

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

LAODİKEİA KUZEY KUTSAL AGORA'SI BATI PORTİK YER
MOZAİKLERİ VE HARÇLARININ MALZEME
KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖZDE KIYMAZ

DENİZLİ, HAZİRAN - 2021

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



LAODİKEİA KUZEY KUTSAL AGORA'SI BATI PORTİK YER
MOZAİKLERİ VE HARÇLARININ MALZEME
KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖZDE KIYMAZ

DENİZLİ, HAZİRAN - 2021

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 2019FEBE045 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

GÖZDE KIYMAZ

ÖZET

LAODİKEİA KUZEY KUTSAL AGORA'SI BATI PORTİK YER MOZAIKLERİ VE HARÇLARININ MALZEME KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖZDE KIYMAZ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. TAMER KORALAY)

DENİZLİ, 2021

Laodikeia'daki Kuzey Kutsal Agora Batı Portik (KKABP) yer mozaikleri 20x14 m'lik alanda kısmen tahrip olmuş şekilde gözlenmektedir. Mozaik yer döşemeleri şist, mermer, kuvarsit, metagabro, tuğla-kiremit ve lisvenit bileşimli çakıllarından oluşan statümen, 3-4 cm'lik kalın harç (Rudus), ve 2-3 cm'lik ince harç (Nucleus), 1-2 mm'lik yatak harcı ve tessera tabakalarından oluşmakta olup, tabakalar arasındaki geçişler her zaman belirgin değildir. Başlıca 14 farklı desenin Opus Regulatum, Opus Tessellatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla meydana getirilen KKABP yer mozaiklerinde 1x1x1, 1x1x2 cm arasında değişen boyutlarda, farklı renk tonlarında kristalize kireçtaşı, mermer, dolomitik mermer, traverten, oolitik kumtaşı bileşimli kayaç ve tuğla-kiremit parçalarından oluşan tesseralar kullanılmıştır. Tesseralar arasında nispeten üniform bir görünüme sahip, kötü derecelenmiş “*ince kumdan*” oluşan agrega bileşenlerin, hidrolik özelliğe sahip kireç bağlayıcı ile 2:1 oranında karıştırılmasıyla hazırlanan harç kullanılmıştır. Agrega bileşenler Lykos vadisinin kayaç litolojileri ile uyumlu olup, mermer, mikaşist, kuvarsit, serpantin, gabro, harzburjit, kireçtaşı, tuğla kiremit, kuvars, kalsit, muskovit, biyotit, piroksen parçalarından oluşmaktadır. KKABP harç örneklerinde yaygın büzüşme çatlakları ve kireç topaklarının varlığı, bağlayıcı olarak kullanılan kirecin temininde dolomitik kireçtaşlarının (Mg-Kalsit) kullanılmış olabileceğini düşündürmektedir. Farklı noktalardan alınan harç örneklerinin genellikle benzer özellikler gösterdiği, yapımı aşamasında kullanılan hammadde ve uygulama tekniğinde değişiklik olmadığı, yapım sonrasında herhangi bir onarım faaliyetinin gerçekleşmediği belirlenmiş, sonuçlar X-Işınları Difraktometre (XRD), X-Işınları Floresans (XRF), Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ve Konfokal Raman Spektrometre (KRS) analizleri ile desteklenmiştir. Laodikeia antik kentinin tarihsel gelişimi, sikkeler buluntuları ve Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) yöntemiyle belirlenen yaşların birlikte değerlendirildiğinde KKABP yer mozaiklerinin M.S. 4.yy ile M.S. 5.yy arası bir dönemde inşaa edildiği, M.S. 7 yy'daki depremle yıkılarak terk edildiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Laodikeia, Yer Mozaikleri, Harç, OSL tarihlendirme

ABSTRACT

MATERIAL CHARACTERIZATIONS OF WESTERN PORTIC GROUND MOSAICS AND MORTARS OF NORTHERN SACRED AGORA OF LAODICEA

MASTER THESIS

GÖZDE KIYMAZ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

DENİZLİ, 2021

The ground mosaics of the West Portico of the North Sacred Agora (WPNSA) in Laodicea are observed in an area of 20x14 m, partially deteriorated. There are five different layers at ground mosaic which consist of statumen (schist, marble, quartzite, metagabbro, brick-tile and lisvenite pebbles), rudus (rough mortar in 3-4 cm thickness), nucleus (fine mortar in 2-3 cm thickness), bedding mortar (1-2 mm in thickness) and tessellatum. Transitions between these layers are not always obvious. The ground mosaic of the WPNSA were created by using of Opus Regulatum, Opus Tessellatum, and Opus Vermiculatum techniques of 14 different patterns. Tesserae, sizes ranging from 1x1x1, 1x1x2 cm in different color tones, are composed of marble, dolomitic marble, recrystallized limestone, travertine, oolitic sandstone rocks, and brick-tile fragments. The mortar obtained by mixing the aggregates consisting of weak grade “fine sand” with a relatively homogeneous appearance and hydraulic lime binder at a ratio of 2:1, was used in the WPNSA ground mosaics. Aggregates are compatible with the rock lithologies of the Lycos valley and consist of marble, micaschist, quartzite, serpentinite, gabbro, harzburgite, limestone, brick tile, quartz, calcite, muscovite, biotite, pyroxene fragments. The presence of widespread shrinkage cracks and lime lumps in WPNSA mortar samples suggests that dolomitic limestones (Mg-Calcite) may have been used to supply the lime used as a binder. Moreover, it was determined that the mortar samples taken from different points of WPNSA generally showed similar properties, there was no change in the raw material and application technique used during the construction phase, no repair activities took place after the construction, and the results were also supported by X-Ray Diffractometer (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), Scanning Electron Microscope (SEM) and Confocal Raman Spectrometer (CRS) analyzes. When the archaeological records, coin findings, and Optically Stimulated Luminescence (OSL) ages are evaluated together, it can be said that the ground mosaic in WPNSA was built up between the 4th and 5th centuries AD, and then the building was abandoned by the great earthquake in the 7th century.

KEYWORDS: Laodikeia, Ground Mosaic, Mortar, OSL dating

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
KISALTMALAR	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Amacı.....	1
1.2 Uygulanan Yöntemler.....	1
1.2.1 Optik Mikroskop İncelemeleri.....	1
1.2.2 Spot Tuz Testleri.....	3
1.2.3 X-Işınları Difraktometre (X-Ray Diffractometer, XRD) İncelemeleri.....	4
1.2.4 Konfokal Raman Spektrometre (KRS) İncelemeleri.....	4
1.2.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope, SEM) İncelemeleri.....	4
1.2.6 X-Işınları Floresans (X-Ray Fluorescence, XRF) İncelemeleri.....	5
1.2.7 Optik Uyarmalı Lüminesans (Optically Stimulated Luminescence, OSL) İncelemeleri.....	5
1.3 Mozaik Tanımı ve Kısa Tarihçesi.....	6
1.4 Laodikeia Antik Kenti ve Kuzey Kutsal Agora.....	10
1.5 Önceki Çalışmalar.....	13
2. TESSELATUM TABAKASI İNCELEMELERİ	22
2.1 Tesselatum Tabakasındaki Desen Çeşitleri.....	23
2.2 Tessera Örneklerinin Optik Mikroskop İncelemeleri.....	36
2.3 Tesseraların XRD İncelemeleri.....	39
3. HARÇ İNCELEMELERİ	42
3.1 Suda Çözünebilir Tuz Analizleri.....	44
3.2 Kızdırma Kaybı Analizi.....	46
3.3 Asit Kaybı ve Granülometri Analizleri.....	47
3.4 Optik Mikroskop İncelemeleri.....	50
3.5 Harçların XRD İncelemeleri.....	56
3.6 Konfokal Raman Spektrometre (KRS) İncelemeleri.....	57
3.7 SEM Görüntüleme Çalışmaları.....	61
3.8 Harç Örneklerinin Jeokimyasal Özellikleri.....	62
4. STATÜMEN TABAKASI İNCELEMELERİ	68
4.1 Optik Mikroskop İncelemeleri.....	68
4.1.1 Şistler.....	68
4.1.1.1 Muskovit Kuvars Şist.....	69
4.1.1.2 Biyotit Kuvars Şist.....	70
4.1.1.3 Kalk Kuvars Şist.....	71
4.1.2 Mermerler.....	72

	Sayfa
4.1.2.1 Beyaz Mermer.....	73
4.1.2.2 Dolomitik Mermer.....	73
4.1.2.3 Grafitik Mermer ve Ankeritleşmiş Mermer.....	74
4.1.3 Kuvarsit.....	76
4.1.4 Metagabro.....	78
4.1.5 Tuğla-Kiremit Parçası.....	78
4.1.6 Listvenit.....	79
5. TARİHLENDİRME ÇALIŞMALARI.....	81
5.1 OSL Tekniğinin Prensipleri.....	81
5.2 KKABP OSL Çalışmaları.....	83
6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	87
KAYNAKLAR.....	92

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Tez çalışması iş akış şeması ve analiz yöntemleri.....	2
Şekil 1.2: a) Mezopotamya'nın Ubeyd kenti Ninhursag Tapınağı mozaik sütun (URL-1), b) Geyik avını betimleyen antik Yunan mozaïği (URL-2), c) Kartaca'dan Ulysses'in Roma mozaïği (Sander 2012), d) Villa Romana'daki büyük av sahnesi mozaïği (URL-3).....	7
Şekil 1.3: Mozaik yer döşemesinin katmanları (Caldeira ve diğ. 2019'dan değiştirilerek alınmıştır).....	8
Şekil 1.4: a) Opus Regulatum tekniği (URL-4), b) Opus Tessellatum tekniği (Alberti ve diğ. 2013), c) Opus Vermiculatum tekniği (URL-5), d) Opus Musivum tekniği (URL-6), e) Opus Signinum tekniği (URL-7), f) Opus Sectile tekniği (Alberti ve diğ. 2013), g) Opus Palladium tekniği (URL-8).....	10
Şekil 1.5: a) Laodikeia antik kentini yerbulduru haritası, b) Laodikeia antik kentinin coğrafik konumu, c) Kuzey Kutsal Agora Batı Portik (KKABP) havadan görünümü, d) KKABP yer mozaiklerinin havadan görünümü.....	11
Şekil 2.1: a) KKABP mozaik döşemelerinin üstten görünümü, b) Mozaik yer döşemesinde görülen M.S. 610 depremine ait deformasyon izleri.....	22
Şekil 2.2: a) Desen 1 görünümü, b) Desen 1 oluşturan tesseraların % dağılımı.....	24
Şekil 2.3: a) Desen 2 görünümü, b) Desen 2 oluşturan tesseraların % dağılımı.....	25
Şekil 2.4: a) Desen 3 görünümü, b) Desen 3'ü oluşturan tesseraların % dağılımı.....	25
Şekil 2.5: a) Desen 4 görünümü, b) Desen 4'ü oluşturan tesseraların % dağılımı.....	26
Şekil 2.6: a) Desen 5 görünümü, b) Desen 5'i oluşturan tesseraların % dağılımı.....	27
Şekil 2.7: a) Desen 6 görünümü, b) Desen 6'yı oluşturan tesseraların % dağılımı.....	28
Şekil 2.8: a) Desen 7 görünümü, b) Desen 7'yi oluşturan tesseraların % dağılımı.....	29
Şekil 2.9: a) Desen 8 görünümü, b) Desen 8'i oluşturan tesseraların % dağılımı.....	29
Şekil 2.10: a) Desen 9 görünümü, b) Desen 9'u oluşturan tesseraların % dağılımı.....	30
Şekil 2.11: a) Desen 10 görünümü, b) Desen 10'u oluşturan tesseraların % dağılımı.....	31
Şekil 2.12: a) KKABP yer mozaiklerinin iç kısmını oluşturan desenler, b) Desen 11 yakından görünümü, c) Desen 11'i oluşturan tesseraların % dağılımı.....	32
Şekil 2.13: a) KKABP yer mozaiklerinin havadan görünümü, b) Desenler arası geçiş motifinin yakından görünümü, c) Geçiş desenini oluşturan tesseraların % dağılımı.....	33

Şekil 2.14: a) İç bordür deseninin görünümü, b) İç bordür desenini oluşturan tesseraların % dağılımı.....	34
Şekil 2.15: a) Dış bordür deseninin görünümü, b) Dış bordür desenini oluşturan tesseraların % dağılımı.....	35
Şekil 2.16: Farklı renk tonuna sahip dolomitik mermer, mermer, traverten ve oolitik kumtaşı örneklerinin karşılaştırmalı XRD grafikleri.....	41
Şekil 3.1: KKABP harç örneklemelerinin yapıldığı noktalar (BSNR-1: Batı Sınırı Nükleus-Rudus geçişi 1 numaralı örnek).....	43
Şekil 3.2: KKABP harç örneklerinin asit kaybı analizi sonrası elde edilen agregalar.....	47
Şekil 3.3: Asit kaybı analizi sonrası harç örnekleri agrega bileşenlerinin tane çapı dağılım grafikleri.....	50
Şekil 3.4: KKABP harç örneklerinin XRD grafikleri.....	58
Şekil 3.5: KKABP harç örneklerinde bağlayıcı olarak tanımlanan noktaların Raman spektrumları.....	60
Şekil 3.6: KKABP harç örneklerine ait SEM görüntüleri.....	61
Şekil 3.7: KKABP harç örneklerindeki ana oksit elementlerin dağılım grafikleri.....	65
Şekil 3.8: KKABP harç örneklerinin a) SO_3 -(SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO)- CaO , b) (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , P_2O_5)-(MgO , Fe_2O_3 , TiO_2)-(SiO_2) üçgen diyagramlarındaki konumları.....	66
Şekil 4.1: Statümen tabakası muskovit kuvars şistlerine ait el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	69
Şekil 4.2: Statümen tabakası biyotit kuvars şistlerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	71
Şekil 4.3: Statümen tabakası kalk kuvars şistlerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	72
Şekil 4.4: Mermer bileşimli statümen örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	74
Şekil 4.5: Dolomitik mermer örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	75
Şekil 4.6: Grafitik mermer (GRV-25) ve Ankeritleşmiş mermer (GRV-11) örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	76
Şekil 4.7: Kuvarsit bileşimli statümen örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	77
Şekil 4.8: Metagabro örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	78
Şekil 4.9: Tuğla-kiremit örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri..	79
Şekil 4.10: Listvenit bileşimli statümen örneğinin el örneği ve mikroskop görüntüleri.....	80
Şekil 5.1: OSL tarihlendirmesi için örnek alınan yerler, OSL yaşları ve karot örnekleri.....	84

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: KKABP yer mozaikleri tessera örneklerinin mineralojik ve petrografik özellikleri.....	37-38
Tablo 3.1: KKABP harç örneklerinin tuz türü, pH ve toplam tuz miktarı (SS) test sonuçları.....	45
Tablo 3.2: KKABP harç örneklerinin hesaplanan % nem, % molekül suyu-organik madde ve % CaCO ₃ içerikleri.....	46
Tablo 3.3: KKABP harç örneklerinde toplam agrega, toplam bağlayıcı ve granülometrik analiz sonuçları.....	49
Tablo 3.4 KKABP harç örneklerinin petrografik özellikleri.....	54-55
Tablo 3.5: KKABP harç örneklerinin anaoksit, iz element ve bazı element oranları ile hidrolik indeksi (HI) ve çimentolanma indeksi (ÇI) değerleri.....	63-64
Tablo 3.6: Kireç bağlayıcının hidrolik ve çimentolaşma indekslerine göre sınıflandırılması (Böke ve diğ. 2008; Holmes ve Wingate 2002).....	67
Tablo 5.1: KKABP harç örneklerine ait OSL tarihlendirme sonuçları.....	85
Tablo 5.2: Lykos vadisi ve çevresindeki antik kentlerini etkileyen bazı tarihi depremler (Kumsar ve diğ. 2015 sadeleştirilerek alınmıştır).....	86

KISALTMALAR

KKABP	: Kuzey Kutsal Agora Batı Portik
OSL	: Optik Uyarmalı Lüminesans
MATLAB	: Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, Tarihi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı
PAÜ-İLTAM	: Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
XRD	: X-Işınları Difraktometre
CRS	: Konfokal Raman Spektrometre
YEBİM	: Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
XRF	: X-Işınları Floresans
PEDXRF	: Polarize Enerji Dağılımlı X-Işınları Floresans
USGS	: Birleşik Devletler Jeoloji Araştırmaları
HCl	: Hidroklorik Asit
HF	: Hidroflorik Asit
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
M.Ö.	: Milattan Önce
M.S.	: Milattan Sonra
yy	: Yüzyıl
IRLS	: Kıızıl Ötesi Uyarmalı Lüminesans
CaCO₃	: Kalsiyum Karbonat
CSH	: Kalsiyum Silikat Hidrat
SEM-EDS	:Taramalı Elektron Mikroskobu Enerji Dağılımlı Spektrometre
TGA	: Termogravimetrik Analiz
DTA	: Diferansiyel Termik Analiz
FTIR	: Kıızılötesi (IR) Absorbsiyon Spektroskopisi
De	: Eşdeğer Doz
DT	: Yıllık Doz

ÖNSÖZ

Batı Anadolu gerek coğrafik özellikleri gerekse stratejik konumu gereği çok sayıda antik dönem yerleşimine ev sahipliği yapmış bir bölgedir. Antik dönem yerleşimlerinin çok sayıda olması nedeniyle arkeoloji, sanat tarihi, tarih çalışmaları için doğal bir laboratuvar konumundadır. Bölgede yapılmış/yapılmakta olan arkeolojik kazı çalışmalarından üretilmiş çok sayıda yayının bulunmaktadır. Yerbilimleri araştırmalarıyla üretilen deneysel ve sayısal bilgilerin arkeolojik araştırmalarda ve bulguların değerlendirilmesinde kullanılması anlamına jeoarkeolojik çalışmaların ilgi alanı çok geniş, kapsadığı konular çeşitlidir. Laodikeia antik kentine yönelik çok sayıda arkeolojik çalışma olmasına rağmen, jeoarkeolojiye yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Kuzey Kutsal Agora Batı Portik yer mozaiklerini meydana getiren tessellatum, rudus, nukleus ve statümen tabakalarında kullanılan jeolojik malzemelerin detaylı incelemelerinin gerçekleştirildiği bu çalışmada, çok farklı analiz teknikleri (Optik Mikroskop, Spot tuz testleri, XRD, CRS, SEM, XRF ve OSL) başarıyla uygulanmıştır. Analiz yapılan jeolojik malzemelerin nitelikleri detaylı olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların; farklı meslek gruplarının görev alanlarına giren ve çeşitli disiplinlerin katkıları ile gerçekleştirilmesi gereken koruma ve onarım çalışmalarına önemli bir bilimsel altlık oluşturacağı düşünülmektedir.

