

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KABULBABA (MUSTAFA KEMALPAŞA-BURSA)
BÖLGESİNDEKİ MERMERLERİN JEOLojİK, MİNERALojİK
VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Ertan ÖZEĞDEMİR

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Oya CENGİZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İSPARTA - 2016**



© 2016 [Ertan ÖZEĞDEMİR]

TEZ ONAYI

Ertan ÖZEĞDEMİR tarafından hazırlanan "**Kabulbaba (Mustafa Kemalpaşa-Bursa) Bölgesindeki Mermerlerin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	Yrd. Doç. Dr. Oya CENGİZ Süleyman Demirel Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Mustafa KUŞCU Süleyman Demirel Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Ahmet YILDIZ Afyon Kocatepe Üniversitesi	

Enstitü Müdürü **Doç. Dr. Yasin TUNCER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ertan ÖZEĞDEMİR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	3
1.2. Konu ve Kapsam	3
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Arazi Çalışmaları	9
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	9
3.3. Büro Çalışmaları	11
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	12
4.1. Çalışma Alanı	12
4.1.1. Coğrafik özellikler	13
4.1.2. Morfoloji	13
4.1.3. İklim ve bitki örtüsü	13
4.1.4. Ekonomik durum	14
4.2. Bölgesel Jeoloji	14
4.3. Stratigrafi	16
4.3.1. Kızıltepe metamorfikleri	18
4.3.2. Karakaya formasyonu	18
4.3.3. İnatlar kireçtaşı	19
4.3.4. Miyosen kırıntılılar	19
4.3.5. Alüvyonlar	20
4.4. Yapısal Jeoloji	20
4.4.1. Faylar	21
4.4.2. Kıvrımlar	21
4.4.3. Uyumsuzluklar	22
4.4.4. Jeolojik evrim	22
4.5. Ekonomik Jeoloji	23
4.6. Çalışma Alanındaki Mermer Yatakları	24
4.7. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler	26
4.7.1. Polarizan mikroskop incelemeleri	26
4.7.2. X-Işını kırınımı analizleri	35
4.7.3. Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri	40
4.8. Çalışma Alanındaki Mermerlerin Jeokimyasal Özellikleri	42
4.8.1. Ana oksitler	42
4.8.2. İz elementler	44
4.8.3. Nadir toprak elementleri	44
4.8.4. Oksijen ve karbon izotop oranları	45
4.9. Çalışma Alanındaki Mermerlerin Ekonomik Durumu	50
5. SONUÇLAR	57
KAYNAKLAR	59
EKLER	63

EK A. Haritalar	63
EK B. Grafik, fotoğraflar ve çizelgeler	64
ÖZGEÇMİŞ	85



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KABULBABA (MUSTAFA KEMALPAŞA-BURSA) BÖLGESİNDEKİ MERMERLERİN JEOLJİK, MİNERALJİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Ertan ÖZEĞDEMİR

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Oya CENGİZ

Üst Jura-Alt Kretase yaşlı mermerler Mustafa Kemalpaşa (Bursa)'nın Kabulpaba ve Söğütalan köyleri arasındaki bir sahada bulunur. Sakarya Kompozit Birliği'ndeki Paleozoyik-Triyas (?) yaşlı Kızıltepe Metamorfik kayalar sahanın temelini oluşturur. Alt Triyas yaşlı kumtaşı, çakıtaşı, çamurtaşı, radyolarit, spilitik bazalt, tuf ve kireçtaşı ardalanmasından meydana gelen Karakaya Grubu bu birliği uyumsuz olarak üzerler. Jura-Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşı bu grubun üzerini uyumsuz olarak örter. En üstte de Miyosen yaşlı kırıntılılar ve Kuvaterner yaşlı alüvyon ve taraça uyumsuz olarak yer alır.

Ekonomik bir öneme sahip olan İnatlar kireçtaşı pek çok özel şirket tarafından işletilmektedir ve ticari olarak koyu-açık ve fosilli bejler, emperador ve rozalya mermer türleri olarak isimlendirilmektedir. Bu kireçtaşı genellikle koyu-açık bej, yersel olarak sarımsı-gridir. O orta katmanlanmalı, yersel olarak karstlaşmış, eklemlenmiş ve kırılmış ve mussel kavkı kırıntılılarına sahiptir. Aynı zamanda, alt seviyelerde fosilli, kumlu ve kil içerikli, orta seviyelerde de çört yumruludur. Mineral birliği; rozalya mermerin kalsitten, fosilli bejler ve emperador türlerinin kalsit ve dolomit minerallerinden meydana geldiğini belirtir.

Farklı lokasyonlardaki ve çeşitli özelliklerdeki 14 adet kireçtaşı mermer numunesi element içeriklerini belirlemek için analiz edilmiştir. Emperador mermerin CaO içeriği (% 36.70) hariç, diğer tiplerin CaO içerikleri % 54-56 arasında değişir ve mineral içeriği saf kalsitten meydana gelmektedir. Düşük CaO içerikli emperador mermerin MgO konsantrasyonu % 16.71, fosilli koyu bej mermerin % 1.30 ve diğer tiplerin MgO içerikleri % 0.32-0.98 arasında değişir. Bu numunelerdeki dolomit mineralinin varlığı emperador mermerin magnezyum bakımından zengin olduğunu gösterir. Fosilli açık ve koyu bejlerin Fe₂O₃ içerikleri % 0.08 ile %0.07 ile çok düşüktür ve diğer tiplerin Fe₂O₃ içerikleri % 0.15-0.20 arasında değişir. SiO₂ içeriği koyu bej mermerin % 1.28'dir ve diğer mermer tiplerinin SiO₂ içerikleri % 0.15-0.84 arasında değişir. Koyu bej mermerin yüksek SiO₂ miktarı olasılıkla kireçtaşıdaki çörtten kaynaklanır. Çalışma sahasında incelenen mermer numunelerinin Sr, Ba, Rb,

Zr, Ni ve U gibi iz elementler ve nadir toprak elementlerinin içerikleri kireçtaşının temel değerleri arasındadır.

Karbon ve oksijen izotop analizlerine göre, kalsit içerikli mermer numunelerinin karbon izotop oranları %0,50 ile %3.08 arasında değişirken, kalsit ve dolomit içerikli mermer numunelerinin karbon izotop oranları %2.50 ve %2.58 olarak ölçülmüştür. Oksijen izotop oranları ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$), sadece kalsit içerikli mermer numunelerinin %25,89 %29,69 arasında değişirken, kalsit ve dolomit içerikli olan mermer numunelerinin %29,15 ve %29,79 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre karbon izotop değerleri sıfıra yakın pozitif değerler gösterdiğinden denizel kireçtaşlarına karşılık gelmekte ve çalışma sahasındaki kireçtaşlarının bileşimindeki karbonun kaynağının standartlardaki denizel kireçtaşlarının bileşimindeki karbonun kaynağı ile uyumlu olduğu belirtilmiştir. Oksijen izotop değerleri de denizel kireçtaşlarının oksijen izotop oranları ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$: %15-32) ile uyumluluk göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bursa, Mustafa Kemalpaşa, kireçtaşı mermer, mineraloji, element içerikleri, izotop oranları.

2016, 86 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

GEOLOGICAL, MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL PROPERTIES OF MARBLES IN KABULBABA (MUSTAFA KEMALPAŞA-BURSA) REGION

Ertan ÖZEĞDEMİR

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Geological Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Oya CENGİZ

The marbles are located in an area between Kabulbaba and Söğütalan villages of Mustafa Kemalpaşa-Bursa. There forms the basis of the Paleozoic-Triassic (?) Kızıltepe Metamorphic rocks in the Sakarya Composite Unite. The Karakaya Group composed of the Lower Triassic sandstone, conglomerate, mudstone, radiolarite, spilitic basalt, tuff, and limestone alternation unconformably overlies the Unite. The Upper Jurassic-Lower Cretaceous İnatlar limestone unconformably covers on this group.

The İnatlar limestone which has an economic significance is operated by many companies and called as commercially dark-light and fossiliferous beiges, emperador and rozalya marble species. It has usually dark-light beige, locally yellowish-gray. It has the middle bedded, locally karstified, jointed and fractured, and mussel shell breaks. Also, there are fossil, sand and clay contents at the lower levels and chert nodules at the medium levels.

The mineral assemblage indicates that the rozalya marble consists of calcite, fossiliferous beiges and emperador types of the calcite and dolomite minerals.

Fourteen limestone marble samples from different locations and macroscopically various properties were analyzed for element contents. Except for the CaO content (36.70 %) of emperador marble, CaO contents of the other types vary between 54-56 % and their mineral content is composed of pure calcite. MgO concentration of emperador marble with low CaO content is 16.71 % and fossiliferous dark beige marble of 1.30 % and MgO contents of the other types vary between 0.32-0.98 %. The presence of dolomite mineral in these samples indicates that emperador marble is rich in magnesium. Fe₂O₃ contents of fossiliferous light and dark beiges are very low of 0.08 to 0.07 % and those of other types vary between 0.15-0.20 %. SiO₂ content is 1.28 % of dark beige marble, and varies between 0.15-0.84 % of other marble types. High SiO₂ amount of dark beige marble results from probably chert in the limestone. Contents of trace and rare earth elements such as Sr, Ba, Rb, Zr, Ni, and U of the investigated samples in the study area are between the background values of limestone. According to the carbon and oxygen isotope analysis, whereas carbon isotope ratios of marble samples containing calcite ranged between 0,50‰

and 3,08‰, those of marble samples including calcite and dolomite vary between 2.50‰ to 2.58‰.

Oxygen isotope ratios ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$) varies between 25.89 ‰ and 29.69 ‰ in marble samples with containing calcite and 29.15 ‰ to 29.79 ‰ for samples in the content of calcite and dolomite. According to the results obtained, because carbon isotope values are close to zero of positive values they respond to marine limestone. That is, carbon source in limestone marble in the study area is compatible with carbon source in composition of marine limestone. Oxygen isotope values are compatible with oxygen isotope ratios of marine limestone ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$: ‰15-32).

Keywords: Bursa, Mustafa Kemalpaşa, limestone marble, mineralogy, element contents, isotope ratios.

2016, 86 pages



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için danışman hocam olarak tez konusunun seçiminden tezin tamamlanmasına kadar her aşamasında beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Oya CENGİZ' e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlık aşamasında fikir, görüş ve tecrübelerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Mustafa KUŞCU' ya, ince kesit incelemelerinde yorumlarıyla ışık tutan Sayın Doç. Dr. Ömer ELİTOK' a, X-ışını kırınımı analizlerindeki tanımlamalarından dolayı Sayın Doç. Dr. Ahmet YILDIZ' a şükranlarımı sunarım.

2735-YL-11 No'lu proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin saha çalışmaları sırasındaki maddi ve manevi desteklerinden dolayı Pamukova Mermer Madenciliği Sanayi ve Ticaret A.Ş. kurucularından merhum Jeoloji Mühendisi Kazım GÜZELSOY ve elemanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca, tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ertan ÖZEĞDEMİR
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Çalışma alanını gösteren yer bulduru haritası.....	12
Şekil 4.2. Çalışma sahasını gösteren bölgesel jeoloji haritası.....	15
Şekil 4.3. Çalışma sahasına ait stratigrafik sütun kesit	17
Şekil 4.4. Silisli bej türü mermerin Pamukova Ocağındaki genel görünümü	25
Şekil 4.5. Fosilli bej türü mermerin Kemalpaşa Ocağındaki genel görünümü	25
Şekil 4.6. Rozalya tipi mermerin Akar Ocağındaki saha görünümleri.	26
Şekil 4.7. Emperador tipi mermerin Pamukova Ocağındaki genel görünümleri	26
Şekil 4.8. Mikritik kireçtaşı içerisindeki pelletler (pel) ve kırıklardaki sparkalsit (spkal) damarları (Rozalya; Akar Ocağı, 4x10ÇN).....	27
Şekil 4.9. Mikritik kireçtaşındaki pelletlerin yakın görünümü (Rozalya; Akar Ocağı, 4x10ÇN).....	27
Şekil 4.10. Mikritik kireçtaşı içindeki kırıklara yerleşen sparkalsit damarlardaki kalsit (ka) ve dolomit (dol) (Koyu bej; Birikim Ocağı, 4x10ÇN).....	28
Şekil 4.11. Mikritik kireçtaşı içerisindeki öz şekilli yarı öz şekilli dolomit (dol) kristalleri (Emperador; Birikim Ocağı, 4x10ÇN)	28
Şekil 4.12. Mikritik kireçtaşı içinde breşik yapılu kalsitler (brkal) ve öz şekilli-yarı öz şekilli dolomit (dol) (Emperador; Birikim Ocağı, 4x10ÇN).....	29
Şekil 4.13. Mikritik kireçtaşı numunesindeki öz şekilli dolomit (dol) (Emperador; Pamukova Ocağı, 10x10ÇN)	29
Şekil 4.14. Mikritik kireçtaşı içerisinde ağsal spar kalsit ve fosil (Silisli açık bej; Yeditepe Ocağı, 4x10TN)	30
Şekil 4.15. Mikritik kireçtaşı içerisinde ağsal spar kalsit, fosil kavkısı ve yer yer silisli ağsal damarlar (Silisli açık bej; Yeditepe Ocağı, 4x10ÇN).....	30
Şekil 4.16. Mikritik kireçtaşındaki spar kalsit (spkal) ve silisleşme (Si) (Silisli açık bej; Yeditepe Ocağı, 4x10ÇN)	31
Şekil 4.17. Mikritik kireçtaşındaki spar kalsit (spkal) damarı, silisleşme (Si) ve zonlu dolomit (dol) (Silisli açık bej; Yeditepe Ocağı, 4x10ÇN).....	31
Şekil 4.18. Mikritik kireçtaşı içinde farklı kalınlıklardaki kalsit ve silis damarları (Silisli koyu bej; Tunç Ocağı, 4x10TN)	32
Şekil 4.19. Sparitik dokulu, yer yer fosil kavkılı kireçtaşı (Fosilli açık bej; Aksoylar Ocağı, 4x10ÇN).....	32
Şekil 4.20. Spar kalsit dokulu ve bol fosil kavkılı (Fosilli açık bej; Aksoylar Ocağı, 4 x 10ÇN)	33
Şekil 4.21. Mikritik kireçtaşı içerisindeki fosil kavkıları (Fosilli açık bej; Aksoylar Ocağı, 4x10ÇN).....	33
Şekil 4.22. Mikritik kireçtaşı içerisinde yer alan fosil kavkıları ve spar kalsit dolguları (Fosilli açık bej; Aksoylar Ocağı, 4x10ÇN)	34
Şekil 4.23. Fosilli koyu bej mermerin kırık ve çatlaklardaki opak (op) mineraller (Birikim Ocağı, 4x10ÇN).....	34
Şekil 4.24. Rozalya türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (AK-1: Aktaş Mermer).....	35
Şekil 4.25. Rozalya türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (AK-2: Aktaş Mermer).....	36

Şekil 4.26. Rozalya türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (KP-1: Kemalpaşa Mermer)	36
Şekil 4.27. Emperador türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (PA-2: Pamukova Mermer)	37
Şekil 4.28. Emperador türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (Bİ-1: Birikim Mermer)	37
Şekil 4.29. Silisli koyu bej türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (YE-3B: Yeditepe Mermer)	38
Şekil 4.30. Silisli koyu bej türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (TC-1: Tunç Mermer)	38
Şekil 4.31. Fosilli açık bej türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (AK-3: Aksoylar Mermer)	39
Şekil 4.32. Fosilli bej türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (PA-3: Pamukova Mermer)	39
Şekil 4.33. Mermerin elektron mikroskop görüntüleri. a. Fosilli açık bej (Aksoylar Ocağı, AK-3), b. Silisli koyu bej (Pamukova Ocağı, PA-1), c. Emperador (Pamukova Ocağı, PA-2), d. Rozalya (Akar Ocağı, AK-2)	41
Şekil 4.34. Çalışılan kireçtaşı mermerlerin kondrit normalize iz ve NTE element eğrileri	45
Şekil 4.35. PDB standardına göre yerküredeki bazı karbon rezervuarlarının $\delta^{13}\text{C}$ aralığı	47
Şekil 4.36. Doğal oksijen izotop rezervuarları	48
Şekil 4.37. Farklı çevrelerdeki karbonat bileşimlerini gösteren $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ grafiği.	50
Şekil 4.38. (a) Yeditepe Mermer ocağında gözlenen patates tipi ve tel kesme ile blok alma yönteminin beraber görünümü, (b) Yeditepe Mermer ocağında yapılan patates tipi işletmenin genel görünümü	52
Şekil 4.39. Sahadaki işletmelerde mermer ocaklarının genel görünümü. a) Akar Mermer Ocağı, b) Akmer Mermer Ocağı, c) Yüce Mermer Ocağı	53
Şekil 4.40. Sahadaki işletmelerde mermer ocaklarının genel görünümü. a) Birikim Mermer Ocağı, b) Tunç Mermer Ocağı	54
Şekil 4.41. Pamukova Mermer Ocağına ait görüntüler (a ve b)	55
Şekil A.1. Çalışma alanının jeoloji haritası ve mermer ocakları	63
Şekil B.1. Çalışma sahasındaki fosilli bej tipi mermer numunelerinin SEM-EDX görüntüleri ve analiz sonuçları	67
Şekil B.2. Çalışma sahasındaki silisli bej tipi mermer numunelerinin SEM-EDX görüntüleri ve analiz sonuçları	73
Şekil B.3. Çalışma sahasındaki emperador mermer numunelerinin SEM - EDX görüntüleri ve analiz sonuçları	78
Şekil B.4. Çalışma sahasındaki rozalya tipi mermer numunelerinin SEM - EDX görüntüleri ve analiz sonuçları	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Çalışma sahasındaki kireçtaşı mermerlerinin XRD analiz sonuçları...	35
Çizelge 4.2. Çalışma sahasındaki mermer numunelerinin SEM-EDX üzerinde ölçülen major oksit analiz sonuçları (%)	42
Çizelge 4.3. Çalışma sahasındaki kireçtaşı mermerlerin anaoksit (%) iz ve nadir toprak element (ppm) içerikleri	43
Çizelge 4.4. Çalışma sahasındaki mermerlerin oksijen ve karbon izotop oranları ..	46
Çizelge 4.5. Çalışma sahasındaki farklı tür mermerlerin fiziko-mekanik deney sonuçları ve TS 2513 (doğal yapıtaşı için) ve TS 1910 (kaplama taşı için) standartları ile karşılaştırılması	56
Çizelge B.1. Çalışma sahasındaki ocakların genel özellikleri	83



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AK-1	Aktaş Mermer Ocağı
AK-2	Akar Mermer Ocağı
AK-3	Aksoylar Mermer Ocağı
Bi-1	Birikim Mermer Ocağı
CF-IRMS	Continuous Flow-Isotope Ratio Mass Spectrometry
ÇN	Çift Nikol
ICP-MS	İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
KP-1	Kemalpaşa Mermer Ocağı
Kv	Kilovolt
m ³	Metreküp
IA-R022	İso-Analitik çalışma standardı kalsiyum karbonat
JKi	İnatlar Kireçtaşı (Jura-Alt Kretase)
NBS	National Burueau Of Standart
NTE	Nadir Toprak Elementi
PA	Pamukova Mermer Ocağı
PDB	Pee Dee Formation Belemnite
Pk	Paleozoyik – Kızıltepe Metamorfikleri
ppm	Parts Per Million
SEM (EDX)	Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Dispersive X-Ray
SMOW	Standart Mean Ocean Water
Qalt	Alüvyon Taraça (Kuvaterner)
TC	Tunç Mermer Ocağı
TUAM	Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezi
Trka	Karakaya Grubu – (Triyas)
TS	Türk Standartları
YÜ	Yüce Mermer Ocağı
YE	Yeditepe Mermer Ocağı
XRD	X- Işını Kırınımı
%	Yüzde
‰	Binde
δ	Del Değeri
µm	Mikrometre

1. GİRİŞ

Ülkelerin kalkınmalarında ve geleceklerine yön vermede zengin hammadde kaynaklarına sahip olmanın önemi bilinen bir gerçektir. Bugün dünyada uygulanan ekonomik sistemlerin tümünde benimsenen ortak görüş, hammadde girdisinin üretim unsurları içindeki önemi ve vazgeçilmezliğidir. Buna bağlı olarak yer altı kaynakları bakımından zengin olan ülkeler, kalkınmalarını büyük oranda tamamlamış ülkelerdir.

Tanımı ve Özellikleri: Mermerin bilimsel ve endüstriyel olmak üzere iki tanımı yapılmaktadır. Bilimsel olarak, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşının metamorfizmaya uğraması sonucu kristallerin yeniden oluşmasıyla meydana gelen kayalara mermer (gerçek mermer) denir. Endüstriyel anlamda ise kolayca cilâlanan ve kolayca parlayan taşlara **mermer** denilmektedir. Özellikle endüstriyel anlamda mermerin yerine doğal taş terimi de kullanılmaktadır. Ticari tanımlama içinde hakiki mermerin yanında, iyi parlatılabilen kireçtaşı, traverten, serpantin, oniks, dolomit, granit, diyabaz, bazalt, arduvaz, kumtaşı, tektonik breş ve konglomera da yer almaktadır.

Hakiki (kristalin) mermerler, dünya üzerinde ağırlıklı olarak Alp Kuşağı, Ege Adaları, Anadolu Yarımadası, İran, Pakistan ve Hindistan'dan Çin'e kadar uzanan alanda bulunmaktadır. Ayrıca, metamorfik masifler içerisinde yer alan bu mermerler Hersiniyen Orojenik Kuşağındaki eski kristalin masiflerin (Kanada, İsveç, Anadolu, Urallar-Sibirya, Güney Afrika, Güney Amerika ve Avustralya) bulunduğu yerlerde görülmektedir. Ülkemizde ise, Balıkesir-Marmara Adası, Afyon-İscehisar, Kütahya, Uşak, Denizli, Muğla, Aydın, Gaziantep ve Hatay yöresi mermerleri gerçek mermerler gurubuna en iyi örneklerdendir.

Mermerlerde en önemli özellikler; renk, desen, doku, sertlik, parlatma, cilaya karşı duyarlılık ve blok elde edebilme oranıdır. Mermerler geniş bir renk aralığı göstermektedirler. Saf mermer parlak beyaz renkte olup, kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonattan oluşmaktadır. Gri ve siyah renk grafit ve diğer karbonlu bileşiklerden, yeşil renk klorit ve diğer silikat minerallerinden, pembe ve kırmızı renkler hematit ve mangan bileşiklerinden, sarı ve krem tonları limonitten ileri gelmektedir. Mermerlerin rengi bütün yatakta monoton ve aynı tonda dağılmış

olabileceği gibi benekli veya damarlı halde de olabilmektedir. Kullanım alanlarına göre desenli veya tekdüze renkli mermerlerde tercih edilmektedir. Özellikle simetrik görünümlü desenler oluşturan, düzenli, ince damarlı ve boyuna kesilmiş ağaç gövdesine benzeyen mermerler daha pahalıdır. Renkteki homojenlik aranılan önemli bir özelliktir (Kuşçu, 2008).

Tarihçesi: Ülkemizde mermerin tarihçesi oldukça eskiye dayanmaktadır. Efes kazılarında M.S. 2. yüzyılda doğal taş tarihinde blok kesiminde kullanılan ilk lamalı katarak bulunmuştur. Yine Selçuk (İzmir) yakınlarında antik ocaklarda tel kesmenin ilk prototipinin izine rastlanılmıştır. Bu bulgular, bize Türkiye topraklarında yaklaşık 2000 yıldır doğal taş işletme teknolojisinin dolayısıyla mermerciliğin varlığını ispatlamaktadır. Antik çağlardan bu yana ülkemizde mermer çıkartılıp kullanılmıştır. Yapılan araştırmalarda mermer kelimesi Marmara Adası ile ilişkilendirilmiştir. Bu da Marmara Adasının eski çağlarda da mermercilik bakımından önemli olduğunu göstermektedir. Marmara Adası ve Afyon-İscehisar Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde bütün Akdeniz ülkelerine mermer ihraç eden önemli merkezler konumundaydı. Anadolu'da mermerin kullanımının yaygın olduğu tarihî eserlerden anlaşılmaktadır. Urartularla başlayan taş işleme tekniği bütün medeniyetler boyunca devam etmiş ve her medeniyet mermer ve diğer doğal taşları şehir, tiyatro, yol, hamam, kütüphane, ibadethane, çeşme, kervansaray vb. yapılarda kullanmıştır (Kuşçu, 2008).

Bir ülkenin yer altı zenginliği her şeyden önce, o ülkenin jeolojik yapısına ve jeolojik evrimine bağlıdır. Ülkemiz maden yatakları sayısı, çeşitlilik ve rezerv yönünden değerlendirildiğinde hiç de küçümsenmeyecek bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Doğal taşların yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanılmaya başlanması dünya doğal taş üretimini artırmıştır. Üretimdeki artışa paralel olarak kullanılan teknolojide gün geçtikçe gelişmektedir. Doğal taştan yapılan inşaat malzemelerinin mimar ve dekoratörler tarafından daha fazla tercih edilmesi ve fiyatların diğer malzemelere göre ucuz olması, dünyadaki doğal taş tüketimini artırmaktadır. Ülkemizde de bu tüketim gün geçtikçe artmaktadır. Tüketimin artmasına paralel olarak yeni mermer yataklarının keşfedilerek işletilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler eşliğinde yeryüzündeki her mermer ocağı, jeolojik ve

ekonomik bakımdan oldukça önemli bir konumdadır. Dolayısıyla, mermer rezervi olmasından şüphe duyulan her bölge özenle incelenmeli, her türlü jeolojik işaret dikkatlice ele alınmalıdır. Bu kadar önemli olan bir doğal taşın (mermer) dünya rezervinin büyük kısmının ülkemizde olması, gerek doğrudan ekonomiye gerekse istihdama katkı yaparak ülke sorunlarının başında gelen işsizlik sorununu en alt seviyelere çekmekte çok değerli bir fırsattır (Kuşçu, 2008).

1.1. Amaç

Bu çalışmanın amacı, incelenen sahada yayılım sunan ve mermer olarak ekonomik öneme sahip olan İnatlar kireçtaşlarının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini belirlemektir. Bu kapsamda, mermerin sahadaki stratigrafik konumu, yayılımı, rezervi ve blok özellikleri gibi ocak gözlemleri yapılmıştır. Bunun yanı sıra, sahanın farklı kısımlarından makroskobik olarak değişik özelliklere ve farklı ticari isme sahip olan mermer numuneleri alınmıştır. Alınan numunelerin mineral kapsamı, ana, iz ve nadir toprak element içerikleri ve oksijen ve karbon izotop oranları belirlenmiştir.

1.2. Konu ve Kapsam

Tez kapsamında incelenen mermer oluşumlarının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulmasını amaçlayan bu çalışmada, mermer yataklarının yayılımı ve rezervi, kullanım özellikleri gibi ekonomik durumu da araştırılmıştır. Bu kapsamda;

- a) Mermer olarak işletilen İnatlar kireçtaşının sahadada bulunduğu alanlar belirlenmiş,
- b) Kireçtaşının stratigrafik serideki yeri ve yapısal özellikleri ortaya konmuş,
- c) Farklı ticari isimlere sahip mermerlerin mineralojik özellikleri ve element içerikleri tespit edilmiş,
- d) Seçilmiş bazı numunelerin oksijen ve karbon izotop oranları belirlenmiş,
- e) Kireçtaşının ekonomik özellikleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Araştırma sahası içerisinde ve yakın çevresinde çok sayıda mermer ocağı olmasına karşın mermere yönelik bilimsel bir literatüre rastlanılmamıştır. Bu bölümde sunulan çalışmalar ise bölge hakkında detaydan yoksun ve dolaylı bilgileri içermektedir.

Aygen (1956), Balya bölgesinin ve yakın çevresinin jeolojisini genel hatlarıyla ele almış ve çalışmanın hazırlandığı yıllarda kullanılan teknikleri ve bölgenin jeolojik durumunu ortaya koymuştur.

Bingöl vd. (1968, 1971, 1974), Kazdağ ve yakın çevresinin jeolojik evrimini, metamorfizma derecesini inceleyerek, elde ettiği verileri haritalarla ve çeşitli verilerle sunmuştur. Ayrıca, yine söz konusu bölge hakkında fiziksel yaş tayini çalışmaları ve denemelerinde bulunan araştırmacılar, bazı ilk yaş tayini metotlarını bölgede denemiştir. Yaptığı tüm çalışmalarında petrografi, metamorfizma ve yaş tayinini birer kriter olarak alan araştırmacılar, tüm çalışmalarında sonuçlarını net bir biçimde ifade etmiştir.

Yalçinkaya ve Avşar (1980), Menderes Masifi kuzeyi ile Biga yarımadası arasında kalan sahanın, stratigrafik ve yapısal sorunlarının çözümüne yaklaşım sağlamak amacıyla Mustafakemalpaşa-Bursa-Orhaneli-Susurluk arasında çalışmışlardır. Bölgede, kuşku olarak temeli oluşturduğu düşünülen Üst Paleozoyik?-Mesozoyik? (Triyas) yaşlı ve birbirleri ile büyük ayrılıklar göstermeyen iki ayrı metamorfik seri ve bunlarla doğrudan ilişkili yer yer mermerleşmiş kristalize kireçtaşlarının varlığını belirtirler. Her iki metamorfik serinin ilksel kökenini killi ve pelitik sedimentler oluşturmuştur. Ancak korelasyon sonucu üstte varsayılan metamorfik seri, içerisinde bazik katkılarda bulundurmaktadır. Her iki seride, Triyas ve sonrasında bölgesel termo-dinamo metamorfizma koşullarından Tersiyer başında ise kontakt metamorfizma koşullarından etkilenmiştir. Metamorfik seriler üzerine kuşku bir uyumsuzlukla Triyas (yer yer derin deniz özellikleri gösteren sığ deniz çökelleri ve bunlarla yanal düşey geçişli bazik volkanikler) gelir ki, bu karmaşık seri olistostromal fasiyes özellikleri taşır ve bol miktarda Permiyen ve Karbonifer yaşlı kireçtaşı blokları içerir. Liyasın gözlenemediği bölgede, Orta-Üst Jura-Alt

Kretase'nin tüm katkılarını bulunduracak şekilde, açısız bir uyumsuzlukla Triyas üzerine kırıntılılarla gelir ve kireçtaşları ile devam eder.

Kaya vd. (1989), Kuzeybatı Anadolu'nun güneyi ve Batı Anadolu'nun kuzey bölümü arasının jeolojik harita ve genelleştirilmiş stratigrafik kesitini hazırlayarak incelemiş ve buradaki kayaların ultramafik kayalar, orta dereceli amfibolit bantlı gnays, düşük dereceli metamorfik kaya, Jura öncesi bloklu tortul kayalardan oluştuğunu bildirmiştir.

Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu (2001)'nda Dünya ve Türkiye'deki doğal taşların rezervi, üretimi, tüketimi ve ticareti ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Doğal taş sektörünün temel sorunları ve çözüm önerilerine de yer verilen bu kitapta doğal taşların jeolojisi adına çok fazla bilgi verilmemiş olsa da mermer rezervlerinin ülkemizdeki dağılımının verilmiş olması dikkatlerden kaçmamaktadır.

Göncüoğlu vd. (2004), "KB Anadolu'daki Karakaya karmaşığının kırıntılı istifler içerisindeki Üst Permian radyolaryalı çörtler" başlıklı çalışmada KB-Anadolu'daki (Güney Geyve) Karakaya Karmaşığı içerisindeki olistostromlar ile arkozik kumtaşları radyolaryalı ince katmanlı yeşil çört içerdiğini belirtmişlerdir. Albaillelids bileşimine dayanarak radyolaryalı birliğin Neoalbaillella ornithiformis birliğine tekabül ettiğini ve yaşının Changxingian (Geç Permian) olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlara göre bu Karakaya birlikleri içerisindeki sinsedimenter radyolaryalı çörtlerin ilk bulgusudur ve Midian karbonat platformu içerisindeki ve onun Sakarya Komposit Zonundaki Permian öncesi temelinde yer alan Karakaya havzasının en son Permian riftleşmesinin göstergesidir.

Okay ve Altınar (2002), KB Türkiye'deki Karakaya Karmaşığının Nilüfer Birliği ve Hodul Birliği olmak üzere iki önemli tektonostratigrafik birliğini açıklamıştır. Nilüfer birliği; metabasit, fillit ve mermer içeren alt metamorfik seriyi oluşturur. Hodul birliği; Permian ve Karbonifer kireçtaşı blokları kapsayan üst kırıntılı seriyi meydana getirir. KB Türkiye'deki Hodul Birliği Permian ve üstte doğru Karbonifer kireçtaşı bloklu grovak ve silttaşına geçen arkozik kumtaşlarından oluşur. Kumtaşlarındaki nadir bir makrofauna da Hodul Birliği için Noriyen yaşını belirtir.

Araştırmacılar Balıkesir güneybatısındaki Hodul Birliğini Kaşal Kireçtaşı yesi olarak isimlendirmişler ve onların Noriyen-Resiyen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, kireçtaşındaki çeşitli bir mikrofauna da Noriyen-Resiyen yaşını verir. Yapılan radyometrik yaş tayinleri de 210 ile 202 Ma arasındaki Resiyen-Hettanjien yaşını vermiştir. Bu yaş aralığı, Nilüfer Birliğindeki (215 ile 205 Ma) bölgesel metamorfizma izotop yaşına benzemektedir. Bu yaş Geç Triyas-Erken Jura'daki kısa aralığın üzerinde meydana gelen Kimmeriden deformasyonunu işaret etmektedir.

Okay ve Göncüoğlu (2004), Pontidlerdeki Karakaya Karmaşığının Permiyen ve Triyas yaşlı yüksek derecede deformasyona uğramış ve kısmen metamorfizma olmuş kırıntılı ve volkanik serilerden meydana gelir. O genellikle iki kısımda incelenir. Alt Karakaya Karmaşığı olarak adlandırılan yapısal olarak alt kısım Alt Paleozoik ya da Triyas boyunca yeşilışt ve maviışt fasiyeslerinde metamorfizma geçiren mafik lav-piroklastik-şeyl-kireçtaşı serisinden oluşur. Yapısal olarak üst kısım yüksek derecede deforme olmuş Permiyen ve Triyas kırıntılı, volkanoklastik ve ekzotik kireçtaşı bloklu volkanik kayalardan meydana gelmektedir. Karakaya Karmaşığının kelme ortamı ve tektonik gelişimi için şuanda iki farklı model mevcuttur. Rift modeline göre okyanus havza kenarı içerisinde gelişen ve geç Triyasta kapanan Karakaya Karmaşığının Geç Permiyen riftinde oluştuğu varsayılır. Dalma batma-eklenme modeli Karakaya Karmaşığını Paleo-Tetisin dalma batma-eklenme birlikleri olarak ilişkilendirir.

Selim vd. (2006), Güney Marmara bölümünün neotektoniğini genelleştirilmiş stratigrafik kesit hazırlayarak incelemiştir. Bölgenin temel birimlerini Prekambriyen–Paleozoik yaşlı Uludağ Masifi ve Permo–Trijas yaşlı Karakaya Formasyonu olduğunu belirlemiştir. İncelenen alanın alalım alanları, havzalar ve yükselim alanlarının neotektonik dönemde meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Uaklı (2006), Bursa ili, Mustafakemalpaşa ilçesi Sincansarnı köyü dolaylarında yapmış olduğu jeolojik çalışmalarda Mesozoyik yaşlı formasyonların birbiriyle olan ilişkilerini ve stratigrafisini ayrıntılı olarak incelemiştir. Bölgenin 1/10.000 lekli jeoloji haritasını hazırlamış ve genelleştirilmiş enine kesitte formasyonları belirtmiştir.

