabilmektedir. Bu kondrül yapıları, optik mikroskopi analizi ve petrografik çalışma sonucunda NWA 5508 (CV3) meteoritinde de gözlenmiştir (Hewins et al., 2005; Norton and Chitwood, 2008). Bu çalışmada, NWA 5508 kondritinden elde edilen optik görüntülerdeki renkli, daha küçük kristaller olivini, mavi-gri renkte uzun, blok şeklindeki kristaller ise klinoenstatiti temsil etmektedir. Literatürde Allende kondritinden elde edilen optik görüntülerdeki renkli, daha küçük kristaller olivini, açık gri renkte uzun, blok şeklindeki kristaller ise klinoenstatiti göstermektedir (Norton and Chitwood, 2008). Bu çalışmada incelenen NWA 5508 (CV3) meteoritinin içerdği farklı kondrül yapılarına ait birkaç optik görüntü (XPL) ile literatürde sunulan ve CV3 kondritleri olan Allende, Kaba, Leoville ve Vigarano meteoritlerine ait farklı kondrül yapılarını içeren bazı optik görüntülerinin (XPL) bir karşılaştırılması, Şekil 5.2.1 ile Şekil 5.2.10 arasında aşağıda verilmiştir.



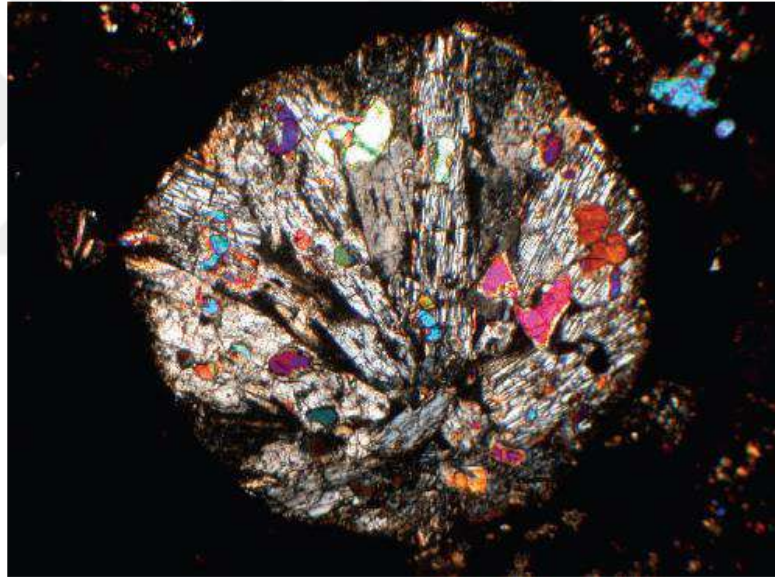
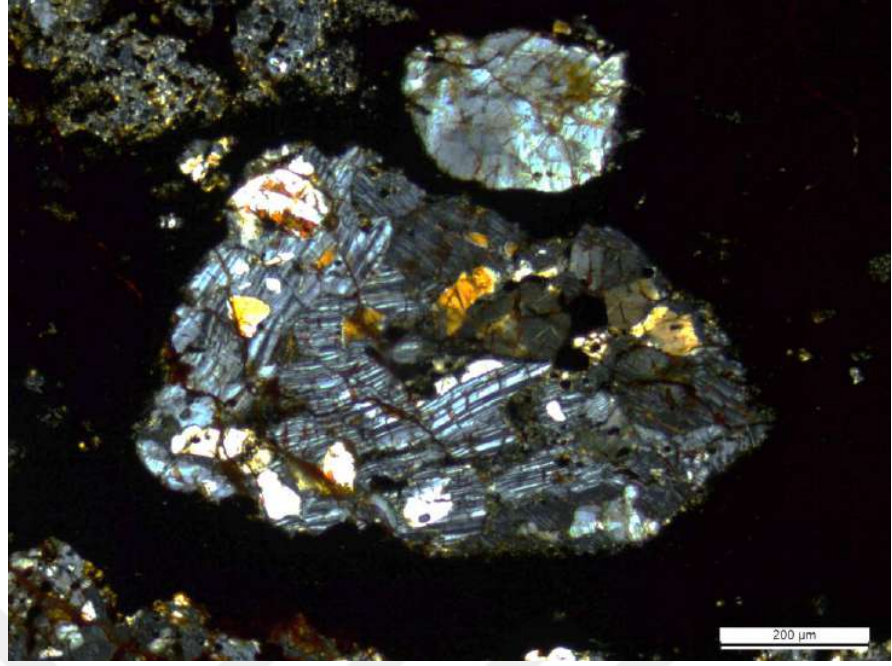
Şekil 5.2.1 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen çizgili olivinin (BO) XPL optik görüntüsü (üst) ve Allende (CV3) meteoritinden elde edilen cam fazlı çizgili olivinin (BO) XPL optik görüntüsü (alt) (Norton and Chitwood, 2008).



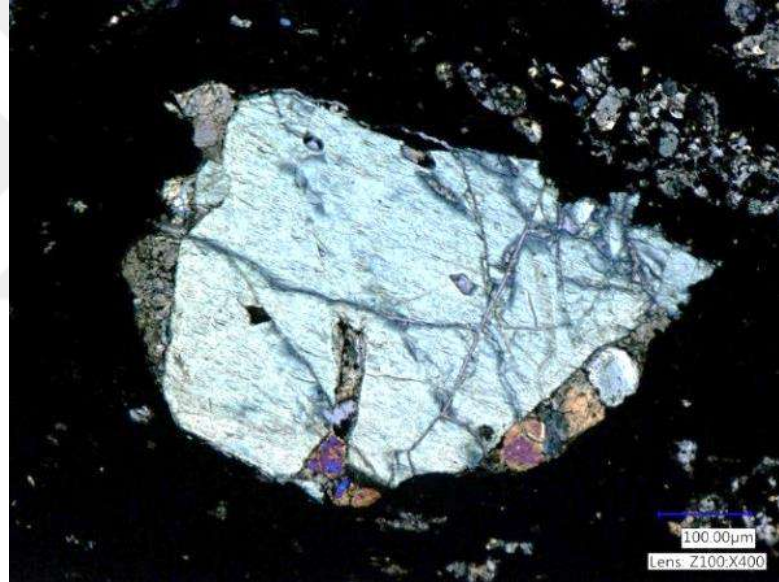
Şekil 5.2.2 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin (PO) XPL optik görüntüsü (üst) ve Allende (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin (PO) XPL optik görüntüsü (alt) (Norton and Chitwood, 2008).



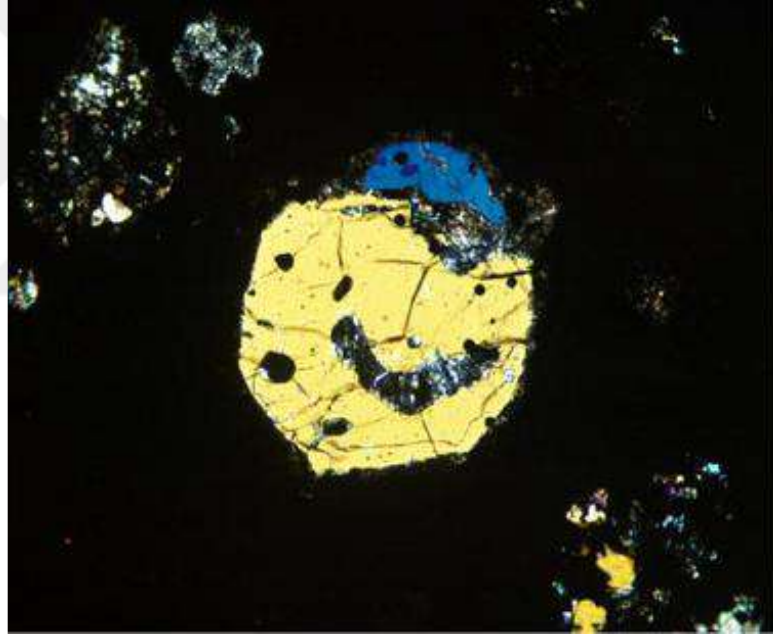
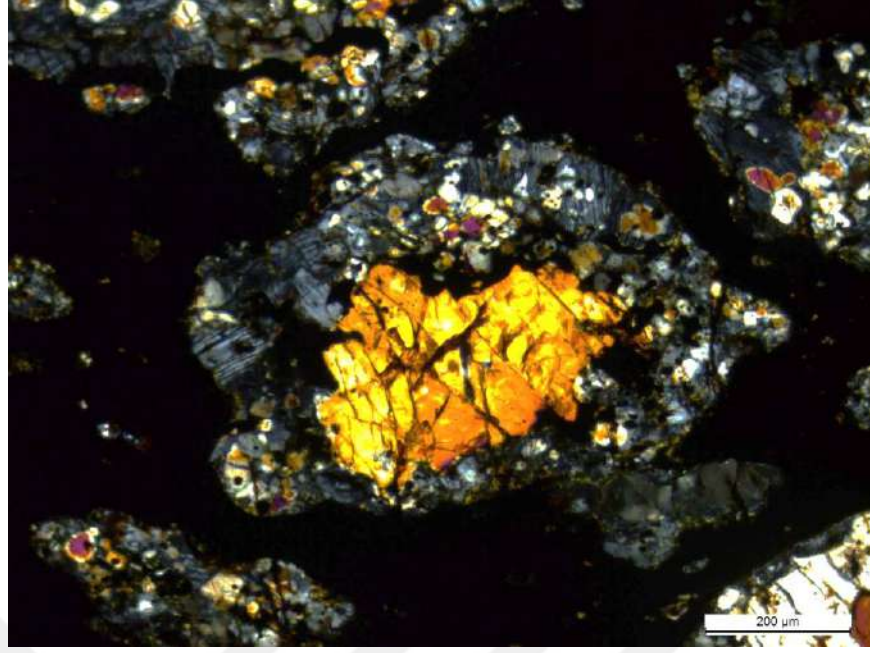
Şekil 5.2.3 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivin-piroksenin (POP) XPL optik görüntüsü (üst) ve Allende (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivin-piroksenin (POP) XPL optik görüntüsü (alt) (Norton and Chitwood, 2008).



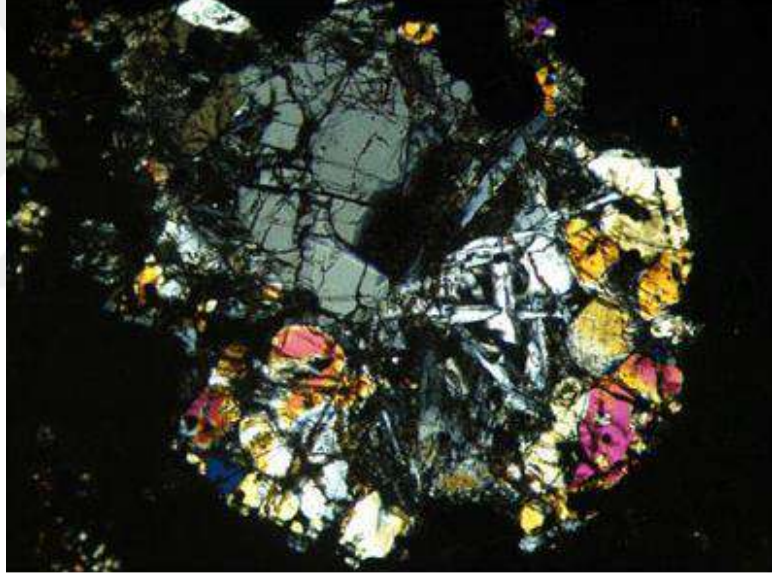
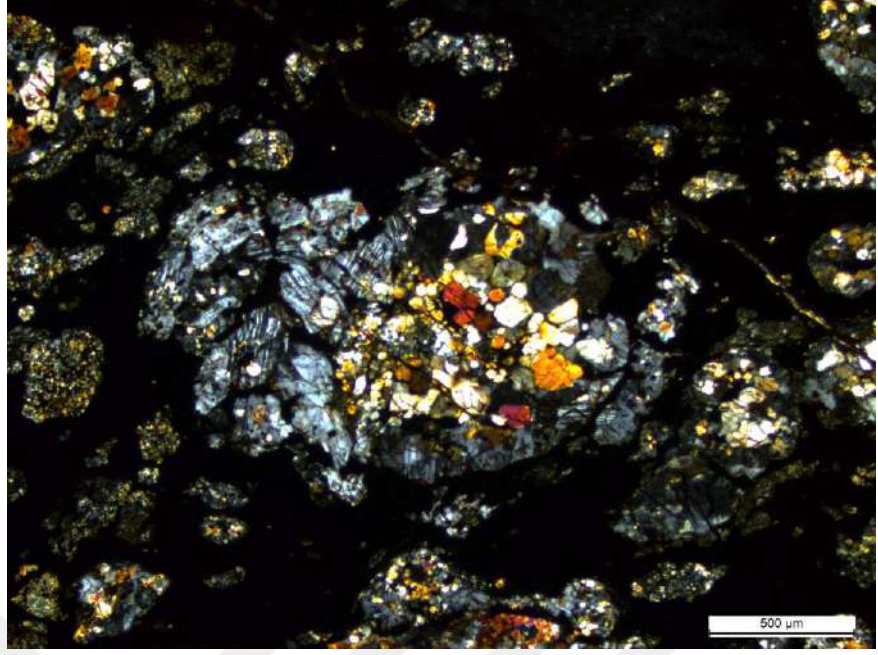
Şekil 5.2.4 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik piroksenin (PP) XPL optik görüntüsü (üst) ve Allende (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik piroksenin (PP) XPL optik görüntüsü (alt) (Norton and Chitwood, 2008).



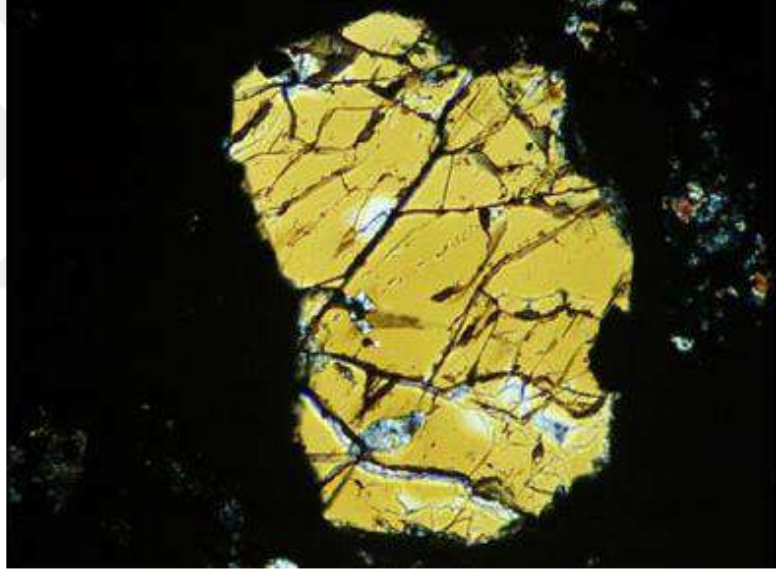
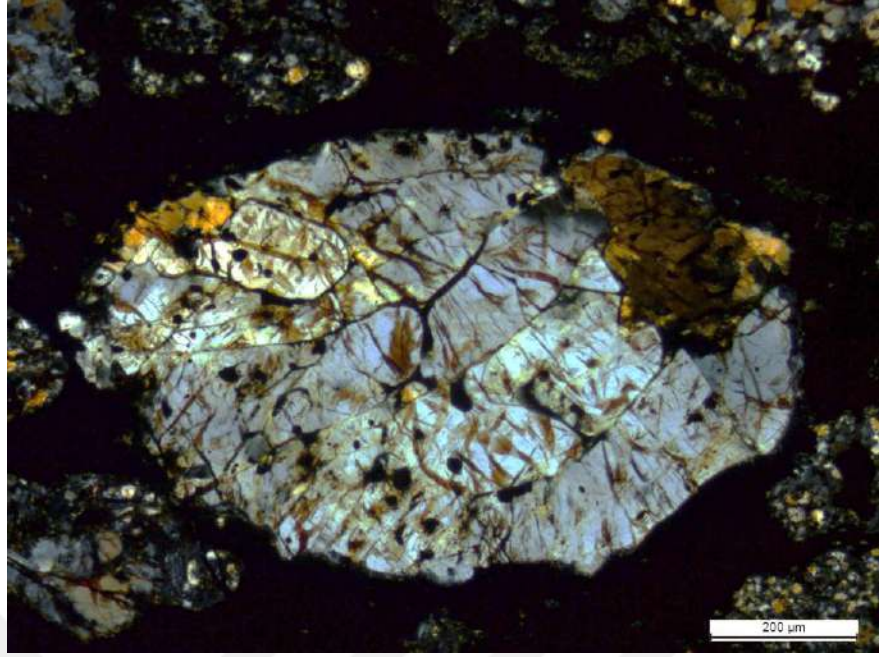
Şekil 5.2.5 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen olivin topluluğunun (dünit) XPL optik görüntüsü (üst) ve Kaba (CV3) meteoritinden elde edilen olivin tanesinin XPL optik görüntüsü (alt) (Futó et al., 2021).



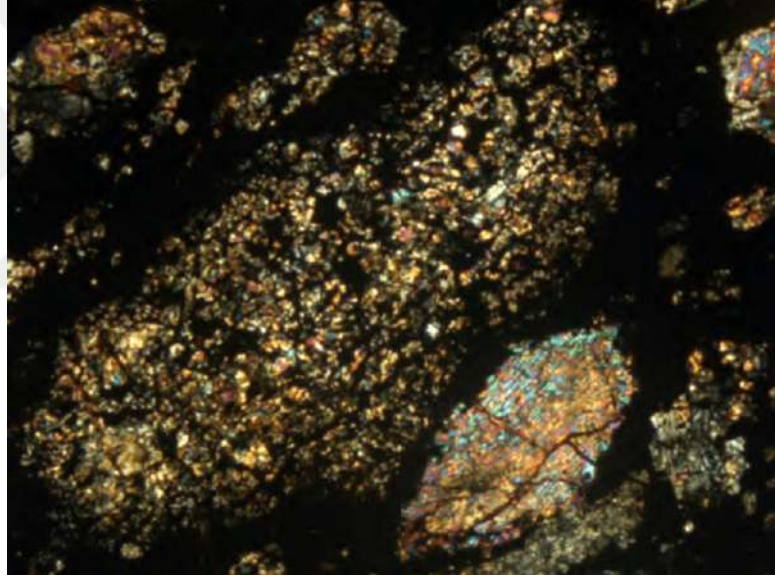
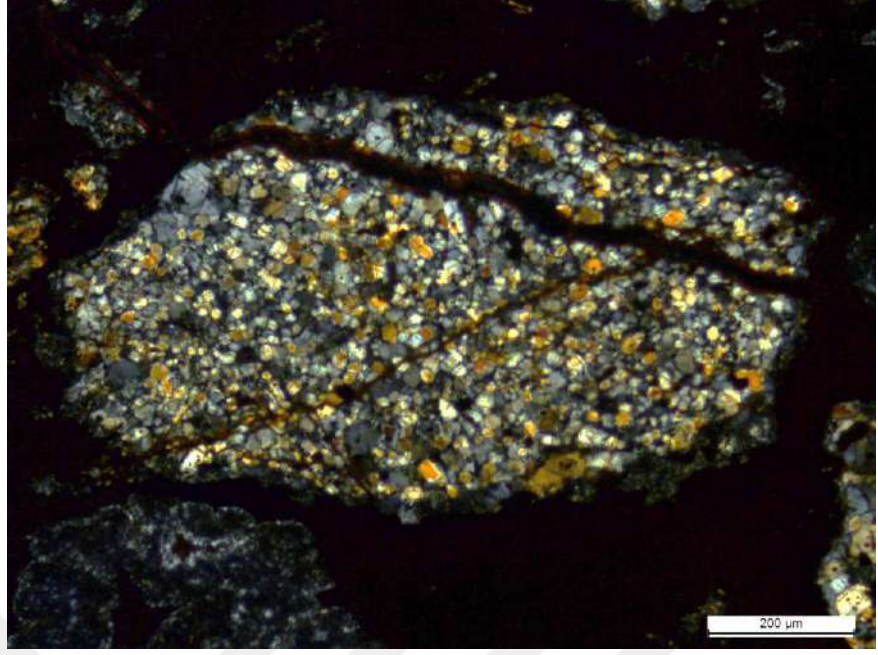
Şekil 5.2.6 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen olivin tanesinin XPL optik görüntüsü (üst) ve Kaba (CV3) meteoritinden elde edilen olivin tanesinin XPL optik görüntüsü (alt) (Gucsik et al., 2013).



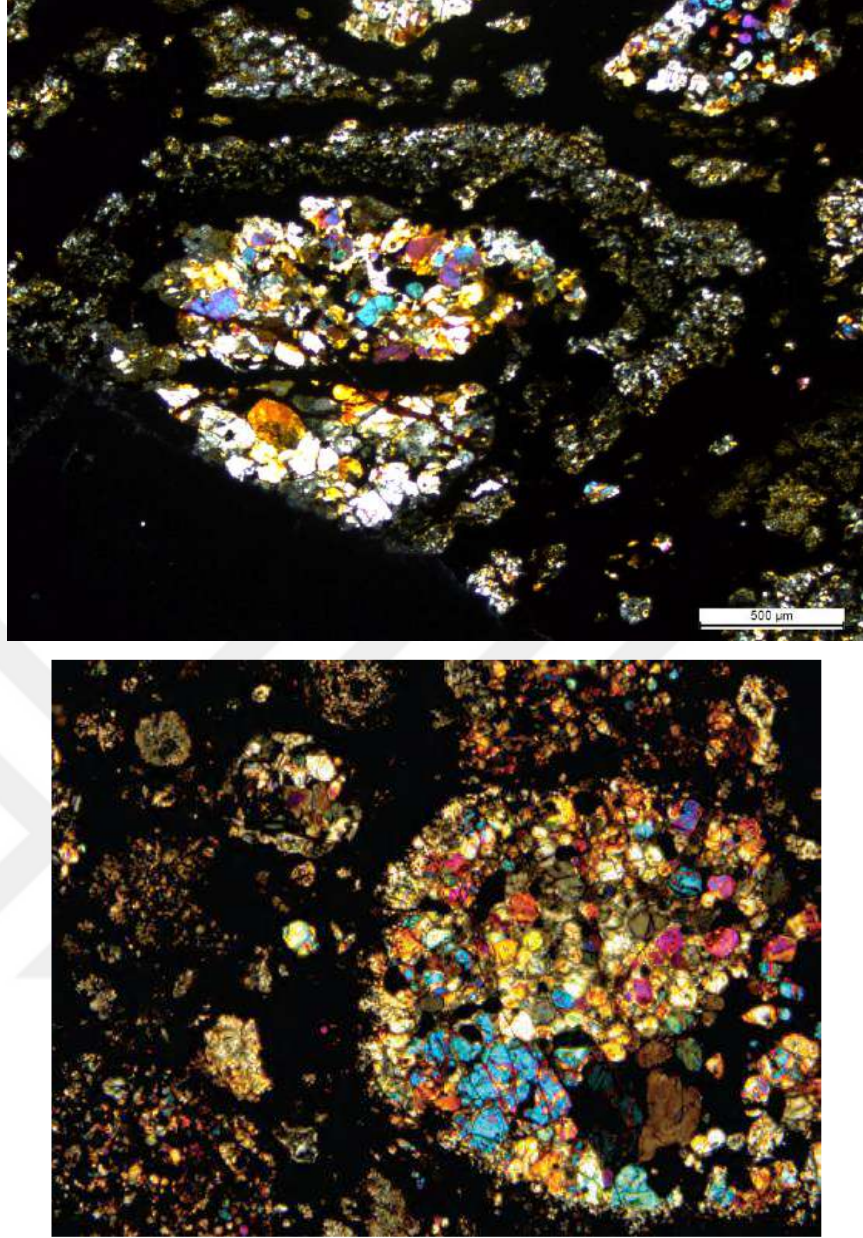
Şekil 5.2.7 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin (PO) XPL optik görüntüsü (üst) ve Kaba (CV3) meteoritinden elde edilen porfiritik olivinin (PO) XPL optik görüntüsü (alt) (Gucsik et al., 2013).



Şekil 5.2.8 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen iri taneli olivinin (dünit) XPL optik görüntüsü (üst) ve Kaba (CV3) meteoritinden elde edilen iri taneli olivinin XPL optik görüntüsü (alt) (Gucsik et al., 2013).



Şekil 5.2.9 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen ince taneli (granüllü) olivinin (GO) XPL optik görüntüsü (üst) ile Leoville (CV3) meteoritinden elde edilen ve çoğunluğu olivinden oluşan granüllü olivinin (GO) XPL optik görüntüsü (alt) (Grady et al., 2013).



Şekil 5.2.10 NWA 5508 (CV3) meteoritinden elde edilen olivinin XPL optik görüntüsü (üst) ve Vigarano (CV3) meteoritinden elde edilen olivinin XPL optik görüntüsü (alt) (Grady et al., 2013).

NWA 5508 (CV3) kondritinde, diğer CV3 kondritleri olan Allende, Kaba, Leoville ve Vigarano meteoritlerinde olduğu gibi, koyu ve ince taneli matrisinde bulundurduğu BO, PO, POP, GO ve PP gibi farklı ve çeşitli kondrül yapıları ile tipik bir CV3 grubu meteorit örneğidir.

5.3 Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM) ve Enerji Dispersif X-ışını Spektroskopisi (EDS)

NWA 5508 kondritinin ince kesiti üzerinden belirlenen CAI kapanımlarına ait SEM görüntüleri, EDS haritaları ve spektrumları ile ağırlıkça (wt%) sonuçlar incelendiğinde, NWA 5508 karbonlu meteorit örneğinde birincil (ana) elementler olarak Mg, Si ve Fe elementleri göze çarpmaktadır (Tablo 4.2.43 ve Tablo 4.2.44). Meteorit örneğindeki ikincil elementler ise Ca, Al ve S elementleridir. SEM görüntülerinde Fe elementi daha çok S ile daha açık renkte ve içerisinde gri tonlar barındıran, dış dolgusuna benzeyen iç içe geçmiş bir yapıda görünmektedir (Şekil 4.2.24, Ek 3 - Şekil 4.2.25, Şekil 4.2.31).

CV3 kondritlerinin olivin açısından zengin olmak üzere çeşitli bir mineralojiye ve heterojen yapıya sahip olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Szurgot and Polański, 2008; Gucsik et al., 2011; Dirri et al., 2018; Kayastha et al., 2019). Bu çalışmalara örnek, Allende kondriti üzerine yapılan bir çalışmada, MgO, FeO ve SiO₂ ağırlıkça sırasıyla, %48,31, %7,84, %43,44 (Mg, Fe ve Si elementlerinin ağırlıkça değerleri sırasıyla, %29,13, %6,10 ve %20,30) olarak bulunarak meteoritin içeriğindeki olivin mineralinin Mg zengini olivin olan forsteritin birincil mineral olduğu gösterilmiştir (Weselucha-Birczyńska and Żmudzka, 2008).

NWA 5508 (CV3) kondritindeki altı CAI kapanımının (CAI Nokta 1, Nokta 2, Nokta 3, Nokta 4, Nokta 5 ve Nokta 6) içerdiği Mg, Fe ve Si elementleri ağırlıkça sırasıyla, %16,21 ile %26,29, %10,59 ile %19,79, %16,94 ile %21,29 arasında değişmektedir (Tablo 4.2.44). Weselucha-Birczyńska and Żmudzka (2008) tarafından yapılan çalışmada rapor edilen ve forsterit olarak tanımlanan Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça değerleri ile bu çalışma kapsamında elde edilen Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça değerleri Tablo 5.3.1’de özetlenmiştir.

Tablo 5.3.1 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri ile Allende (CV3) meteoriti için literatürde bildirilen değerler.

Ağırlıkça element (wt%)		Mg	Fe	Si
Weselucha-Birczyńska and Żmudzka, 2008	Allende	29,13	6,10	20,30
Bu çalışma (CAI)	Nokta 1	16,21	15,58	21,29
	Nokta 2	21,28	16,40	19,31
	Nokta 3	23,70	17,81	17,93
	Nokta 4	26,29	10,54	19,91
	Nokta 5	20,75	19,79	16,94
	Nokta 6	25,02	13,44	19,56
	Nokta 7	5,53	---	15,04

Başka bir örnek çalışmada, NWA 4435 kondritindeki Mg, Fe ve Si elementleri ağırlıkça sırasıyla, %9,7, %30,5, %11,3 olarak bulunarak meteoritin içeriğindeki olivin mineralinin Fe zengini olivin olan fayalit olduğu gösterilmiştir (Szurgot and Polański, 2008). Allende kondriti üzerinde yapılan bir diğer çalışmada ise Mg, Fe ve Si elementleri ağırlıkça sırasıyla, %11,12-16,74, %20,23-29,36 ve %13,73-16,13 arasında değişen değerler olarak verilmiştir (Paul, 2018). Yine aynı çalışma kapsamında Bali kondriti için yapılan analiz sonucunda, Mg, Fe ve Si elementlerinin ağırlıkça sırasıyla, %10,24-12,31, %18,67-27,68 ve %12,41-13,05 arasında değiştiği bildirilmiştir (Paul, 2018).

Tablo 4.2.21'deki ağırlıkça (wt%) sonuçlar, Ek 5'te verilen Şekil 4.2.55'teki EDS spektrumu ve Tablo 4.2.33'teki ağırlıkça sonuçlar ile Ek 6'da verilen Tablo 4.2.38, 4.2.41 ve 4.2.42'deki ağırlıkça sonuçlar incelendiğinde, NWA 5508 (CV3) kondritinde Fe zengini olivin olan fayalitın varlığı da görülmüştür. Szurgot and Polański (2008) ve Paul (2018)'in çalışmasında bildirilen ve fayalit olarak tanımlanan Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça değerleri ile bu çalışmada bulunan Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça değerleri Tablo 5.3.2'de özetlenmiştir.

Tablo 5.3.2 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri ile Allende, Bali ve NWA 4435 (CV3) meteoritleri için literatürde bildirilen değerler.

Ağırlıkça element (wt%)		Mg	Fe	Si
Paul, 2018	Allende	11,12-16,74	20,23-29,36	13,73-16,13
	Bali	10,24-12,31	18,67-27,68	12,41-13,05
Szurgot and Polański, 2008	NWA 4435	9,7	30,5	11,3
Bu çalışma (CAI)	Nokta 3 Parlak 4	---	49,19	8,28
	Nokta 6 Parlak 1	---	25,54	4,50
	Nokta 6 Parlak 4	---	32,51	2,28
	Nokta 6 Parlak 5	---	28,55	3,56
Bu çalışma (Bölge 2)	Parlak Nokta 3	6,27	11,42	16,40

Ancak, CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 olmak üzere, bu altı CAI kapanımına ait ve Ek 4'te Şekil 4.2.39, Şekil 4.2.41, Şekil 4.2.43, Şekil 4.2.45, Şekil 4.2.47 ve Şekil 4.2.49 olarak verilen EDS haritaları, EDS spektrumları ile Tablo 4.2.44'teki ağırlıkça (wt%) sonuçlar incelendiğinde, NWA 5508 (CV3) kondritinde baskın mineralin Mg zengini olivin (Forsterit) olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, literatürdeki sonuçlar ile uyumludur.

Ek olarak, Wesełucha-Birczyńska and Żmudzka (2008)'in Allende kondriti üzerine yaptığı SEM/EDS çalışmasında, CaO, Al₂O₃ ve SiO₂ ağırlıkça sırasıyla, %19,68, %31,57 ve %47,49 (Ca, Al ve Si elementlerinin ağırlıkça değerleri sırasıyla, %14,07, %16,71 ve %22,20) olarak bulunmuş ve bu sonuçlara göre Ca-Al açısından zengin olan anortit, meteoritte ikincil mineral olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, Paul (2018)'in CV3 kondritleri olan Allende ve Bali meteoritleri üzerine yaptığı SEM/EDS çalışmasında, Allende için Ca, Al ve Si elementleri ağırlıkça sırasıyla, %1,44-3,75, %1,01-3,77, %13,73-16,13 arasında, Bali için Ca, Al ve Si elementleri ağırlıkça sırasıyla, %1,53-3,82, %0,93-5,97, %12,41-13,05 arasında değişen değerlere sahiptir.

Norton and Chitwood (2008)'e göre, yüksek sıcaklıklara dayanıklı oksitlerden ve silikatlardan oluşan CAI kapanımları, mineralojik olarak karmaşık bir yapıya sahiptir. NWA 5508 karbonlu kondritinde incelenen en büyük CAI kapanımının (CAI Nokta 7) SEM/EDS analizi sonuçları, bu kapanımın yüksek sıcaklığa dayanıklı bir oksit olan anortit (Kalsiyum-Alüminyum silikat) mineralinden oluştuğunu göstermiştir (Ek 4 - Şekil 4.2.51 ve Tablo 4.2.29). Weselucha-Birczyńska and Żmudzka (2008) tarafından yapılan çalışmada bulunan ve anortit olarak tanımlanan Ca-Al-Si elementlerinin ağırlıkça değerleri ile bu çalışmadan elde edilen Mg-Fe-Si elementlerinin ağırlıkça değerleri Tablo 5.3.3'te verilmiştir. Paul (2018)'in çalışmasında Allende ve Bali CV3 meteoritleri için bildirilen Ca-Al-Si elementlerinin ağırlıkça değerleri ile bu çalışmadan elde edilen Ca-Al-Si elementlerinin ağırlıkça değerleri Tablo 5.3.4'te verilmektedir.

Tablo 5.3.3 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Ca-Al-Si elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri ile Allende (CV3) meteoriti için literatürde bildirilen değerler.

Ağırlıkça element (wt%)		Ca	Al	Si
Weselucha-Birczyńska and Żmudzka, 2008	Allende	14,07	16,71	22,20
Bu çalışma	CAI Nokta 7	17,35	16,83	15,04

Tablo 5.3.4 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Ca-Al-Si elementlerinin ağırlıkça yüzdeleri ile Allende ve Bali (CV3) meteoritleri için literatürde bildirilen değerler.

Ağırlıkça element (wt%)		Ca	Al	Si
Paul, 2018	Allende	1,44-3,75	1,01-3-77	13,73-16,13
	Bali	1,53-3,82	0,93-5,97	12,41-13,05
Bu çalışma (CAI)	Nokta 1	3,30	2,45	21,29
	Nokta 2	1,70	1,32	19,31
	Nokta 3	0,94	1,08	17,93
	Nokta 4	1,75	1,98	19,91
	Nokta 5	1,40	1,17	16,94
	Nokta 6	0,98	1,24	19,56
	Nokta 7	17,35	16,83	15,04

Bunula birlikte, Ek 2’de Şekil 4.2.17 ve Tablo 4.2.10, Şekil 4.2.18 ve Tablo 4.2.11, Şekil 4.2.19 ve Tablo 4.2.12, Şekil 4.2.20 ve Tablo 4.2.13, Şekil 4.2.21 ve Tablo 4.2.14, Şekil 4.2.22 ve Tablo 4.2.15 olarak verilen EDS haritaları, spektrumları ile ağırlıkça sonuçlar incelendiğinde, CV3 meteoritlerinde sıklıkla karşılaşılan FeS minerali troilit ve Mg-Al zengini spinel ile Ca-Al zengini melilit mineralinin varlığı da NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunmuştur. Bu çalışma kapsamında, NWA 5508 (CV3) kondritinde anortit, spinel ve melilit olarak tanımlanan Fe-S-Mg-Ca-Al elementlerinin ağırlıkça değerleri Tablo 5.3.5’te özetlenmiştir.

Tablo 5.3.5 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Fe-S-Mg-Ca-Al elementlerinin ağırlıkça yüzde değerleri.

Ağırlıkça element (wt%)	NWA 5508	Fe	S	Mg	Ca	Al
Bu çalışma (Bölge 1)	Nokta 2	---	---	16,70	---	34,37
	Nokta 3	---	---	---	13,06	19,82
	Nokta 4	---	---	15,22	---	31,08
	Nokta 5	35,80	16,71	---	---	---
	Nokta 6	44,20	5,85	---	7,66	---
	Nokta 7	36,35	8,47	---	---	---

Ayrıca, Ek 6’da verilen Şekil 4.2.60, Şekil 4.2.63 ve Şekil 4.2.64 EDS spektrumları ile Tablo 4.2.38, Tablo 4.2.41 ve Tablo 4.2.42’deki Fe-Ni-S elementlerinin ağırlıkça değerleri incelendiğinde, bir Fe-Ni-S minerali olan pentlandit’in varlığı da NWA 5508 (CV3) kondritinde görülmüştür. Bu çalışma kapsamında elde edilen ve NWA 5508 (CV3) kondritinde pentlandit olarak tanımlanan Fe-Ni-S elementlerinin ağırlıkça değerleri Tablo 5.3.6’da verilmiştir.

Tablo 5.3.6 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Fe-Ni-S elementlerinin ağırlıkça yüzde değerleri.

Ağırlıkça element (wt%)	NWA 5508	Fe	Ni	S
Bu çalışma (CAI Nokta 6)	Parlak 1	25,54	10,93	43,23
	Parlak 4	32,51	7,16	45,46
	Parlak 5	28,55	10,43	40,56

Ek olarak, Ek 3'teki Tablo 4.2.17 ve 4.2.18, Ek 4'teki Tablo 4.2.27 ile Ek 5'teki Tablo 4.2.30, 4.2.33 ve 4.2.35 incelendiğinde, meteoritte troilit mineralinin tanımlandığı başka bölgelere ait Fe-S elementlerinin ağırlıkça değerleri ise Tablo 5.3.7'de özetlenmiştir.

Tablo 5.3.7 NWA 5508 (CV3) kondritinde bulunan Fe-S elementlerinin ağırlıkça yüzde değerleri.

Ağırlıkça element (wt%)	NWA 5508	Fe	S
Bu çalışma (Parlak Alan 1)	Nokta 1	35,82	11,62
	Nokta 2	36,25	23,24
Bu çalışma (CAI Nokta 3)	Parlak 1	38,98	48,31
	Parlak 4	49,19	4,09
	Parlak 6	38,68	47,36
Bu çalışma (CAI)	Nokta 5	19,79	5,05

Bütün bu sonuçlar gözden geçirildiğinde, NWA 5508 (CV3) kondritindeki CAI kapanımları Si, Mg, Fe, S, Ca ve Al elementleri bakımından zengin, heterojen bir yüzey göstermektedir (Tablo 4.2.43 ve Tablo 4.2.44). NWA 5508 karbonlu kondritinin SEM/EDS sonuçlarına göre meteoritte, forsterit birincil mineral, fayalit, troilit ve anortit ikincil mineraller, pentlandit, spinel ve melilit ise aksesuar mineraller olarak tanımlanmıştır.

5.4 Mikro-Raman Spektroskopisi

NWA 5508 (CV3) kondritine ait Raman spektrumları incelendiğinde meteoritte silikat mineralleri olan olivin grubu (forsterit; Mg_2SiO_4 , fayalit; Fe_2SiO_4 ve kirschsteinite; $CaFeSiO_4$) ile piroksen grubu (enstatit; $MgSiO_3$ ve hedenbergit; $CaFeSi_2O_6$) minerallerin varlığı dikkat çekmektedir. Literatürden de bilindiği üzere Vigarano türü karbonlu kondritleri (CV) çoğunlukla olivin ve piroksenlerden oluşmaktadır (McSween, 1977; Szurgot and Polański, 2008; Cloutis et al., 2012). CV3 kondritleri (Allende, Bali, Kaba, NWA 2086 ve NWA 3118) üzerine, mineralojik olarak gerçekleştirilen Raman çalışmalarına ait literatür verileri ile bu çalışma kapsamında NWA 5508 (CV3) kondritinin hem ince kesit hem de parlak kesit örnekleri üzerinden elde edilen Raman sonuçları aşağıda sunulmuştur. Ayrıca,

literatüre ait Raman verileri ile bu çalışmada elde edilen Raman verilerinin karşılaştırmalı özet tablosu, Ek 9 Tablo 5.4.1’de verilmiştir.

Gucsik et al., (2011) tarafından Kaba (CV3) meteoriti üzerine gerçekleştirdiği Raman analizi sonucunda, Mg zengini olivinin (forsterit) pikleri sırasıyla, SiO_4 tetrahedral simetrik ve anti-simetrik titreşim modlarına atanabilen 822 cm^{-1} ve 854 cm^{-1} ’deki ikili (dublet) pikler olarak tanımlanmıştır. 879 cm^{-1} ’de bir T_{2g} moduyla ilişkili olabilecek bir omuz pikinin belirttiği bildirilmiştir. 299 cm^{-1} , 423 cm^{-1} , 600 cm^{-1} ve 957 cm^{-1} ’deki diğer karakteristik piklerin ise sırasıyla, MgO_6 oktahedranın A_{1g} moduna ve ayrıca SiO_4 bükülme moduna karşılık geldiği rapor edilmiştir (Gucsik et al., 2011). Başka bir çalışmada, Allende (CV3) meteoriti üzerine 785 nm (diyet lazer) uyarma dalga boyunda yapılan Raman analizi sonucunda, SiO_4 grubunun simetrik gerilme titreşimi tarafından üretilen olivinin, 800 cm^{-1} ve 900 cm^{-1} bölgesinde karakteristik pikler gösterdiği bildirilmiştir (Crupi et al., 2014).

Kayastha et al., (2019) tarafından Allende kondriti üzerine 532 nm uyarma dalga boyunda Raman analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda, Allende meteoritinin Raman spektrumlarında olivin, piroksen ve kuvars minerallerinin varlığı bildirilmiştir. Kapanımdan elde edilen, $\sim 824/856\text{ cm}^{-1}$ ’deki olivin dubleti, yüksek forsterit içeriğine işaret etmektedir. Yüksek miktarda enstatit ve düşük kalsiyumlu piroksenin ana piklerinin 339 cm^{-1} , 401 cm^{-1} , $666/685\text{ cm}^{-1}$ ve $\sim 1013/1033\text{ cm}^{-1}$ olarak farklı bir bölgede tanımlanmıştır. Ayrıca, başka bir bölgeden elde edilen kuvarsın (SiO_2) ana piki $\sim 461\text{ cm}^{-1}$ olarak verilmiştir (Kayastha et al., 2019). Burchell et al., (2006) tarafından Allende kondriti üzerine 514 nm uyarma dalga boyunda yapılan Raman çalışmasında, son yıllarda, uzayda dünya dışı malzemelerden numune toplamaya yönelik yeni bir yöntem olan, yüksek hızlarda (tipik olarak kms^{-1}) çarpan küçük toz parçacıklarını yakalamak için silika aerojel (SiO_2) kullanımından bahsedilmiştir. Mineral taneciklerinin konumları hakkında yapılan önceki çalışmalarda, parçacıkların nüfuz etme sırasında parçalanabileceği ve karakteristik çarpma izi boyunca daha küçük parçaların dağıldığı rapor edilmiştir. Bu yöntemde, normalde parçacıkların bir katıya çarptığında buharlaşmasına neden olan yüksek çarpma hızlarına rağmen, birkaç kms^{-1} hızlar ile aerojel ile gerçekleşen çarpışmalarda parçacıkların nispeten bozulmadan yakalandığı bildirilmiştir. Bu yöntem ile $5,58\text{ kms}^{-1}$ (yoğunluk 110

kgmm⁻³) çarpma hızı ile yakalanan Allende kondritinde olivin 817/851 cm⁻¹'de dublet olarak tanımlanmıştır (Burchell et al., 2006). Bir CV3 kondriti olan NWA 2086 meteoriti üzerine Fintor et al., (2014) tarafından, 532,2 nm uyarma dalga boyunda Raman analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda meteoritte 283 cm⁻¹, 487 cm⁻¹, 504 cm⁻¹ ve 557 cm⁻¹'de anortit ile 327 cm⁻¹, 442 cm⁻¹, 504 cm⁻¹, 801 cm⁻¹, 893 cm⁻¹ ve 912 cm⁻¹'de dmisteinbergit mineralleri tanımlanmıştır (Fintor et al., 2014).

Bir diğer Raman çalışması da CV3 kondriti olan NWA 3318 meteoriti üzerine 488 nm uyarma dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, forsteritik olivin 821/852 cm⁻¹'de dublet olarak tanımlanmıştır (Ghimire et al., 2012). NWA 3318 kondriti üzerine 488 nm uyarma dalga boyu kullanılarak yapılan bir başka Raman çalışmasında ise meteoritte forsteritik olivin, diyopsit (klinopiroksen), enstatit (ortopiroksen), hematit, sfalerit, kalsit ve plajiyoklaz mineralleri tanımlanmıştır. Forsteritik olivin 822/854 cm⁻¹'de dublet göstermektedir. Meteoritteki klinopiroksen minerali 233 cm⁻¹, 331 cm⁻¹, 364 cm⁻¹, 394 cm⁻¹, 667 cm⁻¹, 1009 cm⁻¹'deki pikler ile diyopsit olarak tanımlanmıştır. Ortopiroksen minerali, 239 cm⁻¹, 336 cm⁻¹, 401 cm⁻¹, 662/683 cm⁻¹, 932 cm⁻¹, 1007 cm⁻¹ ve 1028 cm⁻¹'deki piklerin varlığıyla enstatit olarak tanımlanmıştır. Hematit, 217 cm⁻¹, 282 cm⁻¹, 392 cm⁻¹, 481 cm⁻¹, 591 cm⁻¹ ve 1284 cm⁻¹'deki pikler ile tanımlanmıştır. Sfalerit ise 350 cm⁻¹'de bir pik göstermektedir. Kalsit, 280 cm⁻¹, 709 cm⁻¹ ve 1083 cm⁻¹'de tanımlanmıştır. Son olarak plajiyoklaz ise 503 cm⁻¹'de bir pik göstermektedir (Dall'Asén et al., 2017).

Weselucha-Birczyńska and Żmudzka (2008) tarafından Allende kondritinin CAI kapanımı üzerine 514,5 nm uyarma dalga boyunda yapılan Raman çalışması sonucunda, meteoritte 218 cm⁻¹ ve 284 cm⁻¹'de FeO bantlarının, 395 cm⁻¹'de FeS₂ markazit ve/veya pirit mineralinin işaretinin ve 592 cm⁻¹ ve 658 cm⁻¹'de ise Ca-Al-Si fazından oluşan geniş bantların varlığı bildirilmiştir. Ayrıca, meteoritin karanlık bölgelerinin Raman spektrumlarının, silikat camlarına benzer şekilde, 580 cm⁻¹, 669 cm⁻¹ ve 707 cm⁻¹'deki geniş pik noktalarından oluşmasının ilginç olduğu ve bu fazın doğasının Ca-Al-Si fazına benzer olduğu rapor edilmiştir. Ek olarak, olivin ise 843 cm⁻¹'de bir pik göstermektedir (Weselucha-Birczyńska and Żmudzka, 2008). Habach (2014) tarafından Allende kondriti üzerine 532 nm (He-Ne) uyarma

dalga boyunda yapılan Raman çalışması sonucunda, olivin 283 cm^{-1} , 813 cm^{-1} , 837 cm^{-1} 'de, ringwoodit $813\text{-}837\text{ cm}^{-1}$ 'de tanımlanmıştır. 633 nm lazer dalga boyunda elde edilen sonuçlar olivin için 238 cm^{-1} , 292 cm^{-1} , 814 cm^{-1} , 840 cm^{-1} , ringwoodit için $795\text{-}834\text{ cm}^{-1}$ olarak bildirilmiştir (Habach, 2014).

Paul (2018) tarafından CV3 kondritleri olan Allende ve Bali meteoritleri üzerine 532 nm uyarma dalga boyunda yapılan Raman çalışması sonucunda, Allende meteoritinde forsteritik olivin $824/856\text{ cm}^{-1}$ 'de, piroksen ise 339 cm^{-1} , 401 cm^{-1} , 666 cm^{-1} , 685 cm^{-1} , 1013 cm^{-1} ve 1033 cm^{-1} 'deki piklerden diyopsit-enstatit kombinasyonu (yaklaşık $\text{Di}_{15}\text{En}_{85}$ bileşimi) olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, kuvars 460 cm^{-1} 'de tanımlanmıştır. Bali meteoritinde larnit 667 cm^{-1} ve 1006 cm^{-1} 'de, awaruit 137 cm^{-1} , 194 cm^{-1} ve 343 cm^{-1} 'de, manyetit benzeri minerali 674 cm^{-1} 'de, forsteritik olivin ise $822/850\text{ cm}^{-1}$ 'de dublet olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, olivin mineralinin dublet pik pozisyonları analiz edilerek, en yüksek ve en düşük forsterit bileşimlerinin sırasıyla Fo_{90} ve Fo_{10} olduğu ve elde edilen verilerin çoğunun bileşim açısından Fo_{80} olduğu rapor edilmiştir (Paul, 2018).

Maden yataklarının mineralojik çalışması kapsamında, FeO mineralleri olan manyetit, Ti-içeren hematit ve hematitin tanımlanması ve karakterizasyonu için 532 nm dalga boyunda yapılan Raman analizinde, manyetit 293 , 536 ve 663 cm^{-1} 'deki, Ti-içeren hematit 224 ve 660 cm^{-1} 'deki, hematit ise 245 , 293 , 410 , 501 ve 612 cm^{-1} 'deki piklerin varlığı ile tanımlanmıştır (Krolop et al., 2019). Ca-sülfat minerallerinin (jips, bassanit ve anhidrit) yüksek sıcaklıklarda elde edilen Raman bant konumlarının kapsamlı bir karşılaştırması, Schmid and Dariz (2020) tarafından yapılan Raman çalışmasında rapor edilmiştir. Jips için 415 , 493 , 619 , 670 , 1008 , 1135 cm^{-1} , bassanit (100°C) için 430 , 489 , 629 , 668 , 1006 , 1016 cm^{-1} , anhidrit (130°C) için 422 , 491 , 632 , 676 , 1028 ve 1172 cm^{-1} , anhidrit (600°C) için ise 417 , 499 , 609 , 628 , 675 , 999 , 1017 , 1112 , 1129 , 1160 cm^{-1} olarak bildirilmiştir (Schmid and Dariz, 2020). Ek olarak, Liu et al. (2009) tarafından Ca-sülfatlar üzerine yapılan Raman çalışması sonucunda, jips 415 , 439 , 620 , 670 , 1008 ve 1135 cm^{-1} 'deki, bassanit 427 , 489 , 628 , 668 , 1015 ve 1128 cm^{-1} 'deki, anhidrit ise 416 , 499 , 612 , 629 , 676 , 1017 , 1110 , 1128 ve 1159 cm^{-1} 'deki piklerin varlığı ile tanımlanmıştır (Liu et al., 2009). Hanesch (2009) tarafından yapılan çalışmada ise sentetik ve doğal demir mineralinin $532,2\text{ nm}$ uyarma dalga boyunda Raman spektrumları

ölçülmüştür. Analiz sonucunda götit minerali 244, 299, 385, 417, 480, 548 ve 681 cm^{-1} 'deki piklerin varlığı ile tanımlanmıştır (Hanesch, 2009). Bir başka Raman çalışmasın da ise 532 nm uyarma dalga boyunda elde edilen Raman spektrumunda götit mineralinin varlığı 299, 395, 550 ve 680 cm^{-1} olarak Markovka (H4) kondriti için bildirilmiştir (Voropaev et al., 2022).