Yüksek Lisans çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, Sayın Prof. Dr. Tamer KORALAY'a teşekkürlerimi sunarım. Laodikeia antik kentini tekrar gün ışığına çıkararak ve tez çalışma konumuzun şekillenmesinde bize önemli katkılar sağlayan Sayın Prof. Dr. Celal ŞİMŞEK'e, arazi çalışmaları sırasında örnekleme konusunda destek sağlayan arkadaşım Gözde ASLAN'a ve beni her zaman destekleyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Haziran 2021

Gözde KIYMAZ

1. GİRİŞ

1.1 Araştırmanın Amacı

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı Mineraloji-Petrografi programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

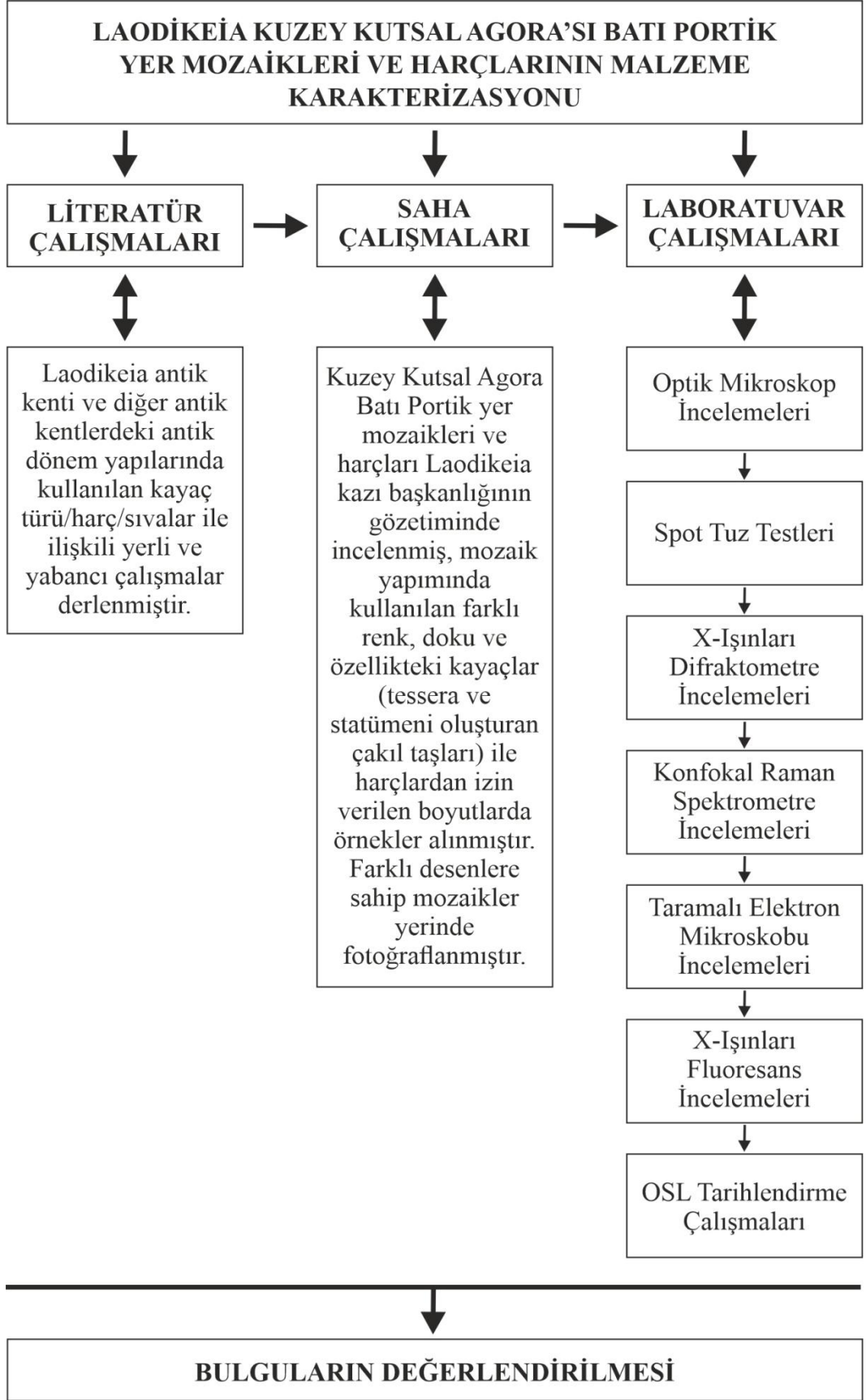
Tez çalışmasının amacını; Denizli İli'nin 6 km kuzeyinde Eskihisar, Goncalı, Bozburun Mahalleleri içerisinde kalan Laodikeia antik kenti Kuzey Kutsal Agora'sı Batı Portik'te (KKABP) bulunan yer mozaik ve harçlarının yapımında kullanılan jeolojik malzemelerin ayrıntılı mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya çıkarılması, Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) yöntemiyle tarihlendirilmesi çalışmaları oluşturmaktadır. Tez çalışması sonucunda elde edilen verilerle yapıda kullanılan jeolojik malzemelerin karakterizasyonu ortaya çıkarılmış, sonrasında devam etmekte olan yenileme-bütünleme çalışmaları için bilimsel bir altlık meydana getirilmiştir.

1.2 Uygulanan Yöntemler

Tez çalışmasının belirtilen amaçlara ulaşabilmesi için Şekil 1.1'de verilen akış şemasındaki incelemeler ve analizler gerçekleştirilmiştir.

1.2.1 Optik Mikroskop İncelemeleri

Tez kapsamında KKABP yer mozaik ve harçlarının yapımında kullanılan jeolojik malzemelerden (15 adet tessera, 14 adet harç ve 32 adet statümen) petrografik incelemeler için ince kesitler hazırlanmıştır. İnce kesiti yapılacak harç örnekleri çoğunlukla nükleus rudus geçişini temsil etmektedir.



Şekil 1.1: Tez çalışması iş akış şeması ve analiz yöntemleri

Harç örneklerinden 5x3x2 cm büyüklüğünde parçalar alınmış, fırçayla tozlarından arındırıldıktan sonra 105±5°C'de 2 saat kurutulmuştur. Kuruyan harç örnekleri epoksi polimer içerisinde bir süre bekletilmiş, ince kesit yapımı için sağlam bir yapı kazandırılmıştır. Kayaç ve harç örneklerinin ince kesitleri üzerinde mineralojik bileşim, tane boyu ölçümü, doku tanımlaması ve petrografik adlandırmalar yapılmış, ince kesit fotoğrafları çekilmiştir. İncelemeler Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde "Carl-Zeiss Primotech" marka alttan ve üstten aydınlatmalı polarize mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

1.2.2 Spot Tuz Testleri

Yapıları oluşturan malzemelerin içeriğinde doğal olarak bulunan ve/veya suda çözünerek sonradan malzemelerin yüzeyine veya gözeneklerine kapiler etki sonucu su ile taşınan tuzlar, zamanla malzemenin kendi bünyesinde önemli kimyasal değişimlere neden olabilmektedir. Bu nedenle harç örneklerinin doğal içeriğini oluşturan ya da çevresel etkilerle (yağmur, kar, gece-gündüz sıcaklık farkları, hava kirliliği, trafik vb.) sonradan kazandıkları tuz içeriklerinin belirlenmesi gerekmektedir. KKABP harç örneklerinde bozulmalara neden olabilecek çözünebilir tuz türleri, organik katkılarla ilgili protein, yağların varlığı ve pH değerlerini belirlemek için Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, Tarihi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MATLAB)'nda spot tuz testleri yaptırılmıştır. Spot tuz testleri için 25 ml su içerisine alınan 5 g harç örneği, 1 saat santrifüjlenip süzildükten sonra üzerine standart sodyum heksametafosfat eklenmiştir (Alkan ve diğ. 2011). Hazırlanan çözeltilerin toplam tuz içerikleri iletkenlik ölçer (Neukum Seri 3001 marka pH-sıcaklık-iletkenlik ölçer) ile kaydedilmiş, ilgili eşitlikler kullanılarak toplam tuz miktarlarına (ağırlıkça yüzde olarak) ulaşılmıştır (Black ve diğ. 1965; Brady ve Weil 2004; Means ve Parcher 1963). Çözeltilerde spot test türüne göre ya reaktifler eklenerek ya da şerit kullanılarak testler tamamlanmıştır. Anyon analizlerinde; standart Merck nitrit (NO_2^- ; 108025), Merck nitrat (NO_3^- ; 111170), Merck fosfat (PO_4^{3-} ; kod: 114846), Merck klorür (Cl^- ; 110079) ve Merck toplam sertlik (CO_3^{2-} ; kod: 110025) test kitleri kullanılmıştır.

1.2.3 X-Işınları Difraktometre (X-Ray Diffraction, XRD) İncelemeleri

KKABP yer mozaiklerinin yapımında kullanılan benzer renklerdeki tessera örneklerinin mikroskop çalışmalarıyla ortaya çıkarılamayan benzerlik/farklılıklarını belirlemek, harç örneklerinde tanımlanamayan ve/veya bozunma sonucu oluşan yeni mineral bileşenleri saptayabilmek için XRD incelemeleri yapılmıştır. Tessera (8 adet) ve harç (10 adet) örnekleri XRD incelemeleri için, halkalı değirmende 150-200 mesh boyutuna kadar öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz halindeki tessera ve harç örneklerinin XRD analizleri Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (PAÜ-İLTAM) Laboratuvarında “GNR APD 2000” marka cihazla yapılmıştır. XRD analizlerinin gerçekleştirildiği cihazın teknik özellikleri şöyledir; Cu-K α katot tüp (1.54 Å dalga boyu), 10-60 kV gerilim, 5-60 mA akım, 0.1°(2 θ /s) tarama hızı ve -111° < 2 θ < 168° tarama aralığı.

1.2.4 Konfokal Raman Spektrometre (KRS) İncelemeleri

KRS incelenecek örnek üzerinde herhangi bir bozucu etkisinin olmaması ve ayrıca bir örnek hazırlama gerektirmemesi nedenleriyle mineralojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Harç örneklerinin kireç bileşenlerindeki benzerlik/farklılıkları belirlemek için KRS çalışmaları yapılmıştır. Petrografik incelemelerde kullanılan 9 adet harç ince kesitinde sadece bağlayıcının görüldüğü 3 farklı noktadan ölçüm alınmıştır. KRS ölçümleri Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Laboratuvarında “Thermo Scientific-DXR-2 Confocal Raman Spectrometer” cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

1.2.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope, SEM) İncelemeleri

Harç örneklerinde kullanılan kireç bileşeninin mikroskop çalışmalarıyla ortaya çıkarılamayan benzerlik/farklılıklarını ortaya çıkarmak, bozunma sonucu gözeneklerde oluşabilecek yeni mineral bileşenleri görüntülemek ve tanımlamak için SEM incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla daha önce ince kesiti yapılan 8 adet harç örneğinin kalan şahit numunelerinden SEM incelemeleri için, 4 mm

apında, 3 mm kalınlığında parçalar alınmış, kaplama aygıtında vakum altında 200-300 Å kalınlığında altın film ile kaplanmıştır. Altın film ile kaplanmış harç rneklerinin SEM analizleri Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (PA-İLTAM) Laboratuvarında “ZEISS Gemini SEM 360” marka cihazla gerçekleştirilmiştir.

1.2.6 X-Işınları Floresans (X-Ray Fluorescence, XRF) İncelemeleri

KKABP yer mozaiklerinin yapımında kullanılan benzer renklerdeki tessera örnekleri ile harç örneklerinin ana ve iz element içeriklerini belirleyebilmek, benzerlik/farklılıklarını ortaya çıkarabilmek için XRF analizi yapılmıştır. XRF analizi için tessera ve harç örnekleri halkalı değirmende 150-200 mesh boyutuna kadar ğtlmştr. Daha sonra her bir örnek tozundan 6.25 g alınarak, 1.4 g bağlayıcı wax ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Karışım halindeki örnek tozu 15-20 N/m basınç altında, 40 mm çapında bir tablet şeklinde sıkıştırılmış ve analize hazır hale getirilmiştir. XRF analizleri Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (PA-İLTAM) Laboratuvarında “Spectro XEPOS-PEDXRF” cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analizler USGS’in sedimanter ve metamorfik kayaçlar (kumtaşı, kireçtaşı, mermer) için oluşturduğu standartlar kullanılarak kalibre edilmiştir.

1.2.7 Optik Uyarmalı Lüminesans (Optically Stimulated Luminescence, OSL) Tarihlendirme alışmaları

Tarihlendirme alışmaları için KKABP zemini üzerindeki farklı noktalardan 10 adet karot rneği alınmıştır. Gece ortamında yapılan örnekleme çalışmalarında 5 cm çaplı Shelby tüpleri zemine 20-30 cm çakılmış, sonrasında tüpler alüminyum folya ile kapatılarak laboratuvara getirilmiştir. Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü tarihlendirme laboratuvarında karanlık oda kırmızı led ışık altında Shelby tüpü içerisinden çıkarılan zemin örnekleri başlangıç ve son kısımlarına karşılık gelen 5 cm’lik kısımları atılmış, kalan kısmını 90-140 µm boyutlu elek kullanılarak saf su ile yıkanmıştır. Elek üzerinde kalan kalan 90-140 µm tane boylu zemin örneğini,

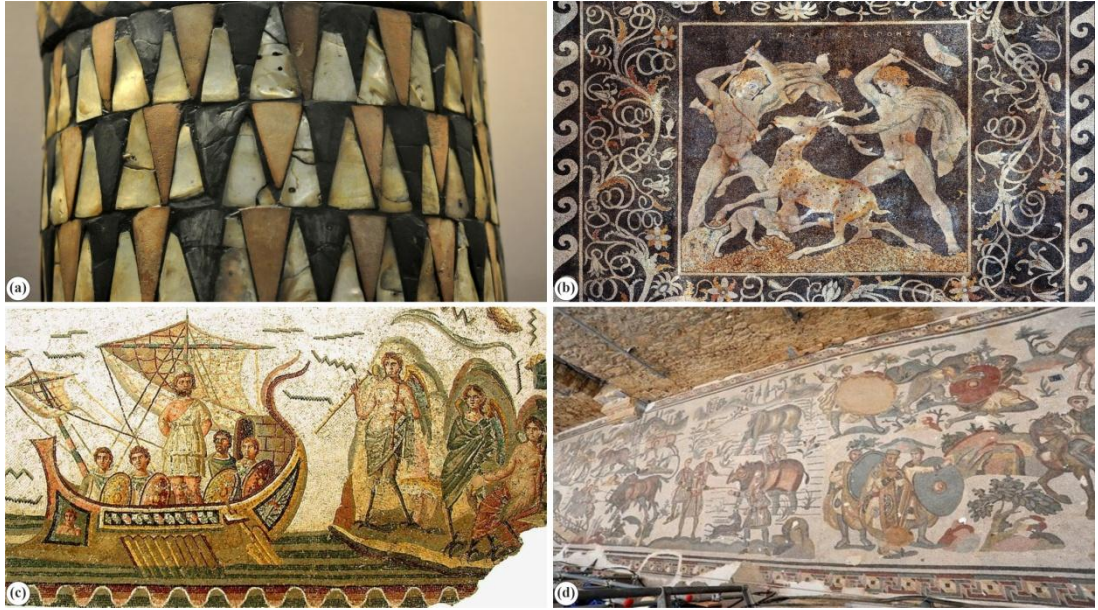
içerdiği kalsit minerallerinden arındırmak için %10'luk Hidroklorik Asit (HCl) asit kullanılmıştır. Tepkime sona erene kadar zemin örnekleri bu asit içerisinde bekletilmiş, sonrasında saf su yıkanmıştır. Zemin örneği içerisindeki organik maddeleri uzaklaştırmak için bu kez %30'luk Peroksit (H₂O₂) kullanılmıştır. Yine tepkime bittikten sonra zemin örnekleri tekrar saf su ile yıkanmıştır. Zemin örneği içerisinde kuvars dışındaki silikat minerallerini uzaklaştırmak için %10'luk Hidroflorik Asit (HF) ile kısa bir süre yıkanmış ve sonrasında saf su ile yıkanarak kurutulmuştur. Kurutulan ve sadece kuvars mineralinden oluşan zemin örnekleri disklerle yapıştırılarak ölçüme hazır hale getirilmiştir. Örneklerin tarihlendirme çalışmasında ELSEC 9010 OSL Sistemi ve Harshaw 3500 Model TL Dozimetre Okuyucusu kullanılmıştır.

1.3 Mozaik Tanımı ve Kısa Tarihçesi

Antik dünyanın yapı süsleri olarak da tanımlayabileceğimiz mozaikler kayaç, cam, mine ve benzeri malzemelerden özel olarak üretilebilen, farklı renkli ufak parçalarının kireç ya da çimento harcı ile belli bir yüzeye yapıştırmak suretiyle figürlü şekiller meydana getirilen resim veya dekoratif süsleme yöntemidir (Üstüner 2002; Alberti ve diğ. 2013).

Mozaik kelime anlamı olarak Grekçe'de yer alan "mousa" kelimesinden türemiş olup, Roma Dönemi'nde Latince "musivum" halini almıştır. Orta çağ Latincesi'nde "musaicus" olarak değişmiş ve Fransızcaya "mosaique" olarak geçerek farklı dillerde farklı söylemler kazanmıştır. Roma döneminde duvarlara mozaik uygulaması yapan sanatçılara musivarius, yere mozaik döşeyen sanatçılara ise tessellarius ya da tessellator adı verilmiştir (Üstüner 2002; Sander 2012; Alberti ve diğ. 2013). Farklı malzemelerden yapılmış bilinen en eski mozaik örnekleri Mezopotamya'nın Ubeyd kentinde bulunan bir tapınak binasında bulunmuş, renkli taş, deniz kabuğu ve fildişi parçalarından oluşan mozaikler M.Ö. 3000 ikinci yarısına tarihlendirilmektedir (Şekil 1.2a). M.Ö. 4. yüzyıla ait mozaikler Makedonya'nın saray kenti Aegae'de bulunmuş ve Britanya'dan Dura Europos'a kadar Helenistik villaların ve Roma konutlarının zeminlerini süslemişlerdir (Şekil 1.2b). Kuzey Afrika'da Kartaca gibi yerlerde Roma villalarında görkemli mozaik zeminler bulunur

ve Tunus'taki Bardo Müzesi'ndeki geniş koleksiyonda hala görülebilir (Şekil 1.2c). Roma döneminde Nero ve mimarları M.S. 64'te inşa edilen Domus Aurea'da duvarların ve tavanların yüzeylerini kaplamak için mozaikler kullanmışlardır (Sander 2012). Roma döneminde de bitki motifleri, hayvancılık, denizcilik gibi konular üzerinde çalışmalar sergilemişlerdir. Sicilya'daki Piazza Armerina yakınlarındaki Villa Romana del Casale mozaikleri, dünyadaki en büyük in situ Roma mozaik koleksiyonudur ve UNESCO Dünya Mirası olarak korunmaktadır. Muhtemelen İmparator Maximian'a ait olan Büyük Villa Rustica, büyük ölçüde 4. yüzyılın başlarında inşa edilmiştir. Mozaikler, 12. yüzyılda meydana gelen heyelanla 700 yıl boyunca örtülmüş ve korunmuştur. En önemli parçalar Sirk Sahnesi, 64 m uzunluğundaki Büyük Av Sahnesi, Küçük Av, Herkül'ün İşçileri ve modern görünümlü bikinilerle egzersiz yapan kadınları gösteren ünlü Bikini Kızlar'dır (Şekil 1.2d).

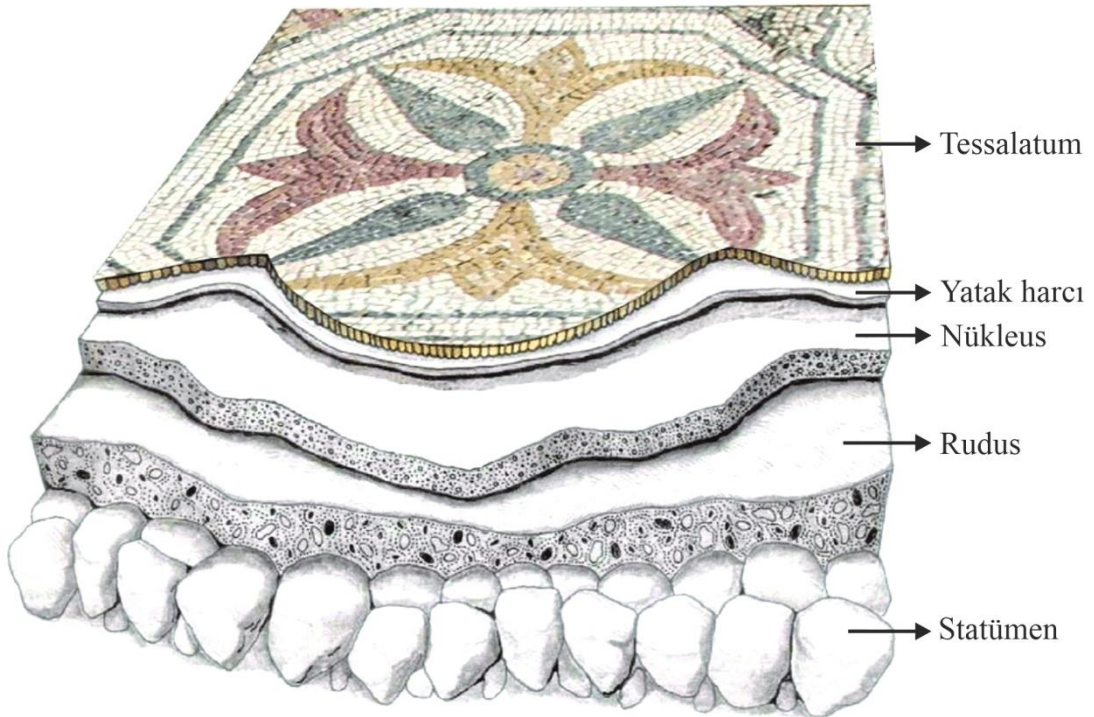


Şekil 1.2: a) Mezopotamya'nın Ubeyd kenti Ninursag Tapınağı mozaik sütun (URL-1), b) Geyik avını betimleyen antik Yunan mozaïği (URL-2), c) Kartaca'dan Ulysses'in Roma mozaïği (Sander 2012), d) Villa Romana'daki büyük av sahnesi mozaïği (URL-3)

Hristiyanlıktan sonra Bizanslılar diğer mozaik uygulamalarından farklı olarak dini motifler ve parlak, renkli taşlar ve cam kullanmışlardır. Bizans dönemi mozaiklerinde Hristiyanlık için önemli olan kişiler (Hz. Meryem, Hz. İsa ve havariler başta olmak üzere) ve İncil'de yer verilen olaylar yaygın olarak canlandırılmıştır.