Yılmaz ve Koral (2007), Bursa iline bağılı Yenişehir havzası batısındaki Seymen köyü ve Ebeköyünü kapsayan alanın jeolojisi ve neotektonik özelliklerini, bölgenin jeolojik haritasını ve genelleştirilmiş enine kesitini hazırlayarak büyük bir detayla incelemiştir. Temel birimi Orta-Geç Miyosen yaşlı Gemiciköy formasyonu olarak tespit etmiş, üzerine Pliyosen yaşlı Alaylı formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyon çökellerinin uyumsuz olarak çökeldiğini belirtmiştir.

Kuşçu (2008), Endüstriyel kayaç ve minerallerin özelliklerinin ortaya konulduğu kitabında endüstriyel kayaçları sınıflandırmış ve mermeri her yönüyle işlemiştir. Mermerin kullanımı, özellikleri, blok ebatları, köken ve yapısal özellikleri, mermer yatağının aranması ve değerlendirilmesi, Türkiye mermer yataklarından üretimi yapılan mermerlerin fiziksel ve jeolojik özelliklerini detaylı olarak sunmuştur.

Uz ve Bacak (2008), Bilecik-Vezirhan dolaylarında yapmış olduğu jeolojik çalışmalarda Jura-Kretase yaşlı Bilecik kireçtaşının, diğer formasyonlarla ilişkilerini ve stratigrafisini incelemiştir. Bölgenin jeoloji hartasını ve enine kesitini hazırlamış ve formasyonları tanımlamıştır.

Işık vd. (2012), Kabulbaba ve Söğütalan (Mustafa Kemalpaşa-Bursa) mevkiileri arasında yer alan, kireçtaşlarının saha jeolojisi özelliklerini incelemişlerdir. Ayrıca, bazı lokasyonlardaki mermerlerden numune alarak teknolojik analizlerini yapmış ve kullanım alanlarını tespit etmişlerdir. Bu kireçtaşlarının sahada genellikle koyu-açık bej, yersel sarımsı-grimsi, orta katmanlı, yer yer karstik, kırıklı ve çatlaklı, midye kabuğu kırılmalı, alt seviyeleri fosilli, kumlu, killi, orta seviyeleri çört yumrulu olduğunu gözlemlemişlerdir. Pek çok firma tarafından işletilen bu mermerlerin, ticari olarak koyu-açık ve fosilli bej, imparator ve rozalya türleri ile isimlendirildiğini belirtmişlerdir. Yazarlar, yaptıkları fiziksel ve mekanik deney sonuçlarına göre, koyu bejin Böhme yüzeysel aşınma ve eğilme dayanımı, birim hacim ağırlık ve ağırlıkça su emme deney sonuçlarının TS2513 ve TS1910 standartlarına uygun olduğunu, sadece tek eksenli basınç dayanımının ($463,56 \text{ kg/cm}^2$) standartların altında olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, en yaygın tür açık bejin deney sonuçlarının, diğeri gibi standartlara uygun, imparator türünün eğilme ve tek eksenli basınç dayanımının, birim hacim ağırlık değerleri ile her iki standart için de uygun, sadece

Böhme yüzeysel aşınma dayanımının ($15,81\text{cm}^3/50\text{cm}^2$) ve ağırlıkça su emmenin (%1,70) standartların dışında olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar sonuçların, yine de mermerlerin yapıtaşı ve kaplama taşı için uygun olduğunu vurgulamışlardır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez araştırması; saha incelemeleri, laboratuvar analizleri ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1. Arazi Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında yapılan saha incelemeleri esnasında temel topografik haritalar ile pusula, GPS, jeolog çekici, fotoğraf makinesi, şeritmetre ve numune torbaları kullanılmıştır. Mermer Ocaklarının içinde bulunduğu sahanın mevcut 1/25 000 ölçekli jeolojik haritası yeniden gözden geçirilerek, işletilen ve işletilmeyen mermer yataklarının lokasyonları haritaya işaretlenmiştir. Önceki çalışmalarda var olan stratigrafik sütun kesitin üzerine mermerin sahadaki konumu yerleştirilmiş ve litolojik birimlerin dokanak ilişkileri gözden geçirilmiştir.

Sahadaki mermer ocaklarının koordinatları GPS ölçümü ile haritaya işlenmiş ve ocakların maden jeolojisi incelemeleri yapılarak fotoğraflanmıştır. Sahadaki mermer ocaklarından farklı amaçlar için farklı türlerde numune alımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, mermer ocaklarının sahipleri ya da yetkili mühendislerle görüşülerek mermercilik sektörü ve ocakların ekonomik özellikleri ile ilgili bilgiler edinilmiştir.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Mermer ocaklarından alınan farklı türdeki (koyu bej-açık bej-fosilli bej-rozalya ve emperador) 20 adet mermer numunesinin SDÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarında ince kesitleri hazırlanmıştır. Mineral tanımlamaları ve fotoğrafları Jeotermal Enerji, Yer altı Suyu ve Mineral Kaynakları AUM' de nikon optiphol-POL polarizan mikroskobunda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sahasından alınan numunelerin mineralojisini belirlemek için seçilen 9 adet mermer numunesi üzerinde Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezi (TUAM) laboratuvarlarında X-ışını kırınımı (XRD) analizi yapılmıştır. Numuneler, Philips X PERT PRO MPD ve Perkin Elmer-Termo-

gravimetrik / Diferansiyel Termal Analiz cihazlarında analize tabi tutulmuştur. Cu X- isin tüplü Bruker D8 Advence XRD analiz cihazı ile 2-70° arasında gerçekleştirilmiştir.

Aynı merkez laboratuvarında (TUAM) Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi 7 adet mermer numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. SEM incelemeleri, 250-300 A° da ince altın filmle kaplaması yapılan 9 adet örneğin, TUAM' daki LEO VP-1431 model taramalı elektron mikroskobunda tanımlamaları yapılmıştır.

Çalışma alanındaki mermer ocaklarından alınan mermer numuneleri, laboratuvarında 80 mesh boyutunda öğütülmüş ve numunelerin jeokimyasal özelliklerini ortaya koyabilmek için ana oksitlerin (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, MnO, Na₂O, K₂O, TiO₂ ve P₂O₅), iz elementlerin (Ba, Sr, Rb, Th, U, V, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Co, Ga, Ni, As, Cd ve Sb) ve nadir toprak elementlerin (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu) içerikleri belirlenmiştir. Bunlar, ACME Laboratuvarında (Kanada), Inductively Coupled Plasma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) yöntemi ile analiz edilmiştir.

Ayrıca, seçilen temiz ve saf mermer numuneleri üzerinde mermeri oluşturan çözeltilerin kökenini belirlemek için oksijen (¹⁸O/¹⁶O) ve karbon (¹²C/¹³C) izotop analizleri, IsoAnalytical Limited-İngiltere laboratuvarında devamlı akışlı izotop oranı kütle spektrometresinde (Continuous Flow-Isotope Ratio Mass Spectrometry, CF-IRMS) yapılmıştır. Numuneler temiz Exetainer™ tüplerde tartılmış ve tüplerin nemini yok etmek için 24 saat için bir kurutma fırını içine yerleştirilmiştir. Numuneler kurutulduğunda septum kapaklar tüplere monte edilmiştir. Daha sonra tüpler %99.995 helyum ile yıkanmıştır. Numunelerin analizi için aşağıdaki prosedürler kullanılmıştır.

Numunelerin kalsit olarak belirtildiği durumlarda, asit numunelere ilave edilmiş ve kalsitin CO₂ e tam dönüşümünü sağlamak için numunelerin asit içerisinde gece boyunca reaksiyona girmesine izin verilmiştir. Numunelerin dolomit içerikli olduğu belirtildiğinde, asit numunelere ilave edilmiş ve dolomitin CO₂ e tam dönüşümünü

sağlamak için numuneler 3 saat 90°C ye kadar ısıtılmıştır gece boyunca da numunelerin asitte reaksiyona girmesine izin verilmiştir.

Numunelerden serbest kalan CO₂ gazı, daha sonra sürekli akışlı izotop oranı kütle spektrometresi (CF-IRMS) ile analiz edilmiştir. CO₂, çift delikli iğne kullanılarak sürekli akışlı He akımı içerisindeki Exetainer™ tüplerinden numune haline getirilmiştir. CO₂ dolgulu kolon gaz kromatografisinde çözülmüş ve sonuçta elde edilen kromatografik pik onun iyonize olduğu ve hızlandırıldığı Avrupa Bilimsel 20-20 IRMS iyon kaynağına doğru taşınmıştır. Farklı kütle gaz türleri manyetik bir alan içinde ayrılmış, daha sonra eş zamanlı olarak m/z 44, 45 ve 46' da CO₂ isotopomerslerini belirlemek için bir Faraday kap kolektör serisi kullanımı ile ölçülmüştür. Sindirim için kullanılan fosforik asit Coplen vd. (1983) ile uygun olarak izotopik analiz için hazırlanmıştır ve cam şişelere septum içinden enjekte edilmiştir.

Referans standartlar ve kalite kontrol olarak numunelerin analizi sırasında kullanılan referans malzeme IA-R022 (İso-Analitik çalışma standardı kalsiyum karbonat, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = -28.63 \text{ ‰}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}} = -22,69 \text{ ‰}$)'dir. IA-R022, NBS-18 (karbonatit, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = -5,01 \text{ ‰}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}} = -23,2 \text{ ‰}$) ve NBS-19 (kireçtaşı, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = 1,95 \text{ ‰}$ ve $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}} = - 2.2 \text{ ‰}$) numunelerin analizi sırasında kalite kontrolü numuneleri olarak çalıştırılmıştır. NBS-18 ve NBS-19 Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından dağıtılan laboratuvarlar arası karşılaştırma standardıdır. IA-R022 karşısında kalibredir ve NBS-18 ve NBS-19 ile izlenebilir olmuştur.

3.3. Büro Çalışmaları

Sahadan ve laboratuardan elde edilen bütün veriler, harita, çizelge ve grafiklere yerleştirilerek çalışma sahasındaki mermer oluşumlarının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ve ekonomik durumu yorumlanarak yüksek lisans tez raporu haline getirilmiştir.

4.1.1. Coğrafi özellikler

Çalışma alanı, İzmir-Bursa karayolu üzerinde olan Mustafa Kemalpaşa'ya bağlı Kabulbaba ve Söğütalan köyleri arasındadır. Mustafa Kemalpaşa, İzmir'den 270 km ve Bursa'dan ise, 65 km uzaklıktadır. Genellikle yollar asfalt özelliktedir. Çalışma alanından daha küçük yerleşim yerlerine ulaşımı ise; stabilizeyol niteliğindeki yollar ile sağlanabilmektedir. İnceleme sahasında bulunan mermer ocaklarına ulaşım, Mustafa Kemalpaşa ilçesi Kabulbaba köyü arasındaki gidiş-geliş şeklindeki stabilizeyoldan sorunsuz olarak sağlanmaktadır.

4.1.2. Morfoloji

Kabulbaba Köyü civarını şekillendiren ana unsurlar, batıda Talan Dere ve güneyde Danakıran Deresi ve bu iki derenin arasında kalan sırt ve bu sırtın üzerinde yer alan tepelerdir. Bu tepeler Mersinüstü, Akkaya, Sarıkaya ve Örenkaya tepeleri olup 400 m yükseltisinden başlayarak 500 m yükseltisine kadar yaklaşık 25 derecelik bir eğime sahip yamaçları bulunan küçük dereciklerle parçalanmış olan yayvana yakın bir düzlüğün üzerinde yer alırlar. Talandere'nin geçtiği yamaçlarda 30-40° arası bir eğimle vadide ana dereye uzanan küçük kuru dereler bulunur. Güneydeki Danakıran deresi ise; yayvan bir vadide yer alır. Kabulbaba kuzeyinde yer alan tepenin ana kayası kireçtaşlarıdır ve bariz bir korniş yaparak tepenin eğimli kenarını oluştururlar. Yayvan ve yumuşak eğimli kesimler ise; çoğunlukla kumtaşları ve volkanik kayalardan oluşur. Talandere vadisi etrafında ise, metamorfik kayaların aşınması ve ayrışmasının güçlüğüne bağlı olarak sırtlar ve vadi yamaçları daha düzgün ve daha yüksek eğimlidir. Mermer ocaklarının bulunduğu alanın kuzey batısında Asar Tepe (550 m), kuzeyinde ise; Örenkaya Tepe (480 m) ve çalışma alanının merkezinde de Şan Tepe (475 m) bulunur.

4.1.3. İklim ve bitki örtüsü

Bölge, genel olarak Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimine sahiptir. Kışların çok sert geçmediği ilçede yaz dönemlerinde de kuraklık görülmektedir. Marmara Denizi'nin etkisi ile ılımanlık kazanan ilçede sayısal

sıcaklık değerleri de denizin etkilerinin ilçe iklimine kazandırdığı bu niteliği açıkça ortaya koymaktadır. Kapalı ve bulutlu günler sayısı Ege ve Akdeniz'e oranla yüksektir. Yıllık ortalama sıcaklık 13,5°C civarındadır. Bölgede en soğuk aylar Şubat-Mart, en sıcak aylar Temmuz-Eylül arasındaki aylardır. Haziran ortalarından–Eylül ortalarına kadar yaz kuraklığı görülür. Yıllık ortalama yağış miktarı, 713.1mm'dir. Kış aylarında güney-güneybatı yönlü rüzgarlar etkili olur. Bölgenin hemen tümü kar alır. Merkez ilçenin yıllık ortalama sıcaklık değeri, 14.4°C'dir. Buna göre yamaçlarda ve düzlüklerde seyrek ağaçlıklar, tepelere doğru çalılıklar, bazı tepelerde de çamların bulunduğu ormanlık alanlar bulunmaktadır. Yağışın bol olduğu kesimlerde ise yeşillik ve ormanlık alanlar yer almaktadır.

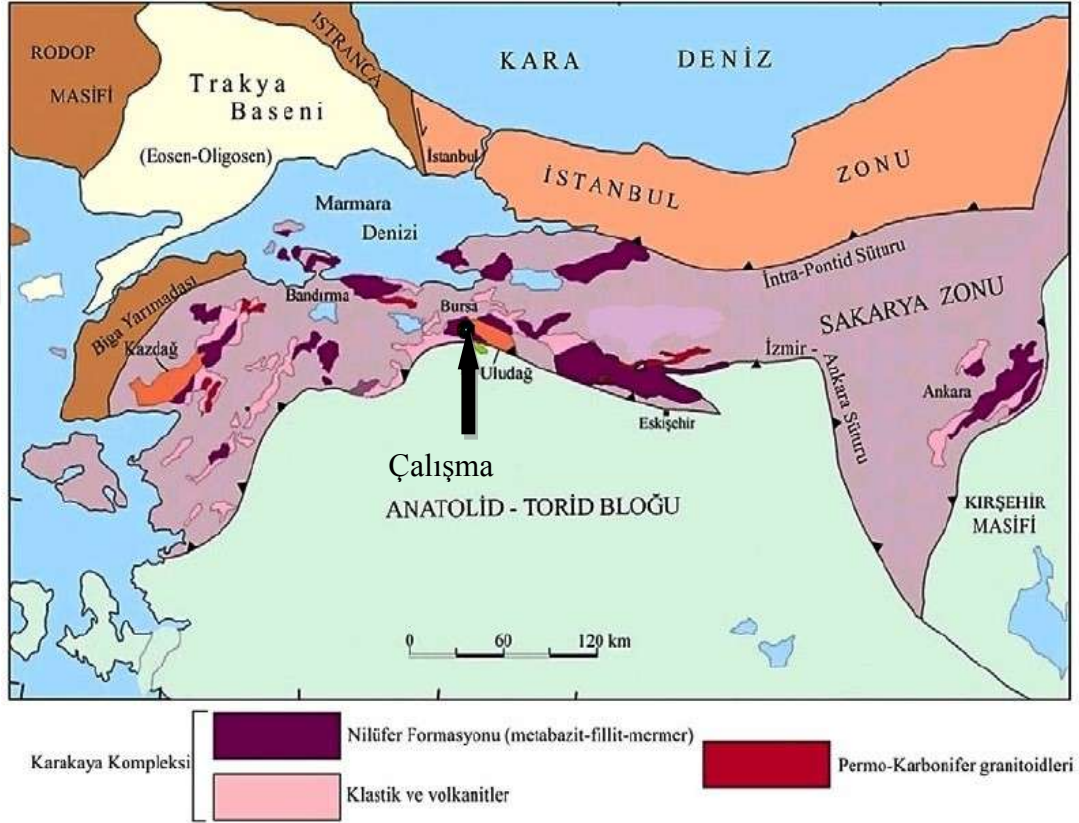
4.1.4. Ekonomik durum

Halkın geçim kaynağı, büyük ölçekte ziraata ve hayvancılığa dayanmaktadır. Ancak çalışma alanının yüksek ve engebeli morfolojisinden dolayı tarım koşulları için elverişli bir bölge değildir. Tarım için elverişli yerlerde ise kuru gıda olarak hububat yetiştirilmektedir. Ayrıca, hayvancılık olarak büyük tesisler söz konusu olmamakla birlikte büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığı yapılmaktadır. Bunun yanında madencilik, özellikle mermer madenciliği ve arıcılık diğer geçim kaynakları arasında yer almaktadır.

4.2. Bölgesel Jeoloji

Anadolu'nun jeolojik ve tektonik tarihinin büyük bir bölümü Tetis gelişimiyle ilgilidir (Aldanmaz vd., 2000). Anadolu Permiyen süresince Gondwana kıtasının kuzey parçasında yer almıştır. Kuzey Anadolu'nun Orta Sakarya Havzası iki büyük dağ oluşum kuşağının bir araya geldiği bölgedir (Şekil 4.2). Bu kuşaklardan kuzeyde bulunan bölgede çalışan değişik araştırmacılar tarafından Sakarya kıtası olarak adlandırılmış ve Pontitler'e dâhil edilmiştir (Şengör vd., 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981). Temelde Karakaya Grubu kayaları ile granitik kayaları içeren Sakarya kıtası Lias yaşlı post-orojenik birimler ile örtülmüş; örtü tabakaları Mesozoyik ve Tersiyer yaş aralığında çökelmiştir (Tekeli, 1981).

Sakarya kıtasının temelini oluşturan Karakaya Kompleksinin jeodinamik anlamı konusunda farklı görüşler yer almaktadır. Güneyde yer alan kuşak Anatolit-Toridler ve bunların kuzey kenarını oluşturan İzmir-Ankara zonudur. Anatolit-Torid platformu İzmir-Ankara kenet çizgisi boyunca Pontid volkanik yayıyla çarpıştığında kuzeye dalma olayı sonlanmıştır (Aldanmaz vd., 2000).



Şekil 4.2. Çalışma sahasını gösteren bölgesel jeoloji haritası (Okay vd., 2002)

Sakarya Kompozit Birliği (Göncüoğlu vd., 1997) içerisinde inceleme alanında magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaçlar yüzeylemektedir. Bursa ve çevresinin jeolojik özelliklerini belirleyen en önemli jeolojik birim, Karakaya Karmaşığıdır. Uludağ Masifi Karakaya Karmaşığı (Şengör vd. 1984) içinde yer alır. Bu masifin temelini farklı derecelerde başkalaşım geçirmiş metamorfik serilerle (mermer), bunlar içerisine sokulmuş granit plütonları (gnays) oluşturur. Masif, yüksek derecede metamorfizmaya uğramış kayaçlardan oluşmaktadır. Muskovit ve biyotit içeren gnayslar, granat içeren kuvarsitler, amfibolitler ve mermerlerin varlığı yüksek dereceli metamorfizmayı göstermektedir. Metamorfik kayaçlardan mermerler, genellikle doğu batı doğrultusunda uzanmakta ve güneye doğru eğim yapmaktadır.

Uludağ'ın merkezinde yer alan yüksek dereceli bölgesel metamorfizma kayaları, tektonik sınırlar ile düşük dereceli metamorfik kayalardan ayrılır. Oligosen yaşlı, açık renkli granitik ürünler, yüksek dereceli metamorfizma birimiyle Uludağ platosu içinde yer almaktadır (Bingöl vd., 1982). Bursa Ovası'nın doğusunda kristalin temel üzerinde Paleozoyik yaşlı sedimanter örtü gözlenmektedir. Burada kırılğan, deforme olmuş bazaltlar, kumtaşları, marn ve Erken Permiyen yaşlı, fussilina içeren kireçtaşları yer almaktadır.

Karakaya Karmaşığı'nın üzerine uyumsuz olarak Anadolu'da geniş dağılımlar gösteren ve yüzeyleme olarak Anadolu'nun yarısını kaplayan Neojen yaşlı volkanitler gelmektedir. Bunlar, Batı Anadolu'da başlıca Biga-Bayramiç-Çanakkale, İzmir-Menemen-Kula, Afyonkarahisar civarı, Tavşanlı-Kütahya ve değişik yörelerde belirlenmiştir. Bunlar stratigrafi, morfoloji, petrografi ve jeokimya açısından birbirine benzer görünüştedirler (Yılmaz, 1984; Ercan, 1985). Batı Anadolu'da iki farklı bileşimde magmatik aktivite ayırt edilmiştir. Granitik plütonları oluşturan ve ortaç volkanik kayaçlarla ilişkili olan erken magmatik faz genellikle kalkalkalen bileşimlidir (Yılmaz, 1997).

Uludağ batısında, sıcak su kaynaklarına yakın bölgede Orta ve Geç Miyosen yaşlı volkanik kayalar ve Neojen yaşlı tortullar, düşük dereceli metamorfik kayalar üzerinde yer alırlar (Imbach, 1997). Bölgede Neojen yaşlı tortul kayaçların killi seviyeleri ile bazı bölgelerde tüfler ve Kuvaterner alüvyonun killi seviyeleri örtü kayaç olarak gözlenmektedir. Rezervuar kayaç olarak gnays, mermer, kristalize kireçtaşı, çakıltaşı, kumtaşı birimleri ve bunları kesen fay zonları bulunmaktadır.

4.3. Stratigrafi

Sakarya Zonu içerisinde yer alan Kızıltepe Metamorfikleri; muskovit-kuvars, muskovit-kuvars-klorit, kuvars-biyotit, biyotit-muskovit-kuvars, biyotit-muskovit-albit, albit-epidot-klorit şistlerden, albit-epidot-feldspat, albit-epidot fels, albit-epidot-klorit fels, amfibolit ve kalkşistten oluşur. Triyas tortullarının granit kenarlarındaki kontak metamorfik karışıkları olarak tanımlanan bu birim, Üst Paleozoik-Trias yaşlı olup üzerine gelen Karakaya Grubu ile uyumsuz dokanak

gösterir. Karakaya Grubu içerisinde kırmızımsı, kahverengimsi, çok az metamorfik kumtaşı, çamurtaşı ve radyolaritten oluşmuş detritikler bulunur. Grubun üst seviyelerinde alttaki birimlerle yanal-düşey geçişli, yeşilin egemen olduğu metaspilit, spilitik bazalt ve metatüfler ile ilksel ilişkili çeşitli boyutlarda siyah ve grimsi-siyah kireçtaşı blokları da gözlenir. Karakaya Grubu birimleri üzerine çalışmanın amacını oluşturan Alt-Orta Jura-Alt Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşı uyumsuz olarak gelir. Bu kireçtaşını Miyosen kırıntıları uyumsuz örter. En üstte de Kuvaterner yaşlı alüvyon ve taraçalar bulunur (Şekil 4.3).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	GRUP	FORMASYON	SİNGE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	KUVATERNER		ALÜVYON TARAÇA	Qalt	0 - 50		Tutturulmamış kil, kum ve çakıl
MESOZOYİK	KRETASE		İNATLAR KIREÇTAŞI				UYUMSUZLUK
	JURA			Ji	~ 200		Bejimsi, sarımsı, grimsi, orta-kalın katmanlı, midye kabuğu kırılma yüzeyli, alt seviyeler çor ve siliks yumrulu, orta seviyeler kumlu, killi kireçtaşı seviyeli
	TRİYAS	KARAKAYA GRUBU	Trka	?	20 - 50		Kırmızımsı, kahverengimsi az metamorfik, kumtaşı, çakıltaşı, çamurtaşı, radyolarit ve bunlarla yanal ve düşey geçişli spilit, spilitik bazalt, metatüf ve kireçtaşı
PALEOZOYİK	PALEOZOYİK - ? - TRİYAS		KIZILTEPE METAMORFİKLERİ	Pk	- 100		Muskovit, kuvars şist, albit, epidot, klorit şist, amfibolit ve kalkşistler oluşmuş metamorfiter

Şekil 4.3. Çalışma sahasına ait stratigrafik sütun kesit (Ürgün, 1972; Yalçınkaya ve Avşar, 1980'den değiştirilerek)

4.3.1. Kızıltepe metamorfikleri

Kızıltepe Metamorfikleri çalışma alanının kuzey batı ve güney doğusunda çok geniş bir yayılım sunmaktadır (Şekil A.1). Formasyon, Üst Paleozoik - Trias yaşlı (Yalçinkaya ve Avşar, 1980) olup yaklaşık 100 metre kalınlığındadır (Şekil 4.3). Bu metamorfikler; muskovit-kuvars şist, muskovit-kuvars-klorit şist, kuvars-biyotit şist, biyotit-muskovit-kuvars şist, biyotit-muskovit-albit şist, albit-epidot-klorit şist, albit-epidot-feldspat, albit-epidot fels, albit-epidot-klorit fels, amfibolit ve kalkışist içerir. Granitli çevrelerde kontak metamorfizma belirgindir. Üzerine gelen mermerlerle ilişkisi uyumludur. Triyas sedimanlarının granit kenarlarındaki kontak metamorfik karışıkları olarak düşünülebilir. Üstüne gelen Karakaya Grubu ile uyumsuz dokanağa sahiptir (Şekil 4.3).

4.3.2. Karakaya formasyonu

Karakaya Formasyonu olarak adlanan (Bingöl vd., 1982) Alt Triyas yaşlı bu birim çalışma alanının Söğütalan köyünün güneydoğusunda ve Kabulbaba Köyü ve çevresinde mostra vermektedir (Şekil A.1).

Formasyon rengi kırmızımsı-kahve olup düşük derece metamorfizmaya uğramış birimlerden oluşur. Bu birim kuvarşist ve mermer çakıllı aglomera, kumtaşı, mikalı kumtaşı, grovak, silttaşı, kiltası ardalanmasından oluşmuş olup, yer yer yaygın radyolarit, çört ve spilit arakatmanlıdır (Uçaklı, 2006). Genelde eski temelle olan dokanakları faylıdır. Yanal ve düşey geçişli, yeşil renkte metaspilit, spilitik bazalt, metabazalt, metatüf ve ve bunlarla ilişkili kireçtaşlarından oluşan birim Alt Triyas yaşlıdır. Birimin içindeki dev kireçtaşı blokları, siyah-grimsi siyah ve boz renklerde Permo-Karbonifer yaşlıdır. Aktaştepe kireçtaşı üyesi olarak adlandırılan bu birim detritik ve bazik volkaniklerin içerisinde grimsi siyah renkli, band şeklinde Orta-Üst Triyas fosilleri içeren olistrostomal fasiyes özellikleri taşıyan mercekssel kireçtaşlarından oluşur (Yaçinkaya ve Avşar, 1980).

Karakaya Formasyonu üzerine gelen İnatlar Kireçtaşı ve altta bulunan Kızıltepe Metamorfikleri ile uyumsuz dokanak ilişkisi göstermektedir (Şekil 4.3).

4.3.3. İnatlar kireçtaşı

Formasyon, Kabulbaba Köyünün kuzeyi ile çalışma sahasının kuzey doğusunda geniş bir yayılım sunmakta ve çalışma alanının amacını oluşturan kireçtaşları olduğundan önemlidir (Şekil A.1). Jura-Alt Kretase yaşlıdır (Yalçınkaya ve Avşar, 1980) ve yaklaşık olarak 200 metre kalınlığındadır (Şekil 4.3).

İnatlar Kireçtaşı; bejimsi, sarımsı, grimsi renkte, orta tabakalanmalı, çok kıvrımlı, eklemlili ve midye kabuğu kırılma yüzeylidir. Orta seviyeleri pembe renkli bol ammonit fosilleri içeren kumlu-killi yapıdaki İnatlar Kireçtaşı'nın, alt seviyeleri çört ve sileks yumrulu olup, üst seviyelerde bu yumrular gözlenmez. Bol mikro fosilli ve genel olarak mikritik-pseudolitik dokulu kireçtaşları alttaki detritiklerle muntazam bir geçiş gösterir. Kumlu kireçtaşlarının içerdiği Ammonitler, Bajosiyenden başlayıp Neokomiyen'e kadar tüm katları temsil eder. Yine kireçtaşlarının tamamının içerdiği mikro fauna Orta-Üst Jura ile başlayıp, Alt Kretase'nin Berriasiyen-Vallenjiniyen katlarına kadar çıkar (Yalçınkaya ve Avşar, 1980). İnatlar Kireçtaşı'nda bulunan makro fosiller Hibolites sp., Progeronla sp., Perisphinctes sp. ve Reinckeia sp. fosilleridir. Mikro fosiller ise; Paulzamella, Nautiloculina sp., Conicosprillina ve Trocholina Alpina fosilleridir. Altta Karakaya grubu üstte ise Kuvaterner yaşlı alüvyon ve taraça ile uyumsuz bir dokanak sunmaktadır.

4.3.4. Miyosen kırıntılılar

Çalışma alanının kuzeyinde Söğütalan köyü ve civarında yayılım gösteren bu kırıntılılar; temel birimlerin üzerine taban çakıltaşı ile gelmekte kumtaşı, kömürlü seviyeler, kıltaşı, miltaşı, tuf, plaketli göl kireçtaşları, marn ve konglomeratik kumtaşı ardalması şeklinde devam etmektedir (Şekil A.1).

Tüm bu litolojiler, genel olarak beyaz, beyazımsı-bej, ince-orta katmanlıdır. Bu seviyeler arasında ve onlarla ardışıklı olarak gözlenen tüfler, formasyonun alt seviyelerinde cm ile ölçülen bir kalınlıkla başlar, yukarı doğru kalınlığı artarak devam eder. Andesitik, dasitik ve riyodasitik özellikli olan bu tüfler, aynı karakterli

volkanik parçaların tuf matriks ile tutturulmasından oluşmuş aglomeralar ile karışık bir durumda bulunurlar.

Tipik olarak karasal fasiyes özelliklerini yansıtan akarsu malzemesi ve tatlı su formları içeren göl tortularından oluşmuştur. Bu malzeme Paleosen'de başlayan bölgesel yükselim ve sonrasında bölgede etkisini gösteren genç tektoniğin, temel birimler üzerinde oluşturduğu yapısal çanaklarda depolanmıştır. Miyosen kırıntılılar, çalışma sahasındaki tüm birimleri uyumsuz olarak örter. Bu kırıntılılar da yaş verebilecek fosillere rastlanılmadığından kömürlü seviyelerdeki polen ve spordardan Miyosen yaşlı olduğu ortaya konmuştur (Ürgün, 1972).

4.3.5. Alüvyonlar

Tutturulmamış kil, kum, mil, çakıl ve bloklardan oluşmuş alüvyon ve askıda kalmış akarsu yataklarından oluşan taraçalar, taşınmış denizel Miyosen ve Pliyosen ile karasal Oligosen formları içerir. Bileşiminde bulunan taşınmış fosillere örnek vermek gerekirse; *Cepoea* sp. (karasal), *Chlamys glabr* (denizel), *Chlamys aff scabriuscula*, *Mürek* (*Bolinus*) *brandaris* Linne ve *Rezent* (denizel) fosilleri verilebilir. Birim, çalışma sahasının kuzey batısında kuzey doğu-güney batı doğrultulu bir şerit şeklinde yayılım sunmaktadır (Şekil A.1). Tüm birimleri uyumsuz olarak üstleyen bu formasyon Kuvaterner yaşlıdır (Yalçınkaya ve Avşar, 1980) ve kalınlığı da yaklaşık olarak 50 metredir (Şekil 4.3).

4.4. Yapısal Jeoloji

Sakarya Kompozit Birliği kuzeyden İntra-Pontid, güneyden İzmir-Ankara-Erzincan Süturları ile sınırlanan alpin bir tektonik birliktir. Birlik, 100-200 km genişlikte Kuzey Anadolu'yu doğudan batıya kateder (Şekil 4.2). Birlik temelinde alpin öncesi yaşta ve çok farklı jeolojik geçmişleri olan tektonik toplulukları bulundurduğundan "kompozit birlik" olarak değerlendirilmiş ve adlandırılmıştır (Göncüoğlu vd., 1997). Söz konusu tektonik topluluklar Varisken ve Kimmeriyen orojenezleri ile oluşmuş kıtasal ve okyanusal litosfer parçacıklarından meydana gelmiştir. Bu birliklerin ortak örtüsü yani alpin dönemin ilk oluşukları Erken Jura ile başlar ve önemli bir boşluk

içermeksizin Jura-Erken Kretase platform sedimanları ile sürer. Geç Kretaseden sonra yamaç fasiyesi çökelleri ile temsil edilen birimin üzerine bu dönemden sonra fliş tipi çökeller İntra-Pontid okyanusundan türeme ofiyolitik malzeme gelir.

Sakarya Kompozit Birliğinin temelinde Varisken yaşlı metamorfik birlikler, onların Geç Paleozoyik örtüleri ve Kimmeriyene ait Karakaya Kompleksi ve Paleotetise ait okyanusal birlikler yer alır (Göncüoğlu, 2010). Bu birliğin örtü kayaları birliğin doğusunda ve batısında önemli değişiklikler sunar. Doğuda hakim olan birim, geniş alanlarda yüzeylenen Pontid mağmatik yayı ve temelinde izlenen çökel kayalarıdır. Yaklaşık Niksar-İspir-Ardanuç çizgisinin kuzeyindeki “kuzey zon” da mağmatik kayalar güney kesimlerde “güney zon” da ise sedimanter topluluklar yaygındır (Okay ve Şahintürk, 1998).

Çalışmanın amacını oluşturan İnatlar kireçtaşı mermerler güney zonda yer almaktadır. Güney zondaki Kimmeriyen sonrası örtü, Liyas konglomeraları ve volkanoklastikleri ile başlar ve Orta Jura'nın kömürlü kırıntıları ile sürer. Bu birimlerin üzerine uyumlu olarak Üst Jura-Alt Kretase (Absiyen) platformal karbonatları gelir. Türoniyen-Senoniyen yaşlı istifler daha çok türbidit özellikli olup, bu istifler Tersiyer bazik volkanizması ürünleri ile uyumsuz olarak örtülür.

4.4.1. Faylar

İnceleme alanında okyanusal nitelikteki ofiyolit serisinin yerleşiminde büyük şaryajlar etkili olmuştur. Bu bindirme fayının dışında genç tektonizmaya bağlı olarak bölge yükselimi esnasında bir takım düşey faylar oluşmuştur. Fayların çoğu KD-GB doğrultulu olup buna dik doğrultulu ikincil faylar gelişmiştir.

4.4.2. Kıvrımlar

İnceleme alanında temel kaya durumundaki Paleozoik birimler, Orta Karbonifer öncesi tektonik fazlarla, Mesozoyik birimler, Permian sonrası Neojen öncesi tektonik fazlarla, genç birim olan Neojen oluşuklar ise Volak fazı ile kıvrımlanmıştır.

4.4.3. Uyumsuzluklar

Çalışma sahasında yüzeyleyen tüm birimler birbirleri ile uyumsuz dokanak ilişkisi göstermektedirler. Çalışma alanının en yaşlı birimini oluşturan Kızıltepe Metamorfikleri üzerine Karakaya Formasyonu uyumsuz olarak gelir. Karakaya Formasyonu üzerinde de İnatlar kireçtaşı uyumsuz bulunur. Kuvaterner yaşlı genç çökeller tüm birimleri uyumsuz üstlemektedir.