CV3 meteoritlerine ait yukarıda bahsedilen literatürdeki tüm bu veriler dikkate alınarak, NWA 5508 (CV3) kondriti örneğine ait Raman spektrumları tek tek incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, Şekil 4.3.3'te verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki olivin 816/845 cm^{-1} 'deki dublet piklerden tanımlanmıştır. Raman spektrumunun piroksen bakımından zengin olduğunu görülmüş ve bu piroksen 240, 342, 406, 668, 690, 926, 1012 ve 1040 cm^{-1} 'deki piklerin varlığı ile enstatit olarak tanımlanmıştır (Dall'Asén et al., 2017). 458 cm^{-1} 'deki pik ise kuvars ile ilişkilendirilmiştir (Paul, 2018; Kayastha et al., 2019). Şekil 4.3.4'te verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki olivin 825/857 cm^{-1} dublet ve 919, 962 cm^{-1} 'deki pik değerlerinden ve pik pozisyonundan forsterit (Mg zengini olivin) olarak tanımlanmıştır. Hematit 223, 287, 390 ve 481 cm^{-1} 'deki pikler ile ilişkilendirilmiştir (Gucsik et al., 2011; Ghimire et al., 2012). Piroksen ise 670, 1023 ve 1044 cm^{-1} 'deki pikler ile ilişkilendirilmiştir. Şekil 4.3.5'te verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki olivin 818/848 cm^{-1} 'deki dublet pik değerlerinden tanımlanmıştır. Ayrıca, Raman spektrumunun piroksen bakımından zengin olduğunu görülmüş ve bu piroksen 246, 343, 401, 527, 668, 687, 927, 1013 ve 1034 cm^{-1} 'deki piklerin varlığı ile enstatit olarak tanımlanmıştır (Dall'Asén et al., 2017). Şekil 4.3.6'da verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki olivin 824/856 dublet ve 919, 966 cm^{-1} 'deki pik değerlerinden ve pik pozisyonundan forsterit olarak tanımlanmıştır. Raman spektrumunun piroksen bakımından zengin olduğunu görülmüş ve bu piroksen 245, 300, 339, 399, 666, 685, 1012 cm^{-1} 'deki piklerin varlığı ile enstatit olarak tanımlanmıştır (Gucsik et al., 2011; Dall'Asén et al., 2017). Ayrıca, 509 ve 553 cm^{-1} 'deki pikler ise anortit ile ilişkilendirilmiştir (Fintor et al., 2014). Şekil 4.3.7'de verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki olivin 814/846 cm^{-1} 'deki dublet pik değerlerinden ve pik pozisyonundan fayalit olarak tanımlanmıştır. 931 cm^{-1} 'deki pik piroksen (enstatit) ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, 309 ve 669 cm^{-1} 'deki pikler ise RRUFF (ID: R080025 - 532 nm) veri tabanından

manyetit ile ilişkilendirilmiştir. Şekil 4.3.8’de verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki Ti-içeren hematitin varlığı 223, 407 ve 609 cm^{-1} ’deki piklerden tanımlanmıştır. Ayrıca 659 cm^{-1} ’deki pik ise manyetit olarak tanımlanmıştır (Krolop et al., 2019). Şekil 4.3.9’da verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki hematit 223, 242, 290, 408, 495 ve 608 cm^{-1} ’deki piklerin varlığı ile tanımlanmıştır (Krolop et al., 2019). Şekil 4.3.10’da verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki Ca-sülfat 425, 486, 625, 665 ve 1012 cm^{-1} ’deki piklerin varlığı ile tanımlanmıştır (Lui et al., 2009; Schmid and Dariz, 2020). Şekil 4.3.11’de verilen Raman spektrumu incelendiğinde, meteorit içeriğindeki Ca-sülfat ise 420, 491, 631, 674 ve 1025 cm^{-1} ’deki piklerin varlığı ile tanımlanmıştır (Lui et al., 2009; Schmid and Dariz, 2020). Şekil 4.3.12’de verilen Raman spektrumu incelendiğinde, götit minerali 246, 298, 390, 478, 552 ve 682 cm^{-1} ’deki piklerin varlığı ile meteoritte tanımlanmıştır (Hanesch, 2009; Voropaev et al., 2022). Şekil 4.3.13’te verilen Raman spektrumu incelendiğinde, hematit 224 ve 295 cm^{-1} ’deki, Ca-sülfat ise 444, 621 ve 1010 cm^{-1} ’deki piklerin varlığı ile meteoritte tanımlanmıştır (Lui et al., 2009; Krolop et al., 2019; Schmid and Dariz, 2020).

Olivin dublet pik pozisyonları, olivin tipinin yüzdelik olarak kompozisyonunu verir (Kuebler et al., 2006). NWA 5508 (CV3) kondrit örneğindeki olivin pikleri fayalit ve forsteritin karışımından gelmektedir. Örnekte forsterit baskın olarak bulunmaktadır. Şekil 4.3.3’teki 816 cm^{-1} ve 845 cm^{-1} olan pik değerleri bir olivin spektrumunu göstermektedir. Bu özellikler, SiO_4 tetrahedra bileşeninin birleşik simetrik ve asimetrik gerilme titreşim modlarından kaynaklanmaktadır. Pik konumlarından bu spektrum %32 forsterite (Fo_{32}) karşılık gelmektedir. Şekil 4.3.4’teki 825 cm^{-1} ve 857 cm^{-1} olan pik değerleri bir olivin spektrumunu göstermektedir. Pik konumlarından bu spektrum %100 forsterite (Fo_{100}) karşılık gelmektedir. Şekil 4.3.5’teki 818 cm^{-1} ve 848 cm^{-1} olan pik değerleri bir olivin spektrumunu göstermektedir. Pik konumlarından bu spektrum %54 forsterite (Fo_{54}) karşılık gelmektedir. Şekil 4.3.6’daki 824 cm^{-1} ve 856 cm^{-1} olan pik değerleri bir olivin spektrumunu göstermektedir. Pik konumlarından bu spektrum %94 forsterite (Fo_{94}) karşılık gelmektedir. Şekil 4.3.7’deki 814 cm^{-1} ve 846 cm^{-1} olan pik değerleri bir olivin spektrumunu göstermektedir. Pik

konumlarından bu spektrum %10 forsterite (Fo_{10}) karşılık gelmektedir (Kuebler et al., 2006).

Aynı şekilde piroksenlerin pik konumu analizi de piroksenin bileşimini vermektedir (Huang et al., 2000; Tribaudino et al., 2012). NWA 5508 (CV3) kondrit örneğindeki piroksenler ya diyopsit-klinoenstatitin (Di_xEn_y) bir kombinasyonu ya da enstatit-ferrosilitin (En_xFs_y) bir kombinasyonudur. Piroksenin tipi (veya kombinasyonu) Huang et al., (2000) ve Tribaudino et al., (2012) çalışmalarından belirlenmiştir. Elde edilen pik pozisyonları, bu çalışmalarda veriler ile karşılaştırıldığında, mevcut piroksenin çoğunlukla enstatit açısından zengin olduğunu göstermektedir. Enstatitin bir kısmının diyopsit veya ferrosilit ile değiştirildiği görülmüştür. Şekil 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5 ve 4.3.6'daki spektrumlardaki piroksen piklerinin, diyopsit-enstatit kombinasyonu (Di-En) tipi yaklaşık $\text{Di}_{15}\text{En}_{85}$ 'e karşılık geldiği bulunmuştur. Pik konumlarından bulunan diyopsit-klinoenstatit oranı $\text{Di}_{15}\text{En}_{85}$ iken, en yüksek ve en düşük enstatit-ferrosilit oranları ise sırasıyla $\sim\text{En}_{98}\text{Fs}_2$ (Şekil 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5) ve $\text{En}_{90}\text{Fs}_{10}$ 'e (Şekil 4.3.6) karşılık gelmektedir.

Bütün bu sonuçlar gözden geçirildiğinde, NWA 5508 (CV3) kondrit örneğinin farklı bölgelerinden elde edilen Raman spektrumları, meteoritte başlıca olivin (çoğunlukla forsterit) ve piroksen (enstatit) olmak üzere, hematit, manyetit, götit, anortit ve Ca-sülfat minerallerinin varlığını göstermiştir ve bu sonuçlar literatür ile uyumludur.

Raman analizleri sonucunda, NWA 5508 (CV3) kondritinin farklı noktalarından alınan çeşitli spektrumlarında, tanımlanamayan Raman pikleri mevcuttur (Şekil 4.3.14 ve 4.3.15). Spektrumlardaki bu piklerin varlığı organik bazı minerallere işaret edebileceği gibi olası bir kontaminasyon kaynaklı da olabilmektedir. Bu piklerin kaynaklarının belirlenebilmesi için daha fazla analize ihtiyaç vardır.

5.5 Yansıma (IR) Spektroskopisi

NWA 5508 (CV3) meteorit numunesinin hem ince kesit hem de parlak kesite ait yansıma spektrumu sonuçları incelendiğinde, örnekte karakteristik olivin pikleri göze çarpmaktadır. Vigarano türü kondritlerin çoğunlukla olivinler ile piroksenlerden oluştuğu bilinmektedir (McSween, 1977; Kornacki and Wood, 1984; Rubin, 1997; Szurgot et al., 2006; Szurgot and Polański, 2008; Cloutis et al., 2012; Daswani et al., 2014; Skulteti et al., 2020a). Yansıma spektroskopisinde spektrumlar yorumlanırken, bant pozisyonları ile bu bantların Christiansen, Reststrahlen bant ve saydamlık özellikleri dikkate alınır. Christiansen özelliği (minimum yansıma), kırılma indisinin hızlı bir şekilde değişerek minimum saçılmaya sebep olmasıyla ortaya çıkar. Bu nedenle, bantların tam pik noktaları kayabilir (Hapke, 1996). Bu özellik, silikatlar durumunda, yaklaşık 1100 cm^{-1} ile 1300 cm^{-1} ($7,5\text{-}9\text{ }\mu\text{m}$) arasında minimum yansıma olarak görülmektedir. Silikatların yansıma spektrumlarının en önemli özellikleri Christiansen ve Reststrahlen bandı özellikleridir. Bireysel mineraller için Christiansen özelliğinin dalga boyu, feldispatın daha kısa, mafik mineraller olan olivin ve piroksenin ise daha uzun dalga boyları olmak üzere, polimerizasyona bağlıdır. Piroksen minerallerinin Christiansen özelliğinin olivinden çok daha kısa dalga boyunda ($8,5\text{-}8,4\text{ }\mu\text{m}$; $1176\text{-}1190\text{ cm}^{-1}$) olduğu rapor edilirken, feldispat minerallerinin Christiansen özelliğinin ise olivin ve piroksenden daha kısa dalga boyunda ($\sim 8\text{ }\mu\text{m}$; 1250 cm^{-1}) olduğu bildirilmiştir. Bir diğer özellik olan Reststrahlen bantları (yansımada yerel maksimum), gelen radyasyonun (ışınımın) çoğu ilk önce yüzeyde yansıtıldığı için numuneye giremez. Bu durum, temel moleküler titreşimlerden kaynaklanır ve bu da Si-O asimetrik gerilmesi ile yansımada yaklaşık 1120 cm^{-1} ile 850 cm^{-1} ($8,5\text{-}12\text{ }\mu\text{m}$) arasında bir pike neden olur. Olivin mineralinin Reststrahlen bantlarının $9\text{ ile }11,5\text{ }\mu\text{m}$ ($1111\text{-}870\text{ cm}^{-1}$) arasında bulunduğu rapor edilmiştir. Ancak, yaklaşık 750 cm^{-1} ile 300 cm^{-1} ($16,5\text{-}25\text{ }\mu\text{m}$) civarında daha az yoğun bir Reststrahlen bandı görünür. Ayrıca, Reststrahlen bandının şiddeti örneğin tane boyutuyla ters orantılı olarak değişir. Bu nedenle, tane boyutu da spektrumları etkiler (Le Bras and Erard, 2003). Tane boyutu arttıkça yansıma azalır, soğurma bantları zayıflar (Salisbury et al., 1987; Salisbury and Walter, 1989; Cloutis et al., 2013). Saydamlık özelliği (maksimum yansıma) ise silikat parçacıklarının spektrumunda iki Reststrahlen bandı arasında geniş bir yansıma maksimumu olarak

bulunur. Olivin mineralinin saydamlık özelliğinin yaklaşık 12-15 μm ($833\text{-}667\text{ cm}^{-1}$) arasında bulunduğu bildirilmiştir. Saydamlık özelliği, küçük parçacıkların ($<75\text{ }\mu\text{m}$) varlığına ve değişen optik sabitlere bağlıdır. Bu özelliklerin tümü, minerallerin tanısal özelliğidir ve numune içeriğindeki mineralleri tanımlamak için kullanılmaktadır (Skulteti et al., 2020a, 2020b).

Skulteti et al., (2020a) tarafından yapılan çalışmada, piroksen ve plajiyoklaz feldispat minerallerinin ana pik pozisyonları ile piklerin karakteristik özellikleri de sunulmuştur. Olivin için pik pozisyonları, 4,9 μm -5,9 μm ($2041\text{-}1695\text{ cm}^{-1}$) ile 10,4 μm -12,2 μm ($962\text{-}820\text{ cm}^{-1}$) bölgeleri ve başlıca 11,5 μm (872 cm^{-1}), 10,5 μm (952 cm^{-1}), 10,2 μm (980 cm^{-1}), ve 9,5 μm (1053 cm^{-1}) olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, olivinindeki Mg içeriği azaldıkça ve Fe içeriği arttıkça sistematik olarak daha uzun dalga boylarına doğru bir kayma olduğunu belirtmiştir. Piroksen için pik pozisyonları, 5,1 μm (1960 cm^{-1}), 5 μm (2000 cm^{-1}), 4,5 μm (2222 cm^{-1}), 9,77 μm (1024 cm^{-1}), 10,3 μm (970 cm^{-1}), 11,57 μm (864 cm^{-1}), 14,77 μm (677 cm^{-1}), 14,94 μm (669 cm^{-1}) olarak verilmiştir. Bantların çoğu artan Fe konsantrasyonuyla daha uzun dalga boylarına kayma göstermektedir, ancak 9,9 μm (1010 cm^{-1}), 13,6 μm (735 cm^{-1}) gibi piklerin kayma göstermediği veya 10,7 μm (935 cm^{-1}), 11,7 μm (855 cm^{-1}) gibi piklerin daha kısa dalga boylarına doğru kaymadığı belirtilmiştir. Plajiyoklaz feldispat için ise pik pozisyonları 5,4 μm (1852 cm^{-1}), 4,8 μm (2083 cm^{-1}), 4,7 μm (2128 cm^{-1}), 13,75 μm (727 cm^{-1}) ve 15,5 μm (645 cm^{-1}) olarak verilmiştir. Albit, 4,8 μm ve 4,9 μm (2083 cm^{-1} ve 2041 cm^{-1}) civarında iki zayıf soğurma bandı göstermektedir. Anortit'in güçlü bandı 5,4 μm (1852 cm^{-1})'de ortaya çıkmaktadır. Piklerin genellikle anortit içeriğinin artmasıyla zayıfladığı ve daha uzun dalga boyuna kayma gösterdiği belirtilmiştir. En düşük anortit içeriği örnekleri, kompozisyon ile sistematik spektral değişiklikler olmadan en fazla soğurma özelliğini göstermektedir. Meteoritlerdeki plajiyoklaz feldispatlar çoğunlukla anortit bakımından zengindir ve 4,73 μm ve 4,82 μm (2114 cm^{-1} ve 2075 cm^{-1})'de iki ana bandın, 4,93 μm (2028 cm^{-1}) civarında bir bükülme ve 4,35 μm (2299 cm^{-1}), 4,45 μm (2247 cm^{-1}) ve 4,65 μm (2151 cm^{-1}) civarında zayıf bantların bulunduğu belirtilmiştir (Skulteti et al., 2020a).

Christiansen, saydamlık ve Reststrahlen bandı özelliklerinin kullanıldığı kapsamlı bir FTIR ve μ -FTIR çalışması, Morlok et al., (2020) tarafından CV3

kondritleri olan Allende ve Vigarano meteoritlerinin katı toz örneği üzerine gerçekleştirilmiştir. Allende meteoritine ait spektrumun Christiansen özelliği 9,2 μm (1087 cm^{-1}) ile 9,3 μm (1075 cm^{-1}) arasında olduğu gösterilmiştir (Morlok et al., 2020). Bu bölgede, daha ince tane boyutlarına sahip spektrumların daha uzun dalga boylarına doğru hafifçe kaydığı görülmüştür. Ayrıca, Reststrahlen bandının yoğun olarak bulunduğu bölgeler, daha büyük tane boyutları için 11,1 μm (901 cm^{-1}) daha küçük tane boyutları ($<25\text{ }\mu\text{m}$) için 11,3 μm (885 cm^{-1}) olarak bulunmuştur. Reststrahlen bandının daha az yoğun olarak bulunduğu bölgeler ise 8,9 μm -9 μm ($1124\text{-}1111\text{ cm}^{-1}$), 9,6 μm -9,7 μm ($1042\text{-}1031\text{ cm}^{-1}$), 10,3 μm -10,4 μm ($971\text{-}962\text{ cm}^{-1}$), 12 μm (833 cm^{-1}) ve 16,4 μm -16,7 μm ($610\text{-}599\text{ cm}^{-1}$) olarak bulunmuştur. Bu bölgeler, başlıca forsterit ve ortopiroksen bantlarını göstermektedir. Saydamlık özelliği ise en ince tane boyutunda 12,6 μm (794 cm^{-1})’de bulunmuştur. Ek olarak, Allende (CV3) meteoritinde CAI kapanımının iç kısmı üzerinden elde edilen μ -FTIR spektrumunda, 9,3 μm (1075 cm^{-1}), 10,3 μm (971 cm^{-1}), 11 μm (909 cm^{-1}) ve 11,2 μm (893 cm^{-1}) olarak bulunan bant merkezleri, karakteristik diyopsit bantlarını göstermektedir. CAI kapanımının etrafını saran çeperin birinci katmanına ait μ -FTIR spektrumunda, çok güçlü yansıma özelliği gösteren 14,1 μm (709 cm^{-1}) bandı spinel olarak tanımlanmıştır. Çeperin ikinci katmanına ait μ -FTIR spektrumunda güçlü ana bant olarak elde edilen 10,2 μm (980 cm^{-1}) bandı ise sodalit olarak tanımlanmıştır. Çeperin üçüncü katmanına ait μ -FTIR spektrumunda ise 9,3 μm (1075 cm^{-1}), 9,7 μm (1031 cm^{-1}), 10,2 μm (980 cm^{-1}) ve 14,3 μm (699 cm^{-1}) olarak elde edilen güçlü bantlar, nefelin, sodalit ve spinel olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, ince taneli matristen elde edilen spektrum 10,3 μm (971 cm^{-1}), 11,3 μm (885 cm^{-1}) ve 12 μm (833 cm^{-1})’de Reststrahlen bantlarını göstermiştir. Bunlar, tipik olivin bantları olarak tanımlanmıştır. Vigarano (CV3) meteoritinde CAI kapanımının iç kısmı üzerinden elde edilen μ -FTIR spektrumunda, 9,4 μm (1064 cm^{-1}), 9,8 μm (1020 cm^{-1}), 10,3 μm (971 cm^{-1}), 11 μm (909 cm^{-1}), 11,2 μm (893 cm^{-1}), 11,7 μm (855 cm^{-1}) ve 12,4 μm (806 cm^{-1})’de bantlar görülmüştür. 9,8 μm (1020 cm^{-1}), 10,3 μm (971 cm^{-1}) ve 11,7 μm (855 cm^{-1})’deki bantların melilit ile uyumlu olduğu ancak 12,4 μm (806 cm^{-1})’de güçlü bir yansıma göstermediği belirtilmiştir. Bunun nedeninin ise geniş bir saydamlık özelliğinin etkisi olabileceği söylenmiştir. Ek olarak, 14,1 μm (709 cm^{-1})’de zayıf bir spinel bandı tanımlanmıştır (Morlok et al., 2020).

Morlok et al., (2020) tarafından yapılan çalışmada, üç katmandan oluşan Wark-Lovering çeperine sahip başka bir CAI kapanımının iç bölgesinden elde edilen μ -FTIR spektrumu ile kapanımın iç kısmının melilit açısından zengin olduğu gösterilmiştir. Ek olarak, $15,2 \mu\text{m}$ (658 cm^{-1})’deki bandın az bir feldispatik malzeme olabileceği belirtilmiştir. Çeperin birinci katmanından elde edilen μ -FTIR spektrumu, $14,1 \mu\text{m}$ (709 cm^{-1})’de güçlü bir spinel bandı göstermektedir. Çeperin ikinci katmanından elde edilen μ -FTIR spektrumunda, $10,3 \mu\text{m}$ (971 cm^{-1})’de güçlü bir özellik ve $10,8 \mu\text{m}$ (926 cm^{-1})’de zayıf bir özellik hâkim olduğu belirtilmiştir. Bu özellikler kimyasal olarak anortit-benzeri olarak tanımlanmıştır, ancak malzeme stokiyometrik anortit olmadığından doğrudan bir analog spektrumun bulunamadığı belirtilmiştir. Çeperin ikinci katmanının baskın özelliğinin tipik camı fazlar olduğu gösterilmiş ve bu faz camı bir feldispatik faz olarak tanımlanmıştır. Çeperin üçüncü katmanından elde edilen μ -FTIR spektrumunda, piroksen bakımından zengin olduğu gösterilmiş ve bu piroksen $9,4 \mu\text{m}$ (1064 cm^{-1}), $10,3 \mu\text{m}$ (971 cm^{-1}), $11 \mu\text{m}$ (909 cm^{-1}) ve $15,1 \mu\text{m}$ (662 cm^{-1})’deki bantların varlığı ile diyopsit olarak tanımlanmıştır. Çeperin üçüncü katmanına ait başka bir μ -FTIR spektrumu, piroksen bantlarının yanı sıra olivin özelliklerini de göstermektedir. $11,3 \mu\text{m}$ (885 cm^{-1}) özelliğinin güçlü yoğunluğu, olivinin varlığını doğrulamıştır. Ayrıca, $13,4 \mu\text{m}$ (746 cm^{-1})’de geniş bir spinel bandının varlığı da gösterilmiştir. Allende ve Vigarano meteoritinin matris yapılarının birbirine çok benzer olduğu ve bu iki CV3 meteoritinin de $10,3 \mu\text{m}$ - $10,4 \mu\text{m}$ (971 - 962 cm^{-1}), $11,3 \mu\text{m}$ - $11,4 \mu\text{m}$ (885 - 877 cm^{-1}) ve $12 \mu\text{m}$ (833 cm^{-1})’de olivin bantları gösterdiği belirtilmiştir (Morlok et al., 2020).

Skulteti et al., (2020b) tarafından Allende (CV3) meteoriti üzerine $2,5$ - $25 \mu\text{m}$ (4000 - 400 cm^{-1}) MIR spektral aralığında gerçekleştirilen FTIR çalışmasında, Christiansen özelliğinin 9 ile $12 \mu\text{m}$ arasında daha uzun dalga boylarına kaydığı gösterilmiştir. Reststrahlen bant özelliği ise tanımlanamamıştır. Düşük çözünürlükte Christiansen, Reststrahlen bant ve saydamlık özelliklerinin kolayca gözlemlenemediği ve dolayısıyla mineralleri tanımlayabilmek için ideal olmadığı belirtilmiştir. Christiansen özelliğinin veya Reststrahlen bantlarının yapısının görülebilmesi için $8 \mu\text{m}$ (1250 cm^{-1}) ile $12 \mu\text{m}$ (833 cm^{-1}) arasında yaklaşık $0,1 \mu\text{m}$ ’lik bir spektral çözünürlüğün gerekliliği olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle, meteoritler söz konusu olduğunda Christiansen özelliği, tüm bileşen minerallerin

karakteristik Christiansen özelliklerinin bir birleşimi olduğu ve bu nedenle özelliğin görülmesinin daha zor olabileceğine dikkat çekilmiştir. Meteorit içeriğindeki mineraller, olivin için 960 cm^{-1} ve 842 cm^{-1} , piroksen için 669 cm^{-1} ve 657 cm^{-1} , feldispat için 1092 cm^{-1} ve 999 cm^{-1} , troilit için 455 cm^{-1} pik pozisyonları kullanılarak DRIFT spektral analiz ile belirlenmiştir. Bunun sonucunda, Allende kondritinde, 842 cm^{-1} ve 960 cm^{-1} 'de olivin, 657 cm^{-1} ve 669 cm^{-1} 'de piroksen, 565 cm^{-1} , 999 cm^{-1} ve 1092 cm^{-1} 'de ise feldispat tanımlanmıştır (Skulteti et al., 2020b).

Allende kondritinin toz örneği üzerine $2.5\text{-}25\text{ }\mu\text{m}$ ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) orta IR (MIR) spektral aralıkta yapılan bir FTIR çalışmasında, meteoritteki baskın (ana) mineraller 838 cm^{-1} ($11,93\text{ }\mu\text{m}$)'de olivin ile 1023 cm^{-1} ($9,77\text{ }\mu\text{m}$)'de piroksen olarak tanımlanırken, 727 cm^{-1} ($13,75\text{ }\mu\text{m}$) ve 645 cm^{-1} ($15,5\text{ }\mu\text{m}$)'de feldispat (anortit) ise aksesuar mineral olarak tanımlanmıştır (Skulteti et al., 2020a).

Dirri et al., (2017) tarafından NWA 2086 (CV3) meteoriti üzerine yapılan FTIR çalışması $2\text{-}14\text{ }\mu\text{m}$ ($5000\text{-}714\text{ cm}^{-1}$) MIR (orta-IR) spektral aralığında, $\mu\text{-IR}$ çalışması ise $8\text{-}14\text{ }\mu\text{m}$ ($1250\text{-}714\text{ cm}^{-1}$) MIR spektral aralığında gerçekleştirilmiştir. FTIR analizi için paketlenmiş toz meteorit örneği kullanılmıştır. Analizler, kondrül ve matris üzerinde gerçekleştirilmiştir. $\mu\text{-IR}$ tekniği ile yapılan analizler sonucunda, Christiansen özelliği $8,2\text{ }\mu\text{m}$ (1220 cm^{-1}) ve ana bantlar $9,1\text{ }\mu\text{m}$ (1099 cm^{-1}), $10,5\text{ }\mu\text{m}$ (952 cm^{-1}), $11,2\text{ }\mu\text{m}$ (893 cm^{-1}), $12\text{ }\mu\text{m}$ (833 cm^{-1}) olarak bulunmuştur. Elde edilen bu bantlar olivin, Ca zengini plajiyoklaz ve piroksen olarak tanımlanmıştır. Toz örnekten FTIR tekniği ile yapılan analizler sonucunda, $2,8\text{ }\mu\text{m}$ (3571 cm^{-1}) ve $3\text{ }\mu\text{m}$ (3333 cm^{-1}) arasında belirgin soğurma bandı görülmüştür. Bu soğurma bandı, O-H gerilme bandı olarak tanımlanmıştır. $3,4\text{ }\mu\text{m}$ (2941 cm^{-1})'de görülen zayıf bant ise organikler olarak atanmıştır (Dirri et al., 2017).

NWA 2086 (CV3) meteoritinin kondrül, çeper ve matrisi üzerine orta-IR bölgesinde ($7\text{-}15\text{ }\mu\text{m}$; $1429\text{-}667\text{ cm}^{-1}$) gerçekleştirilen bir başka $\mu\text{-IR}$ çalışması sonucunda, kondrülde ana minerallerin Reststrahlen bantları $9,5\text{ }\mu\text{m}$ (1053 cm^{-1}), $10,8\text{ }\mu\text{m}$ (926 cm^{-1}), $11,2\text{ }\mu\text{m}$ (893 cm^{-1}), $12\text{ }\mu\text{m}$ (833 cm^{-1}) olarak, Christiansen özelliği ise $8,2\text{ }\mu\text{m}$ (1220 cm^{-1}) olarak bildirilmiştir. Reststrahlen bantları, Mg zengini olivin (forsterit), klinopiroksen ve anortit olarak tanımlanmıştır. Matriste

ana minerallerin Reststrahlen bantları 10,4 μm (962 cm^{-1}), 11,3 μm (885 cm^{-1}) ve 12 μm (833 cm^{-1}) olarak bulunurken Christiansen özelliği ise 9,3 μm (1075 cm^{-1}) olarak bulunmuştur. Bu Reststrahlen bantları, Fe zengini olivin (fayalit) olarak tanımlanmıştır. Bir diğer kondrülün ana minerallerinin Reststrahlen bantları ise 9,1 μm (1099 cm^{-1}) ve 10,6 μm (943 cm^{-1}) olarak bulunmuştur. Reststrahlen bantları, anortit zengini, olivin ve klinopiroksen olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, Christiansen özelliği 8,2 μm (1220 cm^{-1}) olarak verilmiştir. Başka bir matris bölgesinin ana minerallerin Reststrahlen bantları ise 10,4 μm (962 cm^{-1}), 11,3 μm (885 cm^{-1}) ve 12 μm (833 cm^{-1}) olarak bildirilmiştir. Bu Reststrahlen bantları, olivin olarak tanımlanmıştır. Christiansen özelliği ise 9,4 μm (1064 cm^{-1}) olarak rapor edilmiştir (Dirri et al., 2018).

Morlok et al., (2008) tarafından, Allende ve Vigarano CV3 kondritlerinin CAI kapanımları üzerine IR çalışması yapılmıştır. Her iki meteoritin çeperine ve iç kısmına ait IR spektrumları elde edilmiştir. Allende meteoritinin çeper ve iç kısmına ait ölçülen tüm spektrumlarda Ca bakımından zengin piroksenler, 9,3 μm (1075 cm^{-1}), 10,3 μm (971 cm^{-1}), 10,9 μm (917 cm^{-1}), ~11,3 μm (885 cm^{-1}) ve ~15,7 μm (634 cm^{-1})’deki karakteristik özellikleri ile tanımlandığı bildirilmiştir (Morlok et al., 2008). Allende’nin iç kısmına ait spektrumunda, hedenbergit 11,3 μm (885 cm^{-1})’de güçlü bir bant göstermektedir. Ancak, ince taneli fazlarla ilgili analitik problemler nedeniyle, daha iyi uyum sağlayacak ve diyopsit ve ojit gibi tespit edilmemiş Ca açısından zengin piroksenlerin de göz ardı edilmemesi gerektiği söylenmiştir. Allende çeperinin spektrumundaki 11,3 μm (885 cm^{-1}) ve 9,3 μm (1075 cm^{-1})’deki bantlar, Allende iç kısmının spektrumuyla karşılaştırıldığında çok daha zayıf olduğu rapor edilmiştir. Bunun nedeni, Allende çeper malzemesinin stokiyometrik analizleri piroksen göstermediğinden, spektrumda 11,3 μm (885 cm^{-1}) ve 9,3 μm (1075 cm^{-1})’de meydana gelen karakteristik piroksen özellikleri, iç kısımdaki malzemeyle karışımdan kaynaklanabileceği ve çeper ile iç kısım arasındaki sınırın her zaman net olmaması olarak açıklanmıştır. Spinel, ~13,5 μm (741 cm^{-1}) ile 15,0 μm (667 cm^{-1}) arasında, maksimum 14,0 μm (714 cm^{-1}) ile 14,9 μm (671 cm^{-1}) arasında geniş bir bantla, Allende çeper ve iç kısmının spektrumunda elde edilmiştir. Sodalit, Allende çeperinde 13,6 μm (735 cm^{-1})’de keskin bir pike ve 14,9 μm (671 cm^{-1})’de zayıf bir bantla tanımlanmaktadır. Güçlü bir sodalit bandı 10,2 μm (980 cm^{-1})’de piroksen özelliğiyle örtüşmektedir. Melilit bantları, ~10,3

μm (971 cm^{-1})’deki güçlü ve $10,9\text{ }\mu\text{m}$ - $11,2\text{ }\mu\text{m}$ (917 - 893 cm^{-1}) ve $12,3\text{ }\mu\text{m}$ - $12,5\text{ }\mu\text{m}$ (813 - 800 cm^{-1})’de “ikiz pik” olarak adlandırılan iki yakın pik Vigarano’nun çeperi ve iç kısmının spektrumu için karakteristiktir. Ayrıca, $9,4\text{ }\mu\text{m}$ (1064 cm^{-1}), $\sim 11,6\text{ }\mu\text{m}$ (862 cm^{-1}), $14,0\text{ }\mu\text{m}$ (714 cm^{-1}) ve $15,3\text{ }\mu\text{m}$ (654 cm^{-1})’de daha zayıf melilit bantlarının yalnızca Vigarano’nun bazı spektrumlarında görüldüğü bildirilmiştir. Vigarano’da meydana gelen $\sim 9,8\text{ }\mu\text{m}$ (1020 cm^{-1})’deki özellik melilit veya spinel bandı olabilir. Vigarano çeperinin spektrumundaki melilit özellikleri düşük bağıl yoğunluklar gösterdiğinden, melilit miktarının iç kısmın malzemesinin kirlenmesinden (kontaminasyon) kaynaklanabiliyor olabileceği belirtilmiştir. $15,0\text{ }\mu\text{m}$ (667 cm^{-1})’de ara sıra görülen keskin özellikler ise muhtemelen CO_2 bantları olabileceği rapor edilmiştir. $13,0\text{ }\mu\text{m}$ (769 cm^{-1}) ile $16,0\text{ }\mu\text{m}$ (625 cm^{-1}) bölgesinde geniş bir spinel özelliği ortaya çıkmaktadır ve bu özellik $14,0\text{ }\mu\text{m}$ (714 cm^{-1}) ile $14,9\text{ }\mu\text{m}$ (671 cm^{-1}) arasında pik yapmaktadır. Bandın maksimumunun tam konumu spineldeki demir içeriğine göre değişmektedir. Ek olarak, Posch et al., (2007) tarafından bildirilen çalışma ile karşılaştırıldığında, Leoville (CV3) meteoritinin melilit ve spinel açısından zengin bir CAI kapanımı spektrumu, Vigarano (CV3) meteoritinin spektrumuna benzerlik göstermektedir. Ancak, karakteristik olan $11,2\text{ }\mu\text{m}$ (893 cm^{-1}) özelliği ile $9,3\text{ }\mu\text{m}$ (1075 cm^{-1}) ve $14,5\text{ }\mu\text{m}$ (670 cm^{-1})’deki bantların Leoville meteoritinin spektrumunda eksik olduğu bildirilmiştir (Morlok et al., 2008).

Karbonlu kondritler üzerine yapılan IR çalışmalarında atmosferik CO_2 bandının, 2300 cm^{-1} ile 2400 cm^{-1} arasında olmak üzere, 2353 cm^{-1} ile 2330 cm^{-1} ve 2360 cm^{-1} civarında (anti-simetrik gerilme modu) ikili bant şeklinde ortaya çıktığı bildirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014).

Başka bir IR çalışması ise Posch et al., (2007) tarafından, CV3 kondritleri olan Allende ve Leoville meteoritlerinin CAI kapanımları üzerine gerçekleştirilmiştir. IR çalışması, yakın-IR (NIR) ve orta-IR (MIR) (2 - $25\text{ }\mu\text{m}$; sırasıyla, NIR ve MIR) ile uzak-IR (FIR) ($14,3$ - $75\text{ }\mu\text{m}$; FIR) bölgelerinde yapılmıştır. Ancak, burada yalnızca MIR bölgesine ($2,5$ - $25\text{ }\mu\text{m}$; 4000 - 400 cm^{-1}) ilişkin sonuçlar sunulacaktır. Leoville meteoritinin CAI kapanımının spektrumunda spinel bantları, $14,6\text{ }\mu\text{m}$ (685 cm^{-1}) ve $17,1\text{ }\mu\text{m}$ (585 cm^{-1})’de bulunmaktadır. Ayrıca, $19,0\text{ }\mu\text{m}$ (526 cm^{-1})’de bulunan spinel’in güçlü MIR bandının Leoville CAI

kapasının spektrumunda da mevcut olduğu ancak aynı konumda bir melilit bandı ile örtüştüğü rapor edilmiştir. CaO'nun CAI'larda bir bileşen olmadığı belirtilerek, astronomik IR kaynaklarının 6,8 μm (1471 cm^{-1}) bandının CaO'dan kaynaklandığı öne sürülmüştür. Ancak, hem Allende'de hem de Leoville'de CAI kapanımlarında CaO bandının izi görülmemiştir. İki meteoritin spektrumunda da yaklaşık 7 μm (1429 cm^{-1})'de görülen zayıf bandın büyük olasılıkla karbonatlardan kaynaklandığı bildirilmiştir. Karbonatların, CV kondritlerin CAI kapanımlarında nadiren bulundukları ve düşük sıcaklıktaki değişim süreçleriyle oluştukları bilinmektedir. Allende CAI kapanımının spektrumunda, spektroskopik olarak nefelin, 10,3 μm (971 cm^{-1})'de güçlü bir bant ve 21,2 μm (472 cm^{-1})'de neredeyse eşit derecede güçlü bir bant ile karakterize edilmektedir. Her iki bandın da hem Allende CAI kapanımının spektrumunda hem de diyopsit spektrumunda mevcut olduğu, ancak diyopsit spektrumunda komşu 9,3 μm (1075 cm^{-1}), 11,4 μm (877 cm^{-1}) ve 19,5 μm (513 cm^{-1}) özelliklerine göre yoğunluklarının toplam spektrum ile karşılaştırıldığında çok düşük kaldığı bildirilmiştir. Dolayısıyla nefelin içeren Allende CAI kapanımın spektrumunun uyumu, mineralojik bileşime uygun olarak çok daha iyi bir uyum sağlamaktadır. Spinel, esas olarak 14,9 μm (671 cm^{-1})'lik pikten sorumludur, ancak aynı zamanda 19 μm (526 cm^{-1})'lik banda da katkıda bulunmaktadır (Posch et al., 2007).

Kebukawa et al., (2019) tarafından Kaba kondritinin üzerine $7800\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ spektral aralıkta yapılan FTIR çalışması sonucunda, Si-O silikatların gerilme modları $\sim 1000\text{ cm}^{-1}$, sulu silikatlarda O-H 3685 cm^{-1} , sulu silikatların yapısal ve/veya soğurulmuş H_2O değerleri $\sim 1640\text{ cm}^{-1}$ ve $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$, karbonatların CO_3 değeri $\sim 1435\text{ cm}^{-1}$ ve alifatik CH gerilme modları 2860 cm^{-1} , 2930 cm^{-1} , 2960 cm^{-1} olarak rapor edilmiştir.

Beck et al., (2014) tarafından çeşitli karbonlu kondritler üzerine yapılan IR (2-25 μm) çalışmasında, silikatlar ve fillosilikatların IR spektrumları ile bant pozisyonları rapor edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, ojit için 9,32 μm ($\sim 1073\text{ cm}^{-1}$), 11,1 μm (901 cm^{-1}), 15,6 μm (641 cm^{-1}), 19,5 μm (513 cm^{-1}), 20,9 μm (478 cm^{-1}), enstatit için 9,35 μm ($\sim 1070\text{ cm}^{-1}$), 10,68 μm (936 cm^{-1}), 11,67 μm (857 cm^{-1}), 15,47 μm (646 cm^{-1}), 19,7 μm (508 cm^{-1}), 22,1 (453 cm^{-1}), olivin (Fo_{91}) için 10,06 (943 cm^{-1}), 11,24 μm ($\sim 890\text{ cm}^{-1}$), 11,92 μm ($\sim 839\text{ cm}^{-1}$), 16,4 μm

($\sim 610 \text{ cm}^{-1}$), $19,5 \text{ }\mu\text{m}$ (513 cm^{-1}), $23,8 \text{ }\mu\text{m}$ (420 cm^{-1}), olivin (Fo_{66}) için $10,22 \text{ }\mu\text{m}$ (978 cm^{-1}), $11,97 \text{ }\mu\text{m}$ (835 cm^{-1}), $16,8 \text{ }\mu\text{m}$ (595 cm^{-1}), $19 \text{ }\mu\text{m}$ (526 cm^{-1}), $20,2 \text{ }\mu\text{m}$ (495 cm^{-1}), olivin (Fo_{01}) için $10,53 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 950 \text{ cm}^{-1}$), $11,44 \text{ }\mu\text{m}$ (874 cm^{-1}), $12,08 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 828 \text{ cm}^{-1}$), $17,7 \text{ }\mu\text{m}$ (565 cm^{-1}), $19,7 \text{ }\mu\text{m}$ (508 cm^{-1}), $21,0 \text{ }\mu\text{m}$ (476 cm^{-1}), albit için $8,67 \text{ }\mu\text{m}$ (1153 cm^{-1}), $10,06 \text{ }\mu\text{m}$ (994 cm^{-1}), $16,94 \text{ }\mu\text{m}$ (590 cm^{-1}), $23,3 \text{ }\mu\text{m}$ (429 cm^{-1}), anortit için $8,70 \text{ }\mu\text{m}$ (1149 cm^{-1}), $10,70 \text{ }\mu\text{m}$ (935 cm^{-1}), greenalite için $9,20 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 1087 \text{ cm}^{-1}$), antigorit için $9,35 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 1070 \text{ cm}^{-1}$), $10,12 \text{ }\mu\text{m}$ (988 cm^{-1}), $15,9 \text{ }\mu\text{m}$ (629 cm^{-1}), $17,7 \text{ }\mu\text{m}$ (565 cm^{-1}), $22,1 \text{ }\mu\text{m}$ (452 cm^{-1}), lizardit için $9,26 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 1080 \text{ cm}^{-1}$), $10,47 \text{ }\mu\text{m}$ (955 cm^{-1}), $16,2 \text{ }\mu\text{m}$ (617 cm^{-1}), $17,4 \text{ }\mu\text{m}$ (575 cm^{-1}), $22,7 \text{ }\mu\text{m}$ (441 cm^{-1}), krizotil için $9,20 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 1087 \text{ cm}^{-1}$), $9,81 \text{ }\mu\text{m}$ (1019 cm^{-1}), $10,39 \text{ }\mu\text{m}$ (962 cm^{-1}), $15,2 \text{ }\mu\text{m}$ (658 cm^{-1}), $16,5 \text{ }\mu\text{m}$ (606 cm^{-1}), $18,0 \text{ }\mu\text{m}$ (556 cm^{-1}), $23,0 \text{ }\mu\text{m}$ (435 cm^{-1}), saponit için $9,97 \text{ }\mu\text{m}$ (1003 cm^{-1}), $14,4 \text{ }\mu\text{m}$ (694 cm^{-1}), $15,1 \text{ }\mu\text{m}$ (662 cm^{-1}), $21,6 \text{ }\mu\text{m}$ (463 cm^{-1}), $22,5 \text{ }\mu\text{m}$ (444 cm^{-1}), krostedit içinse $10,70 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 935 \text{ cm}^{-1}$) olarak tanımlanmıştır (Beck et al., 2014).

Bishop et al., (2014) tarafından gerçekleştirilen, Ca-sülfat minerallerinin (jips, anhidrit ve bassanit) spektral (orta-IR) özelliklerine ilişkin çalışması sonucunda, anhidrit $5,91 \text{ }\mu\text{m}$ (1693 cm^{-1} - H_2O bükülme), $6,16 \text{ }\mu\text{m}$ (1623 cm^{-1} - H_2O bükülme), $6,47 \text{ }\mu\text{m}$ (1545 cm^{-1} - H_2O bükülme), $8,35 \text{ }\mu\text{m}$ (1197 cm^{-1}), $8,65 \text{ }\mu\text{m}$ (1156 cm^{-1}), $9,85 \text{ }\mu\text{m}$ (1015 cm^{-1}), $14,6 \text{ }\mu\text{m}$ (687 cm^{-1}), $16,2 \text{ }\mu\text{m}$ (619 cm^{-1}), $16,8 \text{ }\mu\text{m}$ (517 cm^{-1}) ve $19,6 \text{ }\mu\text{m}$ (510 cm^{-1}), $37,6 \text{ }\mu\text{m}$ (266 cm^{-1}), bassanit $5,94 \text{ }\mu\text{m}$ (1684 cm^{-1} - H_2O bükülme), $6,14 \text{ }\mu\text{m}$ (1628 cm^{-1} - H_2O bükülme), $6,67 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 1500 \text{ cm}^{-1}$ - H_2O bükülme), $8,55 \text{ }\mu\text{m}$ (1169 cm^{-1}), $8,64 \text{ }\mu\text{m}$ (1157 cm^{-1}), $9,88 \text{ }\mu\text{m}$ (1012 cm^{-1}), $15,1 \text{ }\mu\text{m}$ (663 cm^{-1}), $16,7 \text{ }\mu\text{m}$ (598 cm^{-1}), $20,4 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 490 \text{ cm}^{-1}$), $41,7 \text{ }\mu\text{m}$ (240 cm^{-1}), $44,4 \text{ }\mu\text{m}$ (225 cm^{-1}), jips $5,95 \text{ }\mu\text{m}$ (1681 cm^{-1} - H_2O bükülme), $6,13 \text{ }\mu\text{m}$ (1630 cm^{-1} - H_2O bükülme), $6,54 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 1530 \text{ cm}^{-1}$ - H_2O bükülme), $8,37 \text{ }\mu\text{m}$ (1195 cm^{-1}), $8,67 \text{ }\mu\text{m}$ (1154 cm^{-1}), $9,95 \text{ }\mu\text{m}$ (1005 cm^{-1}), $14,9 \text{ }\mu\text{m}$ (673 cm^{-1}), $16,6 \text{ }\mu\text{m}$ (604 cm^{-1}), $21,3 \text{ }\mu\text{m}$ ($\sim 470 \text{ cm}^{-1}$) olarak bildirilmiştir (Bishop et al., 2014).

Bu çalışmalara ek olarak, bir karbonlu asteroit olan Ryugu asteroitinin numunelerinin üzerine yapılan MIR ($4000\text{-}700 \text{ cm}^{-1}$) ve FIR ($700\text{-}100 \text{ cm}^{-1}$) analizleri sonucunda, fillosilikat spektrumları serpantin (980 cm^{-1} ; 973 cm^{-1} ; 950 cm^{-1}) ve saponit (1030 cm^{-1} ; 1024 cm^{-1}) karışımlarının varlığını ortaya koymuştur. A0108-15 örneğinin IR spektrumu karbonatları ve opakları (manyetit ve/veya Fe-

sülfatlar) göstermektedir. Ayrıca, OH gerilmesi ($3000-3700\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde), CH gerilmesi, C=O karbonil gerilmesi, OH bükülmesi (1640 cm^{-1} civarında), aromatik C=C bükülmesi, karbonatlar ve silikatların varlığı da IR analizleri sonucunda rapor edilmiştir. Ryugu fillosilikatlarında, yaklaşık 3700 cm^{-1} 'deki OH nispeten keskin hidroksil grubuna ek olarak, kaydedilen spektrumların bazıları, ara katman suyu için yaklaşık 3300 cm^{-1} 'de ortalananmış geniş bir bant göstermiştir. Asimetrik CH_3 gerilme modu ($\sim 2960\text{ cm}^{-1}$), asimetrik CH_2 gerilmesi ve omuzu ($\sim 2920-2900\text{ cm}^{-1}$) ve aynı grupların simetrik gerilmeleri ($\sim 2880-2850\text{ cm}^{-1}$) olarak tanımlanmıştır. Ryugu asteroiti numuneleri üzerine yapılan IR analizleri sonucunda elde edilen pik pozisyonları, OH gerilme bandı için 3400 cm^{-1} ve OH bükülme için 1640 cm^{-1} olarak tanımlanmıştır. Organikler ise 2960 cm^{-1} , 2925 cm^{-1} , 2876 cm^{-1} , 2855 cm^{-1} olarak rapor edilmiştir. Ortalama alifatik CH bandı, C=O gerilmesi 1710 cm^{-1} (keton) ve aromatik C=C gerilmesi 1600 cm^{-1} (IOM ve PAH) olarak tanımlanmıştır. Karbonatlar grubu minerali olan dolomit için 1442 cm^{-1} ($1700-1200\text{ cm}^{-1}$ arasında), 880 cm^{-1} ($940-820\text{ cm}^{-1}$ arasında) ve 730 cm^{-1} ($780-680\text{ cm}^{-1}$ arasında), manyezit için 1444 cm^{-1} ($1700-1200\text{ cm}^{-1}$ arasında), 876 cm^{-1} ($940-820\text{ cm}^{-1}$ arasında) ve 748 cm^{-1} ($800-690\text{ cm}^{-1}$ arasında) ve kalsit için 1408 cm^{-1} ($1700-1200\text{ cm}^{-1}$ arasında), 872 cm^{-1} ($940-820\text{ cm}^{-1}$ arasında), 712 cm^{-1} ($750-670\text{ cm}^{-1}$ arasında) olarak bildirilmiştir. Serpantin 980 cm^{-1} , 973 cm^{-1} ve 950 cm^{-1} ve saponit ise 1030 cm^{-1} ve 1024 cm^{-1} ($1250-800\text{ cm}^{-1}$ arasında) olarak tanımlanmıştır (Dartois et al., 2023).