Mozaik sanatının zeminden farklı duvar ve tavan uygulamalarına bu dönemde rastlanılmaktadır. Son olarak Anadolu’da karşımıza çıkan mozaik sanatında seramik ve çini’nin kullanıldığı, mavi, yeşil, yaldızlı sarı, altın sarısı gibi canlı renklerden oluşan uygulamalar görülmektedir (Üstüner 2002; Sander 2012).

Antik kaynaklardan edinilen bilgiye göre Roma döneminde yaşamış olan mimar Vitruvius (M.Ö. 90-20) mozaik yapım tekniklerini M.Ö. 25 sıralarında yazıldığı tahmin edilen “De Architectura” adlı eserinde anlatmıştır (Üstüner 2002). Mozaik yapımının başlıca üç seviyeden oluştuğunu belirten Vitruvius ilk seviyenin mozaik döşemesindeki suların sızabileceği şekilde dik olarak yerleştirilen “Statümen” tabakasından oluştuğunu belirtmiştir. İkinci seviye 15 cm kalınlığında $\frac{1}{4}$ ’ü kireç $\frac{3}{4}$ ’ü çakıl parçalarından oluşan ve “Rudus” olarak adlandırılan harç seviyesidir. Üçüncü seviye $\frac{3}{4}$ ’ü kiremit $\frac{1}{4}$ ’ü kireç karışımından oluşan ve “Nükleus” adlandırılan seviyedir. Mozaığı oluşturan tessera parçaları bu tabaka üzerine harç yaş iken yerleştirilmektedir (Üstüner 2002; Kaplan ve diğ. 2017). Bazı mozaik yapılarında nükleus üzerinde ince bir tabaka halinde yatak harcı katmanının varlığı belirlenmiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Mozaik yer döşemesinin katmanları (Caldeira ve diğ. 2019’ dan değiştirilerek alınmıştır)

Mozaikler uygulandığı alana ve kullanılan tesseraların, boyutlarına, geometrisine ve malzemesine göre farklı isimler almaktadır (Üstüner 2002; Alberti ve diğ. 2013; Kaplan ve diğ. 2017).

Opus Regulatum (Izgara deseni): Mozaiği oluşturan tüm tesseralar eşit büyüklükte olup hem dikey hem de yatay olarak hizalanmıştır (Şekil 1.4a). Geometrik desenler oluşturmak veya bir arka plan için kullanışlıdır. Genellikle bordürler ve büyük boyutlu mozaik uygulamalarında tercih edilen bir döşeme yöntemidir.

Opus Tessellatum: Tuğla dizilimini andıracak şekilde, bir alttaki tessera bir üsttekinin tam ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 1.4b). M.Ö. 2. ve 1. yy'da Roma döneminde yaygın olarak duvarlara ve zemine uygulanmıştır. Tesseraların büyüklük ve biçimleri aşağı yukarı aynıdır.

Opus Vermiculatum: Bu mozaik deseninde tesseralar solucana benzeyen kıvrımlı bir yapı gösterirler (Şekil 1.4c). En etkili mozaik tekniklerinden birisi olmakla beraber yüksek oranda işçilik ve beceri gerektirmektedir. Su yapılarında (Hamam, havuz ve çeşme vb.) yaygın olarak tercih edilen Opus Vermiculatum tekniğinde işlenen konular genelde doğa olaylarıdır. Tessera boyutları değişken olup, nispeten daha küçüktür.

Opus Musivum: Duvar mozaik tekniği olarak da bilinir. Opus Musivum tekniğini diğer tekniklerden ayıran özellik süslü ve etkileyici biçimde yapılmış olmasıdır (Şekil 1.4d). Bu teknikte yapılan duvar mozaikleri özellikle Roma evleri ve villalarında görülmektedir.

Opus Signinum: Ezilmiş tuğla parçalarının kireçle karışımından oluşur ve diğer döşeme tekniklerinden farklı olarak su geçirmeyen bir niteliğe sahiptir (Şekil 1.4e). M.Ö. 2. ve M.S. 2. yy. arasında İtalya'da yaygın olarak kullanılmış bir tekniktir.

Opus Sectile: Diğer tekniklere göre daha iri ve farklı boyutlarda mermer parçalarının kullanılması ile oluşturulmuştur (Şekil 1.4f). Mermer dışında bazalt ve granit parçaları da kullanılmıştır. Büyük bir şekil (örneğin kalp, harf, kedi) tek bir tesseredan oluşmaktadır.

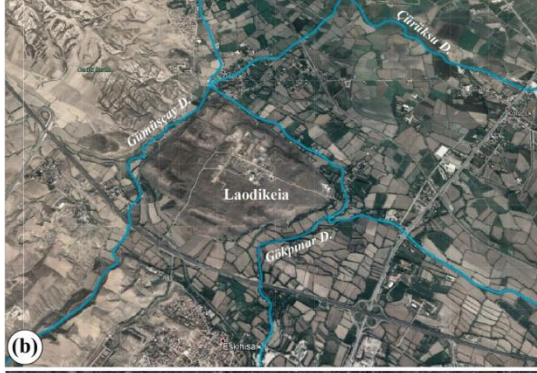
Opus Palladium: Çağdaş mozaik uygulama tekniği olarak da isimlendirilmiştir. Tesseralar sıralar oluşturmak yerine düzensiz şekillidir (Şekil 1.4g). Ayrıca “çılgın kaldırım” olarak bilinmektedir. Mozaik yapımında kullanılacak olan taş, cam, metal seramik vb. parçaların düzgün bir geometrik şekil oluşturmalarından ziyade rastgele parçalara ayrılmıştır.



Şekil 1.4: a) Opus Regulatum tekniği (URL-4), b) Opus Tessellatum tekniği (Alberti ve diğ. 2013), c) Opus Vermiculatum tekniği (URL-5), d) Opus Musivum tekniği (URL-6), e) Opus Signinum tekniği (URL-7), f) Opus Sectile tekniği (Alberti ve diğ. 2013), g) Opus Palladium tekniği (URL-8)

1.4 Laodikeia antik kenti ve Kuzey Kutsal Agora

Laodikeia antik kenti Denizli İli'nin 6 km kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1.5a). Kuzey doğusunda Lykos (Çürüksu), güneydoğusunda Kadmos (Gökpınar) ve kuzeybatısında Asapos (Gümüştay-Goncalı deresi) olmak üzere ırmaklarla çevrili yüksek bir alanda yer almaktadır (Şekil 1.5b). Laodikeia adına tarihte ilk kez III. Seleukos'un M.Ö. 323 yılında öldürülmesinden sonra yaşanan taht kavgalarının anlatımında rastlanılmıştır. Kent adını II. Anthiokhos'un eşi kraliçe Laodike'den alır. Byzantionlu Stephanus'un anlattığı bir diğer hikâyeye göre ise; I. Antiokhos ya da III. Antiokhos'un rüyasında gördüğü üç kadın (annesi, kızkardeşi, eşi) kendileri için kraldan Karia bölgesinde kent kurmasını istemişlerdir. Kralda eşi için Nysa, annesi için Antiokheia, kızkardeşi için Laodikeia kentini kurmuştur.



Şekil 1.5: a) Laodikeia antik kentini yerbulduru haritası, b) Laodikeia antik kentinin coğrafik konumu, c) Kuzey Kutsal Agora Batı Portik (KKABP) havadan görünümü, d) KKABP yer mozaiklerinin havadan görünümü.

Plinius Laodikeia kentinin önce Diospolis ve sonra Rhoas olarak adlandırılan daha eski bir köyün Seleukos kralı II. Antiokhos Teos (261-247) tarafından kurulduğundan söz eder. Strabon Hellenistik dönemde Laodikeia adında pek çok kent kurulduğu için bu yüzden kent yanında bulunan Lykos nehri ile anılarak

(Laodikeia ad Lycum) aynı isimli diğer kentlerden ayrıldığından bahseder. Kent, birbirini dik açılarla kesen ana caddeler ve ara sokaklardan oluşan hippodinamik (ızgara) planlı olarak düzenlenmiştir. Yaklaşık 5 km²'lik alana yayılan Laodikeia'nın önemli ve günümüze kadar gelebilen yapıları içinde; Anadolu'nun en büyük stadyumu (258x70m), 2 tiyatrosu, 4 hamam kompleksi, 5 agorası, 5 nymphaeumu, 2 anıtsal giriş kapısı, bouleuterionu, tapınakları, kiliseleri ve anıtsal caddeleri sayılabilir. Kentin dört tarafını ise nekropol (mezarlık) alanları bulunmaktadır (Şimşek 2007; 2014; 2019).

Laodikeia'da kazı çalışmalarında ortaya çıkartılan Kuzey (Kutsal) Agora, en önemli yapıların başında yer alır. Agora Suriye Caddesi'nin kuzey yanından başlamak üzere dikdörtgen planlı olarak iki tiyatro arasındaki düzlükte etrafı kuzey, güney, doğu, batı portikleri ile çevrili olan yaklaşık 33.920 m²'lik bir alanda konumlandırılmıştır. Bu alan, Roma İmparatorluk Döneminde Temenos, MS 4.yy'dan itibaren ise Agora olarak kullanılmaya başlanmıştır. Agoraya geçiş, Suriye Caddesi üzerinden üç anıtsal kapıdan sağlanmaktadır (Şimşek 2014; 2019). Kuzey (Kutsal) Agora'nın kuzeybatı dönüşünü ortaya çıkartarak mevcut halini tespit etmek amacıyla Batı Portik'in Kuzeybatısında 847 m²'lik alanda kazı çalışmaları yapılmıştır. Kuzey ucunda traverten bloklar ile oluşturulmuş apsisli bir mekân tespit etmişlerdir (Şekil 1.5c). Traverten bloklu bu duvar Kuzey Kutsal Agora'yı kuzey yönde sınırlandırmakta ve M.S. 5. yy'da sur duvarları olarak kullanıldığı düşünülmüştür. Çalışma alanımızı oluşturan yer mozaik döşeme kazı çalışmalarıyla ortaya çıkarılan apsisli alanı doğu batı yönlü kesen duvarında güneyinde yer almaktadır (Şekil 5c). Kısmen bozulmaların ve eksikliklerin bulunduğu mozaik döşeme 20x14 m²'lik alan içerisinde doğuda traverten duvar örgüsü ile sınırlanmış bir şekilde görülmektedir (Şekil 1.5d). Bu mozaikli alanın Erken Dönem bir kilise olduğu düşünülmektedir.

1.5 Önceki Çalışmalar

18. yy'dan bu yana gezginler ve arkeologlar tarafından bilinen Laodikeia antik kentinde ilk kazı çalışmaları 1961-1963 yılları arasında Kanada Quebec Laval Üniversitesi'nden Prof. Jean Des Gagnier yönetiminde başlamıştır (Kuzu 2008). Laodikeia antik kenti ve çevresinde 2003 yılından sonra Prof. Dr. Celal Şimşek başkanlığında geniş kapsamlı kazılara başlanmış, günümüzde kentin değişik yapıları ile nekropolündeki çalışmalara devam edilmektedir. Bu tez kapsamında Laodikeia antik kenti Kuzey Kutsal Agora'sı Batı Portik (KKABP) yer mozaiklerinde kullanılan malzeme özellikleri detaylı analizlerle incelenecek, yer mozaiklerinde kullanılan jeolojik malzemelerin bilimsel karakterizasyonları belirlenecek ve yenileme-bütünlendirme çalışmaları için önemli bir veri tabanı oluşturulacaktır. Tezin konusunu oluşturan yer mozaikleri ve bağlayıcısı olan harçlar üzerine gerek ulusal gerekse uluslararası çok sayıda makale ve araştırma bulunmaktadır. Aşağıda tez çalışmasında yararlanılan bazı çalışmalara ait özet bilgiler verilmiştir.

Güleç ve Tulun (1997), Anadolu'daki Roma hamamı (Roma dönemi), Tahtakale hamamı (Osmanlı dönemi) ve Esekapısı medresesi (Bizans döneminde kilise olarak yapılmış, I. Süleyman tarafından medreseye dönüştürülmüştür.) kireç bazlı harç ve sıva örneklerinin mineralojik, petrografik ve fiziko-kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Roma hamamı harç ve sıva örneklerinin birbirine benzer özellikte olduklarını, baskın olarak kuvars, kalsit ve daha az miktarda plajiyoklaz ve feldispat bileşenlerinden oluştuğunu, nadiren tuğla-kiremit parçası içerdiklerini belirtmişlerdir. Tahtakale hamamı ve Esekapısı medresesi harç ve sıva örneklerinin farklı özelliklere sahip olduklarını belirten araştırmacılar, harç örneklerinin, homojen bağlayıcı içerisinde, çeşitli renk ve dokularda ince ve iri agregalardan oluştuğunu, agrega olarak çoğunlukla kırma taş ve kısmen öğütülmüş tuğlalar (yapay puzolanik malzeme) kullanıldığını belirlemişlerdir. Harç örneklerinde görülen midye kabuklarına göre agregaların "Küfeki" taşından (İstanbul çevresinde yaygın olarak bulunan sedimanter bir kayaç) elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Tülek (2005), Kilikya mozaikleri tesseralarının hangi bileşimli kayalardan oluştuklarını ve bölgenin yerel malzemesi ile benzerliklerine bakarak bölge dışından olup olmadıklarını belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada tesseraların mineralojik,

petrografik, fiziksel özellikleri ve jeolojik yaş özellikleri sunulmuştur. Kilikya mozaiklerinde ana kayaç türü olarak kireçtaşlarının kullanıldığı, bölgenin jeolojik yapısı ile değerlendirildiğinde bu malzemelerin bölge içerisindeki taş ocaklarından elde edilmiş olduğu belirlenmiştir.

Demirtürk (2006), Laodikeia kazı alanında farklı yerlerden aldığı seramik örnekleri üzerinde Kızıl Ötesi Uyarmalı Lüminesans (IRSL) yöntemi uygulayarak seramiklerin OSL tarihlendirmesi gerçekleştirmiştir. Seramik örneklerinin başlıca kuvars, feldispat ve kalsit mineralleri içerdiği ifade edilmiştir. Tarihlendirme çalışmaları için kullanılacak eşeğer doz miktarı aynı örnekler üzerinde iki farklı yöntem ile bulunmuştur. Çalışma sonucunda seramik örneklerinin her iki yöntemle belirlenen IRSL yaşlarının 737 ± 60 ile 1602 ± 120 yıl arasında değiştiği belirlenmiştir.

Erkan (2006), tez çalışmasında Büyük Saray Mozaikleri Konservasyon ve Restorasyon Projesi'nin temel sorunlarına değinmiş, mozaiklerin maruz kaldığı etkilerin ana hatlarını belirlemiştir. Mozaik döşemelerin çürüme nedenlerini araştırmış, olumsuz etki oluşturan iklim ve çevre koşulların iyileştirilmesine yönelik öneriler sunmuştur.

Pecchioni ve diğ. (2006), Floransa (İtalya) bölgesi önemli tarihi yapılarında kullanılan harçların petrografik incelemelerini gerçekleştirmişlerdir. Santa Maria del Fiore Katedrali'nin kubbesini inşa etmek için kullanılan harcın bol miktarda bağlayıcı içeren bir "yağ harcı" olduğunu ifade eden araştırmacılar, harç içerisinde hiçbir büzülme çatlak gözlenmediğini, bu durumun harcı donma reaksiyonu boyunca ıslak tutularak "kürlemeye" özen gösterildiğine işaret ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Katedral kubbesinde Arno nehrinden alınmış iyi boylanmış kumdan oluşan agrega kullanıldığını söylemişlerdir. Yazarlar Pietrasanta Katedrali'nin çan kulesi harç örneklerinde yoğun olarak beyaz kireç topaklarının varlığına işaret ederek, Palazzo Davanzati'den alınan sıva harçlarında yüksek miktarda agrega bulunduğunu ve yaygın büzülme çatlak içerdiğini ifade etmişlerdir. Villa Demidoff parkında tuğladan yapılmış, alçı ve süngerimsi kireçtaşlarıyla kaplanmış Apennine Heykeli'nin yapımında kullanılan harcın "kireç macunu topakları" içerdiğini ve ayrıca eski harcın geri dönüştürülerek yeni harçta kullanılmış olduğunu belirlemiştir. Fortezza da Basso duvar harcında donma sırasında

hidratlanmış ve karbonatlanmış kireç toprakların varlığına işaret eden yazarlar bu oluşumların duvar için tehlikeli olabileceğine dikkat çekmişlerdir.

Zamba ve diğ. (2007) Yunanistan'da Roma Dönemi'ne ait Saithidai Heroon mozolesinin malzeme özelliklerini incelemişlerdir. Mozolenin dış duvarlarının gözenekli ve masif kireçtaşı bloklarından oluştuğunu ve harç kullanılmadan inşa edildiğini, iç kısmının köşeli kumtaşı, kireçtaşı blokları ile kum, çakıl ve kil karışımından oluşan kaotik malzeme ve kireç harcı ile doldurulduğunu belirlemişlerdir. Kireç harcı içerisinde beyaz renkli, gözenekli topraklar içerdiğini, toprakların bir kısmının yalnızca ince taneli özşekilli CaCO_3 kristal toplulukları içerdiğini, geri kalan toprakların ise çubuk benzeri CaO-SiO_2 bakımından zengin bileşikler içerdiğini ortaya çıkarmışlardır. Harç içinde yuvarlak tuğla parçalarının nadiren agrega olarak bulunduğunu belirtmişlerdir.

Akyol ve diğ. (2008), Demre Aziz Nikolaos Kilisesi yapımında kullanılan kayaç ve harç örneklerinin petrografik tanımlamasını yaparak, yerel formasyonlar ile bağlantılarını ortaya çıkarmışlardır. Ana yapıyı oluşturan kayaçların kazı alanı çevresindeki kayaçlarla benzer bileşimde olduklarını ifade etmişlerdir. Yapıda kullanılan gösel kireçtaşlarının Demre ve Beydağı (Antalya'nın kuzeyi) çevresinden, travertenlerin Demre çevresinden ve granodiyoritlerin de Maraş, Aydın, Salihli, Muğla veya Afyon çevresinden temin edilmiş olabileceğini belirtmişlerdir.

Aydın ve diğ. (2010), Maltepe Kurtarma Kazısında ortaya çıkarılan metal, harç ve mozaik örneklerini Taşınabilir X-Işınlı Floresans Spektroskopisi (Portable-XRF) ile analiz etmişlerdir. Metal buluntuların (broş, haç kolye, haçlı yüzük ve sarmal saç) çoğunlukla altın, kısmen gümüş ve bakır içerdiğini belirlemişlerdir. Harç örneklerinin (mermer harcı ve duvar harcı) mineral içeriklerinin benzer olduğunu ancak mermer harcında CaO 'in, duvar harcında ise SiO_2 'nin daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar 4 adet mozaik örneğinin Ca, Pb, Fe, Cu ve Au içeriği bakımından kısmi zenginleşme gösterdiğini ifade etmişlerdir. Mozaiklerdeki Ca yüksekliğini mozaığın kimyasal yapısından ve yapışmayı sağlayan bağlayıcıdan kaynaklanabileceğini ifade eden yazarlar, Pb, Fe ve Cu zenginleşmelerini mozaiklerin boyası ile ilişkilendirmişlerdir. Au için Bizans döneminde mozaik

camların arkasına yapıştırıldığı düşünölen altın veya gümüş yapraklarına işaret etmişlerdir.

Akyol ve diğ. (2011), Şanlıurfa kent merkezinde bulunan Haleplibahçe arkeolojik alanı Amazonlar Villası'na ait mozaikli mekânları oluşturan kayaç ve harç örneklerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında incelenen 24 adet tessera örneğinden bir tanesinin kiltası diğerlerinin beyaz, gri, siyah, sarı yeşil ve kırmızı renkli sparitik ve pelajik kireçtaşlarından oluştuğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar mozaik harç katı örneklerinin (nükleus ve rudus) bağlayıcı oranlarının %75-82, agrega oranlarının %15-25 arasında değiştiğini, agrega olarak çört, bazalt, kireçtaşı, serpantinit, radyolarit ve kuvars bileşenlerinden oluştuğunu belirlemişlerdir. Nükleus ve rudus harçlarının çimentolaşma indekslerinin sırasıyla 0.97-3.67 ve 1.08-1.87 arasında değişen hidrolik kireç ve doğal çimento yapısında yüksek dayanıma sahip harçlar olduklarını ortaya çıkarmışlardır.