4.4.4. Jeolojik evrim

Çalışma sahasında Batı Anadolu'da karakteristik olarak gözlenen Paleozoyik yaşlı metamorfikler bölgenin temel kayasını oluşturur. Bölge, Permokarbonifer döneminde sığ denizel ortam şeklindedir. Bölgenin okyanus şeklini alması ise Üst Permiyen ve Alt Triyas'da başlamıştır. Bu okyanuslaşmaya bağlı çekme kuvvetleri bölgedeki Karakaya Grubu'nu oluşturmuştur (Bingöl, 1968, 1971, 1974). Bu grup, Permokarbonifer yaşlı, sığ deniz karbonat fasiyesi ile belirgin, genellikle alt Trias yaşlı, az metamorfik grovak, konglomera, silttaşı, radyolarit, spilit ve kumtaşlarından oluşmuş bir litoloji içinde olistostromlar halinde izlenmektedir.

Batı Anadolu'da Paleozoik yaşlı metamorfiklerde gözlenen uyumsuzluklar Hersiniyen orojenezini temsil ederler. Bununla beraber bölgede gözlenen Paleozoik yaşlı metamorfiklerde, bu yapının gözlenmediği, dolayısıyla Hersiniyen orojenezinden etkilenmediği görülmüştür (Bingöl, 1975).

Üst Jura-Alt Kretase döneminde ise bölge genellikle karbonat fasiyesinde olup, yer yer çört bant ve yumruları taşımakta, yer yer oolitik yapı göstermektedir. Bahsedilen bu birim bölgedeki İnatlar Kireçtaşı birimini temsil etmektedir (Aygen, 1956).

Bölgedeki en genç birimi oluşturan yamaç molozları ve taraçalar, Kuvaterner yaşlı olup halen gelişimlerini sürdürmektedirler. Özellikle akarsu yataklarındaki taraçalar izlendiğinde bu gelişimin halen sürdüğü net bir şekilde izlenmektedir.

4.5. Ekonomik Jeoloji

Dünyanın en zengin mermer yataklarının bulunduğu Alp kuşağında yer alan Türkiye, 5,1 milyar m³ -13,9 milyar ton muhtemel mermer rezervine sahiptir. Bu değer 15 milyar m³ olduğu tahmin edilen dünya rezerv toplamının %33'üne karşılık gelmektedir. Türk doğaltaş sektörü; çeşit ve rezerv zenginliği, sektör deneyimi, hammadde bolluğu, deniz ulaşımında nakliye kolaylığı, dinamik sektör yapısı, kullanılan yeni teknolojiler ve geniş renk skalası ile dünya doğaltaş piyasasında önemli bir yere sahiptir. Sektörde yaklaşık 1.500 adet doğaltaş ocağı, fabrika ölçeğinde 2.000 kadar tesis, orta ve küçük ölçekli 9.000 atölye faaliyet göstermektedir. İstihdam edilen kişi sayısı 300.000 civarındadır. 1990'lı yılların başında 40 milyon dolar civarında olan doğaltaş ihracatımız 2000 yılında 188,7 milyon dolara, 2005 yılında 805,6 milyon dolara ulaşmıştır. Mermer ihracatı her yıl artarak devam etmiş ve 2006 yılında 1 milyar dolar sınırını geçmiştir. 2011 yılında ise doğaltaş ihracatı bir önceki yıla göre %6,6 artarak 1,7 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001).

Ülkemizde bulunan bu doğaltaş kaynaklarının yeteri düzeyde işletilebilmesi ve ülke ekonomisi açısından daha çok önemli bir hale gelebilmesi için bazı sorunların aşılması gerekmektedir. Ülkemizin doğaltaş sektöründeki sorunları; eğitim, yönetim ve organizasyon, standardizasyon, pazarlama, teknoloji geliştirme ve buna bağlı yeni ürünleri müşteriye sunma konularındaki yetersizlikler ayrıca pahalı enerji kullanımı ve karşılaşılan yoğun bürokrasiden kaynaklanmaktadır. Rekabet gücü yüksek olan bu doğal kaynağımızdan en iyi şekilde yararlanılması için Devletin bakanlık seviyesindeki desteğine ve teşviklerine ek olarak, sektörde faaliyet gösteren kişi ve firmaların bir araya gelerek üst düzeyde örgütlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, fiyatta rekabet yerine kalitede rekabete önem verilmesi bu sektörde ülkemiz yararına olacaktır. Madencilik sektöründe çevresel etkilerin göz ardı edilmesi mümkün değildir. Bu çerçevede, doğaltaş sektöründe atıkların değerlendirilmesi ve çalışılan alanların düzenlenerek doğaya yeniden kazandırılması büyük önem arz etmektedir.

Bu anlatılanlar ışığında mermer sahaları araştırılırken onların jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve ekonomik özelliklerinin de ayrıntılı incelenmesi gerekmektedir. Bu

önemden yola çıkarak Mustafa Kemalpaşa (Bursa) bölgesinde yaygın olarak gözlenen ve farklı türler içeren mermer sahası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Yöredeki mermerler ile ilgili bilimsel anlamda (jeoloji ve maden jeolojisi kapsamında) hiçbir literatür bilgisine rastlanılamamıştır. Bu yüzden tez çalışması bölgede çıkarılan ve üretimi yapılan mermerlerin bilimsel niteliğinin ortaya konulması kapsamında bir ilk niteliği taşımaktadır. İçerik olarak bakıldığında tez çalışması kapsamında; mermerin geometrik ve ekonomik özellikleri, stratigrafik ve tektonik konumu, mineral kapsamı, element içerikleri ve mermeri oluşturan çözeltilerin kaynağı ve bileşimi ortaya konulmuştur.

4.6. Çalışma Alanındaki Mermer Yatakları

Sahadaki mermer üretimi, Jura-Alt Kretase yaşlı İnatlar Kireçtaşı'nda gerçekleştirilmektedir (Şekil A.1; Şekil 4.3). Bu kireçtaşı, ticari olarak koyu-açık ve fosilli bejler, emperador ve rozalya mermer türleri ile isimlendirilir. Mermer, sahada genellikle koyu-açık bej, yersel sarımsı-gri, orta katmanlı, yer yer karstik, kırıklı ve çatlaklı, midye kabuğu kırılmalı, alt seviyeleri fosilli, kumlu, killi, orta seviyeleri çört yumruludur. Özellikle ekonomik değeri yüksek olan emperador tipi mermerler silisifiye breşik zonlardan üretilmektedir. Sahada kalınlığı 30m' yi geçmeyen bu seviyelerin üzerinde yer alan mermerler, yer yer karstik özellik gösterse de bu seviyeler sert ve kırılğan bir yapıya sahiptir.

Birçok şirket tarafından mermer üretiminin gerçekleştirildiği İnatlar kireçtaşları, bölgenin güney batı ve kuzey doğusunda geniş bir yayılım sunmakta ve yaklaşık 200m kalınlığa sahiptir (Şekil A.1; Şekil 4.3). Bölgede mevcut 20'den fazla mermer işletme ruhsatı ve 50'den fazla mermer arama ruhsatı bulunan firmalar mevcuttur. Üretimi yapılan açık bej, koyu bej, dumanlı bej, bulutlu bej, fosilli bej ve emperador mermer türleri özellikle dış piyasa tarafından sürekli talep görmektedir (Şekil 4.4-4.7).



Şekil 4.4. Silisli bej türü mermerin Pamukova Ocağındaki genel görünümü



Şekil 4.5. Fosilli bej türü mermerin Kemalpaşa Ocağındaki genel görünümü



Şekil 4.6. Rozalya tipi mermerin Akar Ocağındaki saha görünümü



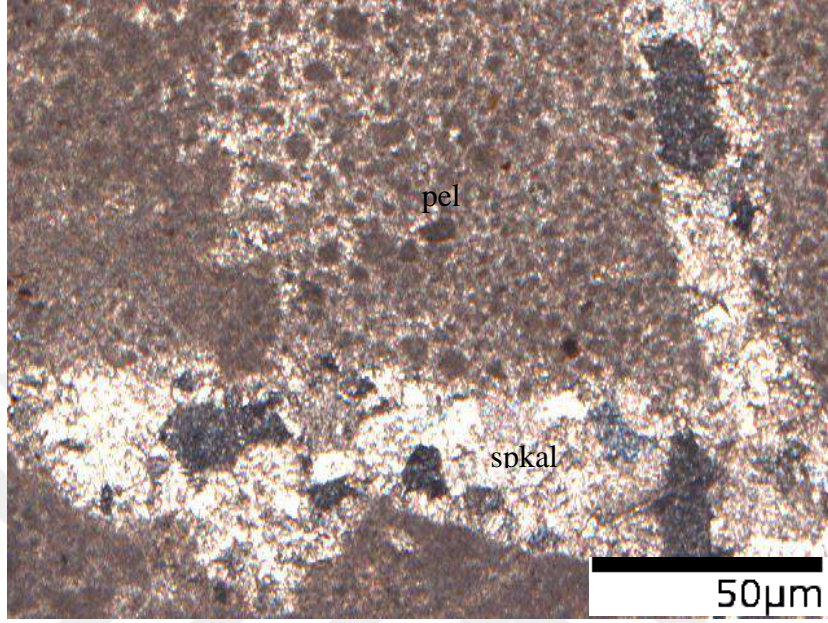
Şekil 4.7. Emperador tipi mermerin Pamukova Ocağındaki genel görünümü

4.7. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler

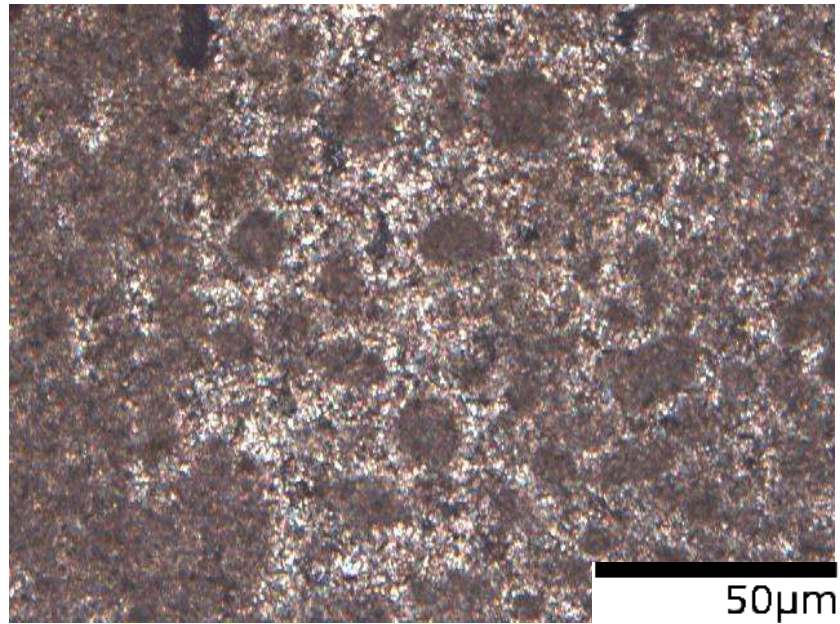
4.7.1. Polarizan mikroskop incelemeleri

Polarizan mikroskop çalışmalarına göre mermer olarak kullanılan İnatlar kireçtaşları, genellikle mikritik dokulu, yer yer de sparitik dokuludur. Bazı numunelerin ince kesitlerinde kılcal çatlaklar gözlenirken, bazılarında farklı kalınlıklarda ağsal çatlaklar gözlenir. Bu ağsal çatlakların içerisine genellikle spar kalsitler damar dolgusu olarak, yer yer breşik yapılar şeklinde, daha az olarak da öz şekilli-yarı öz şekilli dolomitler yerleşmiştir. Bazı numunelerde öz şekilli-yarı öz şekilli dolomit kristalleri mikritik kireçtaşı içinde daha yaygın iken, bazılarının büyük bölümü dilinimleri oldukça belirgin iri kalsit kristallerinden ibarettir. Bazı kesitlerde pelletler, textularia sp. (?) ve fosil kavkılara rastlanır. Yer yer de mikritik kireçtaşı içerisinde yer alan taşınmış fosil kavkılarını spar kalsit dolguludur. Bazı kesitlerde mikritik

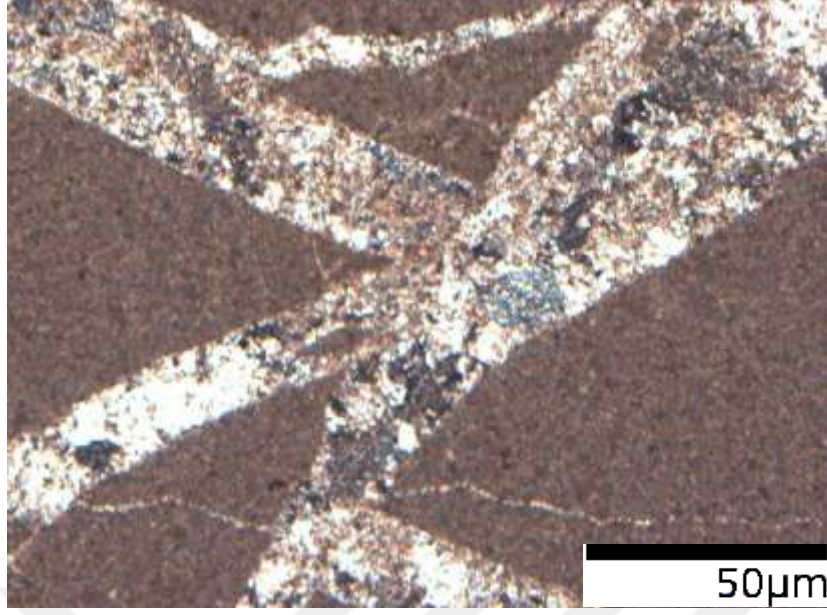
kireçtaşı içinde silisleşmeler, yer yer de silisli ağsal damarlar bulunur. Ayrıca, az da olsa bazı kesitlerde kırık ve çatlakların içerisinde demiroksit boyamaları ve opak mineraller de mevcuttur (Şekil 4.8-4.23).



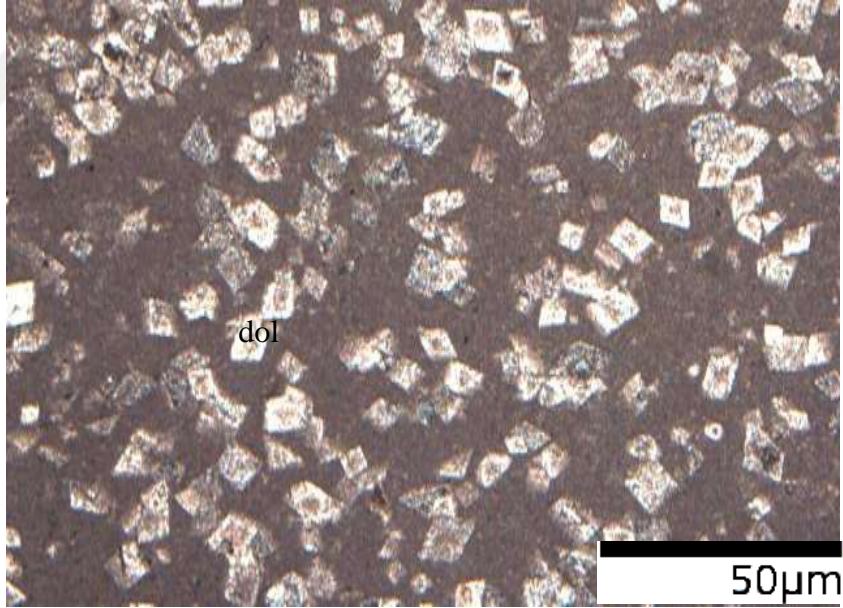
Şekil 4.8. Mikritik kireçtaşı içerisindeki pelletler (pel) ve kırıklardaki sparkalsit (spkal) damarları (Rozalya; Akar Ocağı, 4x10ÇN)



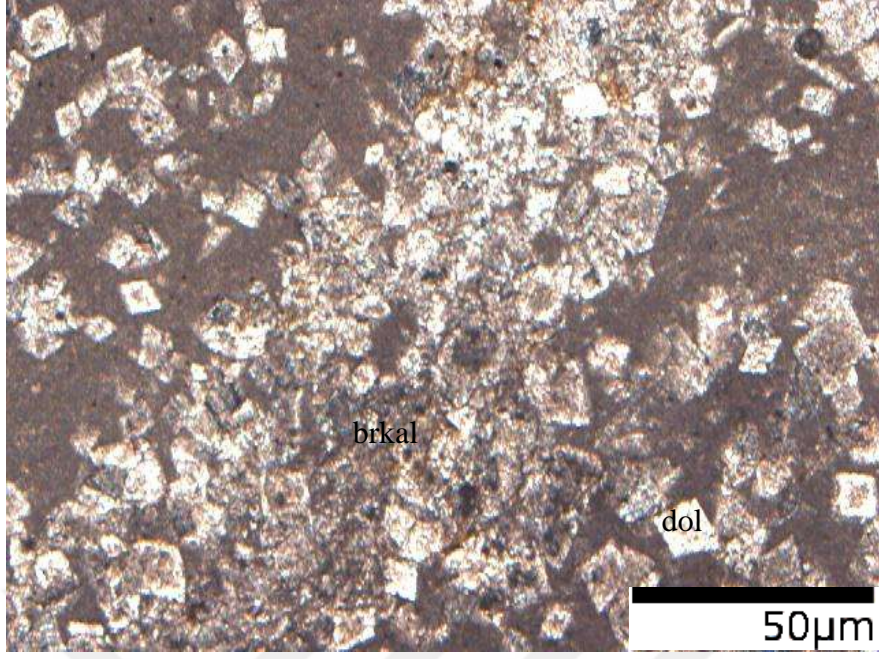
Şekil 4.9. Mikritik kireçtaşındaki pelletlerin yakın görünümü (Rozalya; Akar Ocağı, 4 x 10ÇN)



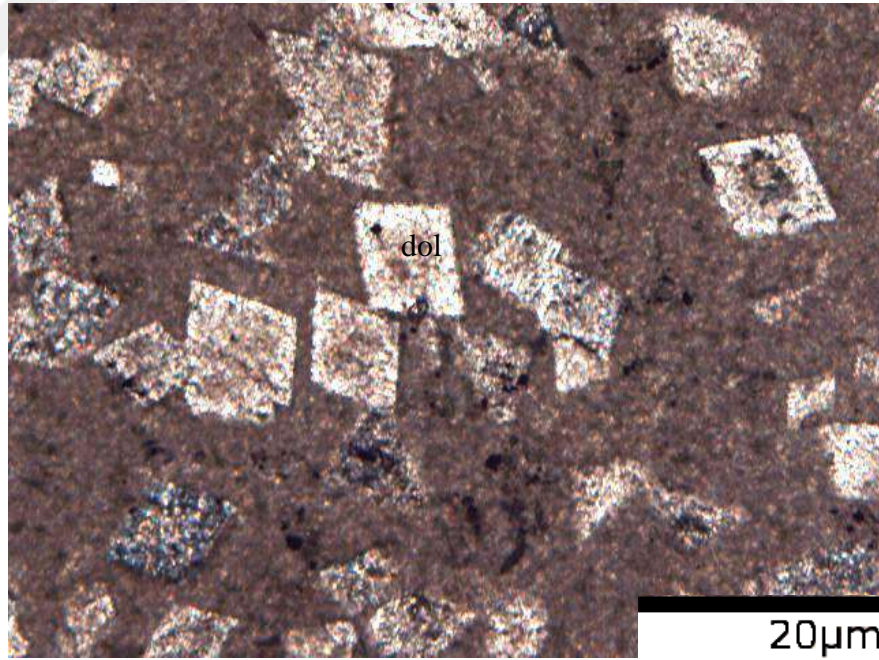
Şekil 4.10. Mikritik kireçtaşı içindeki kırıklara yerleşen sparkalsit damarlarındaki kalsit(ka) ve dolomit (dol) (Koyu beji; Birikim Ocağı, 4x10ÇN)



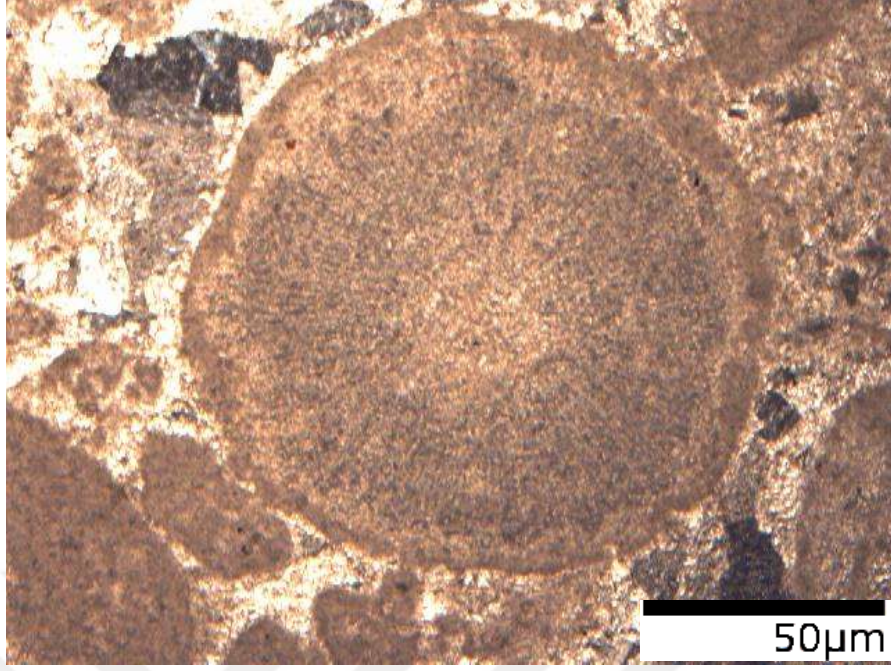
Şekil 4.11. Mikritik kireçtaşı içerisindeki öz şekilli yarı öz şekilli dolomit (dol) kristalleri (Emperador; Birikim Ocağı, 4x10ÇN)



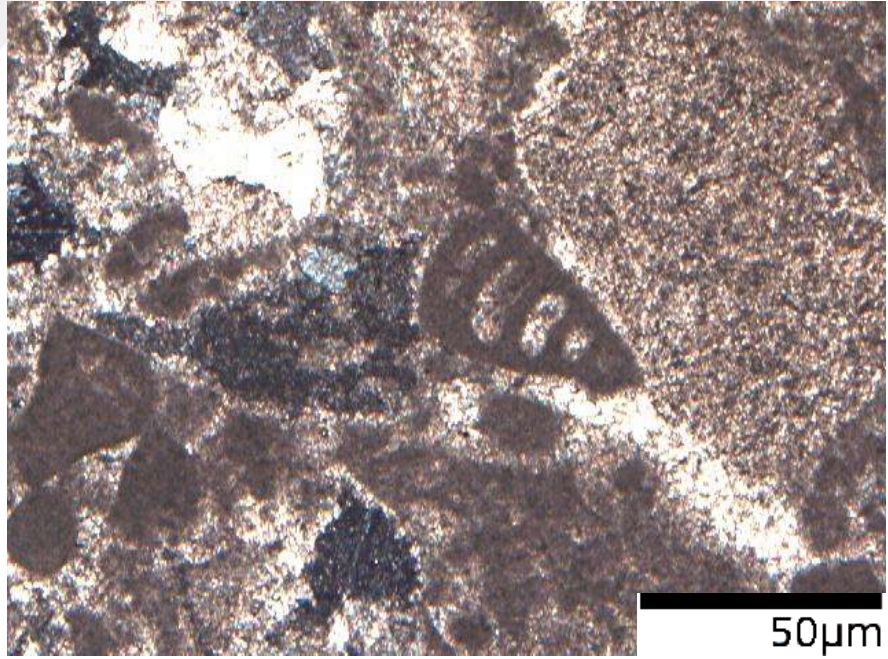
Şekil 4.12. Mikritik kireçtaşı içinde breşik yapılı kalsitler (brkal) ve öz şekilli-yarı öz şekilli dolomit (dol) (Emperador; Birikim Ocağı, 4x10ÇN)



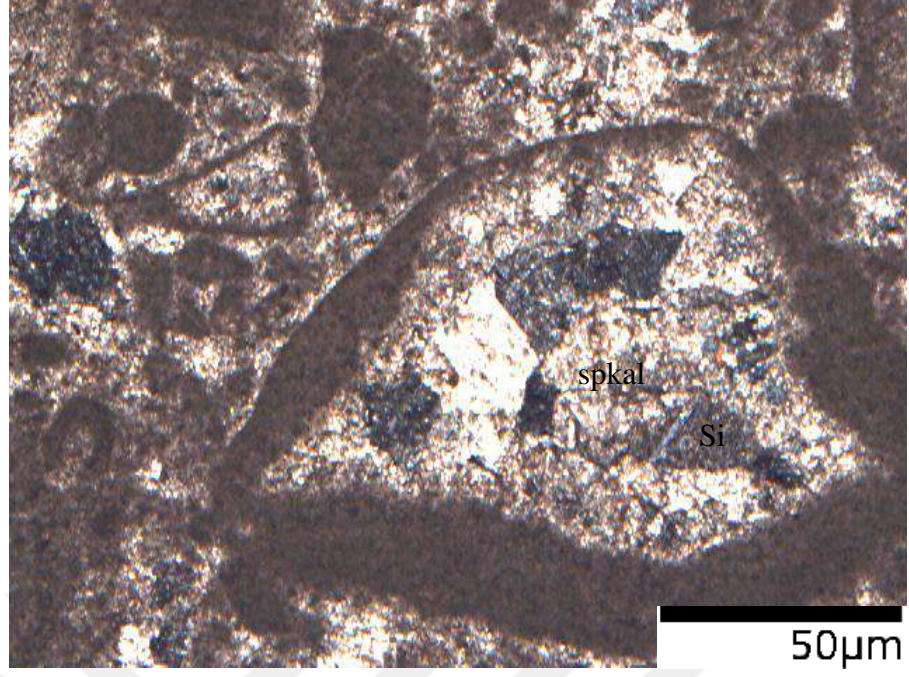
Şekil 4.13. Mikritik kireçtaşı numunesindeki öz şekilli dolomit (dol) (Emperador; Pamukova Ocağı, 10x10ÇN)



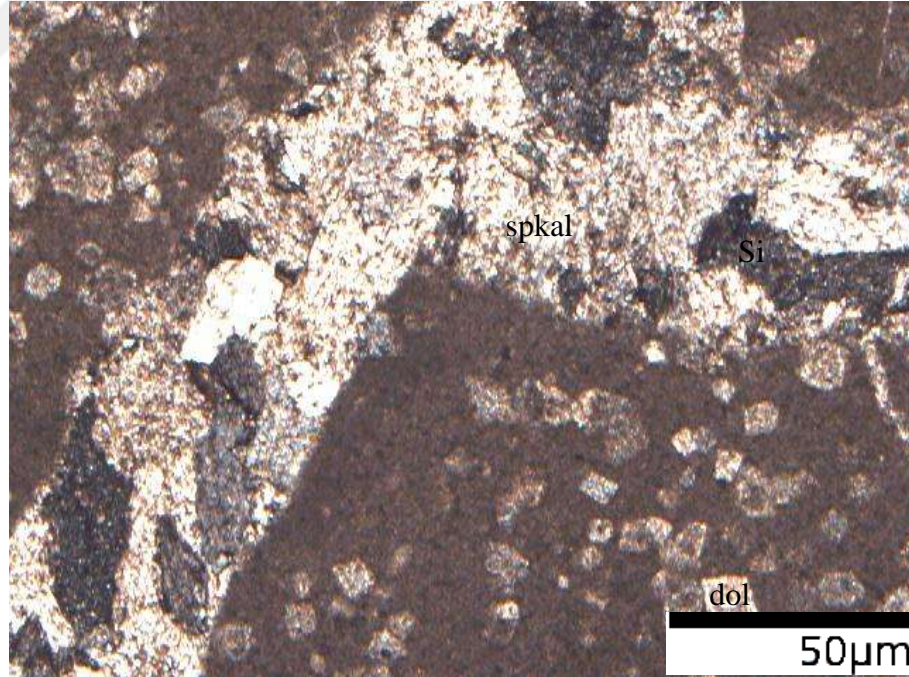
Şekil 4.14. Mikritik kireçtaşı içerisinde ağsal spar kalsit ve fosil (Silisli açık bej; Yeditepe Ocağı, 4x10TN)



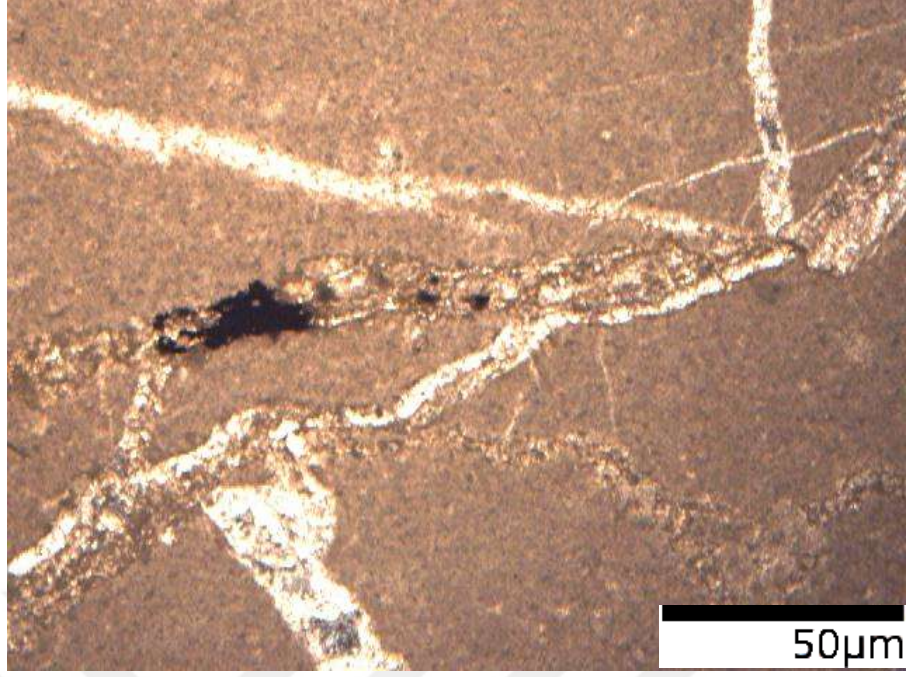
Şekil 4.15. Mikritik kireçtaşı içerisinde ağsal spar kalsit, fosil kavkısı ve yeryer silisli ağsal damarlar (Silisli açık bej; Yeditepe Ocağı, 4x10ÇN)



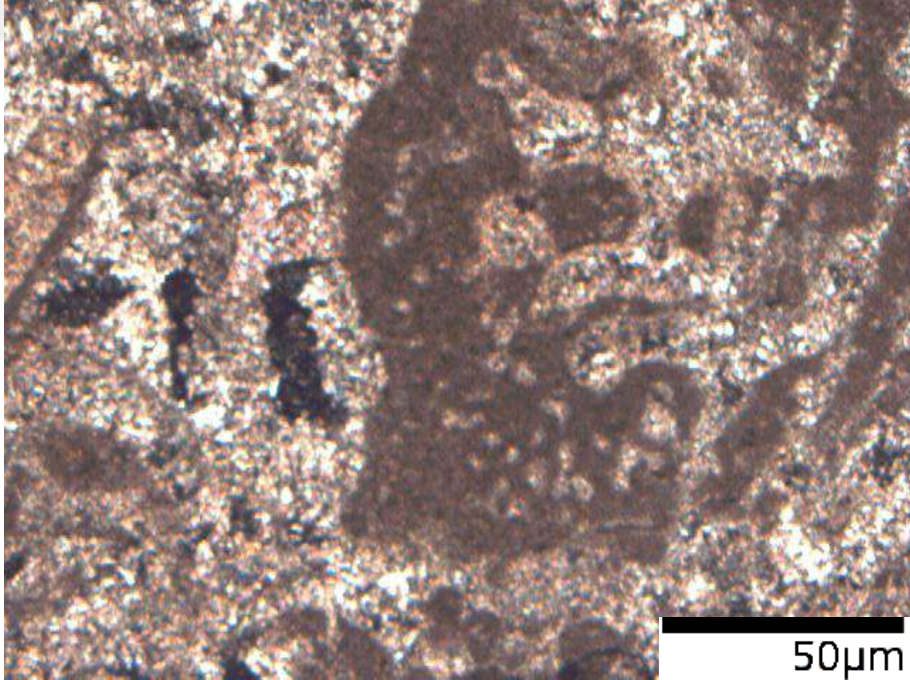
Şekil 4.16. Mikritik kireçtaşındaki spar kalsit (spkal) ve silisleşme (Si) (Silisli açık bej; Yeditepe Ocağı, 4x10ÇN)



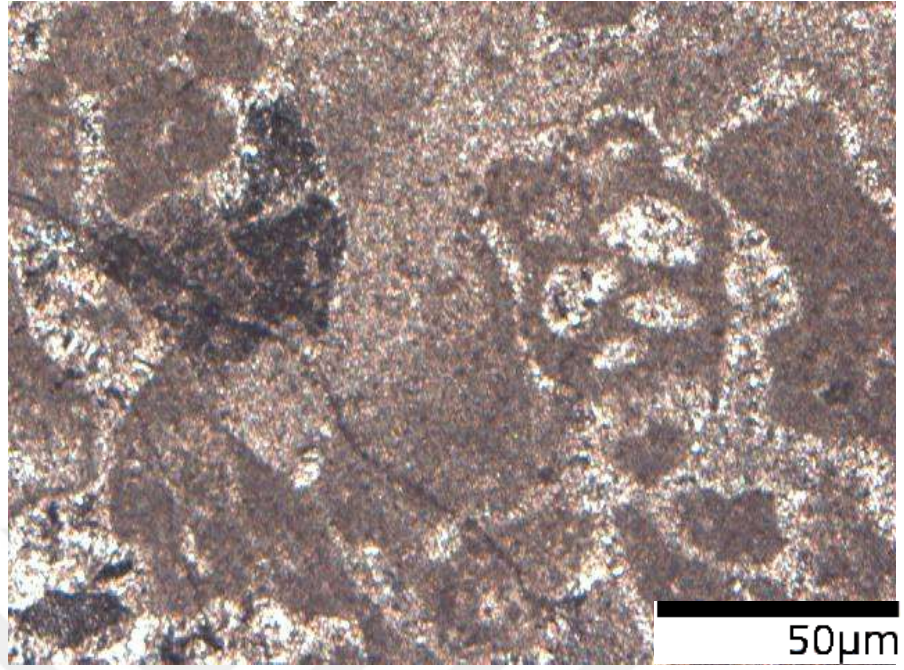
Şekil 4.17. Mikritik kireçtaşındaki spar kalsit (spkal) damarı, silisleşme (Si) ve zonlu dolomit (dol) (Silisli açık bej; Yeditepe Ocağı, 4x10ÇN)