CV3 meteoritlerine ait yukarıda bahsedilen literatürdeki tüm bu veriler dikkate alınarak, NWA 5508 (CV3) kondriti örneğine ait IR spektrumları tek tek incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, Şekil 4.4.3'te verilen Alan 1'e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 804 , 852 , 974 , 1020 cm^{-1} 'deki bantlar melilit, 710 cm^{-1} 'deki bant ise spinel ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020). 621 cm^{-1} 'deki bant Ca-sülfat ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Alan 1'in IR spektrumunun 636 , 914 , 974 ve 1072 cm^{-1} 'deki bantların varlığı ile Ca-zengini piroksen bakımından zengin olduğunu görülmüş ve bu piroksen 636 , 665 , 914 , 974 ve 1072 cm^{-1} 'deki bantların varlığı ile diyopsit olarak tanımlanmıştır (Morlok et al., 2008; Morlok et al., 2020). Alan 1'in ortalaması alınmış IR spektrumunda, 665 ve 974 cm^{-1} 'deki piroksen bandı sodalit özelliğiyle örtüşmektedir. Ek olarak, 974 cm^{-1} 'deki özellik nefelin ve serpantin (fillosilikat) özelliğiyle örtüşmektedir

(Dartois et al., 2023). 1142, 1855, 2071 ve 2250 cm^{-1} 'deki bantlar ise anortit ile ilişkilendirilmiştir (Beck et al., 2014; Skulteti et al., 2020a). 1444 cm^{-1} 'deki bant ise karbonatlar ile ilişkilendirilmiştir. 1444 cm^{-1} 'deki özellik karbonatlar grubu mineralleri olan manyezit veya dolomit bandı olabilir (Dartois et al., 2023). Ayrıca, 2850, 2918, 2947 ve 2979 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3207 cm^{-1} 'deki bant O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Kebukawa et al., 2019; Dartois et al., 2023). 2339 ve 2360 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.6'da verilen Alan 2'ye ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 827, 875 ve 1695 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 669 ve 1009 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 648 ve 729 cm^{-1} 'deki bantlar feldispat (anortit) ile ilişkilendirilmiştir (Skulteti et al., 2020a). 1171 cm^{-1} 'deki bant Ca-sülfat, 1541 cm^{-1} 'deki bant ise Ca-sülfattaki H_2O bükülme ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Ayrıca, 1431 cm^{-1} 'deki bant karbonatlar, 2848, 2893, 2916 ve 2956 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi) ile ilişkilendirilmiştir (Posch et al., 2007; Dirri et al., 2017; Kebukawa et al., 2019; Dartois et al., 2023). 2341 ve 2362 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.9'da verilen Alan 3'e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 831, 875 ve 1695 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 656, 669, 904, 933 ve 1010 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 712 ve 746 cm^{-1} 'deki bantlar ise spinel ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a). 1169 cm^{-1} 'deki bant Ca-sülfat, 1541 cm^{-1} 'deki bant ise Ca-sülfattaki H_2O bükülme ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Ayrıca, 1431 cm^{-1} 'deki bant karbonatlar, 2848, 2916 ve 2952 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi) ile ilişkilendirilmiştir (Posch et al., 2007; Dirri et al., 2017; Kebukawa et al., 2019; Dartois et al., 2023). 2337 ve 2362 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.12’de verilen Alan 4’e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 827, 875 ve 1697 cm^{-1} ’deki bantlar olivin, 656, 669 ve 1009 cm^{-1} ’deki bantlar piroksen, 712 ve 750 cm^{-1} ’deki bantlar spinel, 727 cm^{-1} ’deki bant ise feldispat (anortit) ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). 1171 cm^{-1} ’deki bant Ca-sülfat, 1541 cm^{-1} ’deki bant ise Ca-sülfattaki H_2O bükülme ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Ayrıca, 1425 cm^{-1} ’deki bant karbonatlar, 2848, 2893, 2916 ve 2958 cm^{-1} ’deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi) ile ilişkilendirilmiştir (Posch et al., 2007; Dirri et al., 2017; Kebukawa et al., 2019; Dartois et al., 2023). 2337 ve 2360 cm^{-1} ’deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.15’te verilen Alan 5’e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 823 ve 872 cm^{-1} ’deki bantlar olivin, 654, 669, 901 ve 1007 cm^{-1} ’deki bantlar piroksen, 712 ve 746 cm^{-1} ’deki bantlar spinel, 727 cm^{-1} ’deki bant feldispat (anortit) ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). Ayrıca, 712, 872 ve 1415 cm^{-1} ’deki bantlar karbonatlar grubu minerali olan kalsit ile ilişkilendirilmiştir (Dartois et al., 2023). 1169 cm^{-1} ’deki bant Ca-sülfat, 1539 ve 1685 cm^{-1} ’deki bant ise Ca-sülfattaki H_2O bükülme ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Alan 5’in ortalaması alınmış IR spektrumunda, 712 cm^{-1} ’deki spinel bandı ve 872 cm^{-1} ’deki olivin bandı kalsit özelliğiyle örtüşmektedir. Ayrıca, 2846, 2891, 2916 ve 2952 cm^{-1} ’deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi) ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2337 ve 2360 cm^{-1} ’deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.18’de verilen Alan 6’ya ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 829, 879, 960 ve 1697 cm^{-1} ’deki bantlar olivin, 669, 929, 1010 ve 1074 cm^{-1} ’deki bantlar piroksen, 721 ve 2152 cm^{-1} ’deki bantlar feldispat (anortit) ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a). 1174 cm^{-1} ’deki bant Ca-sülfatlar, 1541 cm^{-1} ’deki bant ise Ca-sülfattaki H_2O bükülme ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Ayrıca, 2848, 2916 ve 2952 cm^{-1} ’deki

bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3062, 3313, 3552 ve 3784 cm^{-1} 'deki bantlar O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2339 ve 2362 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.21'de verilen Alan 7'ye ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 827, 875, 962 ve 1695 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 669, 929, 1009 ve 1080 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 648, 721, 1857 ve 2133 cm^{-1} 'deki bantlar plajiyoklaz feldispat (anortit) ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a). 1541 cm^{-1} 'deki bant ise Ca-sülfattaki H_2O bükülme ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Ayrıca, 875 ve 1414 cm^{-1} 'deki bantlar karbonatlar grubu minerali olan kalsit ile ilişkilendirilmiştir (Dartois et al., 2023). Alan 7'nin ortalaması alınmış IR spektrumunda, 875 cm^{-1} 'deki olivin bandı kalsit özelliğiyle örtüşmektedir. Ayrıca, 2848, 2918 ve 2959 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3064, 3323, 3550 ve 3780 cm^{-1} 'deki bantlar O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2341 ve 2360 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.24'te verilen Alan 8'e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 833 ve 1695 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 667, 906, 933 ve 2214 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 746 cm^{-1} 'deki bant spinel, 983 cm^{-1} 'deki bant sodalit, 1032 cm^{-1} 'deki bant ise nefelin ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a). Ek olarak, 983 cm^{-1} 'deki sodalit bandı serpantin (fillosilikat), 1032 cm^{-1} 'deki nefelin bandı ise saponit (fillosilikat) ile örtüşmektedir (Dartois et al., 2023). 625 ve 1171 cm^{-1} 'deki bantlar Ca-sülfat ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). 1408 cm^{-1} 'deki bant ise karbonatlar (kalsit) ile ilişkilendirilmiştir (Dartois et al., 2023). Ayrıca, 2848, 2893, 2916 ve 2947 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3057 ve 3319 cm^{-1} 'deki bantlar O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2339 ve 2360 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et

al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.27’de verilen Alan 9’a ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 827, 874 ve 962 cm^{-1} ’deki bantlar olivin, 669, 690, 929 ve 1080 cm^{-1} ’deki bantlar piroksen, 2085 cm^{-1} ’deki bant ise albit ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a). 1171 cm^{-1} ’deki bant Ca-sülfat ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Ayrıca, 2848, 2895, 2916 ve 2954 cm^{-1} ’deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3043 cm^{-1} ’deki bant O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2341 ve 2362 cm^{-1} ’deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.30’da verilen Alan 10’a ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 827, 874, 962 ve 1697 cm^{-1} ’deki bantlar olivin, 669, 688, 929 ve 1078 cm^{-1} ’deki bantlar piroksen, 1095 cm^{-1} ’deki bant feldispat, 2087 cm^{-1} ’deki bant ise albit ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). 1171 cm^{-1} ’deki bant Ca-sülfat ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). 1444 cm^{-1} ’deki bant ise karbonatlar ile ilişkilendirilmiştir. 1444 cm^{-1} ’deki özellik manyezit veya dolomit bandı olabilir (Kebukawa et al., 2019; Dartois et al., 2023). Ayrıca, 2846, 2916 ve 2952 cm^{-1} ’deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3055 cm^{-1} ’deki bant O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2343 ve 2360 cm^{-1} ’deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.33’te verilen Alan 11’e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 831, 874 ve 960 cm^{-1} ’deki pikler olivin, 677, 735, 895, 926 ve 1007 cm^{-1} ’deki pikler piroksen, 648 ve 723 cm^{-1} ’deki bantlar feldispat (anortit) ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a). 1088 cm^{-1} ’deki bant ise fillosilikatlar ile ilişkilendirilmiştir. 1088 cm^{-1} ’deki özellik greenalite veya krizotil bandı olabilir (Beck et al., 2014). Alan 11’in ortalaması alınmış IR

spektrumunda, 926 cm^{-1} 'deki piroksen bandı anortit-benzeri özelliğiyle örtüşmektedir. Ayrıca, 2848 , 2920 ve 2952 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3078 ve 3321 cm^{-1} 'deki bantlar O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2349 cm^{-1} 'deki bant ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.36'da verilen Alan 12'ye ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 831 , 874 ve 960 cm^{-1} 'deki pikler olivin, 681 , 733 , 895 , 1007 ve 2222 cm^{-1} 'deki pikler piroksen, 648 ve 721 cm^{-1} 'deki pikler feldispat (anortit), 920 cm^{-1} 'deki bant anortit-benzeri, 1093 cm^{-1} 'deki bant ise feldispat ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). Ayrıca, 2852 ve 2923 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi) ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2337 ve 2349 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.39'da verilen Alan 13'e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 833 , 875 ve 958 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 671 , 735 , 893 ve 1007 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 633 cm^{-1} 'deki bant Ca-zengini piroksen, 648 ve 721 cm^{-1} 'deki bantlar feldispat (anortit), 922 cm^{-1} 'deki bant anortit-benzeri, 671 , 893 ve 1072 cm^{-1} 'deki bantlar diyopsit ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2008; Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). 1172 cm^{-1} 'deki bant ise Ca-sülfat ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Ayrıca, 2850 , 2918 ve 2954 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3020 ve 3074 cm^{-1} 'deki bantlar O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2335 ve 2349 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.42'de verilen Alan 14'e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 833 , 872 , 966 ve 1045 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 692 , 735 , 897 ve

1010 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 642 ve 723 cm^{-1} 'deki bantlar feldispat (anortit), 922 cm^{-1} 'deki bant ise anortit-benzeri ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). 1088 cm^{-1} 'deki bant ise fillosilikatlar ile ilişkilendirilmiştir. 1088 cm^{-1} 'deki özellik greenalite veya krizotil bandı olabilir (Beck et al., 2014). Ayrıca, 2850, 2918 ve 2954 cm^{-1} 'deki bantlar organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3020 ve 3043 cm^{-1} 'deki bantlar O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2335 ve 2349 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.45'te verilen Alan 15'e ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 835, 874, 980 ve 1043 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 679, 895 ve 1012 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 721 ve 2158 cm^{-1} 'deki bantlar anortit, 1099 cm^{-1} 'deki bant feldispat, 920 cm^{-1} 'deki bant anortit-benzeri, 980 cm^{-1} 'deki bant ise sodalit ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). 619 cm^{-1} 'deki bant Ca-sülfat ile ilişkilendirilmiştir (Bishop et al., 2014). Ek olarak, 980 cm^{-1} 'deki sodalit bandı serpantin (fillosilikat) özelliği ile örtüşmektedir (Dartois et al., 2023). Ayrıca, 2848, 2918 ve 2958 cm^{-1} 'deki pikler organikler (alifatik C-H gerilmesi), 3076 cm^{-1} 'deki bant O-H soğurma bandı ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2337 ve 2349 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.48'de verilen Alan 16'ya ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 835, 955 ve 1057 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 891, 926 ve 1010 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 980 cm^{-1} 'deki bant sodalit, 723 ve 2110 cm^{-1} 'deki bantlar anortit, 926 cm^{-1} 'deki pik anortit-benzeri ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). Alan 16'nın ortalaması alınmış IR spektrumunda, 926 cm^{-1} 'deki piroksen anortit-benzeri özelliğiyle örtüşmektedir. Ek olarak, 955 cm^{-1} 'deki olivin bandı serpantin (fillosilikat) özelliği ile örtüşmektedir (Dartois et al., 2023). Ayrıca, 2848, 2918 ve 2956 cm^{-1} 'deki pikler organikler (alifatik C-H gerilmesi) ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017;

Dartois et al., 2023). 2337 ve 2349 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Şekil 4.4.51'de verilen katı meteorit örneğine ait ortalaması alınan IR spektrumu incelendiğinde, 833, 874 ve 956 cm^{-1} 'deki bantlar olivin, 681, 737, 897 ve 1010 cm^{-1} 'deki bantlar piroksen, 650 ve 721 cm^{-1} 'deki bantlar feldispat (anortit), 1093 cm^{-1} 'deki bant feldispat ile ilişkilendirilmiştir (Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a; Skulteti et al., 2020b). Ek olarak, 956 cm^{-1} 'deki olivin bandı serpantin (fillosilikat) özelliği ile örtüşmektedir (Dartois et al., 2023). Ayrıca, 2850, 2893, 2920 ve 2947 cm^{-1} 'deki pikler organikler (alifatik C-H gerilmesi) ile ilişkilendirilmiştir (Dirri et al., 2017; Dartois et al., 2023). 2335 ve 2349 cm^{-1} 'deki bantlar ise atmosferik CO_2 ile ilişkilendirilmiştir (Murae, 1994; Trigo-Rodríguez et al., 2014). Elde ettiğimiz bu bulguların literatürde belirtilen bantlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Bütün bu sonuçlar gözden geçirildiğinde, NWA 5508 (CV3) kondrit örneğinin farklı bölgelerinden elde edilen IR spektrumları, meteoritte başlıca olivin, piroksen ve anortit mineralleri olmak üzere, diyopsit, sodalit, albit, melilit, spinel, nefelin, kalsit, karbonatlar (manezit veya dolomit), fillosilikatlar (greenalite ve/veya krizotil), saponit, serpantin ve Ca-sülfat minerallerinin varlığını göstermiştir ve bu sonuçlar literatür ile uyumludur.

Ek olarak, yansıma (IR) spektroskopisi analizleri sonucunda, NWA 5508 (CV3) kondritinin farklı alanlarından elde edilen çeşitli spektrumlarda, tanımlanamayan bantlar mevcuttur. Spektrumlardaki bu bantlar organik bazı minerallerin varlığı olabileceği gibi olası bir kontaminasyon kaynaklı da olabilmektedir. Bu bantların kaynaklarının belirlenebilmesi için daha fazla analize gereksinim vardır. Tanımlanamayan IR bant değerleri, Tablo 5.5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.5.1 NWA 5508 (CV3) kondritinin IR spektrumlarında tanımlamayan bant değerleri.

IR Alan	Bant Değerleri (cm ⁻¹)
1	756, 1244, 1282, 2482, 2704, 2810
2	1219, 1377, 1575
3	1575
4	1221, 1575
5	1219, 1574
6	768, 1575, 2601
7	766, 1577, 2603
8	1219, 1379, 1574, 1830, 2683
9	771, 1221, 2272, 2474, 2652
10	771, 1213, 1579, 2268, 2463, 2653
11	777, 1215, 2283, 2609
12	1205
13	783, 2576
14	1205, 2285, 2536, 2756
15	768, 1246, 1277
16	766, 2281, 2455, 2634

Morlok et al., (2020) tarafından Allende meteoritinin katı toz örneği üzerine yapılan IR çalışmasında saydamlık, Christiansen ve Reststrahlen bant özellikleri sırasıyla, 12,6 μm (793 cm^{-1}), 9,2 μm ile 9,3 μm (1087-1075 cm^{-1}) arasında, 11,1 μm (901 cm^{-1}) ve 11,3 μm (885 cm^{-1})’de tanımlanmıştır. 11,3 μm (885 cm^{-1})’de yoğun özellik gösteren Reststrahlen bandının 10,8 μm (926 cm^{-1})’de bir omuz olarak oluştuğu bildirilmiştir. Numunenin tane boyutu Reststrahlen bant özelliklerini etkiler. Tane boyutu arttıkça yansıma azalır ve soğurma bantları zayıflar. 11,1 (901 cm^{-1}) ve 11,3 μm (885 cm^{-1})’de tanımlanan Reststrahlen bant özellikleri sırasıyla, daha büyük tane boyutu fraksiyonuna ve daha küçük tane boyutu fraksiyonuna (<25 μm) sahip örnekler için verilmiştir. Minor (daha az yoğun) Reststrahlen bant özellikleri ise 8,9 μm -9,0 μm (1124-1111 cm^{-1}), 9,6 μm -9,7 μm (1042-1031 cm^{-1}), 10,3 μm -10,4 μm (971-962 cm^{-1}), 12 μm (833 cm^{-1}) ve 16,4 μm -16,7 μm (610-599 cm^{-1}) olarak tanımlanmıştır. Ek olarak, en ince tane boyutu fraksiyonunun özellikleri, Christiansen özelliği 9,2 μm (1087 cm^{-1})’de ve saydamlık özelliği 12,7 μm (787 cm^{-1})’de olan Allende meteoritinin <45 μm boyutlu fraksiyonuna ilişkin daha önceki bir RELAB çalışmasına çok benzediği bildirilmiştir. Reststrahlen bant özellikleri ise 9,6 μm (1042 cm^{-1}) ve 10,3 μm (971 cm^{-1})’dedir. Ayrıca, Allende levhasının RELAB spektrumunun 8,5 μm (1176 cm^{-1})’de Christiansen özelliğine, 11 μm (909 cm^{-1})’de en güçlü Reststrahlen bant

özelliğine ve $9,7 \mu\text{m}$ (1031 cm^{-1})’de, $10,3 \mu\text{m}$ (971 cm^{-1})’de ve $12 \mu\text{m}$ (833 cm^{-1})’de küçük özelliklere sahip olduğu rapor edilmiştir. Ek olarak, Christiansen özelliği, silikatlar durumunda, yaklaşık 1100 cm^{-1} ile 1300 cm^{-1} ($7,5\text{-}9 \mu\text{m}$) arasında minimum yansıma olarak görülmektedir. Reststrahlen bantları, yaklaşık 1120 cm^{-1} ile 850 cm^{-1} ($8,5\text{-}12 \mu\text{m}$) arasında görülmektedir ve olivinin Reststrahlen bantları $9 \mu\text{m}$ ile $11,5 \mu\text{m}$ ($1111\text{-}870 \text{ cm}^{-1}$) arasında bulunmaktadır. Reststrahlen bantları, yaklaşık 750 cm^{-1} ile 300 cm^{-1} ($16,5\text{-}25 \mu\text{m}$) civarında zayıftır. Saydamlık özelliği, silikat parçacıklarının spektrumunda iki Reststrahlen bandı arasında geniş bir yansıma maksimumu olarak görünür ve olivinin saydamlık özelliği yaklaşık $12\text{-}15 \mu\text{m}$ ($833\text{-}667 \text{ cm}^{-1}$) arasında bulunur (Salisbury et al., 1987; Salisbury and Walter, 1989; Cloutis et al., 2013; Skulteti et al., 2020a, 2020b). Dirri et al., (2018) tarafından yapılan $\mu\text{-IR}$ çalışmasında, NWA 2086 (CV3) meteoriti için Christiansen özelliği, kondrüller için $8,2 \mu\text{m}$ (1220 cm^{-1}), çeper için $9,3 \mu\text{m}$ (1075 cm^{-1}) ve matris bölgeleri için $9,3 \mu\text{m}$ (1075 cm^{-1}) ve $9,4 \mu\text{m}$ (1064 cm^{-1}) olarak bildirilmiştir. Bütün bu veriler göz önüne alınarak, NWA 5508 (CV3) kondritine ait IR spektrumlarının Reststrahlen bantları, Christiansen ve saydamlık özelliği incelenmiştir.

IR Alan 1’in $2000\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$ IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1142 cm^{-1} ’de Christiansen özelliği, 974 cm^{-1} ’de Reststrahlen bandı görülmüştür. Bu piroksen, melilit, nefelin, sodalit ve serpantin bantıdır. IR Alan 2’nin $2000\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$ IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1171 cm^{-1} ’de Christiansen özelliği, 827 ve 875 cm^{-1} ’de Reststrahlen bandı görülmüştür. Bunlar olivin bantlarıdır. IR Alan 3’ün $2000\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$ IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1169 cm^{-1} ’de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 831 , 875 ve 904 cm^{-1} ’de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin ve piroksen bantlarıdır. IR Alan 4’ün $2000\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$ IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1171 cm^{-1} ’de Christiansen özelliği, 827 ve 875 cm^{-1} ’de ise Reststrahlen bandı görülmüştür. Bunlar olivin bantlarıdır. IR Alan 5’in $2000\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$ IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1169 cm^{-1} ’de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 823 cm^{-1} , 872 cm^{-1} ve 901 cm^{-1} ’de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin ve piroksen bantlarıdır. IR Alan 6’nın $2000\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$ IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1174 cm^{-1} ’de

Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 829, 879, 929 ve 960 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin ve piroksen bantlarıdır. IR Alan 7'nin 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1080 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 827, 875, 929 ve 962 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin ve piroksen bantlarıdır. IR Alan 8'in 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, 791 cm^{-1} 'de saydamlık özelliği, 1171 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 833, 906 ve 1032 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin, piroksen ve nefelin bantlarıdır. IR Alan 9'un 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1080 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği olduğu görülmüştür. Ayrıca, 827, 874, 929 ve 962 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin ve piroksen bantlarıdır. IR Alan 10'nun 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1171 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 827, 874, 929 ve 962 cm^{-1} 'de ise Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin ve piroksen bantlarıdır. IR Alan 11'in 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1088 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 831, 874, 895, 926 ve 960 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin, piroksen ve anortit-benzeri bantlarıdır. IR Alan 12'nin 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1093 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 831, 874, 895, 920 ve 960 cm^{-1} 'de ise Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin, piroksen ve anortit-benzeri bantlarıdır. IR Alan 13'ün 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1172 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 833, 875, 893, 922 ve 958 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin, piroksen ve anortit-benzeri bantlarıdır. IR Alan 14'ün 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, 1088 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 833, 897, 922, 966 ve 1045 cm^{-1} 'de ise Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin, piroksen ve anortit-benzeri bantlarıdır. IR Alan 15'in 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, Christiansen özelliğinin ise tam olarak ayırt edilemediği görülmüştür. Ayrıca, 835, 895, 920 ve 1043 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin, piroksen ve anortit-benzeri bantlarıdır. IR Alan 16'nın 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında, saydamlık özelliğinin olmadığı, Christiansen özelliğinin ise tam olarak ayırt

edilemediği görülmüştür. Ayrıca, 835, 891, 926, 955 ve 1057 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin, piroksen, anortit-benzeri ve serpantin bantlarıdır. Katı örneğin 2000-500 cm^{-1} IR spektrumuna bakıldığında ise saydamlık özelliğinin olmadığı, 1093 cm^{-1} 'de Christiansen özelliği görülmüştür. Ayrıca, 833, 874, 897 ve 956 cm^{-1} 'de Reststrahlen bantları görülmüştür. Bunlar olivin, piroksen ve serpantin bantlarıdır.

NWA 5508 (CV3) kondritinde saydamlık özelliği, en ince tane boyutunda, Alan 8, 15 ve 16'ya ait IR spektrumlarında (sırasıyla, 791, 796 ve 794 cm^{-1}) görülmüştür (Şekil 4.4.23, 4.4.45 ve 4.4.48). Reststrahlen bantları başlıca olivin ve piroksen bantları olmak üzere silikat minerallerini vermektedir. Christiansen özelliği Morlok et al., (2020) çalışmasında Allende (CV3) meteoriti için tanımlanan değerler, Allende'nin RELAB spektrumunun verileri ve Dirri et al., (2018) çalışmasında NWA 2086 (CV3) meteoriti için tanımlanan değerler ile uyumludur. NWA 5508 (CV3) kondritinin IR spektrumlarından elde edilen Christiansen ve saydamlık özelliği ile Reststrahlen bant değerleri, Tablo 5.5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.5.2 NWA 5508 (CV3) kondritinin IR spektrumlarından elde edilen Christiansen ve saydamlık özelliği ile Reststrahlen bant değerleri.

IR Alan	Christiansen özelliği (cm^{-1})	Saydamlık özelliği (cm^{-1})	Reststrahlen bandı (cm^{-1})
1	1142	---	974
2	1171	---	827, 875
3	1169	---	831, 875, 904
4	1171	---	827, 875
5	1169	---	823, 872, 901
6	1174	---	829, 879, 929, 960
7	1080	---	827, 875, 929, 962
8	1171	791	833, 906, 1032
9	1080	---	827, 874, 929, 962
10	1171	---	827, 874, 929, 962
11	1088	---	831, 874, 895, 926, 960
12	1093	---	831, 874, 895, 920, 960
13	1172	---	833, 875, 893, 922, 958
14	1088	---	833, 897, 922, 966, 1045
15	---	796	835, 895, 920, 1043
16	---	794	835, 891, 926, 955, 1057
Katı	1093	---	833, 874, 897, 956

Ek olarak, karbonlu meteoritlerin IR çalışmalarına ait literatür verileri ile bu çalışma kapsamında NWA 5508 (CV3) kondriti üzerinden elde edilen IR verileri, Tablo 5.5.3’de özetlenerek Ek 10’da verilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karbon, Güneş Sistemi’ndeki en temel ve bol miktarda bulunan elementlerden biridir. Ancak aynı zamanda karbonlu kondritlerin de temel bileşenlerinden biridir. Karbonlu kondritler, ilkel ve nadir oldukları için önemli uzay malzemeleridir. Bir karbonlu kondrit olan Vigarano tipi NWA 5508 meteoriti bol miktarda CAI (Kalsiyum-Alüminyum) kapanımları ve kondrüller içermektedir. Vigarano tipi karbonlu kondritler (CV3), dirençli (sıcaklığa dayanıklı) kapanımların (CAI’lar) varlığından dolayı çok önemlidirler. CAI’lar, erken Güneş Sistemi’nde olayların meydana geldiği zaman ve çevresel koşullar hakkında bilgi sağlayan yapılardır. CAI kapanımları, melilit (Kalsiyum-Alüminyum oksit), spinel (Magnezyum-Alüminyum oksit) ve anortit (Kalsiyum-Alüminyum silikat) gibi yüksek sıcaklığa dirençli oksitlerden ve silikatlardan oluşan karmaşık bir mineralojiye sahiptir. Bu kapanımlar, güneş nebulasında (bulutsu) oluşur ve tüm CV3 kondritlerinde de belirgin şekilde bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında analiz edilen NWA 5508 karbonlu meteorit örneği, yaklaşık 19,34 gr’lık bir kütle ve bol miktarda CAI kapanımları ile çeşitli kondrül yapılarından oluşan karanlık, opak ve ince taneli bir matrise sahiptir. NWA 5508 (CV3) kondritinde bol miktarda bulunan kondrüllerin ortalama çapları ImageJ (IJ 1.46r) programı ile ince kesit görüntüsünden seçilip belirlenen 33 kondrül üzerinden hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda NWA 5508 meteoritindeki kondrüllerin ortalama çapı 1360 μm olarak bulunmuştur. McSween, CV kondritlerindeki bireysel kondrüllerin çapının yaklaşık 550 ile 2000 μm arasında değiştiğini kaydetmiştir. NWA 5508 meteoritindeki kondrül çaplarının, geniş bir varyasyon aralığında (500-2000 μm) nispeten büyük kondrül boyutları (ortalama çapta 1360 μm) olduğu gösterilmiştir. Bu sonuç, McSween’in çalışması ile tutarlıdır. Ayrıca, NWA 5508 (CV3) kondritindeki en büyük çapa sahip olan CAI Nokta 7 kapanımının (~4,6 mm), MacPherson et al., (2012) tarafından Vigarano (CV3) meteoritine ait CAI kapanımlarının boyutlarına ilişkin yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar, bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ile uyumludur.

NWA 5508 karbonlu meteoritin ince kesiti üzerinde, meteoritin kaç farklı kondrül yapısına sahip olduğunu belirlemek için mikroskopik analizler yapılmıştır. Optik görüntüler, alttan aydınlatmalı bir polarizasyon mikroskobu olan Leica DM750 P ile elde edilmiştir. Mikroskopik görüntüler, çapraz polarize ışık (XPL) ve düzlem polarize ışık (PPL) olarak, 1,5x, 2,5x, 4x, 10x ve 63x objektif (büyütme) kullanılarak elde edilmiştir. NWA 5508 karbonlu kondritinde bulunan farklı kondrül yapılarına ait mikroskopik görüntüler incelendiğinde, kondrül yapılarının çoğunlukla olivin ve klinoenstatit (klinopiroksen) minerali ile anortit mineralinden oluştuğu görülmüştür. Mikroskopik görüntülere dayalı olarak, ince kesit üzerinden belirlenen Bölge 1'in SEM/EDS analiz sonuçları (Şekil 4.2.7, Şekil 4.2.8 ve Tablo 4.2.1) incelendiğinde, baskın mineralin Mg zengini olivin minerali olan forsterit ile Ca zengini olan anortit mineralinin olduğu görülmüştür.

NWA 5508 (CV3) kondritinin ince kesiti üzerinden belirlenen farklı kondrül yapılarına ve yönelmiş halde bulunan yedi CAI kapanımına ait yapılan optik (petrografik) ve SEM/EDS çalışmaları sonucunda, mikroskop ile ince kesitten elde edilen optik görüntüler incelendiğinde, CAI kapanımları içerisindeki baskın mineralin olivin (başlıca forsterit) olduğu görülmüştür. Yönelmiş halde bulunan CAI kapanımları olan CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7'nin EDS haritası, EDS spektrumu ve yüzdelik değer olarak verilen elementlerin ağırlıkça bolluğu (%wt) incelendiğinde (Ek 4 - Tablo 4.2.24, 4.2.25, 4.2.26, 4.2.27, 4.2.28 ve 4.2.29), bu noktaların optik görüntüleri üzerinden tanımlanan mineraller ile tutarlı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, SEM/EDS analizleri ve mikroskopik analizler birbirini destekler niteliktedir. Ek olarak, yönelmiş halde bulunan ve CAI Nokta 3 ile CAI Nokta 6 olarak adlandırılan kapanımlarının farklı bölgelerinden seçilen alanlar için yapılan SEM/EDS nokta analiz sonuçları incelendiğinde troilit ve pentlandit minerallerinin varlığı da NWA 5508 (CV3) kondritinde görülmüştür (Tablo 5.3.6 ve 5.3.7). Ayrıca, bir CAI kapanımı bölgesi olan ve CAI Nokta 7 olarak adlandırılan Bölge 1'de yapılan mikroskopi ve SEM/EDS analizleri, Ca zengini anortit ve Mg zengini olivin mineralinin (forsterit) varlığını göstermiştir (Tablo 5.3.1 ve 5.3.3). Bölge 1'in SEM/EDS analizi bu sonuçları desteklemektedir.

Raman analizinden elde edilen olivin piklerinin fayalit-forsterit yüzdeleri Kuebler et al., (2006) tarafından yapılan analitik çalışmadan belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ağırlıkça en yüksekten en düşüğe doğru forsterit (Fo) yüzdesinin sırasıyla Fo₁₀₀ ve Fo₁₀ olduğunu göstermiştir. Verilerin çoğunluğunun ağırlıkça daha yüksek bir forsterit yüzdesi gösterdiği görülmüştür. Forsteritin bulunmadığı yerlerde, forsteritin yerini, Fe açısından zengin olivin olan fayalit almıştır. Raman ve SEM/EDS analizleri sonuçları meteoritteki baskın olivin mineralinin forsterit olduğunu desteklemektedir. Sonuçlar birbirleriyle tutarlı ve uyum içindedir.

Raman analizinden elde edilen piroksen piklerinin konumlarından bulunan diyopsit-klinoenstatit oranı Tribaudino et al., (2012) tarafından yapılan çalışmadan Di₁₅En₈₅ olarak belirlenmiştir. Huang et al., (2000) tarafından yapılan çalışmada ise en yüksek ve en düşük enstatit-ferrosilit oranları sırasıyla ~En₉₈Fs₂ ve En₉₀Fs₁₀ olarak belirlenmiştir. Olivine benzer şekilde enstatit de Mg açısından zengin bir silikat mineralidir. Enstatitin bulunmadığı durumlarda Mg'nin bir kısmı ya Ca (diyopsit) ya da Fe (ferrosilit) ile değiştirilmiştir. Raman ve optik mikroskopi analizleri sonuçları meteoritteki baskın piroksen mineralinin enstatit olduğunu desteklemektedir. Sonuçlar birbirleriyle tutarlı ve uyum içindedir.

NWA 5508 (CV3) kondritinin ince kesiti üzerinden NASA Johnson Uzay Merkezi'nde gerçekleştirilen SEM/EDS sonuçları da meteoritin Mg, Ca, Al, Fe, Si ve S elementleri açısından zengin bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Gerek Ege Üniversitesi MATAL gerekse de NASA Johnson Uzay Merkezi'nde gerçekleştirilen SEM/EDS analizleri sonuçları birbirleriyle tutarlı ve uyumludur.

Yedi CAI kapanımının Ege Üniversitesi MATAL'da gerçekleştirilen analizler sonucu elde edilen elementel dağılımına ait ayrıntılı SEM/EDS sonuçları şu şekildedir:

- (i) CAI Nokta 1 kapanımı, matrizen göreceli olarak daha yüksek Si ve Mg'ye sahiptir. Kapanımın iç kısmı bölgesel olarak daha yüksek Mg içermektedir. Kapanımdaki parlak alanlar S açısından zengindir. Fe, küçük noktalar şeklinde genellikle S ile kapanımın genelinde dağılmış halde bulunur (Ek 4 - Şekil 4.2.39).

- (ii) CAI Nokta 2 kapanımı, matrizen göreceli olarak daha yüksek Mg'ye sahiptir. Si, kapanımın merkezinde Mg'nin içerisinde Al ile bulunmaktadır. Ayrıca, çeperde de kümeler halinde dağılmış şekilde mevcuttur. Kapanımdaki parlak alanlarda Fe, küçük noktalar şeklinde ve genellikle kümeler halinde S ile bulunur. Ek olarak S, kapanımın etrafını saracak şekilde dağılmış halde bulunur (Ek 4 - Şekil 4.2.41).
- (iii) CAI Nokta 3 kapanımı Mg açısından zengindir. Kapanımdaki parlak alanlar S açısından zengindir. S, adacıklar şeklinde Fe ile kapanımın içerisinde dağılmış halde bulunmaktadır. Fe ise küçük noktalar şeklinde ve kümeler halinde S'nin içerisinde ve bazı bölgelerde S'nin etrafını saracak şekilde mevcuttur (Ek 4 - Şekil 4.2.43).
- (iv) CAI Nokta 4 kapanımı Mg açısından zengindir. Si, kapanımın iç kısmında ve Mg'nin kenarlarını saracak şekilde petekler halinde bulunmaktadır. Ayrıca kapanım, dağılmış halde bulunan S'nin katkısı ile bir Si çeperine sahiptir. Kapanımdaki parlak alanlar S açısından zengindir. Fe ise küçük noktalar şeklinde ve kümeler halinde S ile bulunmaktadır (Ek 4 - Şekil 4.2.45).
- (v) CAI Nokta 5 kapanımı Mg açısından zengindir. Kapanım içerisindeki parlak alanlar S açısından zengindir. Fe küçük noktalar şeklinde ve kümeler halinde S'nin içerisinde bulunmaktadır. Si ise küçük noktalar halinde genellikle Fe-S'nin etrafını saracak şekilde mevcuttur (Ek 4 - Şekil 4.2.47).
- (vi) CAI Nokta 6 kapanımı Mg açısından zengindir. Fe ve Si genellikle S ile ilişkili olacak şekilde dağılmış halde bulunmaktadır. Bazı bölgelerde Fe, S'nin içerisinde küçük noktalar şeklinde ve kümeler halinde mevcuttur (Ek 4 - Şekil 4.2.49).
- (vii) CAI Nokta 7 kapanımı Ca ve Al açısından zengindir. Mg açısından fakir olan kapanımda Mg, küçük noktalar ve kümeler halinde Al ile bulunmaktadır. Si, küçük noktalar ve kümeler şeklinde kapanımın iç kısmında dağılmış halde ve kapanımın görünen kenar kısmında mevcuttur. Kapanım diğer altı kapanıma kıyasla, Fe-S açısından fakirdir (Ek 4 - Şekil 4.2.51).

Ek olarak, CAI Nokta 2, diğer bir CAI noktası ve CAI Nokta 7 kapanım bölgeleri için NASA JSC'de gerçekleştirilen SEM/EDS analizinin ayrıntılı sonuçları ise şu şekildedir:

- (i) CAI Nokta 2 kapanımı Mg açısından zengindir. Ca, Al ve Si, kapanımın merkezinde kümeler halinde bulunmaktadır. Kapanımdaki parlak alanlar Fe-S açısından zengindir. Ayrıca, parlak alanlar küçük noktalar şeklinde Si'de içermektedir. Kapanım, çeperden göreceli olarak daha düşük Fe'ye sahipken, çeper Fe-S açısından zengindir. Kapanım, S çeperine sahiptir. Kapanımın ortasından geçen damar yapısı ise Fe-Ni'den oluşmaktadır. Cr ise hem kapanım içerisinde hem de çeperde dağılmış halde bulunmaktadır (Şekil 4.2.71, 4.2.73, 4.2.74 ve 4.2.75).
- (ii) Diğer bir CAI kapanımı Al çeperine sahiptir. Ayrıca, Al çeperi Si ve Cr ile çevrilidir. Ayrıca Cr, Fe ile hem kapanımın içinde belli bölgelerde hem de çeperde dağılmış halde bulunmaktadır. Ca, kapanımın içerisinde adacıklar şeklinde bulunmaktadır. Matris, kapanımdan göreceli olarak daha yüksek Mg ve Si'ye sahipken, kapanım Si açısından daha fakir ve Mg içermemektedir. Kapanım Fe-S açısından zengindir. Kapanımdaki Fe-S, Ni ile bulunmaktadır (Şekil 4.2.76, 4.2.78, 4.2.79, 4.2.80 ve 4.2.81).
- (iii) CAI Nokta 7 kapanımı S çeperine sahiptir. Hem kapanım hem de matris Si açısından zengindir. Matris, kapanımdan göreceli olarak daha yüksek Mg'ye sahipken, matris Fe açısından zengindir. Ayrıca kapanım, matrise göre daha yüksek Al ve Ca'ya sahipken, matris Ca açısından daha fakir ve yok denecek kadar az Al içermektedir. Kapanımın ortasından geçen damar yapısı ise Fe'den oluşmaktadır (Şekil 4.2.82, 4.2.84, 4.2.85 ve 4.2.86).

Genel olarak bu yedi CAI kapanımına bakıldığında, Fe ve S birbirini tamamlayıcı niteliktedir. Çoğu kapanımda kümeler halinde Fe-S bölgeleri görüldü. Diğer bir CAI noktasında Fe-S, Ni ile bulunmaktadır. CAI Nokta 2 ve CAI Nokta 7 kapanımının etrafında S çeperleri mevcuttur. Ayrıca, CAI Nokta 2 kapanımındaki damar yapısında Fe-Ni birlikte bulunmaktadır. CAI Nokta 7 kapanımı diğer kapanımlardan farklı olarak Ca-Al zengini bir yapı göstermektedir. CAI Nokta 7

dışında kapanımların çoğu, Mg açısından zengin yapıya sahiptir. SEM/EDS sonuçlarına göre, NWA 5508 (CV3) kondritindeki kapanımlar birbirinden farklı ve karmaşık yapılara sahiptir.

NWA 5508 (CV3) kondritinin ince kesiti ve katı örneği üzerinden NASA Johnson Uzay Merkezi'nde gerçekleştirilen yansıma (IR) spektroskopisi analizi ve bu analizden elde edilen IR spektrum sonuçları, meteoritte başlıca minerallerin olivin, piroksen ve anortit olmak üzere, melilit, spinel, sodalit, albit, nefelin, kalsit, karbonatlar (manyazit veya dolomit), fillosilikatlar (greenalite ve/veya krizotil), saponit, serpantin ve Ca-sülfat gibi aksesuar minerallerin varlığını göstermiştir. Ca-sülfat mineralleri (jips, anhidrit ve bassanit), tipik olarak Dünya'daki tortul evaporitlerde bulunur, ancak aynı zamanda volkanik aktiviteyle ilişkili olarak asidik sıvıların reaksiyonu yoluyla ve hidrotermal damarlar halinde de oluşabilirler. Karasal değişiklik nedeniyle de var olabilen Ca-sülfat minerallerinin varlığı, CM ve CI karbonlu kondritleri gibi diğer karbonlu kondritlerde de görülmüştür. Bazı meteoritlerin, özellikle CI1, manyetit taneleriyle ilişkili olan büyük karasal sülfat damarlarına sahip olduğu bilinmektedir (Gounelle and Zolensky, 2001, 2014). Ca-sülfat minerallerinin bir üyesi olan jips, bazen karbonlu kondritlerde bulunur ve kaynak gövde süreçlerine atfedilebilmesine rağmen aynı zamanda yaygın bir karasal ayrışma ürünüdür. Bu da jipsin oluşumunun yorumlanmasını zorlaştırır (Jenkins et al., 2023). NWA 5508 (CV3) kondritinin hem Raman hem de IR analizlerinde varlığını gösteren Ca-sülfatlar, karasal değişiklik nedeniyle var olabileceği gibi meteoritin kendi içeriğinde de bulunuyor olabilir (Bishop et al., 2014; Jenkins et al., 2023). Ayrıca, NWA 5508 (CV3) kondritinden elde edilen Ca-sülfatların Raman spektrumlarının, en yakın eşleşmesi jips olan birkaç pik değerine sahip olsa da, bazı pik değerleri bassanit ve/veya anhidritle de eşleşebilir. Bunun net olarak belirlenebilmesi için daha ayrıntılı çalışmaya (EPMA vb.) gereksinim vardır (Bishop et al., 2014; Jenkins et al., 2023). Ek olarak, meteoritte organikler ve atmosferik CO₂ bantları da IR spektrumlarından elde edilmiştir. Ayrıca, CV meteoritlerinin CAI kapanımlarında nadiren bulunan karbonatlar da NWA 5508 (CV3) kondritinde tanımlanmıştır. CV3 kondritlerinde nadir olarak bulunan karbonatların, karasal kökenli (Dünya'da var olan) veya Dünya öncesi kökenli karbonatlar olarak var olabileceği Abreu and Brearley (2005) tarafından rapor edilmiştir. NWA 5508 (CV3) kondritinin IR analizlerinden elde edilen

karbonatların kökeni, karasal olabileceği gibi Dünya öncesi de olabilir (Abreu and Brearley, 2005).

Minerallerin tanısal özellikleri olan ve bu üç özellikten ilki olan saydamlık özelliği, en ince tane boyutunda, NWA 5508 (CV3) kondritinde Alan 8, 15 ve 16'ya ait IR spektrumlarında (sırasıyla, 791, 796 ve 794 cm^{-1}) görülmüştür (Şekil 4.4.23, 4.4.45 ve 4.4.48). İkinci özellik olan Christiansen özelliği literatür ile uyumludur. Üçüncü özellik olan Reststrahlen bantları ise başlıca olivin ve piroksen bantları olmak üzere silikat minerallerini vermektedir (Dirri et al., 2018; Morlok et al., 2020; Skulteti et al., 2020a, 2020b)..

CV3 kondritlerindeki kondrül yapıları da çeşitli mineralojik ve kimyasal özelliklere sahiptir (Norton and Chitwood, 2008). NWA 5508 (CV3) kondritinin yapısında bol miktarda bulunan kondrüllere ve CAI kapanımlarına ait elde edilen optik mikroskopi, SEM/EDS, yansıma (IR) ve mikro-Raman spektroskopisi sonuçlarına göre, bu kondrül yapıları olivin (çoğunlukla forsterit), piroksen, anortit, enstatit, fayalit, diyopsit, plajiyoklaz ve troilit'in yanı sıra pentlandit, melilit, spinel, sodalit, nefelin, albit, kalsit, karbonatlar (manezit veya dolomit), fillosilikatlar (greenalite ve/veya krizotil), saponit, serpantin, manyetit, hematit, Ti-içeren hematit, götit, Ca-sülfat, kuvars, hedenbergit ve kirschsteinite mineralleri gibi yapısında bulundurduğu aksesuar (yan) mineraller olmak üzere, literatürde de bahsedildiği gibi, oldukça çeşitli bir mineralojiye sahiptir. NWA 5508 (CV3) kondriti, diğer CV3 türü meteoritler gibi heterojen bir yapıya sahiptir.

CV3 kondritleri mineraloji, petrografi, kütle kimyası ve oksijen izotopik bileşimlerine dayalı olarak oksitlenmiş (Allende-benzeri; CV3_{OxA}, Bali-benzeri; CV3_{OxB}) ve indirgenmiş gruplar (Leoville, Efremovka ve Vigarano; CV_{red}) olmak üzere iki alt gruba ayrılır. Bu meteorit grubu, petrografik olarak karmaşık bir meteorit sınıfı olarak tanımlanmaktadır (McSween et al., 1977). CV3 kondritlerinin alt gruplarının farklı türde ve derecelerde sulu/metasomatik değişim ve termal metamorfizma geçmesine sahiptir. CV3_{OxA} kondritlerinin, ikincil Fe zengini olivin (fayalit), nefelin, sodalit, andradit, grosüler, vollastonit, kirschsteinite ve salit-hedenbergit piroksenlerin oluşumuyla sonuçlanan nispeten yüksek sıcaklıkta Fe-alkali-halojen metasomatik değişimine maruz kaldığı, CV3_{red} kondritlerinin ise

CV_{3OxA} kondritlerine kıyasla daha az metasomatik değişim yaşadığı bildirilmiştir. CV_{3OxB} kondritlerinin ise ikincil fayalit, fillosilikat, manyetit, Fe, Ni-sülfid, Fe, Ni-karbür, salit-hedenbergit piroksenler ve andradit oluşumuyla sonuçlanan bir sulu değişime sahip oluşu belirtilmiştir (Kimura and Ikeda 1995; Krot et al., 2004; Bonal et al., 2006; Ganino and Libourel, 2017; MacPherson et al., 2017). CV3 alt gruplarının, gösterdikleri mineralojik, jeokimyasal ve izotopik sonuçları incelendiğinde, bu üç alt grubun tek bir kaynak gövdeye sahip olabileceği veya farklı kaynak gövdelerden kaynaklanabileceği de ayrıca bildirilmiştir. Buna ek olarak, CV3 alt gruplarının, Ca-Fe bakımından zengin ikincil minerallerden (kirschsteinite, andradit, Ca bakımından zengin piroksen gibi) oluşan karışık bir litoloji sergilediği de belirtilmiştir (Ganino and Libourel, 2017; Jogo et al., 2019). Allende, Leoville, Efremovka, Vigarano ve NWA 3118 CV3 kondritleri üzerine yapılan SEM ve mikroprob (izotopik ölçümler) analizleri sonucunda, CV3 kondritlerinin matrislerinin ve çeperlerinin karakteristik olarak Ca-Fe silikat mineralleri olan hedenbergit, andradit ve kirschsteinite içerdiği bildirilmiştir. Andradit mineralinin yalnızca CV_{3ox} kondritlerinde olduğu ve CAI kapanımları etrafındaki matrislerde ve çeperlerde yoğunlaştığı, kirschsteinite mineralinin ise neredeyse yalnızca matrislerde ve CV_{red} kondritlerinin ince taneli çeperlerinde, tek kristaller veya kristal kümeleri şeklinde olduğu bildirilmiştir. Hedenbergit mineralinin andradit veya kirschsteinite ile ilişkili olacak şekilde, hem CV_{3ox} hem de CV_{red} kondritlerinde ortaya çıktığı söylenmiştir (MacPherson et al., 2015). Neredeyse saf bir yapıya sahip fayalit, ilk olarak Hua and Buseck (1995) tarafından CV_{oxB} kondritleri olan Kaba ve Mokoia meteoritlerinde keşfedilmiştir. Bu meteoritlerdeki fayalit tanelerinin manyetit, troilit ve pentlandit ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu fayalit tanelerinin meteoritin matrisinde, kondrüllerinde, kondrüllerin etrafındaki ince taneli çeperlerinde ve CAI kapanımlarında meydana geldiği bildirilmiştir. Kondrüllerin etrafındaki ince taneli çeperleri ayıran ve fayalit içeren damarların varlığı da dahil olmak üzere yapılan mineralojik gözlemler, termodinamik analiz ve ⁵³Mn-⁵³Cr izotop çalışmaları sonuçlarına göre Kaba ve Mokoia meteoritlerinde fayalit içeren toplulukların, CV kondritinin kaynak gövdesinde gerçekleşen sulu akışkan kaya etkileşimi sırasında olduğu rapor edilmiş ve ⁵³Mn-⁵³Cr kısa ömürlü izotop sisteminin, kondritik asteroitler üzerindeki sıvı destekli kaynak gövde süreçlerinin kronolojisinin çözülmesinde yararlı olduğu belirtilmiştir (Zolotov et al., 2006; MacPherson et al., 2015; Krot et al., 2022).

Keller and Buseck (1990), geçirimli elektron mikroskobu (TEM) kullanarak, Kaba meteoriti içeriğinde hidratlı kil minerali olan saponit mineralini tanımlamış ve hem kondrüllerde hem de matriste bol miktarda bulunduğunu gözlemlemiştir. TEM, mikroprob analizi (EPMA) ve X-ışını kırınımı (XRD) analizi yöntemleri kullanılarak, Allende, Grosnaja, Kaba ve Mokoia CV3 karbonlu kondrit örnekleri üzerine yapılan analizler sonucunda fillosilikatların yalnızca CV3_{ox} kondritlerinde mevcut olduğu ancak CV_{red} kondritlerinde bulunmadığı bildirilmiştir (Howard et al., 2010). Kimura ve Ikeda (1998), CV3 kondritlerinde sulu ve susuz olmak üzere iki tür değişimin varlığını belirtmiştir. Elektron probu mikroanalizi ve geri saçılmış elektron görüntüleri kullanılarak, Kaba meteoritinde, ikincil sulu değişimin ürünleri olarak düşünülen saponit ve Na-flogopit mineralleri magnezyum fillosilikatlar olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, Kaba meteoritindeki kondrüllerde bronzit mineralinin varlığı da tanımlanmıştır. Kaba meteoritindeki kondrüllerin plajiyoklaz ve plajiyoklaz mezostazının sıvı nedeniyle tamamına yakınının oksijen izotop değişimi yaşadığı bildirilmiştir. Kaba meteoritindeki CAI kapanımların ve amoeboid olivin agrega (AOA)'lardaki anortit ve muhtemelen melilitin de Kaba meteoritini etkileyen aynı sıvıyla oksijen izotop değişimi yaşadığı da ayrıca rapor edilmiştir. Sulu değişimin CV kondritlerinin kaynak gövdesinde meydana geldiği belirtilmiştir (Krot et al., 2019). Gyollai et al., (2018), optik, elektron optik ve FTIR yöntemlerini kullanarak, yüksek sıcaklıktaki hidrotermal değişimin, hedenbergit, melilit ve dmisteinbergit (anortitin yüksek sıcaklıktaki bir polimorfu) gibi Ca-Al içeren mineraller ürettiğini göstermiştir. Düşük sıcaklıktaki sulu değişimin ise ilk önce forsteritik olivinin çeperlerinde demir metasomatizmasına ve daha sonra troilit veya demir oksitler (ferrihidrit, götit ve hematit dahil) içeren AOA'lar ve kondrüllerdeki damarlara neden olduğunu belirtmiştir (Viczián and Kristály, 2023).

CV kondritlerindeki çoğu CAI kapanımının çevresi çok katmanlı ve dayanıklı çepeler ile sarılmıştır (Wark and Lovering, 1977). Allende meteoriti üzerine yapılan elektronprob mikroanaliz çalışması sonucunda, meteoritteki Wark-Lovering çeper katmanlarının içeriden dışarıya doğru spinel $\pm$ hibonit $\pm$ perovskit, melilit, Al-diyopsit ve forsterit olmak üzere bir dizi mineral oluşturduğu bildirilmiştir. CV_{oxA} kondritlerinde, Wark-Lovering çeperlerinin, spinel katmanının FeO bakımından zenginleştikçe, melilit tabakasının yerini nefelin, sodalit ve anortitin aldığı, forsterit çeperinin ise FeO açısından zenginleştirildiği ve bir hedenbergit $\pm$ vollastonit $\pm$

andradit tabakası ile büyüdüğü rapor edilmiştir. Ayrıca, Wark-Lovering çeperlerinde birincil fazlar olarak nefelin veya sodalitin bulunmadığı da belirtilmiştir (Wasserburg et al., 2011).

CV3 kondritleri, alkali-halojen-Fe metasomatizması, sulu değişim, termal metamorfizma ve şok metamorfizması dahil olmak üzere ikincil süreçlerden büyük ölçüde etkilenmektedir. CV3_{oxB} kondritlerinin önemli ölçüde ikincil işleme maruz kaldığı belirtilerek, Kaba meteoritinde, kondrül mezostazının değişmesi ve buna bağlı olarak Ca, Si, Al, Mg, Fe, Mn ve Na'nın yeniden dağıtımı, kaynak gövde üzerindeki sulu değişiminin anlaşılması açısından önemli olduğu belirtilmiştir. Kaba ve Mokoia meteoritlerinin matrislerindeki fillosilikat, tetrataenit, awaruit ve pentlandit için de benzer bir kökeninin muhtemel olduğu da ayrıca belirtilmiştir. CV3_{oxA} kondritlerinin, önemli ölçüde alkali-halojen-Fe metasomatizmasına maruz kaldığı bildirilerek, bu metasomatik etkilerin, CAI kapanımlarındaki birincil minerallerin ve bunların Wark-Lovering çeperlerinin ikincil nefelin, sodalit, grosüler, anortit, hedenbergit ve diğer fazlar ile değiştirildiği ve Fe'nin spinele girişini içerdiğinden bahsedilmiştir. Allende ve Axtell meteoritlerindeki kondrüllerin metasomatizmasının, mezostazının ikincil minerallerle değiştirilmesiyle, Fe'de olivin ve piroksenin zenginleştirilmesiyle ve düşük Ca pirokseninin fayalitik olivin ile değiştirilmesiyle sonuçlandığı rapor edilmiştir. Kondrüllerin etrafındaki iri taneli magmatik çeperlerinin çoğunun, ikincil nefelin ve sodalit içerdiği bildirilmiştir. Matrisinin de aynı zamanda alkali-halojen-Fe metasomatizmasından da geniş ölçüde etkilendiği belirtilmiştir. Termal metamorfizmanın aynı zamanda CV3_{oxA} kondritlerini de etkilediği belirtilerek, Allende'nin Axtell'den biraz daha fazla metamorfoza maruz kaldığı ve her ikisinin de Mokoia, Leoville ve Vigarano'dan önemli ölçüde daha fazla metamorfoza uğradığı gösterilmiştir. CV3_{red} kondritlerinin ana opak fazlarının birincil metal ve troilit olduğu bildirilmiştir. CAI kapanımlarının alkali-halojen-Fe metasomatizması için çok az kanıt gösterdiği ve ikincil fazların ise matrislerinde nadir veya olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, matrislerinde bol miktarda fayalitik olivinin bulunması ve forsteritin bulunmaması, en az değişime uğrayan alt grup CV3_{red} kondritlerinin bile bir miktar değişime uğradığını göstermektedir (Huss et al., 2006).