Elsen ve diğ. (2011), Belçika'daki Tournai'deki Notre-Dame Katedrali'nin Roma, Karolenj stil ve Romanesk stil dönemine ait harç örneklerini incelemişlerdir. Mineraloji ve tane boyutu dağılımının karşılaştırılması sonucu Tournai sahası için kireç kaynağı olarak Karbonifer yaşlı kireçtaşları ile Kreatase yaşlı kireçtaşı/marnlarının kullanıldığını, agreganın mineralojisi ve tane boyutu dağılım eğrilerine göre bölgedeki kum oluşumlarından temin edildiğini ifade etmişlerdir.

Güleç (2012), Nuruosmaniye Camii'nin (Fatih-İstanbul) onarım projesi kapsamında caminin harım, bodrum kat ve avlusundan alınan harç, sıva, taş, mermer, tuğla, ahşap, boya, varak ve kir örneklerinin nitelik ve problemlerini araştırmıştır. CaCO₃ içeriklerinin harç örneklerinde %39.21-74.35, sıva örneklerinde %43.39-%67.39 arasında değiştiği belirten yazar, harç örneklerinde agrega türü olarak tuğla kırığı, kuvars, volkanik kayaç ve kireçtaşı bileşenlerin bulunduğunu, baskın tuz bileşenler olarak nitrat ve sülfat daha az oranda klorür içerdiklerini tespit etmiştir. Ayrıca harç örneklerinde proteinin varlığına işaret etmiştir.

Kahraman Altaş ve diğ. (2012), İstanbul'da Erken Bizans Dönemi (Roma) saray yapılarından (Büyük Saray, Bukoleon Sarayı ve Lausos Sarayı) alınan harç örneklerinin fiziksel, kimyasal, petrografik özellikleri ile hammadde bileşimleri,

minerolojik özellikleri ve suda çözünen tuz içeriklerini incelenmiştir. Morfolojik analiz sonuçlarına göre tüm harç örneklerinin tuğla tozu ve tuğla kırıklı agrega içeren horasan harçları olduğu, bağlayıcı/agrega oranlarının 1/3-1/4 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Elektrik iletkenlik değerleri, petrografik bileşen, XRD ve SEM analiz sonuçlarına göre harçların puzzolanik karakterli, kalsit, kuvars ve kalsiyum silikat hidrat (CSH) bileşikler içeren hidrolik karakterli olduklarını belirlemişlerdir. Bununla birlikte haraç örneklerinde spot analizler sonucu klorür, sülfat, nitrat ve karbonat türü tuzlar tespit edilmiş olup, Bukaleon sarayı örneklerinde klor, şehir içi trafiğiyle iç içe olan diğer saraylarda sülfat türü tuzların baskın olduğu ifade edilmiştir.

Bertolini ve diğ. (2013), Milano'daki (İtalya) San Lorenzo bazilikasının harçları üzerine çalışma gerçekleştirmişlerdir. M.S. 4. ve 5. yy arasında inşaa edilen yapının, farklı zamanlarda onarımlar geçirdiğini ifade eden araştırmacılar, bu onarımlarda kullanılan harçların malzeme özelliklerini detaylı olarak incelemişlerdir. Sonuçta bağlayıcının magnezyum kireç bağlayıcı olmasına rağmen, farklı tarihsel dönemlere ait harçlarda kullanılan bağlayıcının mikro yapısında önemli farklılıklar olduğunu, yapısal elemanların uygun olarak yüksek bir mukavemet gerektiren hidrolik harçların varlığına işaret etmişlerdir.

Karayazlı (2013), Antandros'da (Altınoluk-Balıkesir) bulunan Roma Dönemi mozaik harç tabakalarının ve tesseraların temel fiziksel özelliklerini, hammadde bileşimlerini, mineralojik, kimyasal ve mikro yapısal özelliklerini; renk ölçer, standart RILEM test yöntemleri, XRD, XRF, SEM-EDS ve TGA analizleri ile belirlemiştir. Tesseraların küçük küpler şeklinde taş, seramik ve opak camlardan oluştuğunu, taş tesseralar kireçtaşı ve dolomit bileşimli kayaçlar, seramik tesseraların farklı kil kaynaklarından üretilmiş olduğunu ifade etmiştir. Antandros'daki mozaiklerde görülen bozunmaların döşemelerdeki oturmalar, bozulmuş özgün drenaj sistemi, sıcaklık ve nem değişiklikleri ile biyolojik kolonizasyonlardan kaynaklandığını belirlemiştir.

Koralay ve diğ. (2015), Tripolis'te (Yenicekent-Denizli) bulunan önemli yapılardan (Erken Bizans Kilisesi, Kemerli Yapı, Tonozlu Yapı, Erken Bizans Güney Surları) alınan sınırlı sayıda harç ve sıva örneklerinde görsel analiz, spot testler, mineralojik-

petrografik analiz, kalsinasyon testleri ve jeokimyasal analizler yapmışlardır. Harç ve sıva örneklerinin litik bileşenler (baskın olarak kuvarsit, gnays, kuvars mikaşist, daha az miktarda mermer traverten, kumtaşı ve tuğla-kiremit parçası), mineral bileşenler (kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz, biyotit, muskovit ile daha az oranda klorit, kalsit ve opak mineraller) ve bağlayıcı (kireç) olmak üzere 3 farklı bileşenden oluştuğunu belirlemişlerdir. Örneklerde değişen oranlarda sülfat, nitrat ve fosfat türü tuzlar tespit edilmiştir. Harç örneklerinin klorür ve karbonat içeriklerinin diğer tuzlara göre yüksek olduğunu, bu durumun kireç bağlayıcı ve çimento kullanımından kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Kurugöl ve Güleç (2015), Amasra'da M.S. 1. ve 2. yy'a tarihlenen Roma dönemi bazilikasının kireç harcı üzerinde fiziko-kimyasal, petrografik ve mekanik incelemeler gerçekleştirmişlerdir. Beyaz renkli kireç harcının dolomitik özellikli, sönmüş, hidrolik olmayan kireç kullanılarak elde edildiğini belirleyen araştırmacılar, harç içerisindeki agregaların kırılmış andezit parçalarından oluştuğunu ifade etmişlerdir. Harç örneklerinde agrega/bağlayıcı oranının 1:1 ile 2:1 arasında değişmekte olup, yaygın olarak büyük kireç toprakları görülmektedir. Mekanik açıdan harçların sağlam ve bozulmamış olması, uygun tekniklerle üretildiğini göstermektedir.

Oğuz ve diğ. (2015), Myra'da (Demre-Antalya) bulunan antik tiyatro ve Andriake Limanı'nda bulunan Plakoma'da kullanılan harç, tuğla, taş gibi yapı malzemeleri üzerinde XRD, SEM/EDS, TGA/DTA, XRF, birim hacim kütle, kütlece su emme, hacimce su emme, özgül kütle, kompasite, porozite, asit kaybı ve elek analizi, tuz analizleri, pH, protein, yağ, puzolanik aktivite- iletkenlik analizleri, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yükleme, eğilmede çekme dayanımı, ultrases hızı, elastisite modülü, Schmidt çekici deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Harçların esas olarak kalsit ve kuvars minerallerinden oluştuğunu, bir kısmının yapımında hidrolik, bir kısmının yapımında hidrolik olmayan kireç bağlayıcı kullanıldığını ve düşük puzolanik madde içerdiklerini ifade etmişlerdir. Taş malzemelerin yüksek CaO içerikli (%49-51) kireçtaşı bileşiminde olduklarını belirlemişlerdir. Tuğla malzemelerinin yerel kaynaklardan çıkarılan hammaddenin 800-900 °C sıcaklıkta pişirilmeleri sonucu elde edildiklerini ortaya çıkarmışlardır.

Lezzerini ve diğ. (2016), Aşağı Valdarno'da (Floransa-İtalya) inşa edilmiş aristokrat konağı olan Geç Roma Villa dell'Oratorio'dan alınan 31 yatak harcı ve alçı numunesi üzerinde optik mikroskopi, termogravimetrik analiz, XRD ve SEM-EDS analizleri gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar harçların beyaz, sarımsı beyaz renkli doğal hidrolik kireç bağlayıcı ile karıştırılmış çok ince-iri nehir kumu agregasından oluştuğunu belirlemişlerdir. Harçlarda Arno nehir kumlarının agrega olarak kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Kaplan ve diğ. (2017), Antandros (Altınoluk-Balıkesir) Antik kentinden bulunan bulunan Roma Dönemi Teras Evi'nden toplanan mozaiklerinin yapım teknolojisini ve malzeme özelliklerini belirlemişlerdir. Teras Evi mozaiklerinin harç katmanları ve tessellatum katmanlarından oluştuğunu, harç katmanlarının hidrolik kireç ve puzolanik tuğla kırıklarından üretildiğini, tesseraların yerleştirildiği ince yatak harcının ise hidrolik olmayan kireç harcından üretildiğini belirlemişlerdir. Yapıda kullanılan tesseraların taş, seramik ve camlardan oluştuğunu ifade eden araştırmacılar, taş tesseraların dolomit, tridimit ve kalsit minerallerinden oluştuğunu tespit etmişlerdir. Seramik tesseraların kuvars, kalsit, albit ve muskovit minerallerinden meydana geldiğini ve hammaddelerin yüksek sıcaklıklarda pişirilmesiyle elde edildiklerini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar farklı renkli cam tesseraların Roma dönemi camlarına benzer olarak yüksek miktarda SiO₂, Na₂O ve CaO içerdiğini; Ca-antimon ve Pb-antimon bileşikleriyle matlaştırılmış ve geçiş elementleri ile renklendirilmiş olduklarını ifade etmişlerdir.

Taşçı ve Böke (2018), Xanthos, Patara (Antalya) ve Tlos (Muğla) antik Roma yerleşimlerdeki farklı tip yapılarda kullanılan kireç harçlarının temel fiziksel özelliklerini, hammadde bileşimlerini, mineralojik ve mikroyapısal özelliklerini XRD, FTIR ve SEM-EDS analiz yöntemleri kullanarak belirlemişlerdir. Üç antik Roma yerleşiminden toplanan kireç harçları, içerdikleri agregaların türüne bağlı olarak beyaz ve grimsi renklere olup, düşük yoğunluklu ve yüksek gözeneklidirler. Harçların kireç/agrega oranları 3/4-5/2 arasında değişirken, mineralojik olarak kalsit ve kuvars ile daha az oranda hematit, dolomit, albit, anortit bileşimli agregalar içermektedir. Yazarlar EDS analizlerinde harç matrislerinin yüksek miktarda CaO ve SiO₂ ve orta miktarda Al₂O₃ ve MgO'ten oluştuğunu ortaya çıkarmışlardır. Bağlayıcı

olarak kullanılan kirecin, magnezyum içeren neredeyse saf kalkerli taşlardan elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Işık (2019), Antakya müzesinde sergilenen Soteria mozağine ait taş tesseralar üzerinde yerinde renk analizi ve kimyasal analizler, laboratuvarında petrografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik incelemeler gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak tessera örneklerinin serpantin, breşik kireçtaşı, kristalize kireçtaşı, biyosparitik kireçtaşı, biyomikritik kireçtaşı ve listvenit bileşimli kayaçlardan oluştuğunu, CaO, SiO₂, MgO ve Fe₂O₃ element içeriklerinin yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Hatay bölgesinin jeolojik yapısı ile değerlendirildiğinde tessera malzemelerinin bölge içerisindeki taş ocaklarından alınmış olabileceğini ifade etmiştir.

Arinat ve diğ. (2020), Ürdün'ün güneybatısındaki Madaba'daki Hippolytus Salonu'nun mozaik zemini harç katmanlarının ve tesseraların malzeme karakterizasyonu üzerine çalışmışlardır. Araştırmacılar harç katmanlarına ait iki, farklı renklerde (Beyaz, Siyah, Sarı, Kırmızı, Pembe, Turuncu, Açık gri) 9 taş tessera örnekleri üzerinde görsel analiz, XRD ve SEM-EDX analizleri gerçekleştirmişlerdir. Hippolytus Salonu'nun mozaik zemininin üç katmandan (statümen, nükleus ve yatak katmanı) oluştuğu, rudus tabakasının bu mozaik zeminde olmadığını belirlemişlerdir. Harç örneklerinin kireç esaslı bir harç olduğu ve her iki numunenin de ana mineralinin Kalsit (CaCO₃) olduğunu ifade eden araştırmacılar, taş tesseraların ağırlıklı olarak kireçtaşı (mikritik özellikte) ve daha az miktarda dolomit bileşimli kayaçlardan oluştuğunu ortaya çıkarmışlardır.

Ion ve diğ. (2020), Roma Mozaik Müzesi'ndeki (Köstence-Romanya) antik Roma mozaiklerinin renk özelliklerini, titreşim spektrumlarını, mineral bileşimlerini ve iç yapılarını tahribatsız (Kromatik analiz, Nötron Kırınımı, Nötron Tomografisi) ve mikro-analiz teknikleri (Optik Mikroskopi, XRD, SEM-EDS, Raman Spektroskopisi, Dalgaboyu Dağılımı XRF) kullanarak incelemişlerdir. Beyaz, Koyu Kırmızı, Mavi, Gri, Pembe renkli 6 taş tessera örneğinin benzer XRD desenleri gösterdiği, baskın olarak kuvars ve kalsit mineral fazlarının yanında hematit, jips ve demir içeren alüminosilikatlar fazları içerdiklerini belirtmişlerdir. Tessera örneklerinin yüksek Ca içeriğine sahip karbonatlı ve silikatlı kayaçlardan oluştuklarını, renklenmeye neden olan eser miktarda Mg, Ti, Fe, Cu ve Sr içerdiklerini ileri sürmüşlerdir. Raman

alışmalarında örneklerin başlıca kalsit, kuvars, götit, hematit, manganit piklerinden oluştuğunu ifade eden araştırmacılar, çoğu mozaik parçası üzerindeki koyu renkli kabukların antropojenik faaliyetler sonucu oluşmuş olabileceklerini söylemişlerdir.

2. TESSELATUM TABAKASI İNCELEMELERİ

Bu başlık altında KKABP’te bulunan mozaik yer döşemesinde kullanılan desenler ve desenlerin oluşturulmasında kullanılan tesseraların mineralojik ve petrografik özellikleri hakkında bilgi verilecektir. KKABP mozaik yer döşemeleri 20x14 m’lik alan içerisinde yer yer tahrip olmuş şekilde gözlenmektedir (Şekil 2.1a). Mozaik yer döşemesi doğuda, kuzey-güney doğrultulu uzanan bir duvar örgüsü ile sınırlandırılmış olup, M.S. 610 depremine ait deformasyon izleri belirgin olarak görülmektedir (Şekil 2.1b).



Şekil 2.1: a) KKABP mozaik döşemelerinin üstten görünümü, b) Mozaik yer döşemesinde görülen M.S. 610 depremine ait deformasyon izleri

Mozaik yapımında kullanılan tesseralar 1x1x1, 1x1x2 cm arasında değişen boyutlarda ve genellikle düzgün yüzeylere sahiptirler. Tesseralarda başlıca 9 farklı renk tonunda 4 farklı kayaç türü ve 2 farklı renkte tuğla-kiremit parçası belirlenmiştir. Beyaz renkli (N9) tesseralar kristalize kireçtaşı, beyaz (N10), bordo (10R 3/4), koyu gri-siyah (N3), pembe (5R 7/4), açık gri (N8) ve mavimsi beyaz (5B 9/1) renkli tesseralar farklı doku özellikleri gösteren mermerler, bej renkli (10YR 8/2, 10P 9/2) tesseralar traverten, sarımsı kahverengi renkli (10YR 6/6), tesseralar kumtaşı, sarımsı turuncu (5YR 7/8) ve kırmızımsı turuncu renkli (2.5YR 2/8) tesseralar tuğla-kiremit bileşimli kayaç/malzemelerden kesilerek yapılmışlardır. Mozaik yer döşemesi alttan itibaren sert toprak üzerine yerleştirilmiş çok iri-iri boyutlu dere çakıllarından oluşan statümen, 3-4 cm kalınlığında kaba harç (Rudus), ve 2-3 cm kalınlığındaki ince harç (Nucleus) ve üzerinde 1-2 mm kalınlığındaki yatak harcı üzerinde yer alan tessellatum katmanlarından oluşmaktadır. Katmanlar arasındaki geçişler tedrici olup, hemen her katmanda kırmızı, turuncu renkli tuğla tozu ve tuğla kırıkları görülebilmektedir. KKABP’te kazı çalışmaları öncesinde yoğun tarım faaliyetleri yapılması nedeniyle yatak harcının bağlayıcılık özelliğini kaybettiği düşünülmektedir.

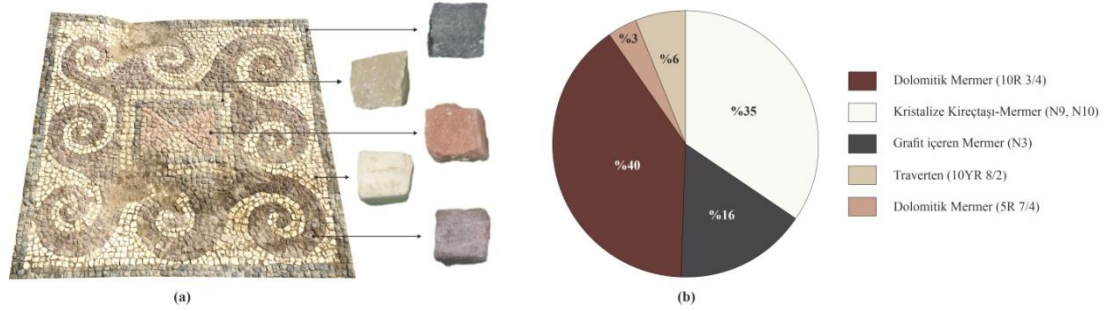
2.1 Tessellatum Tabakasındaki Desen Çeşitleri

Sözlükte görsel bir etki yaratmak amacıyla taş, tahta, çini, kâğıt ve kumaş üzerine yapılmış, çizgi resimler olarak tanımlanan desen, mozaik sanatının en önemli özelliklerinden birini oluşturmaktadır. Desen, aynı şekillerden oluşmuş, sık sık tekrar eden ve bir araya gelince bir bütün oluşturan motifler içermektedir. Bu konu başlığı altında KKABP yer mozaiklerinde belirlenen desenler ve özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Desen 1

Desen 1 120x120 cm boyutunda kare şekilli olup, Opus Regulatum, Opus Tessellatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 1 içerisinde bordo (10R 3/4), beyaz (N9, N10), koyu gri-siyah (N3), bej (10YR 8/2) ve pembe (5R 7/4) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.2a). Desen 1’de kullanılan tesseraların % dağılımları

Şekil 2.2b’de görülmektedir. Desen 1 üst kısmındaki küçük bir alan dışında bütün olarak korunmuş olup, desenin tanımlaması kolaylıkla yapılabilmektedir.



Şekil 2.2: a) Desen 1 görünümü, b) Desen 1 oluşturan tesseraların % dağılımı

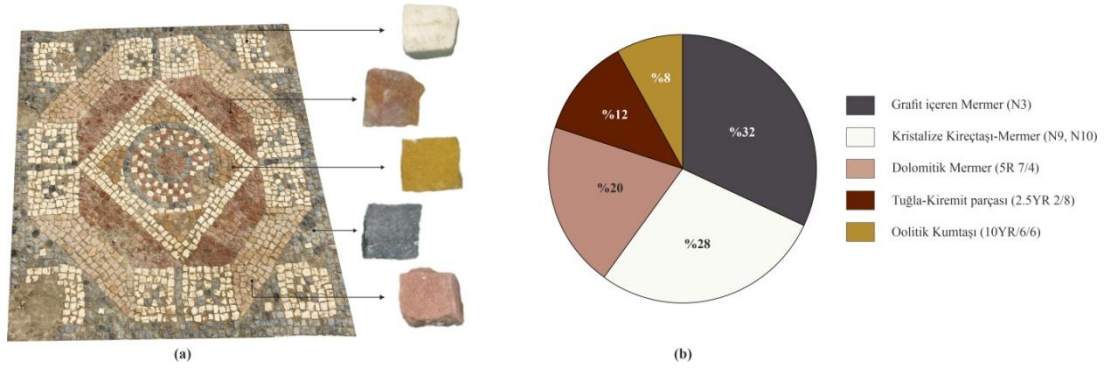
Desen 1’in en dışında koyu gri-siyah renkli tesseraların iki sıra halinde Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve ve Opus Vermiculatum tekniğinde dizilmiş, beyaz renkli tesseralardan oluşan zemin görülmektedir. Desen 1’in orta kısmında Opus Regulatum tekniğinde dizilmiş geometrik bir motif bulunur (Şekil 2.2a). Geometrik motif iki sıra bej renkli tesseralardan oluşan yaklaşık kare bir çerçeve içerisinde Opus Tessellatum tekniğinde dizilmiş pembe ve bordo renkli tesseralardan oluşan üçgen alt motiflerden oluşmaktadır. Desen 1 orta kesimindeki geometrik motifin etrafı Opus Vermiculatum tekniğinde dizilmiş bordo renkli tesseralardan oluşan dalga motifleri ile çevrelenmiştir.