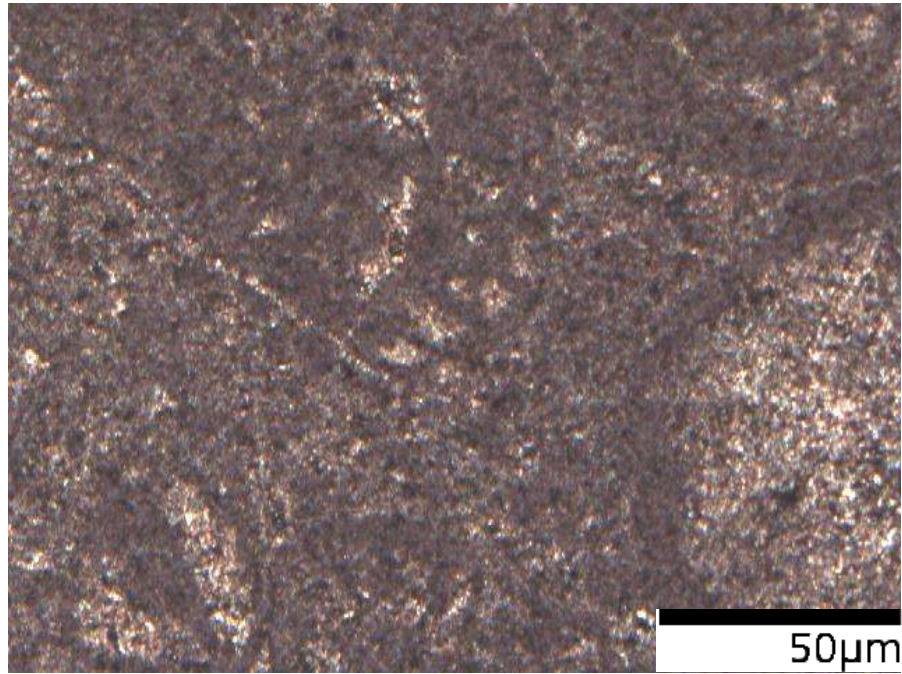
Şekil 4.18. Mikritik kireçtaşı içinde farklı kalınlıklardaki kalsit ve silis damarları (Silisli koyu bej; Tunç Ocağı, 4x10TN)



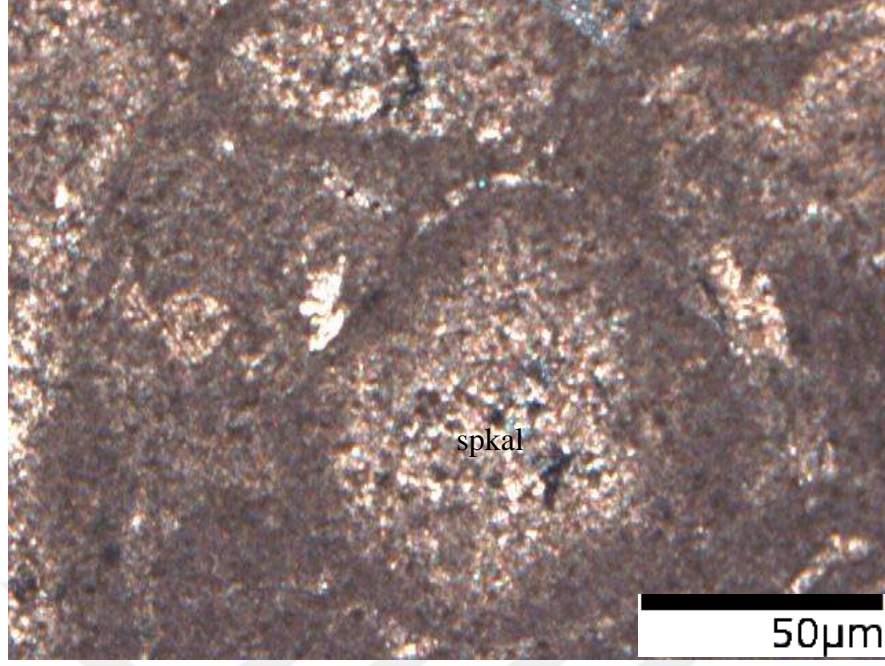
Şekil 4.19. Sparitik dokulu, yer yer fosil kavkılı kireçtaşı (Fosilli açık bej; Aksoylar Ocağı, 4x10ÇN)



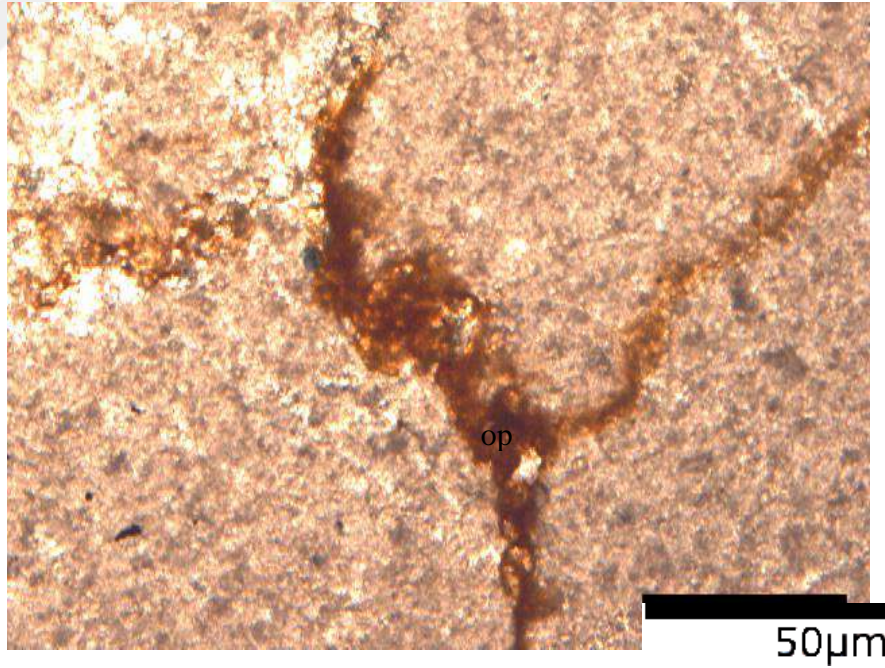
Şekil 4.20. Spar kalsit dokulu ve bol fosil kavkılı (Fosilli açık bej; Aksoylar Ocağı, 4x10ÇN)



Şekil 4.21. Mikritik kireçtaşı içerisindeki fosil kavkılarını (Fosilli açık bej; Aksoylar Ocağı, 4x10ÇN)



Şekil 4.22. Mikritik kireçtaşı içerisinde yer alan fosil kavkıları ve spar kalsit dolguları (Fosilli açık bej; Aksoylar Ocağı, 4x10ÇN)



Şekil 4.23. Fosilli koyu bej mermerin kırık ve çatlaklardaki opak (op) mineraller (Birikim Ocağı, 4x10ÇN)

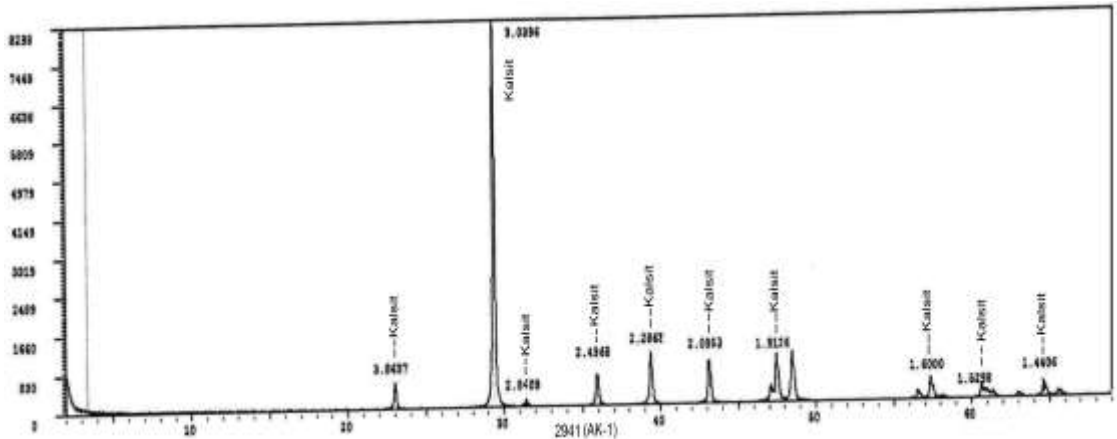
4.7.2. X-Işını kırınımı analizleri

Çalışma sahasındaki farklı lokasyonlarda işletilen ve farklı ticari isimli (rozalya, bej ve emperador) mermer üreten ocaklardan alınan 9 adet mermer numunesinin X-ışını kırınımı analizi ve tanımlamaları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.24-32 de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışma sahasındaki kireçtaşı mermerlerinin XRD analiz sonuçları

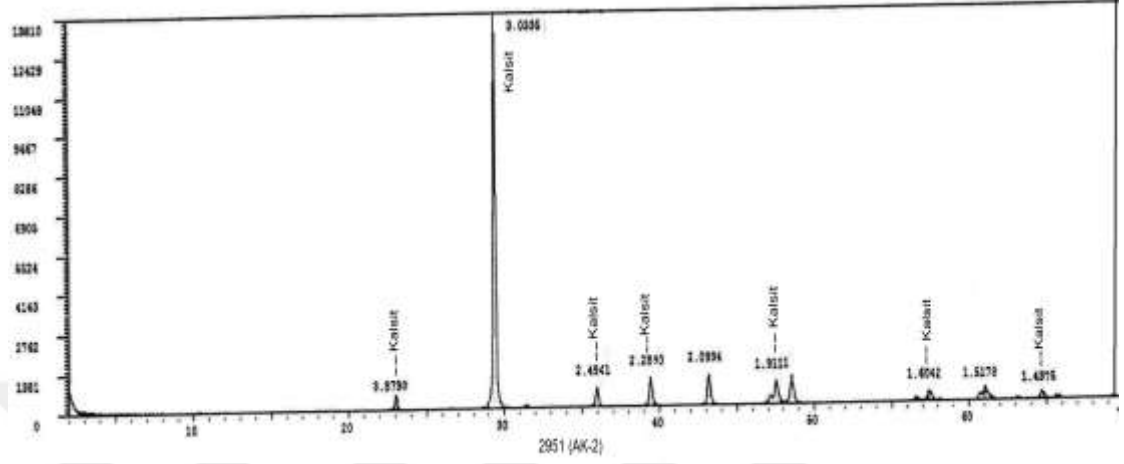
Ocak Adı	Numune No	Ticari İsmi	Mineral Kapsamı
Aktaş Madencilik	AK-1	Rozalya	kalsit
Akar Madencilik	AK-2	Rozalya	kalsit
Aksoylar Madencilik	AK-3	Fosilli açık bej	kalsit, dolomit (çok az)
Kemalpaşa Madencilik	KP-1	Rozalya	kalsit
Pamukova Madencilik	PA-2	Emperador	dolomit, kalsit (çok az)
Pamukova Madencilik	PA-3	Fosilli bej	kalsit
Yeditepe Madencilik	YE-3B	Silisli koyu bej	kalsit, dolomit (çok az)
Birikim Madencilik	BI-1	Emperador	dolomit, kalsit (çok az)
Tunç Mermercilik	TC-1	Silisli koyu bej	Kalsit

Bu lokasyonlardan Aktaş Madencilige ait AK-1 numunesinin (ticari ismi Rozalya) X-ışını kırınımı sonucunda mineral kapsamının tamamı kalsit piklerinden oluşmaktadır (Şekil 4.24).



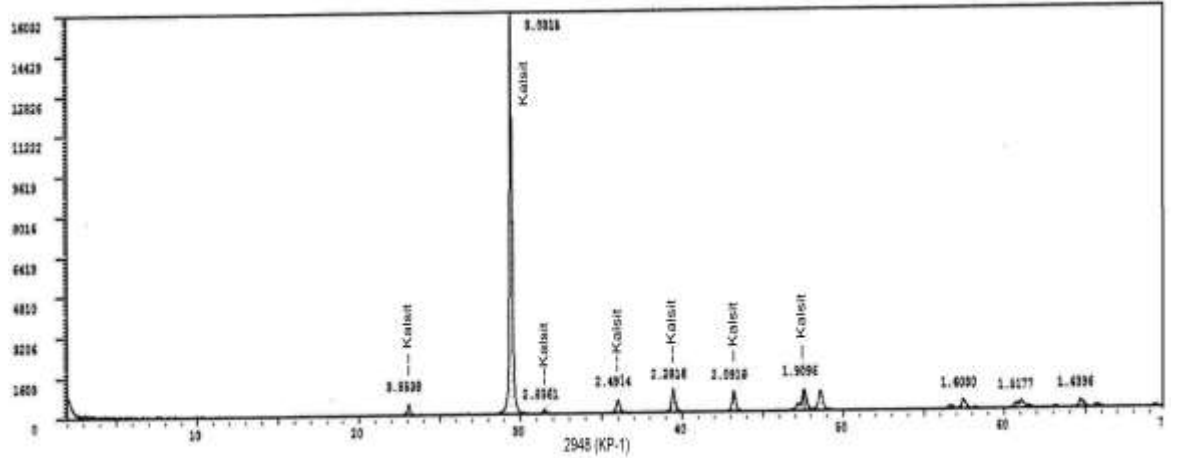
Şekil 4.24. Rozalya türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (AK-1: Aktaş Mermer)

Aktaş Madencilige ait olan AK-1 numunesi gibi Akar Madenciliginden alınan AK-2 numunesi de rozalya türü mermer olup, tamamen kalsit piklerinden oluşmaktadır (Şekil 4.25).



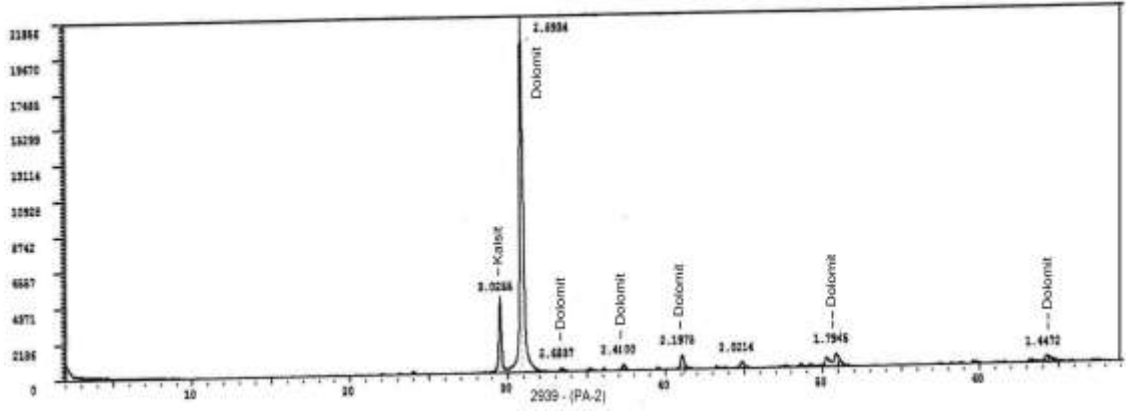
Şekil 4.25. Rozalya türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (AK-2: Aktaş Mermer)

Kemalpaşa Madencilige ait olan KP-1 numunesi de rozalya türüdür ve kalsit pikleri içerir (Şekil 4.26).



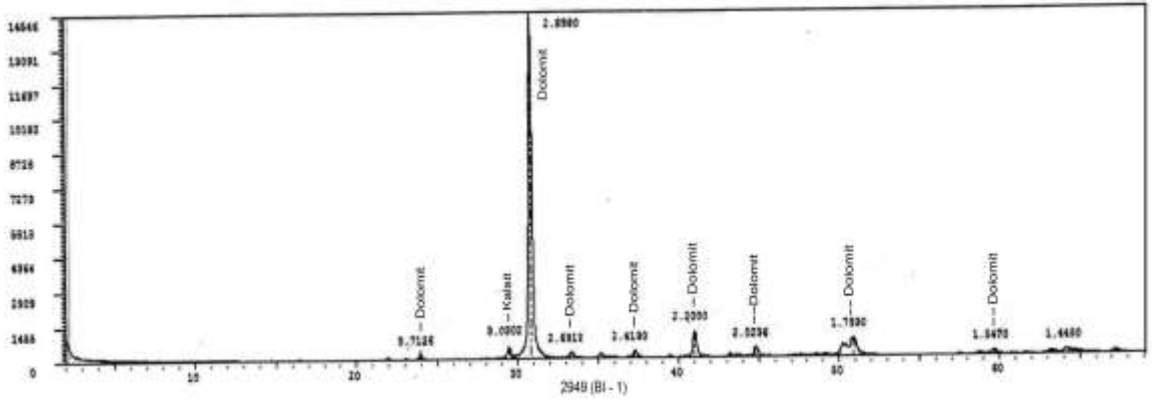
Şekil 4.26. Rozalya türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (KP-1: Kemalpaşa Mermer)

PA-2 numunesi Pamukova Madencilige ait ticari ismiyle emperador olarak anılmakta ve çoğunlukla dolomit pikleri sunmakta, sadece bir tane kalsit piki içermektedir (Şekil 4.27).



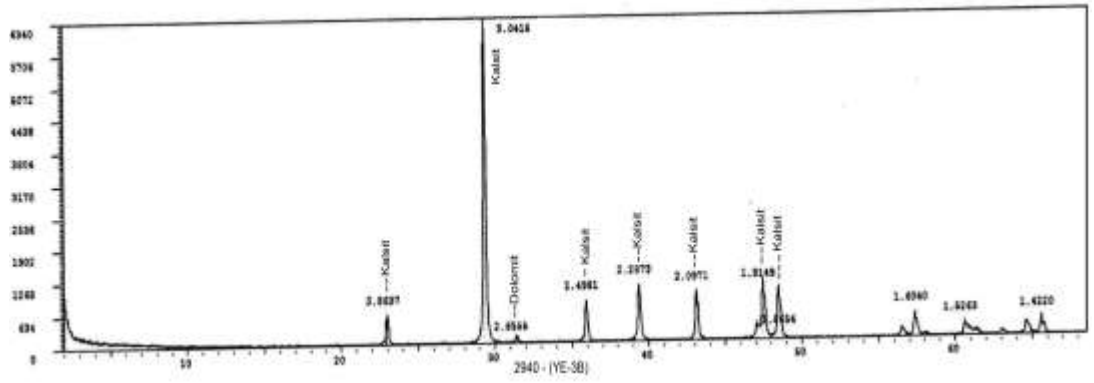
Şekil 4.27. Emperador türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (PA-2: Pamukova Mermer)

Emperador türüne ait olan Birikim madencilığıne ait Bi-1 numunesi de sadece bir tane kalsit piki içermekte, diğerleri dolomit piki göstermektedir (Şekil 4.28).



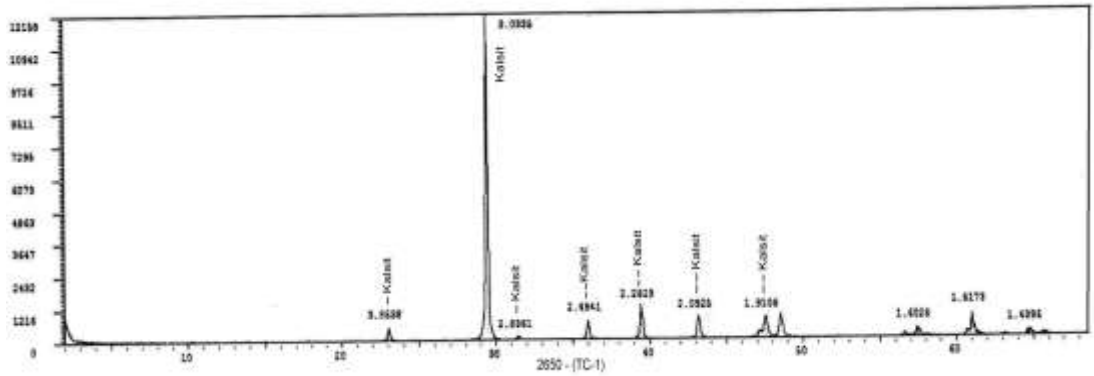
Şekil 4.28. Emperador türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (BI-1: Birikim Mermer)

Bir başka tür olan silisli koyu bej, Yeditepe Madencilığıne ait olan YE-3B numunesidir. Bu numune, yoğun olarak kalsit içeriğine sahip'tir ve sadece bir dolomit pikine rastlanılmaktadır (Şekil 4.29).



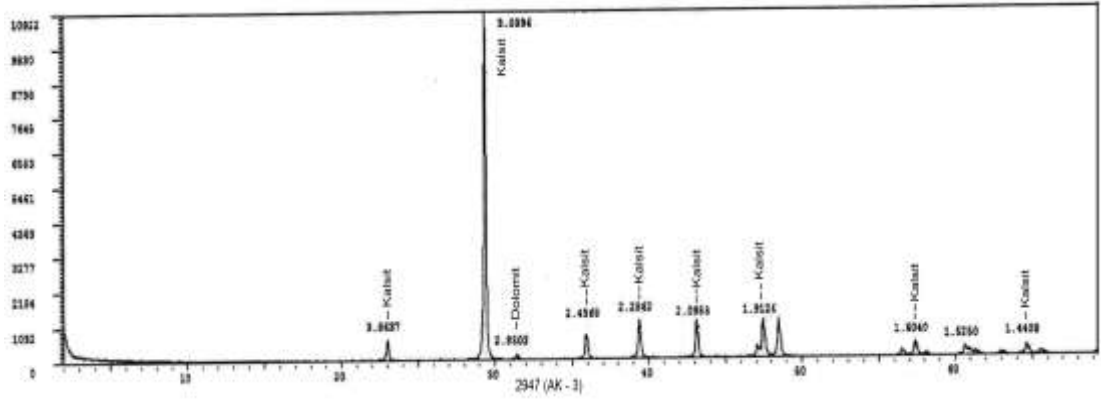
Şekil 4.29. Silisli koyu bej türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (YE-3B: Yeditepe Mermer)

TC-1 numunesi de silisli koyu bej türüdür ve Tunç Mermere ait'tir. Numunenin tamamı kalsit içermektedir (Şekil 4.30).



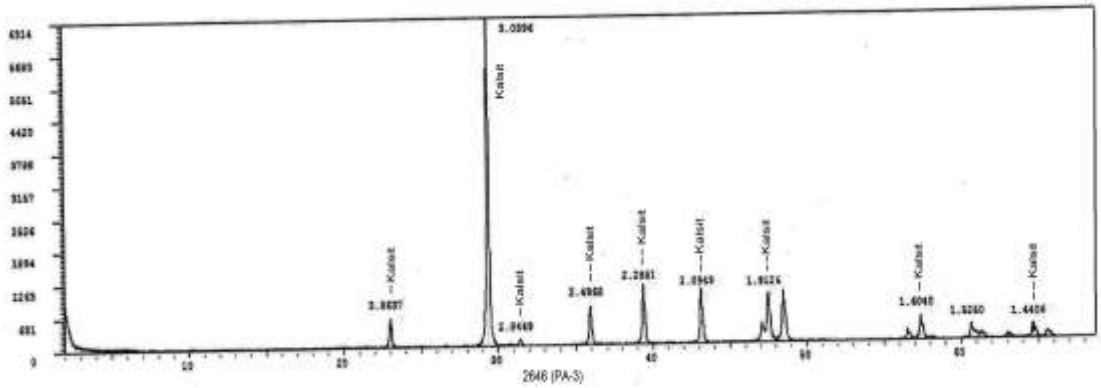
Şekil 4.30. Silisli koyu bej türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (TC-1: Tunç Mermer)

Fosilli açık bej üreten Aksoylar Madencilik' den alınan AK-3 numunesinin tamamına yakını kalsit içermekte ve sadece bir dolomit piki içermektedir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Fosilli açık bej türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (AK-3: Aksoylar Mermer)

Fosilli bej türünden bir diğeri de Pamukova Madencilik' e ait olan PA-3 numunesidir ve numune tamamen kalsit içermektedir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Fosilli bej türü mermer numunesinin X-ışını kırınımı analiz sonucu (PA-3: Pamukova Mermer)

Özetlenirse, X-ışını kırınımı (XRD) analizi sonuçlarına göre bazı mermer numunelerinin (AK-1, Aktaş Ocağı; AK-2, Akar Ocağı; KP-1, Kemalpaşa Ocağı; PA-3, Pamukova Ocağı; TC-1, Tunç Ocağı) tamamen kalsitten oluştuğu belirlenmiştir. Buna karşılık, bazı mermer numuneleri de (PA-2, Pamukova Ocağı; Bİ-1, Birikim Ocağı) yoğun olarak dolomit içerirken, iki mermer numunesinde (YE-3B, Yeditepe Ocağı; AK-3, Aksoylar Ocağı) yoğun miktarda kalsite rastlanılmıştır. Sonuçta; sahadaki rozalya türü kireçtaşı mermerlerin tamamen kalsit, fosilli bejlerin kalsit ve dolomit, emperador türünün de dolomit ve kalsit içerikli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.24-32).

4.7.3. Taramalı elektron mikroskobu incelemeleri

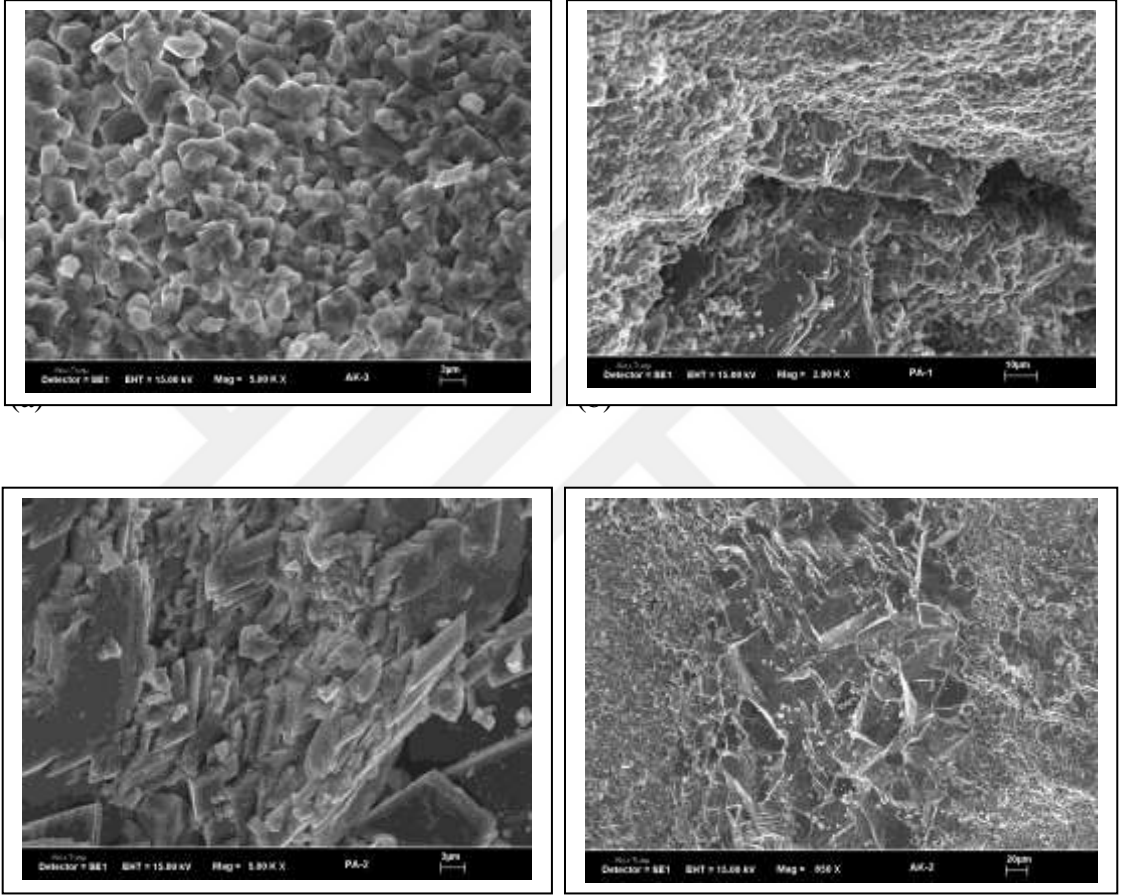
Çalışma alanı içerisinde işletilen farklı lokasyonlardaki mermer ocaklarından alınan 7 adet kireçtaşı mermer numunesi üzerinde taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemeleri yapılmış ve seçilmiş numuneler üzerinde de EDX ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda 200X ile 16000X arasındaki büyütme kullanılmıştır. Görüntüler genellikle 1500, 2500, 5000, 500, 3000 ve 8000X büyütme oranlarında alınmıştır (Şekil B.1-2-3-4).

Taramalı elektron mikroskop (SEM-EDX) çalışmalarına göre de, iki evreli olan kalsitlerden kalsit-1 levha şekilli, belirgin dilinimli gözlenirken, damar yerleşimli olarak kalsit-1 içine yerleşen kalsit-2 de öz şekilli-yarı öz şekilli olarak izlenir. Rozalya ve silisli bej türü mermerlerin genellikle levhamsı kalsitten, fosilli bej mermerin ise öz şekilli-yarı öz şekilli kalsit ve dolomitten oluştuğu görülmüştür (Şekil 4.33). Ayrıca, EDX çalışmalarına göre, yer yer SiO_2 (%0.87-46.18), Al_2O_3 (%0.63-31.53) ve K_2O (%1.27-10.98) içeriği yüksek olan element bileşimlerine rastlanmıştır (Çizelge 4.2). Olasılıkla, bu bileşimler kil minerallerinden kaynaklanmaktadır.

Fosilli bej türü mermer (AK-3, YU-1), yarı öz şekilli-öz şekilli tanelerden oluşan kalsitler ve levhamsı dilinimli kalsitler mevcuttur. Diğer numunede yine levhamsı görünümün yanı sıra, belli belirsiz öz şekilsiz taneler de mevcuttur. Fosilli bej mermerin CaO içeriği %32.65, %49.83 ve %55.31 şeklinde sıralanır. Bu noktalardan birinin (3) EDX ölçümlerine göre MgO %8.50 olarak belirlenmiştir. 2 nolu noktanın element içerikleri CaO %1.97, MgO %2.1, SiO_2 %45.08, Al_2O_3 %31.53, K_2O %10.3 şeklinde sıralanmaktadır (Çizelge 4.2). Bu bileşimlere göre bu nokta kil minerali olarak yorumlanabilir (Şekil B.1).

Silisli bej türü mermer (PA-1, YE-3A), levha şekilli ve dilinimli kalsitten oluşmaktadır. Silisli koyu bej mermerin genellikle CaO içeriği %48.43-60.53 arasında değişir. Aynı noktaların SiO_2 içeriği %0.87-10.91 arasında, Al_2O_3 içeriği de %0.41-4.84 arasındadır. Bazı noktaların CaO içeriği düşük iken (%1.53 ve %5.63), SiO_2 (%24.70 ve %46.18) ve Al_2O_3 (%22.83 ve %12.34) içeriği yüksektir. Sadece bir

noktanın K_2O içeriği %10.98 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.2). Bu bileşimler yorumlandığında, CaO değerlerinin yüksek olması kireçtaşının bileşimindeki kalsitten, MgO içeriğinin yüksek olması dolomitten kaynaklanır. Her ne kadar X-ışını kırınımı analizlerinde kuvars ya da silikatlı mineraller ve kil minerallerine rastlanmasa da SiO_2 içeriğinin yüksek olması silikatlı minerallerden, Al_2O_3 ve K_2O değerlerinin varlığı da kil minerallerinden kaynaklanmaktadır (Şekil B.2).



(c)

(d)

Şekil 4.33. Mermerin elektron mikroskop görüntüleri a. Fosilli açık bej (Aksoylar Ocağı, AK-3), b. Silisli koyu bej (Pamukova Ocağı, PA-1), c. Emperador (Pamukova Ocağı, PA-2), d. Rozalya (Akar Ocağı, AK-2)

Emperador türü mermer (Bİ-1, PA-2), levhamsı iki yönde belirgin dilinimlidir. Diğer numunede röliyef daha fazla ve dilinimler belirgin, levhamsıdır. Emperador mermerin CaO kapsamı %37.07 ile %57.81 arasındadır. MgO kapsamı %4.89 ile %15.30 arasındadır (Çizelge 4.2). Bu tür diğer türlere göre MgO bakımından daha zengindir (Şekil B.3).

Rozalya türü mermer (AK-2), levha şekilli belirgin dilinimli, camsı görünümlü iki evreli kalsitten oluşmaktadır. EDX sonuçlarına göre; CaO içeriği %38.26, %44.62 ve %48.84 şeklindedir. Aynı noktaların MgO içeriği %0.77 ve %0.43'tür. SiO₂ bir noktada %45.6 iken CaO %2.09, MgO %1.87, Al₂O₃ %14.19, K₂O %6.75 ve Na₂O %1.26 dır (Çizelge 4.2). Bu noktanın silisce zengin alüminyum ve potasyum içerikli bir mineral (olasılıkla kil minerali) olduğu düşünülmektedir (Şekil B.4).

Çizelge 4.2. Çalışma sahasındaki mermer numunelerinin SEM-EDX üzerinde ölçülen major oksit analiz sonuçları (%)

Lokasyonlar	Ticari İsmi	N.No	Ölçüm N.	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂	Toplam
Aksoylar Ocağı	Fosilli Açık Bej	AK-3		55,31						44,69	100
			a	49,83						50,17	100
Yüce Ocağı	Fosilli Koyu Bej	YU-1	b	1,97	2,1	45,08	31,53	10,3		9,03	100,01
			c	32,65	8,5					58,85	100
			a	48,43		0,87	0,41			50,28	99,99
Pamukova Ocağı	Silisli Koyu Bej	PA-1	b	55,33		2,47	1,12			41,07	99,99
			c	60,53		1,65	0,63			37,18	99,99
			d	1,53		24,7	22,83			50,94	100
Yeditepe Ocağı	Silisli Koyu Bej	YE-3A	a	51,44	0,2	10,91	4,84			32,6	99,99
			b	5,63		46,18	12,34	10,98		24,87	100
Birikim Ocağı	Emperador	Bİ-1		41,6	4,89					53,51	100
			a	37,07	10,55					52,38	100
			b	41,44	15,3					43,25	99,99
Pamukova Ocağı	Emperador	PA-2	c	43,55	12,79					43,66	100
			d	57,81	10,93					31,26	100
			e	38,38	13,19					48,44	100,01
			a	48,84						51,16	100
Akar Ocağı	Rozalya	AK-2	b	2,09	1,87	45,6	14,19	6,75	1,26	28,26	100,02
			c	44,62	0,43					54,94	99,99
			d	38,26	0,77	10,76	3,77	1,27		45,18	100,01

4.8. Çalışma Alanındaki Mermerlerin Jeokimyasal Özellikleri

4.8.1. Ana oksitler

Sahanın farklı kısımlarından makroskobik olarak değişik özelliklere sahip olan 14 adet mermer numunesi alınarak element içerikleri için analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.3 de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre emperador (% 36.70) türü hariç, diğer tür numunelerin CaO içerikleri % 54-56 arasında değişmekte olup saf kalsitten oluştuklarını göstermektedir.

