

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**VİNALES METEORİTİNDE BULUNAN ŞOK KANALLARININ DETAYLI
MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK İNCELEMESİ**

Merve AYCAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**VİNALES METEORİTİNDE BULUNAN ŞOK KANALLARININ DETAYLI
MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK İNCELEMESİ**

Merve AYCAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VİNALES METEORİTİNDE BULUNAN ŞOK KANALLARININ DETAYLI
MİNERALOJİK VE PETROGRAFİK İNCELEMESİ

Merve AYCAN
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 22/06/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN (Danışman)

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜMÜKLÜ

ÖZET

VINALES METEORİTİNDE BULUNAN ŞOK KANALLARININ DETAYLI MİNERALOGİK VE PETROGRAFİK İNCELEMESİ

Merve AYCAN

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

22 Haziran 2021; 45 sayfa

Bu çalışmanın amacı Vinales meteoritinde bulunan şok kanallarının fiziksel ve kimyasal yöntemlerle incelenmesi ve bu yapıları oluşturan koşulların anlaşılabilmesidir.

İlk olarak meteoritin ince kesiti hazırlanmış, alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta tek nikol ve çift nikol olarak ayrı ayrı mozaik fotoğrafları çekilmiş ve birbirlerine eklenerek ince kesitin genel görüntüsü elde edilmiştir. Yüksek büyütmede çekilen fotoğraflar üzerinde çalışılarak hangi noktalardan Raman Spektrumları toplanacağı kararlaştırılmıştır. Kimyasını anlayabilmek amacıyla ağırlıklı olarak şok etkisinde kalan bölgeler seçilmiştir. Toplanan Raman verilerinin ardından polarizan mikroskopla Vinales meteoritini oluşturan mineraller incelenmiş, petrografik özelliklerine bakılmıştır.

Son olarak ince kesit, elektron mikroskopunda back scatter dedektöründe (BSE), mozaik şekilde fotoğraflanmış, belirlenen yerlerden elementel kimyasını anlayabilmek amacıyla noktasal spektrumlar toplanmıştır.

Amaç şok metamorfizması altında kimyasal ve fiziksel yapısında değişiklikler meydana gelen Vinales meteoritini Türkiye'deki meteorit çalışmalarına katkı sağlayabilmesi amacıyla literatüre kazandırmaktır.

ANAHTAR KELİMELEER: Kondrül, Meteori, Petrografik analiz, Şok metamorfizması

JÜRİ: Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜMÜKLÜ

ABSTRACT

DETAILED MINEOLOGICAL AND PETROGRAPHIC INVESTIGATION OF SHOCK WAVES IN VINALES METEORITE

Merve AYCAN

MSc Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

22 June 2021; 45 pages

The aim of this study is to examine the shock channels in the Vinales meteorite by physical and chemical methods and to understand the conditions that form these structures.

First, a thin section of the meteorite was prepared, mosaic photographs were taken separately as plane polarized and cross polarized under the polarizing microscope, and by adding them to each other, the general view of the thin section was obtained. By working on the photographs taken at high magnification, it was decided from which points the Raman Spectra would be collected. In order to understand its chemistry, regions that were mainly under the shock effect were selected. Following the collected Raman data, the minerals that make up the Vinales meteorite were examined with a polarizing microscope, and their petrographic properties were examined.

Finally, the thin section was photographed in mosaic form in the back scatter detector (BSE) in the electron microscope, and point spectra were collected from the determined places in order to understand the elemental chemistry.

The aim is to bring the Vinales meteorite, which has undergone changes in its chemical and physical structure under shock metamorphism, to the literature in order to contribute to meteorite studies in Turkey.

KEYWORDS: Chondrules, Meteorite, Petrographic analysis, Shock metamorphism

COMMITTEE: Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Asst. Prof. Dr. Ali TÜMÜKLÜ

ÖNSÖZ

Bu çalışmaya başlamam da en büyük katkıyı sağlayan ve bana bilimsel bir bakış açısı kazandıran çok değerli danışman hocalarım Prof. Dr. M.Gürhan Yalçın'a ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Yeşiltaş'a teşekkür ederim.

İstanbul Teknik Üniversitesinde yapılan deneylerdeki katkılarından dolayı değerli Hocam Prof. Dr. Emin Çiftçi'ye, sonuçlar kısmını değerlendirirken ki yardımlarından dolayı değerli Hocam Doç. Dr. Namık Aysal'a çok teşekkür ederim.

Raman Spektrometresi deneylerimi gerçekleştirirken ki katkılarından dolayı Kimyager Arife Aktaş'a, polarize mikroskoptaki yardımları için doktora öğrencileri olan Ersin Kaygısız'a ve Özlem Yılmaz'a, elektron mikroskobundaki katkıları için Dr. Elif Akhüseyin Yıldız'a teşekkür ederim.

Tezin düzenlenmesi konusunda ki yardımları ve değerli görüşlerini paylaştığı için Araş. Gör. Dr. Fatih Uçar'a, Araş. Gör. Özge Özer Atakoğlu'na çalışmalarım boyunca bana her zaman destek olan ve kendisi de meteorit çalışan takım arkadaşım Büşra Özdemir'e, tezimi yazarken maddi manevi desteklerini esirgemeyen eşim Hayati Aycan'a, kardeşim Harun Aycan'a ve eğitim hayatım boyunca maddi manevi her zaman beni destekleyen sevgili annem Betül Urungu'ya ve değerli aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Meteoritlerin Sınıflandırılması.....	2
1.2. Primitif Akondritler ve Farklılaşmış Akondritler.....	3
1.2.1. Kondritler.....	3
1.2.1.1. Karbonlu kondritler.....	3
1.2.1.2. Sıradan kondritler.....	3
1.2.1.3. Enstatit kondritler.....	3
1.3. Vinales Meteoriti ve Toplanması.....	4
2. KAYNAK TARAMASI.....	6
2.1. Güneş Sistemi Öncesinden Bu Yana Korunan Taneler.....	6
2.1.1. Kondritlerin bileşenleri.....	6
2.1.1.1. Kondrüller.....	6
2.1.1.2. Fe-Ni metal fazları.....	9
2.1.1.3. Matris materyali.....	9
2.2. Şok Metamorfizması.....	9
3. MATERYAL VE METOT.....	16
3.1. Meteorit Örneğinin Hazırlanması.....	16
3.2. Raman Spektroskopisi.....	17
3.3. Polarize Işık Mikroskobu.....	19
3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	19
4. BULGULAR.....	21
4.1. Raman Spektroskopisi.....	21
4.2. Polarize Işık Mikroskobu.....	25
4.3. SEM EDX Analizi.....	28
5. TARTIŞMA.....	38

6. SONUÇLAR	40
7. KAYNAKLAR.....	41
8. EKLER.....	44
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘Vinales Meteoritinde Bulunan Şok Kanallarının Detaylı Mineralojik ve Petrografik İncelemesi’ adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/06/2021

Merve AYCAN

SİMĞELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ACA	: Accapulcoite
ALH	: Allan Hills
ANG	: Angrite
AUB	: Aubrite
Aug	: Ojit
BO	: Kuşaklı Olivin
BRA	: Brachite
CB	: Bencubbin
CH	: ALH85085
CHA	: Chassignite
Chr	: Kromit
CI	: Ivuna
CK	: Karoonda
CM	: Mighei
CO	: Ornans
Cpx	: Klinopiroksen
CR	: Renazzo
CV	: Vigarano
DIO	: Dioganite
EUC	: Eucrite
GOB	: Granuler Olivin Piroksen
HOW	: Howardite
K	: Kakangari
K	: Kelvin

K/h : Kelvin/saat (Kelvin per hour)

LOD : Lodranite

MES : Mesosiderite

Mw : Miliwatt

NAK : Nakhlite

Nm : Nanometre

Ol : Olivin

OPX : Orthopyroxenite

PAL : Pallasite

Pl : Plajiyoklas

PO : Porfiritik Olivin

POP : Porfiritik Olivin Piroksen

PP : Porfiritik Piroksen

R : Rumuruti

RP : Radyal Piroksen

Rwd : Ringwoodite

S/N : Signal to Noise Ratio

SHE : Shergottite

URL : Ureilites

WIN : Winonaite

Kısaltmalar

AÜ : Akdeniz Üniversitesi

CCD : Charge Coupled Device

EDX : Enerji Dağılımlı X Işını Spektroskopisi (Energy-dispersive X-ray spectroscopy)

GmbH : Tüzel Kişilik (Company with Limited Liability- Gesellschaft mit beschränkter Haftung)

MetSoc : Meteorit Derneđi

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)

Ucla : Kaliforniya Üniversitesi, Jeofizik ve Gezegenel Fizik Enstitüsü (Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles)

UNESCO : Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)

UTC : Eş Güdümlü Evrensel Zaman (Universal Time Coordinate)

Vernad : Jeokimya ve Analitik Kimya Vernadsky Enstitüsü (Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russia)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yörüngesel çizimler ölçeğe yakın çizilmiştir. (NASA/Goddard Space Flight Center)	1
Şekil 1.2. Meteoritlerin sınıflandırılması (Planetary Geology).....	2
Şekil 1.3. Vinales Bölgesinde meteoritin düştüğü noktanın koordinatlarını içeren görüntü	5
Şekil 1.4. Vinales Meteoritinin düşmesinin ardından yerinde çekilmiş fotoğrafları; a) Vinales meteoriti bulunduğu yerde çekilen görüntü (Meteorite Club Velazquez Perez, L.); b) Vinales'in düştüğü yerde çekilmiş bir diğer görüntüsü (www.karmake.de).....	5
Şekil 2.1. Kondrül oluşumu için doğrusal olmayan soğuma hızlı termal model	7
Şekil 2.2. Kondrüllerin sınıflandırılması; a) QUE97008'den PO kondrül; b) A'da gösterilen kondrülün yansımali mikroskop görüntüsü; c) Bir başka PO Kondrül örneği. Tane boyutlarının a'dakinden daha büyük olduğunu görüyoruz; d) EET 90066'dan PORP kondrül; e) ALH 78119'dan PP kondrül; f) Bishunpur'dan POP Kondrül (Merkeze yakın konsantre olivin kristallerine ve dış kenara doğru piroksenlere dikkat edin); g) EET 90066'dan iri taneli porfiritik piroksen kondrül; h) Bishunpur'dan Barred Olivin kondrül; i) Saratov'dan Barred Olivin kondrül. Bazı porfirik olivin kristallerinin varlığına dikkat edelim; j) ALH 78119'dan ışınal piroksen kondrül; k) QUE 97008'den taneli olivin kondrül; l) ALH 78119'dan bir çift kriptokristalin kondrül (Lauretta vd. 2006)	8
Şekil 2.3. Bir oikokristale giren bir eriyik damarın BSE görüntüleri; A); B); Eriyik damarının büyütülmüş görüntüleri; (Ol = olivin; Cpx = klinopiroksen; Aug = ojit; Chr = kromit; Pl = plajiyoklaz)	11
Şekil 2.4. XPL ve BSE de (FGR) dokulu olivin içindeki plajiyoklaz ve ince taneli yeniden kristalleşmenin temsili görüntüleri; A) Şok öncesi morfolojilerini koruyan çift kırıklı veziküller plajiyoklaz tanelerinin XPL görüntüsü; B) (A) daki aynı alanın BSE görüntüsü; içindekiler (b), komşu piroksene, veziküllere ve plajiyoklaz içindeki olivin ve asiklik piroksene ve olivin içine sızmış olan plajiyoklazların sürgünlerini içeren erime kanıtlarını göstermektedir; C); D); Düzlemsel ışık ve tipik çift kırıklı plajiyoklazın XPL görüntüleri. Düzlem ışığında plajiyoklaz çevresinde kahverengi bir rim görülmektedir; E); F); G); Çevreleyen mineralleri içine çekmiş olan plajiyoklaz soylarının BSE görüntüleri (Ol = olivin; Cpx = klinopiroksen; Pl = plajiyoklaz) (Renk figürü wileyonlinelibrary.com adresinde görülebilir)	12
Şekil 2.5. Polarizan mikroskop altında düzlemsel kırıklı Olivinlerin görüntüsü	13
Şekil 2.6. Altan aydınlatmalı mikroskopta ringwoodite minerali görüntüsü	14
Şekil 2.7. Çarpma sonucu oluşmuş ergime breşleri	14
Şekil 3.1. İstanbul Teknik Üniversitesi ince kesit hazırlama laboratuvarı	16

Şekil 3.2. Akdeniz Üniversitesi Gıda Laboratuvarı'nda bulunan ve Vinales meteoritini fotoğraflamak için kullanılan IX81 Olympus marka floresans mikroskop ..	16
Şekil 3.3. Olympus IX81 Inverted Floresance mikroskofta 4x büyütme ile çekilen fotoğrafların mozaik şeklinde birleştirilmesi ile elde edilen panoramik görüntü	17
Şekil 3.4. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Raman Spektrometresi ölçüm cihaz sistemi	18
Şekil 3.5. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkez Laboratuvarı Raman Spektrometresi ölçüm cihaz sistemi; a) Örneğin yerleştirildiği mikroskop; b) Vinales meteoritinden noktasal spektrum toplarken çekilmiş bir fotoğraf, (C) mikroskobun bağlı olduğu lazerler, soğutma sistemi ve bilgisayarlar.....	19
Şekil 3.6. Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsünde bulunan Zeiss Evo 40 elektron mikroskobu.....	20
Şekil 4.1. Vinales meteoritinin tek nikol fotoğrafı üzerinde ölçülecek noktaların planlanma aşamasını gösteren görüntü	21
Şekil 4.2. D6 bölgesinden toplanan bölgesel Raman haritası	22
Şekil 4.3. D6 Bölgesinden alınan Raman yoğunluk haritası (Kırmızı ile boyanmış kısım olivini, yeşil ile boyanmış kısım plajiyoklası ve mavi ile boyanan kısım da piroksen minerallerini göstermektedir).....	22
Şekil 4.4. D6 Bölgesinden toplanan Raman spektrumları; A) spektrumu kırmızı bölgeden; B) spektrumu mavi bölgeden; C) spektrumu ise yeşil bölgelerden toplanmıştır	23
Şekil 4.5. D5 bölgesinden toplanan noktasal Raman spektrumları ((20)-(21)-(22)-(23) Olivin)	23
Şekil 4.6. D8 bölgesinden toplanan noktasal Raman spektrumları.....	24
Şekil 4.7. D14 bölgesinden toplanan noktasal Raman spektrumları.....	24
Şekil 4.8. D3 bölgesinden toplanan noktasal Raman spektrumları.....	25
Şekil 4.9. Vinales meteoritinin çift nikol fotoğrafı.....	25
Şekil 4.10. Vinales meteoritinde bulunan bazı kondrüllerin çift nikol (XPL) fotoğrafları; A); B); C); E); G); Kuşaklı (barred) olivin kondrül; D); F); H); Radyal (ışınsal) piroksen kondrül.....	27
Şekil 4.11. Bazı kondrüllerin tek nikol ve çift nikol fotoğrafları; Uzun dar olivin kristallerinin birbirine paralel olarak yönlendirmeleri ile oluşmuş Kuşaklı olivin kondrüllerin (BO); A); C); çift nikol (XPL) görüntüleri; B); D); tek nikol (PPL) görüntüleri	28

Şekil 4.12. Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsünde bulunan Elektron Mikroskobu ile çekilen fotoğrafların birleştirilmesi ile elde edilen panoramik görüntü	28
Şekil 4.13. Opak mineraller tarafından çevrelenmiş kondrüllerin birkaçı; Kondrüller olivin, piroksen bazı yerlerde feldspat minerallerinden oluşmuştur; A) D3; B) E6; C) D4; D) E4	29
Şekil 4.14. Vinales Meteoritinin E3 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	30
Şekil 4.15. Vinales meteoritinin E3 bölgesinden elde edilen EDX analizi sonuçları	30
Şekil 4.16. Vinales Meteoritinin E5 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	31
Şekil 4.17. Vinales Meteoritinin E5 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	31
Şekil 4.18. Vinales Meteoritinin D16 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	32
Şekil 4.19. Vinales Meteoritinin D16 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	32
Şekil 4.20. Vinales Meteoritinin E6 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	33
Şekil 4.21. Vinales Meteoritinin E6 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	33
Şekil 4.22. Vinales Meteoritinin D3 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	34
Şekil 4.23. Vinales Meteoritinin D3 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	34
Şekil 4.24. Vinales Meteoritinin E2 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	35
Şekil 4.25. Vinales Meteoritinin E2 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	35
Şekil 4.26. Vinales Meteoritinin E4 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	36
Şekil 4.27. Vinales Meteoritinin E4 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	36
Şekil 4.28. Vinales Meteoritinin D4 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler	37

Şekil 4.29. Vinales Meteoritinin D4 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler.....	37
Şekil 4.30. Vinales'in ince kesiti üzerinde bulunan şok kanalları, çatlak ve kırıkları gösteren görüntü.....	38
Şekil 4.31. Vinales üzerinde bulunan breşik yapıların; a) polarizan mikroskopta çift nikolde çekilmiş fotoğrafı; b) SEM'de çekilmiş bir fotoğrafı	38
Şekil 6.1. (A) Şok metamorfizması etkisinde kalan bölge ve (B) Şok metamorfizması gözlenmeyen bölgenin SEM görüntüsü (ölçeksizdir).....	40



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Şok metamorfizmasının ilerleyen aşamalarını gösterir tablo.....	10
--	----

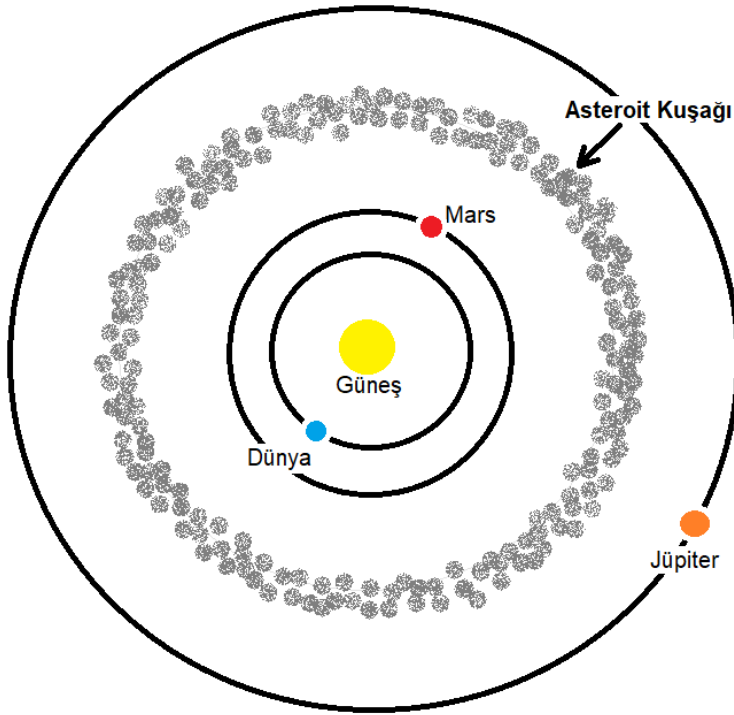


1. GİRİŞ

Meteoritler boyutları toz taneciğinden, küçük asteroitlere kadar değişen uzay kayaçlarıdır. Meteoritler başka gezegenlerin (Dünya, Mars vb.) atmosferlerine yüksek hızla girip havada kayan bir yıldız gibi görüldüğünde buna meteor, bu meteorlar atmosferden geçerken ki yolculuklarında basınç ve sıcaklığın etkisi ile yok olmadan yere ulaşabilirse buna da meteorit ismi verilmektedir. Çoğu meteorit Güneş sisteminin oluşumundan arta kalan asteroitlerin parçalarıdır.

Kimyasal yapıları dünyada bulunan kayaçlardan farklıdır. Meteoritlerin büyük çoğunluğu Mars ve Jüpiter gezegenleri arasında bulunan asteroit kuşağı olarak adlandırılan bölgeden gelmektedir.

Asteroitler ise çoğunlukla Mars ve Jüpiter gezegenleri arasında bulunur ve büyük gezegenler gibi Güneş etrafında bir yörüngede dolanırlar. Çok az sayıda olan bazıları da bu bölgenin dışında bulunurlar ve bunların basık elips yörüngeleri Merkür yörüngesini keser, dolayısı ile bunların yere çarpma olasılığı vardır. Bu türlerin kökeni olarak ya büyük kütleli Jüpiter gezegeninin tedirginlik¹ etkisi ile ilk yörüngelerinden çıkarılmış küçük gezegenler veya ölü kuyruklu yıldız çekirdeği oldukları ileri sürülmektedir (Aslan vd. 2012).



Şekil 1.1. Yörüngesel çizimler ölçeğe yakın çizilmiştir. (NASA/Goddard Space Flight Center)

¹ Tedirginlik astronomide üçüncü bir cismin veya cisimlerin çekim etkisi ile yörünge hareketlerinin bozulması haline denir.

Asteroitler birkaç yüz kilometreden başlayıp, bir kilometreden daha düşük boyutlara kadar değişen oluşumlardır (Aslan vd. 2012). Daha önce incelenmiş meteoritler üzerinde radyoaktif izotoplardan hareketle yapılan yaş tayinlerinden bazılarının 1-4 milyar yıl yani güneş sistemimizle aynı yaşta oldukları bulunmuştur (Amelin vd. 2010).