Desen 2

Desen 2 120x120 cm boyutunda kare şekilli olup, Opus Regulatum ve Opus Tessellatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 2 içerisinde koyu gri-siyah (N3), beyaz (N9, N10), pembe (5R 7/4), kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8) ve sarımsı kahverengi (10YR 6/6) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.3a). Desen 2’de kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.3b’de görülmektedir. Desen 2 bütün olarak korunmuş olup, desenin tanımlaması kolaylıkla yapılabilmektedir.

Desen 2’de koyu gri-siyah renkli zemin içerisinde farklı renkli tesseraların Opus Tessellatum tekniğinde dizilmesiyle oluşturulmuş büyük geometrik motif bulunmaktadır. Desen 2’nin ortasından kenarına doğru sırasıyla Opus Tessellatum tekniğinde dizilmiş daire, üçgen, kare, ikiz kenar yamuk ve sekizgen motifler

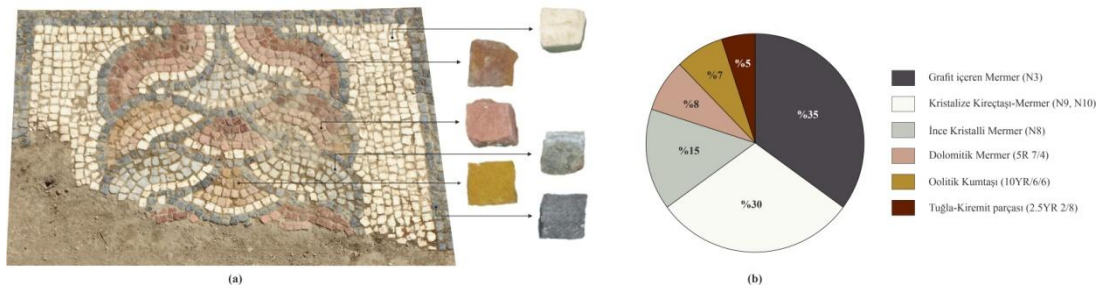
görülmektedir. En içte bulunan iç içe geçmiş daire motifler koyu gri-siyah renkli tesseralar ile sınırlanmış olup kırmızımsı turuncu ve beyaz renkli tesseralardan oluşmaktadır. Üçgen motifler sarımsı kahverenkli, kare motifler beyaz renkli, ikiz kenar yamuk motifler kırmızımsı turuncu ve sekizgen motifler pembe renkli tesseralar kullanılarak tamamlanmıştır (Şekil 2.3a).



Şekil 2.3: a) Desen 2 görünümü, b) Desen 2 oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 3

120x110 cm boyutunda kare şekilli Desen 3, Opus Regulatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 3 içerisinde koyu gri-siyah (N3), beyaz (N9, N10), açık gri (N8), pembe (5R 7/4), sarımsı kahverengi (10YR 6/6) ve kırmızımsı turuncu renkli (2.5YR 2/8), 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.4a). Desen 3'de kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.4b'de görülmektedir. Desen 3'ün önemli bir kısmında bozulma görüldüğü için yarım olarak günümüze ulaşmış olup, desenin tanımlaması kısmen yapılabilmektedir.

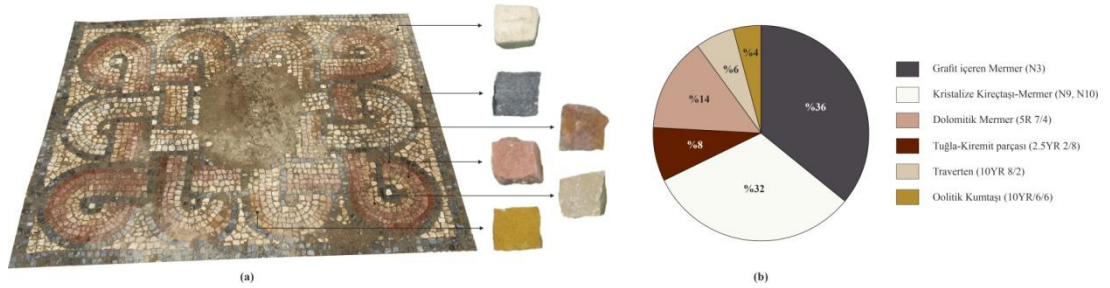


Şekil 2.4: a) Desen 3 görünümü, b) Desen 3'ü oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 3'ün en dışında koyu gri-siyah renkli tesseraların iki sıra halinde Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve ve Opus Regulatumdan Opus Vermiculatum tekniğine geçiş şeklinde dizilmiş beyaz renkli tesseralardan oluşan zemin görülmektedir. Desen 3'de görülen motif yuvarlak dilli çift örgü olarak adlandırılmaktadır (Üstüner 2002) (Şekil 2.4a). Örgü motifleri antik dönemde mozaik sanatçıları tarafından çok çeşitli tiplerde uygulanmış hem bordür hem de pano tasarımlarında popüler olarak tercih edilmiştir. Bu motif, basit örgü motifinin iki sıra halinde ve araya bir dil motifi gelecek şekilde geliştirilmiş tasarımıdır. Motif beyaz renkli zemin üzerinde farklı renkli tesseralardan yapılmış her bir örgünün sistematik olarak tekrarlanmasıyla elde edilmiştir.

Desen 4

122x145 cm boyutunda dikdörtgen şekilli Desen 4, Opus Regulatum, Opus Tessellatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 4 içerisinde koyu gri-siyah (N3), beyaz (N9, N10), pembe (5R 7/4), kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8), bej (10YR 8/2) ve sarımsı kahverengi (10YR 6/6) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.5a). Desen 4'de kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.5b'de görülmektedir. Desen 4'ün ortasında bozulma nedeniyle tüm tesseraların koptuğu görülmekle birlikte, desen tanımlaması yapılabilmektedir.



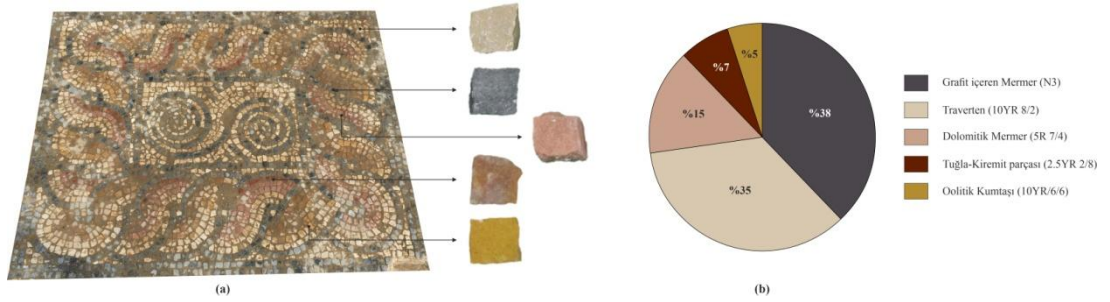
Şekil 2.5: a) Desen 4 görünümü, b) Desen 4'ü oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 4'ün en dışında koyu gri-siyah renkli tesseraların iki sıra halinde Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve ve Opus Regulatum tekniğinde dizilmiş beyaz ve bej renkli tesseralardan oluşan zemin görülmektedir. Desen 4'de Süleyman Düğümü olarak adlandırılan motif kullanılmıştır (Şekil 2.5a). Süleyman Düğümü genellikle antik Roma mozaiklerinde görülür ve iç içe geçmiş bir

şekilde iki kez birbirine bağlanan iki kapalı döngüden oluşmaktadır (Balmelle et al. 2002). Opus Vermiculatum tekniğinde dizilen motif tek sıra koyu gri-siyah renkli tesseralar arasında kalan alan kırmızımsı turuncu, pembe, bej ve sarımsı kahverenkli tesseralarla doldurulmuştur.

Desen 5

120x141 cm boyutunda dikdörtgen şekilli Desen 5, Opus Regulatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 5 içerisinde koyu gri-siyah (N3), bej (10YR 8/2), pembe (5R 7/4), sarımsı kahverengi (10YR 6/6) ve kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.6a). Desen 5’de kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.6b’de görülmektedir. Desen 5 bütün olarak korunmuş olup, desen tanımlaması kolaylıkla yapılabilmektedir.



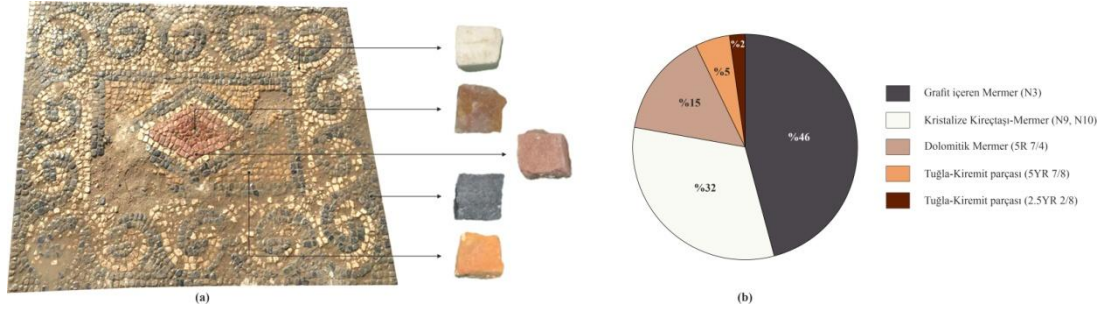
Şekil 2.6: a) Desen 5 görünümü, b) Desen 5’i oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 5’in en dışında koyu gri-siyah renkli tesseraların iki sıra halinde Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve ve Opus Regulatum tekniğinde dizilmiş bej renkli tesseralardan oluşan zemin görülmektedir. Bej renkli tesseralar arasında daha az miktarda beyaz renkli tesseralarda bulunmaktadır. Desen 5’in ortasında koyu gri-siyah renkli tek sıra tesseralardan yapılmış, birbirleriyle bağlantılı iki spiral motif bulunmaktadır (Şekil 2.6a). Dikdörtgen içerisindeki spiral motifin etrafı basit örgü olarak adlandırılan diğer bir motif ile çevrelenmiştir.

Desen 6

120x140 cm boyutunda dikdörtgen şekilli Desen 6, Opus Regulatum, Opus Tessellatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 6’da koyu gri-siyah (N3), bej (10YR 8/2), sarımsı turuncu

(5YR 7/8), pembe (5R 7/4) ve kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.7a). Desen 6'da kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.7b'de görülmektedir. Desen 6'nın bazı yerlerinde bozulma nedeniyle tesseraların koptuğu görülmekle birlikte, desen tanımlaması yapılabilmektedir.



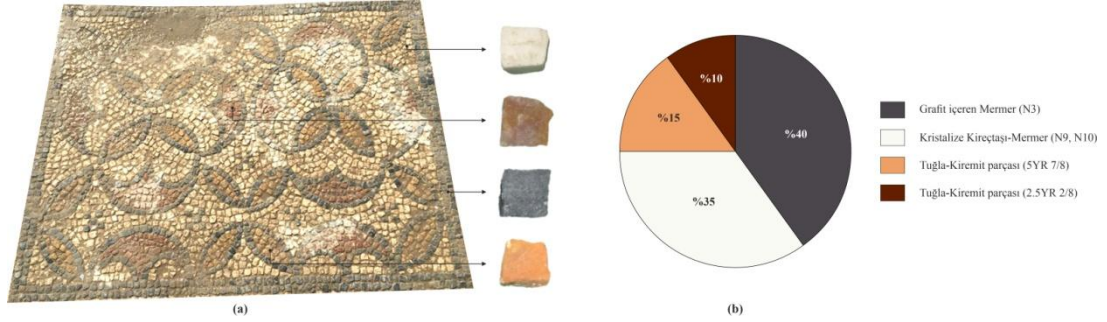
Şekil 2.7: a) Desen 6 görünümü, b) Desen 6'yı oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 6'nın en dışında koyu gri-siyah renkli tesseraların bir sıra halinde Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve yine koyu gri-siyah renkli Opus Vermiculatum tekniğinde dizilmiş dalga motifi ve beyaz renkli tesseralardan oluşan zemin görülmektedir. Desen 6'nın orta kısmında Opus Regulatum tekniğinde iki sıra koyu gri-siyah renkli tesseralardan oluşan içerisinde Opus Tessellatum ve Opus Regulatum tekniğine göre dizilmiş sarımsı turuncu, koyu gri-siyah, beyaz, pembe ve kırmızımsı turuncu renkli tesseralardan oluşan geometrik motif bulunmaktadır (Şekil 2.7a).

Desen 7

120x145 cm boyutunda dikdörtgen şekilli Desen 7, Opus Regulatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 7 koyu gri-siyah (N3), beyaz (N9, N10), sarımsı turuncu (5YR 7/8) ve kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.8a). Desen 7'de kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.8b'de görülmektedir. Desen 7'nin bazı yerlerinde bozulma ve zemin çökmesi nedeniyle tesseraların koptuğu görülmekle birlikte, desen tanımlaması yapılabilmektedir. Desen 7 en dışında koyu gri-siyah renkli tesseraların iki sıra halinde Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve ve içerisinde ağırlıklı olarak beyaz renkli tesseralardan oluşan zemin görülmektedir. Zemin içerisinde Opus Vermiculatum

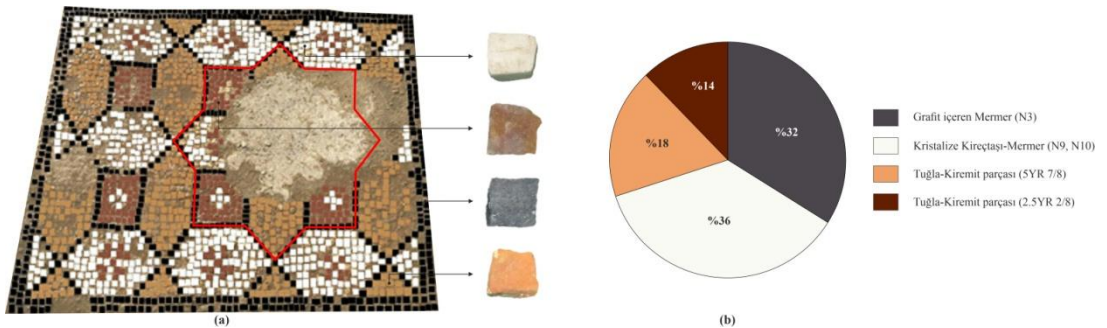
teknğinde dizilmiş ve sınırları bir sıra koyu gri-siyah renkli tesseralardan oluşan daire şekilleri bulunmaktadır. Çiçek kutusu motifi olarak da tanımlayabileceğimiz bu motifte dairelerin kesiştiği alanlar sarımsı turuncu ve kırmızımsı turuncu renkli tesseralar ile doldurulmuştur (Şekil 2.8a).



Şekil 2.8: a) Desen 7 görünümü, b) Desen 7'yi oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 8

120x140 cm boyutunda dikdörtgen şekilli Desen 8, Opus Regulatum ve Opus Tessellatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 8 içerisinde koyu gri-siyah (N3), beyaz (N9, N10), sarımsı turuncu (5YR 7/8) ve kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.9a). Desen 8'de kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.9b'de görülmektedir. Desen 8'nin bazı yerlerinde bağlayıcı harcın özelliğini kaybetmesi nedeniyle tesseraların koptuğu görülmekle birlikte, desen tanımlaması kısmen yapılabilmektedir. Desen 8'i daha belirgin hale getirmek ve tanımlayabilmek için fotoğraf üzerinde yeniden renklendirmeler yapılmıştır.

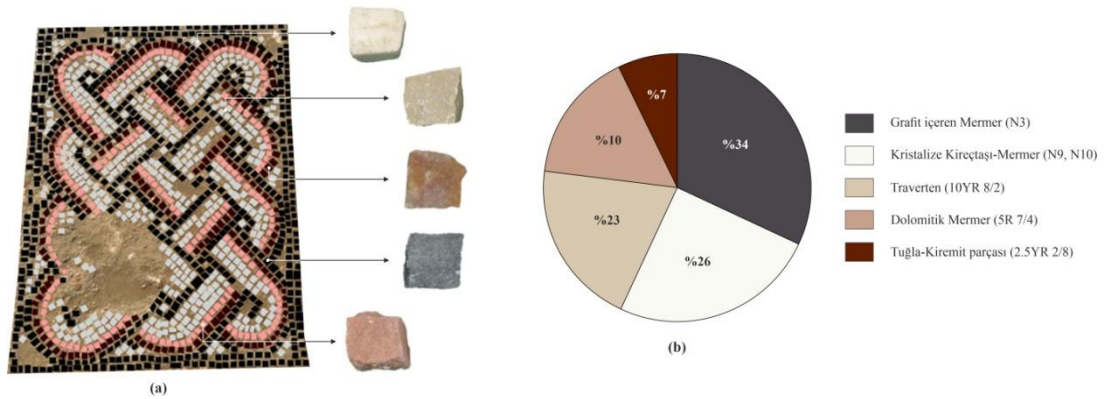


Şekil 2.9: a) Desen 8 görünümü, b) Desen 8'i oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 8'in en dışında iki sıra halinde koyu gri-siyah renkli tesseraların Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve bulunur. Desen 8 içerisinde Opus Regulatum ve Opus Tessellatum tekniklerinde dizilmiş altıgen, kare ve üçgen alt motifleri görülmektedir. Kare motiflerin içi kırmızımsı turuncu renkli ve beyaz renkli tesseralar ile doldurulmuştur. Altıgen motiflerin içi Opus Tessellatum tekniğinde dizilmiş yalnızca sarımsı turuncu, kırmızımsı turuncu veya beyaz renkli tesseralarla doldurulmuştur. Üçgen motifler içi Opus Tessellatum tekniğinde dizilmiş sarımsı turuncu renkli tesseraların kullanılmasıyla oluşturulmuştur (Şekil 2.9a). Desen 8'in bozulmuş kısmında altıgen, kare ve üçgen alt motifleri birlikte değerlendirildiğinde 8 köşeli tek bir yıldız motifi olabileceği düşünülmektedir.

Desen 9

120x110 cm boyutunda dikdörtgen şekilli Desen 9, Opus Regulatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 9 içerisinde koyu gri-siyah (N3), beyaz (N9, N10), bej (10YR 8/2), pembe (5R 7/4) ve kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.10a). Desen 9'da kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.10b'de görülmektedir. Desen 9'u tanımlayabilmek için fotoğraf üzerinde yeniden renklendirmeler yapılmıştır.



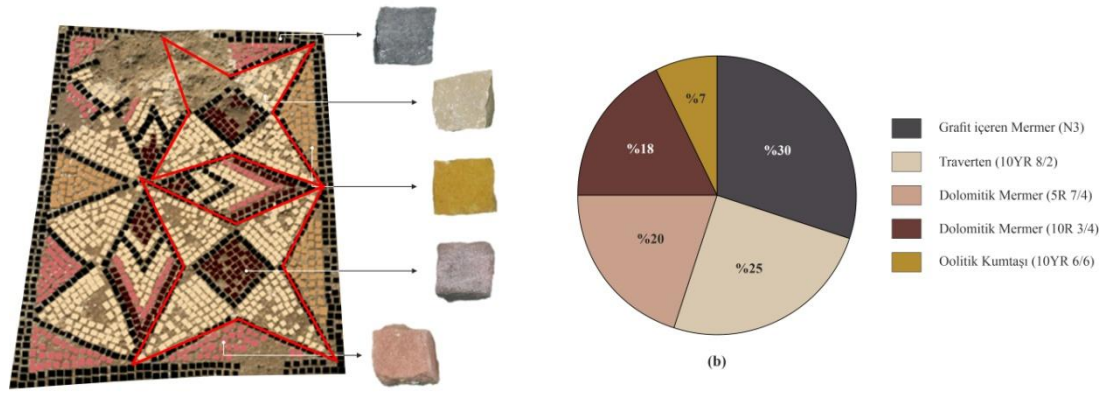
Şekil 2.10: a) Desen 9 görünümü, b) Desen 9'u oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 9'un en dışında koyu gri-siyah renkli tesseraların iki sıra halinde Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve ve Opus Vermiculatum tekniğinde dizilmiş beyaz ve bej renkli tesseralardan oluşan zemin görülmektedir. Desen 9'da Süleyman Düğümü olarak adlandırılan motif kullanılmıştır (Şekil 2.10a). Bu motif iç içe geçmiş bir şekilde birbirine bağlanan kapalı döngülerden

oluşmaktadır. Opus Vermiculatum tekniğinde dizilen motif tek sıra koyu gri-siyah renkli tesseralar arasında kalan alan kırmızımsı turuncu, pembe ve bej renkli tesseralarla doldurulmuştur.