CV_{3oxA} kondritlerinin kondrül ve matrislerindeki manyetit-sülfüt nodüllerinin yerini büyük ölçüde fayalitik olivinin ve Ca-Fe açısından zengin piroksenlerin aldığı belirtilerek, ikincil dokusal ve bileşimsel olarak CV_{3oxB} kondritlerine benzer olduğu ve bunun da benzer bir kaynak gövdesine işaret ettiği söylenmiştir. CV_{oxA} kondritlerinin Ca-Fe açısından zengin piroksenler ve andradit içerdiği, ancak neredeyse hiç fayalit veya fillosilikat içermediği belirtilirken, CV_{oxB} kondritlerinin ise fillosilikatlar, manyetit, Ni açısından zengin metal ve sülfürler, fayalit, Ca-Fe bakımından zengin piroksenler (hedenbergit) ve andradit varlığıyla karakterize edildiği belirtilmiştir (Krot et al., 1998).

CV_{oxA} ve CV_{3oxB} ve CV_{red} alt gruplarının FeNi-metal, sülfür ve manyetik bolluklarına dayanarak ayrılabilir. Allende, ALH 85006, Grosnaja, Kaba, Mokoia, Efremovka ve Leoville ve Vigarano CV3 kondritleri üzerine yapılan Mössbauer spektroskopisi analizi sonucunda, Allende ve ALH 85006 meteoritlerinde manyetit tespit edilmediği, diğer meteoritlerde ise manyetitin yaklaşık ağırlıkça %2 ile %10 arasında değiştiği bildirilmiştir. CV_{oxA} kondritlerinin düşük miktarda FeNi-metal, sülfür ile manyetit içerdiği, metal ve sülfürlerin Ni açısından zengin olduğu belirtilmiştir. CV_{3oxB} kondritlerinin değişken ile yüksek derece aralığında manyetit bolluğuna sahip olduğu, ancak düşük veya olmayan metal ve düşük sülfürler içerdiği bildirilmiştir. CV_{3oxB} kondritlerinin içerdiği metal ve sülfürler büyük ölçüde Ni açısından zengin olduğu da ayrıca belirtilmiştir. CV_{red} kondritlerinin ise orta derecede manyetit bolluğu ve yüksek metal ve sülfür içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Ek olarak, içerdikleri metal ve sülfürlerin büyük ölçüde Ni açısından fakir olduğu belirtilmiştir. Mineralojik gözlemler ve termodinamik analizler sonucunda, manyetitin, Ni açısından zengin metalin ve sülfürlerin, güneş bulutsusundaki veya daha büyük olasılıkla asteroit (kaynak gövde) ortamındaki düşük Ni-metal-sülfüt nodüllerinin oksidasyonu ile oluştuğu rapor edilmiştir (Bland et al., 2000).

CV_{red} ve CV_{ox} alt gruplardaki değişim arasındaki temel mineralojik fark, fayalit, grosüler, vollastonit, andradit, nefelin, sodalit, fillosilikatlar vb. gibi ikincil fazların varlığıdır. Bu fazlar, genellikle CV_{oxA} kondritlerinin değiştirilmiş CAI kapanımlarında ve kondrüllerinde meydana gelmektedir. CV_{red} kondritlerinde ise bu fazların nadir veya olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, CV_{red} kondritleri Fe, Ni metali

içerirken, CV_{ox} kondritlerinde metalin, manyetit oluşturacak şekilde geniş ölçüde oksitlenmiş olduğu ve Fe, Ni metalin nadir olduğu da bildirilmiştir. CV_{oxA} kondriti olan NWA 2364 üzerine gerçekleştirilen SEM, elektron mikroprobu, odaklanmış iyon ışını (FIB)/TEM ve lazer florlama oksijen izotop analizleri sonucunda meteoritte, hedenbergit ve kirschsteinite minerallerinin varlığı da tanımlanmıştır. Ca açısından zengin piroksen çeperleri NWA 2364 meteoritindeki koyu kapanımların çevresinde tanımlanmıştır. Fe-Ni sülfürlerin meteoritin matris ve kondrüllerinde yok denecek kadar az olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, X-ışın haritaları ile meteoritin matrisinin Ca-Fe bakımından zengin piroksen (hedenbergit) açısından zengin fazlar içerdiği gösterilmiştir (Johnson, 2018).

CV_{3oxB} alt grubu üyesi ve yeni tanımlanan bir karbonlu meteorit olan NWA 10758 meteoriti ve CAI kapanımı üzerine yapılan mineraloji analizi sonucunda, meteoritteki matrisin ve bazı kondrüllerin bol miktarda manyetit içerdiği, metal içermediği ve yalnızca nadir sülfid oluşumlarını içerdiği bildirilmiştir. İkincil Ca-Fe değişim evrelerinin (hedenbergit ve andradit)'de oldukça nadir olduğu ve bu özelliklerin (çoğunlukla oksitlenmiş sülfid zengini manyetit varlığı ve nadir Ca-Fe mineralizasyonu ile az nefelin ve sodalit varlığı), Bali-benzeri değişimin klasik özellikleri olduğu belirtilmiştir. Buna karşılık, CV_{oxA} kondritlerinin çok daha az manyetit ile daha fazla Ni açısından zengin sülfid, sodalit, nefelin ve Ca-Fe değişimi sergilediği de söylenmiştir. CAI kapanımının iç mineralojisinde melilitin hakim olduğu, daha az miktarda spinel ve Al-Ti bakımından zengin diyopsit ile yalnızca çok az anortitin var olduğu bildirilmiştir. CAI kapanımı üzerindeki Wark-Lovering (W-L) çeperinin istisna olarak, daha düşük miktarda spinel ve perovskit içerdiği, hibonitin yerel olarak melilit ve perovskit ile kaplandığı, hibonitin hakimiyetinde olduğu da belirtilmiştir. Ayrıca, CAI kapanımının çoğunun etrafında hibonitin, spinelin ve perovskitin, melilitin üzerinde yer almadan W-L çeperinin oluşturduğu bildirilmiştir. NWA 10758 kondritinin matrisinin ince taneli ve manyetit açısından oldukça zengin olduğu ve ayrıca Allende matrisinin karakteristik özelliği olan uzun fayalitik olivin tanelerinden de yoksun olduğu rapor edilmiştir. Kondritin matrisinin yüksek derecede oksidasyonu ve değişimine rağmen, büyük CAI kapanımının neredeyse tamamen ikincil değişimden arındığı bildirilmiştir (Ross et al., 2017). Gruplanmamış ancak CV_{ox} kondritleri ile bazı petrografik, oksijen izotopik ve termoluminesans benzerliklere sahip bir karbonlu meteorit olan Ningqiang'ın

elektronprob analizleri, meteoritin yapısında Ca-Fe bakımından zengin mineraller olan hedenbergit, kirschsteinite ve andraditin varlığını göstermiştir (Zolensky et al., 2003).

Literatür ve bu çalışmada kapsamında elde edilen verilere göre, NWA 5508 (CV3) kondriti, oksitlenmiş (CV3_{ox}) sınıfa ait bir meteorittir. Meteoritin alt grubunun (CV3_{oxA}, CV3_{oxB}) belirlenebilmesi için ise daha ileri analizlere ihtiyaç vardır.

Karbonlu kondritler, erken Güneş Sistemi'nden kalan en ilkel malzemeler olarak kabul edilir. Erken Güneş Sistemini daha iyi anlamak için karbonlu kondritler büyük öneme sahiptir. Ancak, genellikle diğer meteorit türlerine göre, karbonlu kondritlerin en az araştırılanlar arasında olduğu kabul edilmektedir. Son yıllarda karbonlu kondritler ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı artmış olsa da yapılan bu çalışmaların yetersiz ve az olması bu tür önem arz eden meteoritlerin araştırılmasına ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Karbonlu kondritler, Güneş Sisteminin en ilkel halini ve erken tarihini temsil eden potansiyel sonuçları nedeniyle meteor bilimi topluluğu tarafından büyük ilgi görmektedir. Bu ilgiye rağmen, özellikle ilkel kimyaya ve bol miktarda erken Güneş Sistemi'nde gerçekleşen olaylara ışık tutan CAI kapanımına sahip CV3 kondritleri, henüz yeterince anlaşılamayan nadir örneklerdir.

Vigarano tipi karbonlu meteoritler, yüksek sıcaklıklara dayanıklı oksitlerden ve silikatlardan oluşan CAI kapanımları içermesi nedeniyle oldukça önemlidir. Bu nadir ve değerli dünya dışı malzemeler, 4,5 Ga'nın biraz üzerinde bir zaman kapsamında güneş nebulasını yoğunlaştıran ve hayatta kalan ilk katı maddelerdir. Karbonlu asteroitler, yaklaşık olarak 4,7 Ga'lık güneş Sistemini oluşturan ham maddeden arta kalan önemli kaynaklardır. Bu nedenle, son yirmi yılda, Hayabusa (Muses-C), Dawn, Hayabusa2, OSIRIS-REx gibi görevler karbonlu asteroitlere gönderilmeye başlanmıştır. Asteroit kuşağındaki en büyük ikinci nesne olan Vesta'yı keşfetmek için 2007'de fırlatılan Dawn uzay aracı, 2011 yılında Vesta'ya ulaştı ve bir yıldan fazla bir süre Vesta'nın yörüngesinde dolandı. Başka bir uzay aracı olan Hayabusa2, Ryugu asteroitini incelemek, analiz etmek ve ondan örnekler toplamak için Aralık 2014'te fırlatıldı. Hayabusa2, Haziran 2018'de asteroit Ryugu'ya ulaştı ve asteroitten bir örnek aldı. Hayabusa2, topladığı asteroit

örneğini 6 Aralık 2020’de Dünya’ya teslim etti. 8 Eylül 2016’da fırlatılan OSIRIS-REx uzay aracı, 2018’de Dünya’ya yakın olan asteroit Bennu’ya ulaştı ve asteroitten bir toz ile kaya örneği aldı. OSIRIS-REx uzay aracı tarafından toplanan bu asteroit örneği ise 24 Eylül 2023’te Dünya’ya ulaşmıştır. Önümüzdeki on yılda, teknolojiye bağlı ve düzenli olarak bu tür regolit örneklerinin toplanmasında önemli bir artış görülmesi de muhtemeldir.

Yaklaşık son 30 yıldır gelişen teknoloji ile asteroitler hakkındaki bilgiler giderek artmaktadır. Yapılan çalışmalar asteroitlerin fiziksel yapısının ölçek ve bileşime göre değiştiğini göstermektedir. Bu değişimler, küçük cisimlerden oluşan farklı kaynakların nasıl oluştuğu ve geliştiği konusunda bize temel bilgiler sağlar. Asteroitlerin çoğu, birkaç kilometreden daha küçük boyutlara sahiptir. Çekim etkisiyle bir yığın oluşturan ince taneli toz ve kaya parçaları zayıf bir şekilde birbirine bağlıdır. Karasal jeoloji kapsamında katmanlar (tabakalar) ayrı olaylara işaret eder ve zaman içinde de jeolojinin yeniden şekillenmesine katkıda bulunur. OSIRIS-REx görevinin Bennu asteroitinde yaptığı gözlemler, asteroitte iç katmanların mevcut olabileceğini düşündürmektedir (Bierhaus et al., 2023).

Ryugu asteroitinin organik açıdan zengin numuneleri üzerine organik maddenin araştırılmasına yönelik gerçekleştirilen FTIR analizi sonucunda, organik açıdan elde edilen verilerin karbonlu kondritlerden elde edilen veriler ile eşleştiği ancak Ryugu asteroitinden gelen numunelerin metil ve metilen fonksiyonel grupları açısından daha zengin ve daha yüksek CH_2/CH_3 oranlarına sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca iki farklı karbonlu fazın bulunduğu, N-H fonksiyonel gruplarının, muhtemelen amidlerin spektral özelliklerine sahip olduğu ve daha az nitrojen içeren ikinci bir faz olduğu rapor edilmiştir. Ryugu asteroitinin organik maddesinin bu tür IR özellikleri, yeni toplanan numunelerin bozulmamış doğasını gösterebilir ve ana asteroitin yüzeye yakın kimyasını yansıtabilir (Kebukawa et al., 2023). Zolensky (2023) tarafından Ryugu asteroiti örnekleri üzerine yapılan analizler sonucunda asteroitte, X-ışını bilgisayarlı tomografi (XRCT) tarafından önceden konumlandırılmış bir pirotit kristalinde CO_2 içeren tuzlu su kalıntıları bulunduğu ve bunun da, kaynak gövdenin dış Güneş Sistemi’nde oluştuğunun bir göstergesi olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, elektron holografisi kullanılarak manyetitte kalıcı mıknatıslanma tespit edildiği ve orijinal kaynak gövde üzerinde manyetit

kristalleri oluştuğunda Güneş bulutsusunun hala mevcut olabileceği rapor edilmiştir. Ek olarak, Ryugu örneklerinde ikincil fazların Na-fosfat içerdiği ve en yaygın minerallerin ise saponit ve serpantin grubu mineralleri, Mg-Ca-Fe karbonatlar, hidroksiapatit, pirotit, pentlandit ve manyetit olduğu bildirilmiştir. Ayrıca nadir olarak bulunan olivin, düşük Ca içeriğine sahip piroksen ve CAI kapanımları dahil diğer yüksek sıcaklıktaki malzemelerin tümünün 100  m'den küçük olduğu ve bu mineral topluluğunun orijinal kaynak gövde üzerinde yaygın sulu değişimi gösterdiği belirtilmiştir. Yine aynı çalışma kapsamında, bazı Ryugu parçalarının farklı bir mineralojiye sahip olduğu ve esas olarak fillosilikatlar (bazıları zayıf kristalli) içermesinin yanı sıra, aynı zamanda 10 kat daha yüksek miktarda susuz silikatlar (esas olarak olivin ve piroksen), amorf silikatlar, Ca karbonat (ok daha az Mg- Fe karbonat), fosfitler, pirotit, pentlandit ve manyetit içerdiği de bildirilmiştir. Zayıf kristalli sulu silikatlar ve toilinit içeren mikron boyutunda yuvarlak nesnelerin varlığı belirtilmiş ve bunların, susuz kondritik gezegenler arası toz parçacıklarında bol miktarda bulunan, ancak meteoritlerde çok nadir bulunan ‘‘gömülü metal ve sülfür içeren cam’’ (GEMS) adı verilen nesnelere benzediği rapor edilmiştir. Bu litolojinin, ana Ryugu litolojisinden önemli ölçüde daha az sulu bir değişim gösterdiği belirtilmiştir. Hayabusa2 n inceleme ekipleri, Ryugu'nun kaynak asteroitinin, Güneş Sistemi oluşumunun başlangıcından yaklaşık 1,8 milyon ile 2,9 milyon yıl sonra, su ve CO₂'nin buz halinde bulunduğu dış Güneş Sistemi'nde oluştuğunu ne srmştir. Kaynak asteroitin iç kısmında radyoaktif ısınmanın, su buzunun yaklaşık 3 milyon yılda erimesine neden olduğu ve su-kaya reaksiyonlarının başlangıçtaki susuz litolojiyi kademeli olarak sonraki birkaç milyon yıl içinde büyük ölçüde sulu olan bir litolojiye dönüştürdüğü belirtilmiştir. Ayrıca, yaklaşık 1 milyar yıl önce kaynak asteroidi bozan bir çarpışmanın meydana geldiği ve muhtemelen çarpışma noktasından gelen bazı parçaların daha sonra yeniden bir araya gelerek Ryugu asteroitini oluşturduğu da rapor edilmiştir (Zolensky, 2023).

Ryugu asteroiti üzerine gerçekleştirilen mikro-kırmızıaltı ve mikro-Raman spektroskopisi ölçümleri, ktle kompozisyonunun ve mineralojisinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. mikro-FTIR lmleri, numune boyunca fillosilikatlar gibi ikincil minerallerin bol miktarda bulunduğunu göstermiş ve dolomitin varlığı yapılan Raman spektroskopisi ölçümleriyle, 175, 300, 727 ve 1098 cm⁻¹'deki bant

değerleri ile tanımlanmıştır. Karbonatların, Ryugu'nun kaynak gövdesinde meydana gelen sulu değişim süreçlerini anlamak açısından önemli olduğu belirtilmiştir. Karbonatların varlığı, asteroit içerisindeki sıvı suyun varlığını göstermektedir. Bu suyun Dünya'ya veya diğer gezegenlere su dağıtımında potansiyel olarak rol oynayabileceği de ayrıca belirtilmektedir. Kaynak gövdede meydana gelen sulu değişim yoluyla oluşan hidratlı minerallerin araştırılmasıyla, Ryugu'yu ve ilkel gezegenimsi diski karakterize eden malzemelerin evrimini daha iyi anlamak mümkündür (Van den Neucker et al., 2023).

OSIRIS-REx uzay aracı, Aralık 2018'de Dünya'ya yakın asteroit olan 101955 Bennu'ya ulaştı. OSIRIS-REx üzerindeki OVIRS cihazı, hidratlı mineraller için tipik olan 2,7 μm 'ye yakın kırmızıaltı bir soğurma özelliği ve hidratlı CM kondritlerinki ile eşleşen termal kırmızıaltı spektral özellikler tespit etmiştir. Bennu, yaklaşık 500 m (max.) çapında bir asteroittir ve şimdiye kadar bir uzay aracının yörüngesine giren en küçük nesne özelliğine sahiptir. 1,19 g/cm^3 'lük çok düşük kütle yoğunluğuna sahip olması ve yüksek yüzey eğiminin ya da önemli topografik rölyeflerin bulunmaması, Bennu'nun moloz yığını bir asteroit olduğuna işaret etmektedir. Heterojen ve karmaşık bir yüzeye sahip Bennu asteroidinin yüzeyinin çok yüksek çözünürlüklü görüntüleri, koyu, düşük albedolu ve muhtemelen daha zayıf litoloji ve buna karşılık nispeten yüksek albedolu, açık renkli ve muhtemelen daha güçlü litoloji olmak üzere, iki farklı litoloji göstermektedir. Bennu'nun yüzeyindeki koyu renkli ve daha parlak kayaların kırılmasından, termal kırılma, büyük ölçekli çarpma olayları, mikrometeoroid çarpmaları ve güneş rüzgarı iyonu implantasyonu gibi farklı mekanizmaların sorumlu olabileceği belirtilmiştir. OSIRIS-REx görevi aynı zamanda Bennu'dan $\sim 0,05$ ile >3 m/s arasında değişen hızlarda fırlatılan <1 ile ~ 10 cm çapındaki parçacıkları da tespit etmiştir. Fırlatma olaylarından sorumlu bazı olası mekanizmalar termal kırılma, fillosilikatların dehidrasyonu yoluyla uçucu salınım ve meteor çarpmaları olarak bildirilmiştir. Bennu asteroidinin örneklerini içeren dönüş kapsülü 24 Eylül 2023 tarihinde Utah çölüne inip görevliler tarafından toplanmıştır (Ciceri, 2023).

Hayabusa2 görevi, Haziran 2018'de asteroit Ryugu'ya ulaştı. Ryugu, 1,19 g/cm^3 (Bennu ile aynı) gibi çok düşük bir kütle yoğunluğuna sahiptir. Yaklaşık 1000 m (max.) çapında moloz yığınının oluştuğu bir asteroittir. Bennu asteroidinde

gözlemlenen OH içeren minerallerin varlığı, ilkel CI ve CM kondritlerinde gözlenen serpantin veya saponit gibi Mg bakımından zengin fillosilikatlar için gözlemlenen Mg-OH özelliklerine benzediği belirtilmiştir. Ayrıca, geri gönderilen örneklerin incelenmesiyle, asteroit bileşiminin karbonlu kondrit meteoritlerin, özellikle de CI tipi grubunkilere benzediği, ancak daha ilkel olduğu, Güneş'in fotosferinin bileşimine çok benzediği doğrulanmıştır. Numunelerin ayrıca ağırlıklı olarak kaynak gezegenlerindeki sulu sıvıda oluşan minerallerden oluştuğu bildirilmiştir. Numunelerin incelenmesi ve daha fazla bilgi edinilmesi için senkrotron X-ışını bilgisayarlı tomografisi (SR-CT) kullanılmıştır. Numunelerin çoğunda çoğunlukla düzensiz şekilli iç çatlaklar gözlemlendiği rapor edilmiştir. Bu numunelerin kütle yoğunluğunun ise 1,7 ile 1,9 g/cm³ arasında bir değere sahip olduğu belirtilmiştir. Bu yoğunlukların, Ryugu asteroitinden ölçülen yoğunluğu aştığını ve bunun da önemli düzeyde klastlar arası gözenekliliğe işaret ettiği bildirilmiştir (Ciceri, 2023).

Ryugu asteroiti üzerine yapılan çeşitli çalışmalar asteroitin, CI tipi kondritler ile ilişkili olabileceği yönünde sonuçları göstermektedir (Van den Neucker et al., 2023; Zolensky, 2023). Bennu asteroidinin ise CM tipi kondritleri ile bağlantılı olduğu belirtilmiştir (Ciceri, 2023). NWA 5508 (CV3) kondriti organikler ve CAI kapanımları açısından zengindir. Ryugu örneklerinde nadir olarak bulunan olivin, düşük Ca içeriğine sahip piroksen ve CAI kapanımları, NWA 5508 meteoritinde yaygın olarak bulunur. Meteoritte en bol bulunan mineraller ise olivin ve piroksendir. Olivin ve piroksenlerin varlığı, meteorit içeriğindeki fillosilikatların varlığından daha fazladır. Ryugu örneklerinde yaygın olarak bulunan serpantin, saponit, pentlandit ve manyetit mineralleri de NWA 5508 meteorit örneğinde bulunmaktadır. Asteroitlerde sıvı suyun varlığını gösteren karbonatlar, NWA 5508 karbonlu meteoritinde de tanımlanmıştır. Ancak, meteorit içeriğindeki karbonatların kökeninin karasal ya da dünya öncesine ait olduğunun anlaşılması için daha fazla analize ihtiyaç vardır. Ayrıca, Bennu asteroitinde gözlemlenen OH içeren minerallerin (serpantin ve saponit gibi) varlığı NWA 5508 meteoritinde de görülmüştür. Bu Mg zengini fillosilikatların ayrıntılı olarak Mg-OH özelliklerinin belirlenebilmesi ve Bennu asteroidi örnekleri ile karşılaştırılabilmesi için daha fazla analize ihtiyaç vardır. Ryugu ve Bennu asteroitleri, CI ve CM kondritleri dışında CV kondritleri için de olası potansiyel kaynak gövde adayları olabilir. CV grubu

meteoritlerinin ait olduğu olası kaynak gövdelerinin belirlenebilmesi için bu gruba ait meteoritlere daha fazla değeri verilmesi ve çalışılması önem arz etmektedir. Asteroitlere gönderilen görevler ve bu görevlerden elde edilen bilgiler ile meteoritlerin ayrıntılı olarak araştırılması, oluşum ve evrim kavramlarının anlaşılabilmesi açısından birbirini tamamlayan niteliklere sahiptir.

Meteoritlerin, özellikle de karbonlu kondritlerin çalışılmasıyla, meteoritte ve o meteoritin olası kaynak gövdesinde yaşanan termal ve/veya sulu değişim süreçlerinin altında yatan mekanizmanın anlaşılması, Güneş Sisteminin oluşumu ve evrimi, ilkel gezegen diskleri, gezegenlerin oluşumu ve evrimi gibi birçok konu hakkında önemli bilgiler sağlar. Bugün asteroitlere gönderilen ve yakın gelecekte gönderilecek olan görevler sayesinde, teknolojinin gelişmesiyle birlikte önemli bir uzay malzemesi olan nadir karbonlu kondrit örneklerinin sayısının artması muhtemeldir. Bu nedenle, karbonlu kondritler, genel olarak malzeme bilimi açısından ilkel ve nadir örnekler oldukları için önemli uzay malzemeleri olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abramoff, M.D., Magalhaes, P.J. and Ram, S.J.**, 2004, Image processing with ImageJ, *Biophotonics International*, 11(7), 36-42 pp.
- Abreu, N.M. and Brearley, A.J.**, 2005, Carbonates in Vigarano: Terrestrial, preterrestrial, or both? *Meteoritics & Planetary Science*, 40, 4, 609-625 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2005.tb00966.x>
- Aléon, J.**, 2016, Oxygen isotopes in the early protoplanetary disk inferred from pyroxene in a classical type B CAI, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 440, 62-70 pp. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.02.007>
- Aléon, J.**, 2018, Closed system oxygen isotope redistribution in igneous CAIs upon spinel dissolution, *Earth and Planetary Science Letters*, 482, 324-333 pp. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.11.027>
- Amelin, Y., Krot, A.N., Hutcheon, I.D. and Ulyanov, A.A.**, 2002, Lead isotopic ages of chondrules and calcium-aluminum-rich inclusions, *Science*, 297, 1678-1683 pp. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1073950>
- Beck, P., Garenne, A., Quirico, E., Bonal, L., Montes-Hernandez, G., Moynier, F. and Schmitt, B.**, 2014, Transmission infrared spectra (2-25 μm) of carbonaceous chondrites (CI, CM, CV CK, CR, C2 ungrouped): Mineralogy, water, and asteroidal processes, *Icarus*, 229, 263-277 pp.
- Bierhaus, E.B., Rossmann, F., Johnson, C., Daly, R.T., Golish, D., Nollau, J., Allen, A., Campins, H., Pajola, M., Rizk, B., D'Aubigny, C., DellaGiustina, D., Cloutis, E., Trang, D. and Lauretta, D.S.**, 2023, A subsurface layer on asteroid (101955) Bennu and implications for rubble pile asteroid evolution, *Icarus*, 406, 1-27 pp. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115736>
- Bishop, J.L., Lane, M.D., Dyar, M.D., King, S.J., Brown, A.J. and Swayze, G.A.**, 2014, What lurks in the Martian rocks and soil? Investigations of sulfates, phosphates, and perchlorates spectral properties of Ca-sulfates: Gypsum, bassanite, and anhydrite[†], *American Mineralogist*, 99, 2105-2115 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Bland, P.A., Hoffman, E., Krot, A.N. and Berry, F.J., 2000, CV3 chondrites: How oxidised or reduced?, 63rd Annual Meteoritical Society Meeting, Meteoritics, 35, A28.

Bonal, L., Quirico, E. And Bourot-Denise, M., 2004, Petrologic type of CV3 chondrites as revealed by Raman spectroscopy of organic matter, 35th Lunar and Planetary Science Conference, League City, Texas, abstract no.1562.

Bonal, L., Quirico, E., Bourot-Denise, M. And Montagnac, G., 2006, Determination of the petrologic type of CV3 chondrites by Raman spectroscopy of included organic matter, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(7), 1849-1863 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2005.12.004>

Bonal, L., Quirico, E., Flandinet, L. And Montagnac, G., 2016, Thermal history of type 3 chondrites from the Antarctic meteorite collection determined by Raman spectroscopy of their polyaromatic carbonaceous matter, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 189, 312-337 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2016.06.017>

Bonal, L., Gattacceca, J., Garenne, A., Eschrig, J. And Rochette, P., Krämer Ruggiu, L., 2020, Water and heat: New constraints on the evolution of the CV chondrite parent body, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 276, 363-383 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.03.009>

Bullock, E.S., MacPherson, G.J., Nagashima, K., Krot, A.N., Petaev, M.I., Jacobsen, S.B. and Ulyanov, A.A., 2012, Forsterite-bearing type B refractory inclusions from CV3 chondrites: From aggregates to volatilized melt droplets, *Meteoritics & Planetary Science*, 47, 2128-2147 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2012.01396.x>

Bullock, E.S., Knight, K.B., Richter, F.M., Kita, N.M., Ushikubo, T., MacPherson, G.J., Davis, A.M. and Mendybaev, R.A., 2013, Mg and Si isotopic fractionation patterns in types B1 and B2 CAIs: Implications for formation under different nebular conditions, *Meteoritics & Planetary Science*, 48, 8, 1440-1458 pp. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.05.002>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Burchell, M.J., Mann, J., Creighton, J.A., Kearsley, A.T., Graham, G. and Franchi, I.A., 2006, Identification of minerals and meteoritic materials via Raman techniques after capture in hypervelocity impacts on aerogel, *Meteoritics & Planetary Science*, 41, 2, 217-232 pp.

Buseck, P.R. and Hua, X., 1993, Matrices of carbonaceous chondrite meteorites, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 21 (A94-10876 01-91), 255-305 pp.

Chaumard N., Devouard B., Bouvier, A. and Wadhwa, M., 2014, Metamorphosed calcium-aluminum-rich inclusions in CK carbonaceous chondrites, *Meteoritics & Planetary Science*, 49, 3, 419-452 pp.
<https://doi.org/10.1111/maps.12260>

Christophe Michel-Lévy, M., 1968, Un chondre exceptionnel dans la météorite de Vigarano, *Bulletin de Minéralogie*, 91(2), 212-214 pp.

Ciceri, F., 2023, Physical, mechanical, and elastic properties of chondrite lithologies, PhD Thesis, University of Calgary, 182p.

Cloutis, E.A., Hudon, P., Hiroi, T., Gaffey, M.J., Mann, P. and Bell III, J.F., 2012, Spectral reflectance properties of carbonaceous chondrites: 6. CV chondrites, *Icarus*, 221, 328-358 pp. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.07.007>

Cloutis, E.A., Mann, P., Izawa, M.R.M., Nathues, A., Reddy, V., Hiesinger, H., Le Corre, L., and Palomba, E., 2013, The 2.5-5.1 μm reflectance spectra of HED meteorites and their constituent minerals: implications for Dawn, *Icarus*, 225, 581-601 pp. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.04.022>

Cody, G.D., Alexander, C.M.O'D., Yabuta, H., Kilcoyne, A.L.D., Araki, T., Ade, H., Dera, P., Fogel, M., Militzer, B. And Mysen, B.O., 2008, Organic thermometry for chondritic parent bodies, *Earth and Planetary Science Letters*, 272(1-2), 446-455 pp. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.05.008>

Crupi, V., Giunta, A., Kellett, B., Longo, F., Maisano, G., Majolino, D., Scherillo A. and Venutia, V., 2014, Handheld and non destructive methodologies for the compositional investigation of meteorite fragments, *Analytical Methods*, 16, 1-8 pp. <http://dx.doi.org/10.1039/C4AY00253A>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Dall'Asén, A.G., Dimas, S.I., Tyler, S., Johnston, J.F., Anderton, T.R., Ivans, I.I., Gerton, J.M., Bromley, B.C. and Kenyon, S.J., 2017, Mapping the composition of chondritic meteorite Northwest Africa 3118 with micro-Raman spectroscopy, *Spectroscopy Letters*, 50, 8, 417-425 pp. <https://doi.org/10.1080/00387010.2017.1346689>

Dall'Asén, A.G., Paul, R., Stokke, A.R., Kayastha, R., Bromley, B.C. and Kenyon, S.J., 2019, Comparing carbonaceous chondritic meteorites using micro-Raman spectroscopy and SEM/EDS, 50th Lunar and Planetary Science Conference, Woodlands, Texas, LPI Contribution No. 2132, id.2897.

Dartois, E., Kebukawa, Y., Yabuta, H., Mathurin, J., Engrand, C., Duprat, J., Bejach, L., Dazzi, A., Deniset-Besseau, A., Bonal, L., Quirico, E., Sandt, C., Borondics, F., Barosch, J., Cody, G.D., De Gregorio, B.T., Hashiguchi, M., Kilcoyne, D.A.L., Komatsu, M., Martins, Z., Matsumoto, M., Montagnac, G., Mostefaoui, S., Nittler, L.R., Ohigashi, T., Okumura, T., Remusat, L., Sandford, S., Shigenaka, M., Stroud, R., Suga, H., Takahashi, Y., Takeichi, Y., Tamenori, Y., Verdier-Paoletti, M., Yamashita, S., Nakamura, T., Morita, T., Kikuri, M., Amano, K., Kagawa, E., Noguchi, T., Naraoka, H., Okazaki, R., Sakamoto, K., Yurimoto, H., Abe, M., Kamide, K., Miyazaki, A., Nakato, A., Nakazawa, S., Nishimura, M., Okada, T., Saiki, T., Tachibana, S., Tanaka, S., Terui, F., Tsuda, Y., Usui, T., Watanabe, S., Yada, T., Yogata, K. and Yoshikawa, M., 2023, Chemical composition of carbonaceous asteroid Ryugu from synchrotron spectroscopy in the mid- to far-infrared of Hayabusa2-returned samples, *A&A*, 671, A2, 1-30 pp. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202244702>

Dirri, F., Ferrari, M., Palomba, E., Longobardo, A., Stefani, S., Rotundi, A., Galiano, A. and Nardi, L., 2017, FT-IR and μ -IR analysis of Carbonaceous Chondrite meteorites characterization as possible analogue of next sample returned materials, European Planetary Science Congress, EPSC Abstracts Vol. 11, EPSC 2017-851.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dirri, F., Ferrari, M., Palomba, E., Stefani, S., Longobardo, A. and Rotundi, A.**, 2018, Chondrules alteration study of NWA 2086 CV3 meteorite by using μ -IR and SEM/EDS combined analysis and implications for asteroid parent body, European Planetary Science Congress, EPSC Abstracts Vol. 12, EPSC2018-481.
- Dodd, R.T.**, 1976, Accretion of the ordinary chondrites, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 30, 281-291 pp. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(76\)90255-7](https://doi.org/10.1016/0012-821X(76)90255-7)
- Fintor, K., Park, C., Nagy, S., Pál-Molnár, E. and Krot, A.N.**, 2014, Hydrothermal origin of hexagonal $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (dmisteinbergite) in a compact type A CAI from the Northwest Africa 2086 CV3 chondrite, *Meteoritics & Planetary Science*, 49, 5, 812-823 pp. <http://dx.doi.org/10.1111/maps.12294>
- Fraknoi, A., Morrison, D. and Wolff, S.**, 2000, Voyages Through the Universe, 2nd Ed., *Harcourt College Pub*, 600p.
- Futó, P., Vanyó, J., Simonia, I., Sztakovics, J., Nagy, M., Gucsik, A., Dönczö, B., Kertész, Z., Novák, R. and Csámer, A.**, 2021, The Mg/Fe ratio of silicate minerals in the meteoritic materials and in the circumstellar environment: A case study for the chondritic-like composition, *Open Astron.*, 30, 45-55 pp. <http://dx.doi.org/10.1515/astro-2021-0006>
- Ganino, C. and Libourel, G.**, 2017, Reduced and unstratified crust in CV chondrite parent body, *Nature Communications*, 8, 261p. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-00293-1>
- Gasda, P.J.**, 2014, The aqueous alteration of carbon-bearing phases in CR carbonaceous chondrites, Phd Thesis, University of Hawaii, 164p.
- Ghimire, B., Dall'Asén, A., Gerton, J., Ivans, I. and Bromley, B.**, 2012, Raman spectroscopy investigation in the NWA 3118 meteorite: Implications for planet formation, APS March Meeting, abstract id. K1.035.
- Gounelle, M. and Zolensky, M.E.**, 2001, A terrestrial origin for sulfate veins in CI1 chondrites, *Meteoritics & Planetary Science*, 36, 1321-1329 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2001.tb01827.x>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Gounelle, M. and Zolensky, M.E., 2014, The Orgueil meteorite: 150 years of history, *Meteoritics & Planetary Science*, 49, 10, 1769-1794 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.12351>

Grady, M.M., Pratesi, G. and Cecchi, V.M., 2013, Atlas of meteorites, Cambridge University Press, 373p.

Grossman, J.N., Rubin, A.E., Nagahara, H. And King, E.A., 1988a, Properties of chondrules, In: Meteorites and the early solar system (A89-27476 10-91), Kerridge J.F and Matthews M.S. (Eds.), *University of Arizona Press*, Tucson, 619-659 pp.

Grossman J.N., 1988b, Formation of chondrules, In meteorites and the early solar system (A89-27476 10-91), Kerridge J.F. and Matthews, M.S. (Eds.), *U. Arizona Press*, Tuscon, 680-696 pp.

Gucsik, A., Endo, T., Nakazato, E., Nishido, H., Ninagawa, K., Kayama, M., Bérczi, Sz., Nagy, Sz., Ábrahám, P., Kimura, Y., Gyollai, I., Simonia, I., Rózsa, P., Posta, J., Nagy, M., Mihályi, K., Apai, D. and Futó, P., 2011, Cathodoluminescence characterization of the forsterite in Kaba meteorite: An astromineralogical application, Lunar and Planetary Science Conference, Houston, Woodlands, Vol. 42.

Gucsik, A., Endo, T., Nishido, H., Ninagawa, K., Kayama, M., Bérczi, S., Nagy, S., Ábrahám, P., Kimura, Y., Miura, H., Gyollai, I., Simonia, I., Rózsa, P., Posta, J., Apai, D., Mihályi, K., Nagy, M. and Ott, U., 2013, Cathodoluminescence microscopy and spectroscopy of forsterite from Kaba meteorite: An application to the study of hydrothermal alteration of parent body, *Meteoritics & Planetary Science*, 48, 12, 2577-2596 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.12238>

Habach, A., 2014, Micro-Raman spectroscopy of carbonaceous chondrite meteorites, Bachelor Thesis, University of Central Florida, 52p.

Hapke, B., 1996, Applications of an energy transfer model to three problems in planetary regoliths: the solid-state greenhouse, thermal beaming, and emittance spectra, *J. Geophys. Res.*, 101, 16833-16840 pp. <https://doi.org/10.1029/96JE00918>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hanesch, M.**, 2009, Raman spectroscopy of iron oxides and (oxy)hydroxides at low laser power and possible applications in environmental magnetic studies, *Geophysical Journal International*, 177, 3, 941-948 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04122.x>
- Hewins, R.H., Connolly, H.C., Jr., Lofgren, G.E. and Libourel, G.**, 2005, Experimental constraints on chondrule formation, Krot, A.N., Scott, E.R.D. and Reipurth, B. (Eds.), *Chondrites and the Protoplanetary Disk ASP Conference Series*, Vol. 341, 281-316 pp.
- Howard, K.T., Benedix, G.K., Bland, P.A. and Cressey, G.**, 2010, Modal mineralogy of CV3 chondrites by X-ray diffraction (PSD-XRD), *Geochim Cosmochim Ac.*, 74, 5084-5097 pp. [10.1016/j.gca.2010.06.014](https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.06.014)
- Huang, E., Chen, C.H., Huang, T., Lin, E.H. and Xu, J.**, 2000, Raman spectroscopic characteristics of Mg-Fe-Ca pyroxenes, *American Mineralogist*, 85, 3-4, 473-479 pp. <https://doi.org/10.2138/am-2000-0408>
- Huss, G.R., Rubin, A.E. and Grossman, J.N.**, 2006, Thermal metamorphism in chondrites, *Meteorites and the Early Solar System II*, Lauretta D.S. and McSween, H.Y., Jr. (Eds.), *University of Arizona Press*, Tucson, Arizona, 567-586 pp.
- Jaggi, N. and Vij, D.R.**, 2021, Fourier transform infrared spectroscopy, *Handbook of Applied Solid State Spectroscopy*, Springer, 411-450 pp. http://dx.doi.org/10.1007/0-387-37590-2_9
- Jenkins, L.E., Lee, M.R., Daly, L., King, A.J., Floyd, C.J., Martin, P., Almeida, N.V. and Genge, M.J.**, 2023, Winchcombe: An example of rapid terrestrial alteration of a CM chondrite, *Meteoritics & Planetary Science*, 1-18 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.13949>
- Jinping, H.**, 2016, Shock metamorphism in ordinary chondrites: constraining pressure and temperature history, Phd Thesis, Arizona State University, Graduate College/ASU Library, 195p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Jogo, K., Ito, M., Wakita, S., Kobayashi, S. and Lee, J.I., 2019, Origin of the metamorphosed clasts in the CV3 carbonaceous chondrite breccias of Graves Nunataks 06101, Vigarano, Roberts Massif 04143, and Yamato-86009, *Meteoritics & Planetary Science*, 54, 5, 1133-1152 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.13272>

Johnson, J.M., 2018, Insights into fluid-rock interactions on the CV3 carbonaceous chondrite asteroid: The complex record in the Allende-like CV3 chondrite, NWA 2364, MsC Thesis, The University of New Mexico, 158p.

Kayastha, R., Paul, R. and Stokke, A., 2019, Comparative study of carbonaceous meteorites using micro-Raman spectroscopy and SEM/EDS, Proceedings of The National Conference On Undergraduate Research (NCUR), April 11-13, 2019, Kennesaw State University, Kennesaw, Georgia, 350-358 pp.

Kebukawa, Y., Alexander, C.M.O'D. and Cody, G.D., 2019, Comparison of FT-IR spectra of bulk and acid insoluble organic matter in chondritic meteorites: An implication for missing carbon during demineralization, *Meteoritics & Planetary Science*, 54, 7, 1632-1641 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.13302>

Kebukawa, Y., Quirico, E., Dartois, E., Yabuta, H., Bejach, L., Bonal, L., Dazzi, A., Deniset-Besseau, A., Duprat, J., Engrand, C., Mathurin, J., Barosch, J., Cody, G.D., De Gregorio, B., Hashiguchi, M., Kamide, K., Kilcoyne, D., Komatsu, M., Martins, Z., Montagnac, G., Mostefaoui, S., Nittler, L.R., Ohgashi, T., Okumura, T., Remusat, L., Sandford, S., Shigenaka, M., Stroud, R., Suga, H., Takahashi, Y., Takeichi, Y., Tamenori, Y., Verdier-Paoletti, M., Wakabayashi, D., Yamashita, S., Yurimoto, H., Nakamura, T., Noguchi, T., Okazaki, R., Naraoka, H., Sakamoto, K., Tachibana, S., Yada, T., Nishimura, M., Nakato, A., Miyazaki, A., Yogata, K., Abe, M., Okada, T., Usui, T., Yoshikawa, M., Saiki, T., Tanaka, S., Terui, F., Nakazawa, S., Watanabe, S. and Tsuda, Y., 2023, Infrared absorption spectra from organic matter in the asteroid Ryugu samples: Some unique properties compared to unheated carbonaceous chondrites, *Meteoritics & Planetary Science*, 1-14 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.14064>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kereszturi, A., Gyollai, I. and Szabó, M.,** 2015, Case study of chondrule alteration with IR spectroscopy in NWA 2086 CV3 meteorite, *Planetary and Space Science*, 106, 122-131 pp. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2014.12.015>
- Khoshhesab, Z.M.,** 2012, Reflectance IR Spectroscopy, Theophile, T. (Ed.), Infrared Spectroscopy-Materials Science, Engineering and Technology, InTech, 233-244 pp. <http://dx.doi.org/10.5772/37180>
- Kim, C. and Yang, J.,** 1998, Quantitative FT-IR analysis for chondritic meteorites: search for c₆₀ in meteorites, *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 15(1), 151-162p.
- Kimura M. and Ikeda Y.,** 1995, Anhydrous alteration of Allende chondrules in the solar nebula II: Alkali-Ca exchange reactions and formation of nepheline, sodalite and Ca-rich phases in chondrules, Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Meteorites, 8, 123-138 pp.
- Kimura, M. and Ikeda, Y.,** 1998, Hydrous and anhydrous alterations of chondrules in Kaba and Mokoia CV chondrites, *Meteorit Planet Sci.*, 33, 1139-1146 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.1998.tb01718.x>
- Koga, T. And Naraoka, H.A.,** 2017, A new family of extraterrestrial amino acids in the Murchison meteorite, *Sci. Rep.*, 7, 636p. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-00693-9>
- Kornacki, A.S. and Wood, J.A.,** 1984, The mineral chemistry and origin of inclusion matrix and meteorite matrix in the Allende CV3 chondrite, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 1663-1667 pp. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(84\)90335-1](https://doi.org/10.1016/0016-7037(84)90335-1)
- Krolop, P., Jantschke, J., Gilbricht, S., Niiranen, K. and Seifert, T.,** 2019, Mineralogical imaging for characterization of the Per Geijer Apatite Iron Ores in the Kiruna district, Northern Sweden: A comparative study of mineral liberation analysis and Raman imaging, *Minerals*, 9, 9, 544. <https://doi.org/10.3390/min9090544>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Krot, A.N., Scott, E.R.D. and Zolensky M.E., 1995, Mineralogical and chemical modification of components in CV3 chondrites: Nebular or asteroidal processing?, *Meteoritics*, 30, 6, 748-775 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.1995.tb01173.x>

Krot, A.N., Petaev, M.I., Scott, E.R.D., Choi, B.G., Zolensky, M.E. and Keil, K., 1998, Progressive alteration in CV3 chondrites: More evidence for asteroidal alteration, *Meteoritics & Planetary Science*, 33, 1065-1085 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.1998.tb01713.x>

Krot, A.N., Petaev, I.M. and Bland, P.A., 2004, Multiple formation mechanisms of ferrous olivine in CV carbonaceous chondrites during fluid-assisted metamorphism, *Antarctic Meteorite Research*, 17, 153-171 pp.

Krot, A.N., Nagashima, K., Fintor, K. and Pál-Molnár, E., 2019, Evidence for oxygen-isotope exchange in refractory inclusions from Kaba (CV3.1) carbonaceous chondrite during fluid-rock interaction on the CV parent asteroid, *Geochim Cosmochim Acta*, 246, 419-435 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2018.11.002>

Krot, A.N., Doyle, P.M., Nagashima, K., Dobrica, E. and Petaev, M.I., 2022, Mineralogy, petrology, and oxygen-isotope compositions of magnetite ± fayalite assemblages in CO3, CV3, and LL3 chondrites, *Meteoritics & Planetary Science*, 57, 2, 392-428 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.13709>

Kuebler, K.E., Jolliff, B.L., Wang, A. and Haskin, L.A., 2006, Extracting olivine (Fo-Fa) compositions from Raman spectral peak positions, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70, 24, 6201-6222 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.07.035>

Lafuente, B., Downs, R.T., Yang, H. and Stone, N., 2016, The power of databases: The RRUFF project, Armbruster, T. and Danisi, R. (Eds.), *Highlights in Mineralogical Crystallography*, Berlin, München, Boston: De Gruyter (O), 1-30 pp. <https://doi.org/10.1515/9783110417104-003>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

LeBleu-DeBartola, A., 2019, Insights into the formation and evolution of organics within carbonaceous chondrite meteorites from hyperspectral Raman and Infrared mapping, EPSC-DPS Joint Meeting, Geneva, Switzerland, id. EPSC-DPS2019-2073.

Le Bras, A. and Erard, S., 2003, Reflectance spectra of regolith analogs in the midinfrared: effects of grain size, *Planet. Space Sci.*, 51, 281-294 pp. [https://doi.org/10.1016/S0032-0633\(03\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0032-0633(03)00017-5)

Lee, W. and Wdowiak, T.J., 1993, Origin of the hydrocarbon component of carbonaceous chondrites: the star-meteorite connection, *Astrophysical Journal Letters*, 417, L49p. <https://doi.org/10.1086/187091>

Liu, Y., Wang, A. and Freeman J.J., 2009, Raman, MIR, and NIR spectroscopic study of calcium sulfates: Gypsum, bassanite, and anhydrite, 40th Lunar and Planetary Science Conference, Woodlands, Texas, id.2128.

Lorenz, C., Ivanova, M., Krot, A. and Shuvalov, V., 2019, Formation of disk- and bowl-shaped igneous Ca,Al-rich inclusions: Constraints from their morphology, textures, mineralogy and modelling, *Geochemistry*, 79, 125523. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2019.07.005>

MacPherson, G.J., Huss, G.R. and Davis, A.M., 2003, Extinct ^{10}Be in type A Calcium-Aluminum-Rich inclusions from CV chondrites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, 17, 3165-3179 pp. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(02\)01298-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(02)01298-X)

MacPherson, G.J., Simon, S.B., Davis, A.M., Grossman, L. and Krot, A.N., 2005, Calcium-Aluminum-rich inclusions: Major unanswered questions, *ASP Conference Series*, 341, 225-250 pp.

MacPherson, G.J., Kita, N.T., Ushikubo, T., Bullock, E.S. and Davis, A.M., 2012, Well-resolved variations in the formation ages for Ca-Al-rich inclusions in the early Solar System, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 331-332, 43-54 pp. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.03.010>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

MacPherson, G.J., Nagashima, K., Krot, A.N., Doyle, P.M. and Ivanova, M.A., 2015, ^{53}Mn - ^{53}Cr Systematics of Ca-Fe Silicates in CV3 Chondrites, 46th Lunar and Planetary Science Conference, Houston, Texas, USA.

MacPherson, G.J., Nagashima K., Krot, A.N., Doyle, P.M. and Ivanova, M., 2017, ^{53}Mn - ^{53}Cr chronology of Ca-Fe silicates in CV3 chondrites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 201, 260-274 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2016.09.032>

Mautner, M.N. and Sinaj, S., 2002, Water-extractable and exchangeable phosphate in Martian and carbonaceous chondrite meteorites and in planetary soil analogs, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66(17), 3161-3174 pp. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(02\)00910-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(02)00910-9)

May, C., Russell, S.S. and Grady, M.M., 1999, Analysis of chondrule and CAI size and abundance in CO3 and CV3 chondrites: a preliminary study, In 30th Lunar and Planetary Science Conference (abstract #1688).