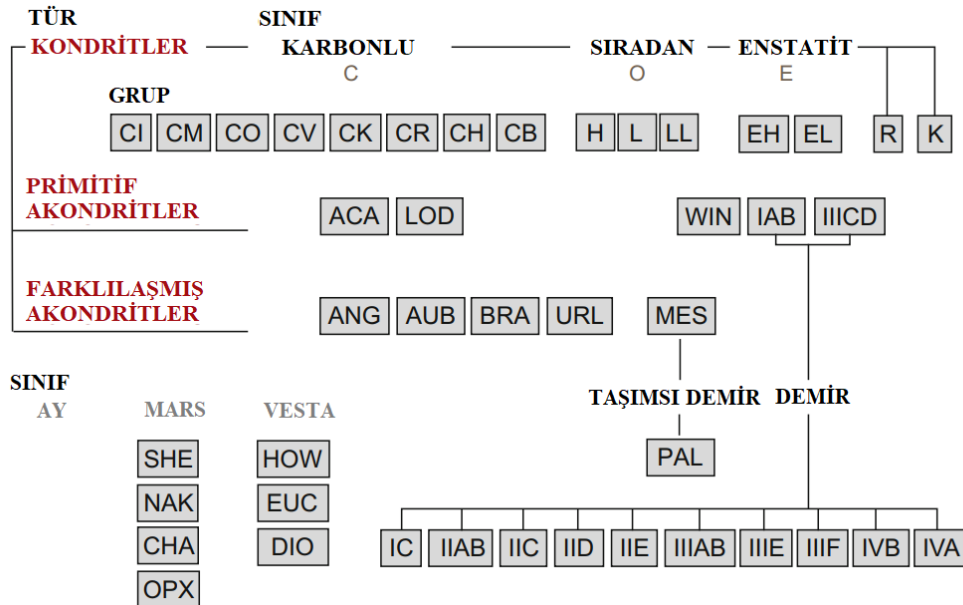
Meteoritlerin bazıları çeşitli kamera sistemleri ile daha düşerlerken saptanabilmekte ve bir kısmının da yarattığı çarpma kraterleri ile yerleri tespit edilebilmektedir.

Dünya dışından örnekleri elde edebilmek için kullanılan bir diğer yol asteroitlere gönderilen uzay sondalarıdır. 2010'da 25143 Itokawa'dan örnekler getiren Japon sondaları Hayabusa ve 6 Aralık 2020'de 162173 Ryugu'dan örnek getiren Hayabusa 2'nin ardından 8 Eylül 2016'da fırlatılan Osiris Rex isimli aracın Bennu isimli asteroit üzerinden topladığı örneklerle dünyaya 2023 yılında ulaşması beklenmektedir.

Meteoritler genel anlamda mineralojik ve petrografik karakteristiklerine, genel kayaç kimyalarına ve oksijen izotoplarına göre 3 ana gruba ayrılırlar. Bunlar kondritler, primitif akondritler ve farklılaşmış akondritlerdir.

1.1. Meteoritlerin Sınıflandırılması

Meteoritler yukarıda bahsedilen oluşum süreçleri ile ilgili olarak kondritler, primitif akondritler ve farklılaşmış akondritler olarak ayrılmalarının yanı sıra kabaca taş meteorit (%97), demir (%2), taşlı demir olarak (%1) olarak da sınıflandırılabilirler. Daha sonraki detaylı sınıflama ise kimyaları mineralojileri oksijen izotopları ve petrografileri olarak farklı sınıflara ve gruplara ayrılır.



Şekil 1.2. Meteoritlerin sınıflandırılması (Planetary Geology)

1.2. Primitif Akondritler ve Farklılaşmış Akondritler

İlkel akondritlerin benzersiz jeokimyası ve dokusu, bu meteoritlerin kondritler ve akondritler arasında genetik ara maddeler olabileceğini ve erken güneş sisteminde meydana gelen süreçlerin kanıtlarını koruyabileceğine işaret etmektedir (Field 1992).

Farklılaştırılmış akondritler ise diğer kondritlerden magmatik ergime (kısmi veya tamamen) ile oluşan tamamen farklılaşmış kimyaları ile ayırt edilir (Corder 2015).

1.2.1. Kondritler

Kondritler güneş sistemindeki en eski kayalardır, dolayısıyla güneş sisteminin kaynağıyla ilgili değerli bilgiler içermektedirler. Petrografik olarak anlatmak gerekirse; ultramafik özellikte ve içeriği yoğunlukla demir, magnezyum, silis ve oksijen olan kayalardır. Kondritlerin yapısal unsurlarının başında kondrüller gelir. Bunlar kayaç içerisinde yüzdesel olarak en çok bulunan bileşendir. Kondrüllerin mineralojik yapısına bakıldığında ise; oldukça hızlı kristalize olan, olivin ve piroksen gibi boyutları 0,01-10 mm arasında değişen yaygın olarak Fe-Ni gibi metalik magmatik partiküllü kayaçlar olduğu görülmektedir (Scott ve Krot 2003).

Kondritler 3 ana başlık altında sıralanır; karbonlu kondritler (C), sıradan kondritler (O), enstatit kondritler (E). Daha ileri alt bölümler ise 13 başlık altında incelenir.

1.2.1.1. Karbonlu kondritler

Karbonlu kondritler temel olarak içerdikleri karbon bileşiklerinin (organik molekül) yüzdesi ile ayırt edilirler, bu meteoritlerdeki amino asitlerin varlığı özellikle yaşamın başlangıcına ait bilgileri bize sunabilir (Hartman vd. 1983). 9 ana başlığa ayrılırlar; CI, CM, CR, CH, CB, CV, CO, CK ve CY. C harfi karbonlu olduğunu belirtmek, ikinci harf ise ilgili gruptaki belirgin bir meteoritin (genellikle ilk keşfedilen) ilk harfini almaktadır.

Örneğin CI (Ivuna), CM(Mighei), CR(Renazzo), CH(ALH85085), CB(Bencubbin), CV(Vigarano), CK(Karoonda). CH grup için H harfi yüksek metal içeriğini ve yüksek demir konsantrasyonuna atfedilir.

1.2.1.2. Sıradan kondritler

Sıradan kondritler, demir içeriği yüksek olan H kondritler, demir içeriği düşük L kondritler ve toplam demire oranla düşük metalik demir bulunduran LL kondritler olarak 3 ana başlık altında incelenir (Kallemeyn vd.1989). Sıradan kondritler sıradan olarak adlandırılır çünkü sınıflandırılmış meteoritlerin %39'u H, %35'i L, %13'ü LL olmak üzere %87'sini oluştururlar.

1.2.1.3. Enstatit kondritler

Enstatit, formülü $MgSiO_3$ olan bir silikat mineralidir. İndirgeyici koşullar altında oluştuğunu gösteren mineral içeriğine (oldhamite (CaS), niningerit ($(Mg,Fe,Mn)S$), alabandit ($(Mn,Fe)S$), osbornit (TiN), sinoit (Si_2N_2O), siliconca zengin kamasit,

daubreelit (FeCr_2S_4), caswellsilverit (NaCrS_2), ve perryit ($(\text{Ni,Fe})_x(\text{Si,P})$) sahiptir ve oksijen izotop bileşimi Dünya ve Ay'a yakındır. Kütle numunelerinden elde edilen izotop bileşiminin, karasal fraksiyon çizgisi boyunca ilerleyen bir doğrultusu olmasının yanı sıra, enstatit bakımından zengin kriptokristalen ve porfiritik dokulu küresel olivin kondrülleri nadirdir ve çok düşük miktarda iyi tanelenmiş matris içeriyor olması da geri kalan özelliklerinden biridir (Krot vd. 2014). Enstatit kondrit sınıfı farklı bileşimli 2 adet metalik demir içerir. EH yüksek demir içeriğini, LH ise düşük demir içeriğini belirtir.

Diğer 13 alt başlıktan birkaçı aşağıda sıralandığı gibidir.

R(Rumuruti) sıradan kondritlerle benzerlik gösteren fakat aynı zamanda değerlendirilebilir farklılıkları olan ve ayrı bir grup oluşturan kondritler.

(K)Kakangari kondritleri diğerlerinden ayrı bir bölgedendir ve grup olarak değerlendirilirler ve bilinen beşten az örneği vardır.

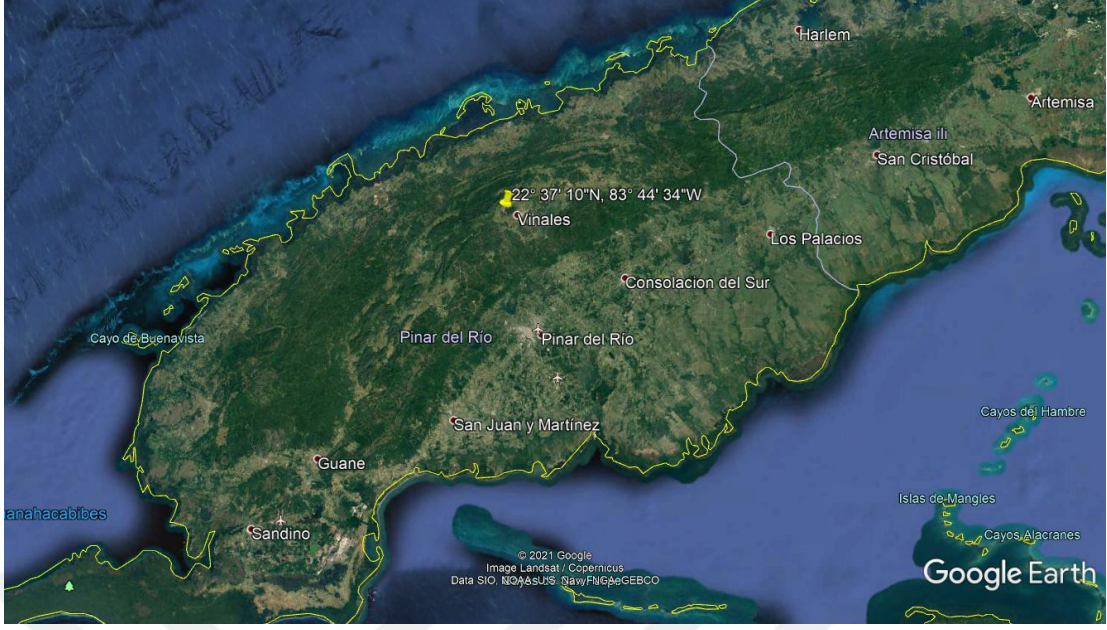
Farklı kondrit grupları birbirlerinden petrografik karakteristiklerini sağlayan benzersiz özellikleri ile fark edilebilir (mineral bollukları ve içerikleri), kütle kompozisyonları, oksijen izotopları gibi özellikleri ile ayrılırlar. Meteoritler yukarıda sayılan gruplardan birine atfedilmemişse genellikle gruplanamamıştır.

Bu tez çalışmasında incelenen Vinales meteoriti sıradan kondrit alt sınıfında, petrolojik olarak tip 6 ve şok derecesi ise S3 (Vernad) veya S4 (Ucla) olarak değerlendirilmiştir (Gattacceca vd. 2020).

Vinales meteoriti belirgin şok kanalları ile dikkat çekmektedir. Bu tez çalışmasında Vinales meteoritinin petrografisi, minerallerin dağılımı ve bu minerallerin içerisinde olduğu matris değerlendirilerek meteoritin hangi aşamalardan geçmiş olabileceği araştırılmıştır. Çeşitli kimyasal ve fiziksel yöntemler kullanılmış minerallerin kimyasal yapıları ile ilgili veri toplanmış ve bu veriler daha sonra analiz edilmiştir.

1.3. Vinales Meteoriti ve Toplanması

Vinales meteoriti 1 Şubat 2019'da yerel saatle 13:17'de (18:17:10 UTC) Küba'nın Pinar Del Rio eyaletine 15-20 saniye süren yüksek ses patlamaları eşliğinde 1978'den beri ulusal bir anıt ve UNESCO dünya mirası olan Vinales Vadisi'ne düşmüştür. Alan orman ve tarlalarla kaplıdır.



Şekil 1.3. Vinales Bölgesinde meteoritin düştüğü noktanın koordinatlarını içeren görüntü

Düşen parçalar yerel halk tarafından toplanmıştır. Taşlar, laterit kilden kırmızımsı lekeler içeren siyah füzyon kabuğu ile kaplanmıştır. Açık gri renkteki göktaş madde, kırık kabuğun küçük alanlarında görülebilir. Taş kütleleri 2 ile 1100 gr arasındadır. Toplamda, yaklaşık 50-100 kg göktaş toplanmıştır. İncelemeler sonucu Vinales'in L6 sınıfına ait sıradan bir kondrit olduğu anlaşılmıştır (Gattacceca vd. 2020).



Şekil 1.4. Vinales Meteoritinin düşmesinin ardından yerinde çekilmiş fotoğrafları; **a)** Vinales meteoriti bulunduğu yerde çekilen görüntü (Meteorite Club Velazquez Perez, L.); **b)** Vinales'in düştüğü yerde çekilmiş bir diğer görüntüsü (www.karmake.de)

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Güneş Sistemi Öncesinden Bu Yana Korunan Taneler

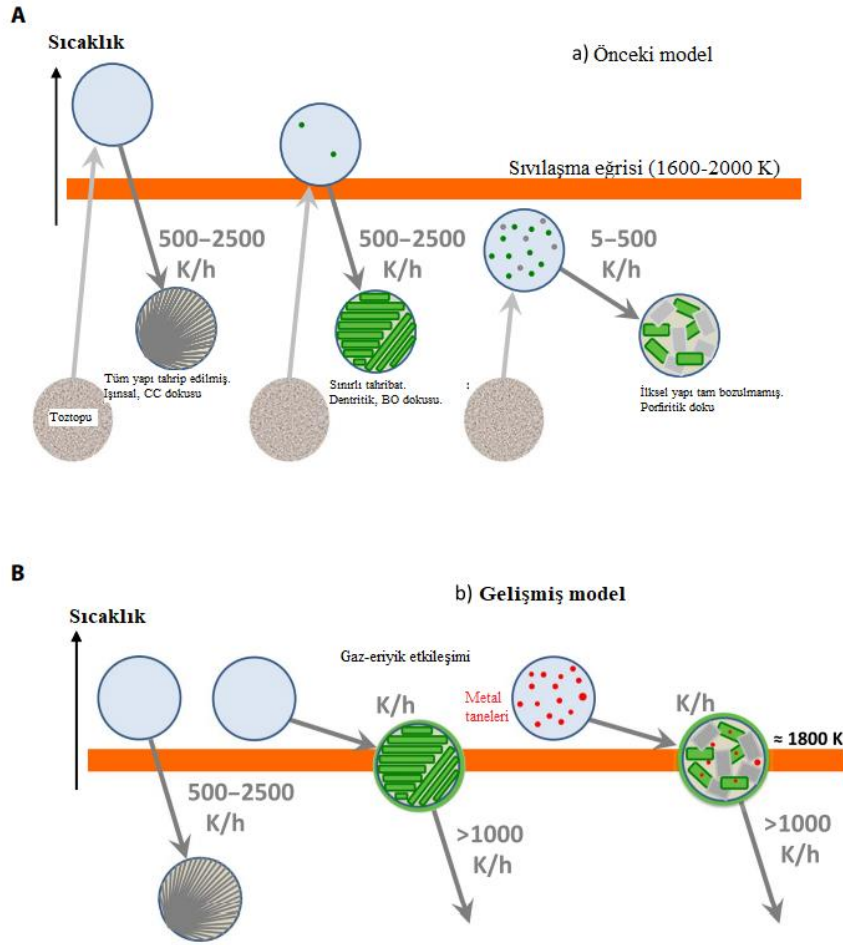
Birçok ilksel kondrit ve gezegenlerarası toz partikülleri Güneş sistemimizin oluşumundan buyana korunmuş olan parçalardır ve küçük, tipik olarak birkaç mikrometre büyüklüğünde, kendine özgü taneler şeklinde boyutlanmış Güneş sistemindekilerden önemli ölçüde farklı oksijen izotoplarıyla tanımlanırlar. Şimdiye kadar tanımlanmış yıldızlararası elmas, silisyum karbür, grafit, silikon nitrit ve mikro metre ölçeğinden daha düşük boyutlarda meydana gelmiş diğer yıldızlararası tanecikleri içeren birçok oksit tanımlanmıştır.

2.1.1. Kondritlerin bileşenleri

Kondritler birçok formasyonu barındırabilen çeşitli bileşenlerin karışımı ile oluşmuş kayaçlardır. Kondrüller kondritlerin ana bileşenlerinden biridir ve asteroit kuşağında bulunan, kopmuş oldukları ana gövdelerinin özelliklerini taşırlar (Libourel ve Portail 2018).

2.1.1.1. Kondrüller

Kondrüller genellikle boyutları milimetreden küçük Mg-Fe silikat olivin, piroksen ve çatlaklı feldispatik camdan oluşan magmatik doku sergileyen küre şeklindeki yapılardır. Kondritik meteoritlere özgüdürler ve yeryüzünde bulunan hiçbir kayaca benzemezler. Keşfedildiklerinden itibaren magmatik dokularına göre ve erimiş damlacıklar halinde kristallendikleri formlara göre bu çıkarım yapılmıştır (Planetary Geology). Kondrüllerin güneş bulutsusundaki toz kümeleri içinde 1773K üzerinde sıcaklıklarda oluştuğu düşünülmektedir (Şekil 2.1) (Libourel ve Portail 2018). Bu tür yüksek sıcaklık olayları için gerekli olan ısı kaynakları malzeme birikimi sırasında yayılan sok dalgaları ışınma jet -ler ve manyetik rezonanslar içerir (Planetary Geology).



Şekil 2.1. Kondrül oluşumu için doğrusal olmayan soğuma hızlı termal model

Modelde sıvılaşma eğrisine verilen K değerini aşacak kadar ısınmış kondrüllerin çekirdek yapılarını tamamen kaybedip, ısınma derecesi ve soğuma hızına bağlı olarak içerisinde metal bulunup bulunmamasına göre değişiklik gösteren rekristalizasyon olayı anlatılmaktadır. Porfiritik ve kuşaklı kondrül arasındaki fark Fe-Ni metal içeriğinin olup olmaması ile ilgilidir, yüksek kısmi ergime nedeniyle eriyik, doymuş Magnezyumca zengin olivine yakın tutulur (Libourel ve Portail 2018).

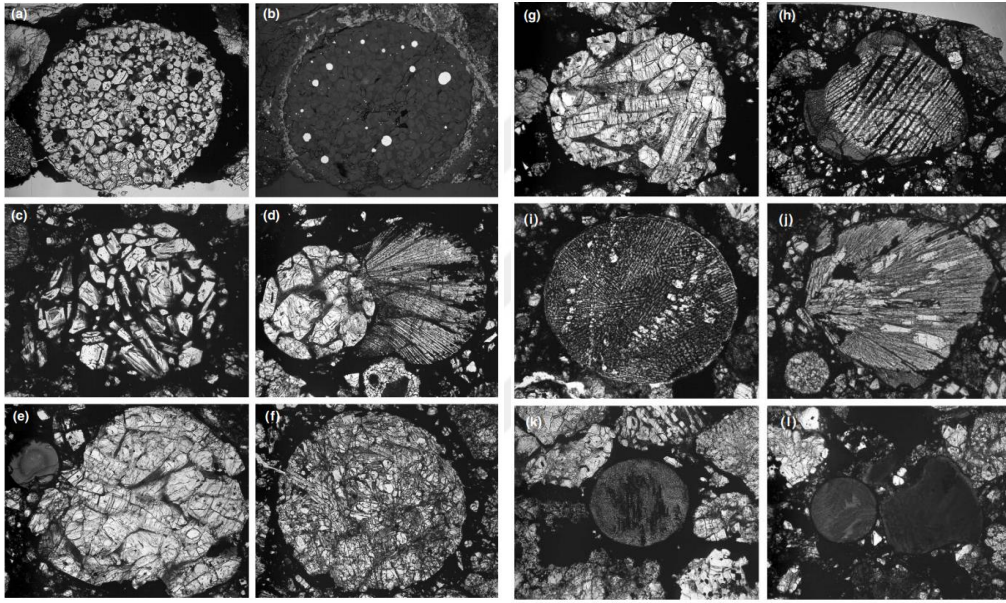
Kondrüller genel olarak kondritlerin hacmen %20-80 ini oluşturur ve boyutları 100-2000 mikrometre arasındadır (Weisberg vd. 2006).

Sıradan kondritler birbirini takip eden iki aşamada oluşmuştur (Barosch vd. 2019). Birincisi gaz halindeki SiO₂ kondrüllerin çevresindeki düşük kalsiyum piroksenli kenarları oluşturmak için bütün kondrüllere eklenmiştir. İkinci kısımda kondrüllerin sadece bir kısmı ısınmış böylece ilksel piroksen kenarların homojenleşeceği şekilde tekrar erimiştir fakat bu sırada kütlelerin bileşimi korunmuştur. Bu nedenle sıradan kondritlerdeki tüm kondrüllerin oluşumları sırasında erime ve gazın etkileşmesinden etkilendiği açıktır. Açık sistem değişimi kondrüllerin oluşumu ile ilgili daha önceki çalışmalarla tutarlıdır ve birçok kondrülün dokusunu açıklayabilir bu nedenle zonlu kondrüllerde kaydedilen bu

açık sistem davranışı kondrül oluşum koşulları üzerinde önemli bir kısıtlama sağlar (Barosch vd. 2019).