Desen 10

120x118 cm boyutunda kare şekilli Desen 10, Opus Regulatum ve Opus Tessellatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 10 içerisinde koyu gri-siyah (N3), bej (10YR 8/2), pembe (5R 7/4), bordo (10R 3/4) ve sarımsı turuncu (10YR 6/6) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.11a). Desen 10’da kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.11b’de görülmektedir. Desen 10’nun bazı yerlerinde bağlayıcı harcın özelliğini kaybetmesi nedeniyle tesseraların koptuğu görülmekle birlikte, desen tanımlaması kısmen yapılabilmektedir. Desen 10’u daha belirgin tanımlayabilmek için fotoğraf üzerinde yeniden renklendirmeler yapılmıştır.

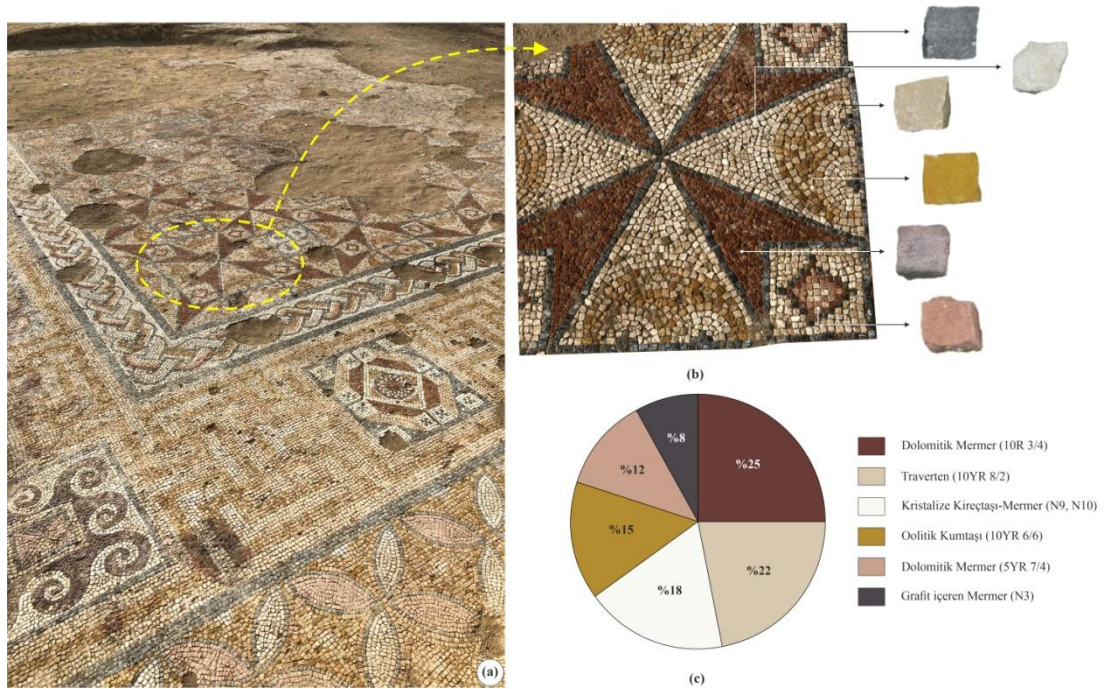


Şekil 2.11: a) Desen 10 görünümü, b) Desen 10’u oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 10’un en dışında iki sıra halinde koyu gri-siyah renkli tesseraların Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeve bulunur. Desen 10 içerisinde tesseraların Opus Regulatum ve Opus Tessellatum tekniklerine dizilmesiyle oluşturulmuş, iç içe geçmiş ve yıldız motifleri bulunmaktadır (Şekil 2.11a). Yıldız motifleri özensiz yapılmış olup, arasında kalan geometrik boşluklar farklı renkli tesseralar tarafından doldurularak motifler oluşturulmaya çalışılmıştır. Desende görülen motiflerin dış sınırları koyu gri-siyah renkli tek sıra tesseralar ile belirgin hale getirilmiştir.

Desen 11

KKABP yer mozaiklerinin iç kısmında kalan alan bu desenin çok sayıda tekrarlanması ile doldurulmuştur. Ancak iç alanın büyük bir kısmında bağlayıcı harcın özelliğini kaybetmesi nedeniyle tesseraların koptuğu ve büyük oranda tahrip olduğu görülmektedir (Şekil 2.12a). Bu tahribat nedeniyle Desen 11'i bütün halinde görebilmek mümkün olamamaktadır. Desen 11 Opus Regulatum, Opus Tessellatum ve Opus Vermiculatum tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Desen 11 içerisinde bordo (10R 3/4), bej (10YR 8/2), beyaz (N9, N10), sarımsı kahverengi (10YR 6/6), pembe (5R 7/4) ve koyu gri-siyah (N3) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseralar kullanılmıştır (Şekil 2.12b). Desen 11'de kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.12c'de görülmektedir.



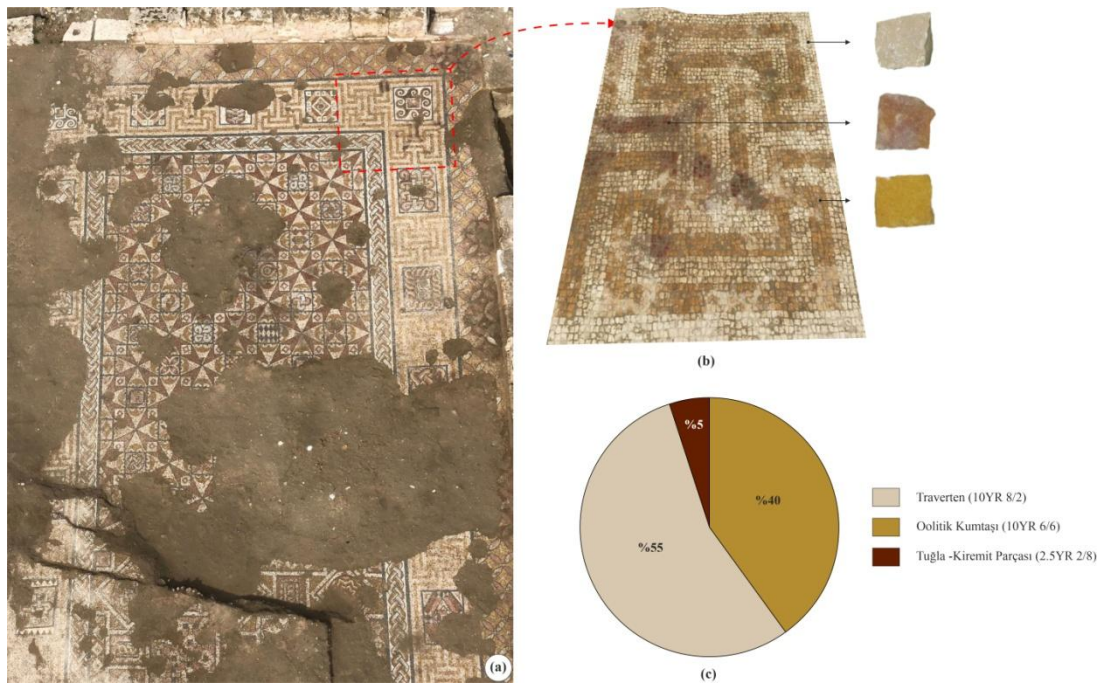
Şekil 2.12: a) KKABP yer mozaiklerinin iç kısmını oluşturan desenler, b) Desen 11 yakından görünümü, c) Desen 11'i oluşturan tesseraların % dağılımı

Desen 11'in koyu gri-siyah renkli tesseraların tek sıra halinde Opus Regulatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş çerçeveye sınırlandırılmıştır. Desen 11'de Opus Regulatum ve Opus Tessellatum tekniklerinde dizilmiş bej ve beyaz renkli tesseralardan oluşan zemin içerisinde eşkenar üçgelerin sivri uçlarının merkezde birleştirilmesiyle oluşan iki haç motifi bulunmaktadır. Desen 11'de

görülen birinci haç motifi bej ve beyaz renkli tesseralardan oluşur ve tabanında sarımsı kahverenkli tesseraların Opus Vermiculatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş pelta motifleri bulunur (Şekil 2.12b). Bordo renkli tesseraların Opus Tesselatum tekniğine göre dizilmesiyle oluşturulmuş ikinci haç motifindeki üçgenlerin tabanında kare motifler görülmektedir. İç alanı dolduran ana motifler arasında daha küçük boyutlu Süleyman Düğümü, Dama ve 3 boyutlu küp ve çiçek kutusu motifleri görülmektedir.

Desenler arası Geçiş Motifi

KKABP yer mozaiklerini oluşturan ana desenler arasındaki geçişler “Gamalı Haç Menderes Motifi” ile sağlanmıştır (Şekil 2.13a). Gamalı Haç şeklinde oluşturulan Menderes motifi eski zamanlardan beri iyi şansın bir işareti olarak görülmekte olup, özellikle Helenistik ve erken Roma çağı mozaiklerinde yaygın olarak görülmektedir (Üstüner 2002).



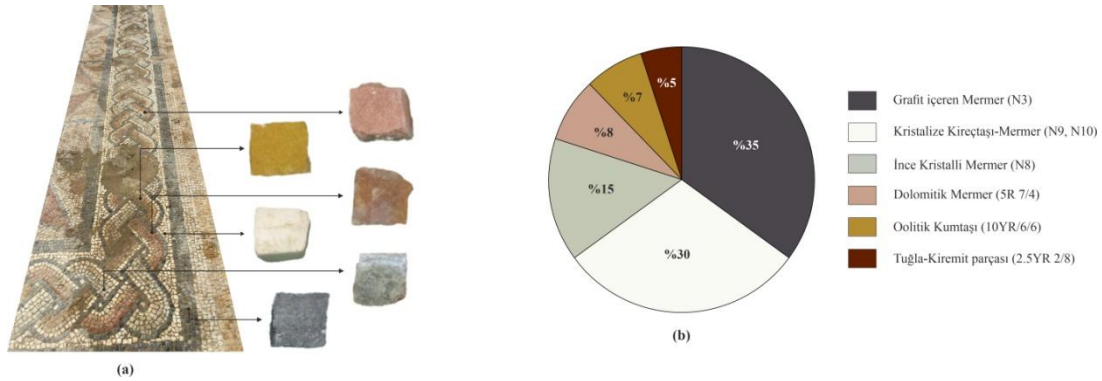
Şekil 2.13: a) KKABP yer mozaiklerinin havadan görünümü, b) Desenler arası geçiş motifinin yakından görünümü, c) Geçiş desenini oluşturan tesseraların % dağılımı

Geçiş motifi bej (10YR 8/2), sarımsı kahverengi (10YR 6/6), sarımsı turuncu (5YR 7/8) ve kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8) renkli, 1-2 cm boyutlarında değişen tesseraların Opus Regulatum ve Opus Tesselatum tekniklerine göre dizilmesiyle

oluşturulmuştur (Şekil 2.13b). Geçiş deseninde kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.13c’de görülmektedir.

İç Bordür Deseni

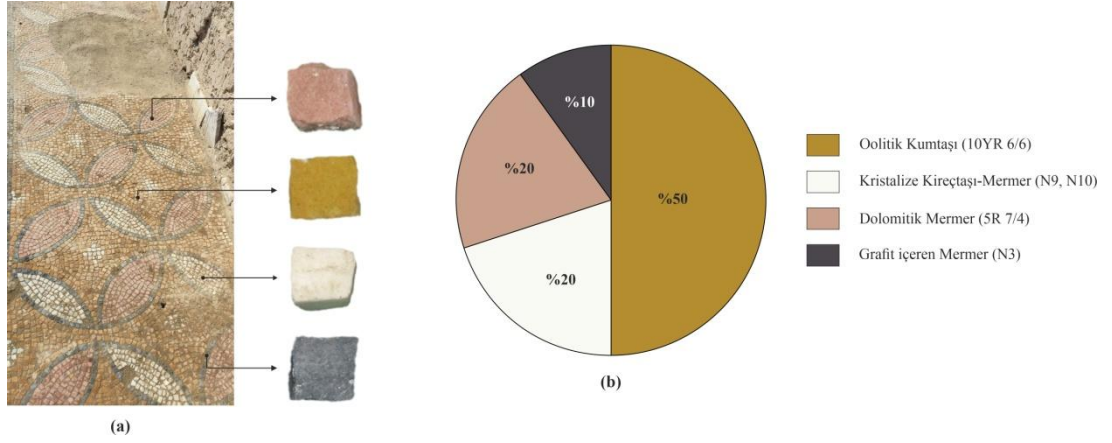
KKABP yer mozaiklerinin iç kısmında kalan alanı çevreleyen ve iç bordür olarak adlandırılan desen farklı renkli tesseraların Opus Regulatum ve Opus Vermiculatum teknikleri şeklinde dizilmeleriyle oluşturulmuştur. Desen dıştan Opus Regulatum tekniğine göre dizilmiş dörder sıra koyu gri-siyah (N3) renkli tesseralar ile sınırlandırılmıştır (Şekil 2.14a). Bordürün genişliği yaklaşık 50 cm olup, beyaz (N9, N10) renkli tesseralar üzerinde koyu gri-siyah, beyaz, sarımsı kahverengi (10YR 6/6), kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8), pembe (5R 7/4) ve açık gri (N8) renkli tesseralar kullanılarak üç kollu örgü motifi oluşturulmuştur. Bordür içerisinde kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.14b’de görülmektedir.



Şekil 2.14: a) İç bordür deseninin görünümü, b) İç bordür desenini oluşturan tesseraların % dağılımı

Dış Bordür Deseni

KKABP yer mozaiklerinin en dış kısmında yer alan ve dış bordür olarak adlandırılan desen farklı renkli tesseraların Opus Tessellatum ve Opus Vermiculatum teknikleri şeklinde dizilmeleriyle oluşturulmuştur. Bordürün genişliği yaklaşık 80 cm olup, sarımsı kahverenkli (10YR 6/6) tesseralar üzerinde koyu gri-siyah (N3), beyaz (N9, N10) ve pembe (5R 7/4) renkli tesseralar kullanılarak çiçek kutusu motifi oluşturulmuştur (Şekil 2.15a). Zemin içerisinde Opus Vermiculatum tekniğinde dizilmiş ve sınırları bir sıra koyu gri-siyah renkli tesseralardan oluşan daire şekilleri bulunmaktadır. Motifte dairelerin kesiştiği alanlar pembe ve beyaz renkli tesseralar ile doldurulmuştur. Dış bordürde kullanılan tesseraların % dağılımları Şekil 2.15b’de görülmektedir.



Şekil 2.15: a) Dış bordür deseninin görünümü, **b)** Dış bordür desenini oluşturan tesseraların % dağılımı





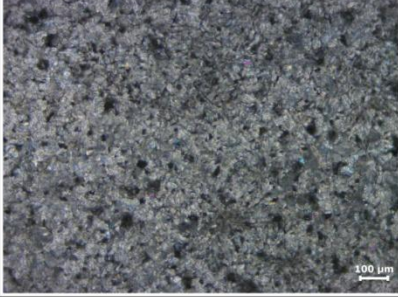



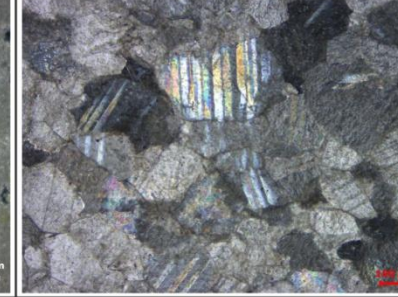
KKABP yer mozaiklerinde yukarıda detaylı olarak açıklamaları yapılan desenler dışında, küçük boyutlu, kısmen tahrip olmuş, 3 boyutlu küp, Süleyman düğümü ve dama motifi belirlenmiştir.

2.2 Tessera Örneklerinin Optik Mikroskop İncelemeleri








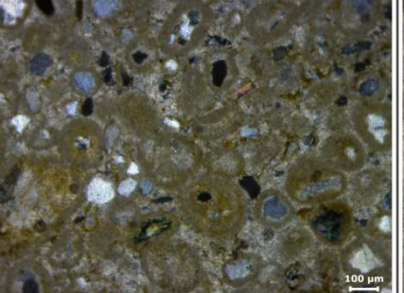

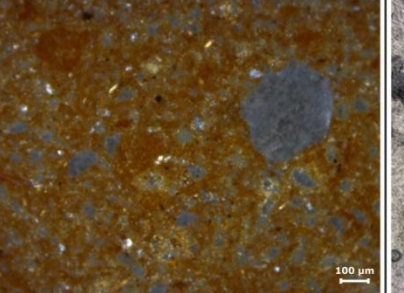
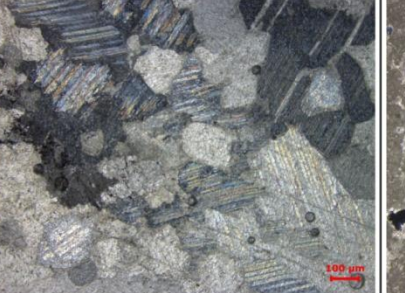
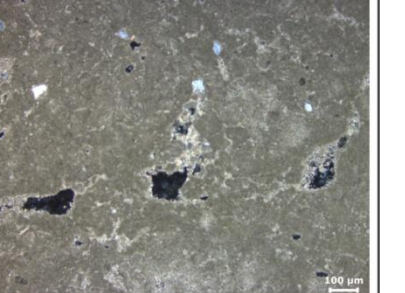
KKABP yer mozaiklerini oluşturan desenlerde kullanılan tesseraların ayrıntılı mineralojik ve petrografik özellikleri Tablo 2.1’de verilmiştir. Yer mozaiklerini oluşturan tüm desenlerde baskın olarak beyaz ve koyu gri-siyah renkli tesseraların kullanıldığı, sadece geçiş motifinde kullanılmadıkları belirlenmiştir. Benzer şekilde açık gri renkli tesseraların sadece desen 3 ve iç bordür’de kullanıldığı belirlenmiştir. Tessera örneklerinin petrografik incelemeleri sonucunda beyaz renkli tesseraların kristalize kireçtaşı ve mermer, koyu gri-siyah renkli tesseraların grafit içeren mermer, pembe ve bordo renkli tesseraların dolomitik mermer, bej renkli tesseraların traverten, sarımsı kahverengi renkli tesseraların oolitik kumtaşı, açık gri renkli tesseraların ince kristalli mermer, sarımsı turuncu ve kırmızımsı turuncu renkli tesseraların tuğla-kiremit parçası bileşimli oldukları belirlenmiştir.

Beyaz renkli, kristalize kireçtaşı ve mermer bileşimli tesseraların içerisinde yer yer bej renkli traverten bileşimli tesseraların bulunması, benzer şekilde sarımsı kahverengi renkli oolitik kumtaşı bileşimli tesseralar içerisinde sarımsı turuncu renkli tuğla kiremit parçası, bordo renkli dolomitik mermer bileşimli tesseralar içerisinde kırmızımsı turuncu renkli tuğla kiremit parçası bileşimli tessera parçaları görülebilmektedir. Bu durum desen oluşturma sırasında tesseraların özelliğinden çok renk uyumuna dikkat edildiğini düşündürmektedir. KKABP yer mozaiklerinin kazı çalışmaları sırasında kopan ve renklerine göre tasnif edilen tesseralardan alınan örnekler içerisinde mavimsi beyaz renkli, gri damarlı mermer örneklerine de rastlanılmıştır.