McSween, H.Y., Jr., 1977, Petrographic variations among carbonaceous chondrites of the Vigarano type, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41(12), 1777-1790 pp. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(77\)90210-1](https://doi.org/10.1016/0016-7037(77)90210-1)

Meinschein, W.G., Nagy, B. and Hennessey, D.J., 1963, Evidence in meteorites of former life: the organic compounds in carbonaceous chondrites are similar to those found in marine sediments, *Annals New York Academy of Sciences*, 108(2), 553-579 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1963.tb13408.x>

Morlok, A., Köhler, M. and Grady, M.M., 2008, Mid-infrared spectroscopy of refractory inclusions (CAIs) in CV and CO chondrites, *Meteoritics & Planetary Science*, 43(7), 1147-1160 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2008.tb01119.x>

Morlok, A., Schiller, b., Weber, I., Daswani, M.M., Stojic, A.N., Reitze, M.P., Gramse, T., Wolters, S.D., Hiesinger, H., Grady, M.M. and Helbert, J., 2020, Mid-infrared reflectance spectroscopy of carbonaceous chondrites and Calcium-Aluminum-rich inclusions, *Planetary and Space Science*, 193, 1-16 pp. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105078>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Murae, T.**, 1994, FT-IR spectroscopic studies of major organic matter in carbonaceous chondrites using microscopic technique and comparison with terrestrial kerogen, *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites*, 7, 262-274 pp.
- Norton, R.O. and Chitwood, L.A.**, 2008, Field Guide to Meteors and Meteorites, Springer, Verlag London Limited, 282p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84800-157-2>
- Patzer, A., Hezel, D.C., Bendel, V. and Pack, A.**, 2018, Chondritic ingredients: II. Reconstructing early solar system history via refractory lithophile trace elements in individual objects of the Leoville CV3 chondrite, *Meteoritics & Planetary Science*, 53, 7, 1391-1412 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.13084>
- Paque, J.M. and Cuzzi, J.N.**, 1997, Physical characteristics of chondrules and rims and aerodynamic sorting in the solar nebula, In 28th Lunar and Planetary Science Conference (abstract #1189).
- Perkins, W.D.**, 1986, Fourier Transform-Infrared spectroscopy, Settle., F.A., Jr. (Ed.), *Journal of Chemical Education*, 63, 1, 5-10 pp.
- Pizzarello, S., Cooper, G. and Flynn, G.**, 2006, The nature and distribution of the organic material in carbonaceous chondrites and interplanetary dust particles. In Meteorites and the Early Solar System II, *Univ. Arizona Press*, 625-651 pp.
- Posch, T.H., Mutschke, H., Trieloff, M. and Henning, T.H.**, 2007, Infrared spectroscopy of calcium-aluminum-rich inclusions: Analog material for protoplanetary dust? *The Astrophysical Journal*, 656, 1, 615-620 pp. <http://dx.doi.org/10.1086/510445>
- Paul, R.**, 2018, Comparative study of CV3 carbonaceous chondrites Allende and Bali using micro-Raman spectroscopy and SEM/EDS, Master's Thesis, Minnesota State University, Mankato, 81p.
- Ross, D.K., Simon, J.I. and Zolensky, M.**, 2017, NWA10758: A new CV3 chondrite bearing a giant CAI with hibonite-rich Wark-Lovering rim, Annual Meeting of The Meteoritical Society, JSC-CN-39701.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rubin, A.E.**, 1997, Mineralogy of meteorite groups, *Meteoritics & Planetary Science*, 32, 231-247 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.1997.tb01262.x>
- Rubin, A.E.**, 2000, Petrologic, geochemical and experimental constraints on models of chondrule formation, *Earth-Sci. Rev.*, 50, 1-2, 3-27 pp. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(99\)00067-7](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(99)00067-7)
- Salisbury, J.W., Hapke, B. and Eastes, J.W.**, 1987, Usefulness of weak bands in midinfrared remote sensing of particulate planetary surfaces, *J. Geophys. Res.*, 92, 702-710 pp. <https://doi.org/10.1029/JB092iB01p00702>
- Salisbury, J.W. and Walter, L.S.**, 1989, Thermal infrared (2.5-13.5 μm) spectroscopic remote sensing of igneous rock types on a particulate planetary surfaces, *J. Geophys. Res.*, 94, 9192-9202 pp. <https://doi.org/10.1029/JB094iB07p09192>
- Sephton, M.A.**, 2002, Organic compounds in carbonaceous meteorites, *Natural Product Reports*, 19(3), 292-311 pp. <http://dx.doi.org/10.1039/B103775G>
- Schmid, T. and Dariz, P.**, 2020, Editorial for the special issue “Modern Raman spectroscopy of minerals”, *Minerals*, 10, 10, 860. <https://doi.org/10.3390/min10100860>
- Schneider, C.A., Rasband, W.S. and Eliceiri, K.W.**, 2012, NIH image to ImageJ: 25 years of image analysis, *Nature Methods*, 9, 671-675 pp. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
- Skulteti, A. and Kereszturi, A.**, 2019, Infrared ATR and DRIFTS based meteorite analysing methods and their results are presented and compared for NWA 11469 and Allende meteorites, 50th Lunar and Planetary Science Conference, Woodlands, Texas. LPI Contribution No. 2132, id.1046.
- Skulteti, A., Kereszturi, A., Kereszty, Zs., Pal, B., Szabo, M. and Cipriani, F.**, 2020a, Mid-infrared spectroscopic investigation of meteorites and perspectives for thermal infrared observations at the binary asteroid Didymos, *Planetary and Space Science*, 184, 1-14 pp. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.104855>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Skulteti, A., Kereszturi, A., Kereszty, Zs., Pal, B., Szabo, M. and Cipriani, F.,** 2020b, Role of spectral resolution for infrared asteroid compositional analysis using meteorite spectra, *MNRAS*, 496, 689-694 pp. <https://doi.org/10.1093/mnras/staa1475>
- Smith, B. C.,** 2011, Fundamentals of Fourier transform infrared spectroscopy, Second Edition, *CRC Press*, 198p. <https://doi.org/10.1201/b10777>
- Starkey, N.A., Franchi, I.A. and Alexander, C.M.O'd.,** 2013, A Raman spectroscopic study of organic matter in interplanetary dust particles and meteorites using multiple wavelength laser excitation, *Meteoritics & Planetary Science*, 48(10), 1800-1822 pp. <https://doi.org/10.1111/maps.12196>
- Stokke, A.R.,** 2018, Compositional and topographical characterization of carbonaceous chondritic meteorites Moss and Murray using micro-Raman spectroscopy and SEM/EDS, MSc Thesis, Minnesota State University, Masters Abstracts International, 58(1), 74p.
- Szurgot, M., Karczewska, A. and Kozanecki, M.,** 2006, Extraterrestrial diamonds, In book: Nanodiam. New technologies for medical applications: studying and production of carbon surfaces allowing for controllable bioactivity, Mitura, S., Niedzielski, P. and Walkowiak, B. (Eds.), 1st Chapter, Ch. 20, *Wydawnictwo Naukowe PWN*, 259-287 pp.
- Szurgot, M. and Polański, K.,** 2008, Microstructure of NWA 4435 meteorite, *Scientific Bulletin of The Technical University of Lodz, Physics*, Vol. 29, No. 1030.
- Thomas, S., Thomas, R., Zachariah, A.K. and Mishra, R.K.,** 2017, Spectroscopic methods for nanomaterials characterization, *Micro and Nano Technologies*, Elsevier, 2, 444p. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-46140-5.01001-3>
- Tomeoka, K. and Ohnishi, I.,** 2014, Olivine-rich rims surrounding chondrules in the Mokoia CV3 carbonaceous chondrite: Further evidence for parent-body processes, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 137, 18-34 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.04.004>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tribaudino, M., Mantovani, L., Bersani, D. and Lottici, P.P.**, 2012, Raman spectroscopy of (Ca, Mg)MgSi₂O₆ clinopyroxenes, *American Mineralogist*, 97, 8-9, 1339-1347 pp. <https://doi.org/10.2138/am.2012.4057>
- Trigo-Rodríguez, J.M., Moyano-Camero, C.E., Llorca, J., Fornasier, S., Barucci, M.A., Belskaya, I., Martins, Z., Rivkin, A.S., Dotto, E., Madiedo, J.M. and Alonso-Azcárate, J.**, 2014, UV to far-IR reflectance spectra of carbonaceous chondrites - I. Implications for remote characterization of dark primitive asteroids targeted by sample-return missions, *MNRAS*, 437, 227-240 pp. <https://doi.org/10.1093/mnras/stt1873>
- Van Schmus, W.R.**, 1969, The mineralogy and petrology of chondritic meteorites, *Earth-Science Reviews*, 5(3), 145-184 pp.
- Varela, M.E. and Métrich, N.**, 2000, Carbon in olivines of chondritic meteorites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64(19), 3433-3438 pp. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(69\)90076-2](https://doi.org/10.1016/0012-8252(69)90076-2)
- Van den Neucker, A., Bonato, E., Maturilli, A., Schwinger, S., Helbert, J., Baqué, M., Hamm, M., Alemanno, G. and D'Amore, M.**, 2023, Carbonates from Ryugu: Evidence of parent body aqueous alteration in sample A0112, 86th Annual Meeting of the Meteoritical Society, #6223.
- Viczián, I. and Kristály, F.**, 2023, Clay minerals and other hydrous alteration products in the Kaba meteorite: Review of the literature and new XRD investigations, *Open Astronomy*, 32, 1, 1-12 pp. <https://doi.org/10.1515/astro-2022-0213>
- Voropaev, S., Böttger, U., Pavlov, S.G., Hanke, F., Petukhov, D.**, 2022, Raman spectra of the Markovka chondrite (H4), *J Raman Spectrosc.*, 53, 463-471 pp. <https://doi.org/10.1002/jrs.6147>
- Wang, A., Jollif, L.B., Haskin, L.A., Kuebler K.E. and Viskupic K.M.**, 2001, Characterization and comparison of structural and compositional features of planetary quadrilateral pyroxenes by Raman spectroscopy, *American Mineralogist*, 86, 790-806 pp. <https://doi.org/10.2138/am-2001-0703>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wark, D.A. and Lovering, J.F., 1977, Marker events in the early solar system: Evidence from rims on Ca-Al-rich inclusions in carbonaceous chondrites, *Proc. Lunar Sci. Conf.*, 8, 95-112 pp.

Wark, D. and Boynton, W.V., 2001, The formation of rims on calcium-aluminum-rich inclusions: Step I-Flash heating, *Meteoritics & Planetary Science*, 36, 1135-1166 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2001.tb01949.x>

Wasserburg, G.J., Hutcheon, I.D., Aléon, J., Ramon, E.C., Krot, A.N., Nagashima, K. and Brearley, A.J., 2011, Extremely Na- and Cl-rich chondrule from the CV3 carbonaceous chondrite Allende, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75, 17, 4752-4770 pp. [10.1016/j.gca.2011.06.004](https://doi.org/10.1016/j.gca.2011.06.004)

Wasson, J.T., Isa, J. and Rubin, A.E., 2013, Compositional and petrographic similarities of CV and CK chondrites: A single group with variations in textures and volatile concentrations attributable to impact heating, crushing and oxidation, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 108, 45-62 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2013.01.011>

Weselucha-Birczyńska, A. and Żmudzka, M., 2008, Micro-Raman spectroscopy characterization of selected meteorites, *Journal of Molecular Structure*, 887, 1-3, 253-261 pp. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2008.01.029>

Wlotzka, F., 1993, A weathering scale for the ordinary chondrites, *Meteoritics*, 28(3), 460-460p.

Yoshizaki, T., Nakashima, D., Nakamura, T., Park, C., Sakamoto, N., Ishida, H. and Itoh, S., 2019, Nebular history of an ultrarefractory phase bearing CAI from a reduced type CV chondrite, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 252, 39-60 pp. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.02.034>

Zolensky, M., Nakamura, K., Weisberg, M.K., Prinz, M., Nakamura, T. and Ohsumi, K., 2003, A primitive dark inclusion with radiation-damaged silicates in the Ningqiang carbonaceous chondrite, *Meteoritics & Planetary Science*, 38, 2, 305-322 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2003.tb00266.x>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zolensky, M., Han, J., Le, L., Unsalan, O., Altunayar-Unsalan, C. and Buchanan, P., 2023, A rather thick, multilayered, accretionary rim on a rather large CAI in the NWA 10758 CV3 chondrite, 86th annual meeting of The Meteoritical Society (METSOC), 13-18 August 2023, UCLA, U.S.A., poster number 6154.

Zolensky, M., 2023, Results of the preliminary analyses of asteroid Ryugu regolith samples returned by the Hayabusa2 mission, *Microscopy and Microanalysis*, 29, 1, 832-833 pp. [10.1093/micmic/ozad067.413](https://doi.org/10.1093/micmic/ozad067.413)

Zolotov, M.Y., Mironenko, M.V. and Shock, E.L., 2006, Thermodynamic constraints on fayalite formation on parent bodies of chondrites, *Meteoritics & Planetary Science*, 41, 1775-1796 pp. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2006.tb00451.x>

AccuWeather, <https://www.accuweather.com/en/space-news/why-do-meteors-glow-in-vibrant-colors/433610> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

Arizona State University, <https://meteorites.asu.edu/> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

Dokuz Eylül Üniversitesi, <https://merkeziarastirmalab.ikcu.edu.tr/> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

Ege Üniversitesi, <https://egematal.ege.edu.tr/> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

Encyclopedia of Meteorites, <https://encyclopedia-of-meteorites.com/> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

Meteoritical Bulletin, <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

Minerals Database, <https://www.mindat.org/> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

NASA, <https://astrobiology.nasa.gov/news/an-update-from-alh84001/> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

NASA, <https://curator.jsc.nasa.gov/education/classification.cfm> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

NASA, <https://ares.jsc.nasa.gov/research/laboratories/scanning-electron-microscopes.html> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

NASA, <https://ares.jsc.nasa.gov/research/laboratories/raman-microprobe.html> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

RRUFF Project, <https://rruff.info/> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)

Washington University, <https://sites.wustl.edu/meteoritesite/> (Erişim tarihi: 27 Kasım 2023)



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam süresi boyunca, her türlü desteği sağlayan değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Sayın Ozan ÜNSALAN'a ve analizler süresince yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Çisem ALTUNAYAR ÜNSALAN'a teşekkür ederim. Eğitimim ve tez çalışmam süresince değerli görüşlerinden yararlandığım ve tezimin biçimlenmesinde kıymetli katkılarını aldığım, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Bölümü'nden Prof. Dr. Osman CANDAN ve Prof. Dr. Tolga OYMAN'a, NASA Astromalzemeler Araştırma ve Keşif Bilimi (ARES) Bölümü'nden Dr. Michael E. ZOLENSKY ve Dr. Ryan JAKUBEK'e ve aynı zamanda tez çalışmamın izleme komitesi üyeleri olan değerli hocalarım Dokuz Eylül Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden Dr. Öğr. Üyesi Murat ALKAN ve Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden Prof. Dr. Şule Erten ELA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Tüm eğitimim boyunca hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili annem Sende İdil ve babam Recep KAMİL'e teşekkür ederim. Bu tez çalışması, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, doktora tezi kapsamında "Vigarano tipi karbonlu göktaşı NWA 5508 üzerine petrografik, titrimsel spektroskopik ve mikroskobik analizler" başlıklı FDK-2021-22924 numaralı proje ile desteklenmiştir. Bu doktora tez çalışmasında yer alan ve NASA Johnson Uzay Merkezi Astromalzemeler Araştırma ve Keşif Bilimi Laboratuvarları'nda elde edilen ilgili mikro-FTIR, mikro-Raman ve SEM/EDS verileri, Doç. Dr. Ozan ÜNSALAN'ın desteklediği 'Fulbright Bursu' kapsamında elde edilmiş olup FY-2022-TR-SS-10 no'lu destek ile Türkiye Fulbright Komisyonu'na desteklenmiştir.

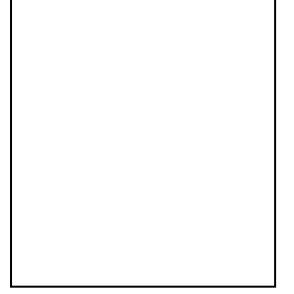
29/12/2023

Ceren KAMİL

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ceren KAMİL
Doğum Yeri ve Tarihi :
e-posta :



EĞİTİM

- İlköğretim (Samsun Atatürk İlköğretim Okulu - 2005 mezunu)
- Lise (Samsun Cumhuriyet Anadolu Lisesi - 2009 mezunu)
- Üniversite (Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri - 2016 mezunu)
- Üniversite (Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Tezli Yüksek Lisans / Astrofizik - 2018 mezunu)
- Üniversite (Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi, Bilgisayar Teknolojisi Bölümü / Web Tasarımı ve Kodlama Pr. - 2021 mezunu)
- Üniversite (Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Tezli Doktora / İleri Malzemeler ve Teknolojileri - 2024 mezunu)

KONFERANS ve SEMİNERLER:

- Küçük Kütleli Gezegenlerin Özellikleri - 17 Haziran 2015 (E.Ü. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir)
- İki Flare Bir Tane De γ Dor Yıldızından Oluşan 3'lü Sistemin Doğası: KIC 2557430 - 2 Haziran 2017 (E.Ü. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir)
- Meteoritlerdeki Bazı Minerallerin Tespitlerine Yönelik Yapısal ve Spektroskopik Çalışmalar - 27 Mayıs 2020 (E.Ü. Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, İzmir)
- Güneş Sisteminin Oluşumundan Kalan En İlkel Malzeme: Karbonlu Kondritik Meteoritler - 12 Kasım 2021 (E.Ü. Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, İzmir)

- Petrography of Vigarano Type NWA 5508 Carbonaceous Chondrite - 9 Haziran 2023 (Milli Savunma Üniversitesi, 10th International Conference on Recent Advances in Air and Space Technologies (RAST), İstanbul, Türkiye)

EĞİTİM, KURS ve SERTİFİKALAR:

- Yüzey ve Ötesi: XPS ile Karakterizasyon Çalışmaları ve Analiz Verilerinin Yorumlanmasına Yönelik İpuçları Eğitimi (çevrimiçi), 16-19 Kasım 2021 (TÜBİTAK 2237-A Bilimsel Eğitim Etkinlikleri Destekleme Programı), Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi (MATAL), İzmir
- Dijital Çağda Kariyer Planlama Eğitimi (çevrimiçi), 23 Mart-14 Haziran 2022, Ege Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi (EGESEM), İzmir
- Temel Seviye Korece Kursu (çevrimiçi), Eylül-Aralık 2022, Boğaziçi Üniversitesi Kore Topluluğu, İstanbul
- Upper-Intermediate (B2-C1) İngilizce Kursu, 1 Nisan-30 Eylül 2023, Wimbledon Language Academy (WLA), İzmir
- Multidisipliner / Uygulamalı Kırmızıaltı (Infrared) Spektroskopisi Eğitimi, 1 Aralık 2023, Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi (MATAL), İzmir

BİLDİRİ ve BİLİMSEL MAKALELER:

- **Kamil, C.** and Dal, H.A., 2017, KIC 2557430: A Triple System Containing One γ Dor and Two Flaring Components?, *PASA*, 34, 29.
- **Kamil, C.**, Dal, H.A., Ozdarcan, O. and Yoldas, E., 2020, γ Dor: A Pulsating Component of KIC 8043961 in a Stellar Triple System, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 56(2):1-13.
- **Kamil, C.** and Unsalan, O., 2022, A short review on enstatite and pyroxene in L6 chondrites studied by Raman Spectroscopy, *Journal of Spectroscopy and Molecular Sciences*, 4(1):163-170.

- **Kamil, C.**, Unsalan, O. and Candan, O., 2023, Petrography of Vigarano Type NWA 5508 Carbonaceous Chondrite, *10th International Conference on Recent Advances in Air and Space Technologies (RAST)*, Istanbul, Türkiye, 1-5 pp.
- **Kamil, C.**, 2023, Mineralogy of Martian Meteorites: A Review of Raman Spectroscopy Investigation of Silicates, Sulfates and Sulfides, *Journal of Spectroscopy and Molecular Sciences*, (In Press).

GÖREVLER:

- **TÜBİTAK** 1002 Hızlı Destek Projeleri Kapsamında **116F349 Nolu** “Tayfsal Gözlemler Yardımıyla Bileşenlerden Biri Zonklayan Biri Kromosferik Aktif Yıldız Olan Üçlü Sistemlerin Doğasının Tayini” başlıklı projede **ARAŞTIRMACI** (Yüksek Lisans).
- **Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)** Doktora Tezi Kapsamında **FDK-2021-22924 Nolu** “Vigarano tipi karbonlu göktaşı NWA 5508 üzerine petrografik, titreşimsel spektroskopik ve mikroskobik analizler” başlıklı projede **ARAŞTIRMACI** (Doktora).
- Turkish Congress on Molecular Spectroscopy (TURCMOS) **Düzenleme Komitesi Üyesi** (Aralık 2021).
- Unsalan Lab Spectroscopy and Microscopy **Araştırma Takımı Üyesi** (Haziran 2023)

BİLGİSAYAR BİLGİSİ

MS Office, LaTeX, PERIOD04, PHOEBE, IDL, SML, IRAF, SpectraGryph, OriginPro, KnowItAll, ImageJ

YABANCI DİL

İngilizce (B2)

Korece (A1-A2)

EKLER

Ek 1 Bölge 1 Alan 1, Bölge 1 Alan 2, Bölge 1 Alan 3, Bölge 1 Alan 4, Bölge 1 Alan 5, Bölge 1 Alan 6, Bölge 1 Alan 7 ve Bölge 1 Alan 8'e ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Ek 2 Bölge 1 Nokta 2, Bölge 1 Nokta 3, Bölge 1 Nokta 4, Bölge 1 Nokta 5, Bölge 1 Nokta 6 ve Bölge 1 Nokta 7'ye ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Ek 3 Parlak Alan 1 Nokta 1, Parlak Alan 1 Nokta 2 ve Parlak Alan 1 Nokta 3'e ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Ek 4 Yedi CAI bölgesi olan CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7'ye ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Haritaları, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Ek 5 CAI Nokta 3 Parlak 1, CAI Nokta 3 Parlak 2, CAI Nokta 3 Parlak 3, CAI Nokta 3 Parlak 4, CAI Nokta 3 Parlak 5, CAI Nokta 3 Parlak 6, CAI Nokta 3 Parlak 7 ve CAI Nokta 3 Parlak 8'e ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Ek 6 CAI Nokta 6 Parlak 1, CAI Nokta 6 Parlak 2, CAI Nokta 6 Parlak 3, CAI Nokta 6 Parlak 4 ve CAI Nokta 6 Parlak 5'e ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Ek 7 CAI Nokta 1, CAI Nokta 1-1, CAI Nokta 1-2, CAI Nokta 1-3, CAI Nokta 2 ve CAI Nokta 3'ün Çizgi Analizi Spektrumları

Ek 8 NWA 5508 (CV3) Kondriti Örneğinden Elde Edilen Olivin, Piroksen ve Makro Moleküler Karbon (MMC) Dağılımlarına Ait Raman Haritaları

EKLER (devam)

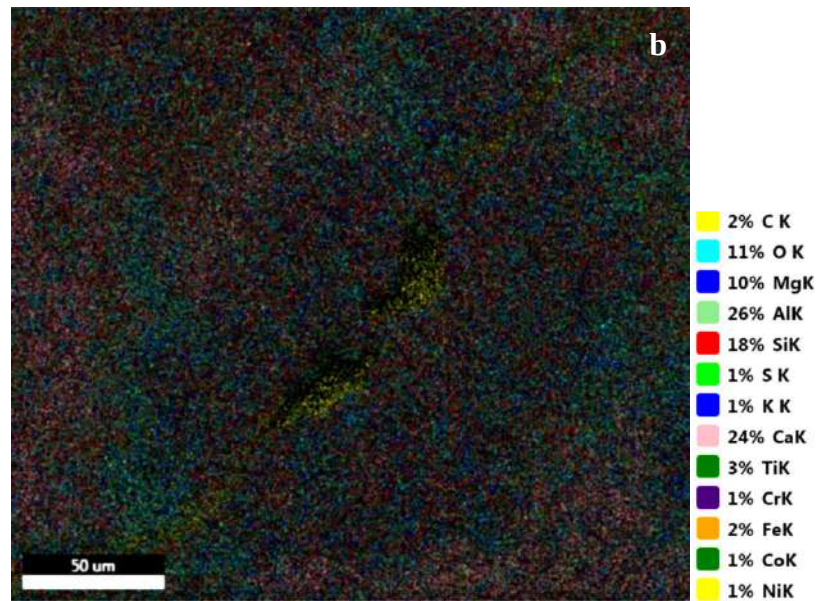
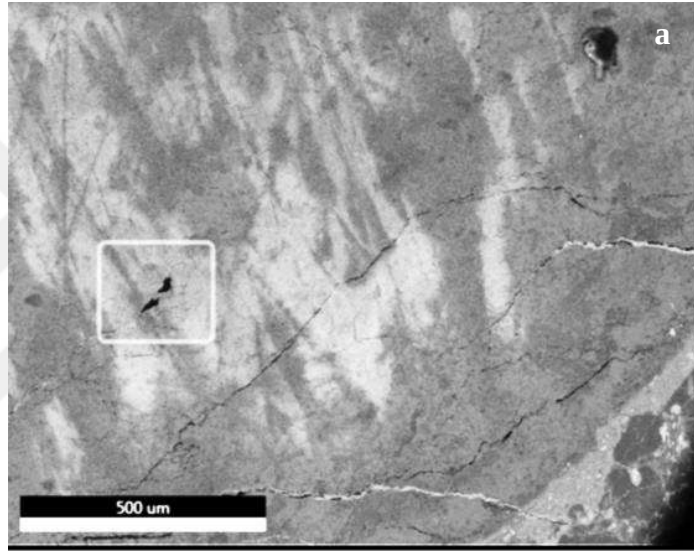
Ek 9 Karbonlu Meteoritlerin Raman Çalışmalarına Ait Literatür Verileriyle NWA 5508 (CV3) Kondritine Ait Raman Verilerinin Karşılaştırması

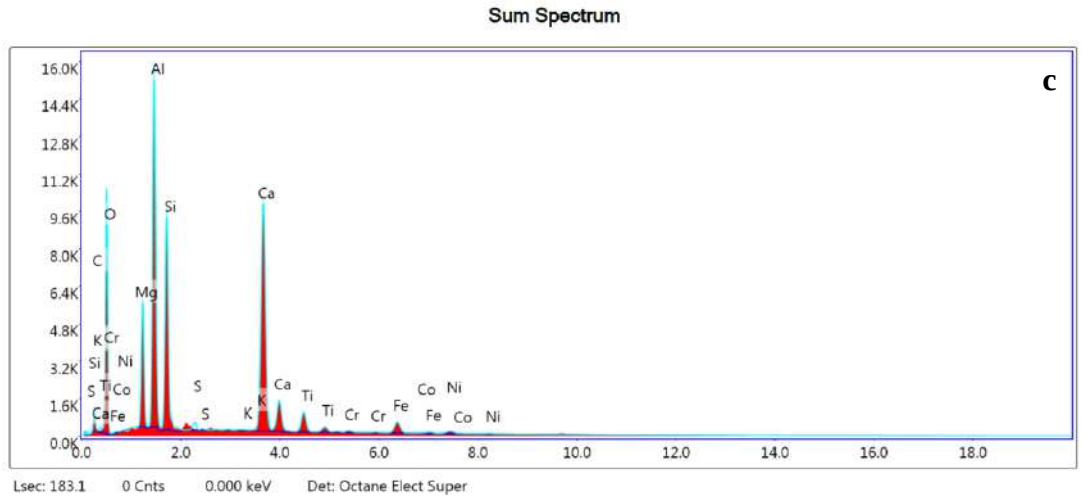
Ek 10 Karbonlu Meteoritlerin IR Çalışmalarına Ait Literatür Verileriyle NWA 5508 (CV3) Kondritine Ait IR Verilerinin Karşılaştırması



Ek 1 Bölge 1 Alan 1, Bölge 1 Alan 2, Bölge 1 Alan 3, Bölge 1 Alan 4, Bölge 1 Alan 5, Bölge 1 Alan 6, Bölge 1 Alan 7 ve Bölge 1 Alan 8'e ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Bölge 1'in BSE görüntüsünün (Şekil 4.2.6) farklı yerlerinden belirlenen sekiz farklı alanın alan analizi Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı ile Ege Üniversitesi MATAL'da gerçekleştirilmiştir. Bölge 1 Alan 1, Bölge 1 Alan 2, Bölge 1 Alan 3, Bölge 1 Alan 4, Bölge 1 Alan 5, Bölge 1 Alan 6, Bölge 1 Alan 7 ve Bölge 1 Alan 8'e ait BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve elementlerin yüzdelik (%) bolluğu aşağıda sırasıyla verilmiştir.



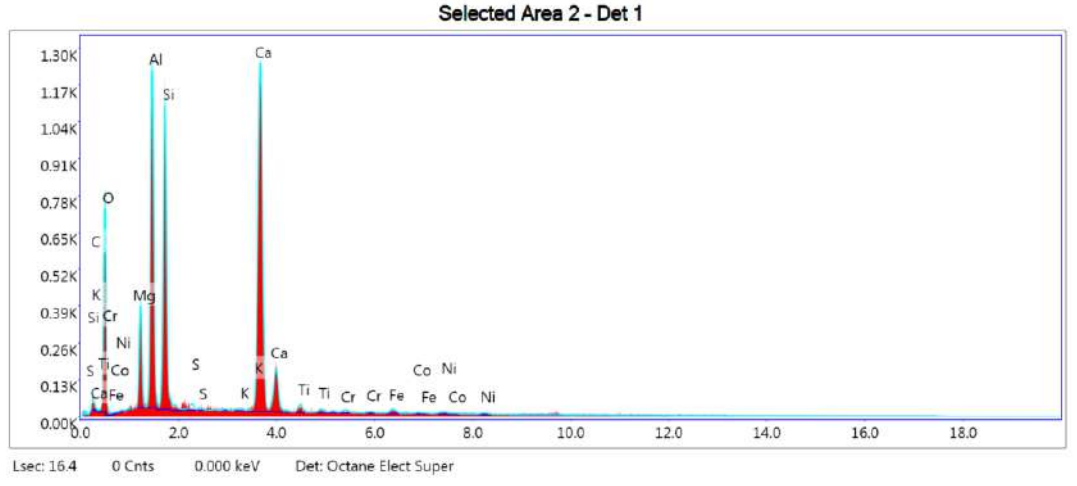
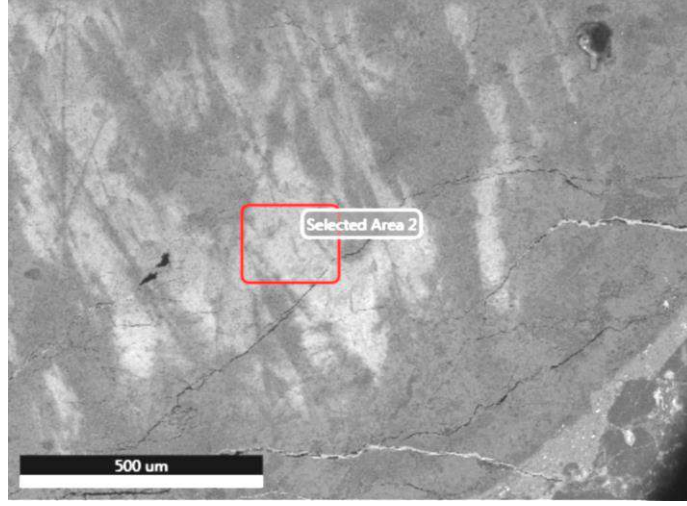


Şekil 4.2.9 Bölge 1 Alan 1'e ait a) BSE görüntüsü, b) EDS haritası, c) EDS spektrumu.

Tablo 4.2.2 Bölge 1 Alan 1'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	8.35	14.18
O K	39.83	50.81
MgK	6.94	5.83
AlK	17.09	12.93
SiK	11.00	7.99
S K	0.34	0.22
K K	0.04	0.02
CaK	13.53	6.89
TiK	1.38	0.59
CrK	0.09	0.04
FeK	1.10	0.40
CoK	0.05	0.02
NiK	0.27	0.09

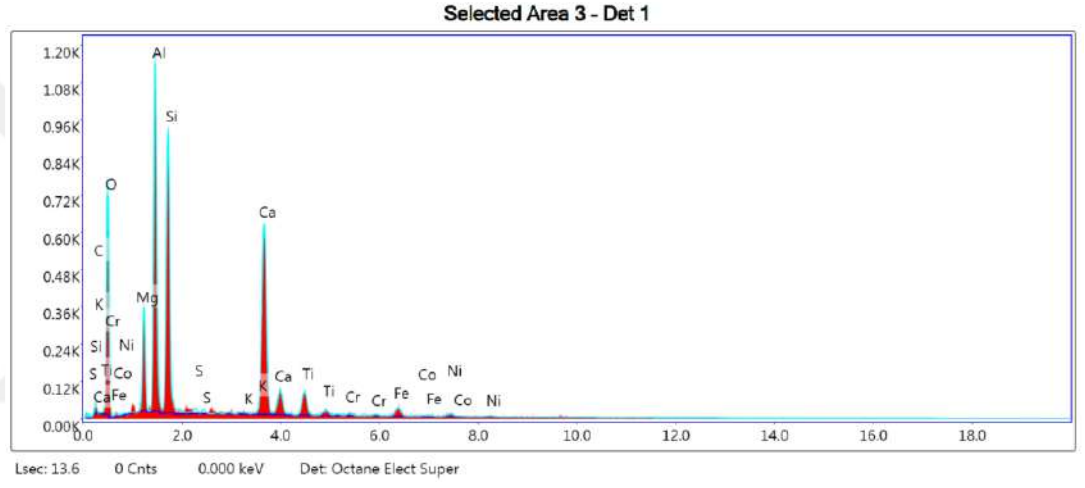
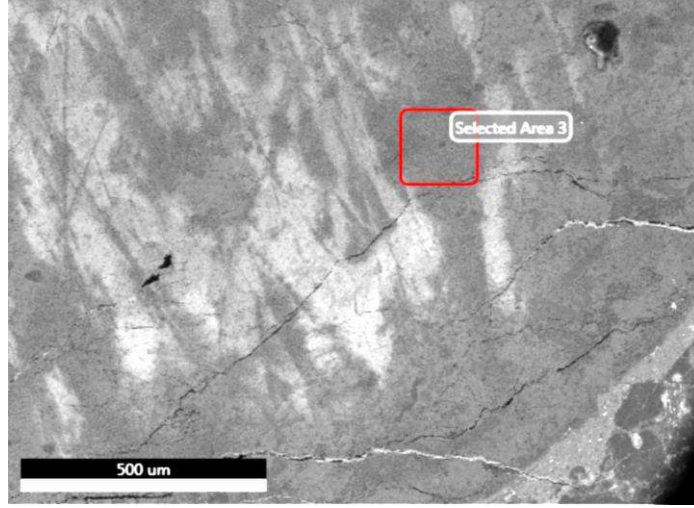


Şekil 4.2.10 Bölge 1 Alan 2'ye ait BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.3 Bölge 1 Alan 2'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.44	11.21
O K	40.37	52.76
MgK	5.27	4.54
AlK	14.48	11.22
SiK	13.27	9.88
S K	0.23	0.15
K K	0.09	0.05
CaK	18.56	9.68
TiK	0.48	0.21
CrK	0.10	0.04
FeK	0.43	0.16
CoK	0.12	0.04
NiK	0.16	0.06

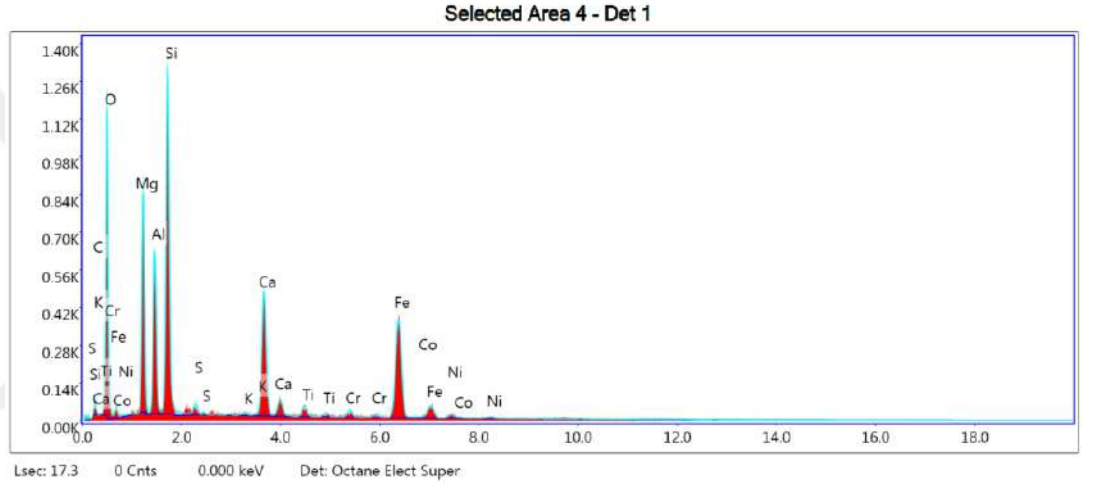
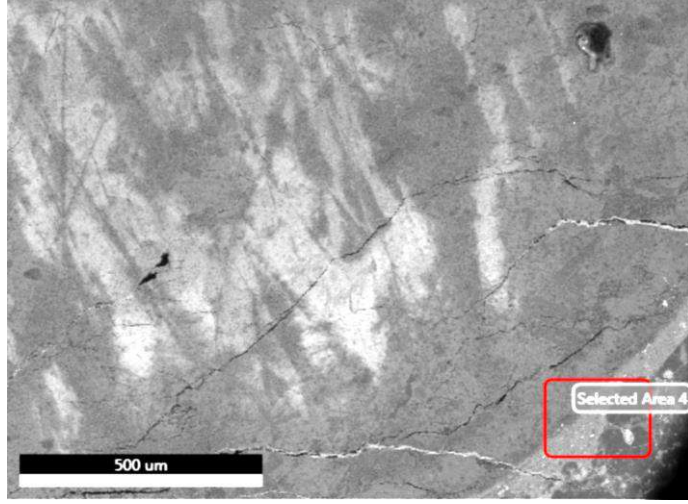


Şekil 4.2.11 Bölge 1 Alan 3'e ait BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.4 Bölge 1 Alan 3'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.36	10.85
O K	42.07	53.89
MgK	5.76	4.85
AlK	17.02	12.93
SiK	14.00	10.22
S K	0.22	0.14
K K	0.09	0.05
CaK	11.53	5.89
TiK	1.61	0.69
CrK	0.11	0.04
FeK	0.84	0.31
CoK	0.10	0.03
NiK	0.29	0.10

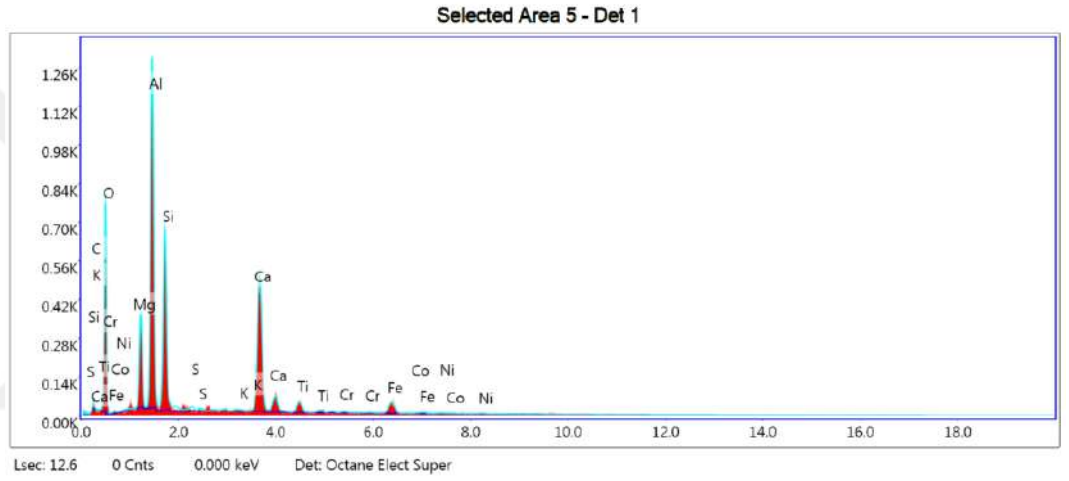
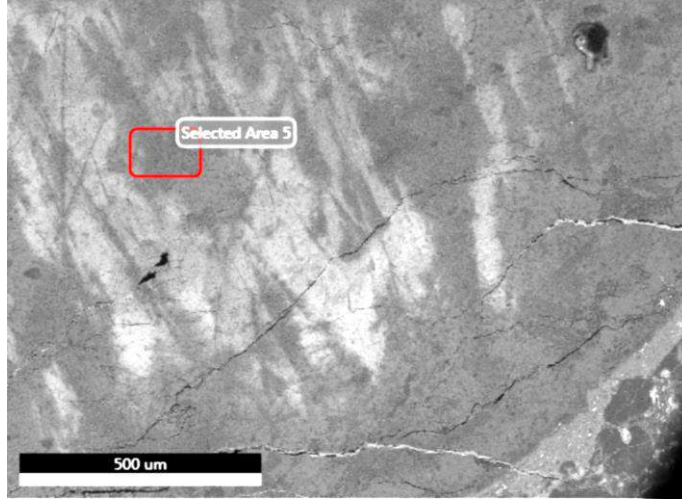


Şekil 4.2.12 Bölge 1 Alan 4'e ait BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.5 Bölge 1 Alan 4'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.33	11.06
O K	40.21	52.75
MgK	12.29	10.61
AlK	8.19	6.37
SiK	15.16	11.33
S K	0.52	0.34
K K	0.15	0.08
CaK	6.64	3.48
TiK	0.63	0.28
CrK	0.46	0.19
FeK	8.91	3.35
CoK	0.09	0.03
NiK	0.43	0.15

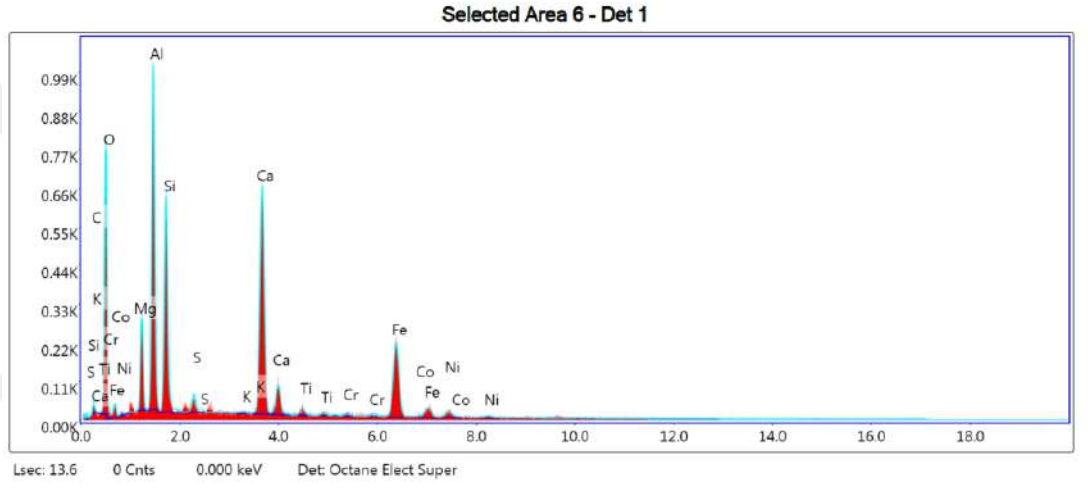
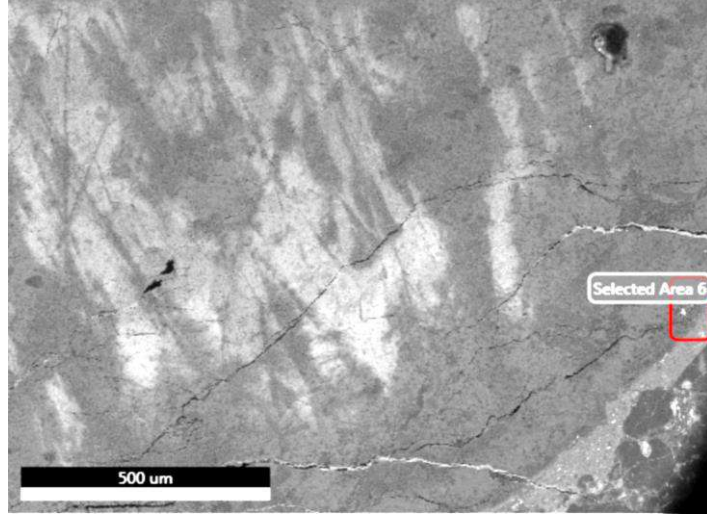


Şekil 4.2.13 Bölge 1 Alan 5'e ait BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.6 Bölge 1 Alan 5'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.25	10.56
O K	43.02	54.53
MgK	6.18	5.16
AlK	20.02	15.05
SiK	11.83	8.55
S K	0.20	0.12
K K	0.06	0.03
CaK	10.01	5.06
TiK	0.87	0.37
CrK	0.07	0.03
FeK	1.39	0.50
CoK	0.06	0.02
NiK	0.05	0.02

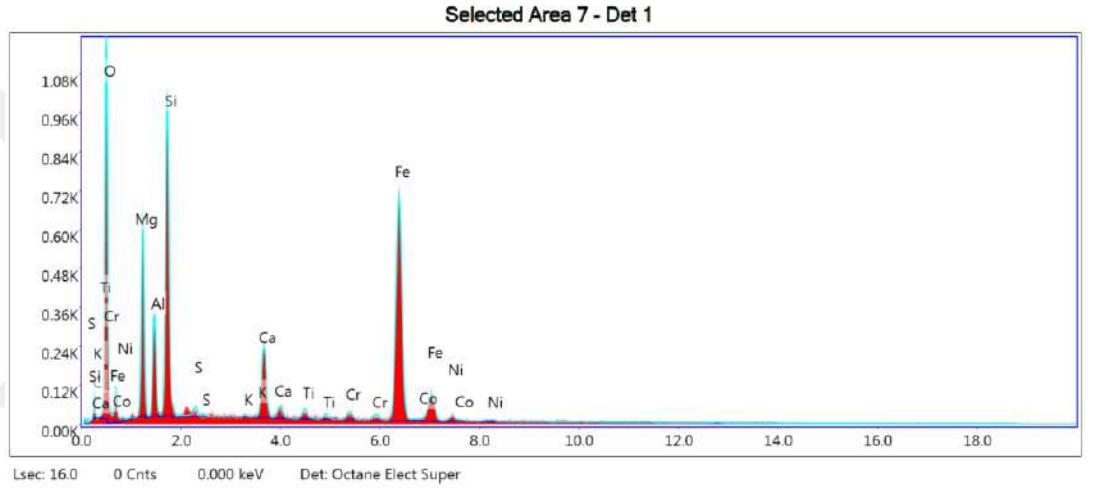
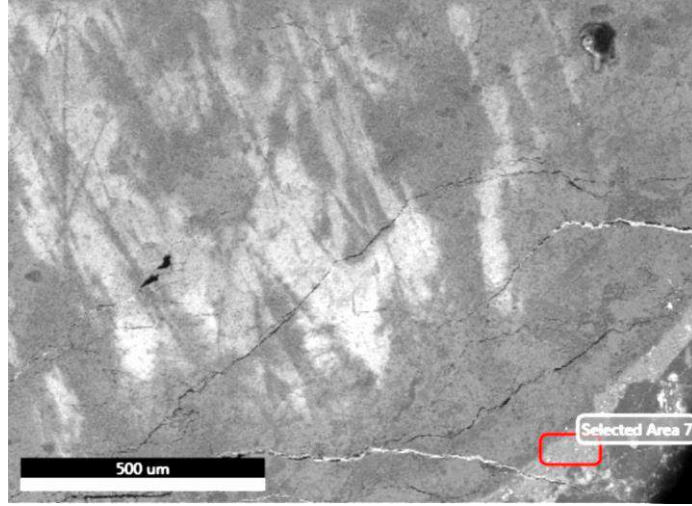


Şekil 4.2.14 Bölge 1 Alan 6'ya ait BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.7 Bölge 1 Alan 6'ya ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.59	11.50
O K	41.56	54.49
MgK	5.20	4.49
AlK	15.60	12.13
SiK	9.95	7.43
S K	0.81	0.53
K K	0.08	0.04
CaK	12.02	6.29
TiK	0.41	0.18
CrK	0.17	0.07
FeK	6.84	2.57
CoK	0.12	0.04
NiK	0.65	0.23

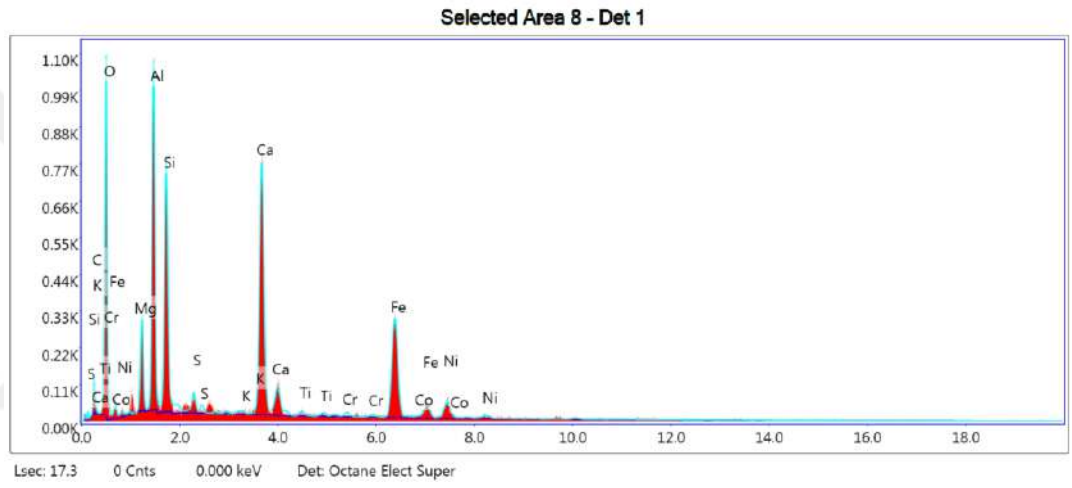
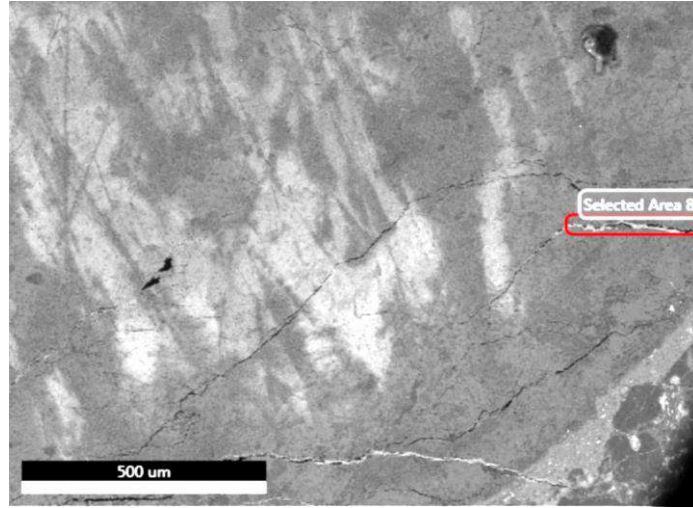


Şekil 4.2.15 Bölge 1 Alan 7'ye ait BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.8 Bölge 1 Alan 7'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.66	13.81
O K	37.93	51.33
MgK	11.58	10.31
AlK	5.26	4.22
SiK	13.20	10.18
S K	0.40	0.27
K K	0.10	0.06
CaK	3.47	1.87
TiK	0.51	0.23
CrK	0.47	0.20
FeK	18.87	7.32
CoK	0.08	0.03
NiK	0.45	0.17



Şekil 4.2.16 Bölge 1 Alan 8'e ait BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

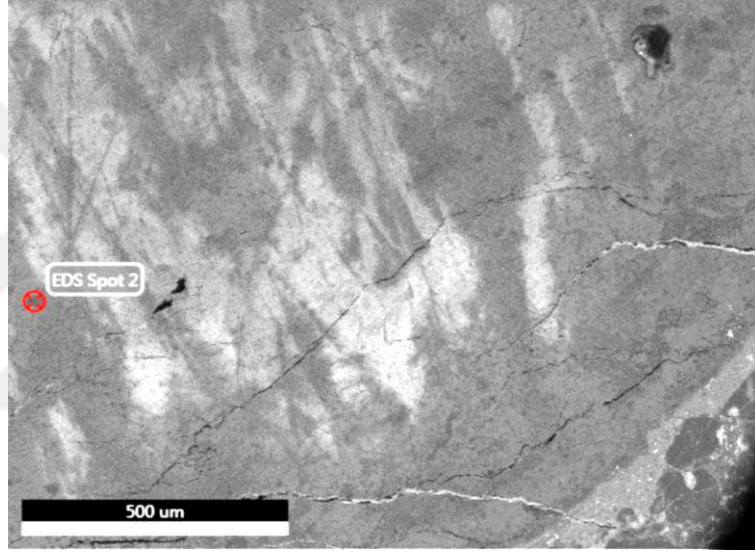
Tablo 4.2.9 Bölge 1 Alan 8'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

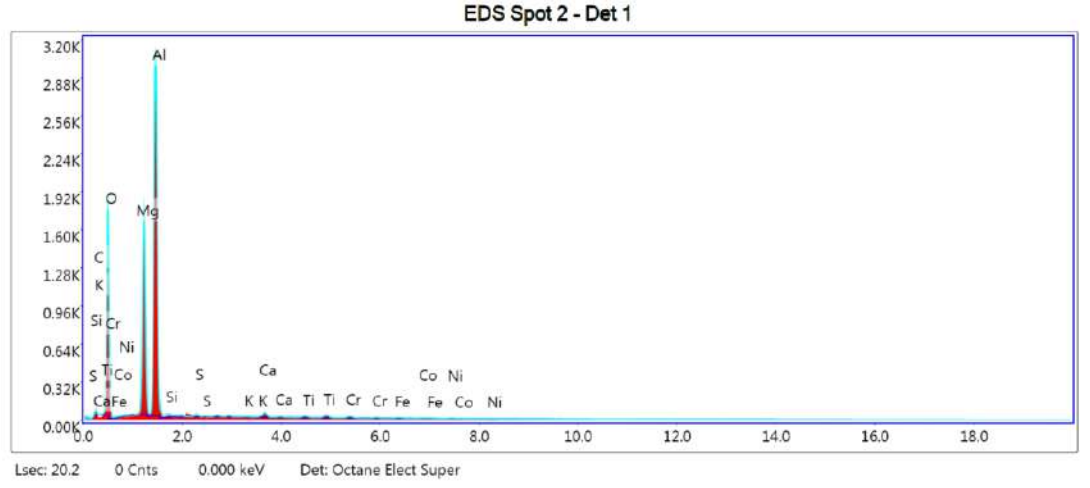
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	10.06	16.88
O K	43.09	54.26
MgK	4.44	3.68
AlK	13.01	9.72
SiK	8.88	6.37
S K	0.60	0.38
K K	0.08	0.04
CaK	10.74	5.40
TiK	0.19	0.08
CrK	0.13	0.05
FeK	7.40	2.67
CoK	0.02	0.01
NiK	1.36	0.47

Ek 2 Bölge 1 Nokta 2, Bölge 1 Nokta 3, Bölge 1 Nokta 4, Bölge 1 Nokta 5, Bölge 1 Nokta 6 ve Bölge 1 Nokta 7'ye ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Bölge 1'in BSE görüntüsünün (Şekil 4.2.6) farklı yerlerinden belirlenen altı noktanın nokta analizi Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı ile Ege Üniversitesi MATAL'da gerçekleştirilmiştir. Bölge 1 Nokta 2, Bölge 1 Nokta 3, Bölge 1 Nokta 4, Bölge 1 Nokta 5, Bölge 1 Nokta 6 ve Bölge 1 Nokta 7'ye ait BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve elementlerin yüzdelik (%) bolluğu aşağıda sırasıyla verilmiştir.