Kondrüller çeşitli petrografik dokulara sahip olabilirler. Bu dokuların ve bileşimlerin açıklandığı uygun bir şema Googing and Keil (1981) tarafından önerilmiştir. Bu şemada kondrüller porfiritik olarak; porfiritik olivin (PO), porfiritik piroksen (PP), porfiritik olivin piroksen (POP) olarak ayrılırken porfiritik olmayanlar; kuşaklı (barred) olivin (BO), ışımsal (radyal) piroksen (RP), kriptokristalin (C), ve taneli (granular) olivin piroksen GOP) olarak ayrılırlar (e.g. Rubin, 1989).

Lauretta ve arkadaşları'nın 2006' da Googing and Keil (1981) tarafından hazırlanmış şemadan yola çıkarak kondrülleri sınıfladıkları çalışmalarından bir kısım Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Kondrüllerin sınıflandırılması; **a)** QUE97008'den PO kondrül; **b)** A'da gösterilen kondrülün yansımali mikroskop görüntüsü; **c)** Bir başka PO Kondrül örneği. Tane boyutlarının a'dakinden daha büyük olduğunu görüyoruz; **d)** EET 90066'dan PORP kondrül; **e)** ALH 78119'dan PP kondrül; **f)** Bishunpur'dan POP Kondrül (Merkeze yakın konsantre olivin kristallerine ve dış kenara doğru piroksenlere dikkat edin); **g)** EET 90066'dan iri taneli porfiritik piroksen kondrül; **h)** Bishunpur'dan Barred Olivin kondrül; **i)** Saratov'dan Barred Olivin kondrül. Bazı porfiritik olivin kristallerinin varlığına dikkat edelim; **j)** ALH 78119'dan ışımsal piroksen kondrül; **k)** QUE 97008'den taneli olivin kondrül; **l)** ALH 78119'dan bir çift kriptokristalin kondrül (Lauretta vd. 2006)

Kondrüller ayrıca bileşimlerine göre de sınıflandırılmıştır; Tip 1- Düşük FeO, kısmen uçucu element açısından fakir, Tip 2- Yüksek FeO içeriği ve orta derecede uçucu olarak daha az tükenmiş elementler içerir (Hewins vd 1996).

Kondrüller sıcaklığın kısa bir süre 2000 C' ye kadar çıkıp, ilksel kondrüllerin eridiği ve tekrar kristalleştiği kısa süreli yüksek sıcaklık içeren ortamlarda oluşmuştur (Scott vd 1996; Desch ve Connolly, 2002; Hewins vd. 2005).

Olivin ve düşük kalsiyumlu piroksen mineralleri kondrülleri oluşturan ana minerallerdir. Kondrüller kondritlerin ana bileşenlerinden biridir ve oluşumlarını anlamak erken güneş sisteminin nasıl oluşup geliştiği hakkında temel bilgiler sağlar (Barosch vd 2019).

2.1.1.2. Fe-Ni metal fazları

Fe-Ni metal taneleri çoğu kondritik meteoritte yaygın bileşenlerdir genellikle kamasit ve taenit denen iki bileşen içerir. Kübik kristal sistemde kristallenen Taenit fazı 1885 K üzerindeki sıcaklıklarda stabildir, bu sıcaklığın altında ise yine kübik kristal sistemde şekillenen kamasit stabildir ve 720 K sıcaklıkta Ni konsantrasyonu % 7 ile maksimuma ulaşır (Scott ve Clarke 1979). Kondritlerde 2 adet iyi tanelenmiş içice alaşım plessite olarak adlandırılır (Planetary Geology). Troilit ve kromitte görülebilecek diğer metallere de sahiptir.

2.1.1.3. Matris materyali

Kondritlerdeki daha kaba taneleri çimentolayan matris kondrit grupları arasında çok çeşitli mineraloji ve kimyaya sahiptir. İyi tanelenmiş silikatlar, oksitler, sülfür sülfat, karbonat, Fe-Ni metalden ve karbonlu malzemelerin çok sıkı karışımlarını içerirler. Matris ana gövdede oluşan ve anhidrat silikatları (olivin ve piroksen), sulu silikatlara dönüştüren (serpantin, saponite ve tochilinite) sulu alterasyondan sık sık etkilenirler (Rubin 1997).

2.2. Şok Metamorfizması

Bir katıdaki şok dalgası, içinde yayıldığı malzemenin elastik sınırını aşan bir genliğe sahip bir sıkıştırma dalgasıdır (Doran ve Linde 1966). Ortaya çıkan şok kaynaklı basınç ve sıcaklık artışı kayacı oluşturan mineraller üzerinde karakteristik değişimlere sebep olur. Bu etkilerin tümüne şok metamorfizması denilmektedir (Fritz vd. 2017).

Meteoritlerde şok metamorfizması tipik olarak mekanik deformasyonun sebep olduğu petrografik değişimlerle (dalgalı sönme, düzlemsel kırıklar) ve faz dönüşümleri (şok ile erime, olivinin ringwoodite dönüşümü; Stöffler vd. 1991) ile tanımlanmaktadır. Minerallerin basınç ve sıcaklık altında geçirdiği değişim ve dönüşümlere göre sınıflandırılır.

Olivin ve plajiyoklas minerallerinde meydana gelen değişimlerin ince kesit mikroskopunda incelenmesiyle S1'den S6' ya kadar 6 adet şok aşaması tanımlanmıştır (Stöffler vd.1991). (Çizelge 2.1)

Çizelge 2.1. Şok metamorfizmasının ilerleyen aşamalarını gösterir tablo

Şok sınıfı	Dengeleme tepe şok basıncından kaynaklanan etkiler		Bölgesel basınç sıcaklık sapmalarının etkileri	Şok Basıncı GPa	Şok sonrası sıcaklık artışı C	Tahmini minimum sıcaklık artışı, C
Şoka uğramamış	Dik sönme, düzensiz kırıklar		-	4-5	10-20	10
Çok zayıf şok S2	Dalgalı sönme, düzensiz kırıklar		-	5-10	20-50	20
Zayıf şok S3	Düzlemsel kırıklar, dalgalı sönme, düzensiz kırıklar	Dalgalı sönme	Opak şok damarları bazen birbirine bağlı eriyik ceplerinin oluşmaya başlaması,	15-20	100-150	100
Orta dereceli şok, S4	Zayıf ikizlenme, düzlemsel kırıklar	Dalgalı sönme, kısmi izotropi, düzlemsel deformasyon	Eriyik cepleri birbirine bağlı eriyik damarları, opak şok damarları	30-35	250-350	300
Güçlü şok S5	Güçlü ikizlenme, düzlemsel kırıklar+ düzlemsel deformasyon özellikleri	Maskelinite	Yaygın eriyik cepleri, damarlar ve dayklar; opak şok damarları	45-55	600-850	600
Çok güçlü şok S6	Bölgesel olarak sınırlı ve ergimiş zonların yanında		S5 Seviyesi ile aynı	75-90	1500-1750	1500
	Katı hâl rekristalizasyonu ve,renkli, ringwoodite ergimesi	Şok ile ergime (normal cam)				
Şokla ergimiş	Kayacın tamamı ergimiş (darbe ile ergime ve ergimiş breş)					

Sınıflandırma için yalnızca olivin ve plajiyoklas mineralleri üzerindeki etkiler çalışılmıştır (Stoffler vd. 1991)

Meteoritlerde plajiyoklas ve olivinin yeniden kristalleşmesi için gereken zaman ve ısı, şok etkilerinin ana gövdeden fırlama sırasında mı, yoksa daha önceki çarpmalar nedeniyle mi oluştuğu sorusunu gündeme getirmektedir (Wang ve Chen 2006; Park ve vd. 2008; Walton ve vd. 2012).

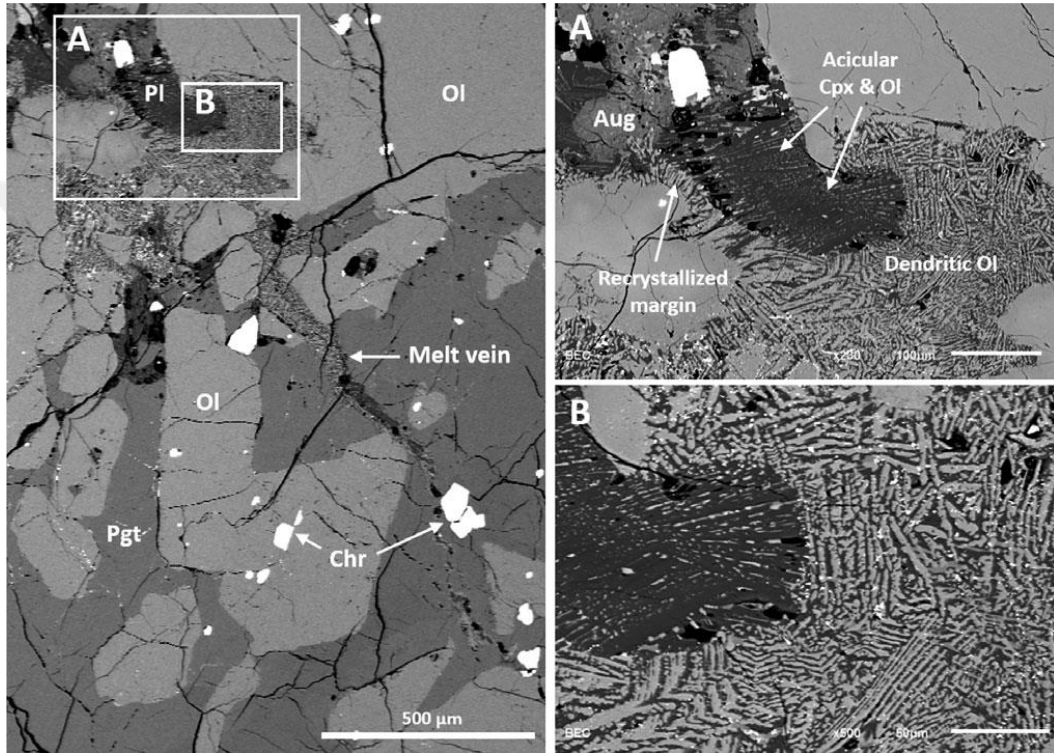
Plajiyoklasın yeniden kristalizasyonu, bir çarpma olayından sonra soğuma hızının bir ölçüsü olarak kullanılmıştır; pre-atmosferik meteorit büyüklükleri hakkında yeni kavrayışlara ve orijinal çarpmanın büyüklüğü ve hızı ile ilgili kısıtlamalara yol açmaktadır (Beech vd. 2007). Gereken zamana ve ısıya bağlı olarak, yeniden kristalleşmenin varlığı, bir göktaşının gezegen gövdesinin çok sayıda etki geçirip geçirmediğini de gösterebilir (Kizovski vd 2019).

Plajiyoklası maskelinite dönüştürmek için ihtiyaç duyulan yüksek enerji miktarı nedeniyle, oluşum meteoritin tipik olarak ana gövdeden fırlatılmasına atfedilmektedir. (20-29 GPa; Stöffler vd.1986; Fritz vd. 2011). Bununla birlikte, gezegen yüzeyinde yerinde gerçekleşmiş şok durumunda, maskelinite şok sonrasında yeniden kristalleşebilir (Ostertag ve Stöffler 1982; White vd. 2018).

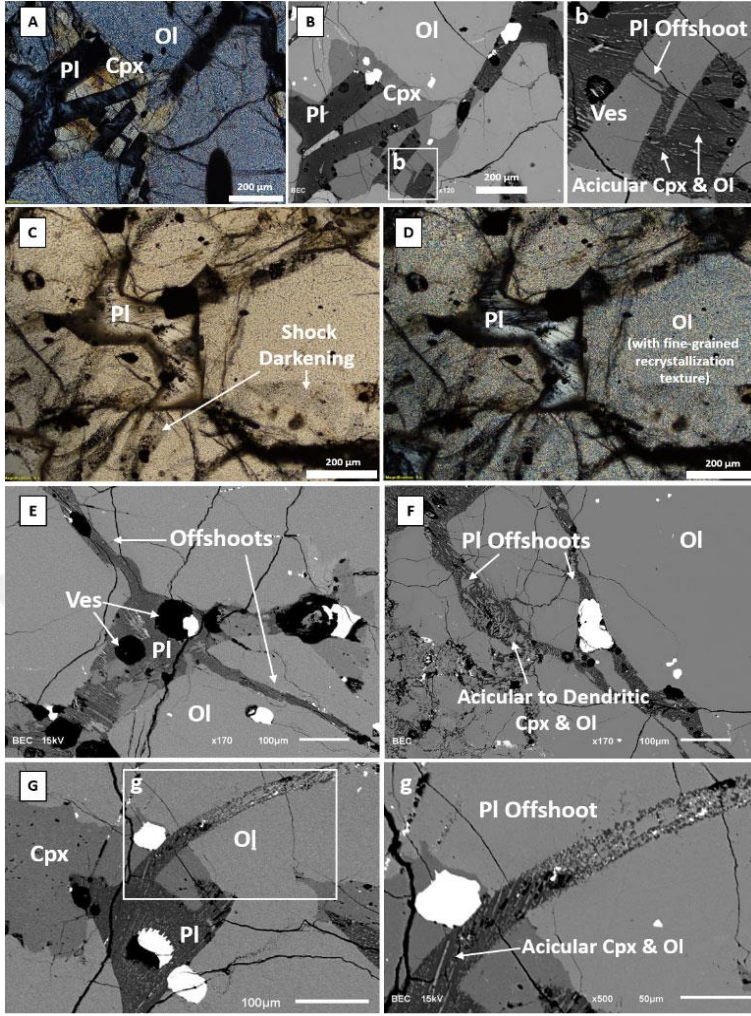
Stöffler, ve arkadaşlarının 1991' de yaptıkları çalışmada 76 adet sıradan kondrit petrografik olarak incelenmiş ve şok etkisi türleri ve kademeli olarak artan derecede şok metamorfizma dizisi H,L ve LL kimyasal sınıflarının her birine benzer olduğunu saptanmıştır. Çalışmada tüm sıradan kondritler olivin ve bir dereceye dek plajiyoklas minerallerinde meydana gelen değişikliklere dayanarak S1'den S6' ya kadar bir şok derecesine atanabilir.

Şok damarları ve eriyik cepleri belirgin şekilde mineral tanelerinin bölgesel stres ve sıcaklık altındaki gösterdikleri farklı dirençlerin sonucudur. Bu etki en çok metal-silikat ve metal-gözenekli boşluk yüzeylerinde belirgindir. Bununla birlikte şok damarları metal içermeyen bazaltik akondritler de ve karasal kayalarda da (Stoffler vd. 1988) oldukça yaygındır (Floran vd. 1978; Stoffler vd. 1986). Bu nedenle, bu özellikler, metal ve gözenekleri olmayan göktaşlarında bile kolayca oluşabilir.

Kizovski ve arkadaşlarının 2019'da rekristalize olmuş plajiyoklas ve şok etkisi altında kalmış minerallerin birbirleri ile dokanak ilişkilerini incelediği çalışmasından bir kısmı Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Bir oikokristale giren bir eriyik damarın BSE görüntüleri; **A)**; **B)**; Eriyik damarının büyütülmüş görüntüleri; (Ol = olivin; Cpx = klinopiroksen; Aug = ojit; Chr = kromit; Pl = plajiyoklaz)



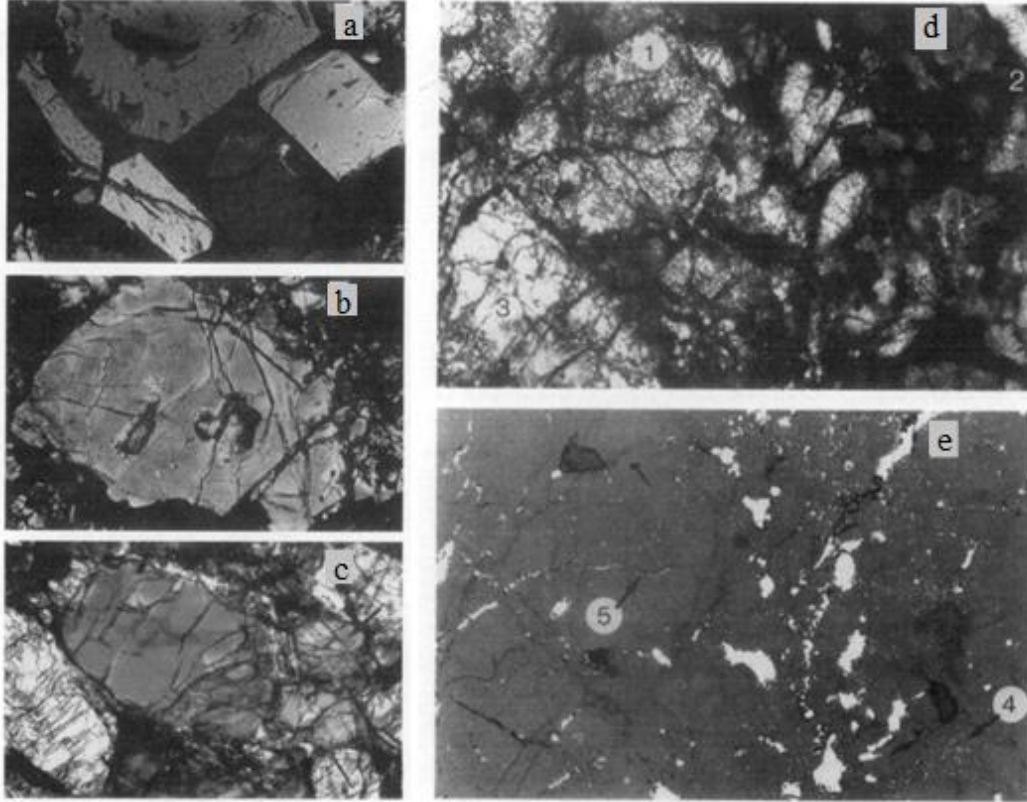
Şekil 2.4. XPL ve BSE de (FGR) dokulu olivin içindeki plajiyoklaz ve ince taneli yeniden kristalleşmenin temsili görüntüleri; **A)** Şok öncesi morfolojilerini koruyan çift kırıklı veziküler plajiyoklaz tanelerinin XPL görüntüsü; **B)** (A) daki aynı alanın BSE görüntüsü; içindekiler (b), komşu piroksene, veziküllere ve plajiyoklaz içindeki olivin ve asiklik piroksene ve olivin içine sızmış olan plajiyoklazların sürgünlerini içeren erime kanıtlarını göstermektedir; **C); D);** Düzlemsel ışık ve tipik çift kırıklı plajiyoklazın XPL görüntüleri. Düzlem ışığında plajiyoklaz çevresinde kahverengi bir rim görülmektedir; **E); F); G);** Çevreleyen mineralleri içine çekmiş olan plajiyoklaz soylarının BSE görüntüleri (Ol = olivin; Cpx = klinopiroksen; Pl = plajiyoklaz) (Renk figürü wileyonlinelibrary.com adresinde görülebilir)

Saydam olmayan şok kanallarının oluşum sebebi, kırılmayla oluşan sürtünmeden kaynaklı ergime ile boşlukların ve açık çatlakların oluşturduğu fırlatma/püskürtme etkisi birleşimidir. Bu karasal kökenli kayalarda, ay kaynaklı taşlarda ve akondrit meteoritler de damar ve dayk benzeri psödotalit oluşturan süreçle aynıdır (Stoffler vd. 1991).

Olivinlerde görülen en zayıf şok etkileri dalgalı sönme ve gelişigüzel yönelimli, düzlemsel olmayan ve düzensiz kırıklardır (Carter vd 1968). Olivinlerdeki dalgalı sönme ise genelde düzensiz kırıklarla ilişkilendirilir. Bu durum çoğunlukla şok kaynaklıdır fakat

tek başına şok etkisi olarak kabul edilemez. Düzlemsel kırıklar ortalama şok basınçlarının en önemli belirteçidir (Stoffler ve Keil 1991). (Şekil 2.5)

Şok yoğunluğunun bir aşamasında düzlemsel kırıklı olivinler polarizan mikroskop altında, belirgin bir dalgalı veya mozaik sönme gösterir (Stoffler ve Keil 1991).