Çizelge 4.3. Çalışma sahasındaki kireçtaşı mermerlerin anaoksit (%) iz ve nadir toprak element (ppm) içerikleri

Lokasyon	1	1	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7	8	
Türü	SKB	SAB	FAB	FAB	SKB	EMP	SKB	FAB	ROZ	ROZ	FAB	FAB	FKB	EMP	
Numune N	YE-3A	YE-3B	YB-1	YB-2	PA-1	PA-2	TC-1	KP-2	KP-1	AK-2	AK-3	AK-1	YU-1	BI-1	
Elementler	DL														
SiO ₂	0,01	1,87	0,48	0,04	0,38	0,97	0,25	0,99	0,11	0,89	0,79	0,09	0,13	0,48	0,35
Al ₂ O ₃	0,01	0,42	0,15	<0,01	0,02	0,08	0,05	0,31	0,02	0,24	0,23	0,02	0,03	0,05	0,12
Fe ₂ O ₃	0,04	0,25	0,19	0,04	0,14	0,12	0,19	0,08	0,08	0,15	0,25	0,06	<0,04	0,07	0,16
MgO	0,01	0,74	0,98	0,42	0,32	0,62	17,56	0,67	0,45	0,64	0,73	0,21	0,22	1,3	15,86
CaO	0,01	53,68	54,72	56,03	55,81	54,93	35,97	54,71	55,76	54,79	54,63	56,31	56,18	55,17	37,42
Na ₂ O	0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,04	0,02	<0,01	0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,03	0,03
K ₂ O	0,01	0,19	0,04	<0,01	<0,01	0,04	0,02	0,05	<0,01	0,1	0,08	<0,01	<0,01	0,03	0,03
TiO ₂	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
MnO	0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cr ₂ O ₃	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Toplam C	0,02	12,13	12,3	12,37	12,36	12,28	13,1	12,33	12,36	12,19	12,14	12,3	12,3	12,39	12,98
Toplam S	0,02	0,07	0,08	<0,02	<0,02	0,04	0,04	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,03
Ateş Kaybı	-5,1	42,8	43,4	43,5	43,3	43,1	45,7	43,2	43,5	43,1	43,3	43,4	43,4	42,8	45,8
Toplam	0,01	99,96	99,95	99,97	99,97	99,89	99,69	99,95	99,95	99,99	99,98	100,1	100	99,94	99,72
Ba	1	15	11	3	2	139	2	21	2	25	4	1	3	19	3
Sr	0,5	264,6	130	135,9	184,6	221,7	147,3	227	151,5	153,1	179	86,9	92,8	271,9	133,6
Rb	0,1	3,80	1,1	0,4	0,4	0,8	0,5	1,1	0,4	2	1,9	0,4	0,6	0,9	0,6
Nb	0,1	1,1	1,3	<0,1	0,5	3,5	0,3	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,9	0,7
U	0,1	3,3	1,7	0,5	<0,1	2,1	2	1,2	<0,1	0,6	<0,1	0,3	0,3	2,8	1,4
V	8	41	31	9	<8	17	15	13	16	20	22	17	24	18	13
Zr	0,1	5,7	3,9	3,4	5,1	4,8	2,8	9	2,5	20,8	5,8	9	3	2,4	4,1
Y	0,1	4,1	4,4	0,5	0,6	3	2,2	2,2	1,3	4,6	3,2	0,4	0,6	1,4	2,6
Cu	0,1	1,5	1,1	0,6	0,5	0,6	1,3	2,6	1,1	1,7	1,1	0,7	1,2	0,7	1,2
Pb	0,1	1,1	1,5	0,2	0,3	0,4	0,4	1,2	0,5	1,3	0,6	0,5	0,6	0,4	0,3
Zn	1	11	5	2	2	5	13	11	11	5	5	3	3	7	5
Ni	0,1	3,8	1,9	2,8	2	1,7	1,9	2,6	2,3	1,1	2,7	2,2	2,2	3,6	2,2
Co	0,2	0,3	0,6	<0,2	<0,2	0,7	<0,2	0,6	0,7	1,4	0,6	<0,2	0,5	0,7	0,7
Au	0,5	18,5	13,5	3,2	1	4,8	5,4	32,1	5,9	7	8,7	9,5	11,9	3	1,1
La	0,1	3,2	2,3	0,7	0,8	4,7	2	2,2	1,4	3,8	2,4	0,8	1	1,8	2,6
Ce	0,1	1,8	1,9	0,3	0,2	5,4	0,8	1,6	0,5	1,8	1,6	0,3	0,4	0,8	1,3
Pr	0,02	0,14	0,03	<0,02	<0,02	0,38	<0,02	<0,02	<0,02	0,11	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
Nd	0,3	0,4	<0,3	<0,3	<0,3	1,7	<0,3	<0,3	<0,3	1,4	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Sm	0,05	0,1	0,08	<0,05	<0,05	0,26	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Eu	0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	0,03	<0,02	0,05	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Gd	0,05	0,32	0,22	<0,05	<0,05	0,35	0,09	0,18	<0,05	0,3	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	0,26
Tb	0,01	0,04	0,04	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,01	<0,01	0,05	0,03	<0,01	<0,01	0,01	0,02
Dy	0,05	0,28	0,36	<0,05	<0,05	0,25	<0,05	0,25	<0,05	0,36	0,06	<0,05	0,14	0,07	0,29
Ho	0,02	0,07	0,08	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	0,04	0,04	0,09	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
Er	0,03	0,16	0,3	0,07	0,04	0,07	0,09	0,07	0,03	0,15	0,15	0,04	0,06	0,08	0,06
Tm	0,01	0,02	0,07	<0,01	<0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,04	0,03	<0,01	0,01	<0,01	0,02
Yb	0,05	0,19	0,35	0,06	<0,05	0,15	0,08	0,14	0,11	0,2	0,18	<0,05	0,08	0,14	0,13
Lu	0,01	0,03	0,05	<0,01	<0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01

Ocaklar: 1. Yeditepe, 2. Pamukova, 3. Tunç, 4. Kemalpaşa, 5. Akar, 6. Aktaş, 7. Yüce, 8. Birikim. **Mermer Türleri:** SKB: Silisli koyu bej, SAB: Silisli açık bej, ROZ: Rozalya, FAB: Fosilli açık bej, FKB: Fosilli koyu bej, EMP: Emperador

Düşük CaO içeriğine sahip olan, emperador türü mermerde MgO içeriği % 16.71, fosilli koyu bej mermerde % 1.30, diğer türlerde ise % 0.32-0.98 arasında

değişmektedir. Emperador mermerlerin magnezyum bakımından zengin olması, bu numunelerde dolomit mineralinin varlığına işaret etmektedir. Mermerlerin Fe_2O_3 içeriği fosilli açık ve koyu bejlerde çok düşüktür (% 0.07 ile % 0.08), diğerlerinin ise % 0.15-0.20 arasında değişmektedir. SiO_2 içeriği koyu bej türünde % 1.28 diğer türlerde ise % 0.15-0.84 arasında değişmektedir. Koyu bej türü mermerde bulunan yüksek SiO_2 miktarı, büyük bir olasılıkla kireçtaşlarında bulunan çörtten kaynaklanmaktadır.

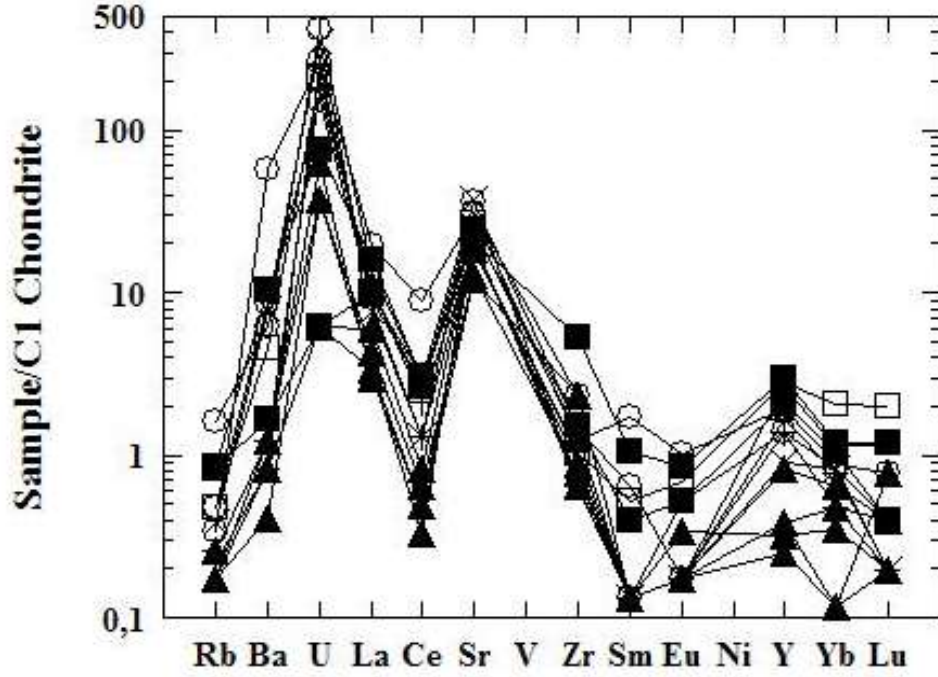
4.8.2. İz elementler

Sahanın farklı kısımlarından makroskobik olarak değişik özelliklere sahip olan 14 adet mermer numunesi alınarak element içerikleri için analiz edilmiş ve analiz sonuçları Çizelge 4.3 de verilmiştir. İz element analiz sonuçlarına göre, Sr konsantrasyonu fosilli koyu bej ve silisli koyu bej mermerlerde 272-238 ppm arasında değerler verirken, diğer türlerde 130-166 ppm arasında değerler sunar. Sonuçlara göre silisli koyu bej ve fosilli koyu bej mermerler Sr bakımından diğer tür mermerlere göre oldukça zengindir. Ba içeriği de silisli koyu bej (58.3 ppm) ve fosilli koyu bej (19 ppm) mermerlerde diğerlerine (2.2-14.5 ppm) oranla yüksektir. Silisli açık ve koyu bejler ve rozalya mermerler (31 ppm, 23.7 ppm ve 21 ppm) temel değerler (20 ppm) ve diğer tür mermerlere (16.5-18 ppm) göre V konsantrasyonu bakımından biraz zengindir. Kireçtaşında stronsiyumun bolluğu, Ca ve Sr'un iyon yarıçapı ve valence değerlerinin benzerliği ve stronsiyumun kalsiyumun yerini almasından dolayı olağandır. Sr ve Ba'un bolluğu, Y, Zr ve Ni'in azlığı da karbonatlı kayaçların oluşum koşullarından (ayrışma, taşınma, depolanma, Eh-pH) ya da bu elementlerin göç etmesinden kaynaklanabilir.

4.8.3. Nadir toprak elementleri

Çalışma sahasındaki kireçtaşı mermer numunelerinin nadir toprak element (NTE) bileşimleri Çizelge 4.3 de verilmiştir. Aynı zamanda bazı iz elementler (Rb, Zr, Ba, U, Sr ve Y) ve NTE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu) değerleri Şekil 4.34'deki grafiğe yerleştirilerek yorumlanmıştır.

Kondrit normalize iz ve nadir toprak elementlerin eğrilerine göre Rb, La, Ce, Zr, Eu ve Yb düşüş gösterirken, Ba, U, Sr ve Y zenginleşme sunar. Nadir toprak elementlerinde (NTE) gözlenen bu azalış, element göçünü düşündürür (Şekil 4.34). Bu durum, kireçtaşlarının diyajenezi ya da ayrışması süresince veya pH' ın asidik koşullara doğru azalışından kaynaklanabilir. Ayrıca, Eh daki diyajenetik değişimler de, farklı oksidasyon durumlarında var olabilen Ce yi etkileyebilir. Kondrit normalize NTE eğrilerine göre de, La zenginleşme ve pozitif anomali gösterirken, Ce ve Pr de negatif anomali verir. Ce'nin negatif anomali göstermesi, kireçtaşını oluşturan çözeltilerin deniz suyu kaynaklı olabilir. Kısacası, çalışma kapsamında ele alınan numunelerin Sr, Ba, Rb, Zr, Ni, U gibi iz element ve NTE (nadir toprak element) içerikleri kireçtaşlarında gözlenen miktarlar arasında yer almaktadır.



Şekil 4.34. Çalışılan kireçtaşı mermerlerin kondrit normalize iz ve NTE element eğrileri

4.8.4. Oksijen ve karbon izotop oranları

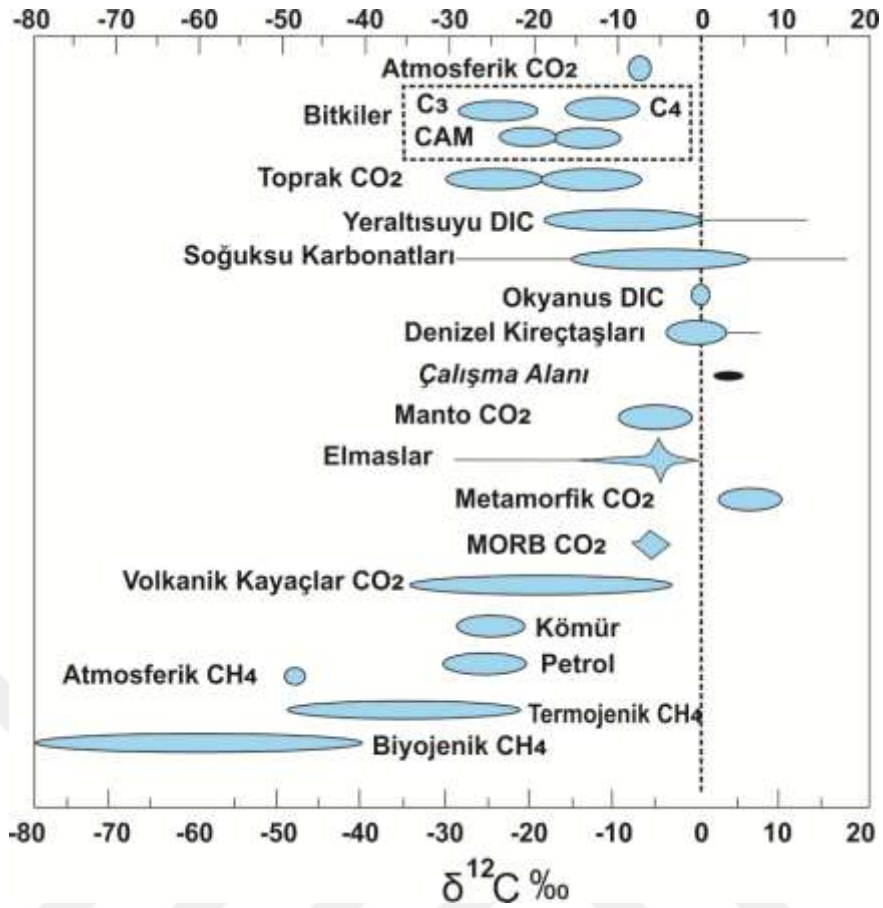
Çalışma sahasından farklı türlerden ve lokasyonlardan derlenen 8 adet mermer numunesi üzerinde gerçekleştirilen oksijen ve karbon izotop oranları Çizelge 4.4 da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Çalışma sahasındaki mermerlerin oksijen ve karbon izotop oranları

Lokasyon	Numune No	Türü	Mineralojisi	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰)	Ort. $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰)	Ort. $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰)
Pamukova Ocağı	PA-1	Silisli koyu bej	Kalsit	3,09		25,85	
Pamukova Ocağı	"	Silisli koyu bej	Kalsit	3,08	3,08	25,94	25,89
Kemalpaşa Ocağı	KP-1	Rozalya	Kalsit	2,19		29,76	
Kemalpaşa Ocağı	"	Rozalya	Kalsit	2,22	2,20	29,63	29,69
Akar Ocağı	AK-2	Rozalya	Kalsit	2,59		25,94	
Akar Ocağı	"	Rozalya	Kalsit	2,61	2,60	26,03	25,98
Aktaş Ocağı	AK-1	Fosilli açık bej	Kalsit	0,50		29,41	
Aktaş Ocağı	"	Fosilli açık bej	Kalsit	0,51	0,50	29,49	29,45
Akar Ocağı	AK-3	Fosilli açık bej	Kalsit	1,33		29,22	
Akar Ocağı	"	Fosilli açık bej	Kalsit	1,29	1,31	29,39	29,30
Yüce Ocağı	YU-1	Fosilli koyu bej	Kalsit	3,07		29,67	
Yüce Ocağı	"	Fosilli koyu bej	Kalsit	3,07	3,07	29,66	29,66
Pamukova Ocağı	PA-2	Emperador	Kalsit, dolomit	2,58		29,76	
Pamukova Ocağı	"	Emperador	Kalsit, dolomit	2,57	2,58	29,83	29,79
Birikim Ocağı	Bi-1	Emperador	Kalsit dolomit	2,49		29,14	
Birikim Ocağı	"	Emperador	Kalsit dolomit	2,51	2,50	29,17	29,15

PDB standardına göre yerküredeki bazı karbon rezervuarlarının $\delta^{13}\text{C}$ aralıklarına göre deniz suyunun $\delta^{13}\text{C}$ değeri ‰ 0'a yakındır ve denizel karbonatların $\delta^{13}\text{C}$ değeri ‰ -1 ile +2 arasındadır (Şekil 4.35). Eski deniz suları, belirgin sürekli devam eden bir bileşime sahip olmasa Veizer vd. (1986) ve Hoffman vd. (1998) tarafından Fanerozoik'te bazı değerler kaydedilmiş en büyüğü Permiyende, PDB tablosunda, ‰ 6'dır. Daha küçükleri Kretase'de stratigrafik belirteç olarak kullanılır ve bu değer ‰ 4.8'dir (Hart ve Leary, 1989). Tersiyerde okyanus tabanlarındaki yığın şeklindeki karbonatlara göre ve stratigrafik korelasyonda kullanılan önemli değerler kaydedilmiştir (Williams vd., 1988).

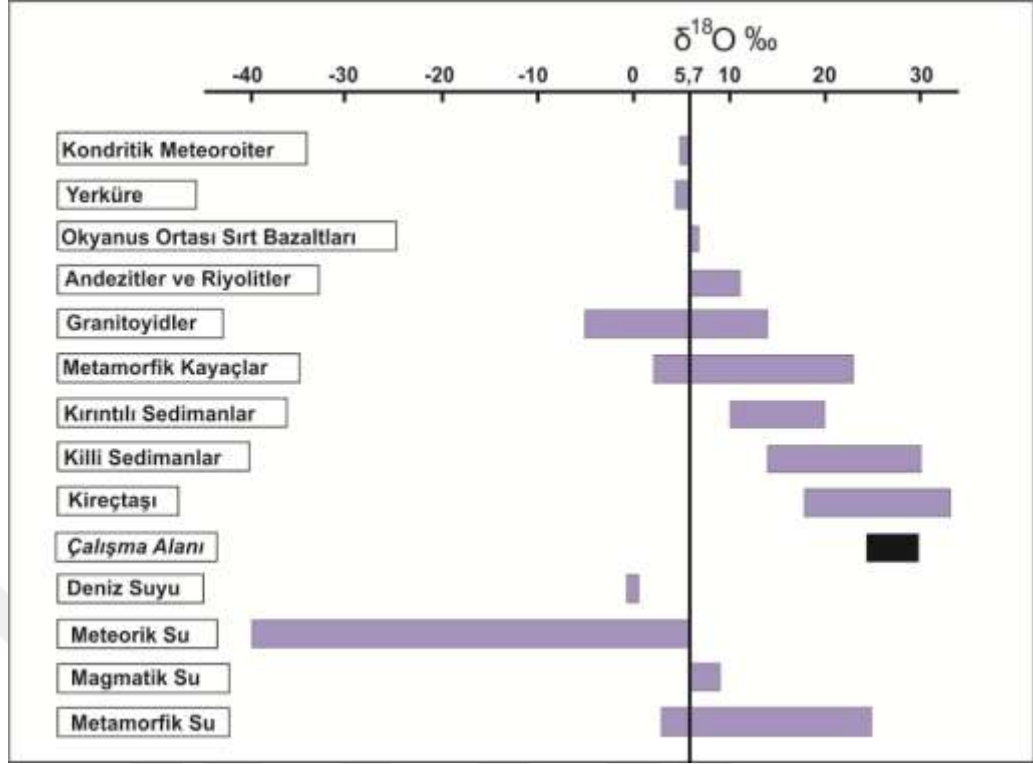
Çalışma sahasındaki kalsit içerikli mermer numunelerinin karbon izotop oranları ‰0,50 ile ‰3.08 arasında değişirken, kalsit ve dolomit içerikli mermer numunelerinin karbon izotop oranları ‰2.50 ve ‰2.58 olarak ölçülmüştür. Buna göre, çalışma sahasındaki kireçtaşı mermer numunelerinden mineralojik bileşimi bakımından kalsit ve kalsit+dolomit içerikli numunelerin karbon izotop değerleri sifıra yakın pozitif değerler gösterdiğinden denizel kireçtaşlarına karşılık gelmektedir. Yani, çalışma sahasındaki kireçtaşlarının bileşimindeki karbonun kaynağının standartlardaki denizel kireçtaşlarının bileşimindeki karbonun kaynağı ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.35. PDB standardına göre yerküredeki bazı karbon rezervuarlarının $\delta^{13}\text{C}$ aralığı (Hoefs, 2009)

SMOW 'a göre doğada oksijen izotop rezervuarlarının $\delta^{18}\text{O}$ değerleri doğada ‰ 100 oranında değişim göstermektedir. Bu değişikliğin yaklaşık olarak yarısı meteorik sulara bulunmaktadır (Şekil 4.36).

Kondritik meteoritler çok kısıtlı bir aralıkta $\delta^{18}\text{O}$ değerlerine sahiptir ve mantodaki $\delta^{18}\text{O}$ değeri ‰ $+5.7 \pm 0.3$ tür. Birçok granit, metamorfik ve tortul kayaç manto değerine göre $\delta^{18}\text{O}$ ' ce zenginleşmiştir. Bunun yanında, meteorik sular ve deniz suları, $\delta^{18}\text{O}$ ' ce fakirdir ve bu nedenle tamamlayıcı $\delta^{18}\text{O}$ rezervuarlarını oluştururlar.



Şekil 4.36. Doğal oksijen izotop rezervuarları. Veriler, Taylor (1974), Onuma vd. (1972), Sheppard (1977), Graham ve Harmon (1983) ve Hoefs (1987)'den alınmıştır.

Çalışma sahasındaki kireçtaşı mermer numunelerinin oksijen izotop oranları ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$), sadece kalsit içerikli mermer numunelerinin %25,89-%29,69 arasında değişirken, kalsit ve dolomit içerikli olan mermer numunelerinin %29,15 ve %29,79 olarak belirlenmiştir. Grafiğe bakıldığında denizel kireçtaşlarının oksijen izotop oranları ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$), yaklaşık olarak %15-32 arasında değerler sunmaktadır. Bu değerler çalışma sahasındaki kireçtaşı mermer numunelerinin oksijen izotop değerleri ile uyumluluk göstermektedir.

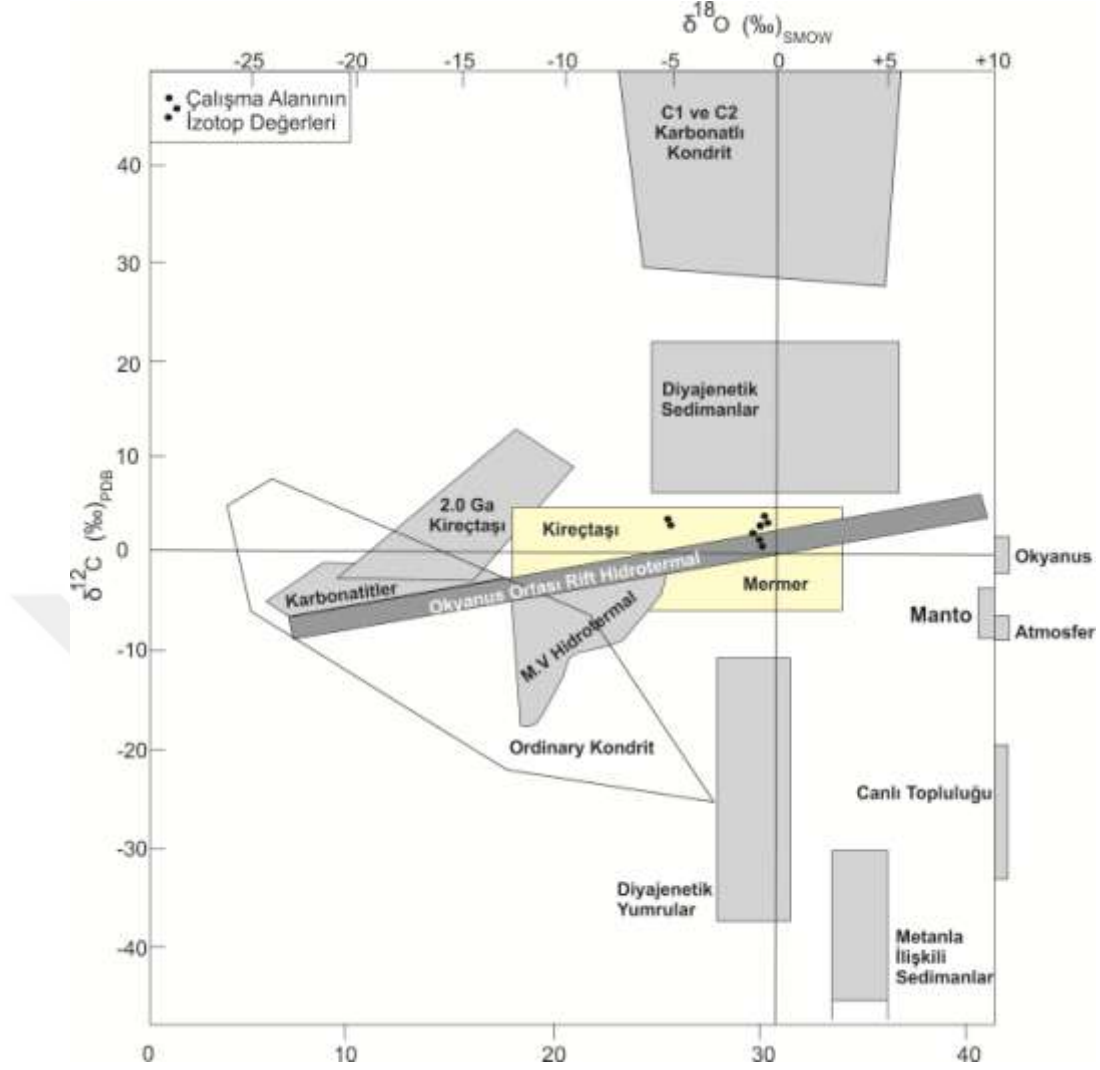
$\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ diyagramı, tortul karbonatların oluşumunu ve özellikle de kireçtaşı diyajenezini anlamak için oldukça çok kullanılan bir yöntemdir. Karbon izotop çalışmaları, karbonatlardaki karbonun kökeninin belirlenmesinde ve denizel, organik veya metanla ilişkili karbonatlar olarak ayrılmasında kullanılır (Coleman ve Raiswell, 1981). Tortul kayaçlardaki oksijen izotop çalışmaları, karbonatlarla dengede olan akışkanın kökeninin belirlenmesinde ve Epstein vd. (1953)'nin termometresi kullanılarak, karbonat oluşum sıcaklığının belirlenmesinde kullanılır.

Sıcaklık değişimleri, orijinal deniz suyu sıcaklığını veya diyajenez sıcaklığını verebilir, fakat kimyasal dengeye dikkat edilmelidir (McConnaughey, 1989a, b). Akışkan çalışmaları, dengedeki boşluk sularının bileşimi ile kalsit çimentolarının hesaplanmasında yararlıdır.

Karbonatlarda birleştirilmiş $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop çalışmaları farklı kökenli karbonatların ayırımında oldukça önemlidir. Şekil 4.37’de karasal ve meteorik karbonatların bileşimi, $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ diyagramında gösterilmektedir.

Allan ve Mathews (1982)’in çalışmaları, kireçtaşı ve meteorik sular arasındaki ilişkinin $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ diyagramında belirlenebileceğini göstermektedir. Bu sürecin belirgin işareti, geniş aralıktaki $\delta^{13}\text{C}$ değerinin dar aralıktaki $\delta^{18}\text{O}$ değerleriyle birleşmesidir. Bu değer yükselir çünkü yeniden kristallenmiş karbonatlardaki $\delta^{13}\text{C}$ değeri, iki farklı karbon rezervuarının bileşiminden gelmektedir. Oksijen ise, tek bir rezervuardan gelir. Bu rezervuar, meteorik sulardır. Karışım zonu karbonatları, yer altı suyu zonunda oluşan deniz suyu ve meteorik suyun karıştığı, tipik olarak $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ arasındaki pozitif çeşitliliği gösterir. Bu çeşitlilik, meteorik su ve deniz suyu gibi farklı bileşimdeki suların karışmasının sonucudur. Meteorik su deniz suyuna göre $\delta^{18}\text{O}$ ’ce fakirdir ve topraktan geçtiği için, ^{12}C ’ce zenginleşmiştir. Searl (1989), bu ilişkiyi karışım zonu dolomitlerini tanımlamak için, Güney Wales’teki Alt Karbonifer kireçtaşlarında kullanmıştır.

Çalışma sahasından alınan mermer numunelerinde ölçülen oksijen ve karbon izotop değerleri yukarıdaki grafiğe yerleştirildiğinde bu noktaların denizel ortama ait kireçtaşı alanına tekabül ettiği görülmektedir.



Şekil 4.37. Farklı çevrelerdeki karbonat bileşimlerini gösteren $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ grafiği (Coleman ve Raiswell, 1981; $\delta^{18}\text{O}$, PDB ve SMOW'a göre çizilmiş ve değişik karbon rezervuarlarının izotopik bileşimi diyagramın sağ kısmında gösterilmektedir).

4.9. Çalışma Alanındaki Mermerlerin Ekonomik Durumu

Bölgedeki mermercilik faaliyetinin son dönemde önem kazanması ile birçok bakır alan mermercilik yönüyle değerlendirilmeye başlanmıştır. Bölgede faaliyet gösteren firmaların yüksek verimle ve durmaksızın çalışmaları da bölgenin, mermercilik bakımından potansiyelini ortaya koymaktadır. Tüm bu verilerin dışında, çalışma sahasının içinde bulunduğu Bursa ili, sahip olduğu büyük limanlar sayesinde adeta dünyaya açılan bir kapı gibi mermer üreticilerinin ürettikleri mermerleri hem Avrupa'ya hem de özellikle Çin'e ihraç etmelerini sağlamaktadır. Çalışma sahası

bulunduğu bu konumla, firmaları gereksiz lojistik masraflardan kurtararak, sektöre ve mermerciliğe yatırım yapmalarına olanak sağlamıştır.

Çalışma sahası, tektonik evrimi ve jeolojik özellikleri göz önüne alındığında mermer üretimi için oldukça elverişli bir konumdadır. Zira bölgede halen 20'den fazla işletme ruhsatı ve 50 den fazla arama ruhsatı bulunan firmalar mevcuttur. Öyle ki, söz konusu firmalar üretime geçmiş ve yüksek blok verimi elde ederek kısa sürede ciddi ekonomik girdiler elde etmiştir. Bölgedeki kireçtaşlarının genellikle masif bir yapı sunması ve az süreksizlik içermesi sayesinde bu kireçtaşlarının blok verimi yüksek ve dolayısı ile ekonomik potansiyeli iyi bir konumdadır. Bölgeden elde edilen; açık bej, koyu bej, dumanlı bej, bulutlu bej, fosilli bej ve emperador türleri özellikle dış piyasa tarafından sürekli istenmekte ve rağbet görmektedir. Çalışma sahasında mermer üretimi yapan ocakların ekonomik özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

İki farklı sahada üretim yapan Kemalpaşa Mermer Ocakları, 3 adet olup, Kemalpaşa-1'de çok düşük blok verimi ile rozalya üretimi yapmaktadır. 5 ayda yaklaşık 100 ton rozalya çıkarılmaktadır. 2009'da faaliyete geçmiştir, ancak son bir yıldır aktif çalışan bir mermer ocağıdır, esas üretim Kemalpaşa-2 Ocağı'ndan sağlanmaktadır. Kemalpaşa-2, 1995'de faaliyete geçmiş, ancak son 3 yıldır üretim yapabilmektedir. Bu ocakta daha çok açık bej mermer üretilmektedir. Yıllık ortalama 4200 m³ üretim yapılmakta ve 3500 m³'ü satılmaktadır. Üretilen mermerler en çok Çin ve Hindistan'a satılmaktadır. Yeditepe Mermer Ocağında, Bursa koyu bej mermer üretimi patates tipi bir işletmeyle çıkartılmaktadır. Kademe yoktur. 2005'ten bu yana üretim yapılmaktadır. Mermer %3 verimle üretilmektedir. Üretilen mermer Çin ve Hindistan'a satılmaktadır. Yıllık ortalama olarak 4 200 m³ koyu bej üretimi yapan şirket, bu üretimin 3500 m³'ünü satmaktadır (Şekil B.5; Şekil 4.38).