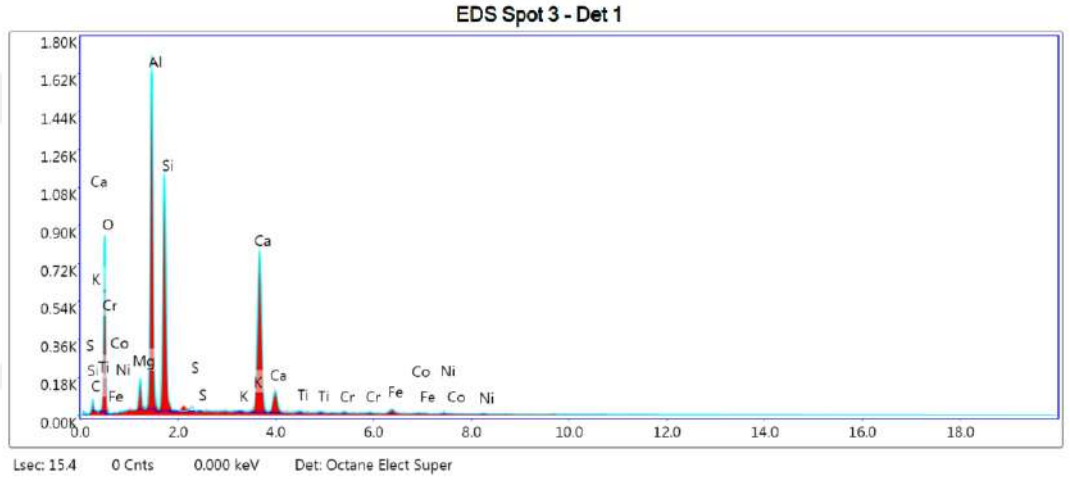
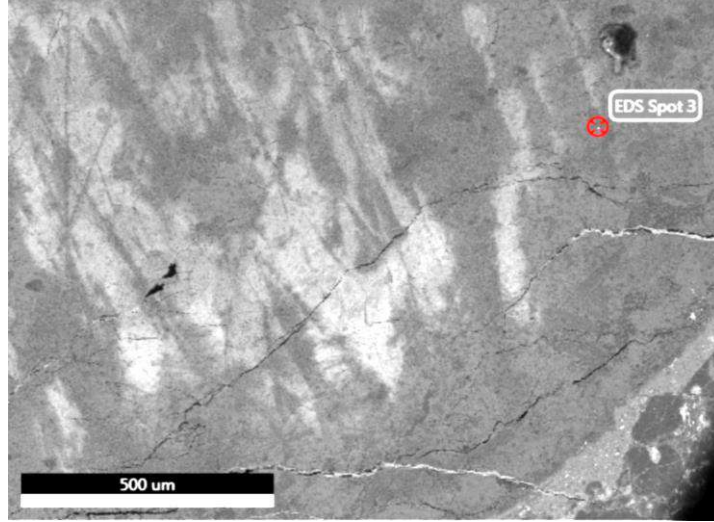


Şekil 4.2.17 Bölge 1 Nokta 2'nin BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.10 Bölge 1 Nokta 2'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.03	9.86
O K	41.49	50.96
MgK	16.70	13.50
AlK	34.37	25.03
SiK	0.00	0.00
S K	0.27	0.17
K K	0.04	0.02
CaK	0.48	0.24
TiK	0.19	0.08
CrK	0.20	0.08
FeK	0.11	0.04
CoK	0.05	0.02
NiK	0.06	0.02

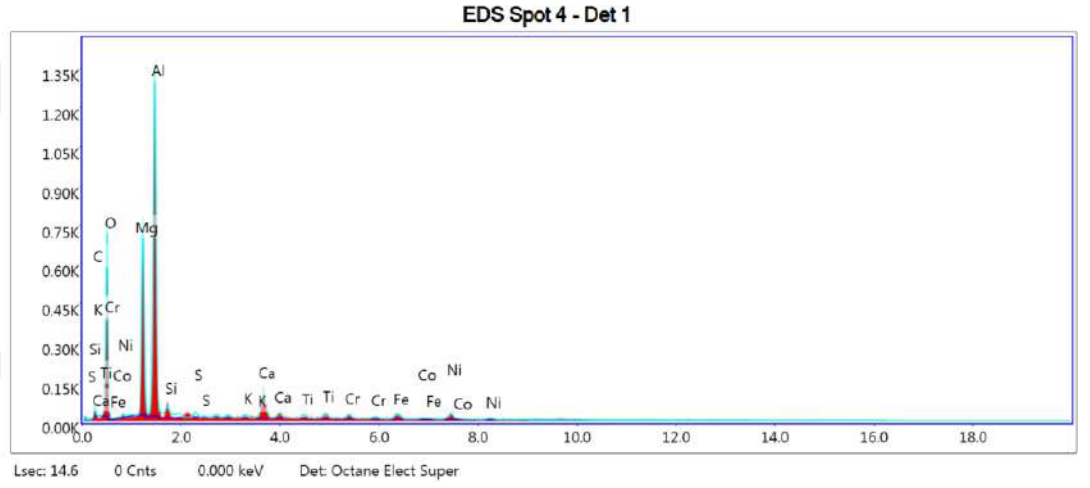
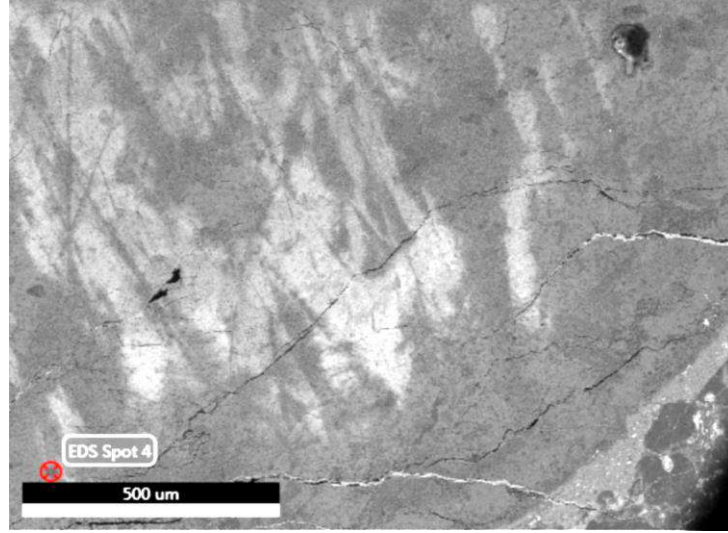


Şekil 4.2.18 Bölge 1 Nokta 3'ün BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.11 Bölge 1 Nokta 3'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.79	9.94
O K	42.24	54.42
MgK	2.18	1.85
AlK	19.82	15.14
SiK	15.28	11.21
S K	0.32	0.21
K K	0.12	0.06
CaK	13.06	6.72
TiK	0.22	0.09
CrK	0.11	0.04
FeK	0.60	0.22
CoK	0.11	0.04
NiK	0.14	0.05

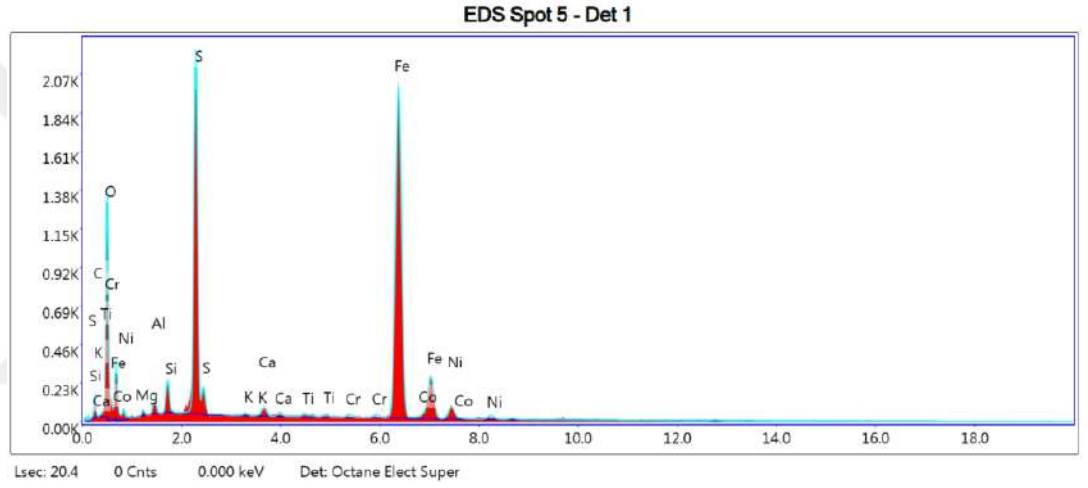
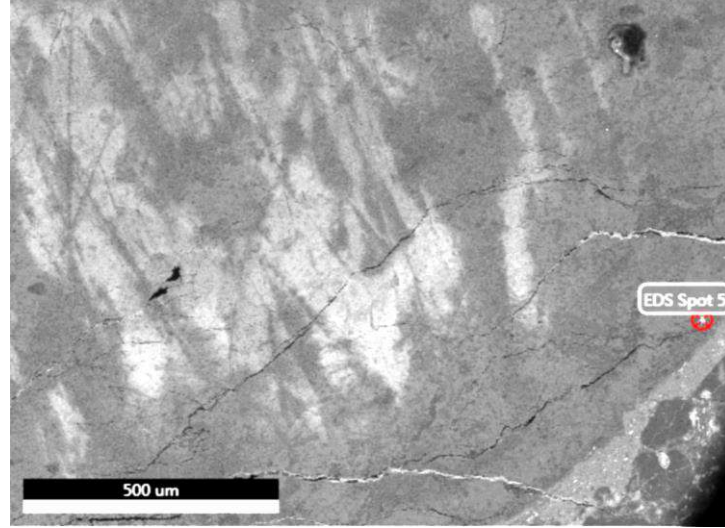


Şekil 4.2.19 Bölge 1 Nokta 4'ün BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.12 Bölge 1 Nokta 4'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.74	12.82
O K	39.16	48.65
MgK	15.22	12.45
AlK	31.08	22.89
SiK	0.73	0.52
S K	0.45	0.28
K K	0.23	0.12
CaK	2.51	1.24
TiK	0.37	0.15
CrK	0.53	0.20
FeK	0.85	0.30
CoK	0.20	0.07
NiK	0.94	0.32

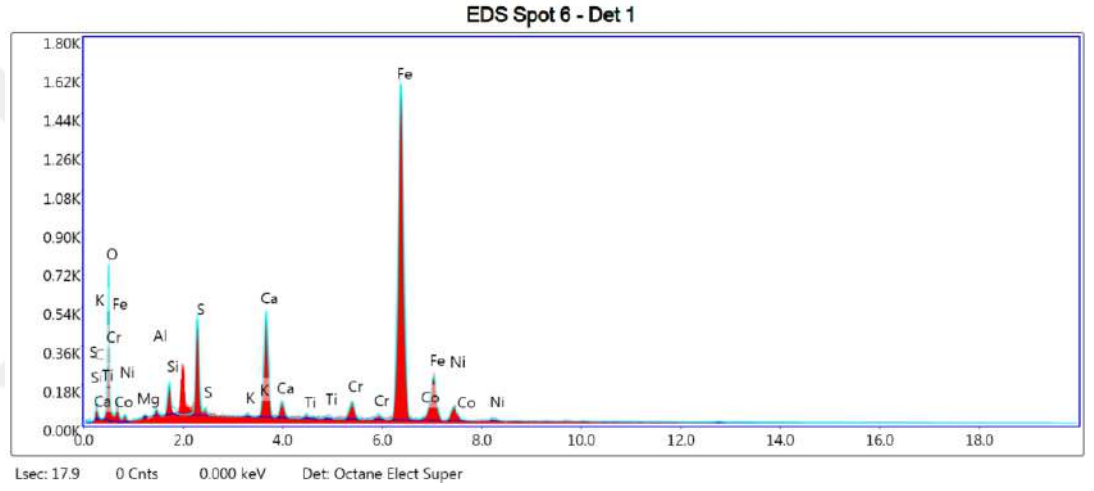
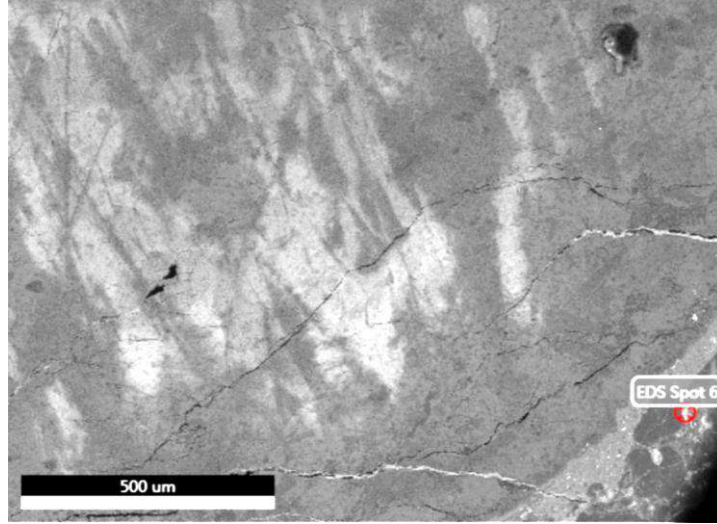


Şekil 4.2.20 Bölge 1 Nokta 5'in BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.13 Bölge 1 Nokta 5'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	9.82	19.90
O K	31.13	47.36
MgK	0.47	0.47
AlK	1.15	1.04
SiK	1.54	1.34
S K	16.71	12.68
K K	0.16	0.10
CaK	0.62	0.38
TiK	0.24	0.12
CrK	0.28	0.13
FeK	35.80	15.61
CoK	0.40	0.16
NiK	1.68	0.70

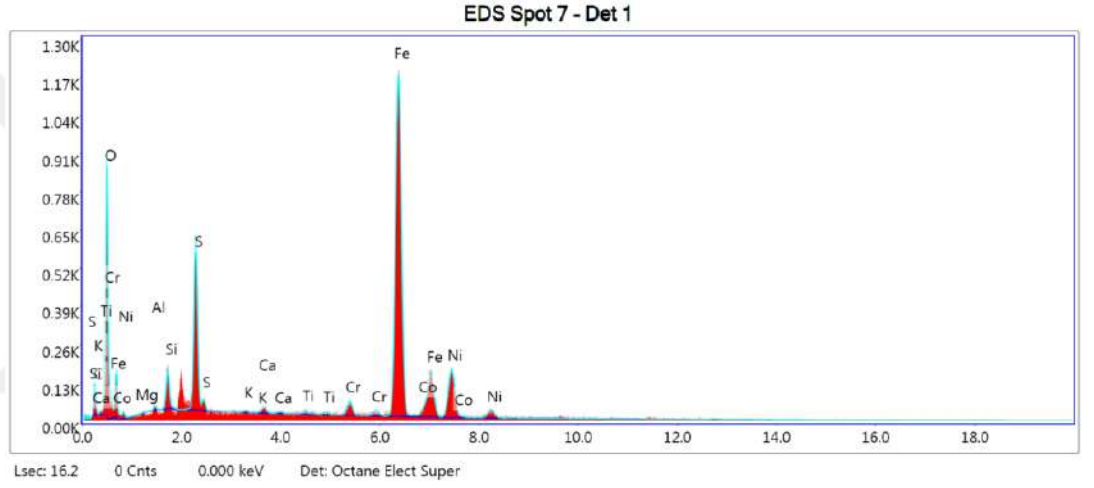
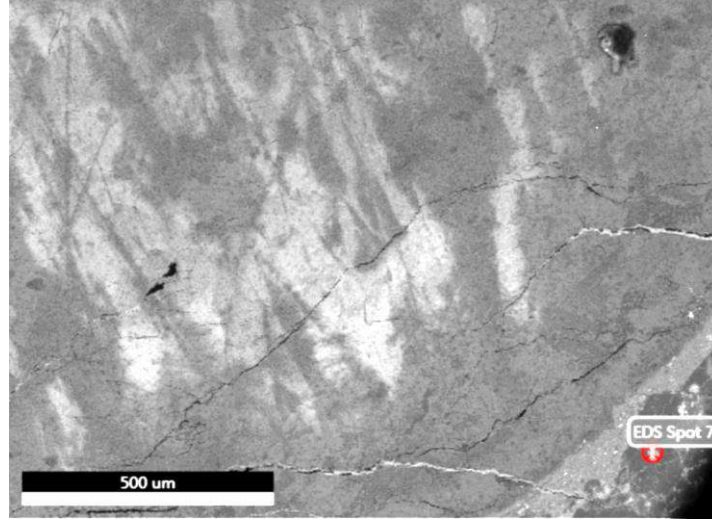


Şekil 4.2.21 Bölge 1 Nokta 6'nın BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.14 Bölge 1 Nokta 6'ya ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	8.36	18.94
O K	25.68	43.70
MgK	0.38	0.43
AlK	0.68	0.68
SiK	2.03	1.96
S K	5.85	4.96
K K	0.20	0.14
CaK	7.66	5.20
TiK	0.35	0.20
CrK	1.72	0.90
FeK	44.20	21.54
CoK	0.45	0.21
NiK	2.44	1.13



Şekil 4.2.22 Bölge 1 Nokta 7'nin BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

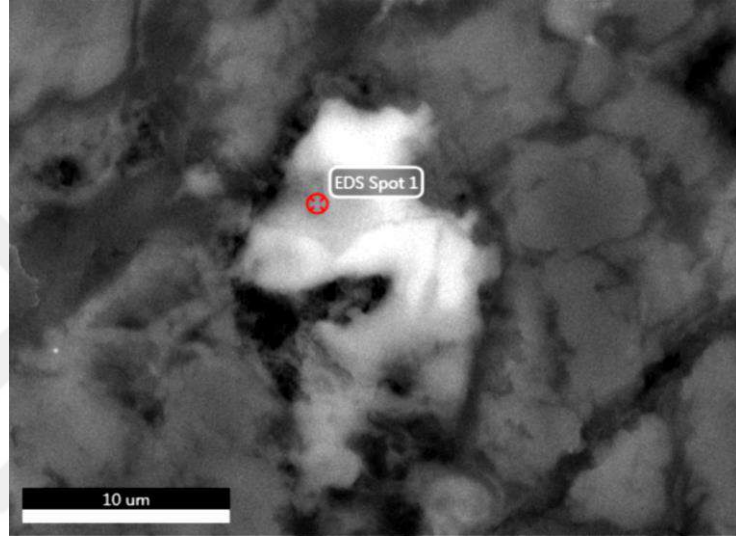
Tablo 4.2.15 Bölge 1 Nokta 7'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

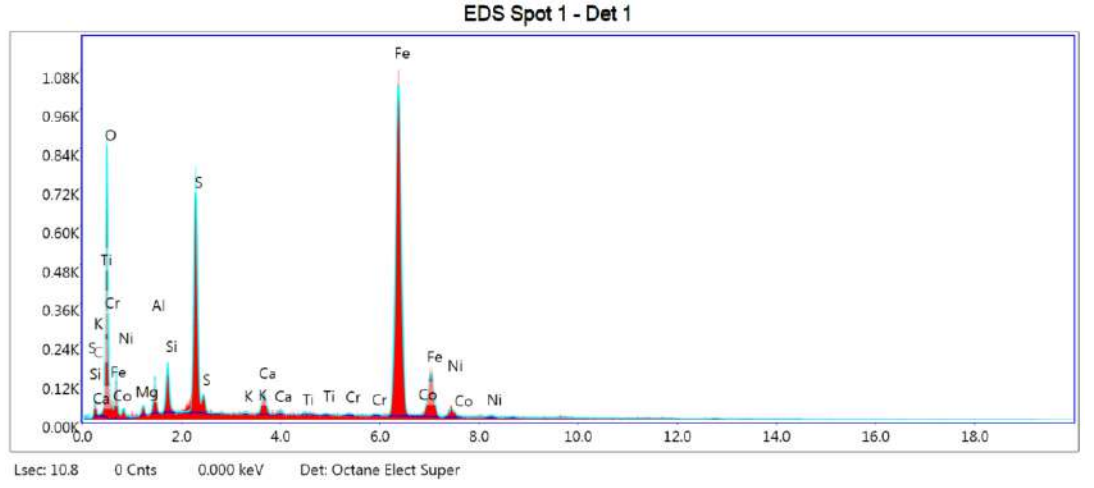
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	11.45	23.24
O K	31.60	48.13
MgK	0.07	0.07
AlK	0.28	0.26
SiK	2.08	1.81
S K	8.47	6.43
K K	0.10	0.06
CaK	0.38	0.23
TiK	0.25	0.12
CrK	1.09	0.51
FeK	36.35	15.86
CoK	0.89	0.37
NIK	6.98	2.90

Ek 3 Parlak Alan 1 Nokta 1, Parlak Alan 1 Nokta 2 ve Parlak Alan 1 Nokta 3'e ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

Parlak Alan 1'in BSE görüntüsünün (Şekil 4.2.24) farklı yerlerinden belirlenen üç noktanın nokta analizi Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı ile Ege Üniversitesi MATAL'da gerçekleştirilmiştir. Parlak Alan 1 Nokta 1, Parlak Alan 1 Nokta 2 ve Parlak Alan 1 Nokta 3'e ait BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve elementlerin yüzdelik (%) bolluğu aşağıda sırasıyla verilmiştir.



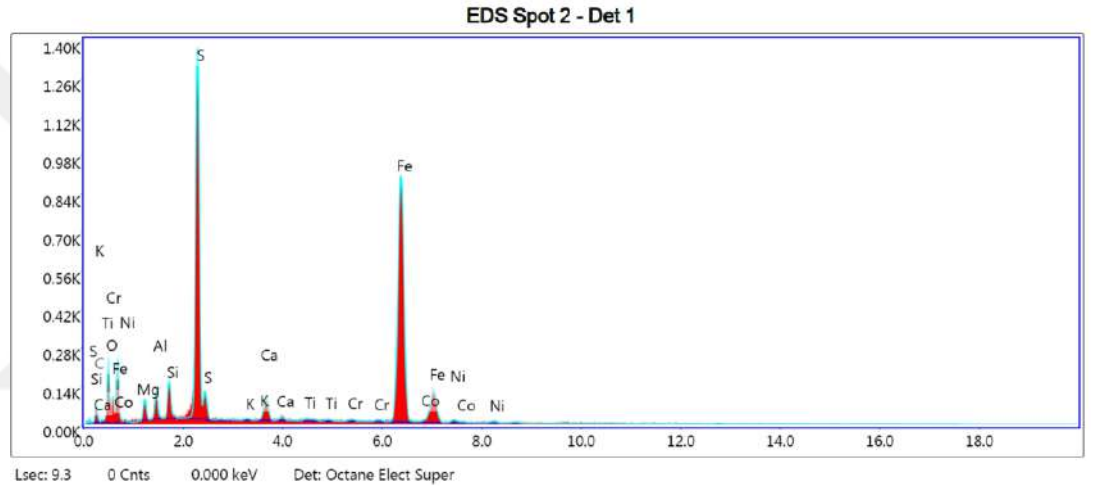
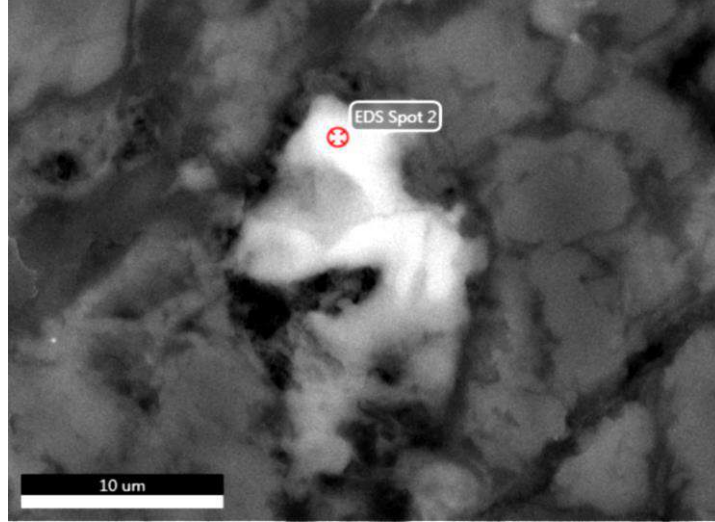


Şekil 4.2.25 Parlak Alan 1 Nokta 1'in BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.17 Parlak Alan 1 Nokta 1'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.76	15.49
O K	35.74	53.56
MgK	0.91	0.89
AlK	2.53	2.25
SiK	2.54	2.17
S K	11.62	8.69
K K	0.13	0.08
CaK	1.33	0.80
TiK	0.17	0.08
CrK	0.19	0.09
FeK	35.82	15.38
CoK	0.10	0.04
NiK	1.16	0.48

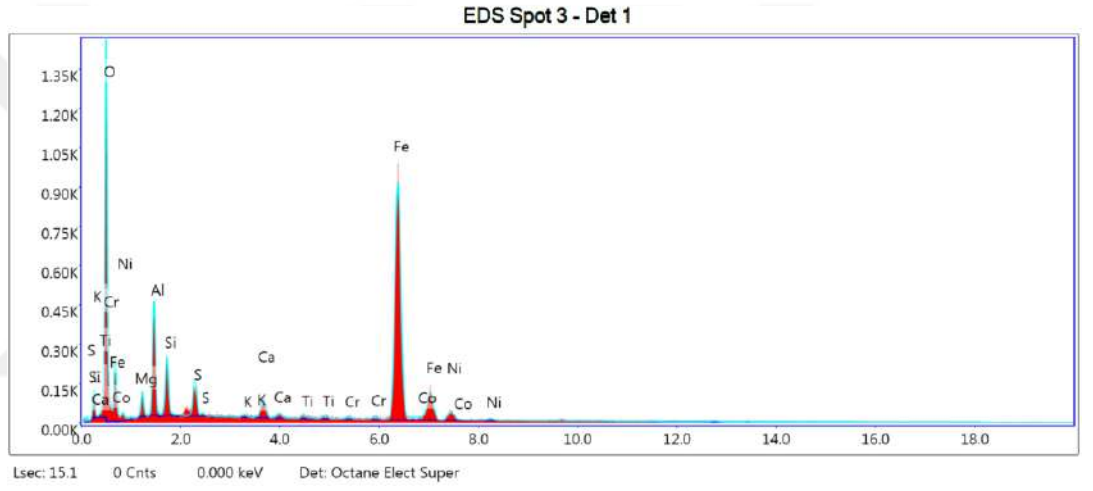
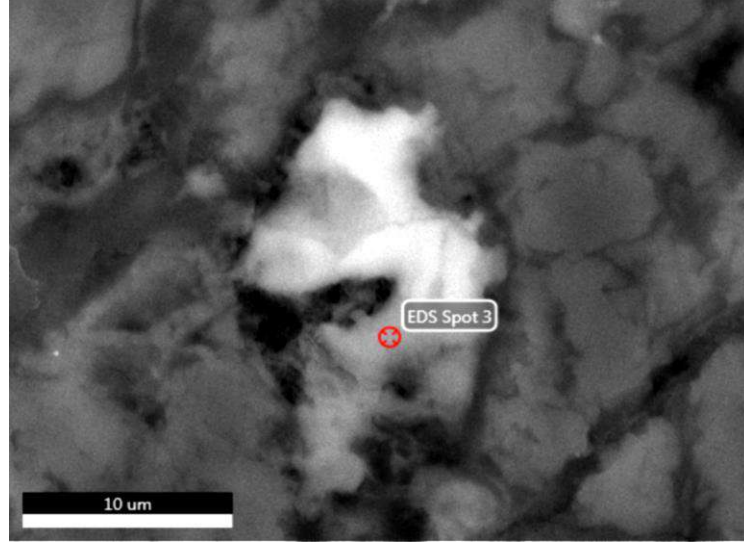


Şekil 4.2.26 Parlak Alan 1 Nokta 2'nin BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.18 Parlak Alan 1 Nokta 2'ye ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	13.41	28.95
O K	15.99	25.91
MgK	2.50	2.67
AlK	2.58	2.48
SiK	2.55	2.35
S K	23.24	18.79
K K	0.17	0.11
CaK	2.06	1.33
TiK	0.23	0.12
CrK	0.21	0.11
FeK	36.25	16.83
CoK	0.35	0.15
NiK	0.46	0.20



Şekil 4.2.27 Parlak Alan 1 Nokta 3'ün BSE görüntüsü (üst) ve EDS spektrumu (alt).

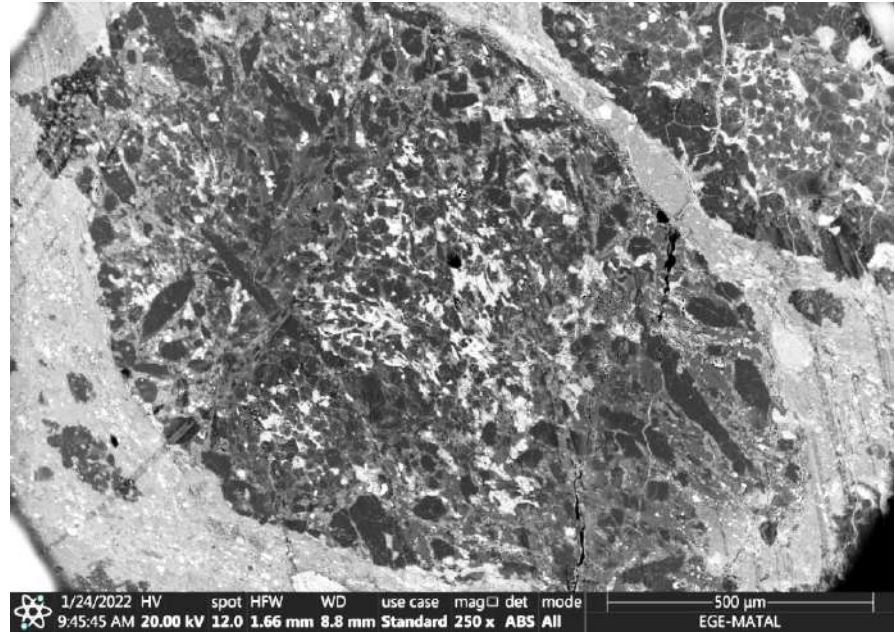
Tablo 4.2.19 Parlak Alan 1 Nokta 3'e ait elementlerin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

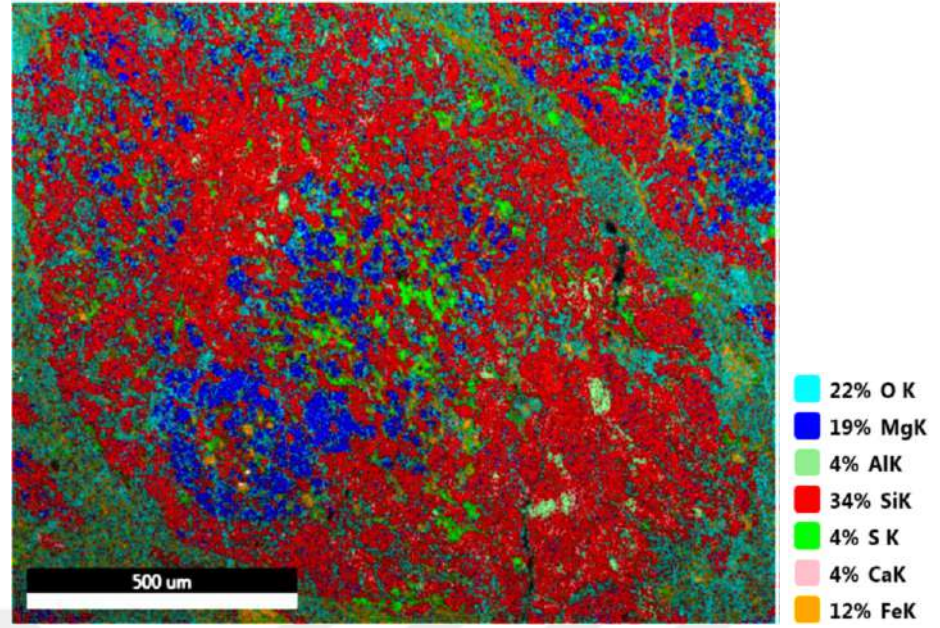
Element	Weight %	Atomic %
C K	9.12	16.16
O K	44.87	59.71
MgK	2.46	2.15
AlK	8.12	6.41
SiK	3.44	2.61
S K	1.95	1.30
K K	0.15	0.08
CaK	1.27	0.67
TiK	0.22	0.10
CrK	0.21	0.09
FeK	26.96	10.28
CoK	0.05	0.02
NiK	1.18	0.43

Ek 4 Yedi CAI bölgesi olan CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7'ye ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Haritaları, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

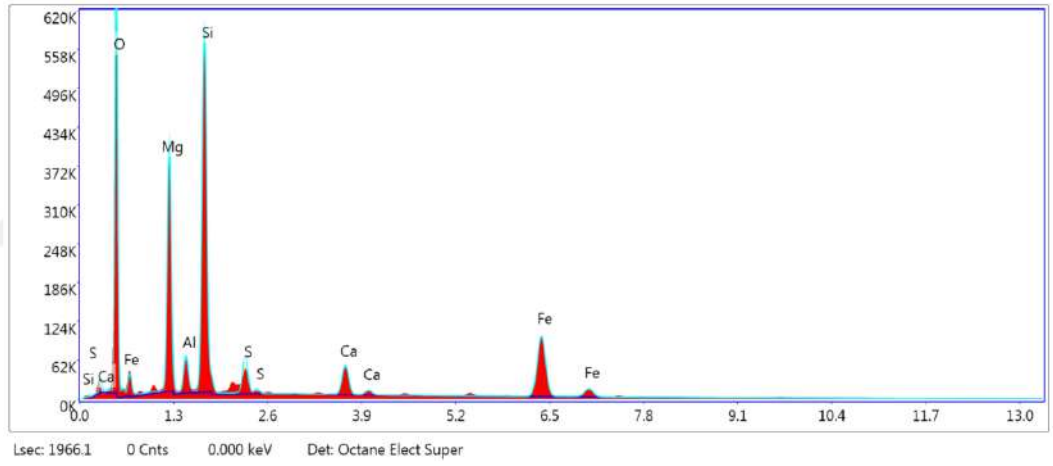
Yönelmiş hale bulunun yedi CAI bölgesinin (Şekil 4.2.37) analizleri Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı ile Ege Üniversitesi MATAL'da gerçekleştirilmiştir. CAI Nokta 1, CAI Nokta 2, CAI Nokta 3, CAI Nokta 4, CAI Nokta 5, CAI Nokta 6 ve CAI Nokta 7'ye ait BSE görüntüleri, EDS haritaları, EDS spektrumları ve elementlerin yüzdelik (%) bolluğu sırasıyla, verilmiştir. Bu kapanım bölgelerinin BSE görüntüleri için kontrast %54,32 ve parlaklık %46,50 olarak ayarlanmıştır. Yüksek voltajda (20 kV) çalışılmıştır. Nokta boyutu 12,0, yatay alan genişliği 1,66 mm, 3072x2048 görüntü çözünürlüğü ile 5 µs bekleme süresi, çalışma mesafesi 8,8 mm ve büyütme 250x olarak belirlenmiştir. CAI Nokta 5 bölgesi için, diğer ayarlamalar aynı kalacak şekilde, yatay alan genişliği 1,18 mm ve büyütme 350x olarak belirlenmiştir. EDS haritalamada çözünürlük 512x400, frame 64 ve dwell time 150 µs manuel olarak belirlenip ayarlanmıştır. Her bir CAI bölgesinin EDS analizi 40 dakika sürmüştür.



Şekil 4.2.38 CAI Nokta 1'in BSE görüntüsü.



Sum Spectrum

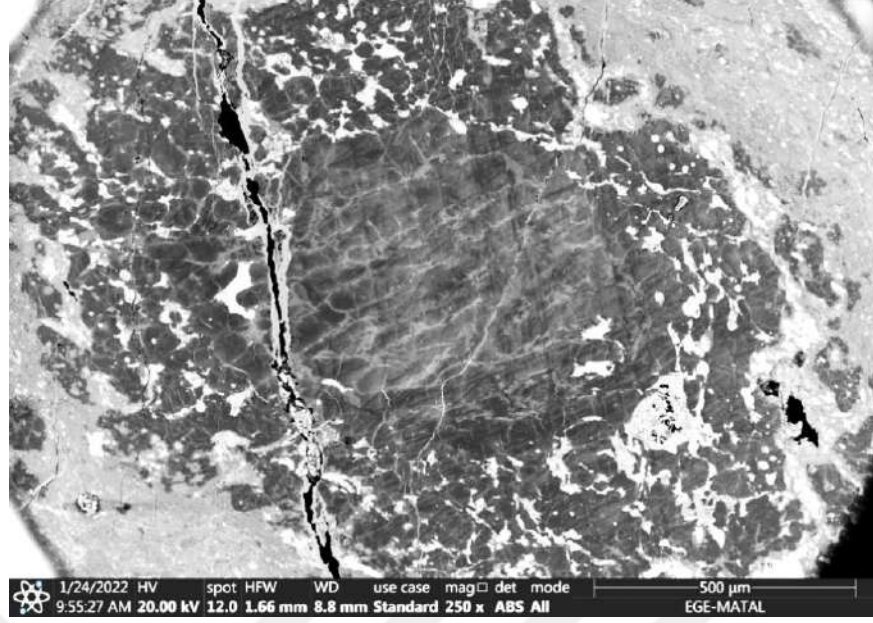


Şekil 4.2.39 CAI Nokta 1'in EDS haritası (üst) ve spektrumu (alt).

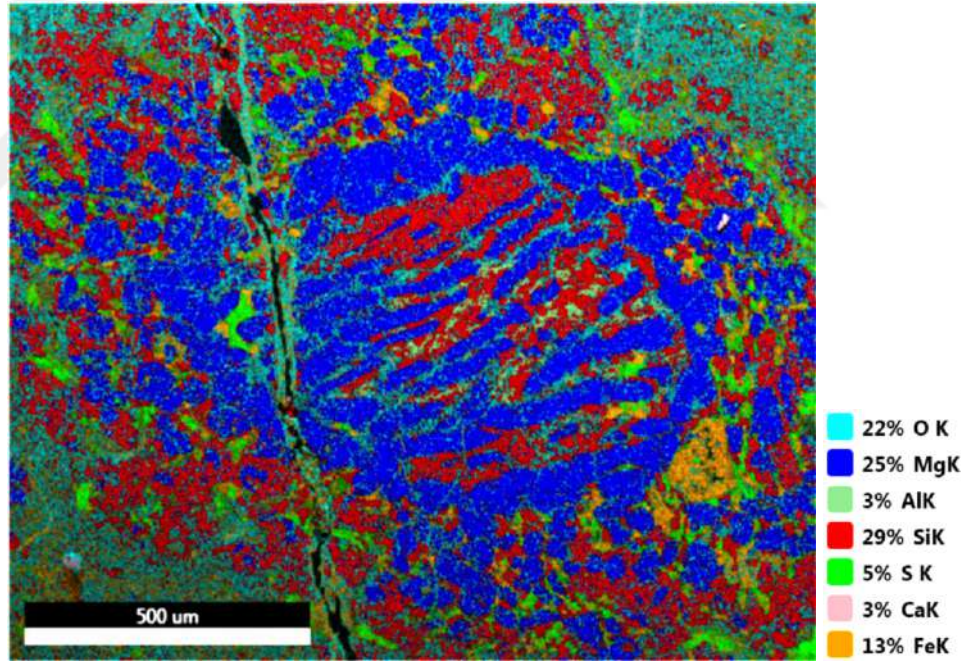
Tablo 4.2.23 CAI Nokta 1'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

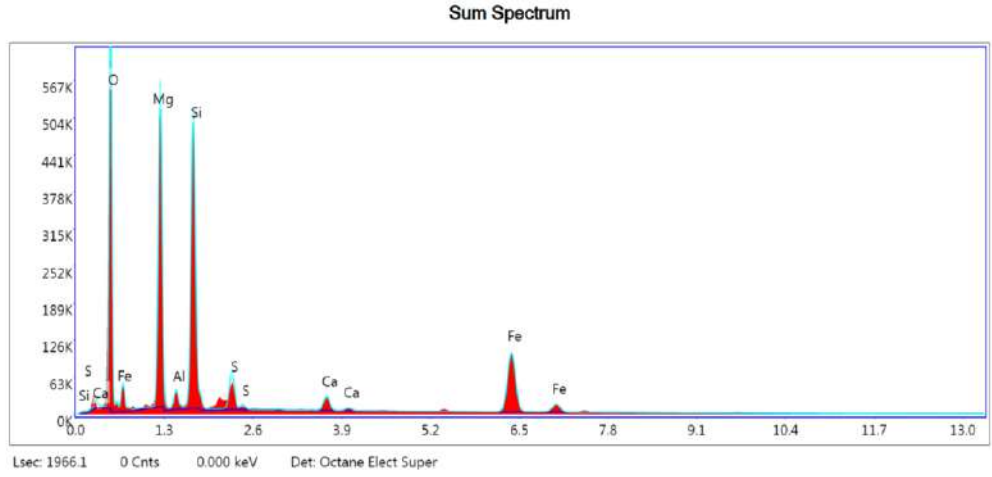
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	38.33	54.93
MgK	16.21	15.29
AlK	2.45	2.08
SiK	21.29	17.38
S K	2.84	2.03
CaK	3.30	1.89
FeK	15.58	6.40



Şekil 4.2.40 CAI Nöke 2'nin BSE görüntüsü.



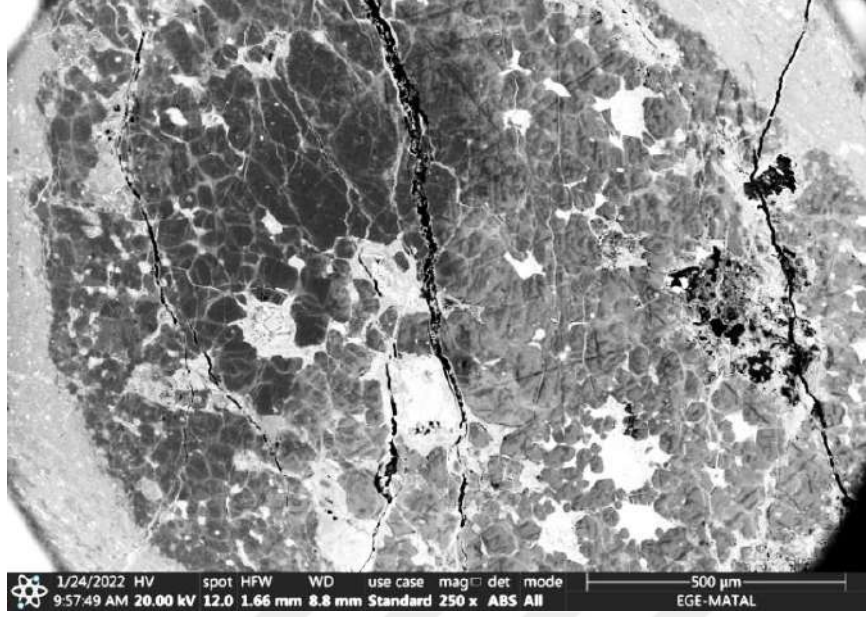


Şekil 4.2.41 CAI Nokta 2'nin EDS haritası (üst) ve spektrumu (alt).

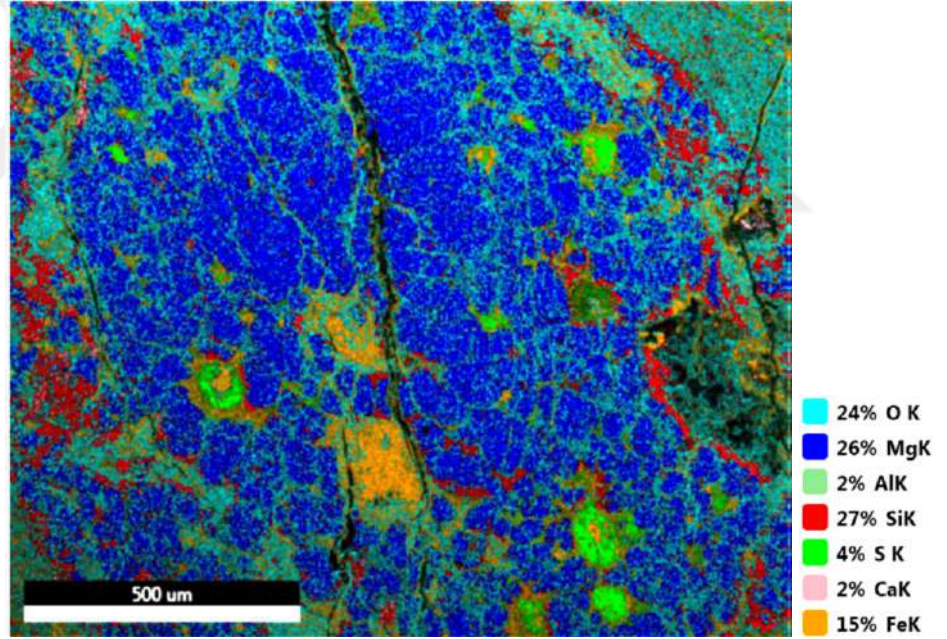
Tablo 4.2.24 CAI Nokta 2'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

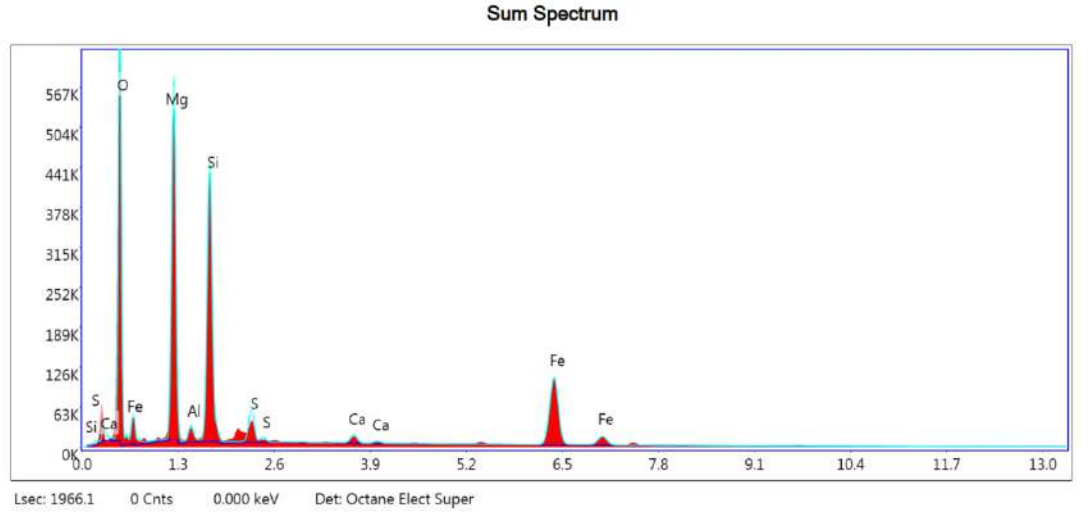
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	36.18	52.18
MgK	21.88	20.76
AlK	1.32	1.13
SiK	19.31	15.86
S K	3.21	2.31
CaK	1.70	0.98
FeK	16.40	6.77



Şekil 4.2.42 CAI Nokta 3'ün BSE görüntüsü.



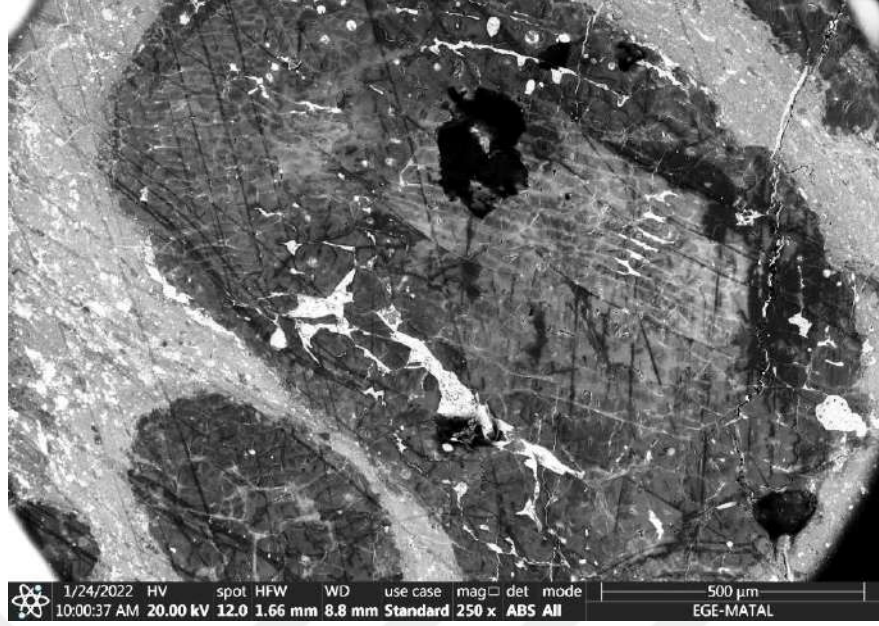


Şekil 4.2.43 CAI Nokta 3'ün EDS haritası (üst) ve spektrumu (alt).