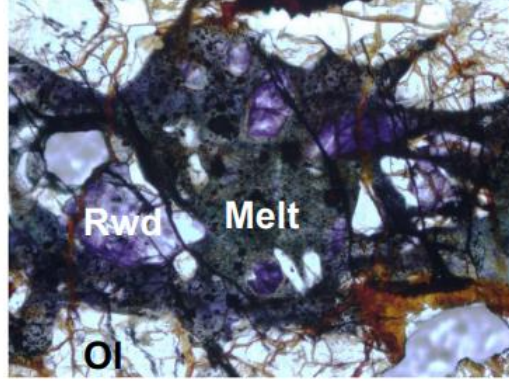


Şekil 2.5. Polarizan mikroskop altında düzlemsel kırıklı Olivinlerin görüntüsü

Şekil 2.5'te Olivin (a), Şoka uğramamış H3 S1 Dhajala kondritindeki dik sönmeye sahip Olivin (b), çok zayıf dalgalı sönmeye sahip ve düzensiz kırıklı ve nadir düzlemsel kırıklı (c) (gri kısımda görünen birbirine paralel 3 kırık). Çok güçlü şok metamorfizmasına uğramış L6(S6) Chico meteoritinin alttan aydınlatmalı mikroskop çift nikol fotoğrafı (d), aynı bölgenin yansımali ışık mikroskobu görüntüsü (e), ve olivinin katı hal rekristalizasyonunu göstermektedir (1), bölgeye bitişik tamamen ergimiş olivin ve diğer mineraller (2), rekristalize olmamış olivin (3), cepler halinde ergimiş opak mineraller (4), rekristalize olmamış damar şeklinde polikristalen olivin(5) gösterilmiştir (Stoffler ve Keil 1991).

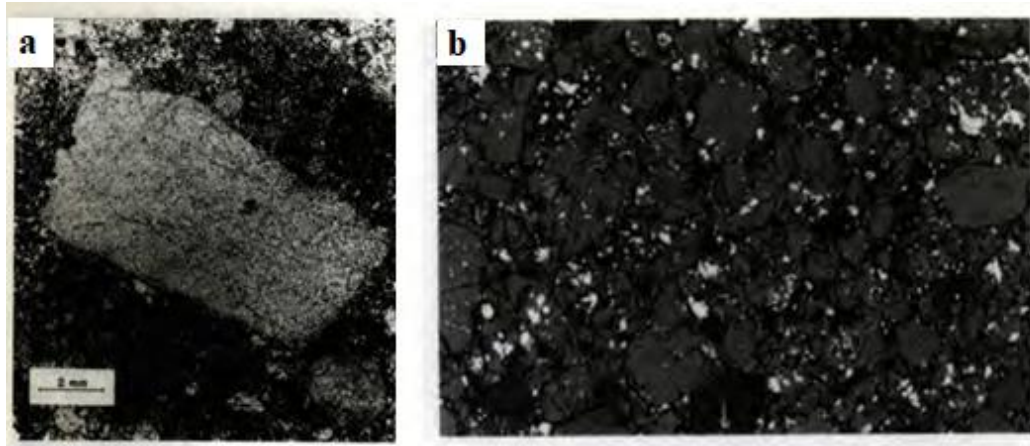
Meteoritlerin şok sınıflandırması tüm kayacın, şok basıncını ve sıcaklık koşullarını tanımlamayı amaçlamaktadır. S6 için ana kriter, bir eriyik damar / cep içinde ve çevresinde olivinin yeniden kristalleşmesidir (Fritz vd. 2017). Bu koşullar altında oluşan bir diğer mineral de ringwoodit mineralidir.

Ringwoodite çapraz nikol altında kolayda ayırt edilebilecek mavi-gri bir renk gösterir (Taran vd. 2009) ve birçok S6 şok derecesinde kayaçların içinde gözlenebilir ve optik mikroskopta kolayca ayırt edilebilir. Meteoritin S6 şok derecesinde olup olmadığını gözlemek için öncül bir sınıflamadır (Fritz vd. 2017). Alttan aydınlatmalı mikroskopta eriyik damarı içinde bulunan pembede griye doğru değişen renklerde ringwoodite minerali Şekil 2.6'da gösterilmiştir. (NWA 6525).



Şekil 2.6. Alttan aydınlatmalı mikroskopta ringwoodite minerali görüntüsü (Fritz vd. 2017)

Sıradan kondritlerin dokuları breşleşmiş ve breşleşmemiş olarak ayrılabilir. Çarpma sonucu oluşan ergime breşleri değişen miktarda kırıntılı yıkıntı içeren ergimiş kayaçlardır (Şekil 2.7) (Bischoff ve Stoeffler 1992).



Şekil 2.7. Çarpma sonucu oluşmuş ergime breşleri (Fodor ve Keil 1976)

a) Açık renkli mineral çarpma ile ergimiş ve H-kondrit regolit breşi içinde gözlenmektedir. Açık gri ile gözükken kırıntılı olivin, ortopiroksen, potasyumca zengin cam ve az miktarda kalsiyumca zengin piroksenden oluşmaktadır (Fodor ve Keil 1976). (b) Back scatter elektron mikroskobu kullanılarak çekilmiş görüntüde metamorfizmaya uğramış ALH82135 karbonlu kondritinde gözlenen birkaç breşik bölge ile birlikte iyi tanelenmiş matris içine gömülmüş olivin ve piroksen açık gri renkte, feldspat ise koyu gri renkte görünmektedir. Beyaza yakın görünen kısımlar ise sülfür ve magnetitlerdir.

Baskı altında oluşan eriyik damarlarının oluşumunda asıl konu kristallenme basıncı ve şok basıncı arasında ki ilişkidir. Bu ilişki, eriyik damarın şok yüklemesine ve basınç salımına göre kristalize olmasıyla belirlenir. Eriyik damarının sönümlenmesi amacıyla yapılan termal modelde 1 mm genişliğinde eriyik damarının oluşabilmesi için birkaç yüz milisaniye gerekmektedir (Stöffler vd. 1988).



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Meteorit Örneğinin Hazırlanması

Vinales meteoritinin ince kesiti, İstanbul Teknik Üniversitesi İnce kesit laboratuvarında hazırlanmıştır. Burada meteorit numunesi ilk olarak bir şerit testere ile ince kesit hazırlanması için uygun görülen yerden kuru olarak kesilmiştir ve $\sim 2.5 \times 1.5$ cm kalınlığında bir levha oluşturulmuştur, daha sonra cam slayt üzerine epoksi yapıştırılmıştır. İnce kesiti ~ 40 μm kalınlığında düz ve pürüzsüz hale getirmek için elmas macunu kullanılmıştır.

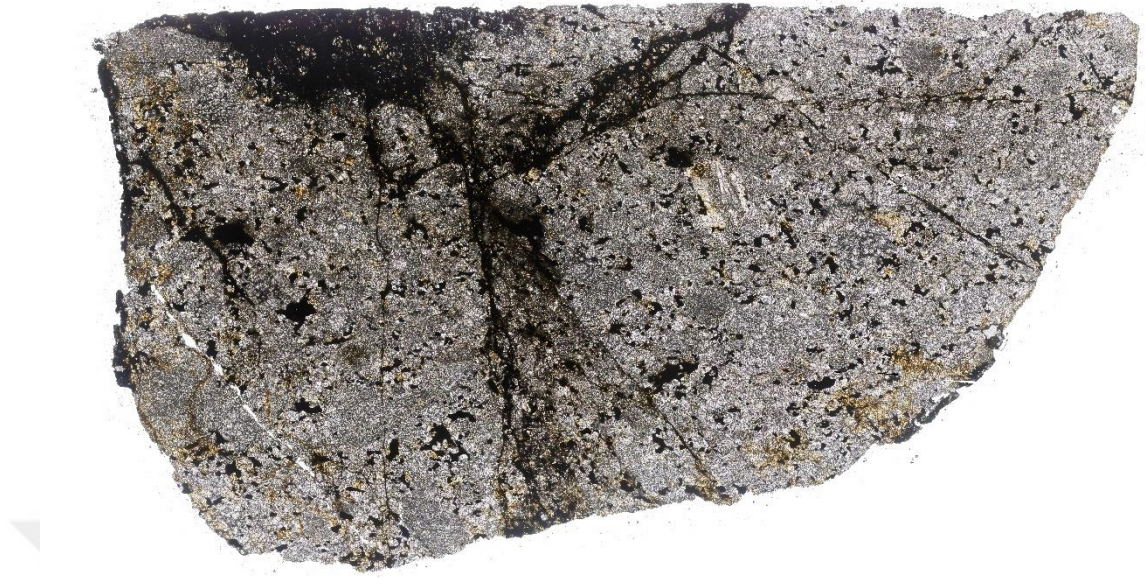


Şekil 3.1. İstanbul Teknik Üniversitesi ince kesit hazırlama laboratuvarı

Hazırlanan ince kesit Akdeniz Üniversitesi Gıda Laboratuvarında bulunan IX81 Olympus marka Floresans mikroskobu ile daha sonra parçaları birleştirilmek üzere mozaik şeklinde fotoğraflanmıştır. Görüntülerin her biri 4x büyütme ile Bright Field FW4 CDT2 ayarlarında alınmıştır.



Şekil 3.2. Akdeniz Üniversitesi Gıda Laboratuvarı'nda bulunan ve Vinales meteoritini fotoğraflamak için kullanılan IX81 Olympus marka floresans mikroskop



Şekil 3.3. Olympus IX81 Inverted Floresance mikroskopta 4x büyütme ile çekilen fotoğrafların mozaik şeklinde birleştirilmesi ile elde edilen panoramik görüntü

İnce kesit fotoğrafının birleştirilmesinden sonra elde edilen panoramik görüntüden hangi bölgeler üzerinde çalışılacağı ve hangi yapılardan veri toplanacağı belirlenmiştir.

3.2. Raman Spektroskopisi

Raman spektroskopisi, moleküler tanımlama ve karakterizasyon için esnek olmayan saçılma dayanan analitik bir tekniktir ve farklı araştırma alanlarındaki çeşitli numunelerin araştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Konfokal Raman görüntüleme, meteoritler gibi dünya dışından gelen değerli örnekleri incelemek için özellikle yararlıdır. Örneğe zarar vermeden düşük lazer şiddetinde yalnızca yüzeyden değil lazer ışığının etki edebileceği tüm derinliklerden veri alabilmek için de uygundur. Böylece konfokal Raman spektrometresi yüzeyde göremediğimiz materyalleri de ortaya çıkartabilir. (Yesiltas, 2018)

Raman spektrumlarının toplanma mantığı madde moleküllerinin görünür veya morüstü bölgedeki, maddenin soğurmayacağı tek frekanslı bir elektromanyetik dalga ile etkileşmesiyle saçılan elektromanyetik dalganın incelenmesi esasına dayanır. Raman spektroskopisi gönderilen ışınım ile saçılan ışınımın enerjisi arasındaki fark iki titreşim seviyesi arasındaki enerji farkı kadardır. Saçılmanın gerçekleşmesi için gelen ışınımın enerjisinin iki titreşim seviyesi arasındaki enerji farkına denk olmasına gerek yoktur. Elektromanyetik ışınım molekül ile etkileşime girer ve molekülün kısa ömürlü sanal bir enerji düzeyine geçiş yaptığı varsayılır. Bu seviye kararlı olmadığı için molekül çok kısa süre içinde ışıma yaparak alt seviyelere iner. Sanal seviye var olan bir titreşim enerji seviyesi değildir. Sanal seviyeden molekül tekrar başlangıçtaki enerji düzeyine düşebilir ya da enerji düzeyini değiştirerek başka bir düzeye düşebilir (Durak 2019).

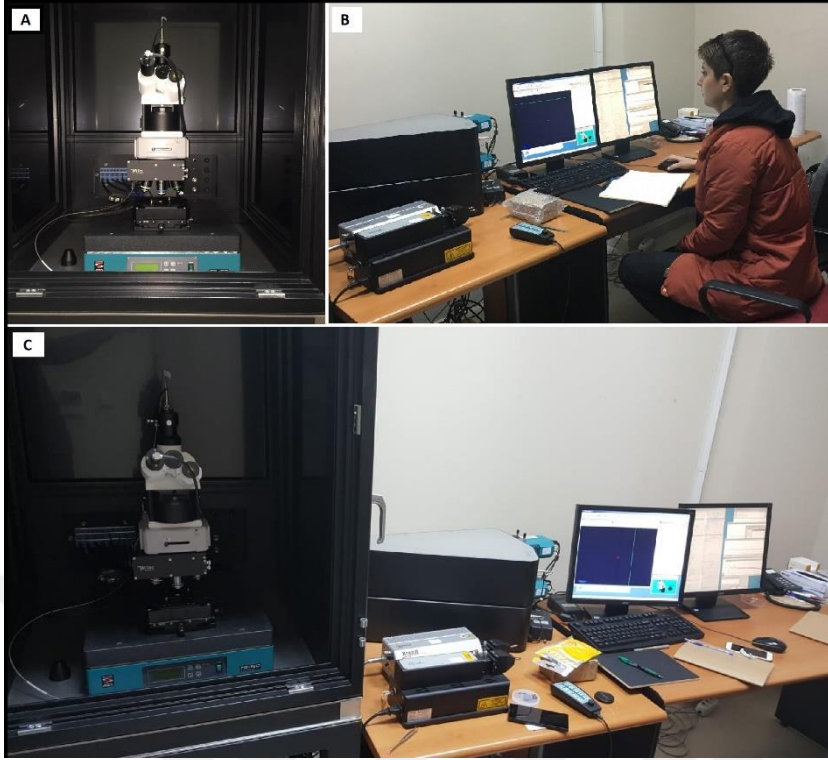
Bu çalışmada Raman spektrumları, 2 boyutlu kimyasal dağılım haritaları, bunların ana gövdelerinde metamorfizmaya etki edebilecek etkili pikleri ve benzer petrolojiye sahip diğer meteoritlerle karşılaştırmalarına yer verilmiştir.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkez Laboratuvarında bulunan WiTec alpha300R (WiTec GmbH) konfokal Raman görüntüleme sisteminde 532 nm dalga boylu Nd-YAG lazer ve -60 C dereceye kadar soğutulmuş CCD kamera kullanılmıştır. İnce kesit örneği üzerinde morfolojik tarama ve seçilen bölgelerde mineral yoğunluk haritaları toplanmıştır. 50x objektifte de çalışılmıştır, (NA=0,8). Numune yüzeyindeki lazer gücü, numunenin yapay termal ısınmasını önlemek için ~ 1,5 mW altında tutulmuştur ve integrasyon zamanı 30 ile 60 spektrum topladığımız her bir nokta için 1 saniyedir. Ölçümlerden önce silikon alttaşı kullanılarak; hem Rayleigh lazer sinyalinin 0 cm^{-1} de hem de silikon sinyalinin 521 cm^{-1} de olduğu kontrol ederek kalibre edilmiştir.

Veri toplama işleminden sonra, yapay kozmik çizgiler ve arka plan Origin Pro 2021 yazılım paketi ile manuel olarak kaldırılmıştır. Raman spektrumları daha sonra literatür verileri ve her bir minerali tanımlamak için RRUFF Raman veri tabanı (Lafuente vd. 2015) ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.4. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Raman Spektrometresi ölçüm cihaz sistemi



Şekil 3.5. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkez Laboratuvarı Raman Spektrometresi ölçüm cihaz sistemi; **a)** Örneğin yerleştirildiği mikroskop; **b)** Vinales meteoritinden noktasal spektrum toplarken çekilmiş bir fotoğraf, (C) mikroskobun bağlı olduğu lazerler, soğutma sistemi ve bilgisayarlar

3.3. Polarize Işık Mikroskobu

Kayaç oluşturan minerallerin ve dolayısıyla kayaçların mikroskop altında incelenmelerinde, alttan aydınlatma özelliği olan normal polarizan mikroskoplar kullanılır (Baş ve Kansun 1992).

Polarizasyon mikroskobu incelenen cisimlerin optik anizotropik özelliğinden yararlanarak görüntülenmesi için kullanılır. Yapıların sahip olduğu çift kırılma özelliğinden yararlanır. Bu amaçla mikroskop; spesmenin altında yerleşik bir polarizer ve objektiften sonra bir analizör ile yapılandırılmıştır (Baykan 2010).

Çift nikol görüntüsü İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunan Leitz marka mikroskoba daha önce eklenmiş Leica DFC295 model kamera sistemi ile çekilmiştir. Yüksek büyütmeli 420 fotoğraf birbirlerine eklenerek panoramik bir görüntü elde edilmiştir.

3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskopisinde minerallerin morfoloji, boyut, şekil ve birbirleriyle olan ilişkileri incelenebilir. Görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler

sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerden geçirildikten sonra katot ışınları tüpünün ekrana aktarılmasıyla elde edilir. Toplanan sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilir (Ekinci 2009).

Elektriği ileten örnekler çalışması en kolay olan numunelerdir. Çünkü engellenmemiş veya yavaşlatılmamış bir şekilde toprağa akan elektronlar, yük birikimi nedeniyle oluşan gerçek olmayan yapay parlamaları en aza indirir. Ayrıca, elektrikçe iyi iletken numuneler genellikle ısıyı iyi iletiklerinden ısıl bozunma olasılığı da en azdır. Fakat çoğu biyolojik ve mineralojik numuneler iletken değildir. İletken olmayan bu örneklerin SEM görüntülerini elde etmek için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. En çok uygulanan tekniklerde numune yüzeyine tozlaşma veya vakum da buharlaştırma uygulanarak ince bir metalik film tabakasıyla kaplanır. Kaplama işlemlerinde aşırı kalın kaplama yüzey ayrıntılarını örtebilir. Bu nedenle optimum bir kalınlığın seçilmesi gerekir (Bulun 2010).

Tez kapsamında yapılan Elektron mikroskobu deneyleri Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsünde bulunan Zeiss Evo 40 elektron mikroskobu ile yapılmıştır. Örneğin ilk olarak back scatter dedektörü ile 20kV hızlandırıcı voltaj değerinde, 12.5 mm örnek uzaklığında, 50 mikroamper akım (beam current) kullanılarak mozaik fotoğrafları çekilmiş ve daha sonra birleştirilmiştir. Seçilen bölgelerden ise noktasal EDX spektrumları toplanmıştır.

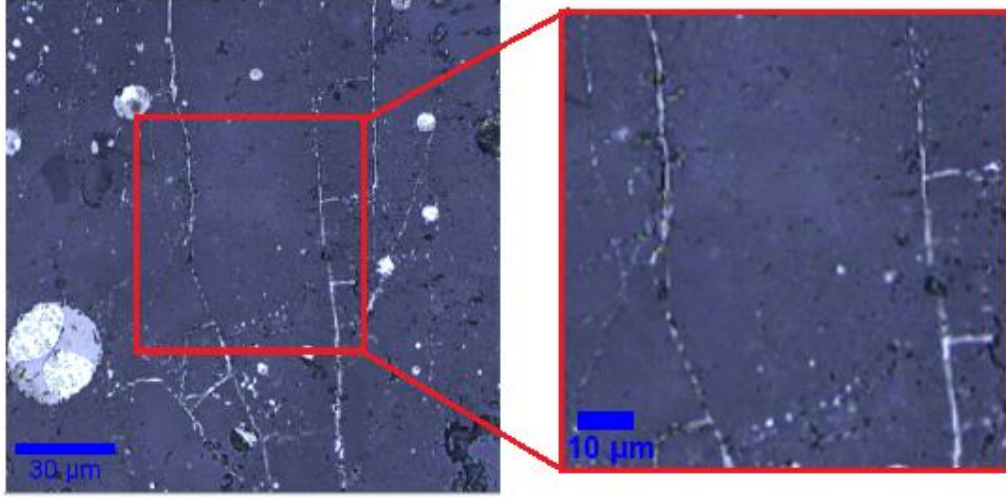


Şekil 3.6. Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsünde bulunan Zeiss Evo 40 elektron mikroskobu

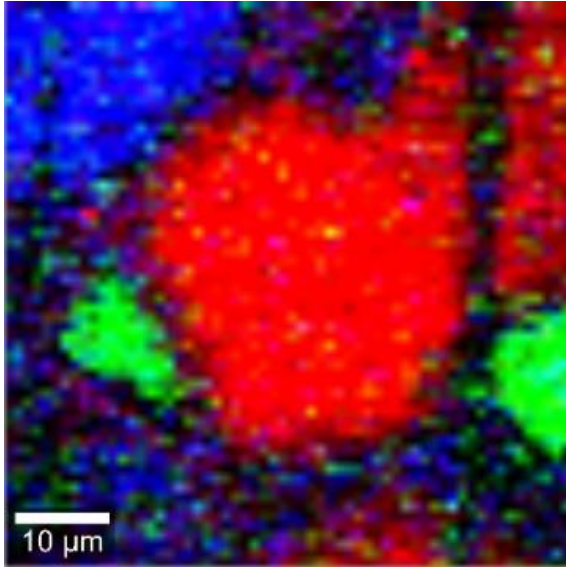
Bu çalışmada önce SEM kullanılarak örnek yüzeyinden tarama görüntüsü elde edilmiş, daha sonra EDX ile seçilen bölgelerde noktasal elementel tayinler yapılmıştır.

belirlenmiştir (Fo_{85}). Gözlemlenen olivinlerin Raman pik pozisyonları 823 cm^{-1} ve 854 cm^{-1} dir.