(a)

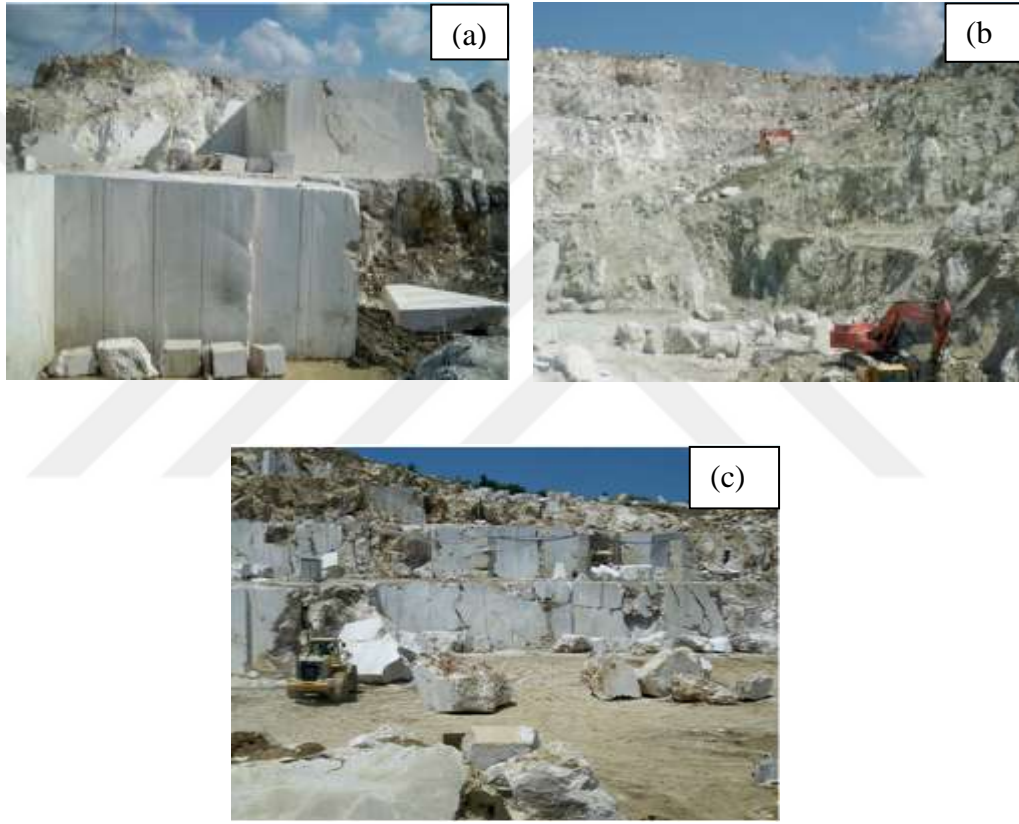


(b)

Şekil 4.38. (a) Yeditepe Mermer ocağında gözlenen patates tipi ve tel kesme ile blok alma yönteminin beraber görünümü, (b) Yeditepe Mermer ocağında yapılan patates tipi işletmenin genel görünümü

Akar Mermer Ocağı; 2008 yılından itibaren faaliyet gösteren şirket rozalya üretimi yapmaktadır. Ocakta iki kademe mevcuttur, bu mermer ocağı hariç şirketin üç mermer ocağı daha vardır. Şirket, yıllık ortalama 3500 m³ üretim yapmakta ve bu

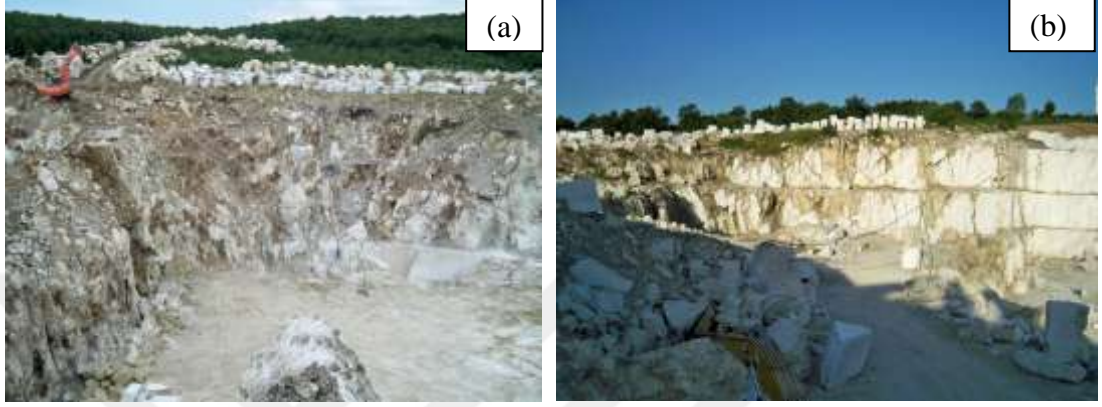
üretim 3200 m³'ünü yalnızca Çine satmaktadır. Akmer Taş Mermer Ocağının 1991 yılından itibaren faaliyeti devam etmekte ve Bursa beji üretimi yapılmaktadır. Ocağın kademe sayısı 10'dur. Yıllık olarak ortalama 10000 m³ Bursa beji üretilmekte ve üretimin tamamı Çin, Hindistan, Mısır ve Lübnan'a satılmaktadır. Yüce Mermer Ocağı; 2009'dan bu yana faaliyet göstermekte ve ocaktan koyu bej, galas ve bulutlu bej üretimi yapılmaktadır. Patates tipi işletme tipine sahiptir ve ortalama olarak 4000 m³ mermer üretimi yapılmaktadır. Üretilen mermerin tamamı Çin ve Hindistan'a satılmaktadır (Şekil B.5; Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Sahadaki işletmelerde mermer ocaklarının genel görünümü. a) Akar Mermer Ocağı, b) Akmer Mermer Ocağı, c) Yüce Mermer Ocağı

Birikim Mermer Ocağı, Birikim Mermer Şirketi tarafından 2003 yılından itibaren işletilmekte ve 3 adet mermer ocağından oluşmaktadır. Ocakta 4 kademedan koyu bej mermer üretilmektedir. Yıllık ortalama 3500 m³ mermer üretimi yapılmakta ve bunun 3000 m³'ü Çin ve Hindistan'a satılmaktadır. Tunç Mermer Ocağından; 2008'den itibaren Bursa koyu bej türü mermer üretimi yapılmaktadır. Ocağın 2 kademesi üretim için kullanılmakta ve patates tipi işletilmektedir. Yıllık ortalama

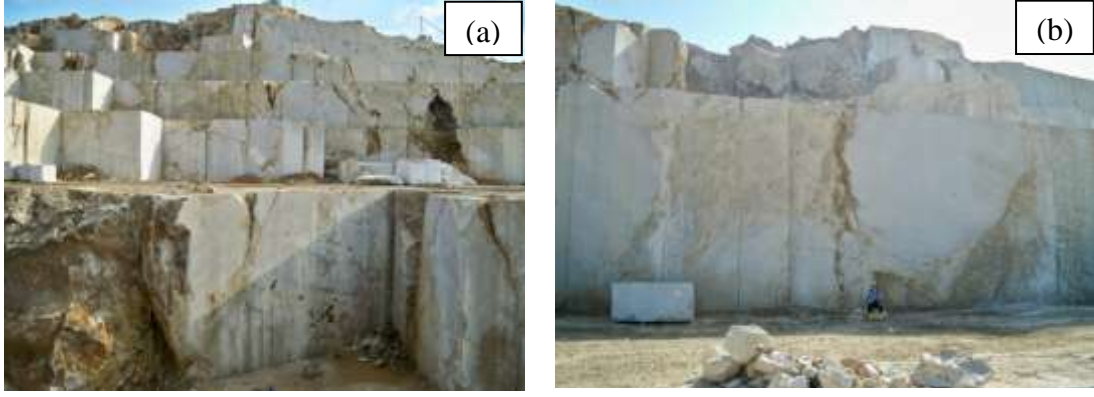
olarak 2500 m³ mermer üretilmekte ve üretilen mermerin yaklaşık olarak yarısı Çin'e satılmaktadır. Aktaş Mermer Ocağından; 2006'dan beri açık bej üretimi yapılmakta ve 3 adet mermer ocağı var olup, bu ocaktaki kademe sayısı 4'tür. Şirket yıllık ortalama 4000 m³ açık bej mermeri Çin'e ve iç piyasaya satmaktadır (Şekil B.5; Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Sahadaki işletmelerde mermer ocaklarının genel görünümü a) Birikim Mermer Ocağı, b) Tunç Mermer Ocağı

Akşi Mermer Ocağı; 1995'te faaliyete başlamış ve şirketin 1 adet mermer ocağı vardır ve bu ocaktan sürekli üretim yapılamamaktadır. Bunun sebebi, mermer bol kırık ve çatlak içerdiği için blok verimi oldukça düşüktür. Ocaktan açık bej mermer çıkarılmakta ve yıllık ortalama 3000 m³ üretim yapılmaktadır. Bunun 2500 m³ ü Çin ve iç piyasaya satılmaktadır. Pamukova Mermer Ocağı; 2003 yılında işletilmeye başlanmış ve hala üretim devam etmektedir. Şirketin 2 adet mermer ocağı var olup, genellikle bu ocaklardan farklı tür mermerler çıkarılmaktadır. Özellikle emparator (imparator), koyu bej ve açık bej üretimi yapılmaktadır. Az miktarda ise, rozalya üretilmektedir. Ocaktaki kademe sayısı 8 olmakla beraber, yıllık ortalama olarak 3500 m³ mermer üretimi yapılmakta ve bunun 3200 m³'ü Çin, Hindistan ve iç piyasaya satılmaktadır (Şekil B.5; Şekil 4.41).

Çalışma alanının mermer üretimi yapılan birim olan İnatlar Kireçtaşı, 7,1 km² lik yayılıma ve 200 metrelik kalınlığa sahip olup; 1 420 000 m³ lük bir rezerve sahiptir. (Not: Kalınlık değerleri literatürden alınmış olup, ortalamayı yansıtmaktadır)



Şekil 4.41. Pamukova Mermer Ocağına ait görünüm (a ve b)

Çalışma sahasından alınan mermer numunelerinin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla, Işık ve Deniz (2012) ve Işık vd. (2012) tarafından fiziko-mekanik deneyler yapılmıştır. Çalışma sahasından sistematik bir şekilde alınan numuneler üzerinde birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, porozite, tek eksenli basınç ve eğilme dayanımları, Böhme yüzeysel aşınma dayanımı gibi fiziko-mekanik deneyler yapılmış ve deney sonuçları TS2513 ve TS1910 standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda türlerine göre mermerlerin kullanım özellikleri ortaya konulmuştur. Deney sonuçları ve standartlarla karşılaştırılma aşağıda tabloda verilmiştir (Çizelge 4.5).

Yapılan fiziksel ve mekanik deney sonuçlarına göre, koyu bej mermerin Böhme yüzeysel aşınma ve eğilme dayanımları, birim hacim ağırlık ve ağırlıkça su emme deney sonuçları TS2513 ve TS1910 standartlarına uygun olmakla birlikte, sadece tek eksenli basınç dayanımı ($463,56 \text{ kg/cm}^2$) standartların altındadır (Çizelge 4.5). En yaygın tür açık bej mermerin deney sonuçları, diğeri gibi standartlara uygundur. İmparator türü mermerde eğilme ve tek eksenli basınç dayanımları, birim hacim ağırlık ve ağırlıkça su emme değerleri ile her iki standart için de uygun, sadece Böhme yüzeysel aşınma dayanımı ($15,81 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$) sonucuna göre standartların dışındadır (Çizelge 4.5). Tüm sonuçlar yorumlandığında her üç mermer türünün hem yapı taşı hem de kaplama olarak kullanılabilir olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.5. Çalışma sahasındaki farklı tür mermerlerin fiziko-mekanik deney sonuçları ve TS 2513 (doğal yapıtaşı için) ve TS 1910 (kaplama taşı için) standartları ile karşılaştırılması (Işık vd., 2012)

	<i>Deneyler</i>	2513 ve 1910	Açık Bej	Koyu Bej	İmparator
		Standardı	<i>Sınır Değerleri</i>		
Fiziksel Özellikler	Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	>2.55	2.63	2.68	2.66
	Ağırlıkça su emme (%)	< 1.80	0.23	0.34	1.70
	Porozite (%)	<2	0.60	0.91	4.52
Mekanik Özellikler	Tek Eksenli basınç dayanımı (kg/cm ²)	>500	585.32	463.56	717.26
	Eğilme dayanımı (kg/cm ²)	>50		88.89	89.28
	Böhme yüzeysel aşınma dayanımı (cm ³ /50cm ²)	< 15	20.52	15.81	19.00

5. SONUÇLAR

Çalışılan mermerler, Sakarya Zonu içerisindeki Üst Jura-Alt Kretase yaşlı İnatlar kireçtaşıdır. Bunlar sahada genellikle koyu-açık bej, yersel sarımsı-grimsi, orta katmanlı, yer yer karstik, kırıklı ve çatlaklı, midye kabuğu kırılmalı, alt seviyeleri fosilli, kumlu, killi, orta seviyeleri çört yumruludur. Ekonomik öneme sahip olan bu mermerler, ticari olarak koyu-açık ve fosilli bejler, emperador ve rozalya türleri ile adlandırılır. X-ışını kırınımı analizine göre, rozalya tamamen kalsit, fosilli bejler ve emperador türleri ise kalsit ve dolomit içerir. Mikroskop çalışmalarına göre de, iki evreli olan kalsitlerden kalsit-1 levha şekilli, belirgin dilinimli, damar yerleşimli olarak, kalsit-1 içine yerleşen kalsit-2 de öz şekilli-yarı öz şekillidir. Rozalya ve silisli bej türü mermer genellikle levhamsı kalsit, emperador ve fosilli bej mermerler de öz şekilli-yarı öz şekilli dolomit ve kalsit bileşimlidir. Ayrıca, EDX çalışmalarına göre, yer yer SiO_2 ve K_2O içeriği yüksek olan element bileşimlerine de rastlanmıştır. Bu bileşimler kil minerallerinden kaynaklanabilir.

Mermerlerin ana oksit analiz sonuçlarına göre, emperador (% 36.70) türü hariç, diğer tür numunelerin CaO içerikleri % 54-56 arasında değişmekte olup saf kalsitten oluştuklarını göstermektedir. Düşük CaO içeriğine sahip olan, emperador türü mermerde MgO içeriği daha zengin olup (% 16.71), fosilli koyu bej mermerde %1.30, diğer türlerde ise % 0.32-0.98 arasında değişmektedir. Emperador mermerlerin magnezyum bakımından zengin olması, bu numunelerde dolomit minerallerinin varlığına işaret etmektedir. Mermerlerin Fe_2O_3 içeriği fosilli açık ve koyu bejlerde çok düşük olup % 0.07 ile % 0.08, diğerlerinin ise % 0.15-0.20 arasında değişmektedir. SiO_2 içeriği koyu bej türünde % 1.28 diğer türlerde ise % 0.15-%0.84 arasında değişmektedir. Koyu bej türü mermerde bulunan yüksek SiO_2 miktarı, büyük bir olasılıkla kireçtaşlarında bulunan çörtten kaynaklanmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan numunelerin Sr, Ba, Rb, Zr, Ni, U gibi iz element ve NTE içerikleri kireçtaşlarında gözlenen miktarlar arasında yer alır.

Karbon ve oksijen izotop analizlerine göre, kalsit içerikli mermer numunelerinin karbon izotop oranları ‰0,50 ile ‰3.08 arasında değişirken, kalsit ve dolomit içerikli mermer numunelerinin karbon izotop oranları ‰2.50 ve ‰2.58 olarak

ölçülmüştür. Oksijen izotop oranları ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$), sadece kalsit içerikli mermer numunelerinin %25,89 %29,69 arasında değişirken, kalsit ve dolomit içerikli olan mermer numunelerinin %29,15 ve %29,79 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre karbon izotop değerleri sıfıra yakın pozitif değerler gösterdiğinden denizel kireçtaşlarına karşılık gelmekte ve çalışma sahasındaki kireçtaşlarının bileşimindeki karbonun kaynağının standartlardaki denizel kireçtaşlarının bileşimindeki karbonun kaynağı ile uyumlu olduğu belirtilmiştir. Oksijen izotop değerleri de denizel kireçtaşlarının oksijen izotop oranları ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$: ‰15-32) ile uyumluluk göstermektedir.



KAYNAKLAR

- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F., Mitchell, J.G., 2000. Petrogenetic Evolution of Late Cenozoic, Post-collision Volcanism in Western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102, 67-95.
- Allan, J.R., Mathews, R.K., 1982. Isotope Signatures Associated with Early Meteoric Diagenesis. *Sedimentology*, 29, 797-817.
- Aygen, T., 1956. Balya Bölgesinin Jeolojisinin İncelenmesi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Seri D, No: 11, Ankara.
- Bingöl, E., 1968. Contribution a L'étude Geologique de la Partie Centrale et Sud-Est du Masif Kazdağ (Turquie). Université de Nancy, PhD Thesis, 191p.
- Bingöl, E., 1971. Fiziksel Yaş Tayini Metotlarını Sınıflama Denemesi ve Rb-Sr ve K-Ar Metotlarının Kazdağ'da Bir Uygulaması. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 14, 1-16.
- Bingöl, E., 1974. Muratdağı Merkezi Kesiminin Jeolojisi, Magmatik ve Metamorfik Kayaçlarının Petrolojisi ve Jeokronolojisi (yayınlanmamış). İstanbul Tetkik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 105s, İstanbul.
- Bingöl, E., Delaloye, M., Ataman, G., 1982. Granitic Intrusions in Western Anatolia: A Contribution of the Geodynamic Study of This Area: *Eclogae Geologicae Helvetica*, 75, 437-446.
- Coleman, M. L.; Raiswell, R., 1981: Carbon, Oxygen and Sulphur Isotope Variations in Concretions from the Upper Lias of N.E. England. *Geochimica et cosmochimica acta*, 45, 329-340.
- Coplen, T.B., Friedman, I., O'Neil, J.R., 1983. Comment on the International Atomic Energy Agency report on The Advisory Group Meeting on Stable Isotope Reference Samples for Geochemical and Hydrological Investigation. Vienna, Austria, September 19-21. *Nature*, 302, 236-238.
- Epstein, S., Buchsbaum, R., Lowenstam, H., Urey, H., 1953. Revised Carbonate-Water Isotopic Temperature Scale. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 64, 1315-26.
- Ercan, T., 1985. Orta Anadolu'daki Senozoyik Volkanizması. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Yayınları, 119-140.
- Göncüoğlu, M.C., 1977. Geologie des westlichen Niğde Masifs. Bonn Univ. Ph.D. Thesis 176p, (yayınlanmamış).
- Göncüoğlu, M.C., Kozlu, H., Dirik, K., 1997. Pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: Explanatory Notes to the Terrane Map of Turkey. *Annales Geologique de Pays Hellenique*, 37, 515-536.

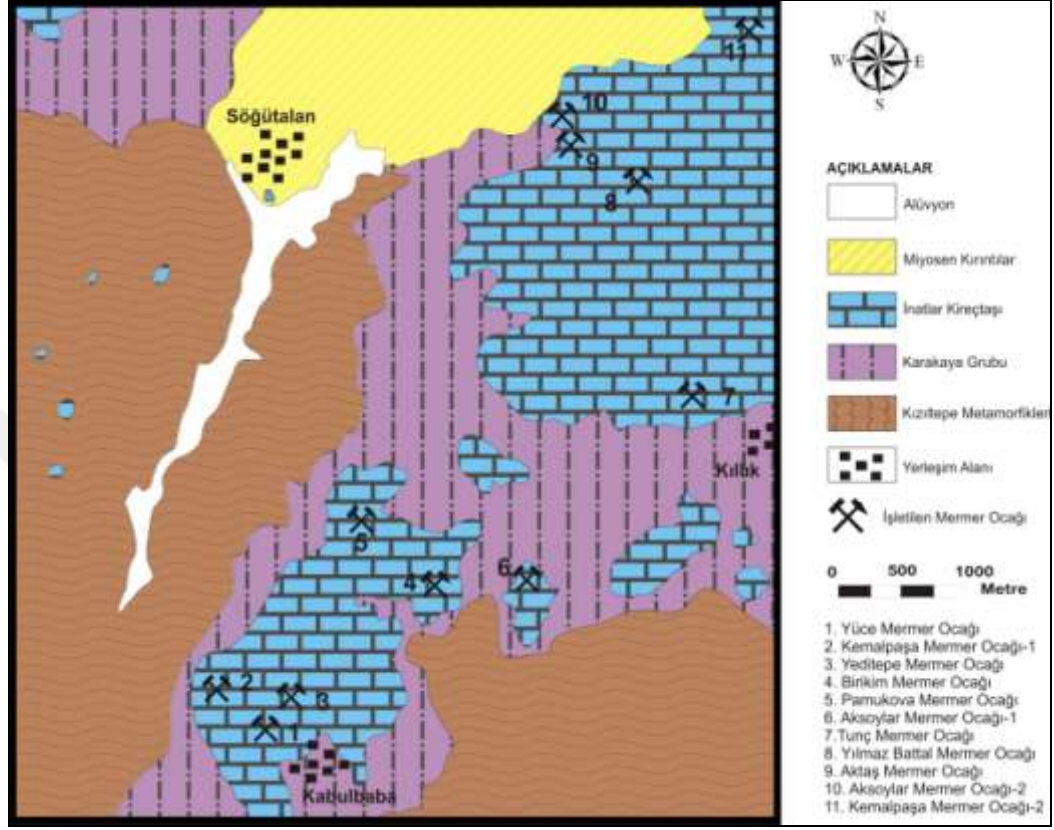
- Göncüoğlu, M.C., Kuwehara, K., Tekün, U.K., Turhan, N., 2004. Upper Permian (Changxingian) Radiolarian Cherts within the Clastic Successions of the "Karakaya Complex" in NW Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 201-213.
- Göncüoğlu, M.C., 2010. Türkiye Jeolojisine Giriş: Alpin ve Alpin Öncesi Tektonik Birliklerin Jeodinamik Evrimi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Monografi Serisi No: 5, 69s.
- Graham, C. M., Harmon, R.S., 1983. Stable Isotope Evidence on the Nature of Crust-Mantle Interactions. In *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, C. J. Hawkesworth & M. J. Norry (eds), 20-45. Nantwich, Shiva.
- Hart, M.B., Leary, P.N., 1989. The Stratigraphic and Palaeogeographic Setting of the Late Cenomanian 'Anoxic Event'. *Journal of the Geological Society London*, 146, 305-310.
- Hoefs. J., 1987. *Stable Isotope Geochemistry (3rded.)*. Springer-Verlag, 241p, Newyork.
- Hoffman, P.F., Kaufman, A.J., Halverson, G.P., Schrag, D.P., 1998. A Neo-Proterozoic Snowball Earth. *Science*, 281, 1342-1346.
- Imbach, T., 1997. Deep Groundwater Circulation in the Tectonically Active Area of Bursa, Northwest Anatolia, Turkey. *Geothermics*, 26, 251-278.
- Işık, K., Deniz, A.S., 2012. Kabulbaba (Mustafa Kemalpaşa-Bursa) Mermer Sahalarının Jeolojik ve Ekonomik Özelliklerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bitirme Tezi, 51s, Isparta.
- Işık, K., Deniz, A.S., Cengiz, O., 2012. Kabulbaba ve Söğütalan (Mustafa Kemalpaşa-Bursa) Arasındaki Mermerlerin Jeolojik ve Kullanım Özellikleri. MERSEM 2012, 8.Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi Bildiriler Kitabı, 13-15 Aralık 2012, Afyonkarahisar, 227-234.
- Kaya, O., Özkoçak, O., Lisenbee, A., 1989. Stratigraphy of The pre-Jurassic Blocky Sedimentary Rocks to the South of Bursa, NW Turkey. *Mineral Research and Exploration of Turkey Bulletin*, 109, 15-24.
- Kibici, Y., 1990. Sarıcakaya Masifinin Jeolojisi, Petrografisi ve Petrolojik Etüdü. Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi Yayınları no:68, Eskişehir.
- Kuşçu, M., 2008. Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 10, 381s, Isparta.
- Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001. Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri II (Mermer, Granit, Yapıtaşları, Arduvaz (Sleyt)) Çalışma Raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Yayın No: Devlet Planlama Teşkilatı: 2616-ÖLK: 627.

- McConnaughey T., 1989a. ^{13}C and ^{18}O Disequilibrium in Biological Carbonates. I. Patterns. *Geochim Cosmochim Acta*, 53, 151-162.
- McConnaughey, T., 1989b. ^{13}C and ^{18}O Disequilibrium in Biological Carbonates. II. In Vitro Simulation of Kinetic Isotope Effects. *Geochim Cosmochim Acta*, 53, 163-171.
- Okay, A.I., Şahintürk, O., 1998. Geology of the Eastern Pontides. *Am. Assoc. Petrol. Geol., Memoir*, 68, 291 – 313.
- Okay, A.I., Monod, O., Monié, P., 2002. Triassic Blueschists and Eclogites from Northwest Turkey: Vestiges of the Paleo-Tethyan Subduction. *Lithos*, 64, 155-178.
- Okay, A.Ü., Altınır, D., 2004. Uppermost Triassic Limestone in the Karakaya Complex-Stratigraphic and Tectonic Significance. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 187-199.
- Okay, A.Ü., Göncüoğlu, M.C., 2004. The Karakaya Complex: Review of Data and Concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95.
- Onuma, N., Clayton, R.N., Mayeda, T.K., 1972. Oxygen Isotope Temperature of Equilibrated Ordinary Chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36, 157-168.
- Özeğdemir, E., Cengiz, O., 2014. Kabulbaba-Söğütalanı (Mustafa Kemalpaşa-Bursa) Bölgesinde Bulunan Mermerlerin Jeokimyasal Özellikleri. 6. Uluslararası Katılımlı Jeokimya Sempozyumu, Bildiri Özet Kitapçığı, Mersin Üniversitesi, 14-17 Mayıs 2014, Mersin, 194-195.
- Özeğdemir, E., Cengiz, O., 2014. Kabulbaba ve Söğütalan (Mustafa Kemalpaşa-Bursa) Arasındaki Kireçtaşı Mermerlerin Mineral ve Element Kapsamları. 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 14-18 Nisan 2014, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Kültür Sitesi, Ankara, 222-223.
- Searl, A., 1989. Saddle Dolomite: A New View of its Nature and Origin. *Mineral Magazine*, 53, 547-555.
- Selim, H.H., Tüysüz, O., Barka, A., 2006. Güney Marmara Bölgesinin Neotektoniği. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi /d 5, 1, İstanbul*.
- Sheppard, S.M.F., 1977. Identification of the Origin, of Ore-forming Solutions by the Use of Stable Isotopes. *Volcanic-Processes in Ore Genesis*, Geol Soc. London, Spec. Publ, 7, 25-41.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Ketin, İ., 1980. Remnants of Pre-Late Jurassic Ocean in Northern Turkey. *Geological Society of America Bulletin, Part I*, 91, 599-609.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.

- Şengör, C.; Satır, M., Akkök, R., 1984. Timing of Tectonic Events in the Menderes Massif, Westem Turkey: Implications for Tectonic Evolution and Evidence for Pan-African Basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 7, 693-707.
- Taylor, H.P., 1974. The Application of Oxygen and Hydrogen Isotope Studies to Problems of Hydrothermal Alteration and Ore Deposition. *Econ Geol.*, 69, 343-881.
- Tekeli, O., 1981. Subduction Complex of pre-Jurassic Age, Northern Anatolia. *Geology*, 9, 68-72.
- Uçaklı, B., 2006. Sincansarnıç (Bursa-Mustafa Kemalpaşa) Dolayının Arama Faaliyet Raporu ve Çevresinin Jeolojik Harita ve Kesitleri, Bursa.
- Uz, B., Bacak, G., 2008. Beyceköy (Bilecik) Kireçtaşlarının Jeolojisi, Petrografisi ve Mermer Olarak Değerlendirilmesi. *Türkiye VI. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, Bildiriler*, 249-255, Afyon.
- Ürgün, S., 1972. Jeotermik Enerji Sağlanması Amacı ile Susurluk-Manyas-Bandırma (Balıkesir) ile Karacabey-Mustafa Kemal Paşa (Bursa) Arasında Kalan Sahanın İncelenmesi. *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 5249*.
- Williams, D.F., Thunell, R.C., Tappa, E.J., Rio, D., Raffi, I., 1988. Chronology of the Pleistocene Oxygen Isotope Record: 0-1.88 Million Years before Present. *Paleogeog., Paleoclim., Paleoecol.*, 64, 221-240.
- Veizer, J., Fritz, P., Jones, B., 1986. Geochemistry of Brachiopods: Oxygen and Carbon Isotopic Records of Paleozoic Oceans. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50, 1679-1696.
- Yalçinkaya, S., Avşar, Ö.P., 1980. Mustafa Kemalpaşa (Bursa) ve Dolayının Jeolojisi. *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 6717*.
- Yılmaz, Y., 1984. Türkiye'nin Jeolojik Tarihindeki Magmatik Etkinlik ve Tektonik Evrimle İlişkisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı İhsan Ketin Sempozyumu Özel Sayısı*, 63-81, Ankara.
- Yılmaz, Y., 1989. An Approach to the Origin of Young Volcanic Rocks of Western Turkey, Tectonic Evolution of the Tethyan Region. *Kluwer, Dordrecht*, 159-189.
- Yılmaz, Y., 1997. Geology of Western Anatolia. In: Schindler, C., Fister, M.P. (Eds.), *Active Tectonics of Nortwestern Anatolia-The Marmara Poly-Project*, Vdf Hochschulverlag A Gander ETH Zürich, 31-53.
- Yılmaz, M., Koral, H., 2007. Neotectonic Features and Geological Development of the Yenişehir Basin (Bursa). *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 20, 21-32.

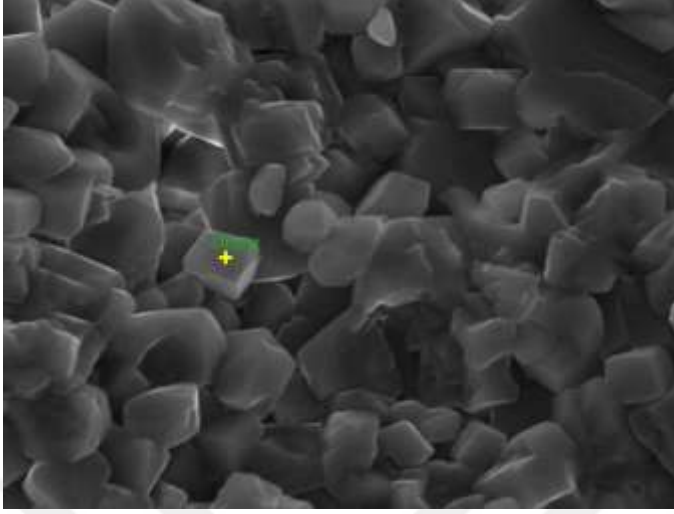
EKLER

EK A. Haritalar

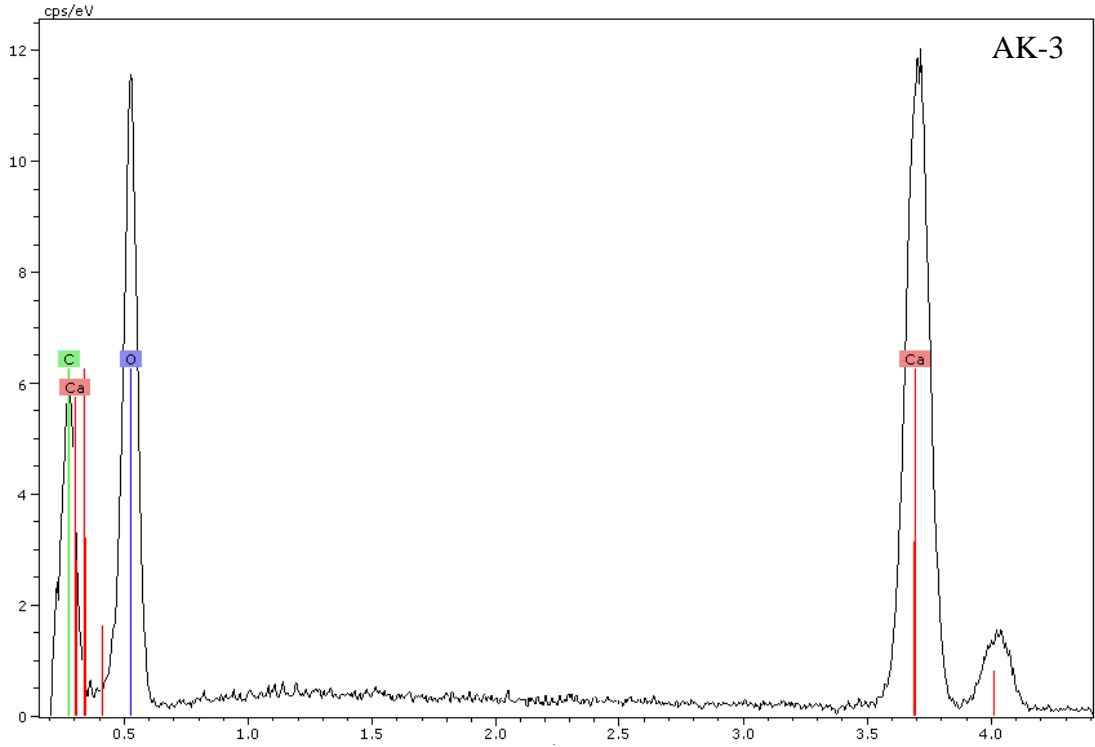


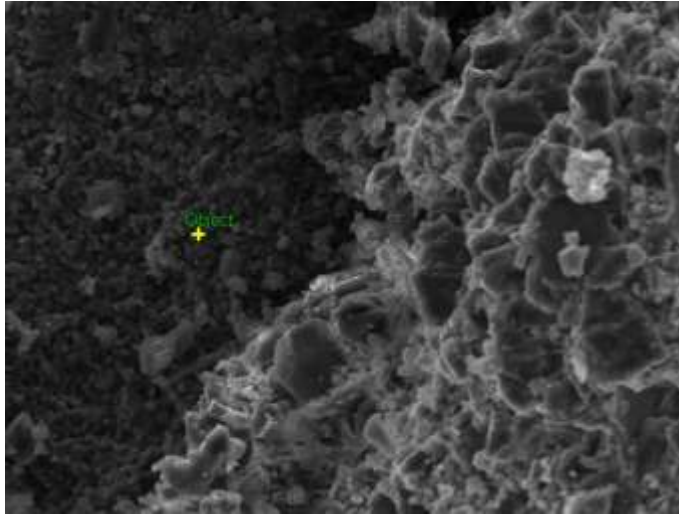
Şekil A.1. Çalışma alanının jeoloji haritası ve mermer ocakları (Ürgün, 1972'den değiştirilerek)

EK B. Grafik, fotoğraflar ve çizelgeler

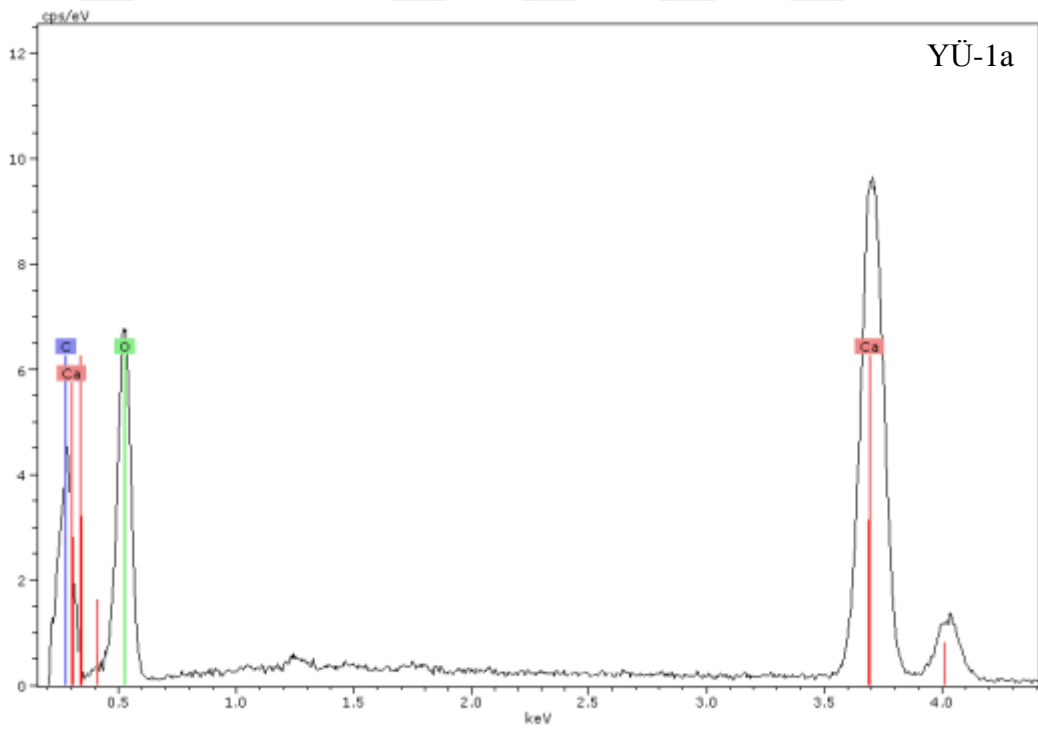


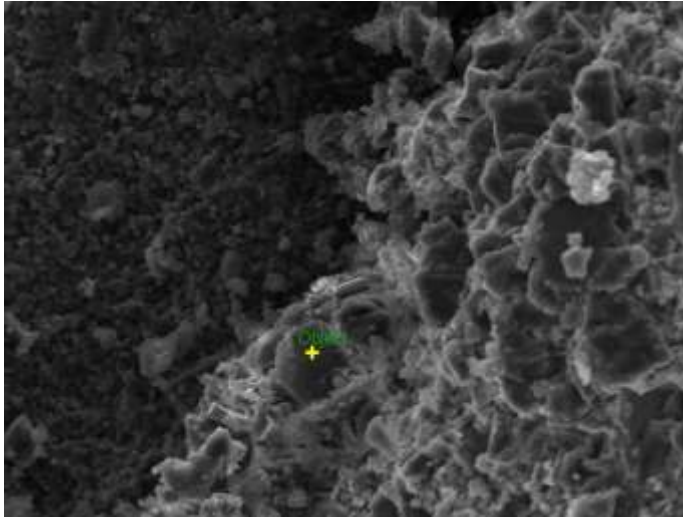
Element	[wt.-%]
CO ₂	44.69
CaO	55.31
Toplam:	%100