Tablo 2.1: KKABP yer mozaikleri tessera örneklerinin mineralojik ve petrografik özellikleri

DESEN VE MOTİFLERDE KULLANILAN TESSERA ÖRNEKLERİ						
Makroskopik Görüntüsü						
Renk	Bordo (10R 3/4)	Beyaz (N9)	Beyaz (N10)	Koyu gri-Siyah (N3)	Bej (10YR 8/2)	Pembe (5R 7/4)
Boyutu (cm)	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2
Özgül Ağırlık	Ortalama 3.16	Ortalama 2.99	Ortalama 2.86	Ortalama 2.97	Ortalama 2.73	Ortalama 3.01
Görüldüğü Desenler	Desen 1, Desen 7, Desen 10, Desen 11, Geçiş Motifi, İç ve Dış Bordür	Desen 1, Desen 2, Desen 3, Desen 4, Desen 6, Desen 7, Desen 8, Desen 9, Desen 11, İç ve Dış Bordür	Desen 1, Desen 2, Desen 3, Desen 4, Desen 6, Desen 7, Desen 8, Desen 9, Desen 11, İç ve Dış Bordür	Desen 1, Desen 2, Desen 3, Desen 4, Desen 5, Desen 6, Desen 7, Desen 8, Desen 9, Desen 10, İç ve Dış Bordür	Desen 1, Desen 4, Desen 5, Desen 9, Desen 10, Desen 11, Geçiş Motifi	Desen 1, Desen 2, Desen 3, Desen 4, Desen 5, Desen 6, Desen 9, Desen 10, Desen 11, İç ve Dış Bordür
Diğer Özellikleri	İnce kristalli yapıda olup, kırıldığında hafif çürük yumurta kokusu verir.	Çok ince kristalli yapıda olup, kristal yüzeyleri güneş ışığını yansıtır.	İnce kristalli yapıda olup, kristal yüzeyleri güneş ışığını yansıtır. Oldukça saf beyazlıktadır.	İnce kristalli yapıda olup, kristal yüzeyleri güneş ışığını yansıtır.	Mikritik bir yapısı vardır. Kırık yüzeyleri konkoidal kırınıma sahiptir.	İnce kristalli yapıda olup, kırıldığında hafif çürük yumurta kokusu verir.
Mikroskop Görüntüsü						
Mineral Bileşimi	Dolomit, Kalsit, Ankerit, ±Opak Min.	Kalsit, ±Opak Min.	Kalsit, ±Dolomit	Kalsit, Grafit, ±Dolomit, ±Kuvars	Mikrit, Mikrospatit, ±Kalsit, ±Opak Min.	Dolomit, Kalsit ±Opak Min.
Kristal Boyutu	88 - 286 µm	36 - 117 µm	77 - 722 µm	82 - 854 µm	< 5 µm	152 - 488 µm
Kristal Sınırları	Kavisli	Oldukça pürüzlü	Kavisli, Kısmen doğrusal	Kavisli, Kısmen doğrusal	-	Kavisli, Kısmen doğrusal
Dokusu	Homoblastik	Homoblastik Mozaik	Heteroblastik Poligonal	Lepidogranoblastik	Mikritik	Homoblastik Poligonal
Petrografik Özellikler	Ankeritleşme kalsit kristallerinin kenarları boyunca yaygındır. Kayacı oluşturan bileşenlerde belirgin yönelme görülüyor.	Kristal boyutları oldukça küçük olup, sparitik çimentolu kireçtaşının metamorfizma geçirmesiyle oluşan bir kayacık olarak değerlendirilmiştir.	İri karbonat kristallerinde deformasyon göstergesi basınç ikizleri ve kink-bant yapıları görülmektedir.	Kalsit kristalleri arasında siyah renkli grafitler oldukça belirgin.	Kayaç içerisinde belli bir geometrik şekli olmayan, bağlantısız boşluklar yaygındır.	Karbonat minerallerinde deformasyon göstergesi basınç ikizleri görülmektedir.
Petrografik Tanımı	DOLOMİTİK MERMER	KRİSTALİZE KİREÇTAŞI	MERMER	GRAFİT İÇEREN MERMER	TRAVERTEN	DOLOMİTİK MERMER
Kimyasal Bileşimi	CaO :33.57 Ba :479.9 MgO :13.43 Sr :128.1 MnO :0.03 Ni :53.6 Fe ₂ O ₃ :0.36 Cu :4.8 SiO ₂ :0.06 Zn :22.5 Ca/Mg :2.9 Th :1.9		CaO :51.86 Ba :139.1 MgO :0.52 Sr :175 MnO :0.01 Ni :43.1 Fe ₂ O ₃ :0.09 Cu :0.4 SiO ₂ :0.08 Zn :4 Ca/Mg :118.8 Th :3.4		CaO :54.78 Ba :187 MgO :0.52 Sr :296.3 MnO :0.009 Ni :51 Fe ₂ O ₃ :0.11 Cu :4.2 SiO ₂ :1.02 Zn :8.6 Ca/Mg :125.5 Th :4	CaO :33.68 Ba :328.6 MgO :12.51 Sr :122.1 MnO :0.01 Ni :41.3 Fe ₂ O ₃ :0.07 Cu :2.5 SiO ₂ :0.09 Zn :8.5 Ca/Mg :3.2 Th :2.2

Tablo 2.1: devamı

DESEN VE MOTİFLERDE KULLANILAN TESSERA ÖRNEKLERİ						
Makroskopik Görüntüsü						
Renk	Kırmızımsı turuncu (2.5YR 2/8)	Sarımsı kahverengi (10YR 6/6)	Açık gri (N8)	Sarımsı turuncu (5YR 7/8)	Mavimsi beyaz (5B 9/1)	Grimsi bej (10P 9/2)
Boyutu (cm)	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2	~ 1.5*1.5*2
Özgül Ağırlık	Ortalama 2.66	Ortalama 2.66	Ortalama 2.93	Ortalama 2.47	Ortalama 2.85	Ortalama 2.76
Görüldüğü Desenler	Desen 3, Desen 4, Desen 5, Desen 6, Desen 7, Desen 8, Desen 9, Desen 10, Desen 11, Geçiş Motifi, İç ve Dış Bordür	Desen 2, Desen 3, Desen 4, Desen 7, Desen 10, Desen 11, Geçiş Motifi, İç ve Dış Bordür	Desen 3, İç Bordür	Desen 1, Desen 2, Desen 3, Desen 4, Desen 5, Desen 6, Desen 7, Desen 8, Desen 9, Desen 10, Desen 11, İç Bordür	Özellikle gri renkli ve beyaz renkli tesseraların olduğu desenlerde kullanılmıştır.	Özellikle gri renkli ve beyaz renkli tesseraların olduğu desenlerde kullanılmıştır.
Diğer Özellikleri	Renklerine göre 650-700 °C fırın sıcaklığında pişirilmiştir oldukları değerlendirilmiştir.	Kumsu bir yapıda olup, ince tanelidir.	İnce kristalli yapıda olup, kristal yüzeyleri güneş ışığını yansıtır.	Renklerine göre 750-800 °C fırın sıcaklığında pişirilmiştir oldukları değerlendirilmiştir.	İnce-orta kristalli yapıdadır. İçerisinde gri renkli damarlar görülebilmektedir.	Mikritik bir yapısı vardır. Kırık yüzeyleri konkoidal kırınıma sahiptir.
Mikroskop Görüntüsü						
Mineral Bileşimi	Mikrit, Biyotit, Kuvars, Opak Min.	Kalsit, Kuvars, Mika Min., Opak Min.	Kalsit, Kuvars, ±Opak Min.	Mikrit, Biyotit, Kuvars, Opak Min.	Kalsit, ±Grafit, ±Dolomit, Opak Min.	Mikrit, Mikrospatit, ±Kuvars, ±Kalsit
Kristal Boyutu	0.063 - 0.25 µm	72-363 µm	46 - 506 µm	0.063 - 0.25 µm	82 - 854 µm	< 5 µm
Kristal Sınırları	-	-	Kısmen doğrusal	-	Kavisli, Kısmen pürüzlü	-
Dokusu	-	Tane destekli	Heteroblastik Poligonal	-	Heteroblastik Mozaik	Mikritik
Petrografik Özellikler	Boşluk miktarı az olup, tane boyu bakımından homojen bir dağılım görülmektedir.	Oolit taneleri yaklaşık eşit büyüklükte olup, merkezlerinde köşeli mineral taneleri bulunmaktadır.	Kayaç içerisinde yuvarlaklaşmış kuvars taneleri yaygındır. İri kalsit kristallerinde polisentetik ikizlenmeler belirgindir.	Boşluk miktarı fazla olup, tane boyu bakımından homojen bir dağılım görülmektedir.	Kalsit kristalleri arasında siyah renkli grafit damarları görülüyor.	Kayaç içerisinde belli bir geometrik şekli olmayan, bağlantısız boşluklar yaygındır. Ayrıca pellet türü bileşenler görülmektedir.
Petrografik Tanımı	TUĞLA-KİREMİT PARÇASI	OOLİTİK KUMTAŞI	MERMER	TUĞLA-KİREMİT PARÇASI	MERMER	TRAVERTEN
Kimyasal Bileşimi		CaO :35.99 Ba :449 MgO :0.42 Sr :229.7 MnO :0.06 Ni :126.5 Fe ₂ O ₃ :2.32 Cu :11.3 SiO ₂ :21.67 Zn :15.3 Ca/Mg :102.5 Th :4.6			CaO :54.10 Ba :412 MgO :0.81 Sr :182 MnO :0.01 Ni :44.1 Fe ₂ O ₃ :0.28 Cu :0.4 SiO ₂ :0.12 Zn :12.8 Ca/Mg :79.3 Th :3.5	CaO :52.68 Ba :218 MgO :0.63 Sr :408.2 MnO :0.012 Ni :57.8 Fe ₂ O ₃ :0.31 Cu :8.2 SiO ₂ :2.88 Zn :9.5 Ca/Mg :98.8 Th :1.9

2.3 Tesseraların XRD İncelemeleri

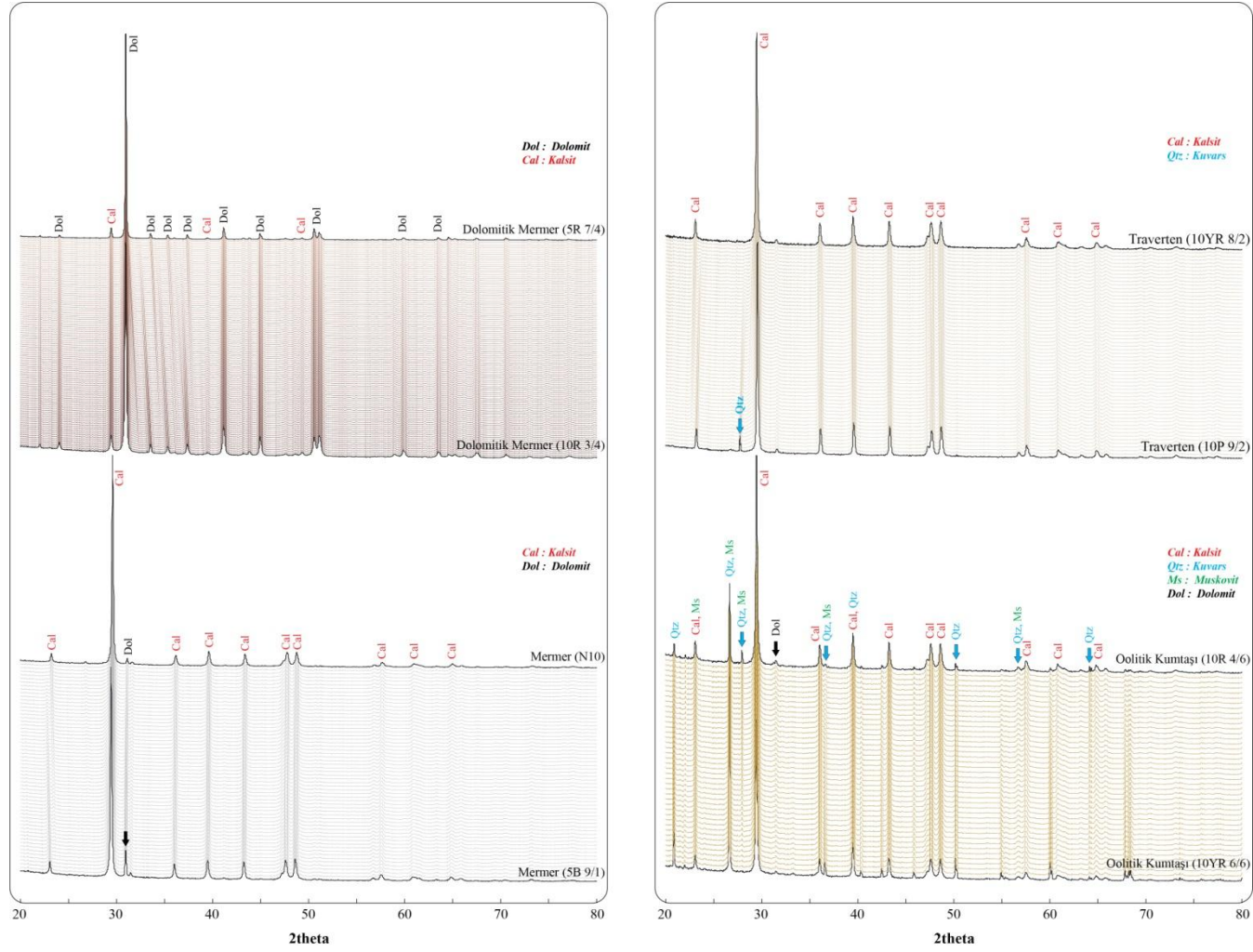
Mermer bileşimli tesseraların baskın olarak kullanıldığı yer mozaiklerinde renk farklılığı gösteren tesseralarda kolaylıkla ayırım yapılabilirken, benzer/yakın renklerde görülen tesseralarda ayırım yapmak zordur. Bununla birlikte optik mikroskop incelemeleriyle mermer bileşimli tesseraları oluşturan karbonat minerallerini (kalsit/dolomit gibi) birbirinden ayırmak çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Optik özellikleri birbirine çok benzeyen ve CaCO_3 kimyasal bileşimine sahip karbonat minerallerini tanımlayabilmek için XRD ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bordo ve pembe renkli tessera örnekleri renk olarak birbirine yakın örnekler olup, petrografik incelemelerde çok küçük mineralojik bileşim farklılıkları göstermektedir. Bu iki mermer örneğinin dolomit ve kalsit bileşimli karbonat minerallerinden meydana gelen dolomitik mermer oldukları belirlenmiş, bu sonuç XRD grafikleriyle de desteklenmiştir (Şekil 2.16). Her iki mermer örneğinin kimyasal bileşimleri incelendiğinde MgO ve CaO elementlerinin yüksek değerlerde olduğu görülmektedir (Tablo 2.1).

Beyaz renkli (N10) ve mavimsi beyaz (5B 9/1) tessera örneklerinin XRD grafiklerini incelediğimiz zaman örneklerin baskın olarak kalsit bileşimli karbonat minerallerinden oluştukları, bununla birlikte daha az miktarda dolomit içerdikleri görülmektedir (Şekil 2.16). Buradan hareketle her iki mermer türü tessera'nın birbiri yerine kullanılmış olabileceği değerlendirilmiştir.

Makro gözlemlerde çok az renk tonu farklılığı gösteren iki farklı türde traverten bileşimli tessera belirlenmiştir. Optik mikroskop incelemelerinde her iki tür traverten örneğinin benzer mineralojik bileşimde oldukları, traverten (10P 9/2) bileşiminde az miktarda köşeli kuvars taneleri içerdiği görülmektedir. XRD incelemelerinde her iki traverten örneğinin benzer XRD desenine sahip oldukları ve kalsit bileşimli karbonat mineralinde oluştukları belirlenmiştir (Şekil 2.16). Traverten (10P 9/2) XRD grafiğinde kuvars piki belirlenmiştir.

Sarımsı kahverengi ve kırmızımsı kahverengi renkli tessera örnekleri, petrografik incelemelerde oolitik kumtaşı bileşimli oldukları ve bileşen miktarı olarak küçük farklılıklar gösterdikleri belirlenmiştir. Oolitik kumtaşı bileşimli

tesseralarda başlıca kalsit (çoğunlukla bağlayıcı çimento olarak), kuvars, muskovit ve nadiren dolomit piklerinin varlığı belirlenmiştir (Şekil 2.16).



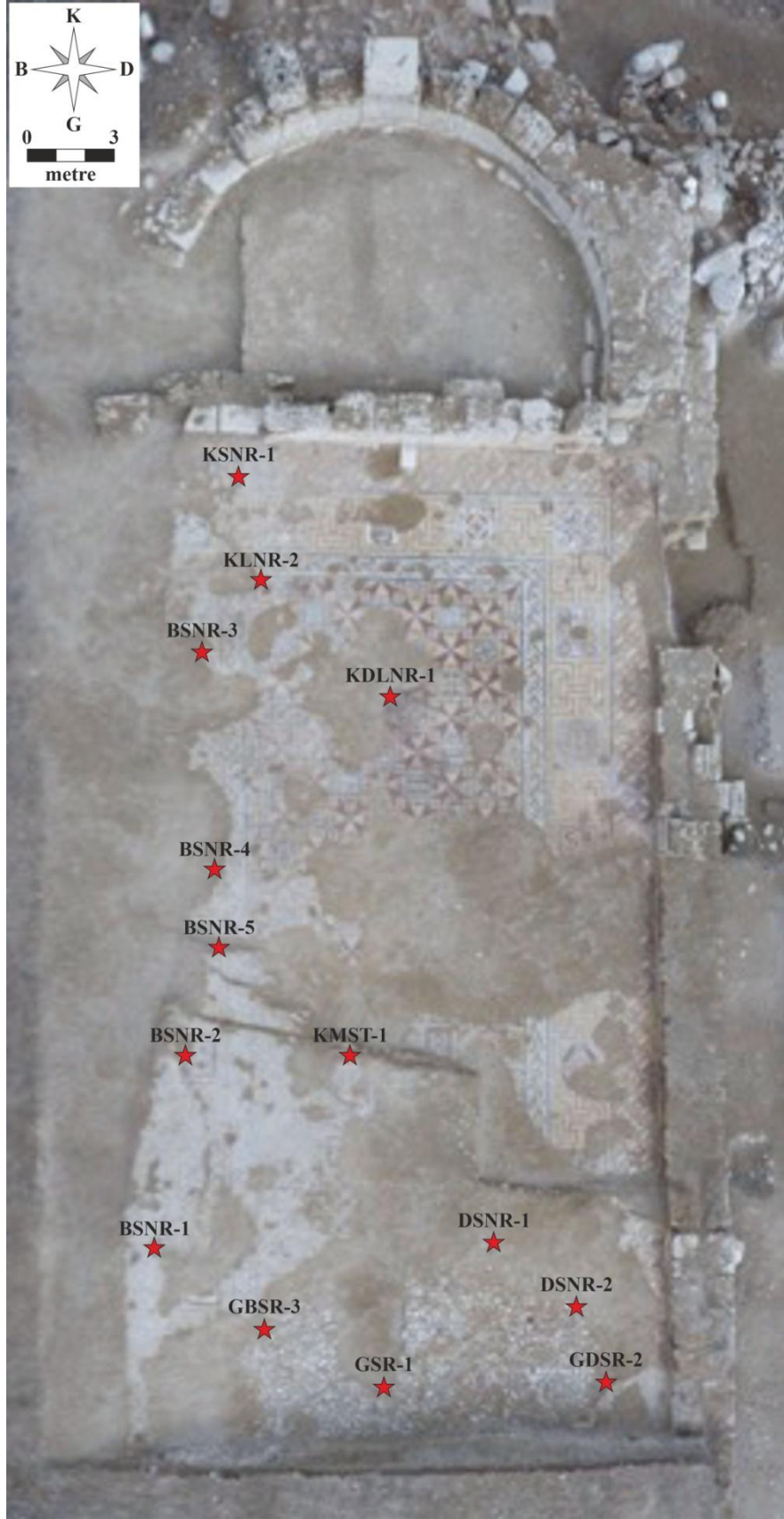
Şekil 2.16: Farklı renk tonuna sahip dolomitik mermer, mermer, traverten ve oolitik kumtaşı örneklerinin karşılaştırmalı XRD grafikleri

3. HARÇ İNCELEMELERİ

UNI 10924'e göre harç, "inorganik veya organik bir bağlayıcı, agregası, su ve belirli oranlardaki organik / inorganik katkı maddelerinden oluşan, taze formda iken kolaylıkla işlenebilen, katılaştığında yapıya fiziksel ve mekanik anlamda karakter kazandıran karışımlar" olarak tanımlanmaktadır (Pecchioni ve diğ. 2014). Bir harç aşağıdaki bileşenler oluşmaktadır.