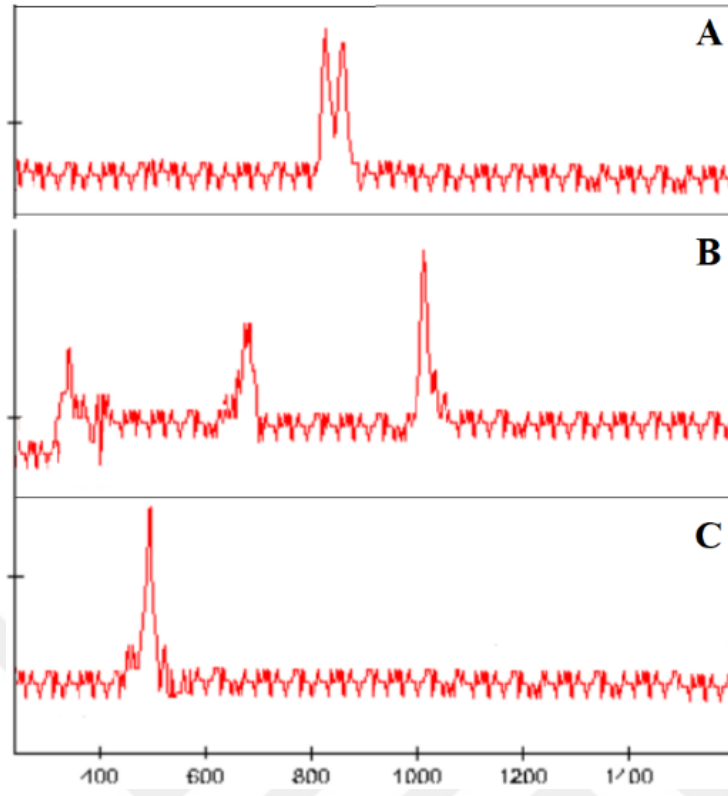
Olivin spektrumlarının baskın özelliği 815 ile 825 cm^{-1} arası spektral bölgede oluşan ikilidir (Kuebler vd. 2006). Bu özellikler SiO_2 tetrahedranın birleşik simetrik ve asimetrik germe titreşim modlarından kaynaklanmaktadır. Her iki tepe noktasının frekansları, forsterit ve fayalit arasında katyon ikamesini takiben monoton kaymalar gösterir.



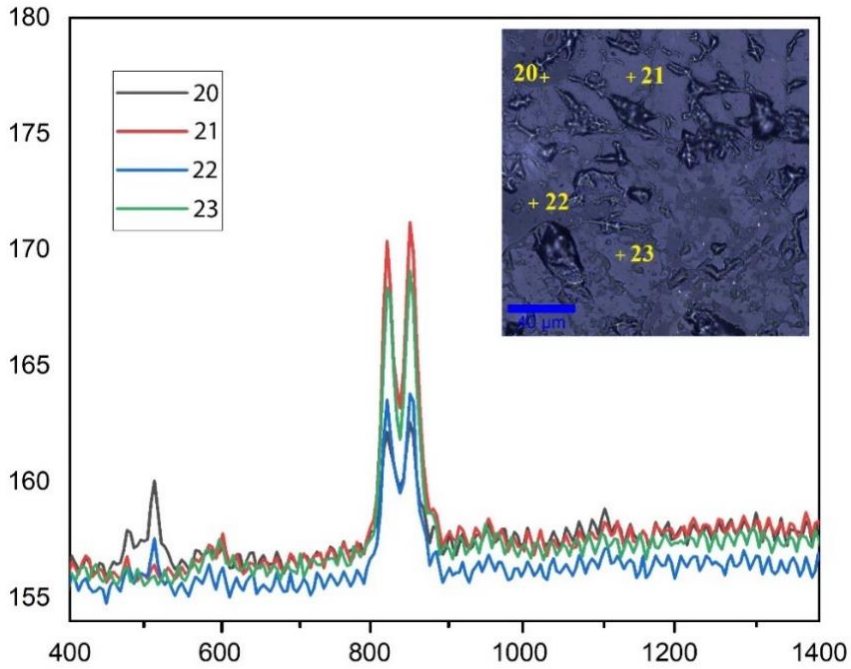
Şekil 4.2. D6 bölgesinden toplanan bölgesel Raman haritası



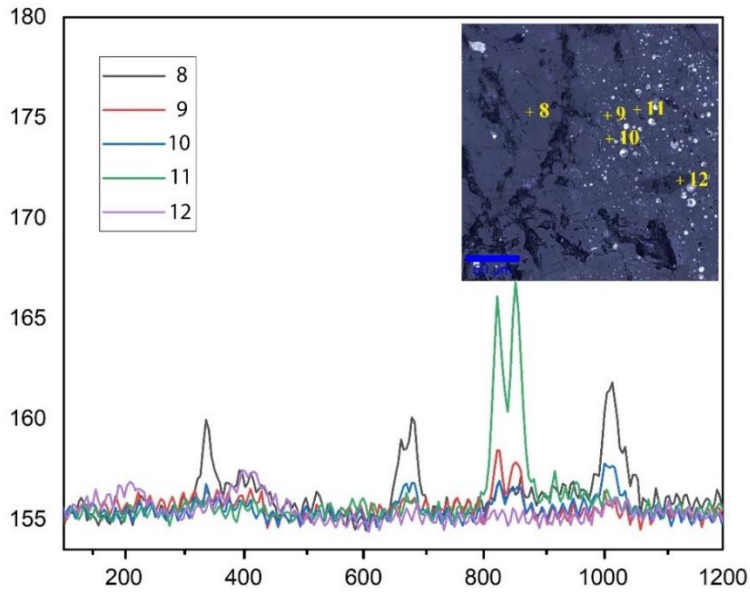
Şekil 4.3. D6 Bölgesinden alınan Raman yoğunluk haritası (Kırmızı ile boyanmış kısım olivini, yeşil ile boyanmış kısım plajiyoklası ve mavi ile boyanan kısım da piroksen minerallerini göstermektedir)



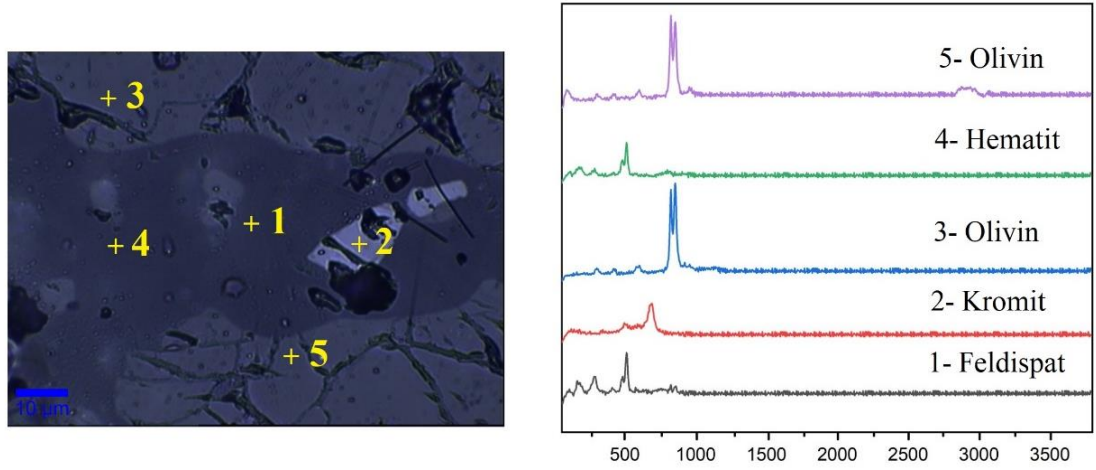
Şekil 4.4. D6 Bölgesinden toplanan Raman spektrumları; **A)** spektrumu kırmızı bölgeden; **B)** spektrumu mavi bölgeden; **C)** spektrumu ise yeşil bölgelerden toplanmıştır



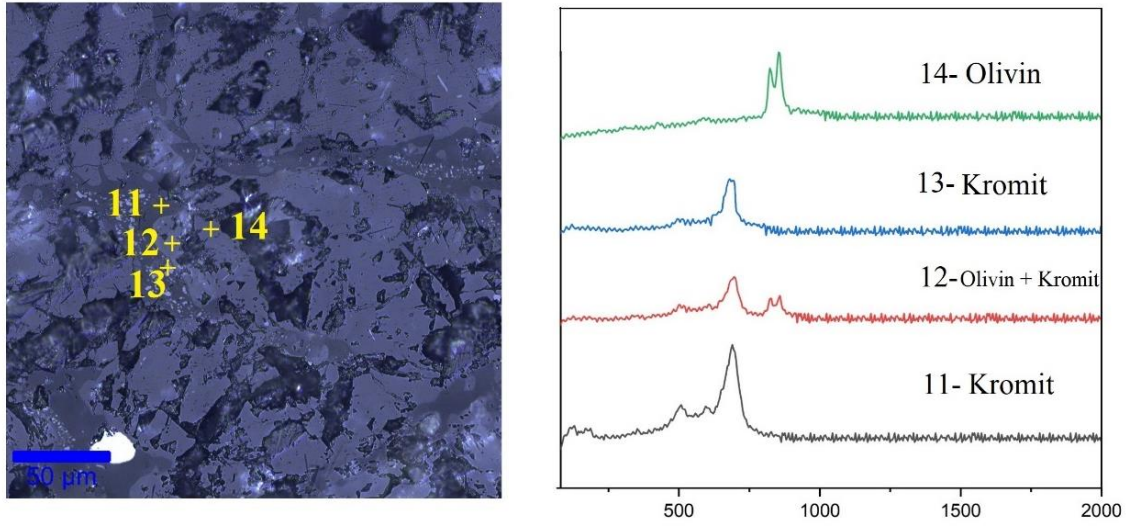
Şekil 4.5. D5 bölgesinden toplanan noktasal Raman spektrumları ((20)-(21)-(22)-(23) Olivin)



Şekil 4.6. D8 bölgesinden toplanan noktasal Raman spektrumları

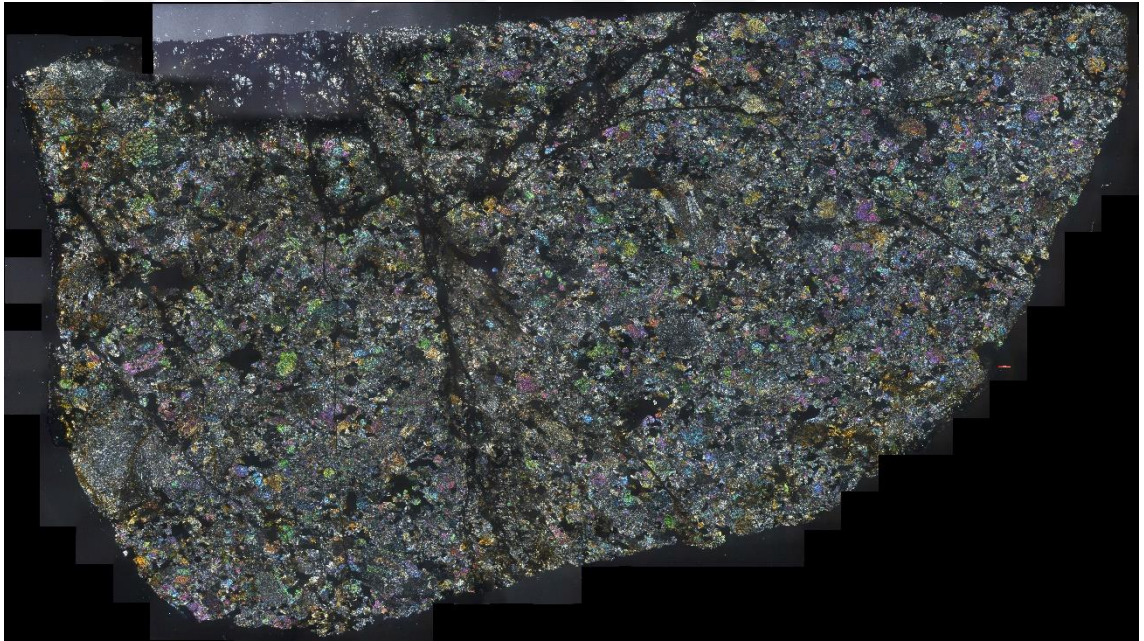


Şekil 4.7. D14 bölgesinden toplanan noktasal Raman spektrumları



Şekil 4.8. D3 bölgesinden toplanan noktasal Raman spektrumları

4.2. Polarize Işık Mikroskobu



Şekil 4.9. Vinales meteoritinin çift nikol fotoğrafı

İTÜ’de hazırlanan ince kesitin bir kısmı yine İTÜ Jeoloji mühendisliği Anabilim Dalında bulunan DM4500 P Polarize Mikroskopla alttan ve üstten aydınlatmalı olarak incelenmiştir ve panoramik görüntüsü İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunan Leitz marka mikroskoba eklenmiş Leica DFC295 model kamera sistemi ile çekilmiştir.

İnce kesit metal fazlar, kondrüller, birçok oksit damarı ve siyah matris içine gömülü metal parçacıklar içermektedir. Kondrüllerin boyutları 600-1500 mikron arasında farklılık göstermektedir.

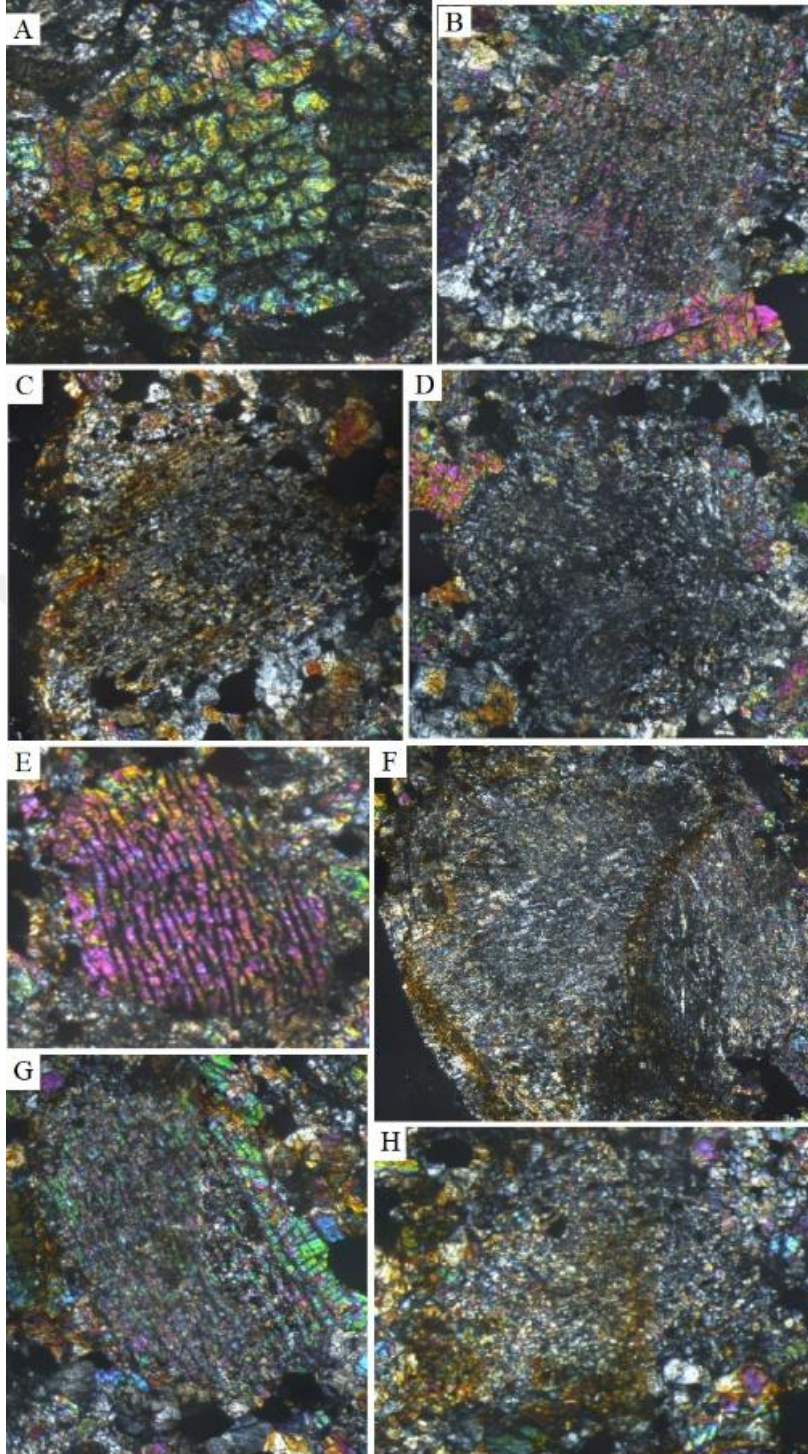
Plajiyoklas: Genel olarak levhamsı ve prizmatik özşekilli, yer yer özşekilsiz olarak bulunmaktadır. Girişim renkleri ve rölyepleri düşük, sönme açıları dik veya çok düşük, yer yer dalgalı sönme göstermektedir. İkizlenme özelliklerinin belirlenmesi bozunmadan dolayı oldukça güçtür. Ayrıca şok basıncı etkisinde kalan örnekleri çoğunlukla diğer minerallerle karışmış halde bulunur. Mineral bolluğu olarak %1-2 arasındadır.

Piroksen: Genellikle özşekilsiz yer yer bozunmuş prizmatik özşekillidir. Orta derece veya düşük girişim renkleri ve nadiren de olsa çift ikizlenme gözlenmektedir. Ayrıca düşük rölyeflidir, dalgalı veya düşük açılı sönmesi mevcuttur. Çoğunlukla olivinleşmiş minerallerin arasında bozunmuş ve şok etkisiyle deforme olmuştur. Bolluk seviyesi %5-7 arasındadır.

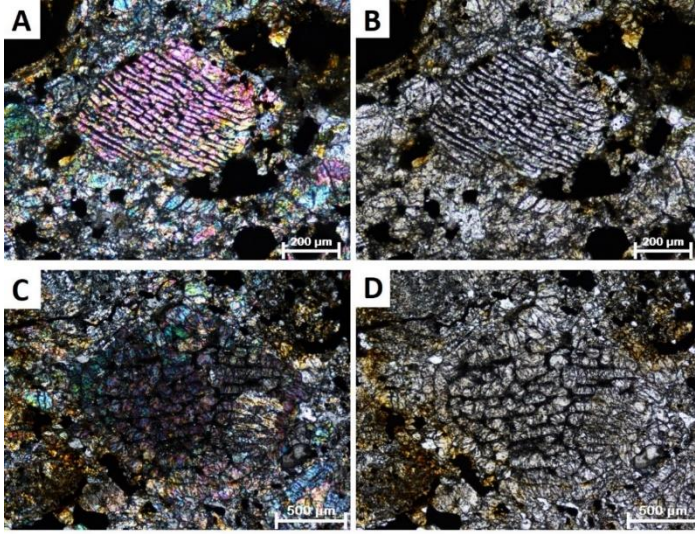
Olivin: Genellikle özşekilsiz, yüksek girişim renklerine sahip, dilinimli çok çatlaklı bir yapı göstermektedir. Düşük açılı veya dik sönme gözlenmektedir. Rölyepleri orta derece ve yüksektir. İkizlenme bulunmamaktadır. Vinales'te gördüğümüz olivinler çoğunlukla rekristalize olmuştur. Çok çeşitli mineral boyutlarına ulaşmış ve bolluk seviyesi %80 seviyelerindedir. Raman spektroskopisi noktasal spektrumlarına bakarak %95'i forsterit (Mg_2SiO_4) tipi olivinlerdir, girişim renklerinin seviyesi de bunu destekler niteliktedir. Vinales'te kuşaklı ve ışınsal kondrüller mevcuttur.

Barred (kuşaklı) olivinler: Çubuksu olivinler genellikle kondrüllerin %10' unu oluşturur ve sahip oldukları dentritik dokuların sınırlı bir alanda büyümüş olmaları sebebiyle oluşum koşulları ile alakalı bilgi verebilirler (Lofgren ve Lanier 1990). Vinalesde ki kondrüllerin yönelimleri birbirlerinden farklıdır.

Radyal (ışınsal) olivinler: Radyal piroksen çubuklarından oluşan ve bu çubukların arası bazen olivin kristalleri ile dolu olan kondrül tipidir. Meteoritin oluşumu veya sonrasında geçirdiği metamorfizmanın etkisi bu kondrüllerde daha iyi gözlenebilmektedir. Kuşaklı olivin kondrüllerin silisyumca zenginleşmesi sonucu meydana gelirler (Kaygısız 2018).