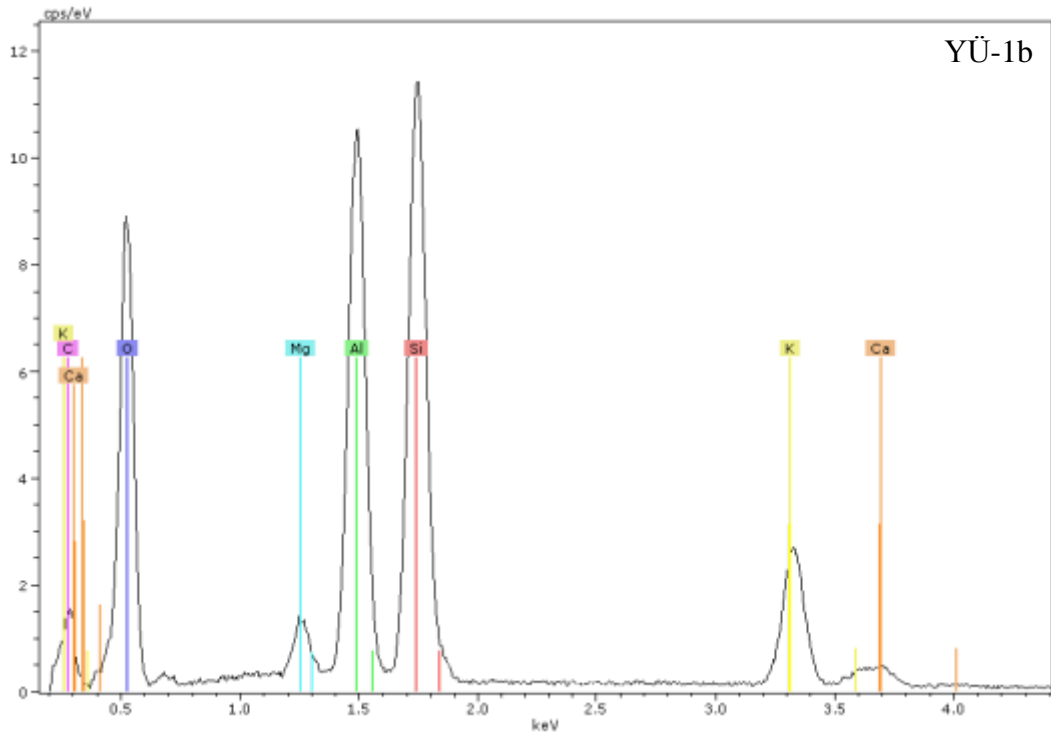


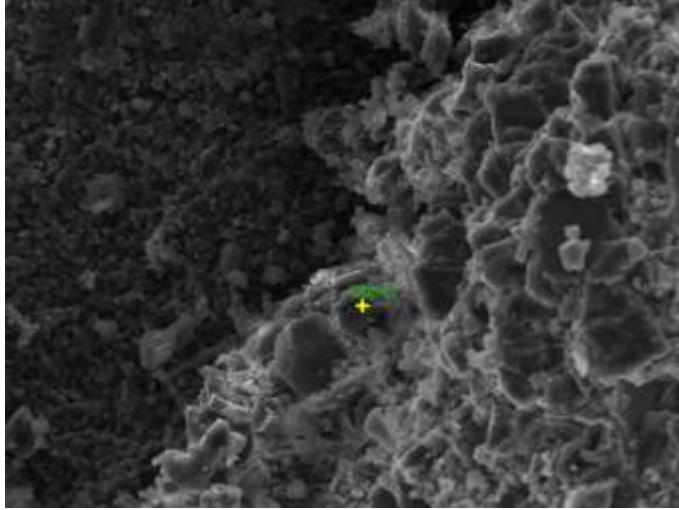
Element	[wt.-%]
CO ₂	50.17
CaO	49.83
Toplam:	% 100



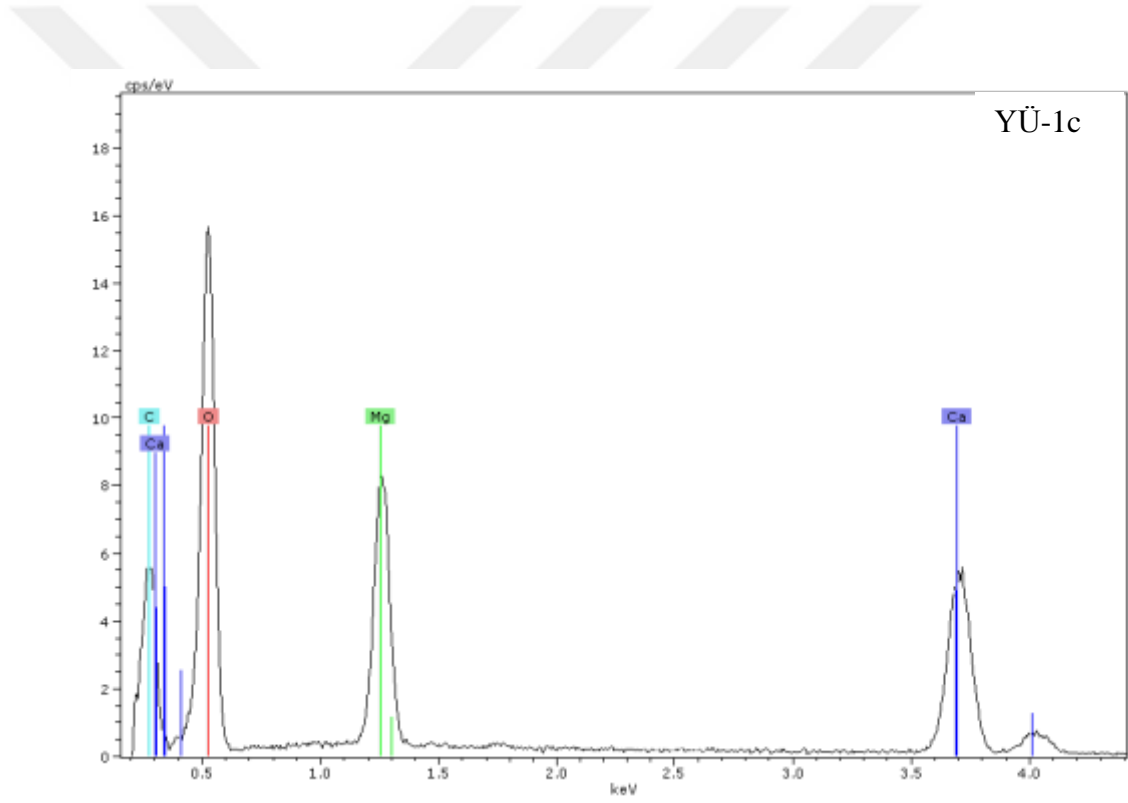


Element	[wt.-%]
CO ₂	9.03
MgO	2.10
Al ₂ O ₃	31.53
SiO ₂	45.08
K ₂ O	10.30
CaO	1.97
<hr/>	
Toplam:	%100.01

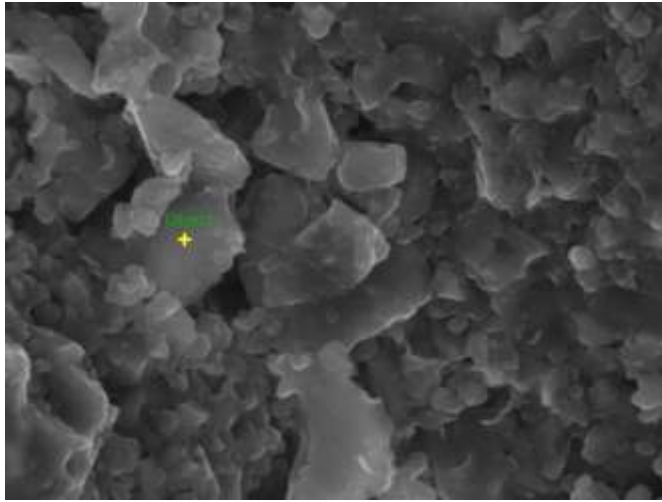




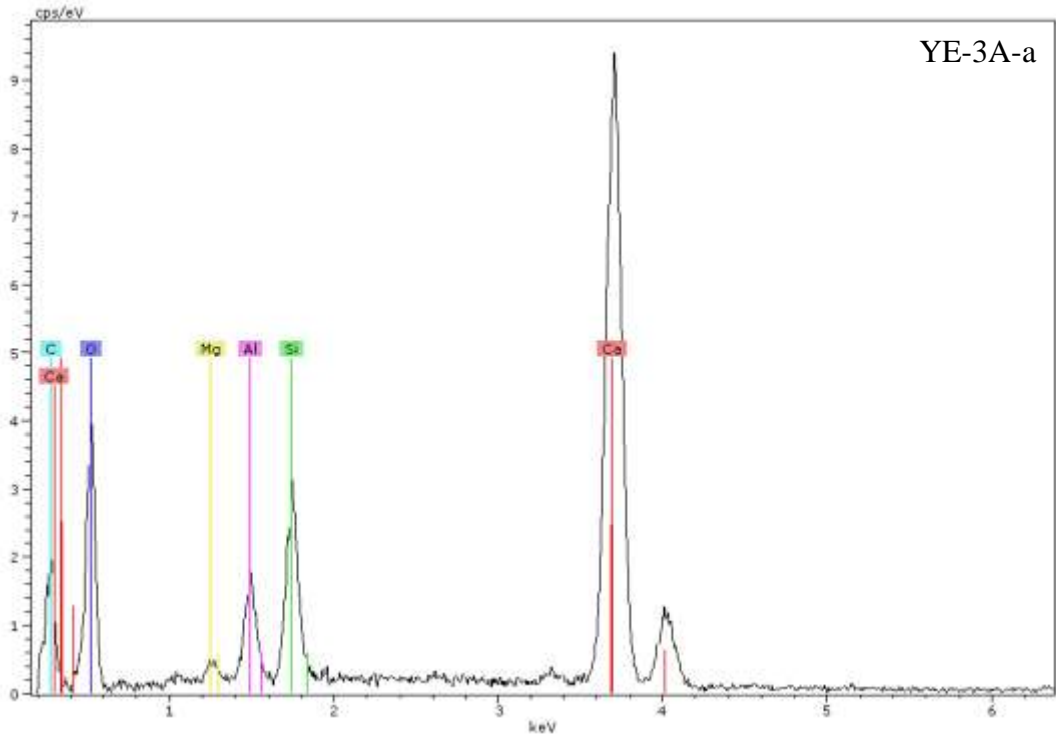
Element	[wt.-%]
CO ₂	58.85
MgO	8.50
CaO	32.65
Toplam:	% 100

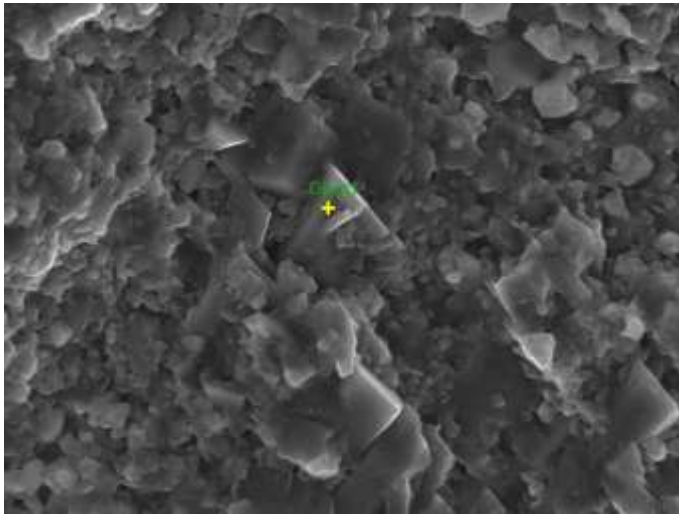


Şekil B.1. Çalışma sahasındaki fosilli bej tipi mermer numunelerinin SEM-EDX görüntüleri ve analiz sonuçları

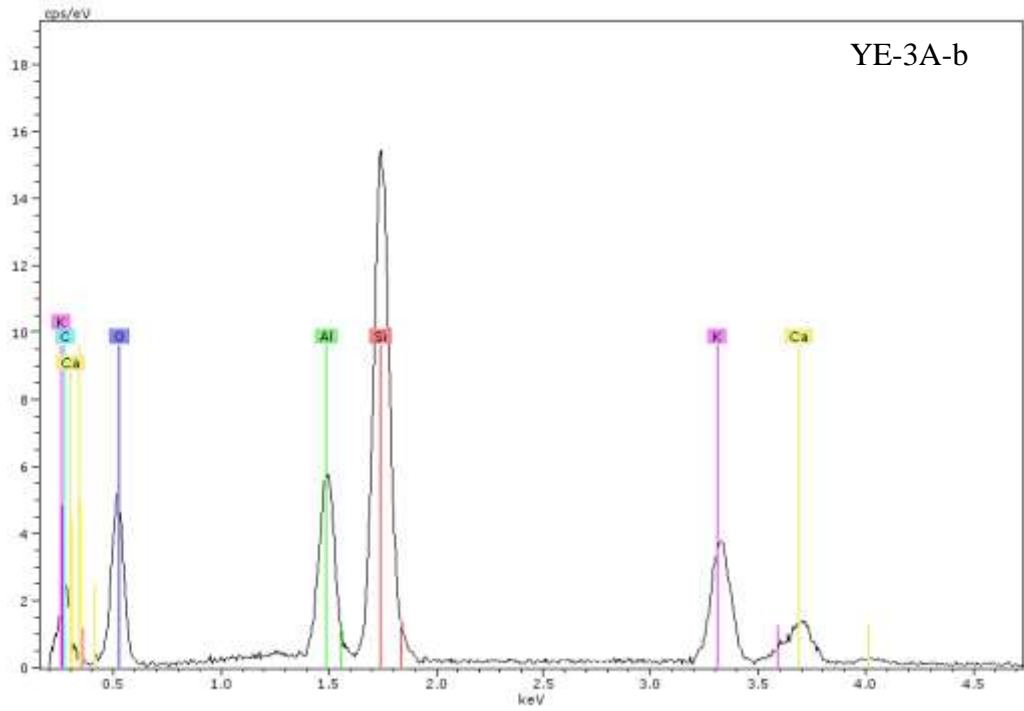


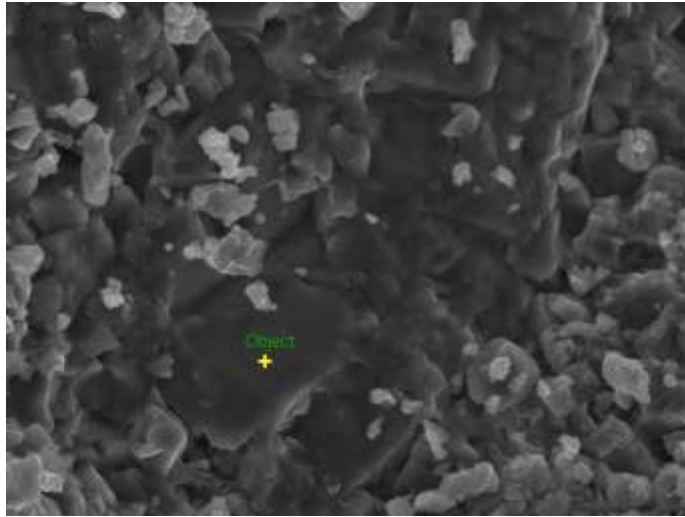
Element	wt (%)
CO ₂	32.60
MgO	0.20
Al ₂ O ₃	4.84
SiO ₂	10.91
CaO	51.44
<hr/>	
Toplam:	% 99.99



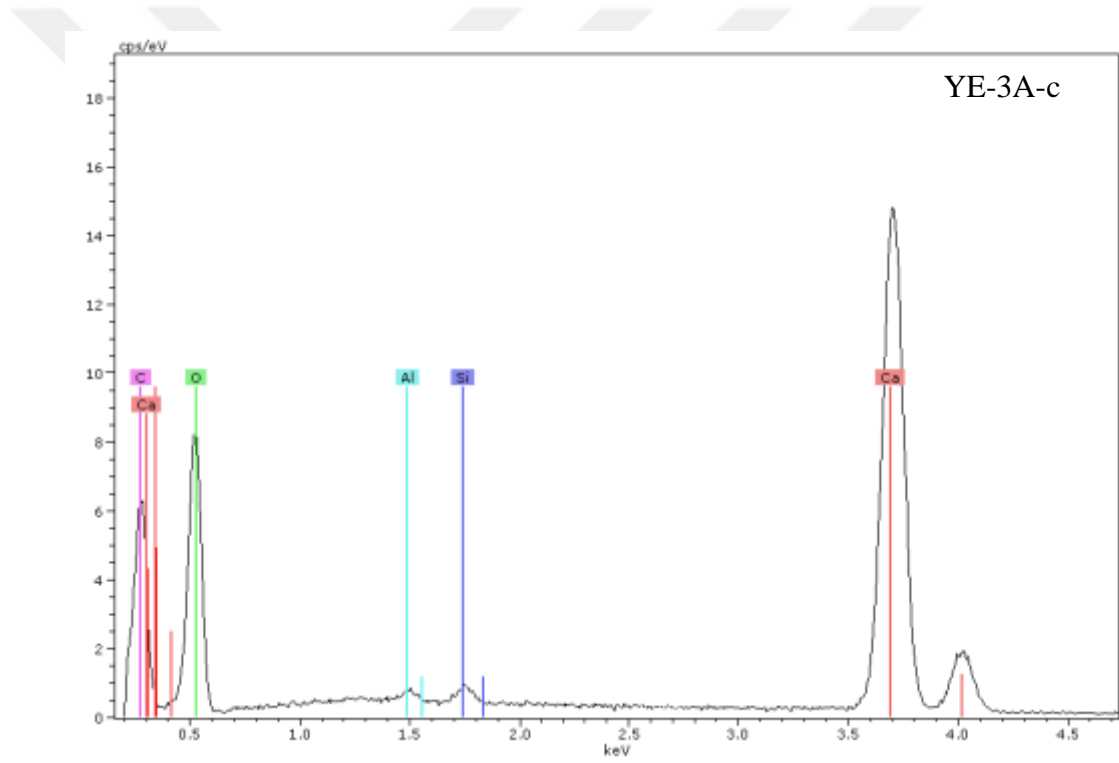


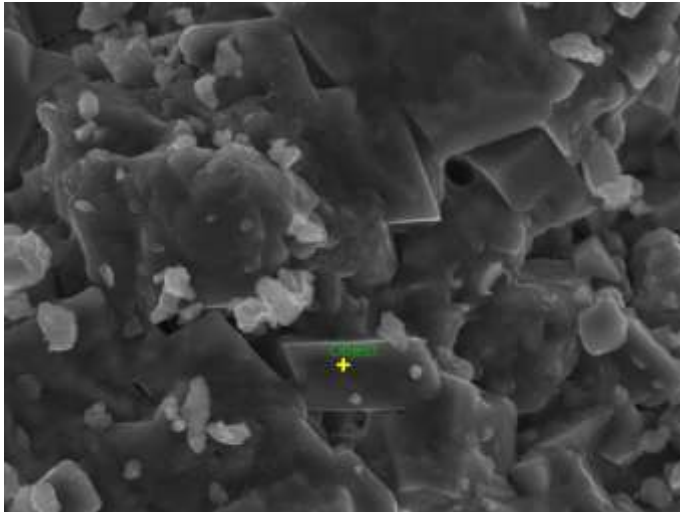
Element	[wt.-%]
CO ₂	24.87
Al ₂ O ₃	12.34
SiO ₂	46.18
K ₂ O	10.98
CaO	5.63
Toplam: % 100	



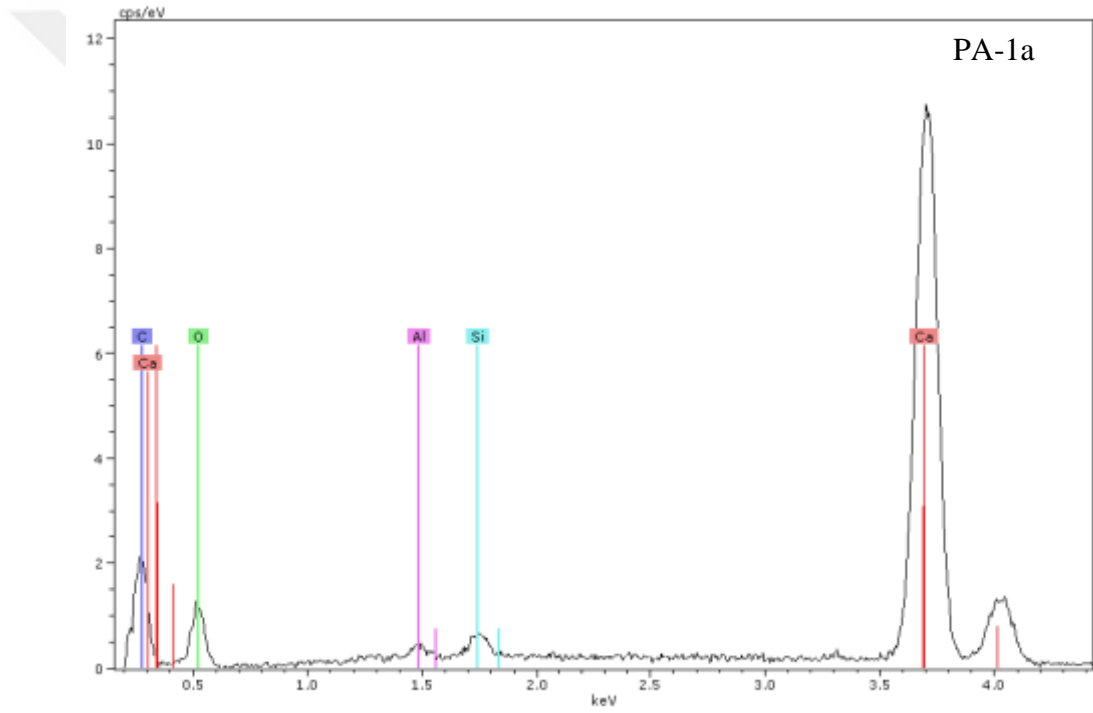


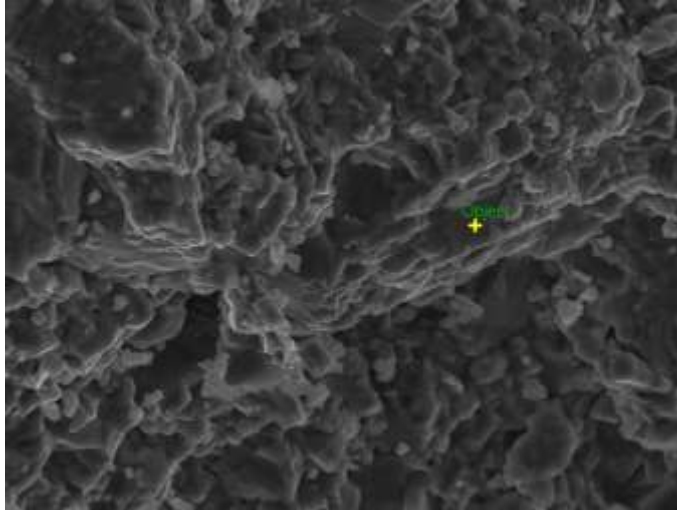
Element	[wt.-%]
CO ₂	50.28
Al ₂ O ₃	0.41
SiO ₂	0.87
CaO	48.43
<hr/>	
Toplam:	%99.99



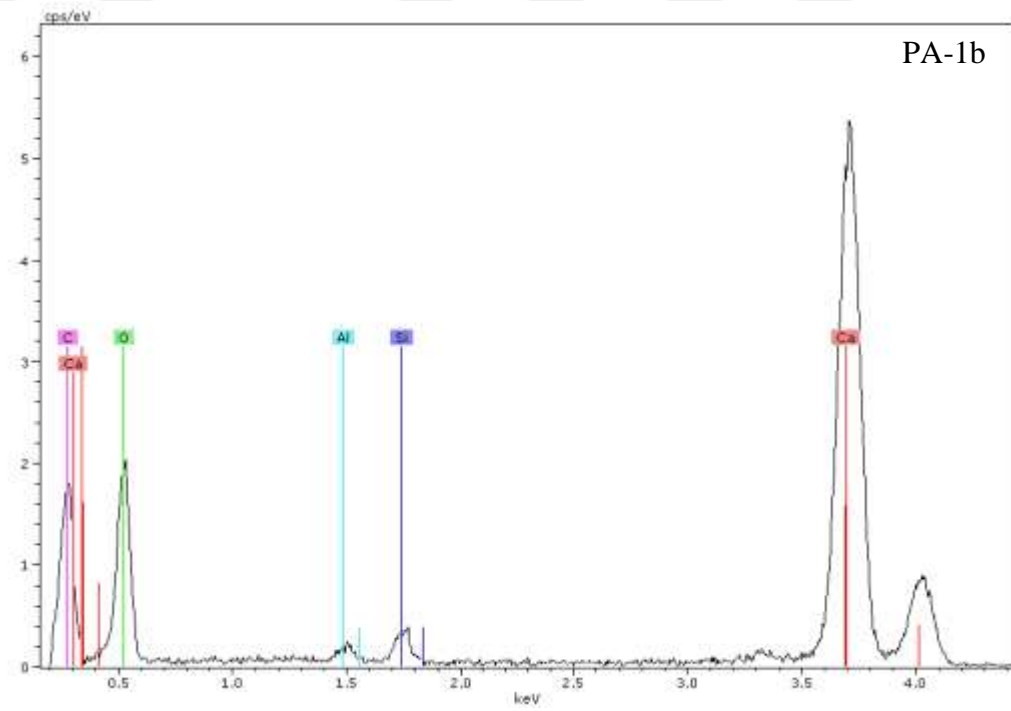


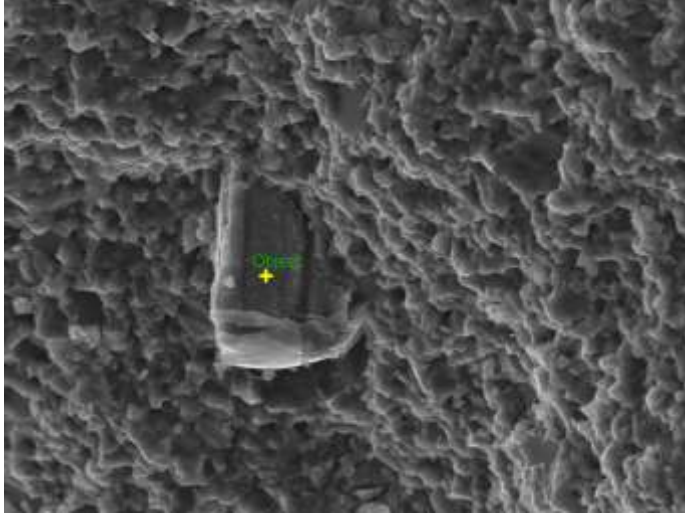
Element	[wt.-%]
CO ₂	41.07
Al ₂ O ₃	1.12
SiO ₂	2.47
CaO	55.33
Total:	%99.99



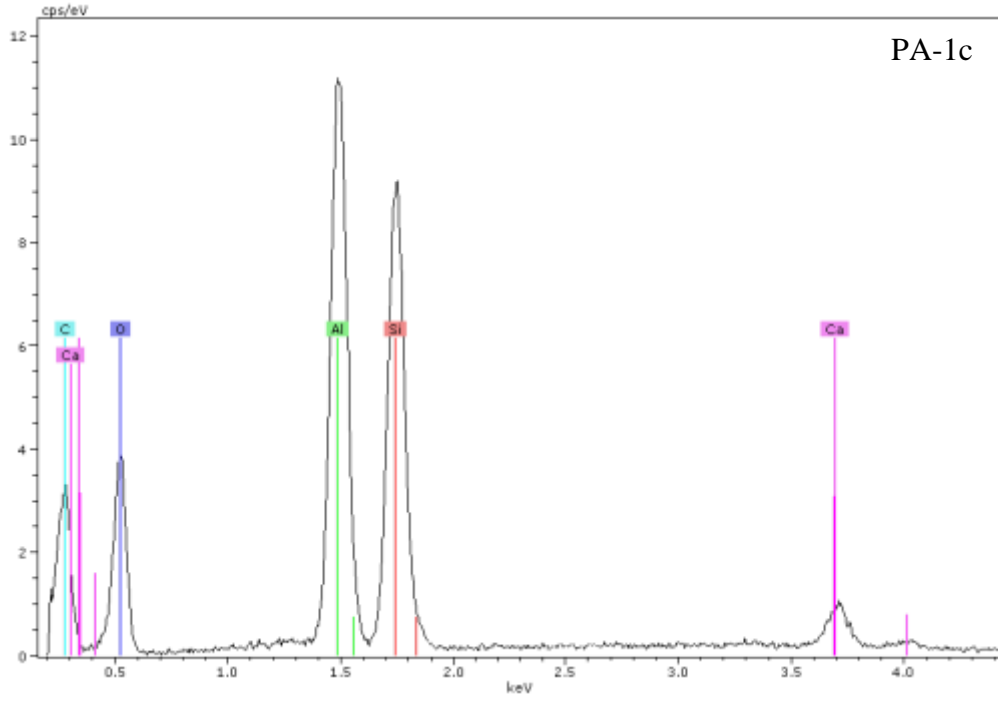


Element	[wt.-%]
CO ₂	16.46
Al ₂ O ₃	0.63
SiO ₂	1.65
CaO	81.25
Total:	% 99.99

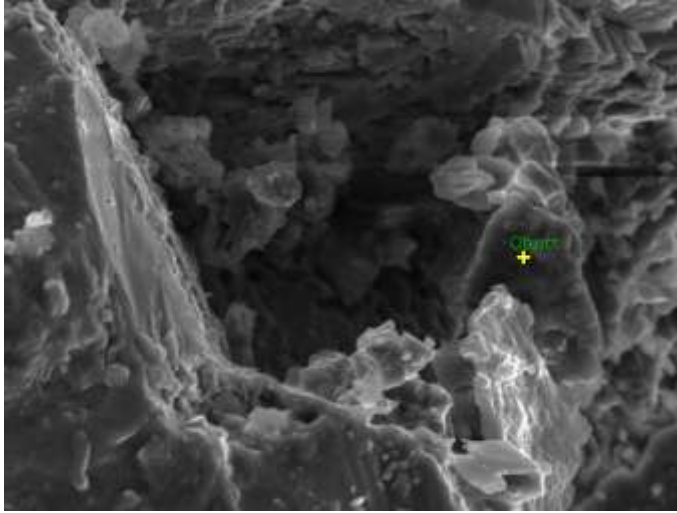




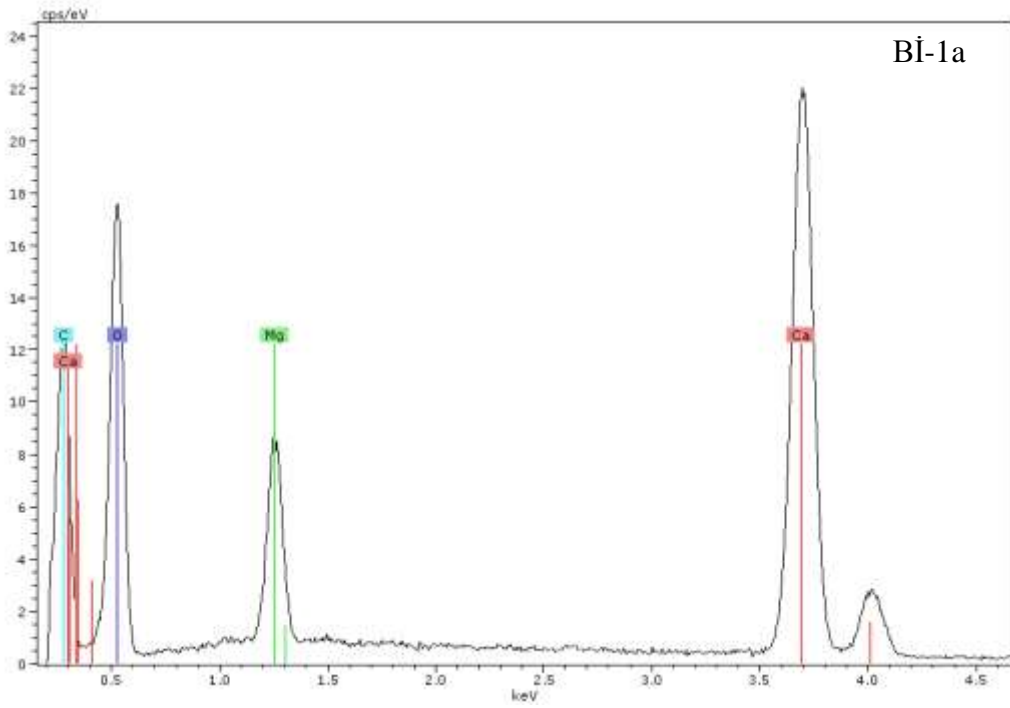
Element	[wt.-%]
CO ₂	50.94
Al ₂ O ₃	22.83
SiO ₂	24.70
CaO	1.53
Toplam:	% 100

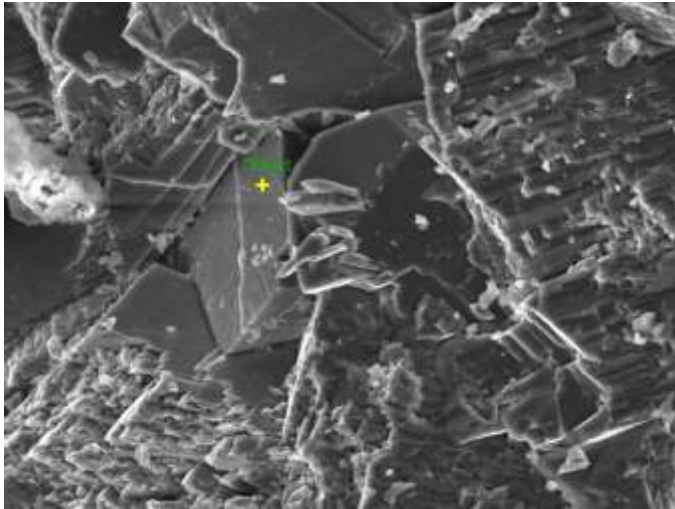


Şekil B.2. Çalışma sahasındaki silisli bej tipi mermer numunelerinin SEM-EDX görüntüleri ve analiz sonuçları

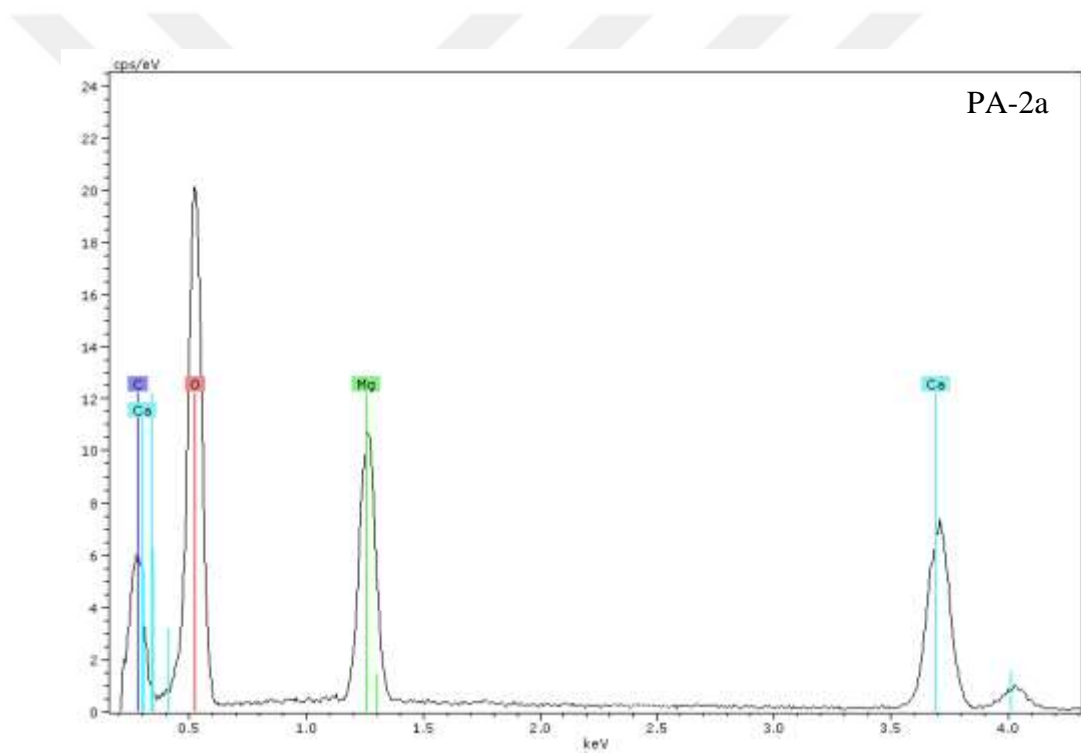


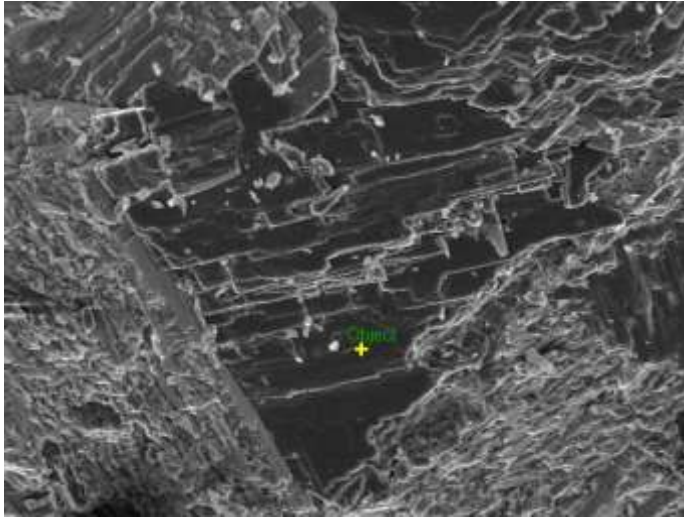
Element	[wt.-%]
CO ₂	53.51
MgO	4.89
CaO	41.60
Toplam: %100	