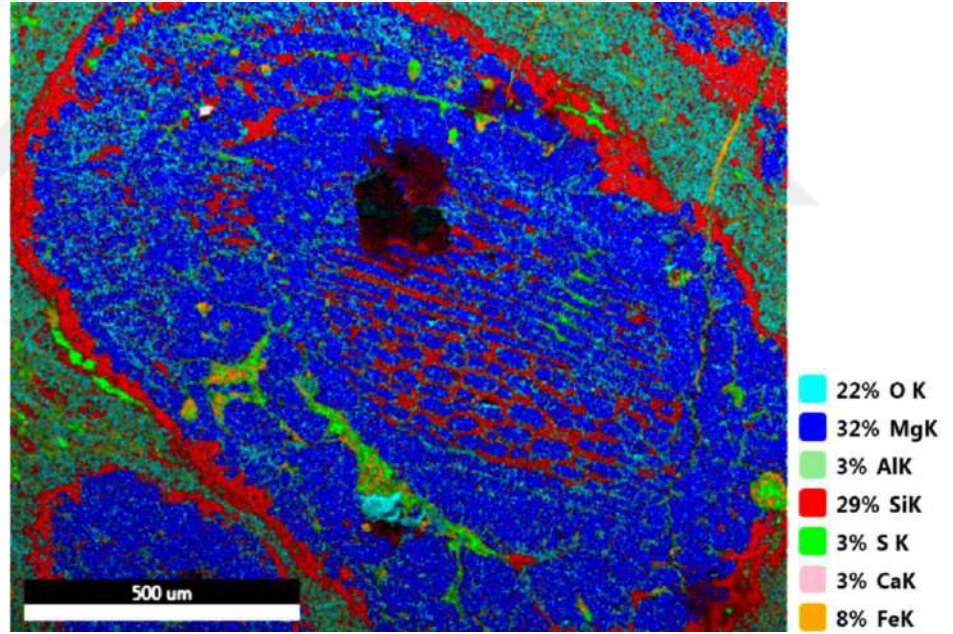
Tablo 4.2.25 CAI Nokta 3'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

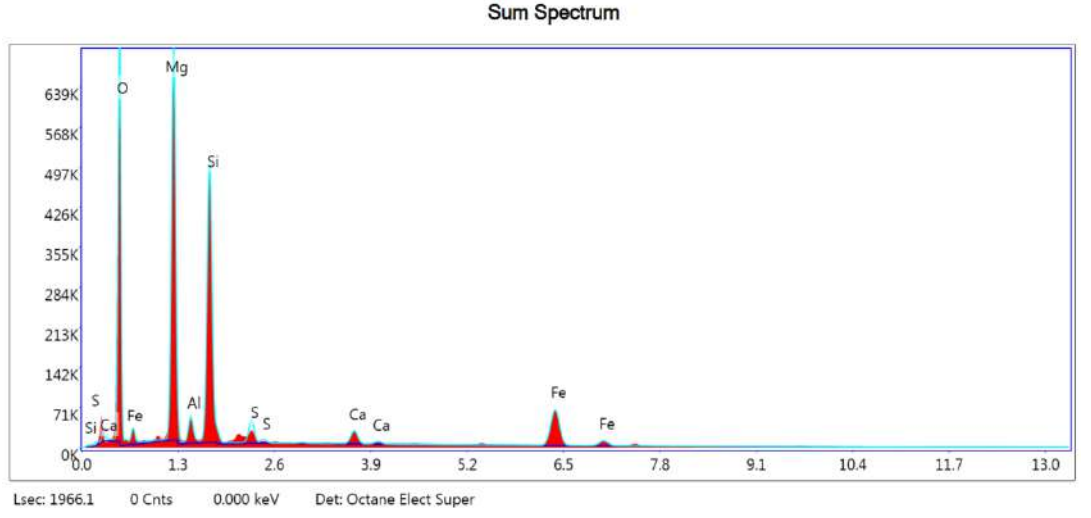
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	35.78	51.79
MgK	23.70	22.58
AlK	1.08	0.93
SiK	17.93	14.78
S K	2.76	2.00
CaK	0.94	0.54
FeK	17.81	7.38



Şekil 4.2.44 CAI Nokta 4'ün BSE görüntüsü.



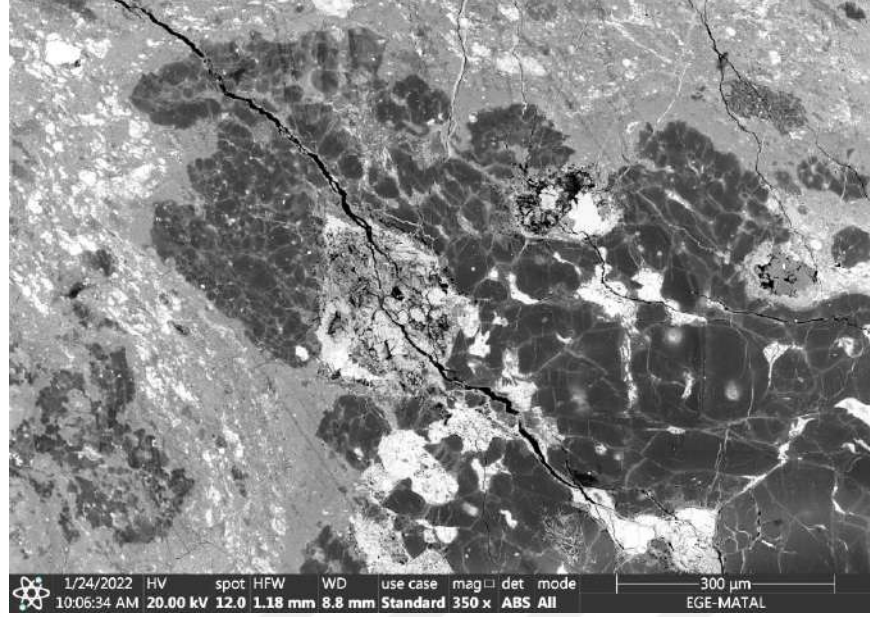


Şekil 4.2.45 CAI Nokta 4'ün EDS haritası (üst) ve spektrumu (alt).

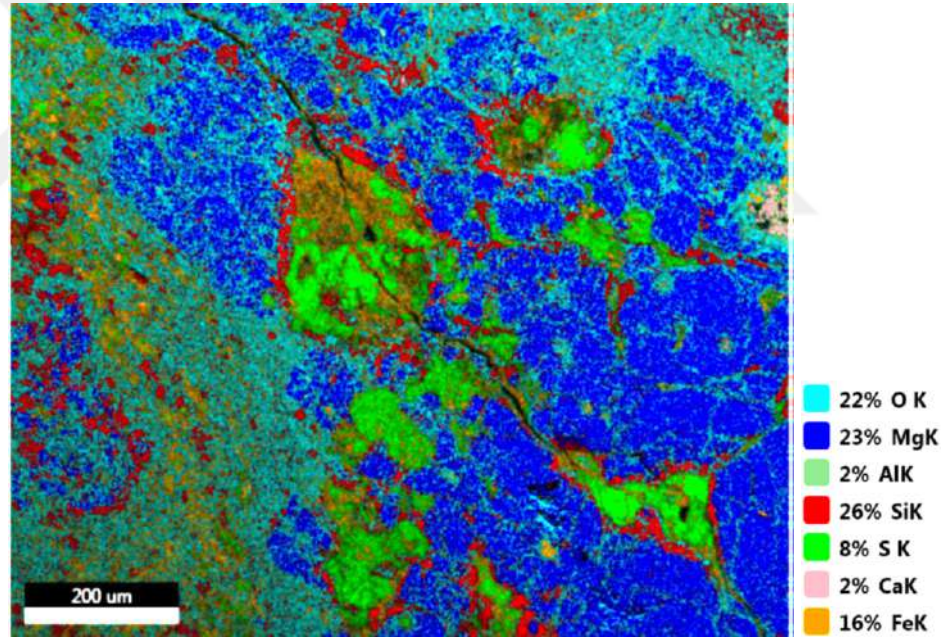
Tablo 4.2.26 CAI Nokta 4'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

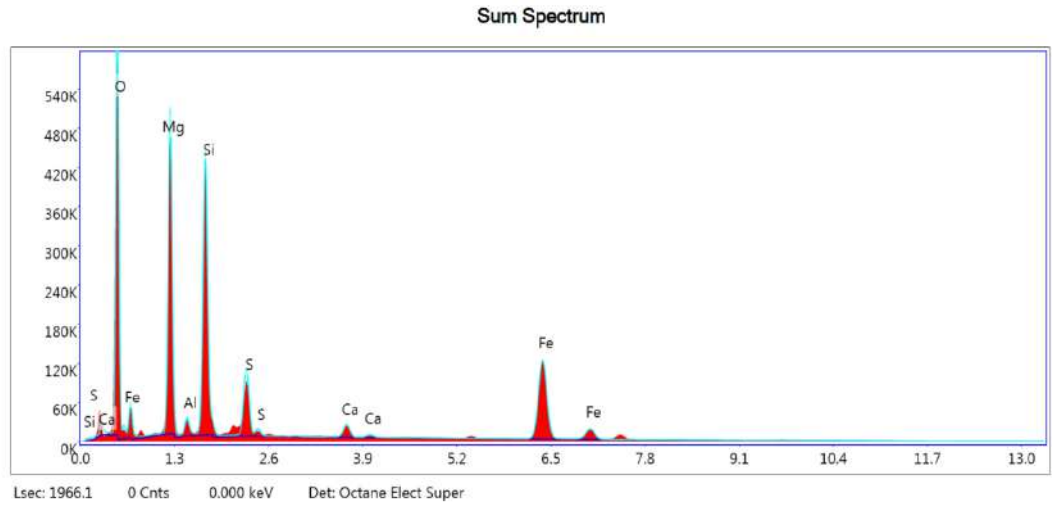
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	37.57	52.12
MgK	26.29	24.00
AlK	1.98	1.63
SiK	19.91	15.74
S K	1.97	1.36
CaK	1.75	0.97
FeK	10.54	4.19



Şekil 4.2.46 CAI Nokta 5'in BSE görüntüsü.



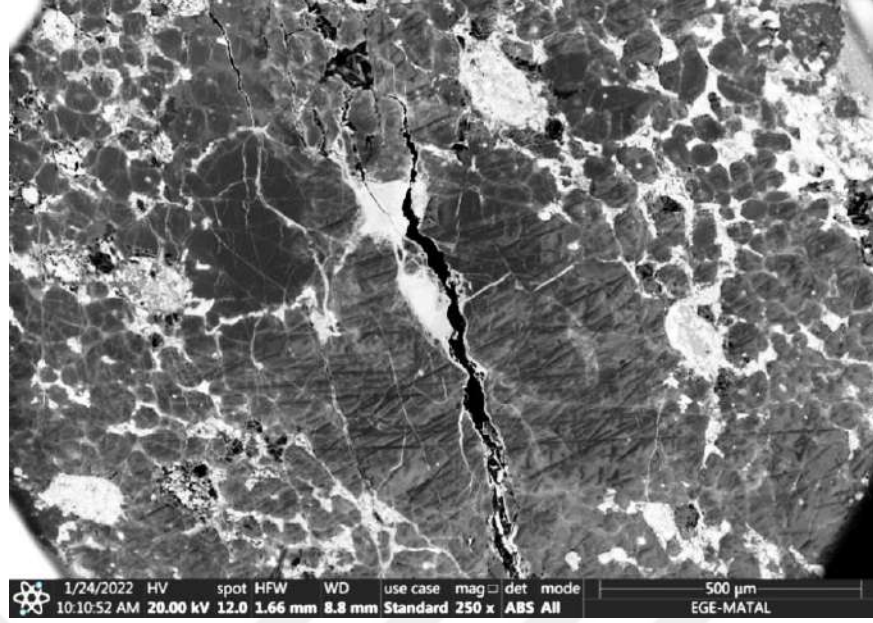


Şekil 4.2.47 CAI Nokta 5'in EDS haritası (üst) ve spektrumu (alt).

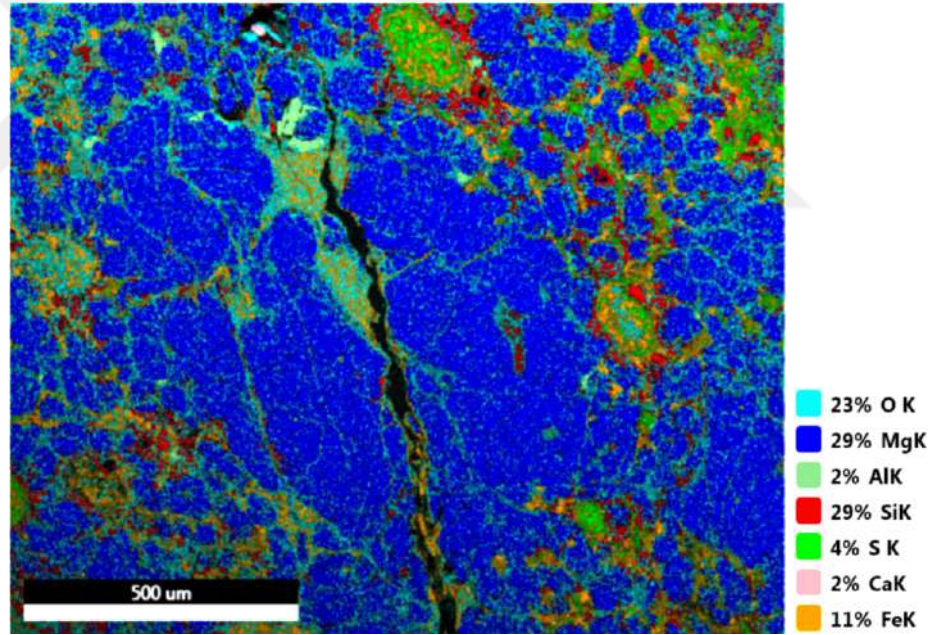
Tablo 4.2.27 CAI Nokta 5'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

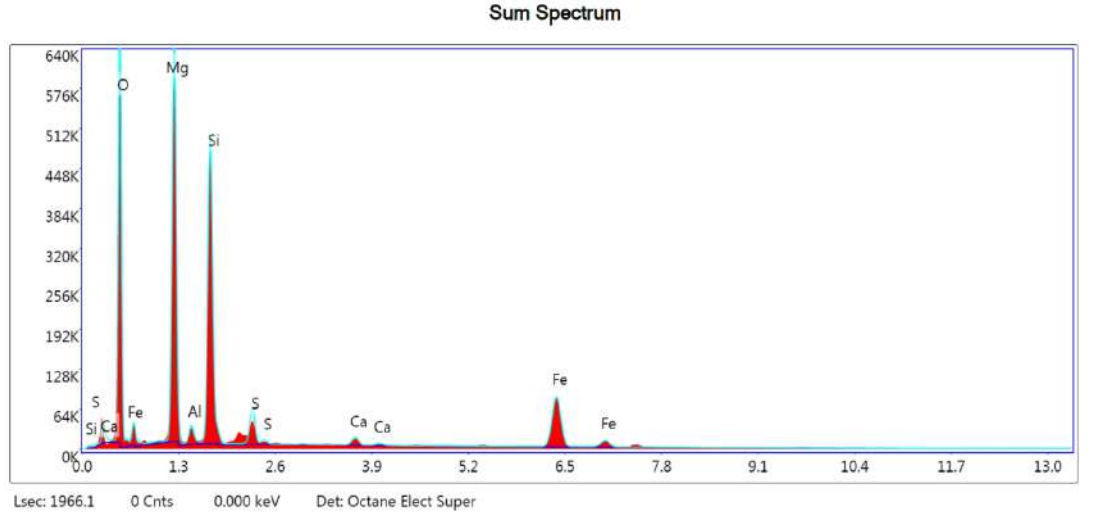
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	34.90	51.59
MgK	20.75	20.18
AlK	1.17	1.03
SiK	16.94	14.26
S K	5.05	3.73
CaK	1.40	0.82
FeK	19.79	8.38



Şekil 4.2.48 CAI Noka 6'nın BSE görüntüsü.





Şekil 4.2.49 CAI Nokta 6'nın EDS haritası (üst) ve spektrumu (alt).

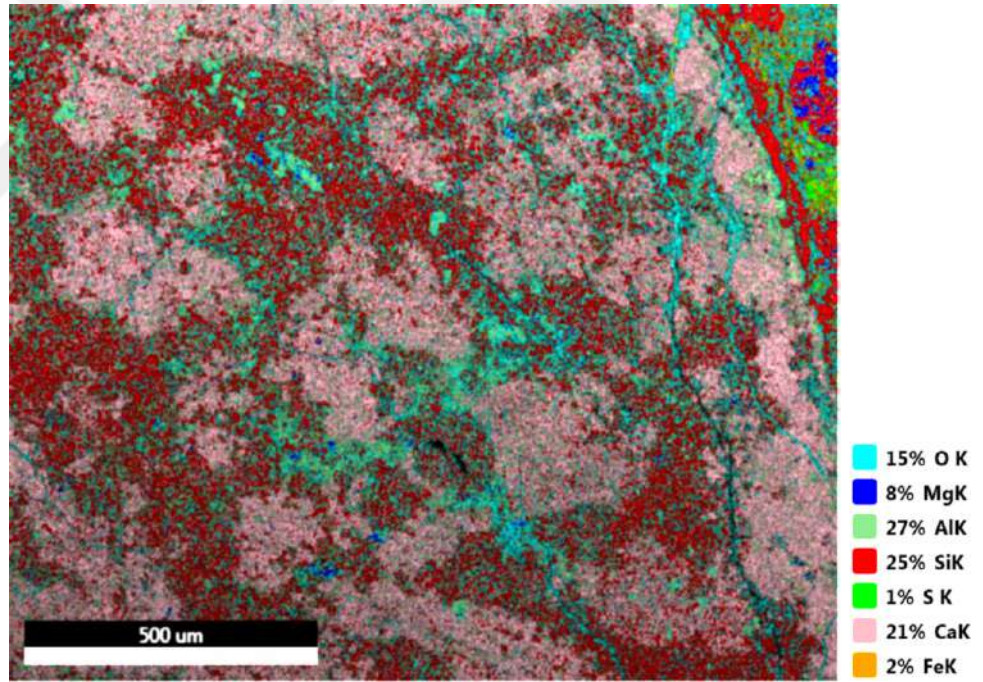
Tablo 4.2.28 CAI Nokta 6'ya ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

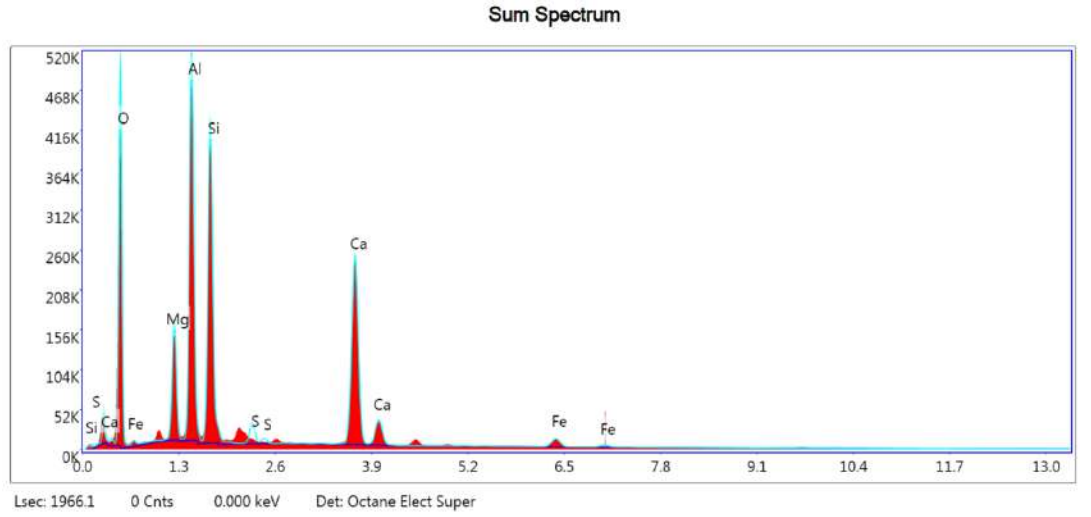
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	36.86	51.99
MgK	25.02	23.23
AlK	1.24	1.04
SiK	19.56	15.72
S K	2.90	2.04
CaK	0.98	0.55
FeK	13.44	5.43



Şekil 4.2.50 CAI Nokta 7'nin ince BSE görüntüsü.





Şekil 4.2.51 CAI Nokta 7'nin EDS haritası (üst) ve spektrumu (alt).

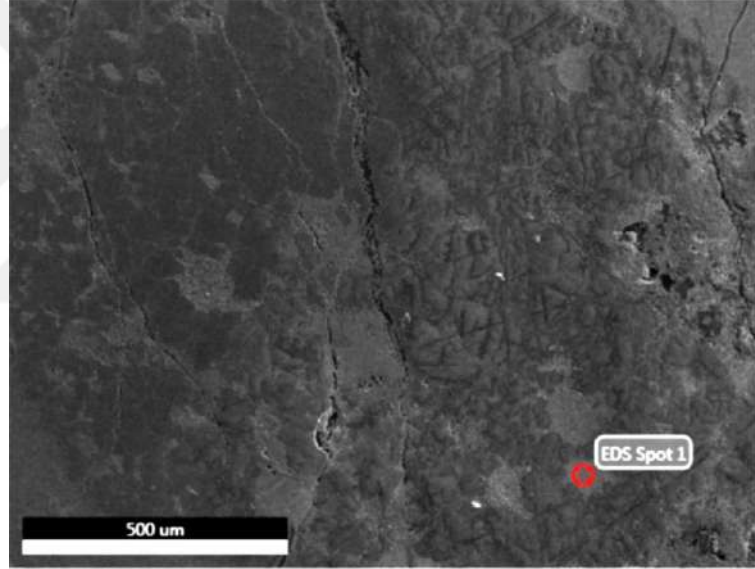
Tablo 4.2.29 CAI Nokta 7'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

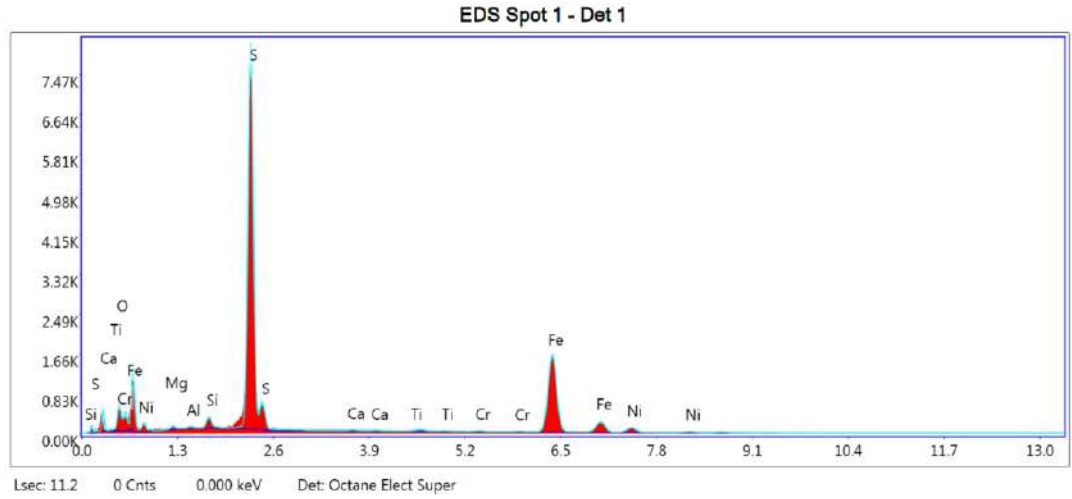
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	42.43	58.45
MgK	5.53	5.01
AlK	16.83	13.75
SiK	15.04	11.80
S K	1.14	0.79
CaK	17.35	9.54
FeK	1.67	0.66

Ek 5 CAI Nokta 3 Parlak 1, CAI Nokta 3 Parlak 2, CAI Nokta 3 Parlak 3, CAI Nokta 3 Parlak 4, CAI Nokta 3 Parlak 5, CAI Nokta 3 Parlak 6, CAI Nokta 3 Parlak 7 ve CAI Nokta 3 Parlak 8'e ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

CAI Nokta 3'ün BSE görüntüsü (Şekil 4.2.42) üzerinden belirlenen ve CAI Nokta 3 Parlak 1, CAI Nokta 3 Parlak 2, CAI Nokta 3 Parlak 3, CAI Nokta 3 Parlak 4, CAI Nokta 3 Parlak 5, CAI Nokta 3 Parlak 6, CAI Nokta 3 Parlak 7 ve CAI Nokta 3 Parlak 8 olarak isimlendirilen sekiz parlak noktanın nokta analizi Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı ile Ege Üniversitesi MATAL'da gerçekleştirilmiştir. Her bir parlak noktaya ait BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve elementlerin yüzdelik (%) bolluğu aşağıda sırasıyla verilmiştir.



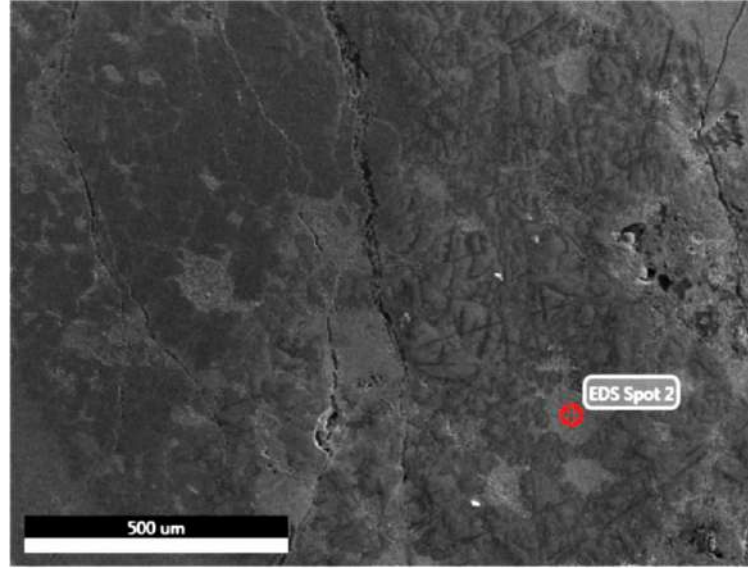


Şekil 4.2.52 CAI Nokta 3 Parlak 1'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

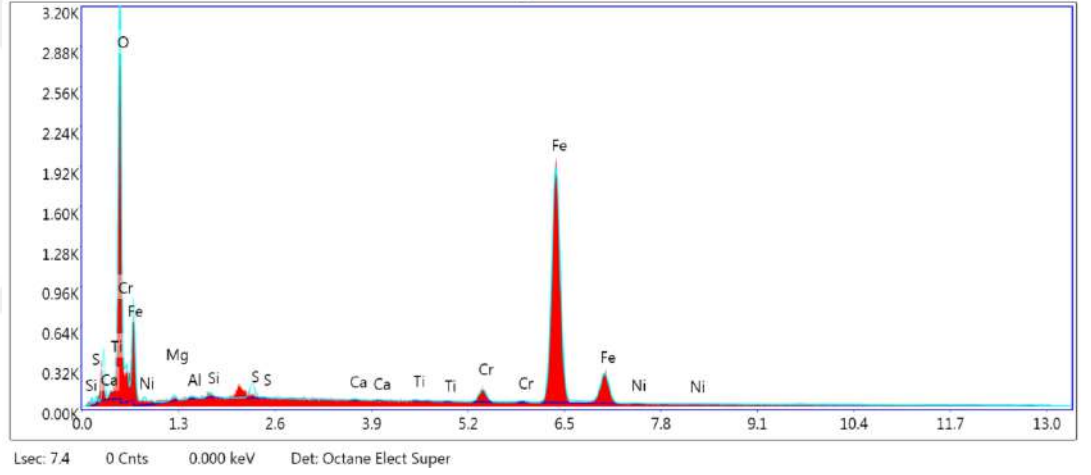
Tablo 4.2.30 CAI Nokta 3 Parlak 1'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	6.85	15.43
MgK	0.52	0.77
AlK	0.22	0.30
SiK	1.18	1.52
S K	48.31	54.32
CaK	0.20	0.18
TiK	0.06	0.05
CrK	0.30	0.21
FeK	38.98	25.16
NiK	3.37	2.07



EDS Spot 2 - Det 1

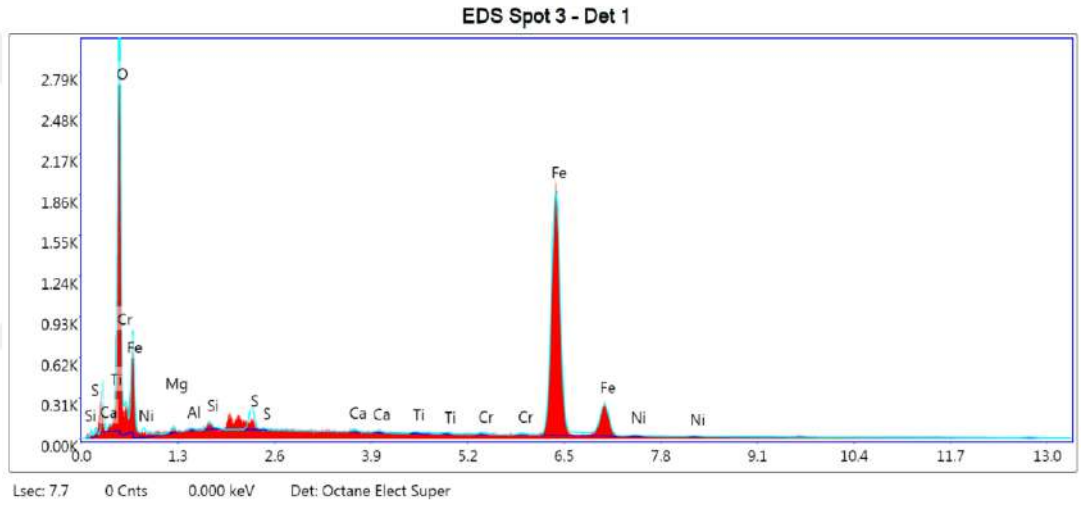
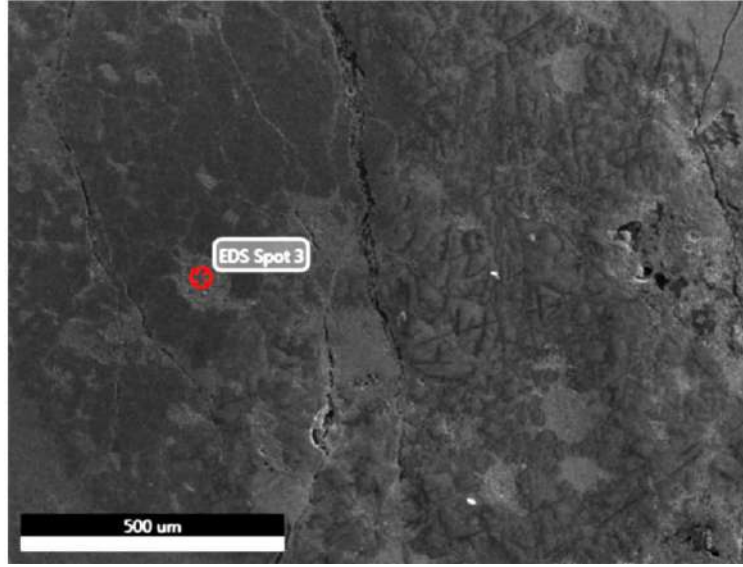


Şekil 4.2.53 CAI Nokta 3 Parlak 2'nin SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.31 CAI Nokta 3 Parlak 2'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	26.77	55.20
MgK	0.70	0.95
AlK	0.27	0.33
SiK	0.37	0.43
S K	1.07	1.10
CaK	0.13	0.10
TiK	0.17	0.12
CrK	2.26	1.43
FeK	68.14	40.26
NiK	0.13	0.07

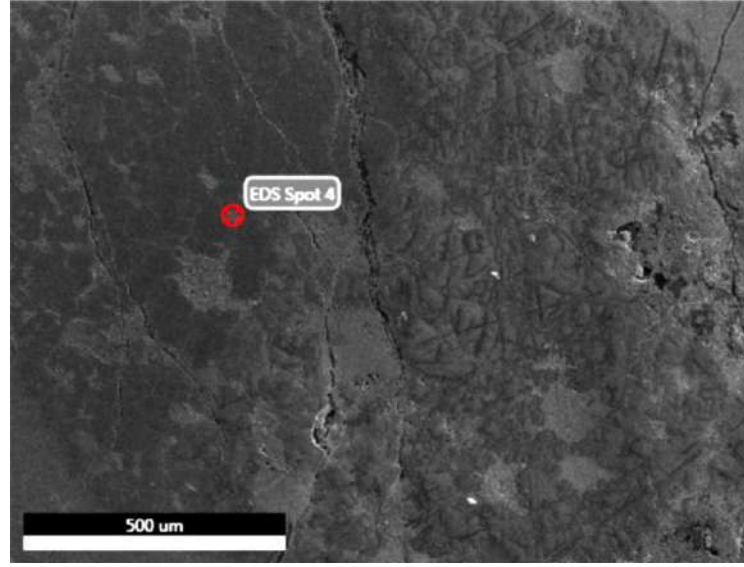


Şekil 4.2.54 CAI Nokta 3 Parlak 3'ün SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

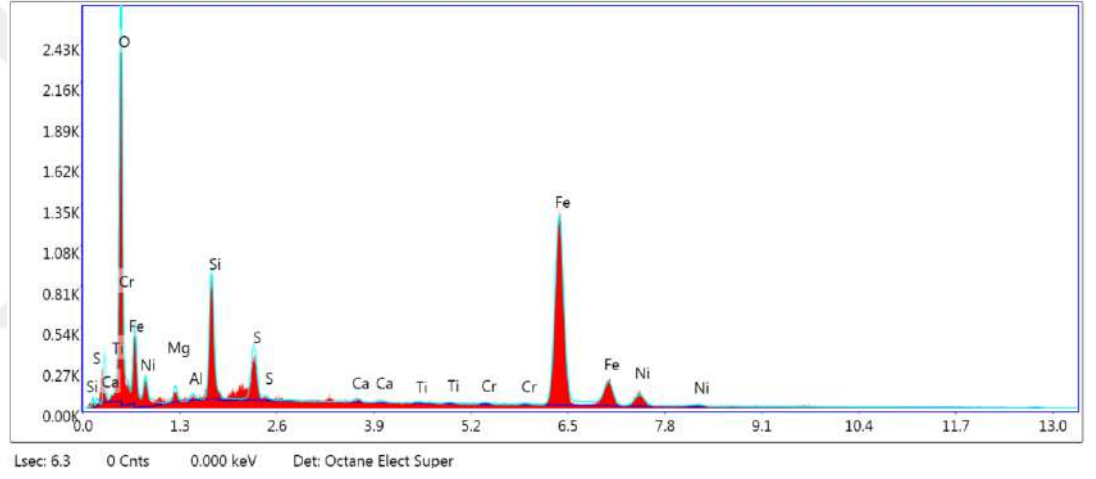
Tablo 4.2.32 CAI Nokta 3 Parlak 3'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	28.04	56.57
MgK	0.80	1.06
AlK	0.22	0.27
SiK	0.53	0.61
S K	1.63	1.64
CaK	0.31	0.25
TiK	0.21	0.14
CrK	0.32	0.20
FeK	67.51	39.02
NiK	0.42	0.23



EDS Spot 4 - Det 1

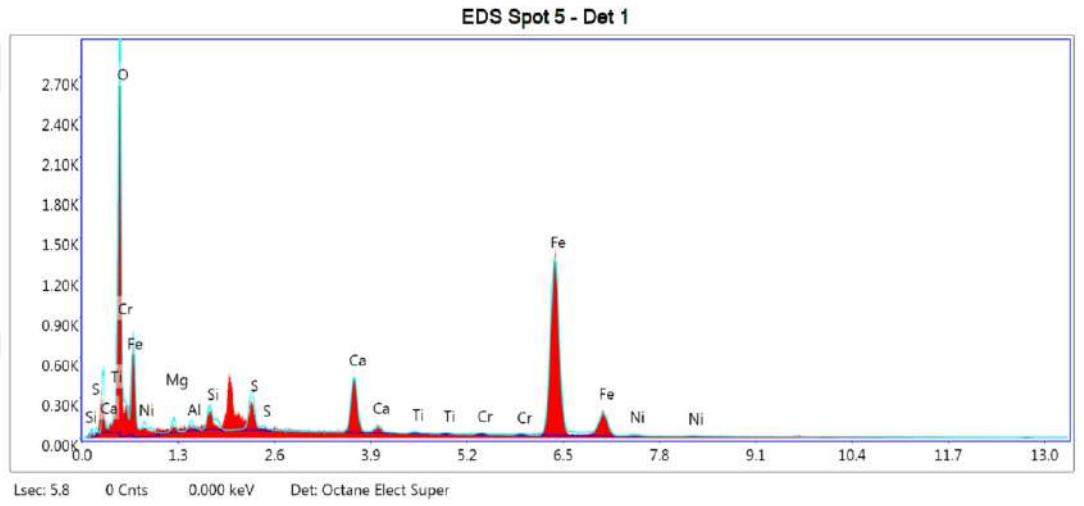
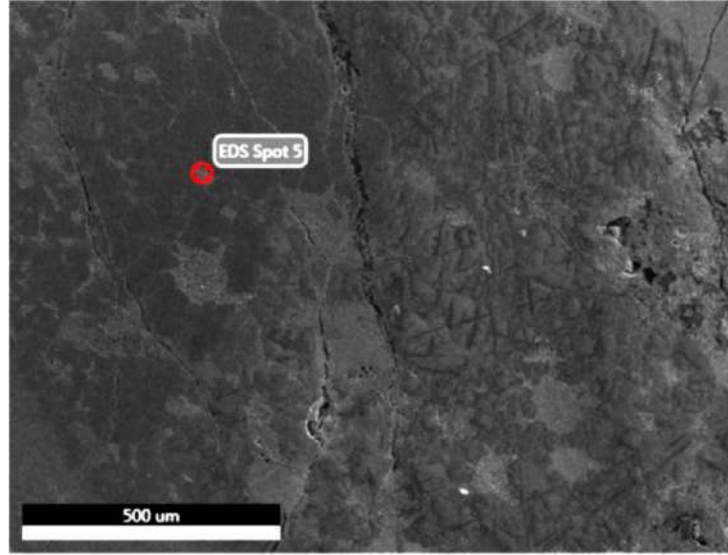


Şekil 4.2.55 CAI Nokta 3 Parlak 4'ün SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.33 CAI Nokta 3 Parlak 4'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	31.11	56.76
MgK	1.59	1.91
AlK	0.50	0.54
SiK	8.28	8.61
S K	4.09	3.73
CaK	0.42	0.31
TiK	0.23	0.14
CrK	0.35	0.20
FeK	49.19	25.71
NiK	4.24	2.11

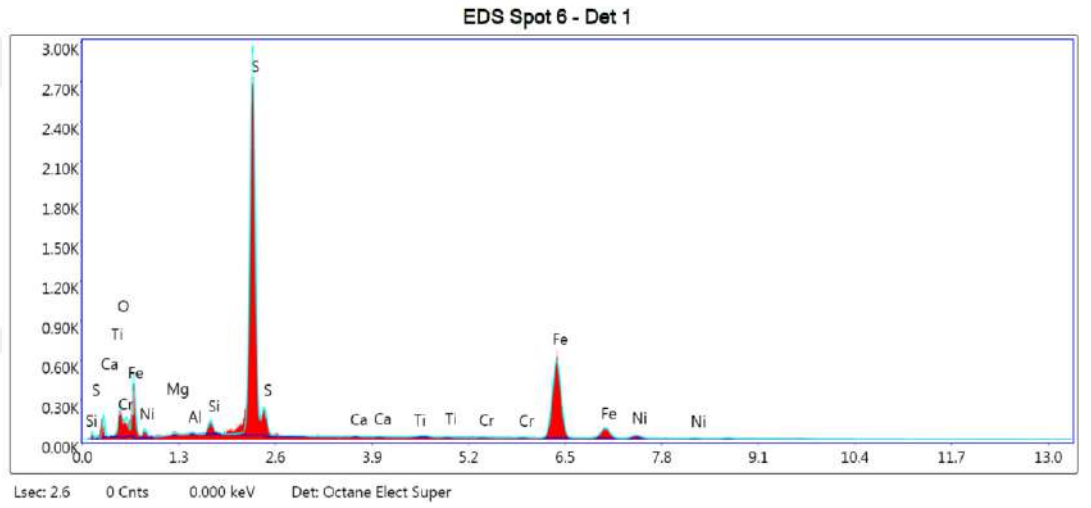
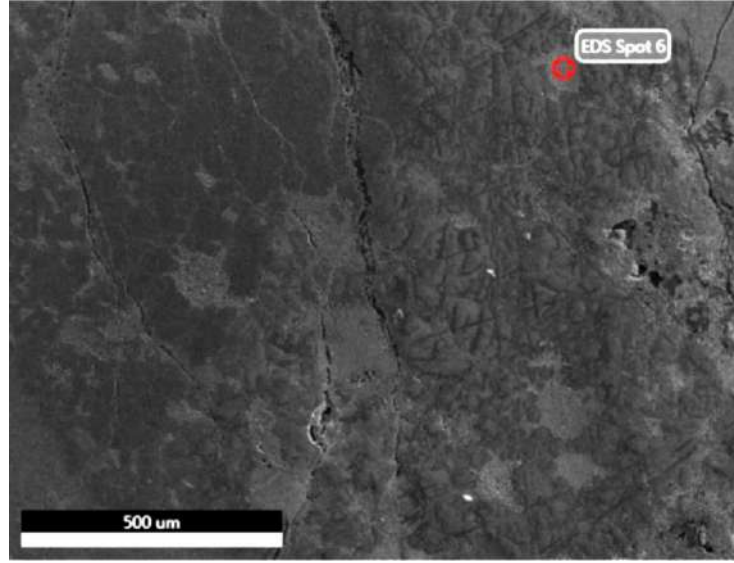


Şekil 4.2.56 CAI Nokta 3 Parlak 5'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.34 CAI Nokta 3 Parlak 5'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	37.46	64.68
MgK	1.48	1.68
AlK	0.80	0.82
SiK	1.56	1.53
S K	2.73	2.35
CaK	6.28	4.33
TiK	0.29	0.16
CrK	0.29	0.16
FeK	48.82	24.15
NiK	0.30	0.14

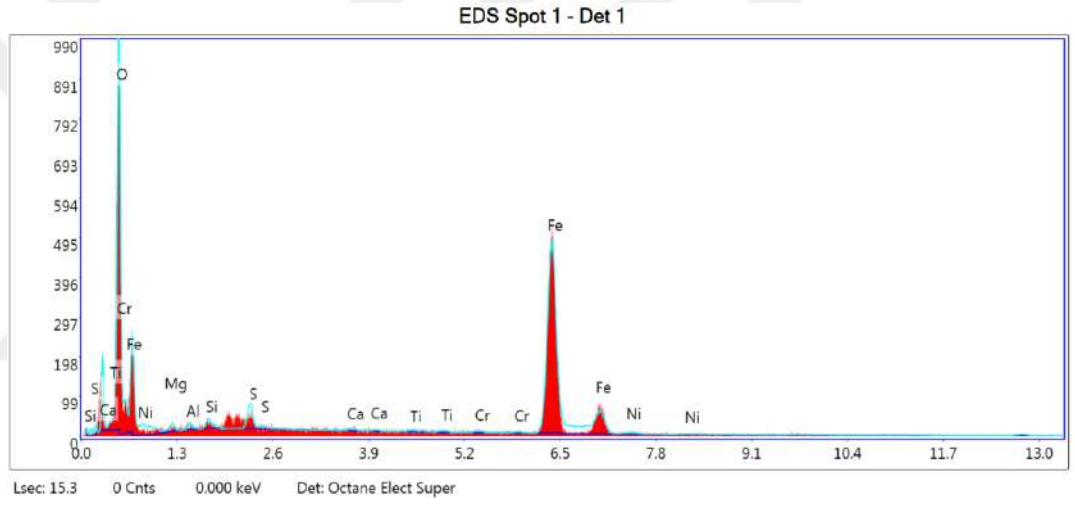
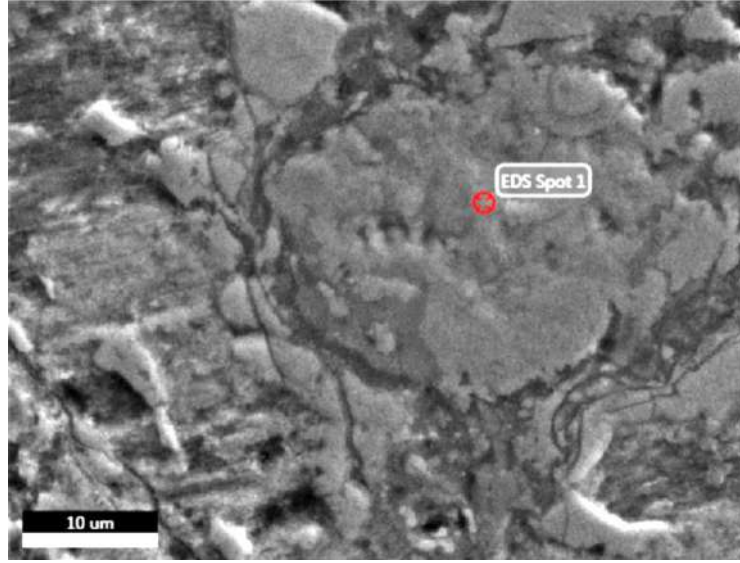


Şekil 4.2.57 CAI Nokta 3 Parlak 6'nın SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.35 CAI Nokta 3 Parlak 6'ya ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	8.98	19.59
MgK	0.62	0.89
AlK	0.28	0.37
SiK	1.37	1.70
S K	47.36	51.57
CaK	0.22	0.19
TiK	0.12	0.08
CrK	0.21	0.14
FeK	38.68	24.18
NIK	2.17	1.29

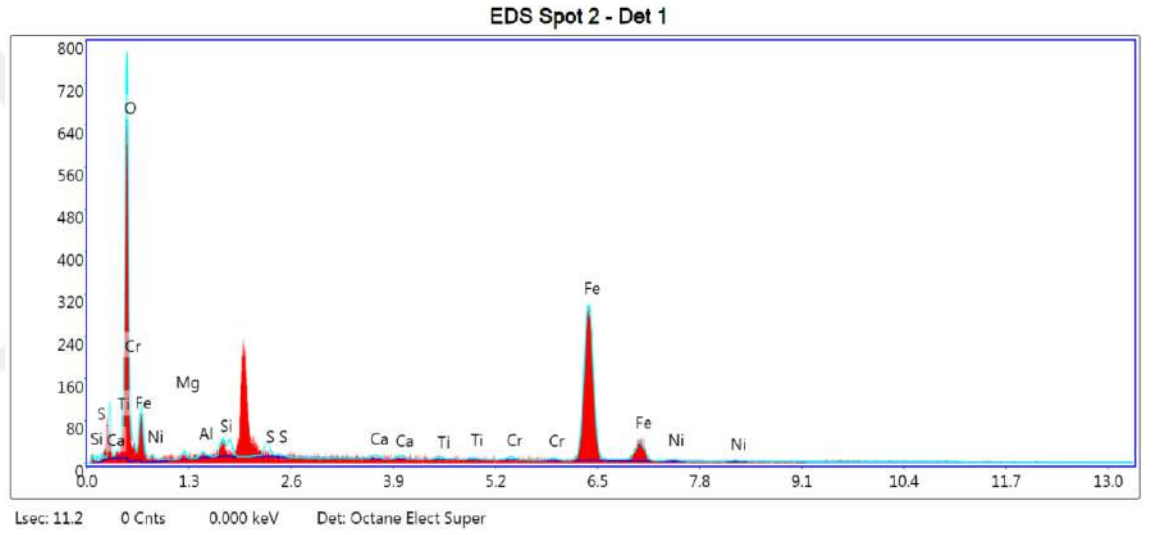
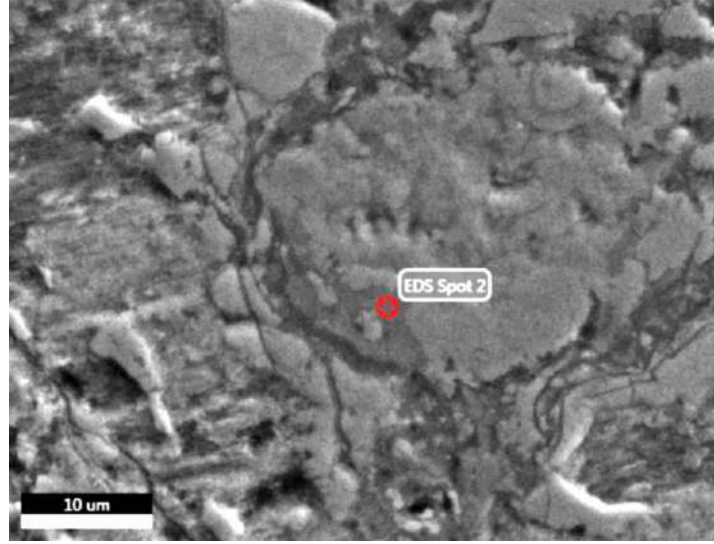


Şekil 4.2.58 CAI Nokta 3 Parlak 7'nin SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.36 CAI Nokta 3 Parlak 7'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	32.31	61.04
MgK	0.96	1.20
AlK	0.61	0.68
SiK	0.74	0.79
S K	2.04	1.92
CaK	0.31	0.23
TiK	0.22	0.14
CrK	0.31	0.18
FeK	62.19	33.65
NiK	0.30	0.16



Şekil 4.2.59 CAI Nokta 3 Parlak 8'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

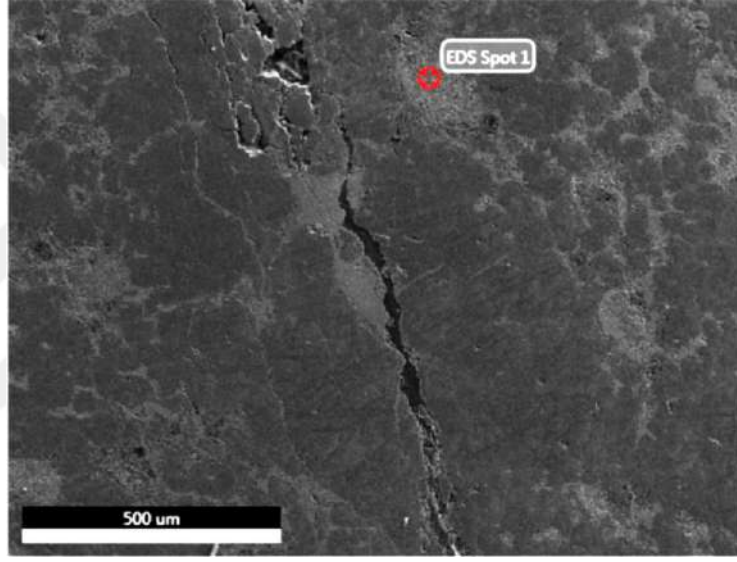
Tablo 4.2.37 CAI Nokta 3 Parlak 8'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

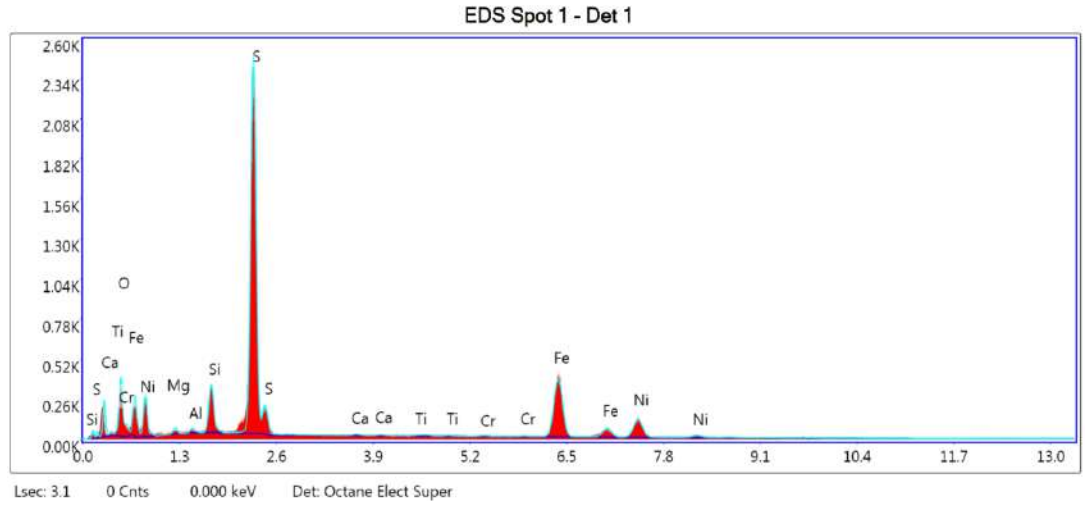
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	35.72	64.30
MgK	1.14	1.35
AlK	0.59	0.63
SiK	1.60	1.64
S K	1.32	1.18
CaK	0.50	0.36
TiK	0.44	0.26
CrK	0.69	0.38
FeK	57.11	29.45
NIK	0.88	0.43

Ek 6 CAI Nokta 6 Parlak 1, CAI Nokta 6 Parlak 2, CAI Nokta 6 Parlak 3, CAI Nokta 6 Parlak 4 ve CAI Nokta 6 Parlak 5'e ait SEM-BSE Görüntüleri, EDS Spektrumları ve Elementlerin Yüzde (%) Değer Tabloları

CAI Nokta 6'nın BSE görüntüsü (Şekil 4.2.48) üzerinden belirlenen ve CAI Nokta 6 Parlak 1, CAI Nokta 6 Parlak 2, CAI Nokta 6 Parlak 3, CAI Nokta 6 Parlak 4, CAI Nokta 6 Parlak 5 olarak adlandırılan beş parlak noktanın nokta analizi Thermo Scientific Apreo S SEM cihazı ile Ege Üniversitesi MATAL'da gerçekleştirilmiştir. Her bir parlak noktaya ait BSE görüntüleri, EDS spektrumları ve elementlerin yüzdelik (%) bolluğu aşağıda sırasıyla verilmiştir.