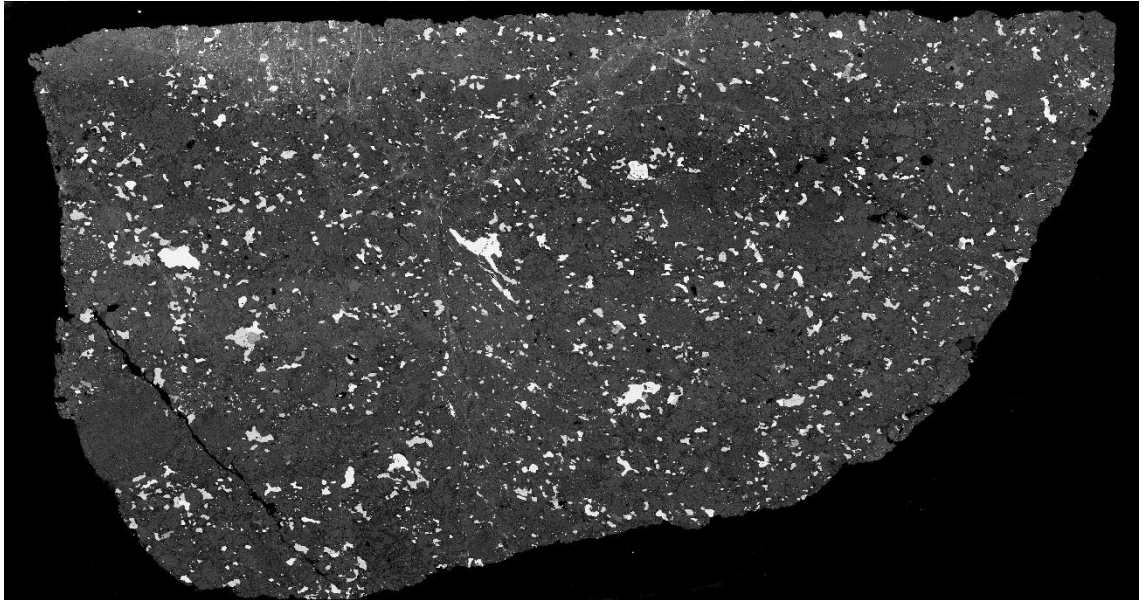
Şekil 4.10. Vinales meteoritinde bulunan bazı kondrüllerin çift nikol (XPL) fotoğrafları; **A); B); C); E); G);** Kuşaklı (barred) olivin kondrül; **D); F); H);** Radyal (ışınsal) piroksen kondrül



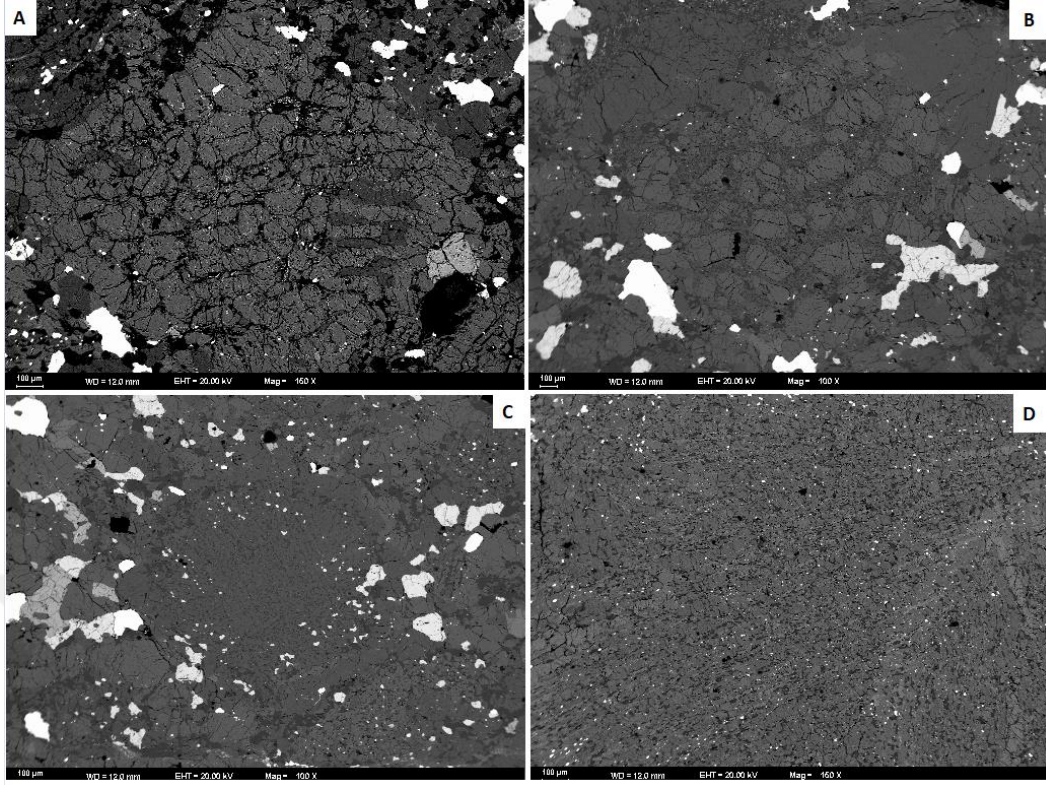
Şekil 4.11. Bazı kondrüllerin tek nikol ve çift nikol fotoğrafları; Uzun dar olivin kristallerinin birbirine paralel olarak yönlenmeleri ile oluşmuş Kuşaklı olivin kondrüllerin (BO); **A**); **C**); çift nikol (XPL) görüntüleri; **B**), **D**); tek nikol (PPL) görüntüleri

4.3. SEM EDX Analizi

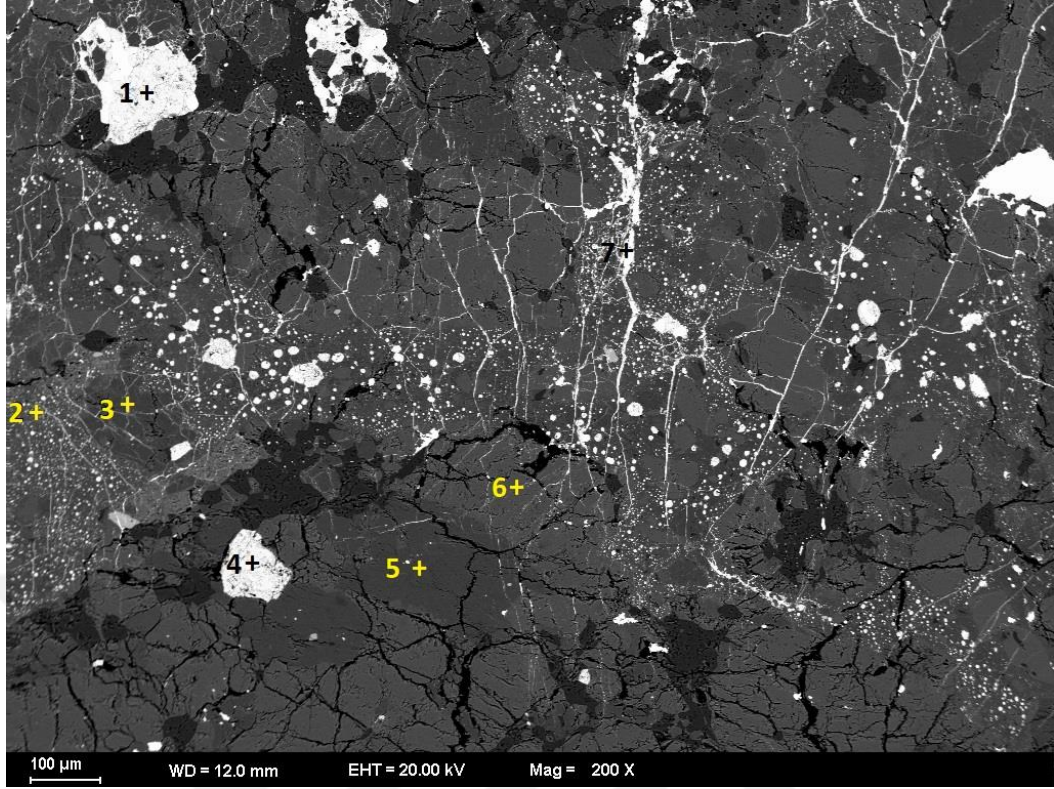
Vinales meteoriti üzerinde toplam 8 bölgeden görüntü alınmış ve bu bölgeler üzerinde daha önce belirlenmiş yerlerden noktasal EDX spektrumları toplanmıştır.



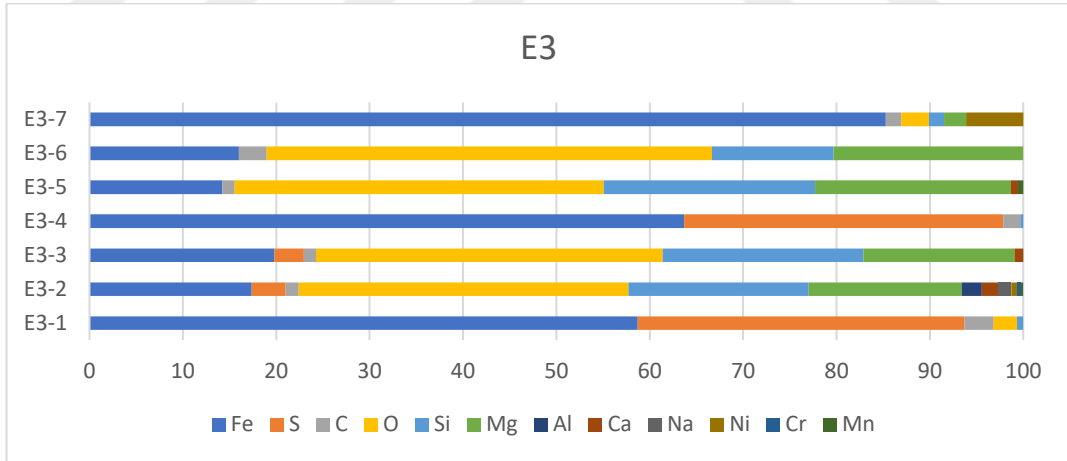
Şekil 4.12. Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsünde bulunan Elektron Mikroskobu ile çekilen fotoğrafların birleştirilmesi ile elde edilen panoramik görüntü



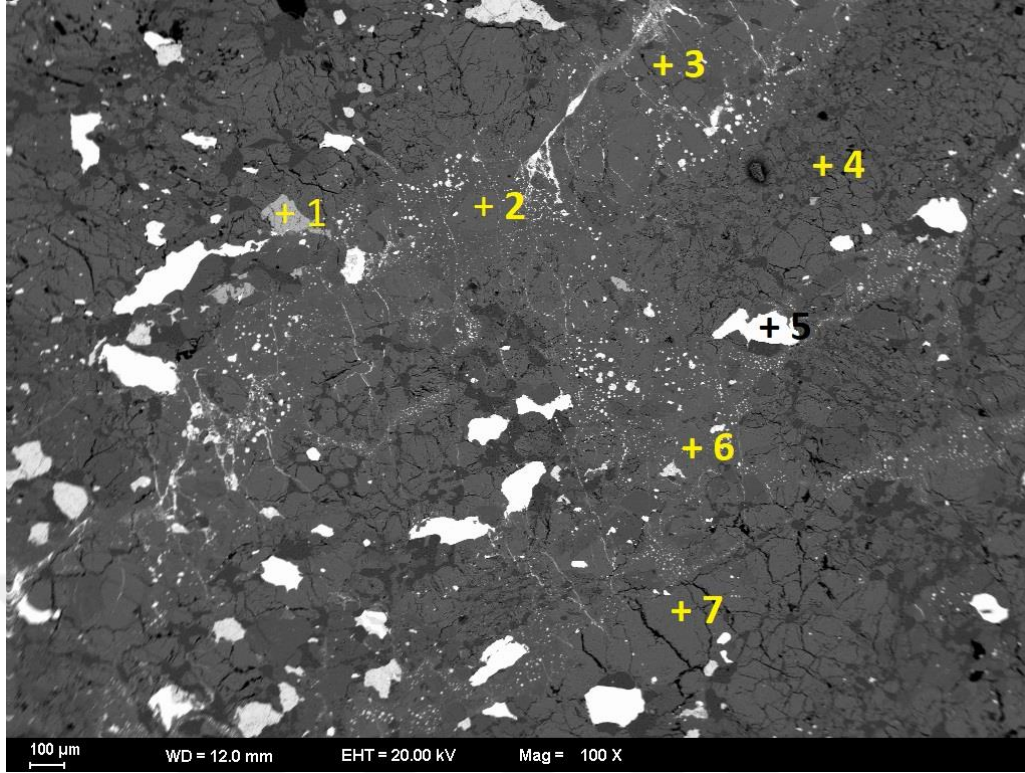
Şekil 4.13. Opak mineraller tarafından çevrelenmiş kondrüllerin birkaçı; Kondrüller olivin, piroksen bazı yerlerde feldspat minerallerinden oluşmuştur; **A)** D3; **B)** E6; **C)** D4; **D)** E4



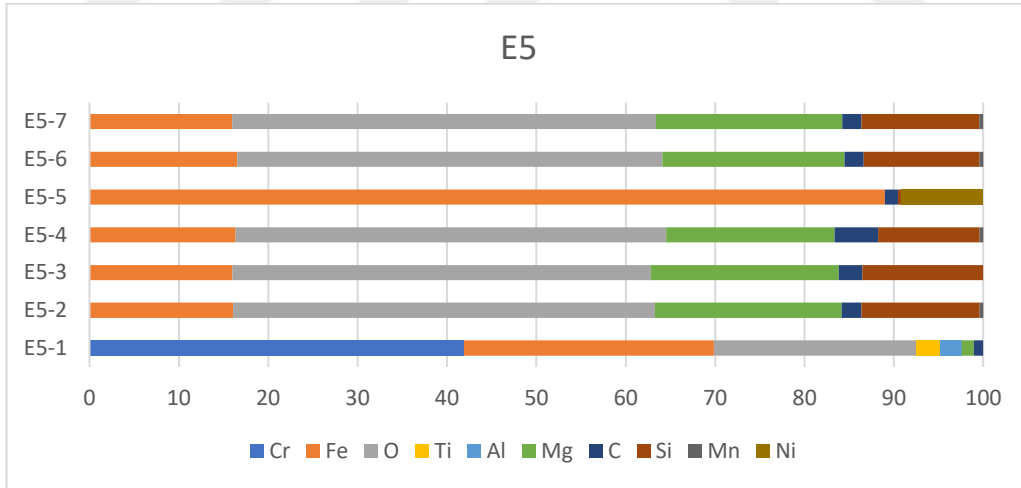
Şekil 4.14. Vinales Meteoritinin E3 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



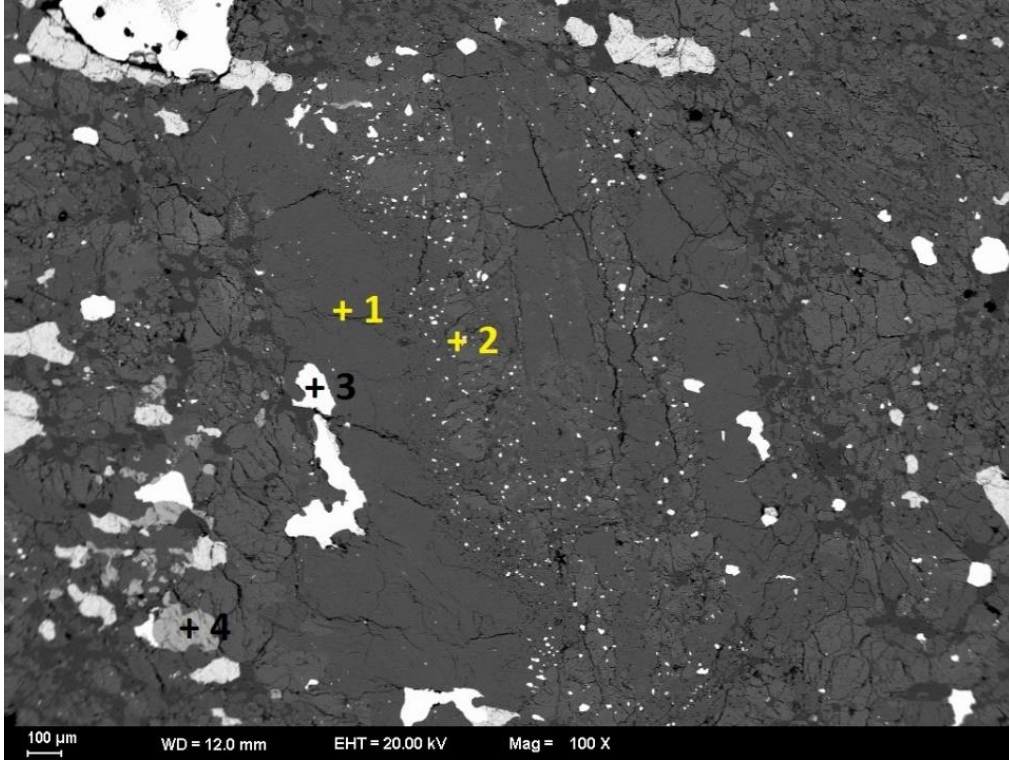
Şekil 4.15. Vinales meteoritinin E3 bölgesinden elde edilen EDX analizi sonuçları



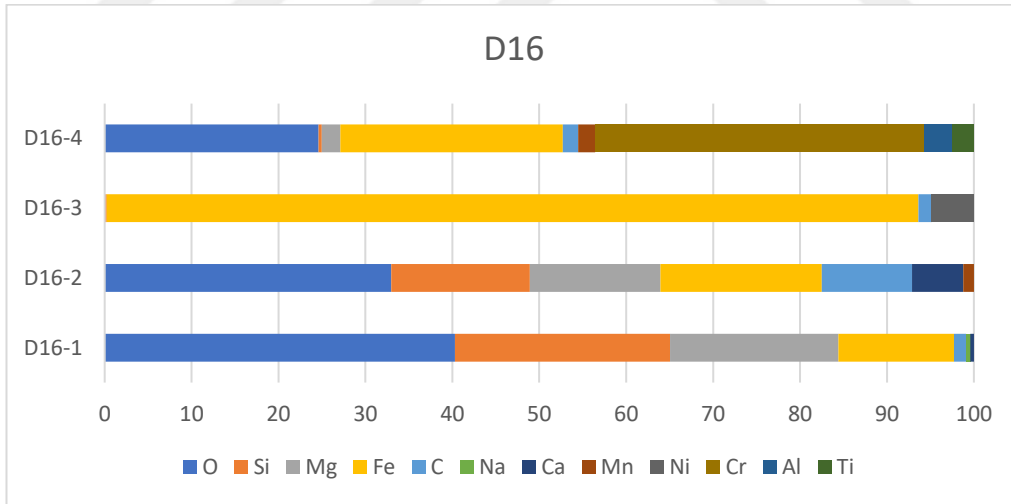
Şekil 4.16. Vinales Meteoritinin E5 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



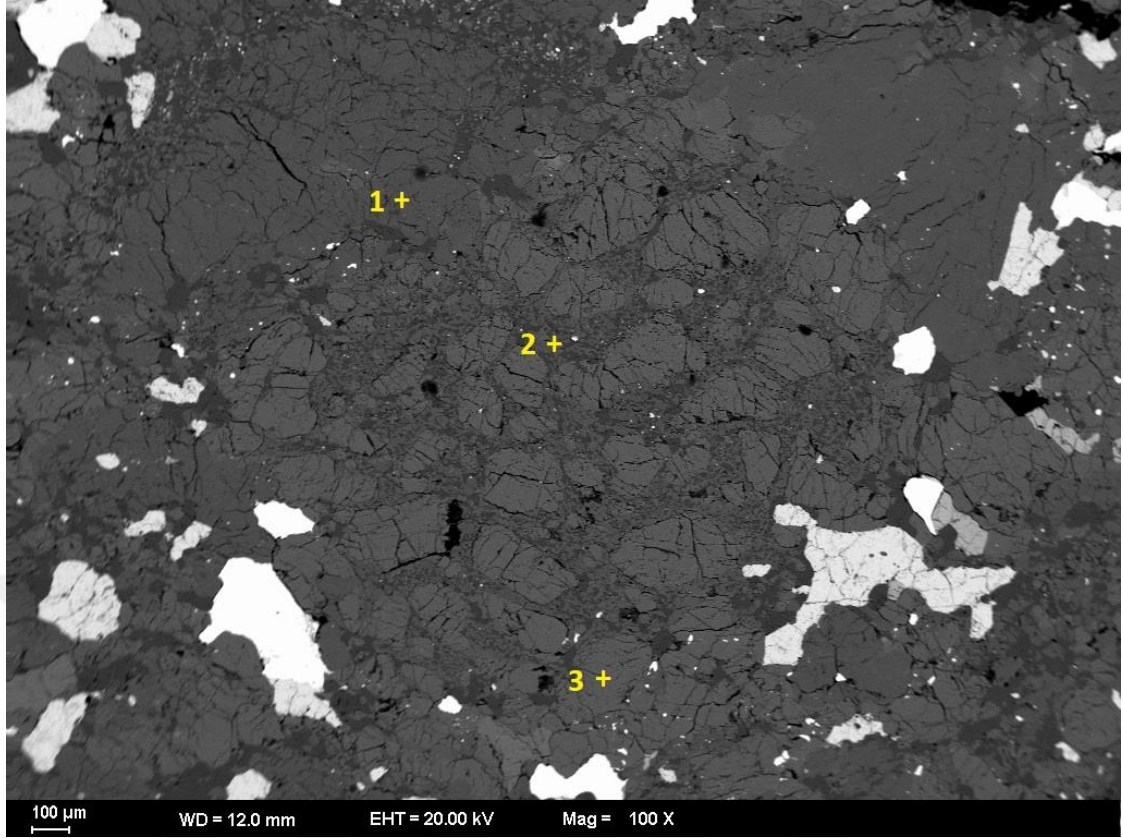
Şekil 4.17. Vinales Meteoritinin E5 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