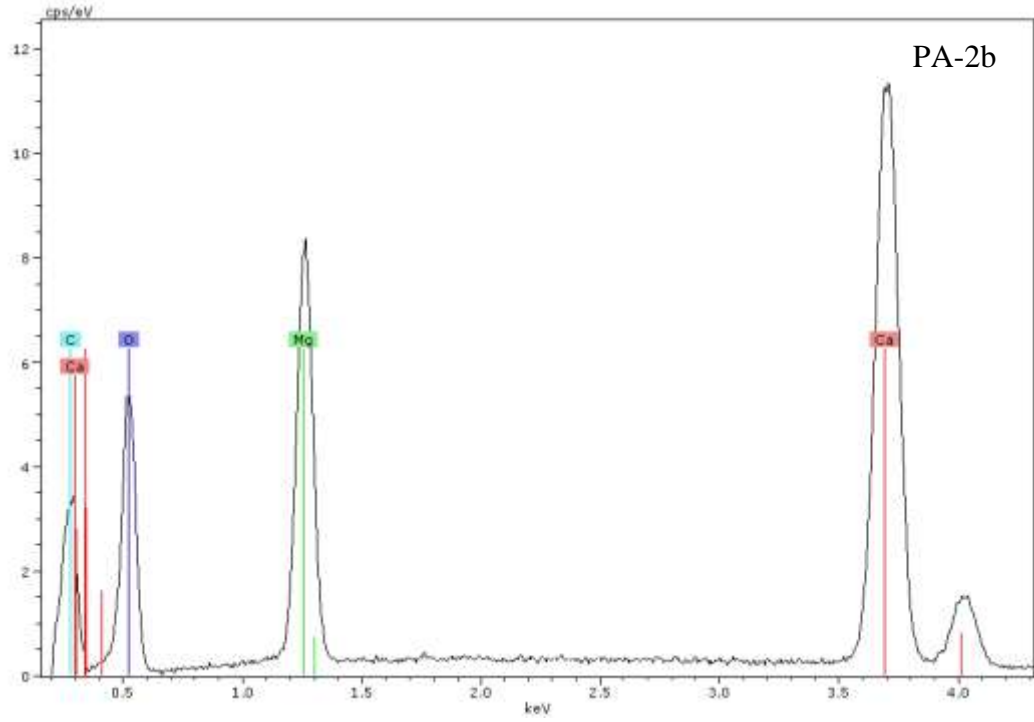


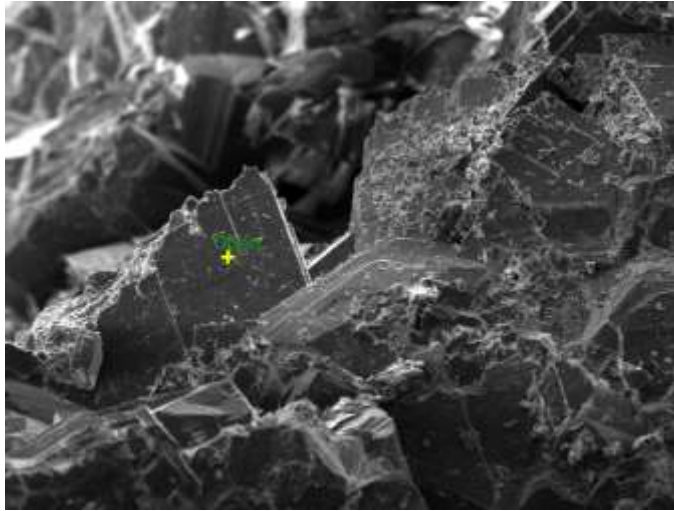
Element	[wt.-%]
CO ₂	52.38
MgO	10.55
CaO	37.07
<hr/>	
Toplam:	% 100



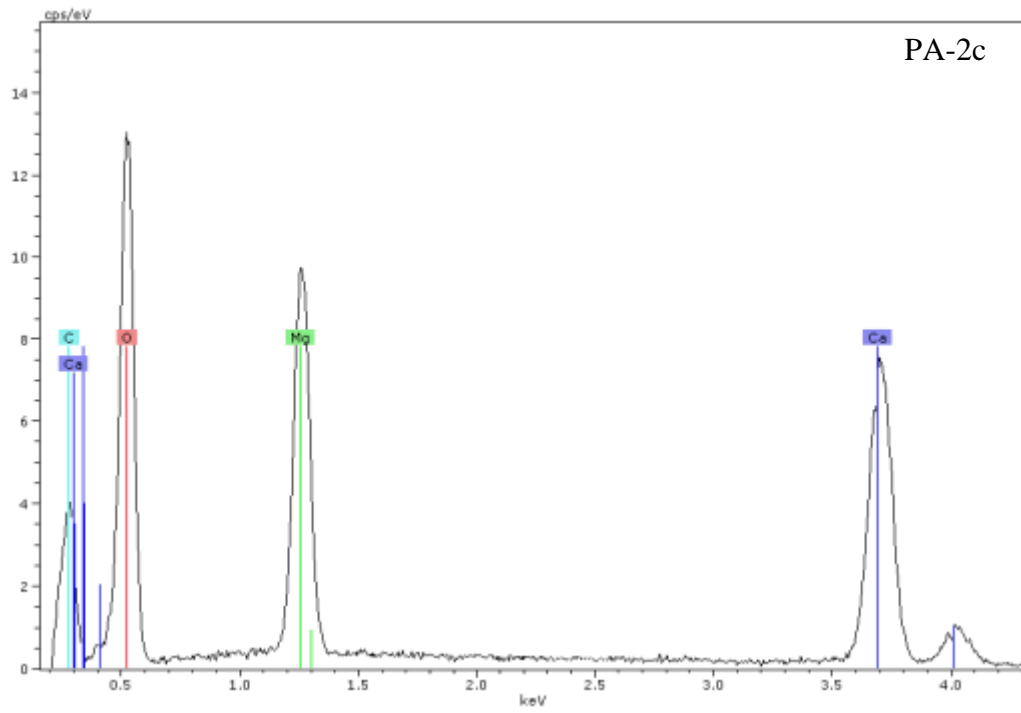


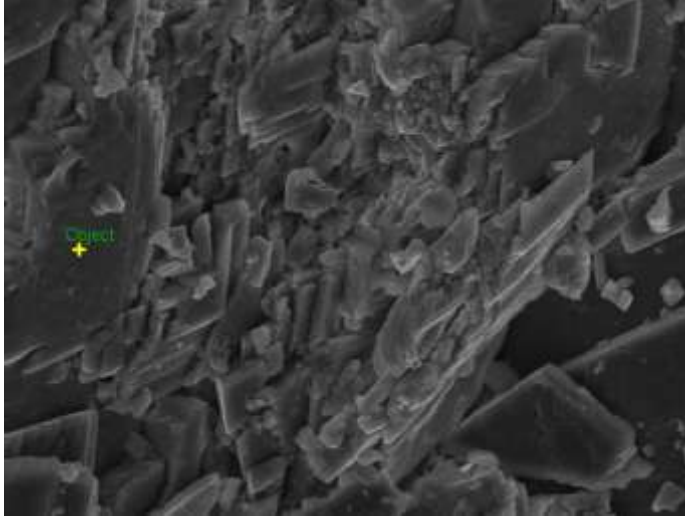
Element	[wt.-%]
CO ₂	43.25
MgO	15.30
CaO	41.44
<hr/>	
Toplam:	%99.99



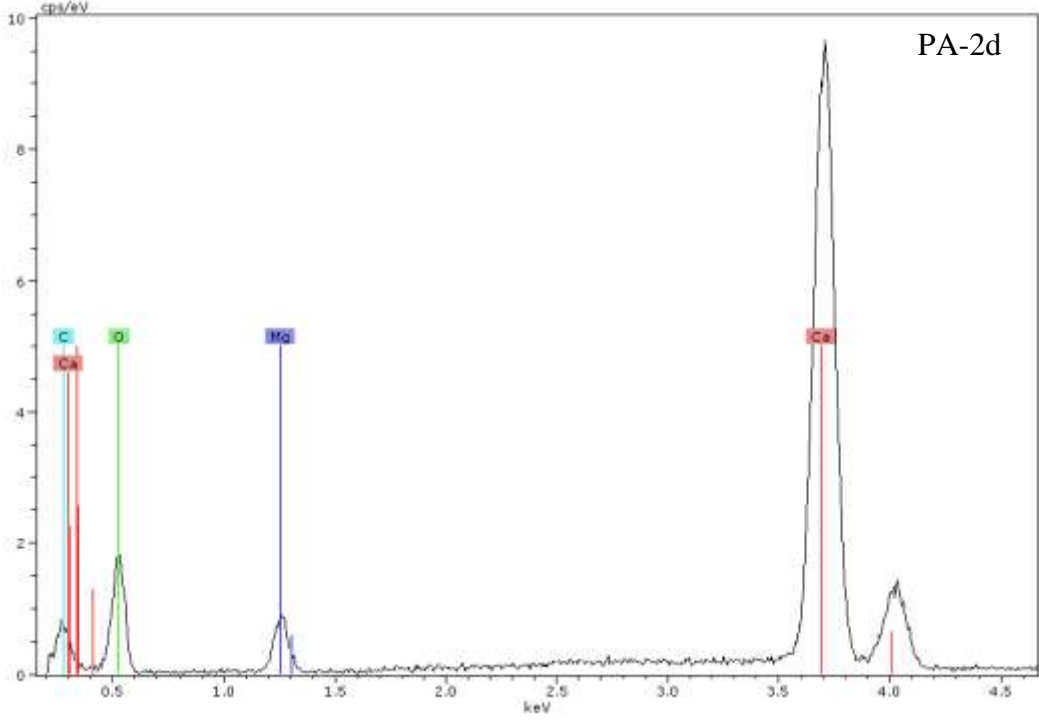


Element	[wt.-%]
CO ₂	43.66
MgO	12.79
CaO	43.55
Toplam:	% 100

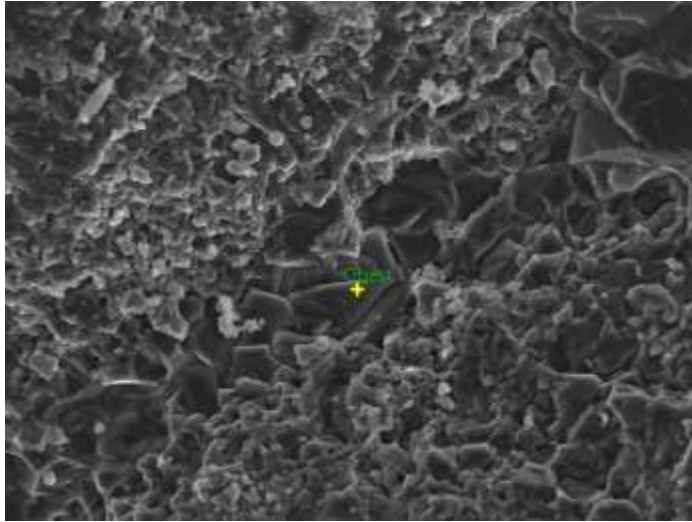




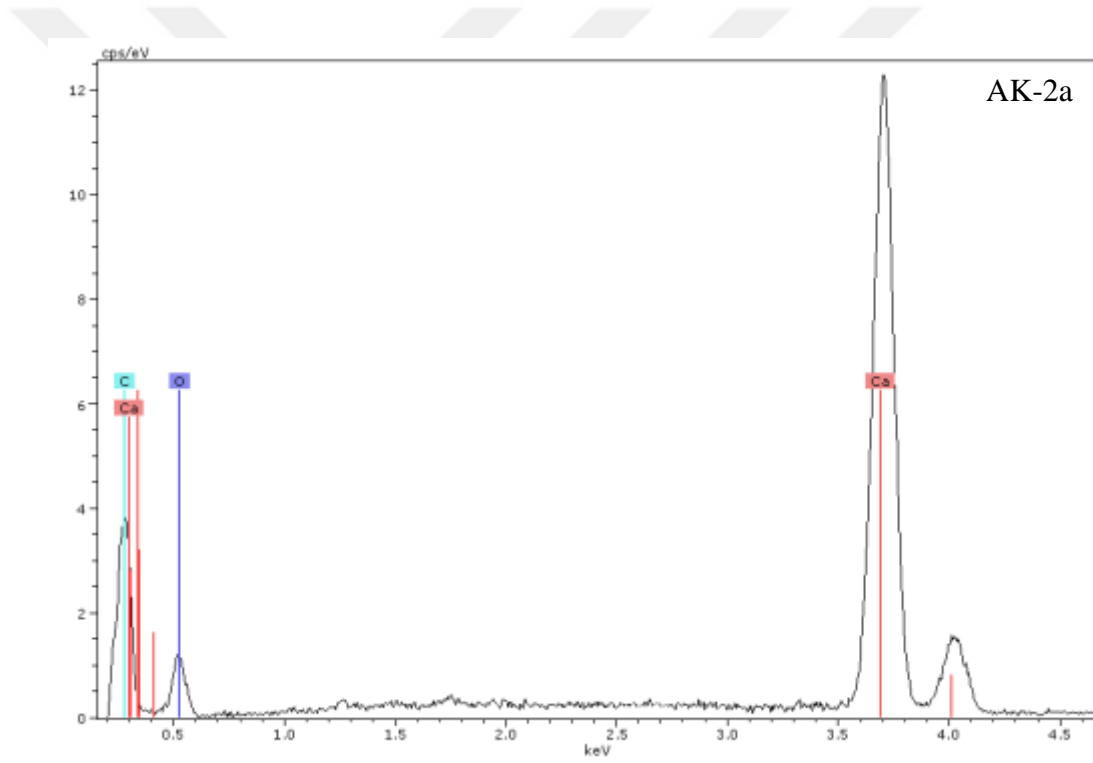
Element	[wt.-%]
CO ₂	31.26
MgO	10.93
CaO	57.81
Toplam:	% 100

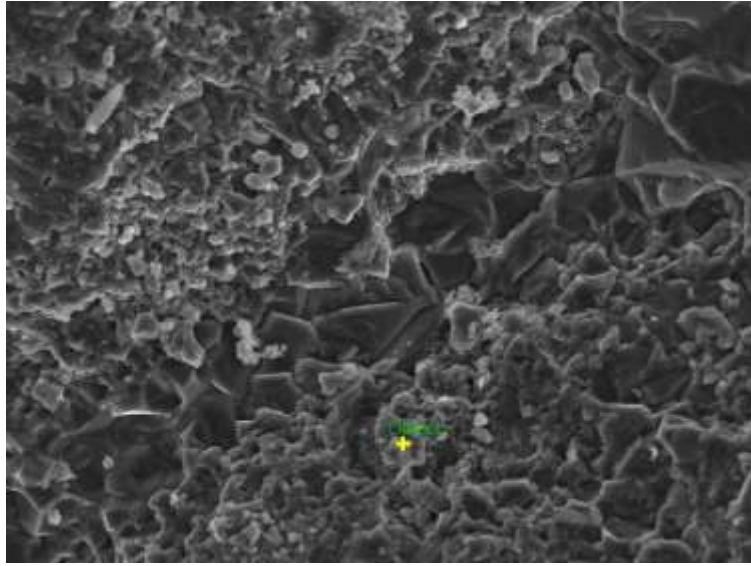


Şekil B.3. Çalışma sahasındaki emperador mermer numunelerinin SEM - EDX görüntüleri ve analiz sonuçları

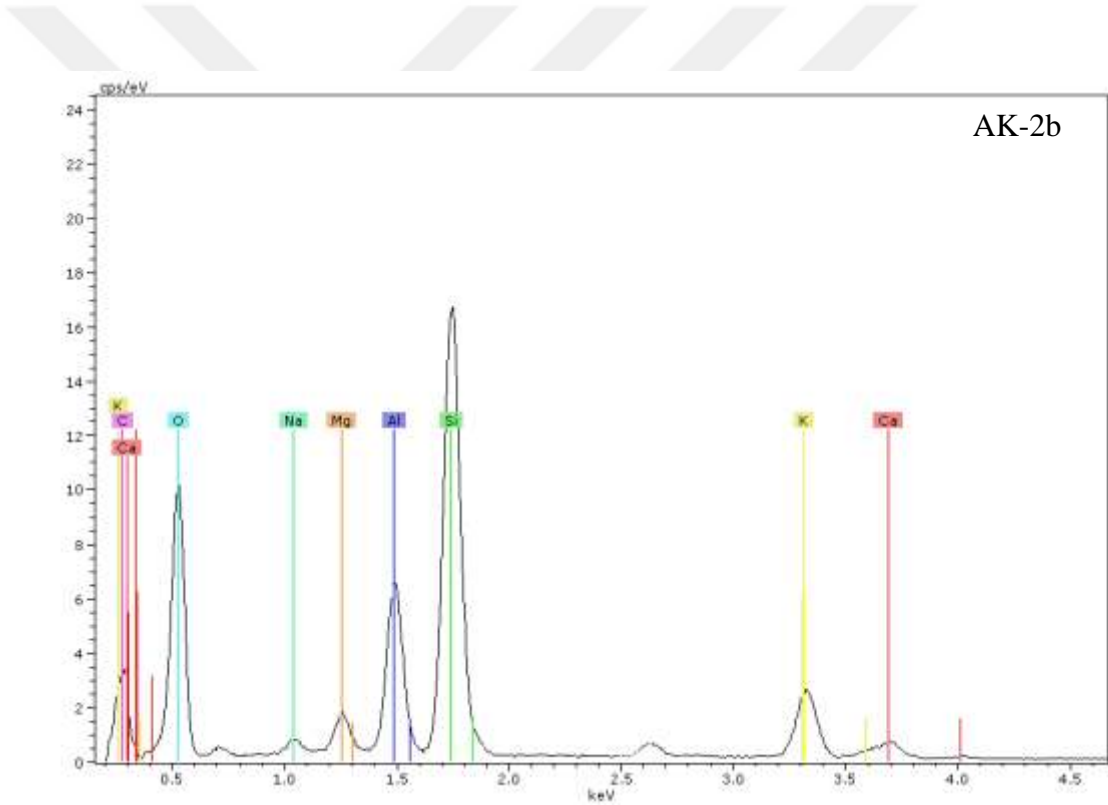


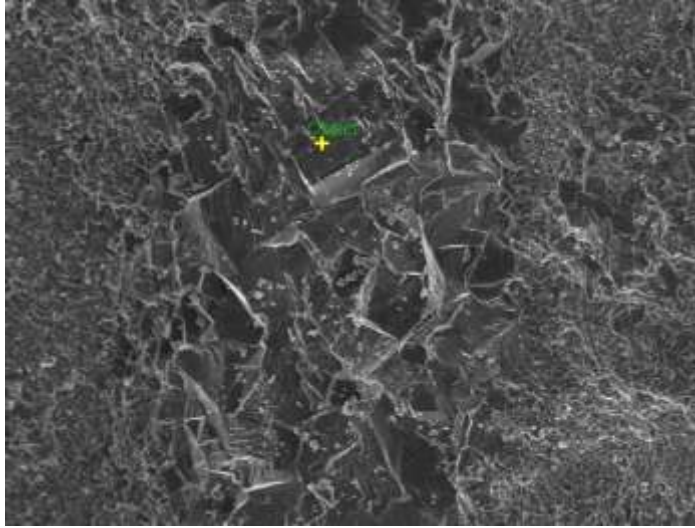
Element	[wt.-%]
CO ₂	51.16
CaO	48.84
Toplam: %100	



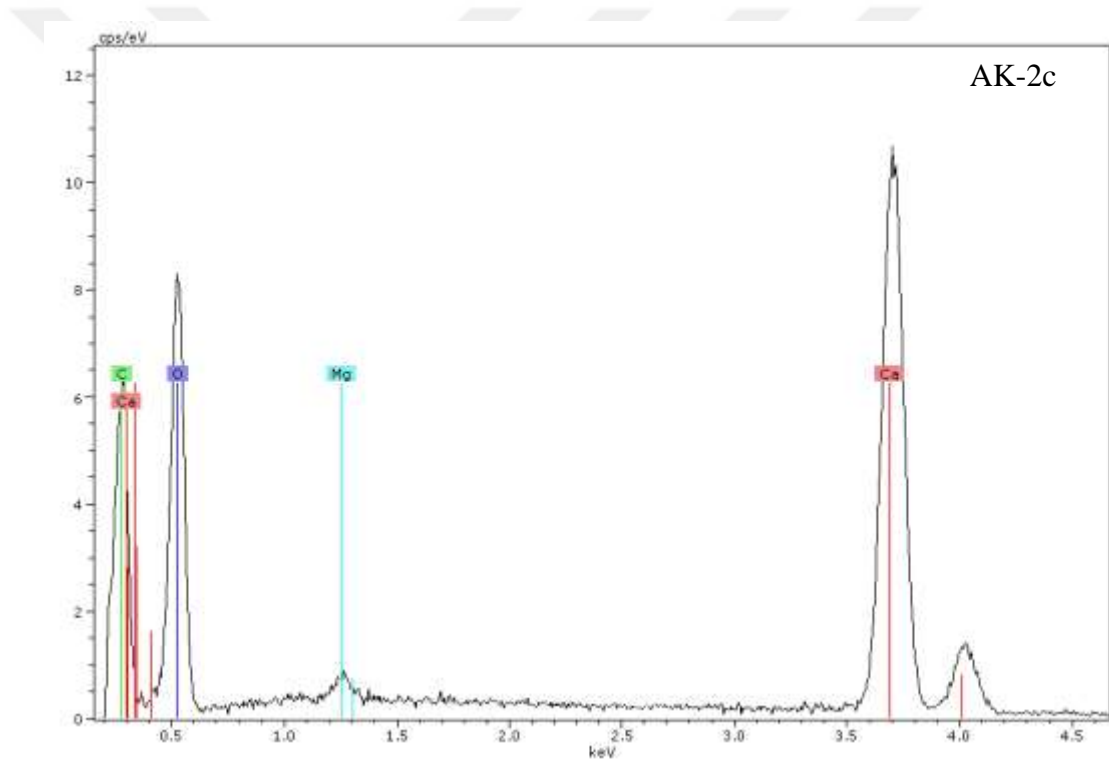


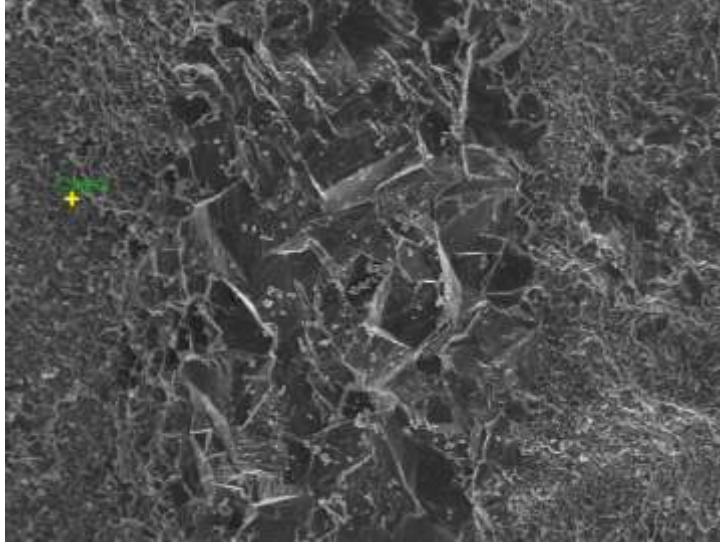
Element	[wt.-%]
CO ₂	28.26
Na ₂ O	1.26
MgO	1.87
Al ₂ O ₃	14.19
SiO ₂	45.60
K ₂ O	6.75
CaO	2.09
Toplam: %100.02	



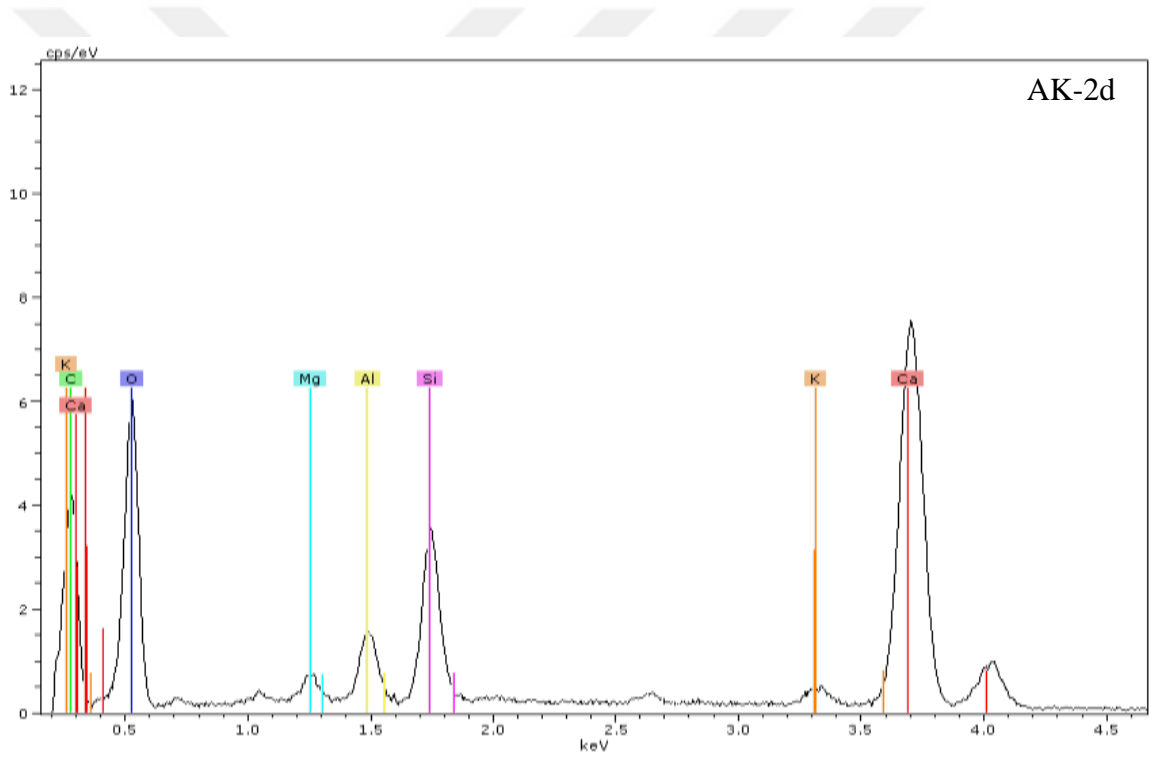


Element	[wt.-%]
CO ₂	54.94
MgO	0.43
CaO	44.62
Toplam:	% 99.99





Element	[wt.-%]
CO ₂	45.18
Mg O	0.77
Al ₂ O ₃	3.77
SiO ₂	10.76
K ₂ O	1.27
CaO	38.26
Toplam: % 100.01	



Şekil B.4. Çalışma sahasındaki rozalya mermer numunelerinin SEM - EDX görüntüleri ve analiz sonuçları

Çizelge B.1. Çalışma sahasındaki ocakların genel özellikleri

Firma adı	Kemal Paşa Mer. Mad. San. ve Tic. A.Ş. (1)	Yeditepe Doğal Taş Mad. San. ve Tic. A.Ş	Kemal Paşa Mer. Mad. San. ve Tic. A.Ş. (2)	Akar Mad. San. ve Tic. A.Ş.	Akmer Taş Mad. Nak. Har. San. ve Tic. A.Ş.	Yüce Mad. ve Nak. San. ve Tic. A.Ş.
Firma sahibi	Fuat Solak-Oktay Oral	Fahri Hacıoğlu	Fuat Solak-Oktay Oral	Burhan Aksoy-Ali Ekşi	Burhan Aksoy-Ali Ekşi	Erol Yüce
Mermer ocak sayısı	3 tane	1 tane	3 tane	3 tane	3 tane	3 tane
Mermer işletme fabrikası	Hayır	Hayır	Hayır	2 tane	2 tane	Hayır
Mermer ocağının ruhsat alanı	5,04 hek	200 hek	97,20 hek	—	250 hek	26,53 hek
İşletme alanı	—	18000 m ²	15000 m ²	—	250000 m ²	27016 m ²
Kaç yıldır işletilmekte	2009 ancak son bir yılda	2005 den bu yana	1995 ancak sürekli olarak	2008 den bu yana	1991 den bu yana	2009 dan buyana
Mermer ocağında çalışan sayısı	14 kişi	30 kişi	15 kişi	13 kişi	30 kişi	48 kişi
Mühendis sayısı	1 maden mühendisi	1 maden mühendisi	1 maden mühendisi	1 maden mühendisi	2 maden mühendisi	2 maden mühendisi
Kadın çalışan sayısı	Hayır	2 tane	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Mermer ocağından çıkarılan mermerin türü	Rosellia-Rozalya	Bursa Koyu Bej	Açık Bej	Rosellia-Rozalya	Bej	Koyu Bej, Galas, Bulutlu Bej
Yoğunluğu (gr/cm ³)	2,8	2,7	2,74	2,7	2,7	2,75
Ocaktaki kademe sayısı	2	Patates tipi işletme	8	2	10	Patates tipi işletme
Aynaların yüksekliği	7 m	—	Değişiyor ama max. 7 m	8,5-10 m	9-10 m	—
Blok verimi	Yok denecek kadar az	3%	8%	30%	5-6%	3-5%
Ortalama blok boyutları	—	0,80-10 m ³	2,5-8 m ³	3-8 m ³	2-10 m ³	1-8 m ³
Yıllık ortalama üretimi	5 ayda 100 ton	4500 m ³	4200 m ³	3500 m ³	10000 m ³	4000 m ³
Yıllık ortalama satışı	5 ayda 100 ton	4300 m ³	3500 m ³	3200 m ³	10000 m ³	4000 m ³
Fiyat aralığı (ton)	—	150-200 \$	150-250 \$	—	300-500 \$	120-270 \$
Müşterileri	Çin	Büyük çoğunluğu Çin Biraz Hindistan, Lübnan	Büyük çoğunluğu Çin biraz Hindistan ve yerli alıcı	Yalnızca bir tane Çin'li	Çin, Hindistan, Mısır, Lübnan	90% Çin, 10% Hindistan

Çizelge B.1. Çalışma sahasındaki ocakların genel özellikleri (Devamı)

Firma adı	Birikim İnş. San. ve Tic. A.Ş	Tunç Mermer A.Ş.	Aktaş Mer. San. Tic.	Akşi Mer. Mad. San. ve Tic. A.Ş.	Pamukova Mer. Mad. San ve Tic. A.Ş.
Firma sahibi	Ali Kadir Ertan	Necmi Tunç	Fahri Hacıoğlu	Yılmaz Battal	Kazım Güzelsoy-Rıza Güzelsoy
Mermer ocak sayısı	3 tane	1 tane	3 tane	1 tane	2 tane
Mermer işletme fabrikası	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Mermer ocağının ruhsat alanı	150 hek	150 hek	25 hek	—	
İşletme alanı	57000 m ²	8093 m ²	50000 m ²	—	
Kaç yıldır işletilmekte	2003 den bu yana	2008 den bu yana	2006 dan bu yana	1995 sürekli aktif değil	2003
Mermer ocağında çalışan sayısı	30 kişi	13 kişi	10 kişi	10 kişi	45 kişi
Mühendis sayısı	1 maden mühendisi	1 maden mühendisi	1 maden mühendisi	1 maden mühendisi	1 jeoloji mühendisi
Kadın çalışan sayısı	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Mermer ocağından çıkarılan mermerin türü	Koyu Bej	Koyu Bej	Açık bej	Açık bej	Açık bej-Emperador(imparator)
Yoğunluğu (gr/cm ³)	2,7	2,8	2,7	2,7	2,7
Ocaktaki kademe sayısı	4	2	4	—	8
Aynaların yüksekliği	7 m	6,30 m	7,5 m	10 m	
Blok verimi	5%	5-10%	40%	7-8%	
Ortalama blok boyutları	5-10 m ³	1-6 m ³	3-6 m ³	2-10 m ³	4-9 m ³
Yıllık ortalama üretimi	3500 m ³	2500 m ³	4500 m ³	3000 m ³	3500 m ³
Yıllık ortalama satışı	3000 m ³	1250 m ³	—	2500 m ³	3200 m ³
Fiyat aralığı (ton)	—	180-200 \$	100 lira-180 \$	300-1000\$	150-300\$
Müşterileri	Büyük çoğunluğu Çin biraz Hindistan	Çin ve çok az yerli alıcı	Çin, iç piyasa	Çin, iç piyasa	Çin, Hindistan, iç piyasa

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ertan ÖZEĞDEMİR
Doğum Yeri ve Yılı : Konak - İzmir, 1979
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ertanozegdemir@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Hayrettin Duran Lisesi, 1996
Ön Lisans : Afyon Kocatepe Üniv., Elektrik Meslek Yüksek O.1999
Lisans : SDÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği 2004

İş Deneyimi ve Kariyer Bilgisi

Koza Altın İşletmeleri-Bergama, Arama Jeoloğu : 2006-2007
İzmir Yanıt Dershanesi Matematik Öğretmenliği : 2007-2008
Beyaz Nokta Gelişim Vakfı-İzmir : 2007-2008
Amerikan Kültür Derneği, Diksiyon ve Ses Eğitimi Öğretmenliği :2008-2009
İzmir Yanıt Dershanesi, Matematik ve İngilizce Öğretmenliği : 2008-2009
Bornova Hisar Dershanesi, Matematik Öğretmenliği : 2009-2010
Akademi Eğitim Danışmanlık-Üçyol, Matematik Öğretmenliği : 2010-2011
Ege Lisan Fen Butik Dershanesi, Matematik Öğretmenliği : 2011-2016

Yayınları

Özeğdemir, E., Cengiz, O., 2014. Kabulbaba ve Söğütalanı (Mustafa Kemal Paşa-Bursa) Arasındaki Kireçtaşı Mermerlerin Mineral ve Element Kapsamları. 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 14-18 Nisan 2014, MTA Kültür Sitesi, Ankara, 222-223.

Özeğdemir, E., Cengiz, O., 2014. Kabulbaba-Söğütalanı (Mustafa Kemalpaşa-Bursa) Bölgesinde Bulunan Mermerlerin Jeokimyasal Özellikleri. 6. Uluslararası Katılımlı Jeokimya Sempozyumu, Bildiri Özet Kitapçığı, Mersin Üniversitesi, 14-17 Mayıs 2014, Mersin/Türkiye, 194-195.

Cengiz, O., Özeğdemir, E., 2016. Mineralogical and Geochemical Characteristics of Marble: A Case Study from the Mustafa Kemalpaşa-Bursa Area, Northwest Turkey. 16th International MultiDisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016 Book 1, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Conference Proceedings Volume 1, 30 June-6 July 2016, Albena-Bulgaria, 397-404.