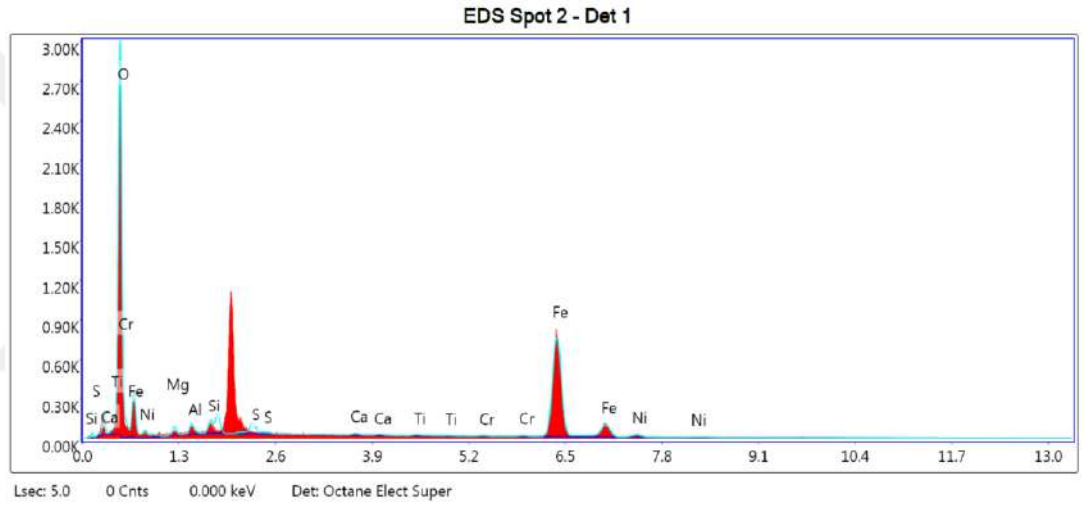
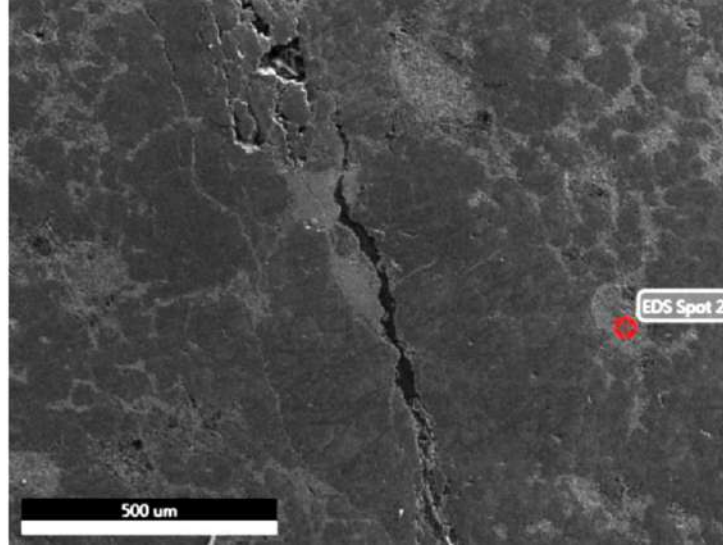


Şekil 4.2.60 CAI Nokta 6 Parlak 1'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.38 CAI Nokta 6 Parlak 1'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	13.80	27.97
MgK	0.86	1.15
AlK	0.50	0.60
SiK	4.50	5.20
S K	43.23	43.74
CaK	0.28	0.22
TiK	0.13	0.09
CrK	0.24	0.15
FeK	25.54	14.84
NiK	10.93	6.04

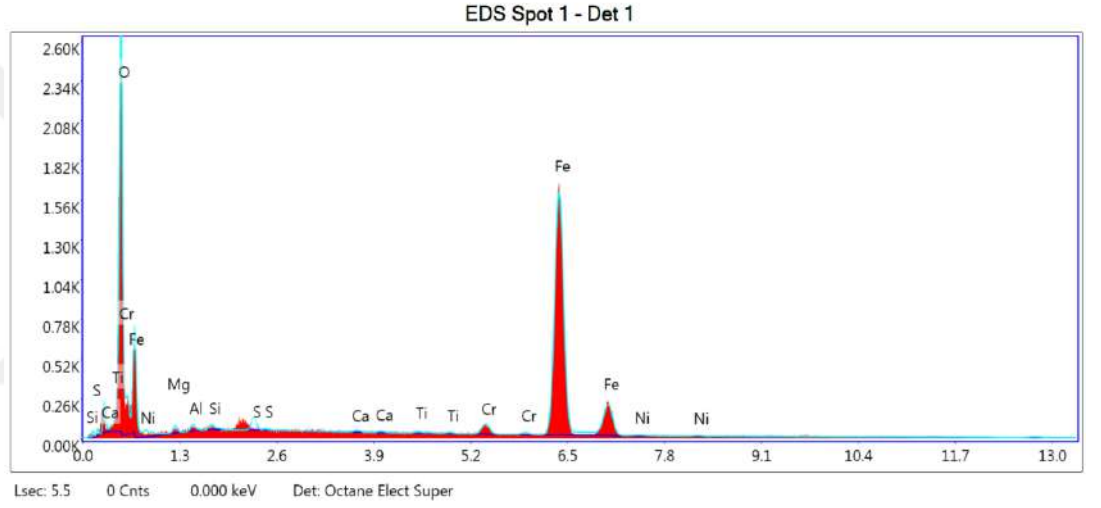
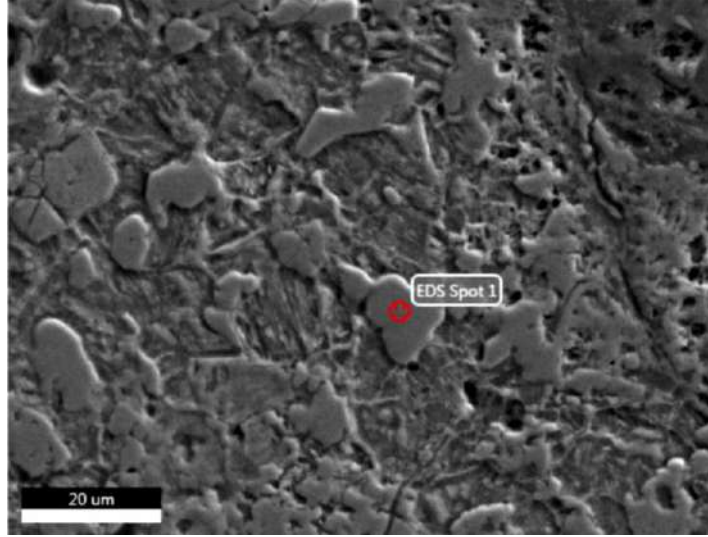


Şekil 4.2.61 CAI Nokta 6 Parlak 2'nin SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.39 CAI Nokta 6 Parlak 2'ye ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	44.13	71.35
MgK	1.66	1.77
AlK	1.39	1.34
SiK	1.36	1.25
S K	1.18	0.95
CaK	0.30	0.19
TiK	0.24	0.13
CrK	0.19	0.09
FeK	48.08	22.27
NiK	1.47	0.65

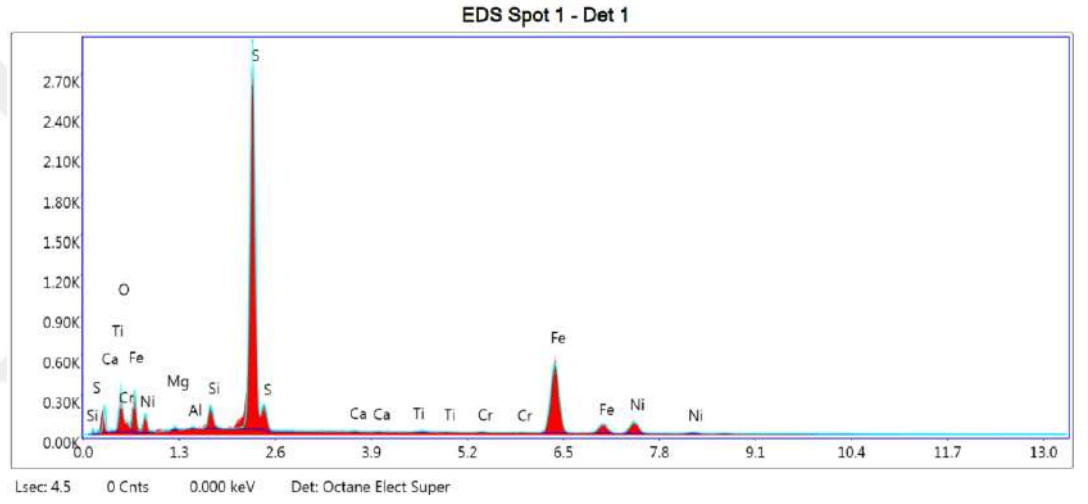
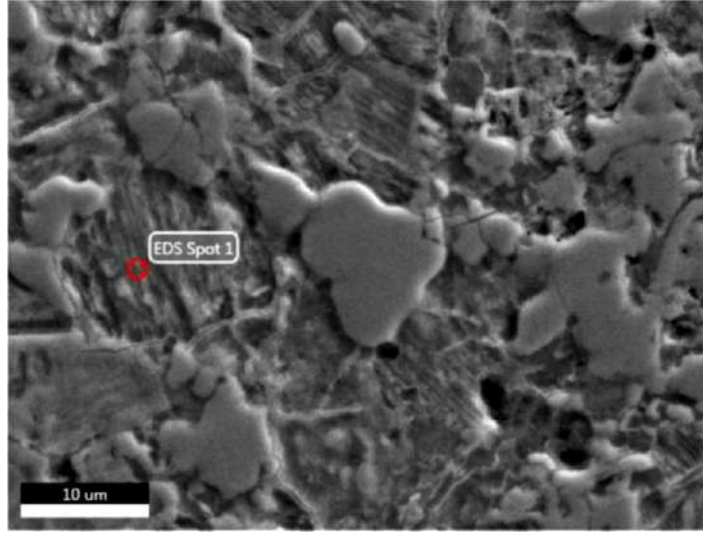


Şekil 4.2.62 CAI Nokta 6 Parlak 3'ün SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.40 CAI Nokta 6 Parlak 3'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	27.50	55.96
MgK	0.85	1.14
AlK	0.62	0.75
SiK	0.40	0.46
S K	0.92	0.93
CaK	0.19	0.16
TiK	0.20	0.14
CrK	1.75	1.10
FeK	67.33	39.25
NiK	0.23	0.13

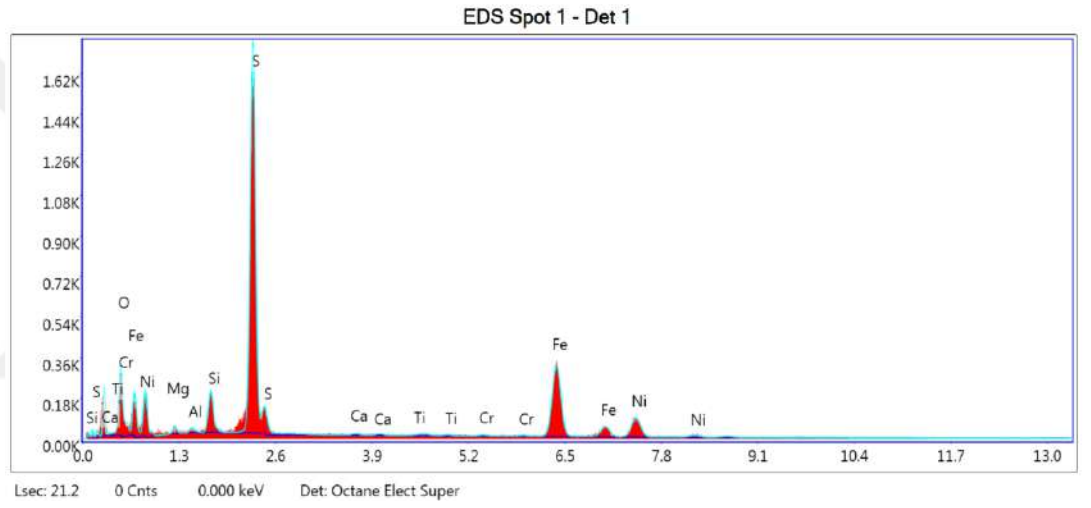
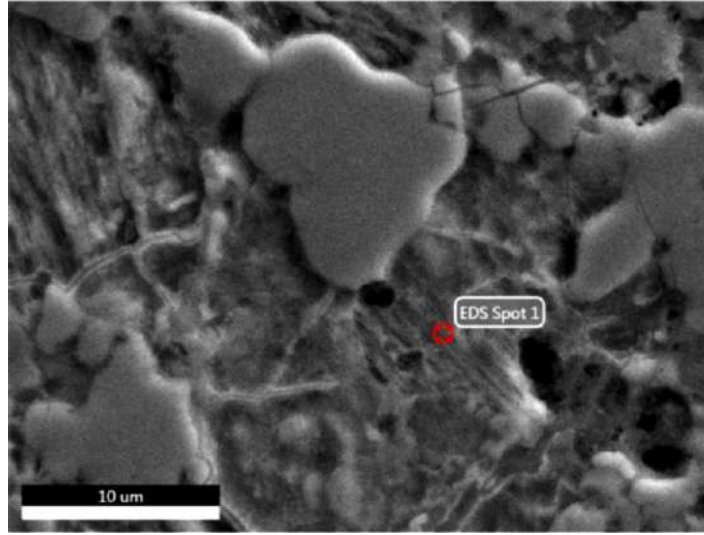


Şekil 4.2.63 CAI Nokta 6 Parlak 4'ün SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

Tablo 4.2.41 CAI Nokta 6 Parlak 4'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	11.43	24.18
MgK	0.47	0.66
AlK	0.19	0.23
SiK	2.28	2.75
S K	45.46	47.98
CaK	0.16	0.13
TiK	0.08	0.06
CrK	0.26	0.17
FeK	32.51	19.70
NiK	7.16	4.13



Şekil 4.2.64 CAI Nokta 6 Parlak 5'in SEM-BSE görüntüsü üzerinden EDS nokta analizi için seçilen noktanın yeri (üst) ve EDS spektrumu (alt).

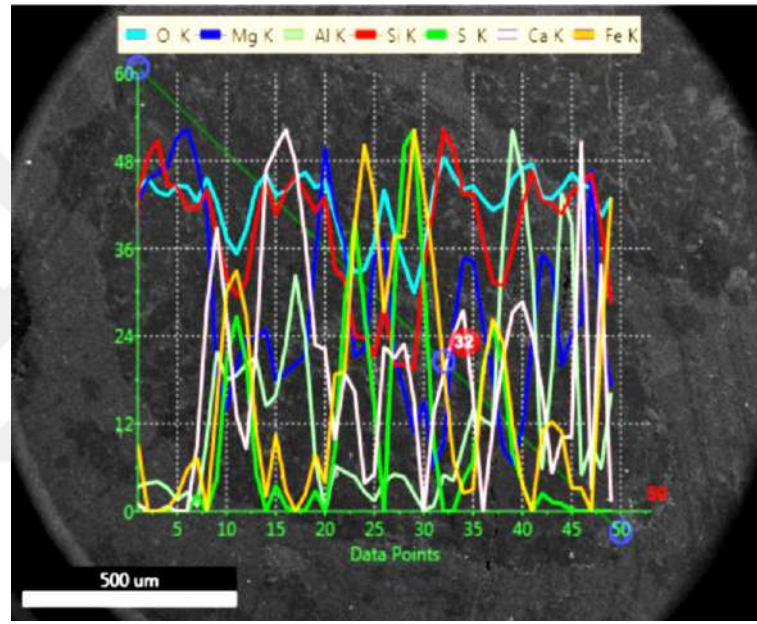
Tablo 4.2.42 CAI Nokta 6 Parlak 5'e ait elementlerinin yüzde (%) değerleri.

eZAF Smart Quant Results

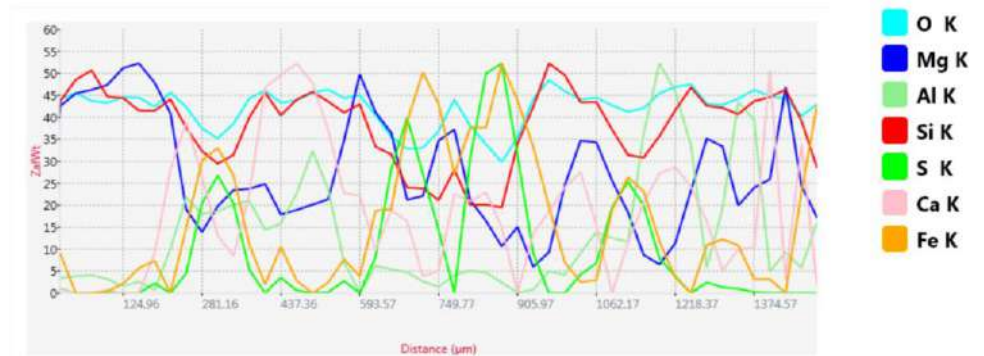
Element	Weight %	Atomic %
O K	14.79	30.04
MgK	0.96	1.29
AlK	0.48	0.58
SiK	3.56	4.12
S K	40.56	41.11
CaK	0.30	0.24
TiK	0.08	0.06
CrK	0.29	0.18
FeK	28.55	16.61
NiK	10.43	5.78

Ek 7 CAI Nokta 1, CAI Nokta 1-1, CAI Nokta 1-2, CAI Nokta 1-3, CAI Nokta 2 ve CAI Nokta 3'ün Çizgi Analizi Spektrumları

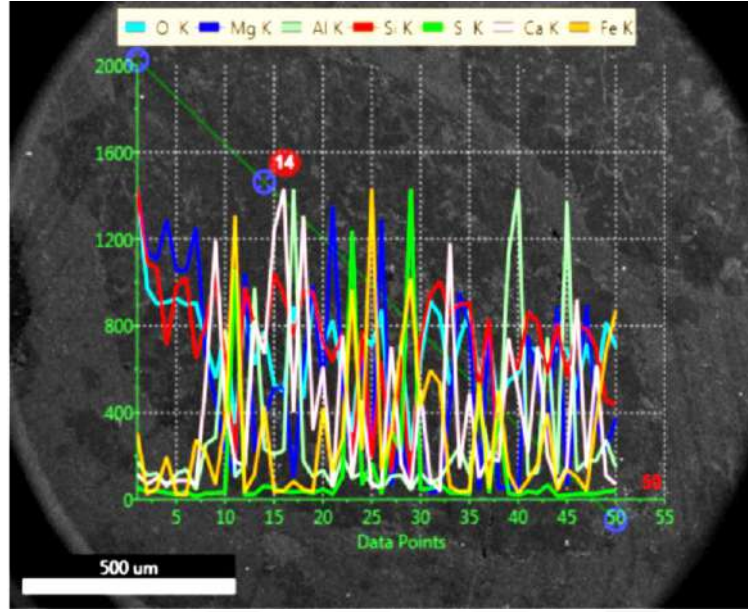
CAI Nokta 1'in, CAI Nokta 2'nin ve CAI Nokta 3'ün BSE görüntüleri (sırasıyla, Şekil 4.2.38, Şekil 4.2.40 ve Şekil 4.2.42) üzerinden seçilen bölgenin sol üstünden başlayarak sağ alta doğru bir çizgi (line) çizilip, tez literatüründe ilk kez EDS çizgi profil analizi yapılmıştır. CAI Nokta 1, CAI Nokta 1-1, CAI Nokta 1-2 ve CAI Nokta 1-3, CAI Nokta 2 ve CAI Nokta 3 için gerçekleştirilen çizgi analizlerinden elde edilen spektrumlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.



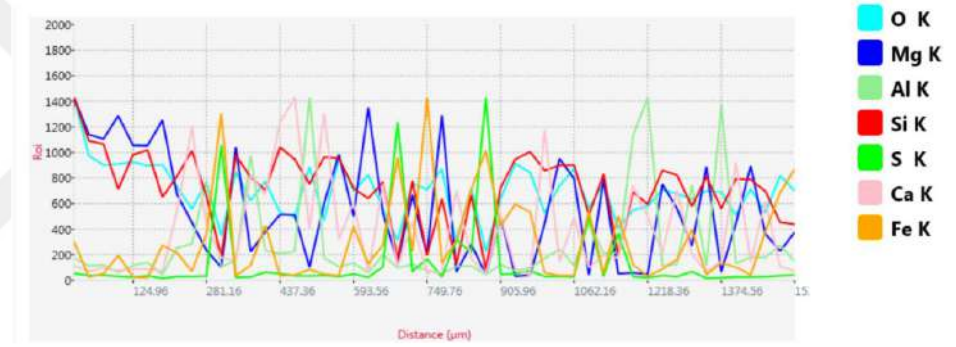
Element profile plot



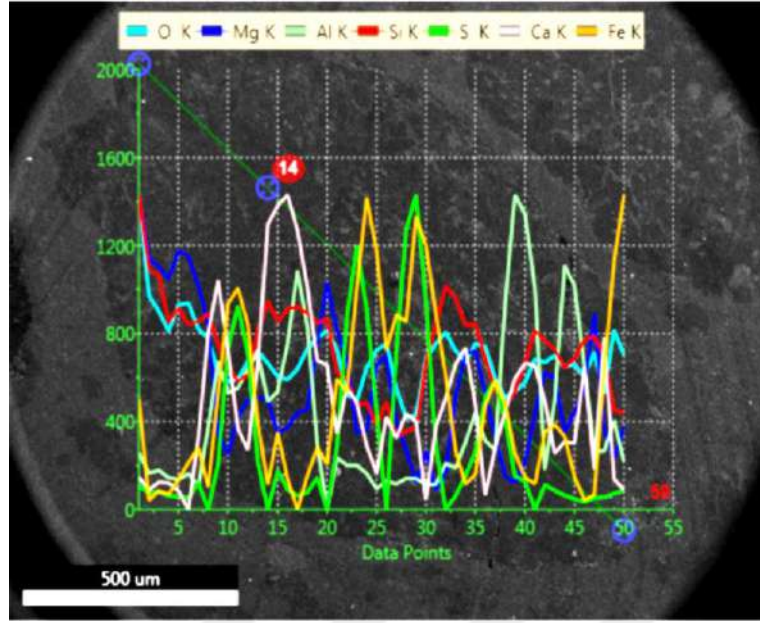
Şekil 4.2.65 CAI Nokta 1'in EDS çizgi profili (üst) ve spektrumu (alt).



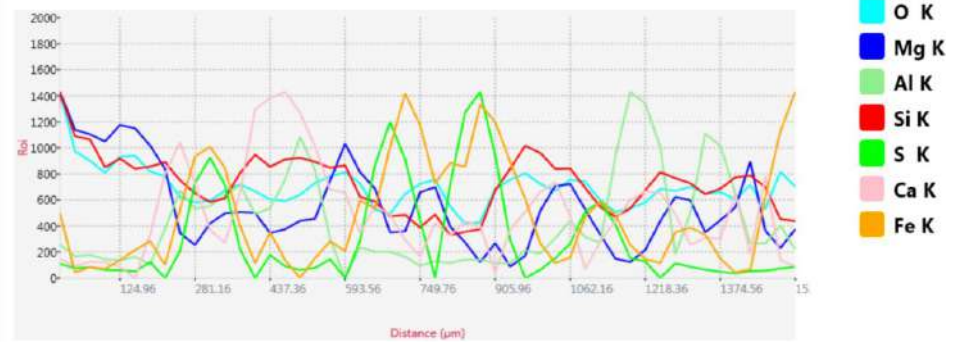
Element profile plot



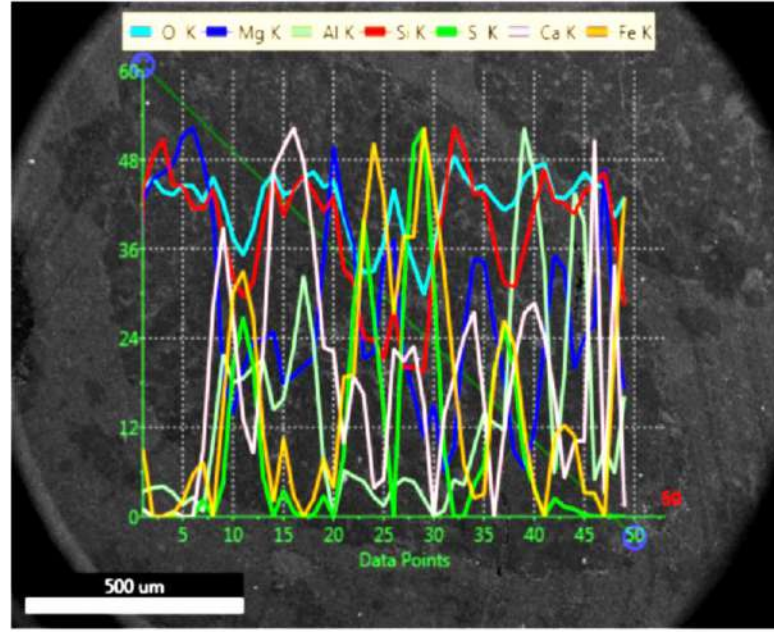
Şekil 4.2.66 CAI Nokta 1-1'in EDS çizgi profili (üst) ve spektrumu (alt).



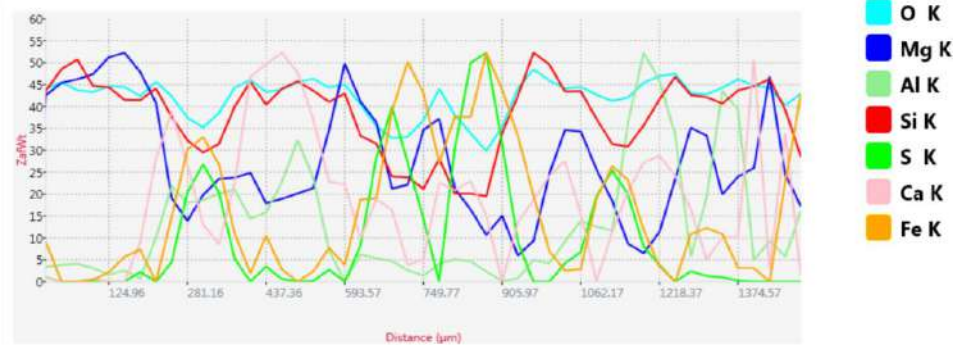
Element profile plot



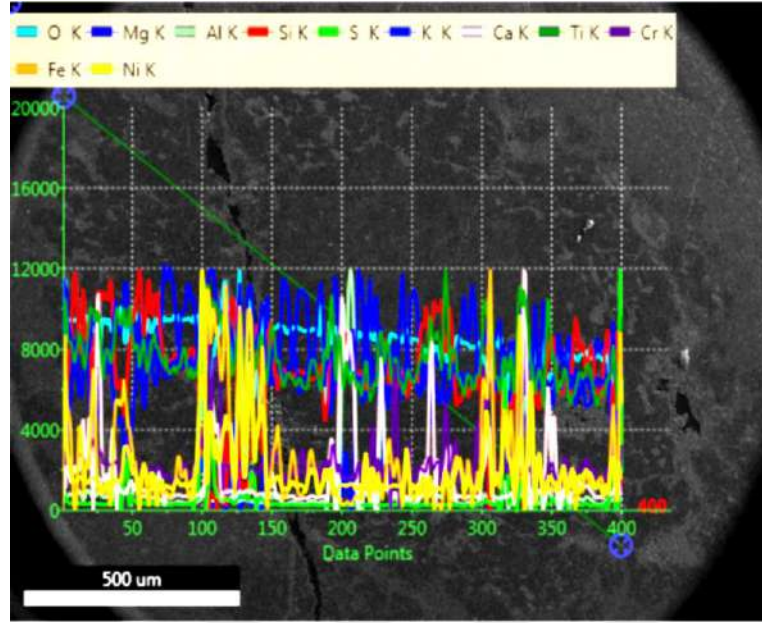
Şekil 4.2.67 CAI Nokta 1-2'nin EDS çizgi profili (üst) ve spektrumu (alt).



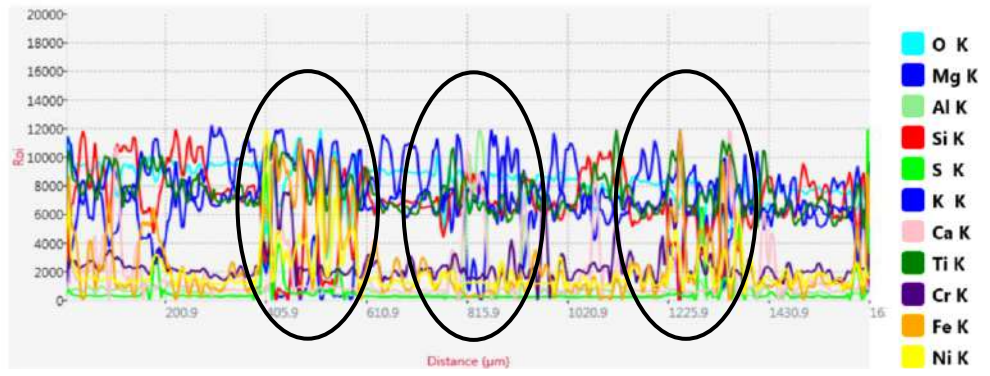
Element profile plot



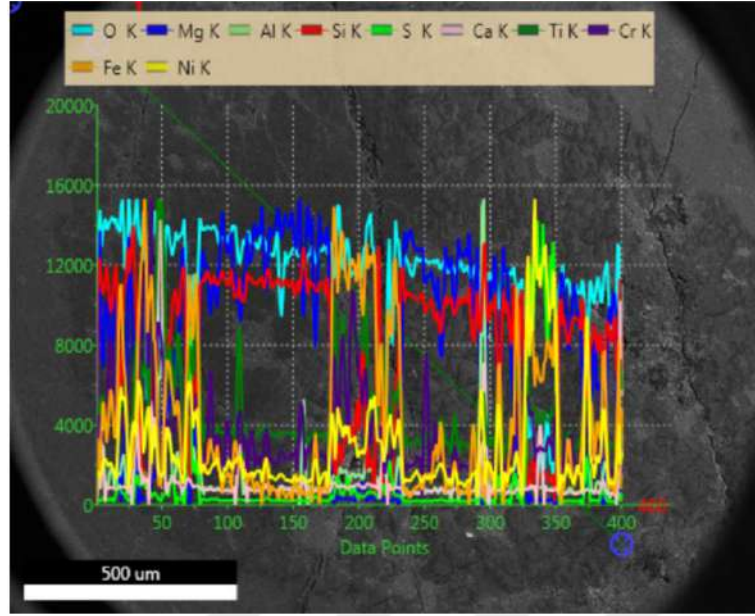
Şekil 4.2.68 CAI Nokta 1-3'ün EDS çizgi profili (üst) ve spektrumu (alt).



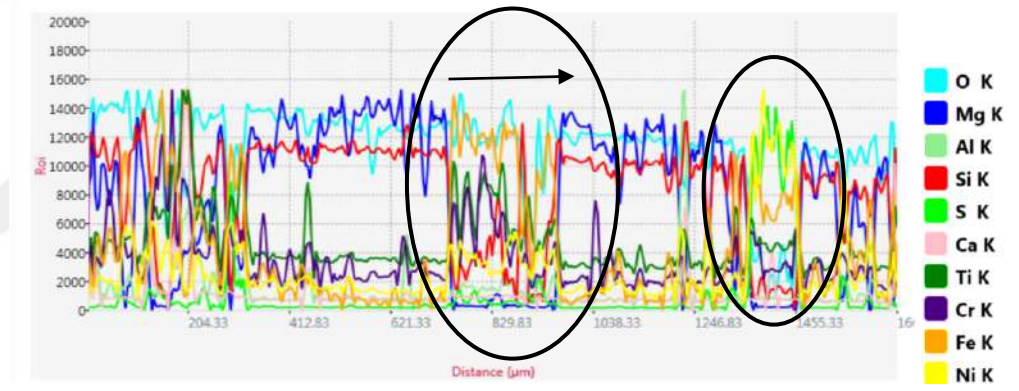
Element profile plot



Şekil 4.2.69 CAI Nokta 2'nin EDS çizgi profili (üst) ve spektrumu (alt).



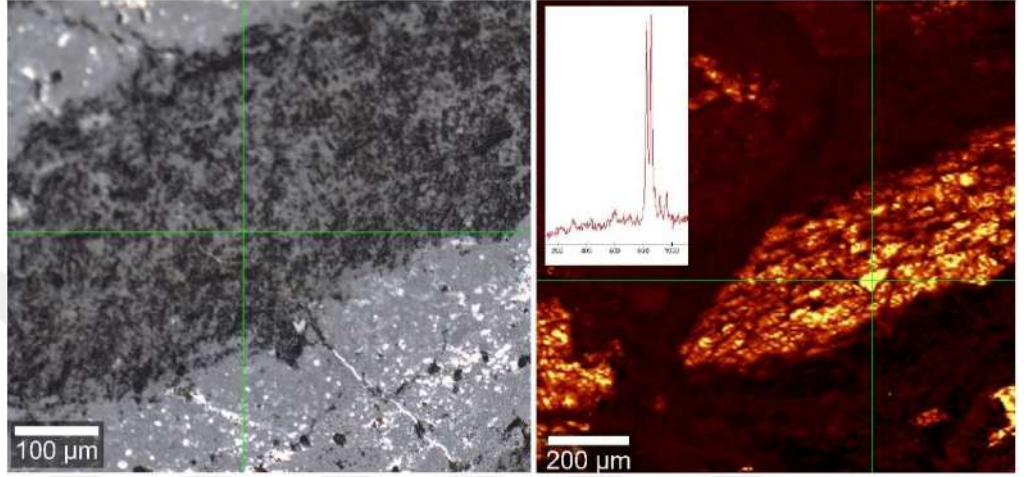
Element profile plot



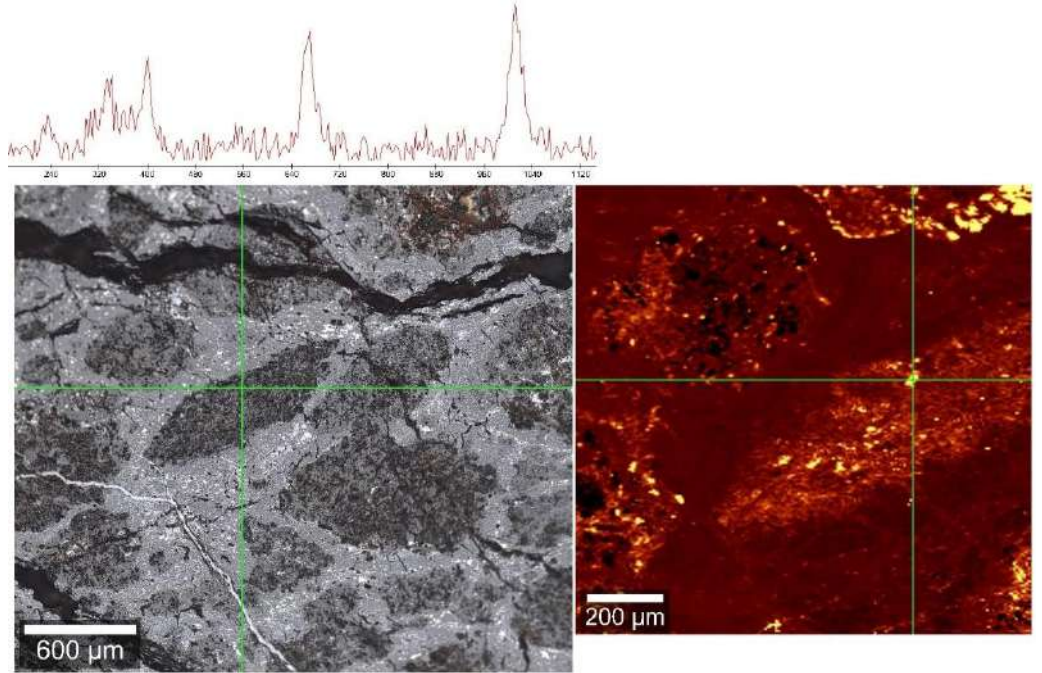
Şekil 4.2.70 CAI Nokta 3'ün EDS çizgi profili (üst) ve spektrumu (alt).

Ek 8 NWA 5508 (CV3) Kondriti Örneğinden Elde Edilen Olivin, Piroksen ve Makro Moleküler Karbon (MMC) Dağılımlarına Ait Raman Haritaları

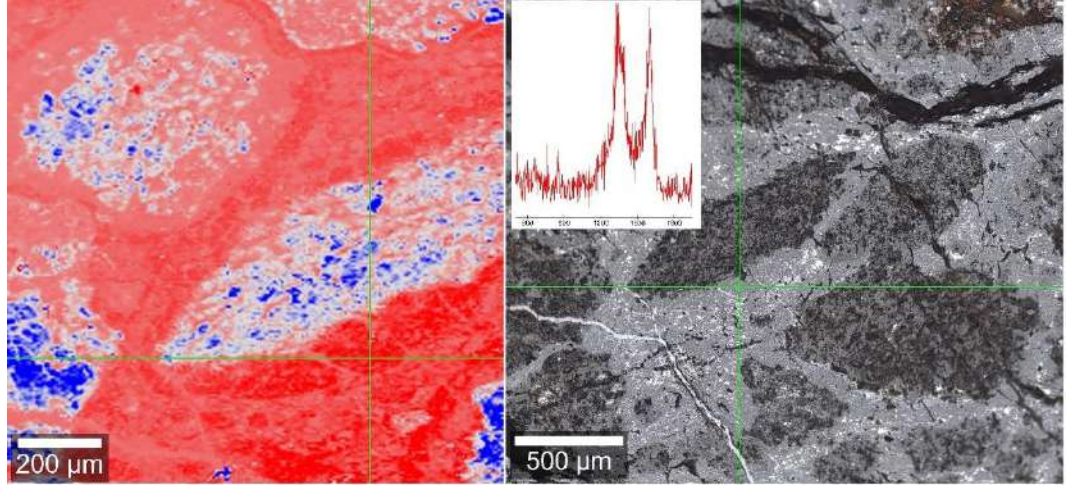
Bu çalışma kapsamında, NWA 5508 (CV3) kondritinin Raman analizinden elde edilen olivin, piroksen ve makro moleküler karbon (MMC) dağılımlarını gösteren Raman haritaları ile spektrumları Şekil 4.3.16, 4.3.17 ve 4.3.18 olmak üzere aşağıda sırasıyla verilmiştir.



Şekil 4.3.16 Olivin dağılımını gösteren Raman haritası ve spektrumu.



Şekil 4.3.17 Piroksen dağılımını gösteren Raman haritası ve spektrumu.



Şekil 4.3.18 Makro Moleküler Karbon (MMC) dağılımını gösteren Raman haritası ve spektrumu.

Ek 9 Karbonlu Meteoritlerin Raman Çalışmalarına Ait Literatür Verileriyle NWA 5508 (CV3) Kondritine Ait Raman Verilerinin Karşılaştırması

Tablo 5.4.1 Karbonlu meteoritlerin Raman çalışmalarına ait literatür verileri ile bu çalışma kapsamında NWA 5508 (CV3) kondriti üzerinden elde edilen Raman verileri.

Ref.	Meteorit	Fo	Fa	Ol	Rwd	Kir	Px	Dy	En	Hd	Pl	An	Dm	Mag	Qz	Mrc/ Py	Hem	Ti- içer. Hem	Gth	Ca-sülfat		
																				Gp	Anh	Bas
RRUFF (ID: R080025)	--- (532 nm)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	307 535 663	---	---	---	---	---	---	---	---
a	Allende (514 nm)	---	---	817 851	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
b	Allende (514,5 nm)	---	---	843	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	395	---	---	---	---	---	---
c	Allende (532 nm)	~824 856	---	---	---	---	339 401 666 685 ~1013 ~1033	---	---	---	---	---	---	---	~461	---	---	---	---	---	---	---
d	Allende (532 nm)	---	---	283 813 837	813- 837	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Allende (633 nm)	---	---	238 292 814 840	795- 834	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
e	Allende (785 nm)	---	---	800- 900	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
f	Allende (532 nm)	824 856	---	---	---	---	---	---	339 401 666 685	---	---	---	---	---	460	---	---	---	---	---	---	---

									1013 1033													
	Bali (532 nm)	822 850	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
g	Kaba	299 423 600 822 584 879 957	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
h	NWA 2086 (532,2 nm)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	283 487 504 557	327 442 504 801 893 912	---	---	---	---	---	---	---	---	---
i	NWA 3318 (488 nm)	821 852	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
i	NWA 3318 (488 nm)	822 854	---	---	---	---	---	233 331 364 394 667 1009	239 336 401 662 683 932 1007 1028	---	503	---	---	---	---	---	217 282 392 481 591 1284	---	---	---	---	---
k	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	293 536 663	---	---	245 293 410 501 612	224 660	---	---	---	---
l	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	244 299 385 417 480	---	---	---	---

																			548 681			
m	Markovka (532 nm)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	299 395 550 680	---	---	---
n	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	415 493 619 670 1008 1135	422 491 632 676 1028 1172	430 489 629 668 1006 1016
o	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	415 439 620 670 1008 1135	416 499 612 629 676 1017 1110 1128 1159	427 489 628 668 1015 1128
Bu çalış.	NWA 5508	Fo	Fa	Ol	Rwd	Kir	Px	Di	En	Hd	Pl	An	Dm	Mag	Qz	Mrc/ Py	Hem	Ti- içer. Hem	Gth	Ca-sülfat		
4.3.2	---	---	237 295 823 838	---	---	252 297 392 819 852 938	---	---	---	305 346 378 658 850 905 1012	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
4.3.3	---	---	---	816 845	---	---	---	---	240 342 406 668 690	---	---	---	---	---	458	---	---	---	---	---		

[illegible]

																			665 1012
4.3.11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	420 491 631 674 1025
4.3.12	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	246 298 389 478 552 682	---
4.3.13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	224 295	---	444 621 1010

^aBurchell et al., 2006; ^bWeselucha-Birczyńska and Żmudzka, 2008; ^cKayastha et al., 2019; ^dHabach, 2014; ^eCrupi et al., 2014; ^fPaul, 2018; ^gGucsik et al., 2011; ^hFintor et al., 2014; ⁱGhimire et al., 2012; ^jDall'Asén et al., 2017; ^kKrolop et al., 2019; ^lHanesch, 2009; ^mVoropaev et al., 2022; ⁿSchmid and Dariz, 2020; ^oLiu et al., 2009.

*olivin:Ol, forsterit:Fo, fayalit:Fa, piroksen:Px, ringwoodit:Rwd, kirschsteinite:Kir, diyopsit:Di, enstatit:En, hedenbergit:Hd, plajiyoklaz:Pl, anortit:An, dmisteinbergit:Dm, manyetit:Mag, kuvars:Qz, markazit:Mrc, pirit:Py, hematit:Hem, titantum:Ti, götit:Gth, kalsiyum:Ca, jips:Gp, anhidrit:Anh, bassanit:Bas

Tablo 5.5.2'nin devamı.

Ref.	Meteorit	Mag-ben.	Cal	Sp	Lrn	Awr	Ca-Al-Si fazı	Ca-Al-Si fazı ben.	FeO
a	Allende (514,5 nm)	---	---	---	---	---	592 658	580 669 707	218 284
b	Allende (532 nm)	---	---	---	---	---	---	---	---
	Bali (532 nm)	674	---	---	667 1006	137 194 343	---	---	---
c	NWA 3318 (488 nm)	---	280 709 1083	350	---	---	---	---	---
Bu çalışma	NWA 5508	Mag-ben.	Cal	Sp	Lrn	Awr	Ca-Al-Si fazı	Ca-Al-Si fazı ben.	FeO
4.3.2	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.10	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.11	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.12	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.3.13	---	---	---	---	---	---	---	---	---

^aWeselucha-Birczyńska and Żmudzka, 2008; ^bPaul, 2018; ^cDall'Asén et al., 2017.

* manyetit:Mag, kalsit:Cal, sfalerit:Sp, larnit:Lrn, awaruit:Awr, kalsiyum:Ca, alüminyum:Al, silikat:Si, demiroksit:FeO

Ek 10 Karbonlu Meteoritlerin IR Çalışmalarına Ait Literatür Verileriyle NWA 5508 (CV3) Kondritine Ait IR Verilerinin Karşılaştırması

Tablo 5.5.3 Karbonlu meteoritlerin IR çalışmalarına ait literatür verileri ile bu çalışma kapsamında NWA 5508 (CV3) kondriti üzerinden elde edilen IR verileri.

[illegible]

[illegible]

		677 669																				
i	960 842	669 657	---	---	1092 999 565	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bu çalış.	Ol	Px	Di	An	Pl fds / Fds	An- like	Ol + Ca- rich pl + Px	Fo + Opx	Fo + Cpx + An- rich	An- rich + Ol + Cpx	Ca- rich px	Fa	Ab	Mill	Nph	Sdl	Spl	Nph + Sdl + Spl	CO ₃	Ca-sülfat		
1	---	---	1072 974 914 665 636	2250 2071 1855 1142	---	---	---	---	---	---	1072 974 914 636	---	---	1020 974 852 804	974	974 665	710	---	1444	621		
2	1695 875 827	1009 669	---	729 648	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1431	1541 (H ₂ O)		
																				1171		
3	1695 875 831	1010 933 904 669 665	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	746 712	---	1431	1541 (H ₂ O)		
																				1169		
4	1697 875 827	1009 669 656	---	727	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	750 712	---	1425	1541 (H ₂ O)		
																				1171		
5	872 823	1007 901 669 654	---	727	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	746 712	---	---	1685 (H ₂ O)		
																				1539 (H ₂ O)		
																				1169		

	872 833	735 692																		
15	1043 980 874 835	1012 895 679	---	2158 721	1099	920	---	---	---	---	---	---	---	---	---	980	---	---	---	619
16	1057 955 835	1010 926 891	---	2110 723	---	926	---	---	---	---	---	---	---	---	---	980	---	---	---	---
Katı	956 874 833	1010 897 737 681	---	721 650	1093	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

^aBeck et al., 2014; ^bBishop et al., 2014; ^cDirri et al., 2017; ^dDirri et al., 2018; ^eKebukawa et al., 2019; ^fMorlok et al., 2008; ^gMorlok et al., 2020; ^hPosch et al., 2007; ⁱSkulteti et al., 2020a; ⁱSkulteti et al., 2020b.

* olivin:Ol, piroksen:Px, ortopiroksen:Opx, klinopiroksen:Cpx, diyopsit:Di, anortit:An, anortit-benzeri:An-like, plajiyoklaz feldispat:Pl fds, forsterit:Fo, fayalit:Fa, albit:Ab, melilit:Mil, sodalit:Sdl, spinel:Spl, nefelin:Nph, karbonatlar:CO₃, kalsiyum:Ca, jips:Gp, anhidrit:Anh, bassanit:Bas

* Christiansen özelliği:CF, Reststrahlen bandı:RB

Tablo 5.5.3'ün devamı.

Ref.	Dol	Mgs	Cal	Fillosilikatlar			O-H	C-H	CO ₂
				Gre/Ctl	Srp	Sap			
a	---	---	---	~1087	---	---	---	---	---
b	1442 880 730	1444 876 748	1408 872 712	---	980	973	1030	3700-3000	2960 2925
					950	1024	3400	2876 2855	---
c	---	---	---	---	---	---	3571-3333	2941	---
d	---	---	---	---	---	---	3685	2960 2930 2860	---
e	---	---	---	---	---	---	---	---	667
f	---	---	---	---	---	---	---	---	2360 2330
g	---	---	---	---	---	---	---	---	2353
Bu çalışma	Dol	Mgs	Cal	Fillosilikatlar			O-H	C-H	CO ₂
				Gre/Ctl	Srp	Sap			
1	---	---	---	---	974	---	3207	2979 2947 2918 2850	2360 2339

2	---	---	---	---	---	---	---	2956 2916 2893 2848	2362 2341
3	---	---	---	---	---	---	---	2952 2916 2848	2362 2337
4	---	---	---	---	---	---	---	2958 2916 2893 2848	2360 2337
5	---	---	1415 872 712	---	---	---	---	2952 2916 2891 2846	2360 2337
6	---	---	---	---	---	---	3784 3552 3313 3062	2952 2916 2848	2362 2339
7	---	---	1414 875	---	---	---	3780 3550 3323 3064	2959 2918 2848	2360 2341
8	---	---	1408	---	983	1032	3319 3057	2947 2916 2893 2848	2360 2339
9	---	---	---	---	---	---	3043	2954 2916 2895 2848	2362 2341
10	---	---	---	---	---	---	3055	2952 2916 2846	2360 2343

11	---	---	---	1088	---	---	3321 3078	2952 2920 2848	2349
12	---	---	---	---	---	---	---	2923 2852	2349 2337
13	---	---	---	---	---	---	3074 3020	2954 2918 2850	2349 2335
14	---	---	---	1088	---	---	3043 3020	2954 2918 2850	2349 2335
15	---	---	---	---	980	---	3076	2958 2918 2848	2349 2337
16	---	---	---	---	955	---	---	2956 2918 2848	2349 2337
Katı	---	---	---	---	956	---	---	2947 2920 2893 2850	2349 2335

^aBeck et al., 2014; ^bDartois et al., 2023; ^cDirri et al., 2017; ^dKebukawa et al., 2019; ^eMorlok et al., 2008; ^fMurae, 1994; ^gTrigo-Rodríguez et al., 2014.

* dolomit:Dol, manyezit:Mgs, kalsit:Cal, andradit:Adr, manyetit:Mag, greenalite:Gre, krizotil:Ctl, serpantin:Srp, saponit:Sap, organikler:C-H, atmosferik karbondioksit:CO₂

* Christiansen özelliği:CF, Reststrahlen bandı:RB