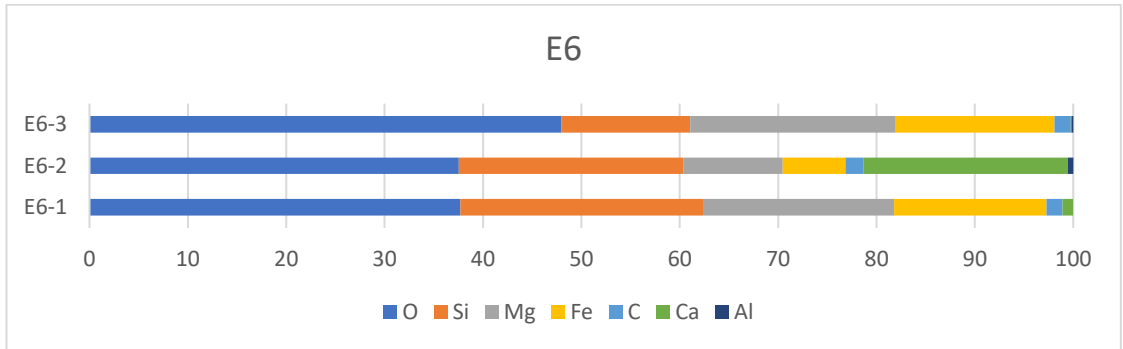
Şekil 4.18. Vinales Meteoritinin D16 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



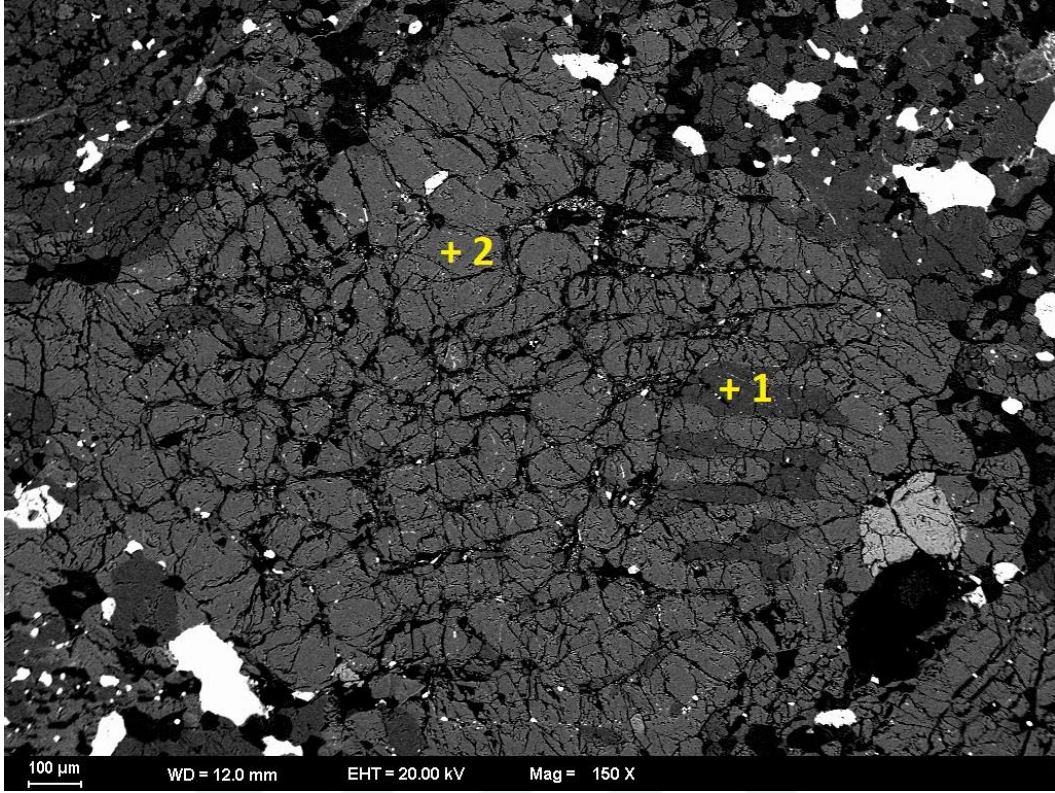
Şekil 4.19. Vinales Meteoritinin D16 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



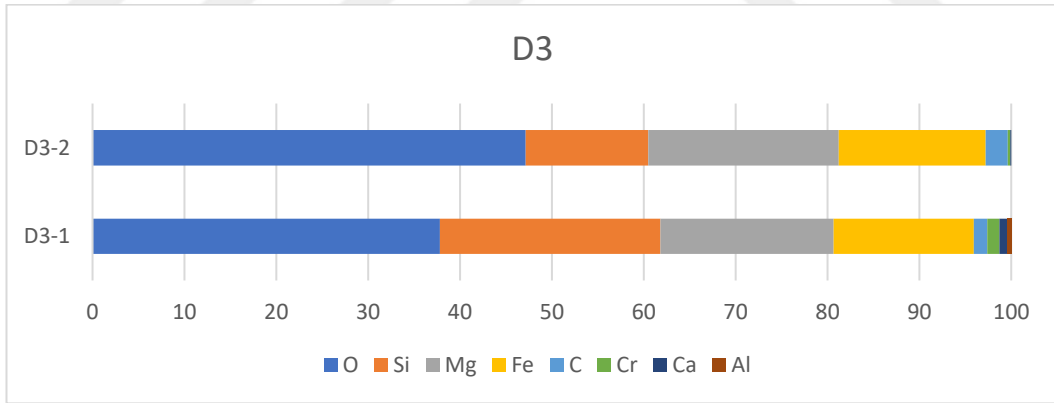
Şekil 4.20. Vinales Meteoritinin E6 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



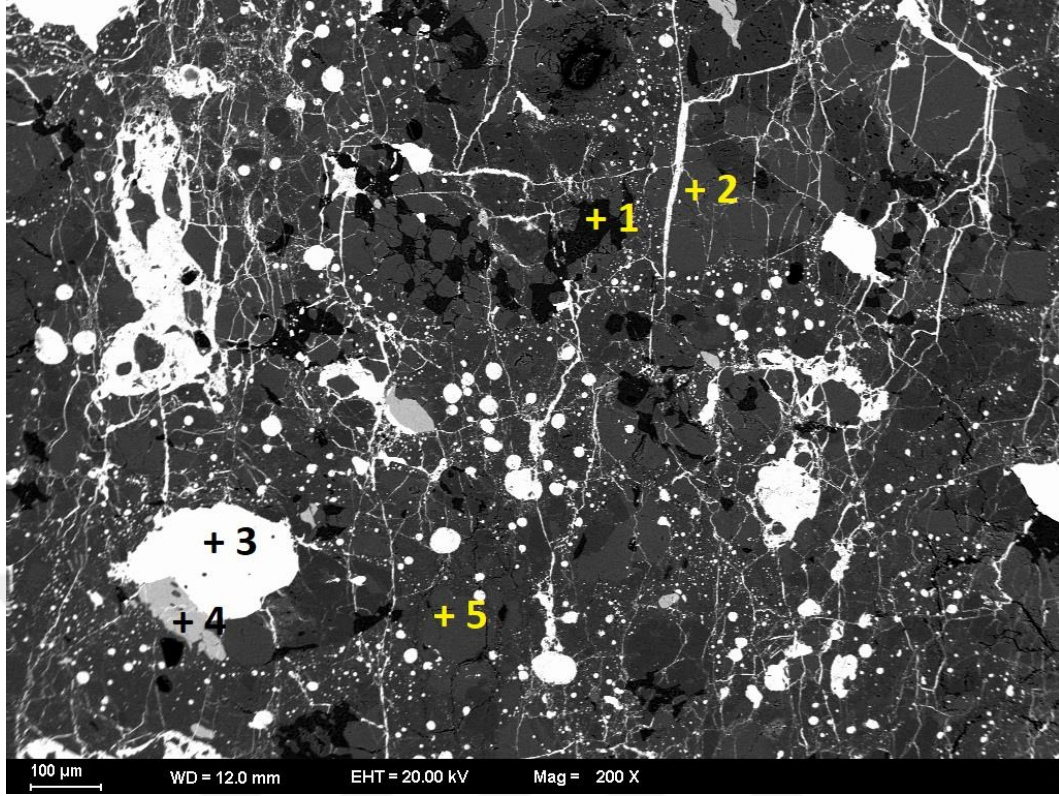
Şekil 4.21. Vinales Meteoritinin E6 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



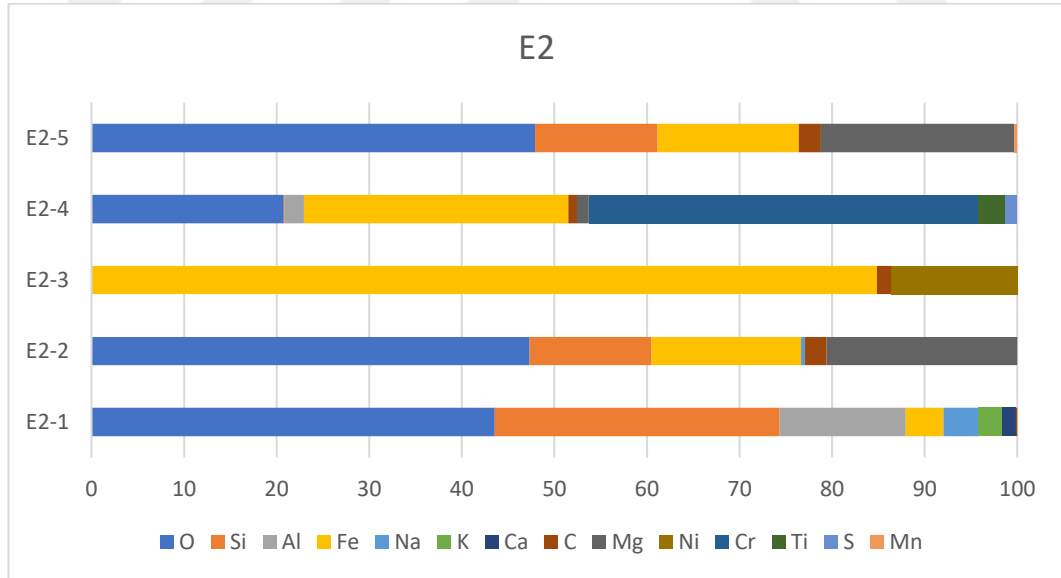
Şekil 4.22. Vinales Meteoritinin D3 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



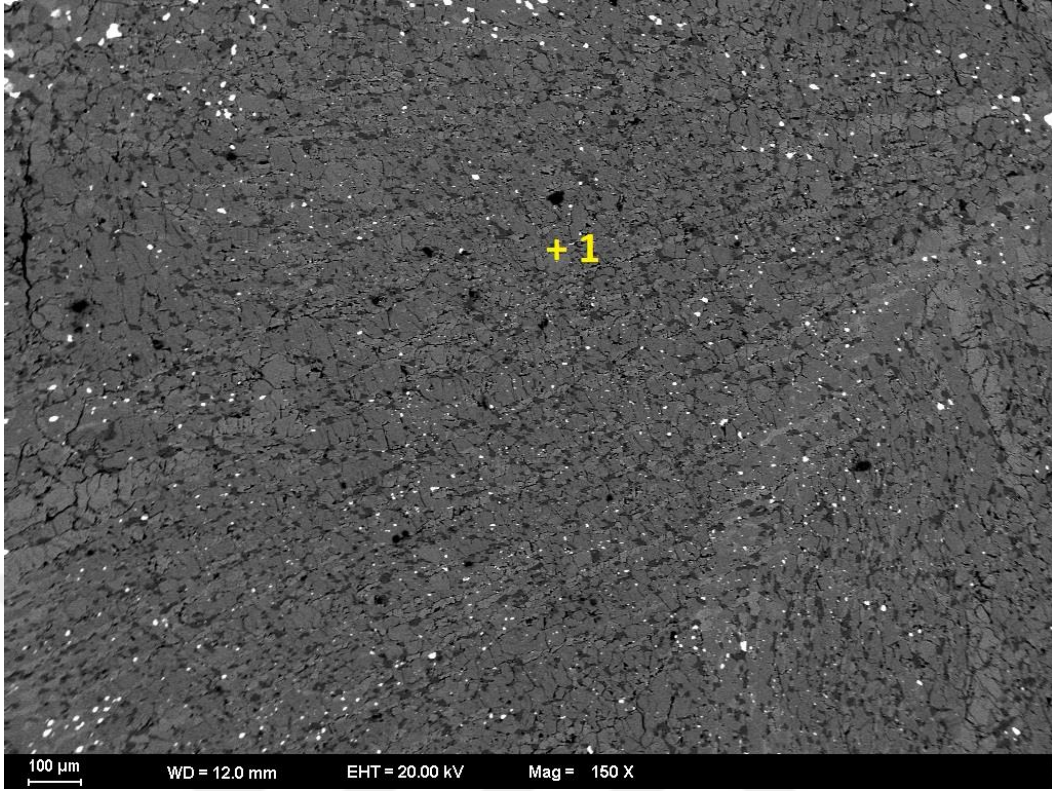
Şekil 4.23. Vinales Meteoritinin D3 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



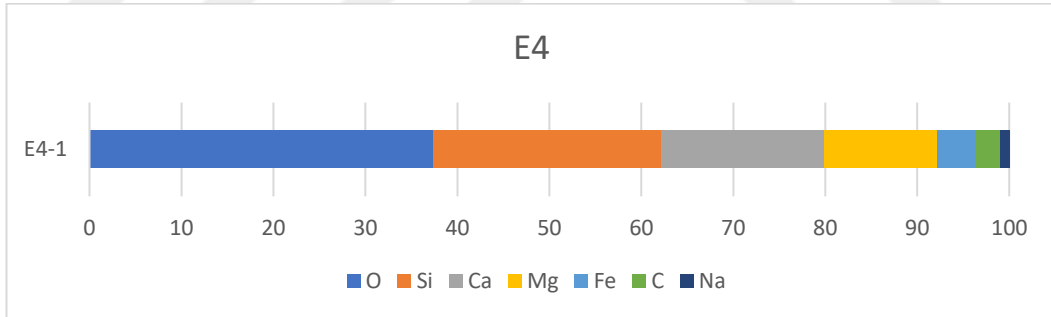
Şekil 4.24. Vinales Meteoritinin E2 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



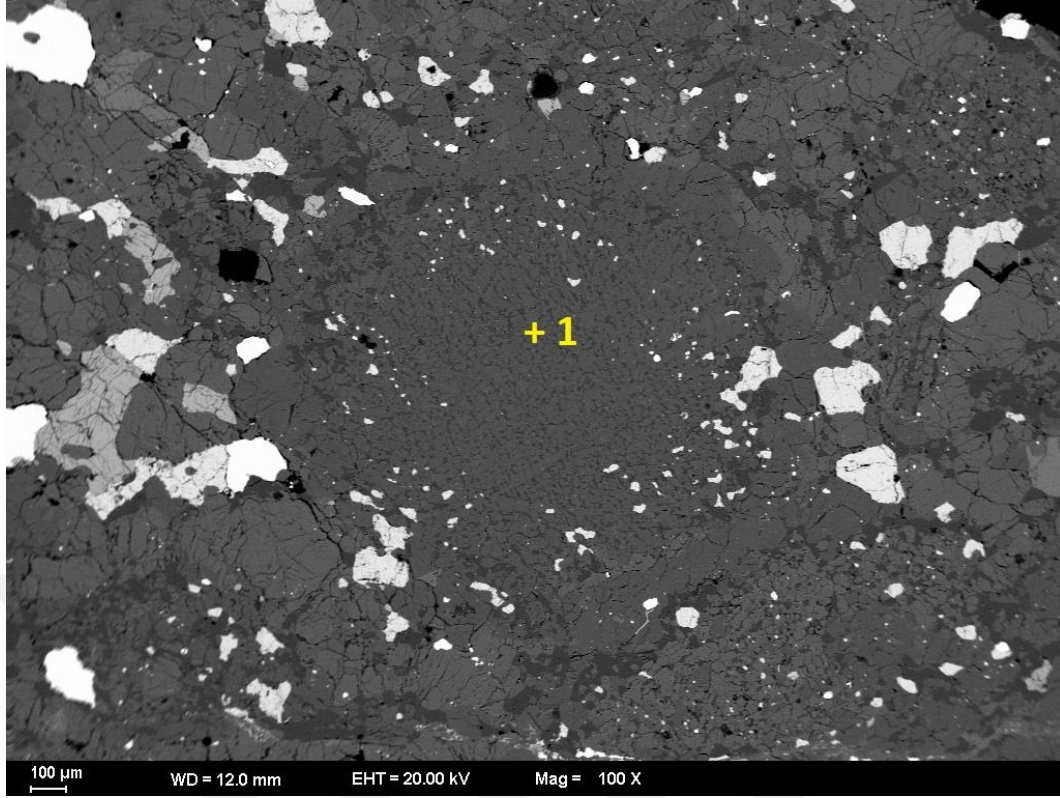
Şekil 4.25. Vinales Meteoritinin E2 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



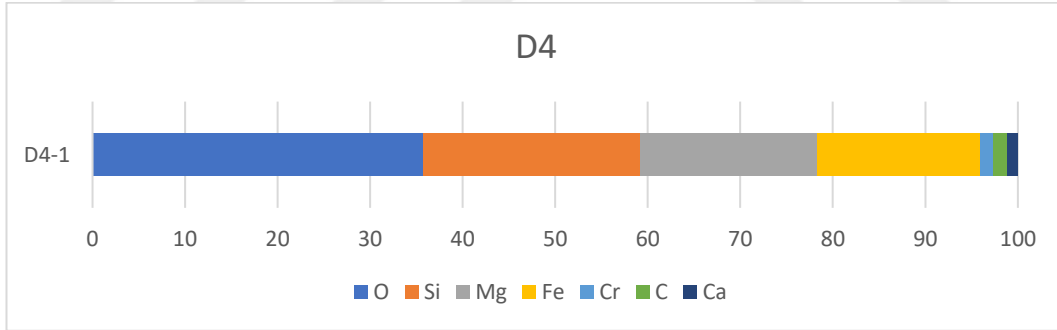
Şekil 4.26. Vinales Meteoritinin E4 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



Şekil 4.27. Vinales Meteoritinin E4 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



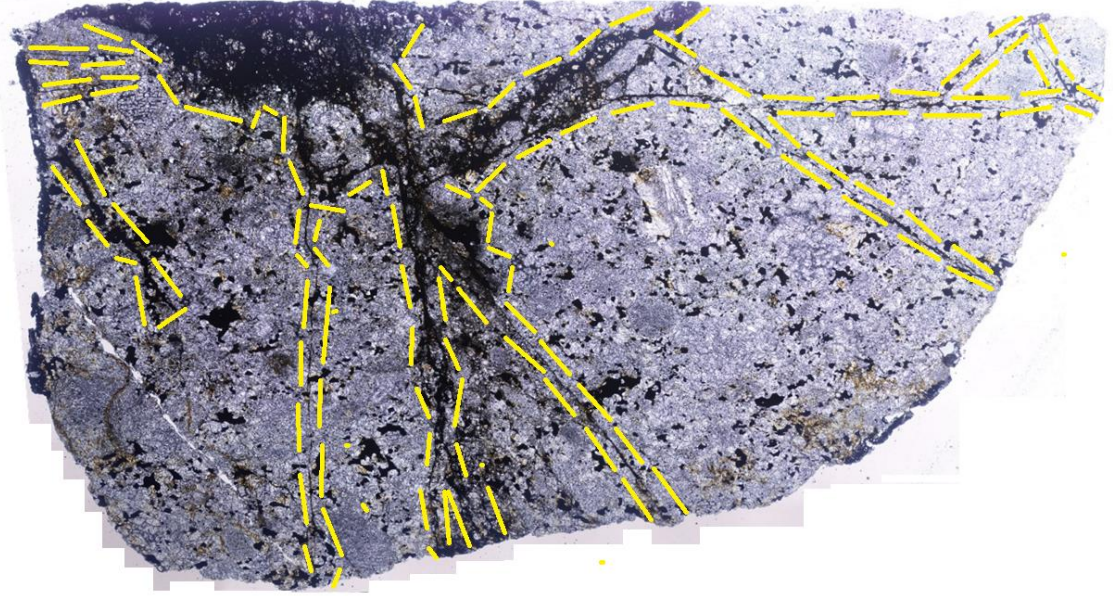
Şekil 4.28. Vinales Meteoritinin D4 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler



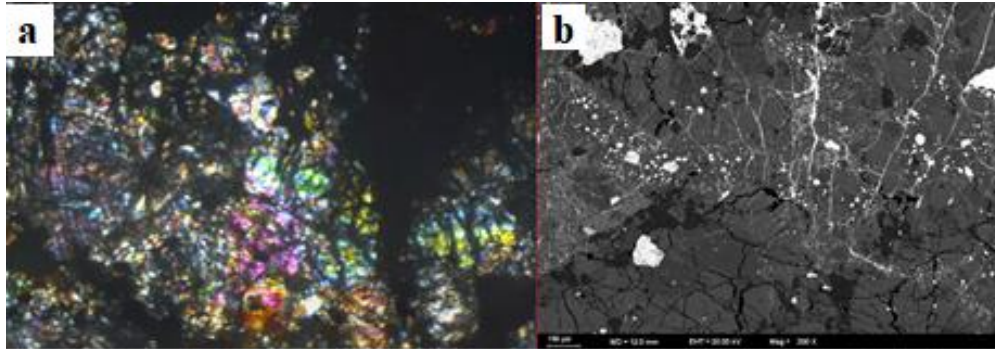
Şekil 4.29. Vinales Meteoritinin D4 bölgesinde çekilen BSE görüntüsü ve noktasal EDX spektrumu toplanan yerler

5. TARTIŞMA

Vinales ince kesitinde Şekil 4.30'da gösterilen şok kanallarının, kayaç atmosferden geçerken oluştuğu ve metallerin sıcaklık ve basınçla birlikte tam bu sırada eriyip işaretlenen boşluklara dolmuş olabileceği düşünülmektedir. Fakat Şekil 4.31'de gördüğümüz tarzda breşik yapıların varlığı ile deformasyon, meteoritin düştüğü sırada veya ana gövdeden koptuğu anda da oluşmuş olabilir.



Şekil 5.1. Vinales'in ince kesiti üzerinde bulunan şok kanalları, çatlak ve kırıkları gösteren görüntü



Şekil 5.2. Vinales üzerinde bulunan breşik yapıların; a) polarizan mikroskopta çift nikolde çekilmiş fotoğrafı; b) SEM'de çekilmiş bir fotoğrafı

Bu yapıların füzyon kabuğunun meydana geldiği sırada yani meteorit atmosferden geçerken oluşmaları durumunda, baştan sonra kadar ilerleyen çatlak ve kırıklarla kayacın yer yüzüne ulaşmadan havada parçalanması gerekmektedir. Bu da bize koptuğu ana gövde ile ilgili bir deformasyon fikrini düşündürmektedir.

Bununla birlikte gözlemlenen taneli yapıların daha çok şok derecesinin etkisi ile egemen hale gelmiş olduğu düşünülmektedir.

Vinales için gelecekte yapılması gerekli görülen çalışmalar şunlardır;

Füzyon kabuğu ve içindeki damarlar arasında kimyasal bir benzerlik var mı diye bakılabilir.

Elmas Anvil hücresi deneyi ile kayacın ne şiddette bir basınç etkisi altında kaldığı araştırılabilir.

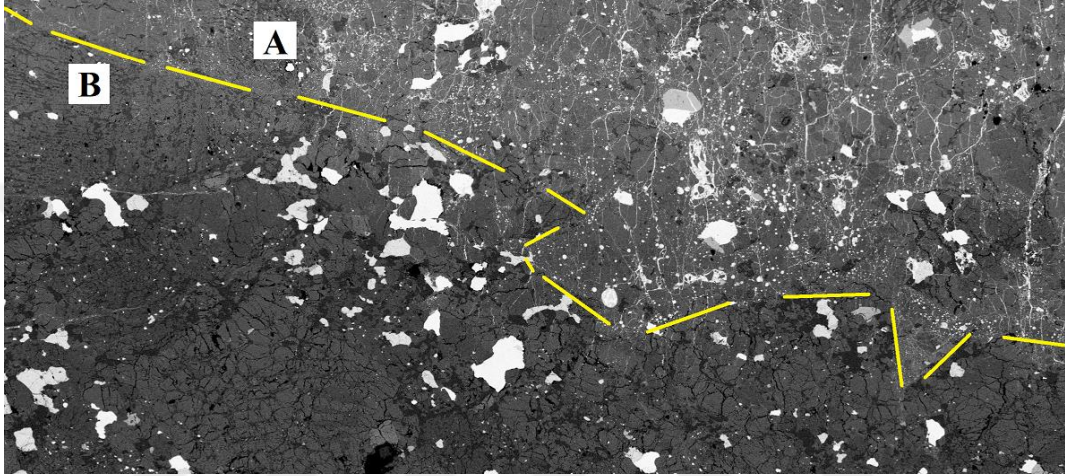
EBSD yöntemiyle C ekseni yönelimlerine bakılabilir. Meteoritteki çarpma şiddetini anlayabilmek için olivinlerin c eksenlerinin yönelimleri incelenebilir.



6. SONUÇLAR

Vinales meteoriti, içerisinde bol miktarda şok kanalı bulunması ile dikkat çekmektedir. Raman spektrometresi ile ölçtüğümüz ve şok kanalı olarak tanımladığımız yerlerde ağırlıklı olarak olivin, piroksen, feldspat, hematit mineralleri, metal olarak ise kamasit ve taenit fazları gözlenmiştir.

Elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalarda kanallardaki sıcaklık ve basıncın etkisi ile değişen ve yer değiştiren metalik fazların meteoritin geri kalanından mineralojik ve kimyasal olarak farklı olduğu saptanmıştır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. (A) Şok metamorfizması etkisinde kalan bölge ve (B) Şok metamorfizması gözlenmeyen bölgenin SEM görüntüsü (ölçeksizdir)

Meteoritin dokusuna bakıldığında psödokilitik dokuya sahip olduğu görülmektedir. Psödokilitik doku; mafik volkanik kayaların daha çok deformasyon zonunda görülen, ani büyük bir depremde fay zonundaki kırılmalarda gelişebilmektedir. Kayacın ani bir şekilde kırılması, öğütülmesi ve daha sonrasında camlaşması ile bu yapı oluşmaktadır.

Ayrıca breşik bir yapı gözlenmiştir. Bu sebeple oldukça yoğun bir deformasyon söz konusudur. Bunun sebebi meteoritin atmosferden geçtikten sonra dünyaya çarpması değildir. Deformasyon, meteoritin ana gövdesinden kopması sırasında oluşmuştur, bu da yüksek ölçekli dinamik koşullarda oluşabilecek breşik yapıyı açıklamaktadır.

Metalik fazların çatlaklar boyunca girmesi (metallerin ergiyip çatlak ve kırıkların içerisine girerek tekrar kristallenmesi) ve şok kanalı boyunca devam ediyor olması, çarpma ile beraber büyük bir ısı oluşumunu göstermektedir. Metal fazlar ergiyip tekrar kristallenmiş fakat silikat minerallerinde aynı durum söz konusu olmamıştır. Bunun da atmosferden geçerken ya da sürtünme ile oluşması beklenmemektedir.

7. KAYNAKLAR

- 1, A. (2021, June 6). *Karmaka Meteorites*. www.karmaka.de: http://karmaka.de/?page_id=17353 adresinden alındı
- Amelin, Y., Kaltenbach, A., Iizuka, T., Stirling, C. H., Ireland, T. R., Petaev, M., & Jacobsen, S. B. (2010). U–Pb chronology of the Solar System's oldest solids with variable $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$. *Earth and Planetary Science Letters*, 300(3-4), 343-350.
- Aslan, Z., Aydın, C., Demircan, O., Derman, E., & Kırbıyık, H. (2012). *Astronomi ve uzay bilimleri*. İstanbul: Kriter Yayınları.
- Barosch, J., Hezel, D. C., Ebel, D. S., & Friend, P. (2019). Mineralogically zoned chondrules in ordinary chondrites as evidence for open system chondrule behaviour. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 249, 1-16.
- Baykan, N. (2010). Robotik bir mikroskop sisteminden elde edilen görüntülerin görüntü işleme ve yapay zeka yöntemleri ile analizi (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bulun, G. (2010). 3d-Geçiş Metali Ni Katkılı $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}$ ve 4f-Lântanit Gd Katkılı $\text{Zn}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}$ Bileşiklerinin Yapısal ve Manyetik Özellikleri (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı).
- Clayton, R. N., Mayeda, T. K., Goswami, J. N., & Olsen, E. J. (1991). Oxygen isotope studies of ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55(8), 2317-2337.
- Corder, C. A. (2015). Primitive and differentiated achondrite meteorites and partial melting in the early Solar System (Doctoral dissertation, UC San Diego).
- Desch, S. J., & Connolly Jr., H. C. (2002). A model of the thermal processing of particles in solar nebula shocks: Application to the cooling rates of chondrules. *Meteoritics & Planetary Science*, 37(2), 183-207.
- Ekinci, B. (2009). Düvertepe-şapçı (sındırgı, Balıkesir) Kaolen (+/-Alunit) Oluşumlarının Jeolojik, Mineralojik Ve Jeokimyasal İncelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Fernandez, I. T. (2018). Geochemical study of the NWA 6148 Martian meteorite and its terrestrial weathering processes.
- Field, S. (1992). Geochemistry and petrology of primitive achondrite meteorites LEW 88280, MAC 88177, ALHA 81187, EET 84302, and LEW 88663. In NASA. Johnson Space Center, 1.
- Flynn, G. J. (2004). Physical properties of meteorites and interplanetary dust particles: Clues to the properties of the meteors and their parent bodies. *Earth, Moon, and Planets*, 95(1), 361-374.

- Fritz, J., Greshake, A., & Fernandes, V. A. (2017). Revising the shock classification of meteorites. *Meteoritics & Planetary Science*, 52(6), 1216-1232.
- Gattacceca, J., McCubbin, F. M., Bouvier, A., & Grossman, J. N. (2020). The Meteoritical Bulletin, no. 108. *Meteoritics & Planetary Science*, 55(5), 1146-1150.
- Gooding, J. L., & Keil, K. (1981). Relative abundances of chondrule primary textural types in ordinary chondrites and their bearing on conditions of chondrule formation. *Meteoritics*, 16(1), 17-43.
- Hartman, H., Fegley, B., Prinn, R., & Lewis, J. S. (1983). Carbonaceous chondrites and the origin of life. In 14th Lunar and Planetary Science Conference (Vol. 497, p. 36).
- Hewins, R. H., & Connolly Jr, H. C. (1996). 21: Peak Temperatures of Flash-melted Chondrules. *Chondrules and the protoplanetary disk*, 197.
- Hewins, R. H., Connolly, H. C., Lofgren Jr, D. E., & Libourel, G. (2005). Experimental constraints on chondrule formation. In *Chondrites and the protoplanetary disk* (Vol. 341, p. 286).
- Higgins, J. (2019, February 10). *Meteorite Club*. <https://meteoriteclub.com:https://meteoriteclub.com/meteorite-news/meteorites-have-been-found-in-cuba-after-a-huge-daytime-meteor-event-first-interviews/> adresinden alındı
- Kallemeyn, G. W., Rubin, A. E., Wang, D., & Wasson, J. T. (1989). Ordinary chondrites: Bulk compositions, classification, lithophile-element fractionations and composition-petrographic type relationships. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53(10), 2747-2767.
- Kaygısız, E. (2018). Bazı meteoritlerin petrografik ve elemental analiz yöntemleri ile incelenmesi.
- Kizovski, T. V., Tait, K. T., Di Cecco, V. E., White, L. F., & Moser, D. E. (2019). Detailed mineralogy and petrology of highly shocked poikilitic shergottite Northwest Africa 6342. *Meteoritics & Planetary Science*, 54(4), 768-784.
- Krot, A. N., Keil, K., Scott, E., Goodrich, C. A., & Weisberg, M. K. (2014). Classification of meteorites and their genetic relationships. *Meteorites and cosmochemical processes*, 1, 1-63.) .
- Kuebler, K. E., Jolliff, B. L., Wang, A., & Haskin, L. A. (2006). Extracting olivine (Fo–Fa) compositions from Raman spectral peak positions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(24), 6201-6222.
- Lauretta, D. S., Nagahara, H., & Alexander, C. (2006). Petrology and origin of ferromagnesian silicate chondrules. *Meteorites and the early solar system II*, 431-459.

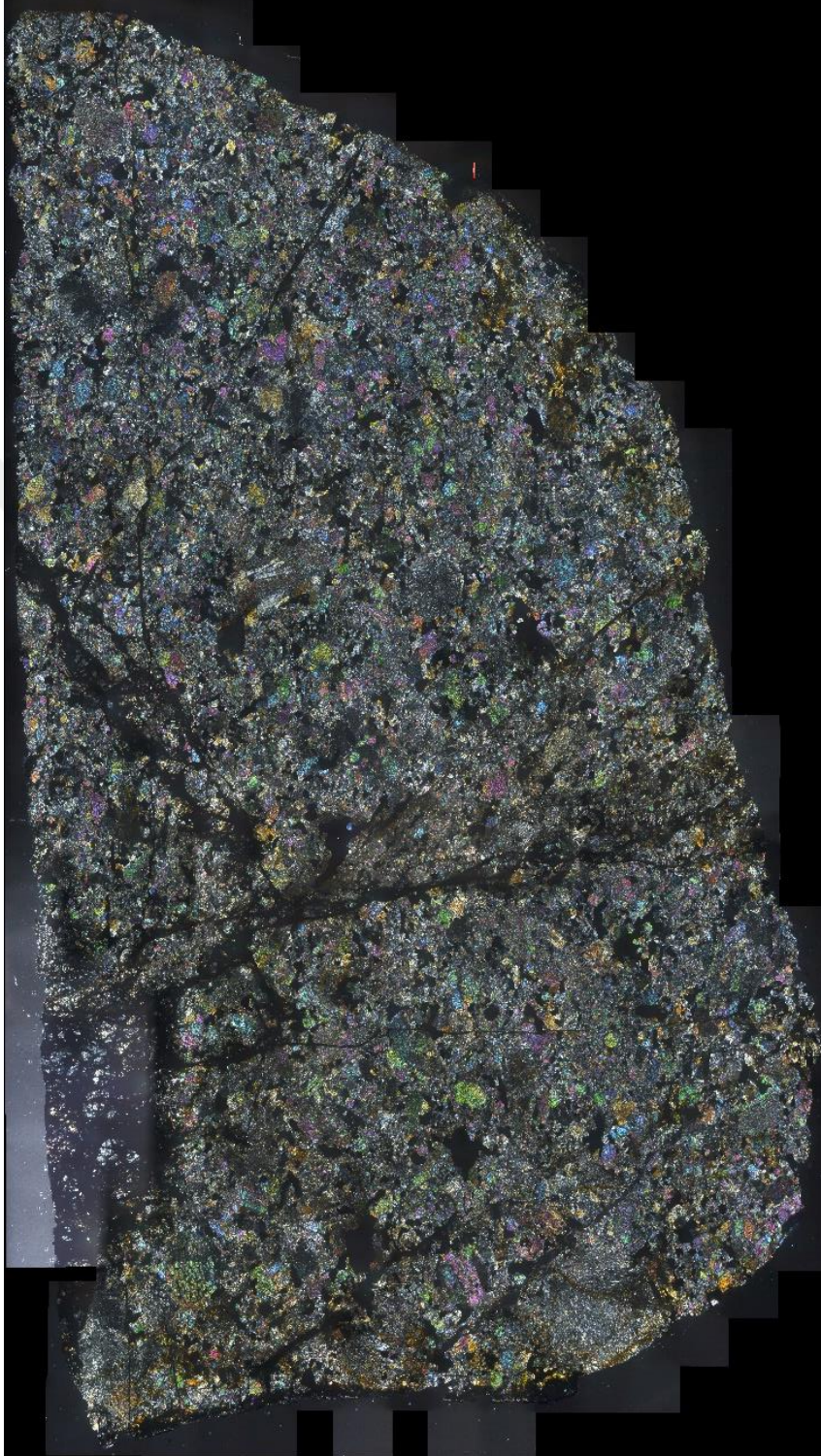
- Libourel, G., & Portail, M. (2018). Chondrules as direct thermochemical sensors of solar protoplanetary disk gas. *Science advances*, 4(7), eaar3321. .
- Lofgren, G., & Lanier, A. B. (1990). Dynamic crystallization study of barred olivine chondrules. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(12), 3537-3551.).
- Love, S. G., & Brownlee, D. E. (1993). A direct measurement of the terrestrial mass accretion rate of cosmic dust. *Science*, 262(5133), 550-553. (Thomas et al., 1993; Thomas et al., 1994).
- Rossi, A. P., & Van Gasselt, S. (2018). *Planetary geology (p. 441)*. Amsterdam: The Netherlands: Springer.
- Rubin, A. E. (1997). *Mineralogy of meteorite groups. Meteoritics & Planetary Science*, 32(2), 231-247.
- Scott, E. R., & Clarke, R. S. (1979). Identification of clear taenite in meteorites as ordered FeNi. *Nature*, 281(5730), 360-362.
- Scott, E., & Krot, A. (2003). Chondrites and their components. *Treatise on geochemistry*, 1, 711.
- Stoffler, D., Keil, K., & RD, S. E. (1991). Shock metamorphism of ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55(12), 3845-3867.
- Stöffler, D., Bischoff, A., Buchwald, V., & Rubin, A. H. (1988). *Shock effects in meteorites. Meteorites and the early solar system*, 165-202.
- Velazquez Perez, L. (2019). *Vinales*. http://karmaka.de/?page_id=17353.
- Weisberg, M. K., McCoy, T. J., & Krot, A. N. (2006). Systematics and evaluation of meteorite classification. *Meteorites and the early solar system II*, 19.
- Yesiltas, M. (2018). Investigation of carbon in the Allan Hills A77278 meteorite via 2D and 3D Raman microspectroscopy. *Journal of Raman Spectroscopy*, 49(11), 1812-1821.

8. EKLER

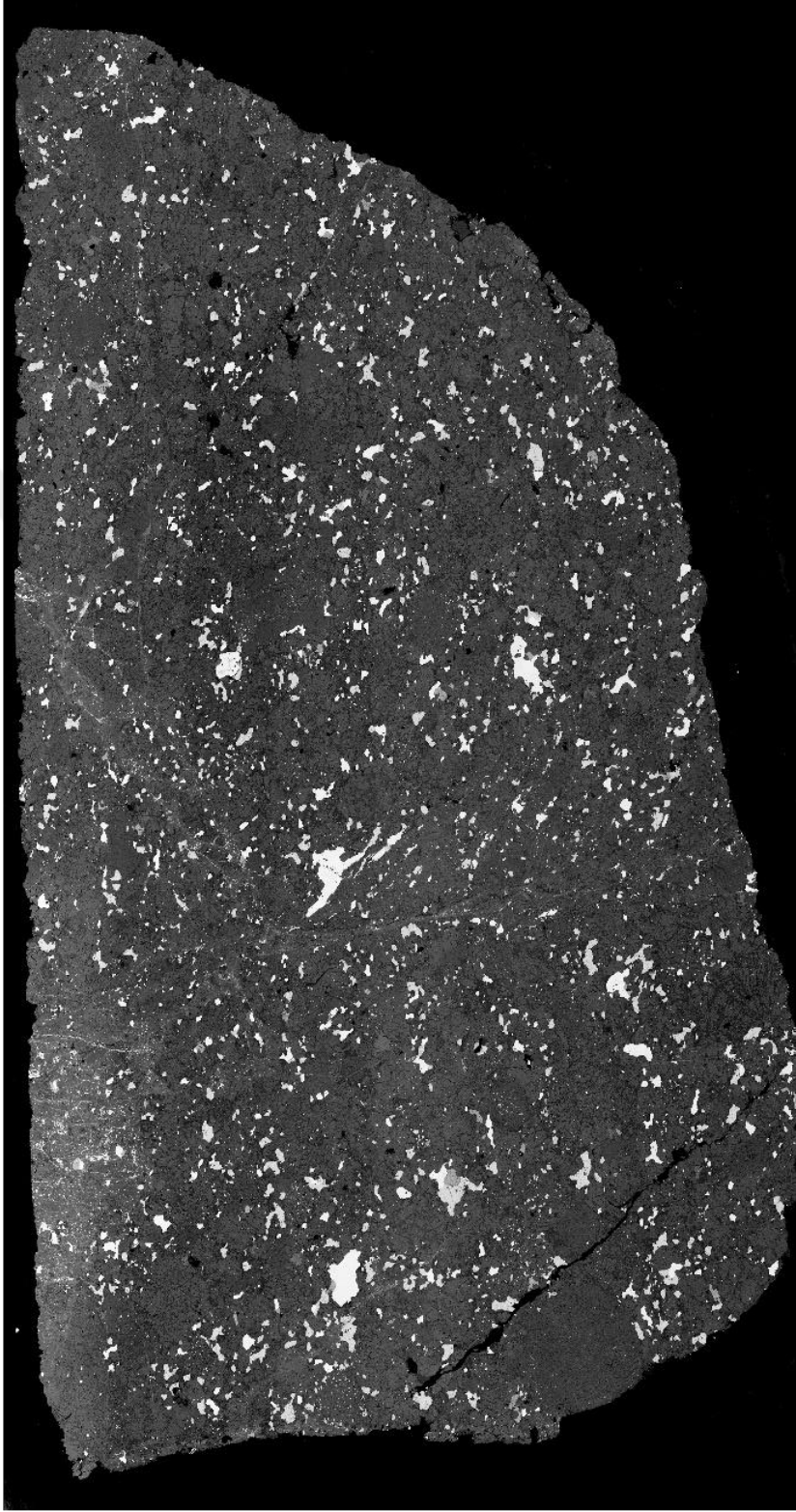
EK-1: Vinales Meteoritinin tek nikolde çekilmiş mozaik fotoğrafı



EK-2: Vinales Meteoritinin çift nikolde çekilmiş mozaik fotoğrafı



EK-3: Vinales Meteoritinin back scatter ile çekilmiş mozaik fotoğrafı



ÖZGEÇMİŞ

MERVE AYCAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018- 2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Antalya
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi
2010-2017	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Mud Logger (Mart 2019 – Eylül 2019)	Geolog International
MPD Field Engineer (Eylül 2019-Eylül 2020)	Turkish Petroleum Offshore Technology Center
Drilling Engineer (Kasım 2020-Şubat 2021)	GPM Project Development

ESERLER

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Serbestoglu, M., Yesiltas, M., & Yalcin, M. G. (2019, July). Mineralogy of Northwest Africa 6963 Determined by Raman Spectroscopy. In *82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society* (Vol. 82, No. 2157, p. 6158).