- Bağlayıcılar (Kireç, çimento, kan, gomalak)
- Agregalar (Kayaç ve mineral parçaları)
- Su
- Hidrolik karakter kazandıran maddeler (Hidrolik kireç, hava kireci)
- Uygun katkı malzemeleri (Tuğla-kiremit parçaları, tras, volkan külü vb.)

Antik dönem harçlarının incelemelerinde mineraloji-petrografi, kimya ve malzeme bilgisi (birim hacim ağırlık, porozite, basınç dayanımı gibi fiziko-mekanik özellikler) konularında bilgi birikimine ihtiyaç duyulmaktadır. Mineraloji-petrografi çalışmaları harcın bileşenleri (bağlayıcının türü, agreganın bileşimi vb.) hakkında önemli bilgiler sağlasa da organik bileşenler (kan, yağlar, yumurta vb.) hakkında bilgi sağlamamaktadır. Kireç üretiminde ne tür kayaçların kullanıldığı, harç içerisindeki agregaların türü, kökeni (doğal taş mı? kırma taş mı?) ve kaynak alanı, agrega/bağlayıcı oranı hakkında önemli bilgilere petrografik çalışmalar ile ulaşılabilir. Mineralojik-petrografik incelemeler sonucunda elde edilen veriler farklı hammadde kullanımlara işaret edebilir Verilerde görülen farklılıklar hammaddenin kaynağındaki değişime, üretim tekniğindeki farklılığa veya farklı bölgelerden gelen ustaların varlığına işaret edebilir (Pecchioni ve diğ. 2006, 2014). KKABP yer mozaiklerinin farklı noktalarından, genellikle rudus-nükleus katman geçişlerinden 14 adet harç örneği alınmış, bu örnekler üzerinde spot tuz testleri, Ph, agrega/bağlayıcı oranı, granülometrik analiz ve optik mikroskop incelemeleri gerçekleştirilmiştir. KKABP yer mozaikleri harç örneklerinin alındığı noktalar Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: KKABP harç örneklemelerinin yapıldığı noktalar (BSNR-1: Batı Sınırı Nükleus-Rudus geçişi 1 numaralı örnek)

3.1 Suda Çözünebilir Tuz Analizleri

Harcı meydana getiren malzemelerin içerisinde doğal olarak bulunan ve/veya sonradan harcın yüzeyine veya gözeneklerine kapiler etki sonucu su ile taşınan tuzlar, zaman içerisinde hem harcın iç bünyesinde hem de kullanıldıkları yerlerdeki diğer yapı elemanlarında önemli kimyasal değişimlere yol açabilmektedir. Antik dönem yapıları harç örneklerinin incelenmesi sırasında malzemenin doğal içeriğini oluşturan ya da çevresel etkilerle kazandıkları tuz içeriklerinin ve pH değerlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Malzemenin tuz türlerinin belirlenmesi için spot tuz testleri (katyon/anyon) yapılmaktadır. Suda çözünerek harcın bünyesine taşınan tuzlar; sodyum, potasyum ve magnezyum tuzları olan sülfat, fosfat, nitrat, nitrit, klorür ve karbonat vb. gibi gruplardır (Feigl 1966). KKABP yer mozaikleri harç örneklerine uygulanan standart spot tuz türü ve pH test sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Nitrit (NO_2^-) ve Nitrat (NO_3^-): Harç örneklerinin nitrit içerikleri 0.050-0.500 mg/L arasında değişmektedir. KKABP güney sınırından alınan harç örneklerinde (KMST-1, GSR-1, GDSR-2, GBSR-3) nitrik içeriklerinin nispeten yüksek oldukları görülmektedir (Tablo 3.1). İncelenen harç örneklerinin nitrat içerikleri test standart değeri olan 10 mg/L altında olduğu için herhangi bir değer belirlenememiştir. NO_x içeriği antropojenik kökenli hava kirliliğinin (egzos dumanı, fabrika bacaları vb.) yoğun olduğu endüstri bölgeleri ve zirai faaliyetlerin (nitrat bazlı gübre kullanımı) yoğun olduğu alanlarda yüksek değerlerde olabilmektedir (Akyol ve diğ. 2011; Alkan ve diğ. 2011; Kurugöl ve Güleç 2015).

Fosfat (PO_4^{3-}): KKABP harç örneklerinden sadece BSNR-3 numaralı örneklerde sınır değerinin üzerinde (0.10 mg/L) fosfat içeriği belirlenmiştir. Zirai faaliyetler (fosfat içerikli gübre kullanımı), hayvan ve/veya bitki kalıntıları, kanalizasyon ve/veya çöp depolama alanlarına yakın olan bölgelerden kaynaklı olarak topraktaki fosfat içeriğini arttırmaktadır.

Klorür (Cl^-): Harç örneklerinden sadece DSNR-2 numaralı örneklerde sınır değerinin üzerinde (3 mg/L), diğer örneklerde ise sınır değerinde klorür tespit edilmiştir. Klorür içeriği kanalizasyon ve atık alanlarına yakınlık (klorlu temizlik malzemeleri),

çimento içerikli harç kullanımı ve denize yakınlık gibi faktörlere bağlı olarak yükseklik gösterebilmektedir (Koralay ve diğ., 2015).

Tablo 3.1: KKABP harç örneklerinin tuz türü, pH ve toplam tuz miktarı (SS) test sonuçları

Örnek No	Nitrit (NO ₂ ⁻)	Fosfat (PO ₄ ³⁻)	Klorür (Cl)	Karbonat (CO ₃ ²⁻)	pH*	SS (%)*
DSNR-1	0.100	-	3	112	8.02	1.14
DSNR-2	-	-	6	112	8.01	0.62
BSNR-1	0.050	-	3	112	8.00	2.46
BSNR-2	-	-	3	112	8.10	2.88
BSNR-3	0.250	0.50	3	192	8.12	1.28
BSNR-4	-	-	3	112	8.14	2.72
BSNR-5	-	-	3	112	8.11	3.51
KDLNR-1	-	-	3	112	8.08	2.12
KLNR-2	-	-	3	112	5.16	2.44
KSNR-1	-	-	3	112	8.21	2.98
KMST-1	0.500	-	3	112	8.15	3.27
GSR-1	0.500	-	3	112	8.10	2.34
GDSR-2	0.500	-	3	112	8.07	2.68
GBSR-3	0.500	-	3	112	8.05	2.12
Ortalama	0.343	-	3.2	117.7	7.88	2.33

(NO₂⁻): 0,025 mg/L, (NO₃⁻): 10 mg/L, (PO₄³⁻): 0,10 mg/L, (Cl): 3 mg/L, (CO₃²⁻): 4 mg/L

* 100 mL suda

Karbonat (CO₃²⁻): Karbonat içeriği harç yapımında kireç bazlı bağlayıcı ve agrega (mermer, traverten, kireçtaşı vb.) kullanılması nedeniyle yüksek değerlerde çıkmaktadır. İncelenen harç örneklerinin yüksek oranda (112-192 mg/L) karbonat içeriğine sahip oldukları belirlenmiş, bu durum örneklerin içerdiği kireç bağlayıcı ile ilişkilendirilmiştir.

pH içeriği: KKABP yer mozaikleri harç örneklerinin pH içerikleri 5.16-8.21 arasında değişim göstermektedir. KLNR-2 numaralı örnek haricinde tüm harç örneklerinin bazik özellik taşıdığı belirlenmiştir. Bu durumun harç örneklerinin içerdiği kireç bağlayıcıdan kaynaklanmaktadır.

Suda çözünebilir tuz analiz sonuçlarına göre KKABP yer mozaikleri harç örneklerinin birkaç örnek haricinde genellikle benzer değerler göstermektedirler. Bu durum yer mozaiklerinin yapımı aşamasında kullanılan hammadde ve uygulama tekniğinde değişiklik olmadığı, yapım sonrasında herhangi bir onarım faaliyetinin gerçekleşmediği şeklinde değerlendirilmiştir.

3.2 Kızdırma Kaybı Analizi

Artan sıcaklıklardaki ağırlık değişimden yararlanarak toz haline getirilmiş harç örneklerinde yapılan kızdırma kaybı analizi ile örnek sahip olduğu nem, molekül suyu, organik madde ve kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeriği yüzde olarak belirlenmektedir. Agat havanda toz haline getirilmiş harç örneklerinin nem içerikleri $105\text{ }^\circ\text{C}$ 'de, molekül suyu ve organik madde içerikleri $450\text{ }^\circ\text{C}$ 'de, toplam karbonat (CaCO_3) içerikleri $950\text{ }^\circ\text{C}$ 'de ısıtılması sonucu meydana gelen ağırlık kaybı ile belirlenmektedir (Dean 1974; Ersen ve Güleç 2009; Akyol ve diğ. 2011; Alkan ve diğ. 2011; Güleç 2013). Harç örnekleri üzerinde sıcaklık ayarlı kül fırın kullanılarak yapılan kızdırma kaybı analizi sonucunda örneklerin içerdiği % nem, % molekül suyu-organik madde miktarı ve % CaCO_3 içerikleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Elde edilen değerlere göre örneklerin nem içerikleri % 0.63-1.70, molekül suyu-organik madde içerikleri % 0.86-4.39 ve CaCO_3 içerikleri % 24.68-59.06 arasında değişmektedir.

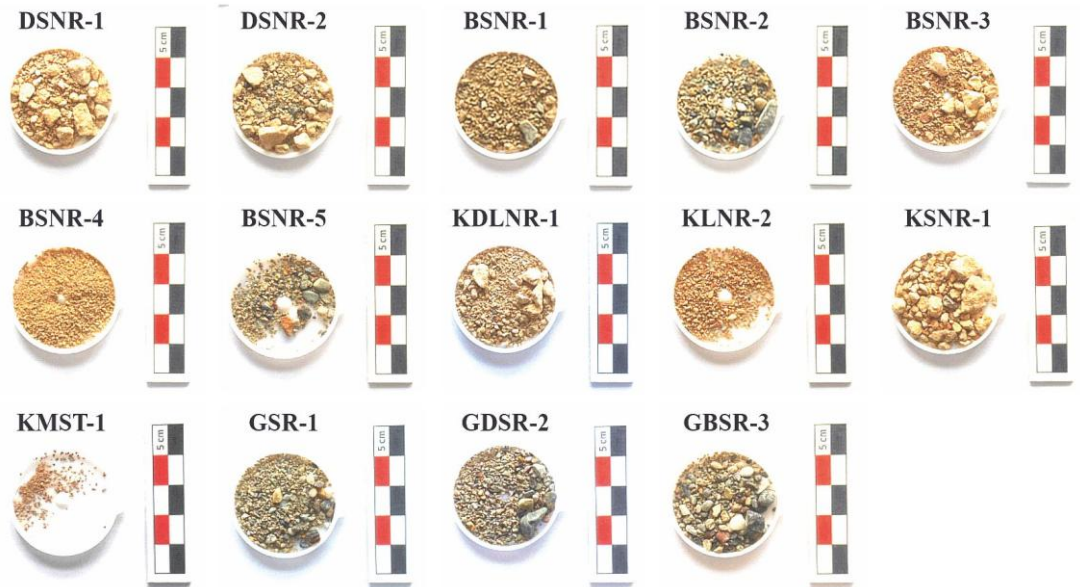
Harç örneklerinin molekül suyu-organik madde içerikleri birbirine benzer ve düşük olmakla birlikte BSNR-4 ve KSNR-1 numaralı örneklerde bu değerlerin yüksek olduğu görülmektedir. Bu iki örnekte görülen yüksek değerler örneklerin içerdikleri agrega türleri (muskovit, biyotit, serpantin vb.) ile ilişkilendirilmiştir.

Tablo 3.2: KKABP harç örneklerinin hesaplanan % nem, % molekül suyu-organik madde ve % CaCO_3 içerikleri

Örnek No	Nem içeriği (%) ($105\text{ }^\circ\text{C}$)	MS-OM içeriği (%) ($500\text{ }^\circ\text{C}$)	(CaCO_3) içeriği (%) ($950\text{ }^\circ\text{C}$)
DSNR-1	0.73	0.86	40.42
DSNR-2	1.11	1.17	24.68
BSNR-1	0.97	1.43	42.44
BSNR-2	1.03	2.36	43.47
BSNR-3	0.87	2.91	51.96
BSNR-4	0.69	4.39	34.86
BSNR-5	0.66	1.48	32.53
KDLNR-1	0.71	1.70	37.21
KLNR-2	0.63	2.09	55.55
KSNR-1	1.35	3.39	59.01
KMST-1	1.06	1.50	37.59
GSR-1	1.02	0.87	32.58
GDSR-2	1.17	1.58	38.07
GBSR-3	1.70	2.47	41.21
Ortalama	0.97	2.01	40.82

3.3 Asit Kaybı ve Granülometri Analizleri

KKABP yer mozaikleri harç örneklerinin agrega ve bağlayıcı oranlarının belirlemek için asit kaybı analizi gerçekleştirilmiştir. Asit kaybı analizi için 20-30 g harç örneği darası alınmış cam beher içerisine konulur. Sonrasında harç örnekleri üzerine 25 ml %10'luk hidroklorik asit (HCl) çözeltisi eklenerek belirli aralıklarla karıştırılır. Kap içerisinde reaksiyon oluşmayana kadar bekletilen çözeltiye süzme, saf su ile yıkama ve 105 °C'de kurutma işlemleri uygulanarak örneklerin ağırlıkça toplam bağlayıcı ve agrega oranları belirlenmiştir. Harç örneklerinin asit kaybı analizi sonucunda belirlenen agrega ve bağlayıcı içerikleri Tablo 3.3'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin toplam agrega içerikleri % 7.97-47.02, toplam bağlayıcı içerikleri % 52.98-92.03 arasında değiştiği belirlenmiştir. Diğer harç örneklerine göre BSNR-4 ve KMST-1 numaralı örneklerin agrega içerikleri düşük, bağlayıcı oranları yüksektir. Bu durum örnekleri oluşturan agregaların çoğunlukla karbonat bileşimli kayalardan oluşuyor olması ile açıklanmıştır. BSNR-4 ve KMST-1 numaralı örnekler haricinde diğer harç örneklerinin asit kaybı analizi sonucunda belirlenen agrega ve bağlayıcı içerikleri birbirine yakın değerler göstermektedir. Asit kaybı analizi yapılan harç örnekleri kurutulduktan sonra granülometri analizine tabi tutulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: KKABP harç örneklerinin asit kaybı analizi sonrası elde edilen agregalar

Granülometri analizi için 1000 μ m, 500 μ m, 250 μ m, 125 μ m, 63 μ m açıklığa sahip elekler kullanılmıştır. Harç örneklerinin karbonat içerikli olmayan agregalarına sistematik eleme işlemi uygulanmış, agrega tane dağılımları belirlenmiştir (Tablo 3.3). Granülometri analizi sonrasında harçlarda kullanılan agrega bileşenlerinin tane çapı dağılım grafikleri oluşturulmuş, agrega bileşenlerin efektif tane çapı (D_{10}), üniformalık katsayısı (C_u) ve derecelenme katsayısı (C_c) belirlenmiştir (Şekil 3.3). Agrega malzemesinin en ince % 10'luk bölümünün en büyük tane çapı "efektif tane çapı (D_{10})" olarak tanımlanır. Bu değer üniformalık katsayısının hesaplanmasında kullanılmaktadır. KKABP yer mozaikleri harç örneklerinde kullanılan agregaların efektif tane çapı 0.072-0.250 mm arasında değişim göstermektedir. Üniformalık katsayısı (C_u), tane boyu dağılım grafiklerinde % 60'a karşılık gelen tane çapının (D_{60}), efektif tane çapına (D_{10}) oranlanmasıyla elde edilir. Genel olarak $C_u \leq 2$ olduğunda üniform çaplı tanelerden oluştuğu söylenebilir. KKABP yer mozaikleri harç örneklerinde kullanılan agregaların üniformalık katsayıları 4.294-9.449; derecelenme katsayıları (C_c) 0.752-1.560 arasında değişim göstermektedir. USCS Sınıflama Sistemi'ne göre $1 \leq C_c \leq 3$ olduğunda, kumlarda $C_u > 6$ ve çakıllarda $C_u > 4$ koşulu sağlanıyorsa malzemenin iyi derecelenmiş olduğu kabul edilir (ASTM D-2487-17).

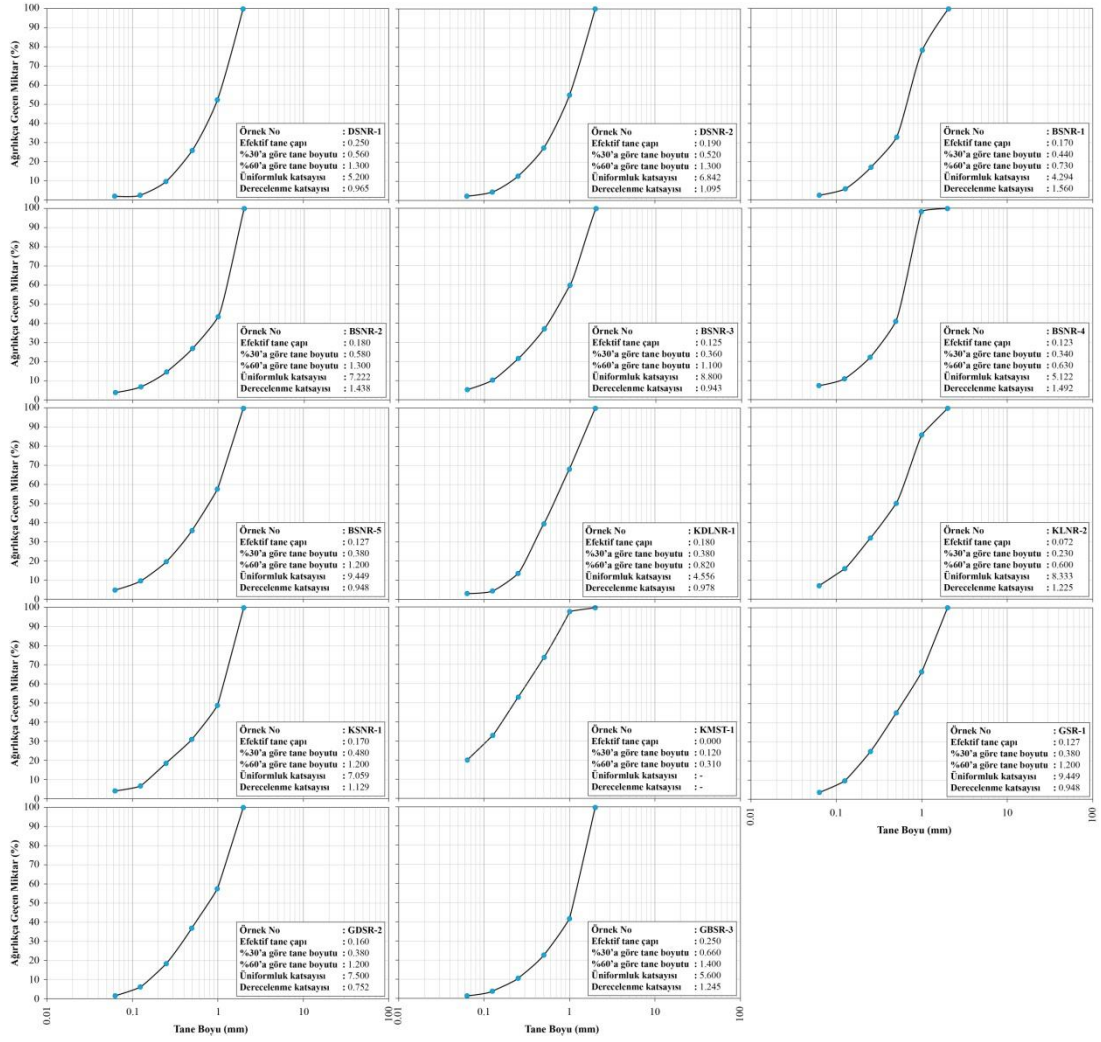
KKABP harç örnekleri agrega bileşenlerinin büyük çoğunluğu 0.2 mm boyutlu, nispeten üniform bir görünüme sahip, kötü derecelenmiş "*ince kumdan*" oluştuğu söylenebilir. Bu sonuçlara göre harç yapımında kabaca eleme işleminden geçirilmiş dere kumlarının kullanıldığı söylenebilir.

Tablo 3.3: KKABP harç örneklerinde toplam agrega, toplam bağlayıcı ve granülometrik analiz sonuçları

Örnek No	TB (%)*	TA (%)*	Elek Açıklıkları**					
			<63 µm	>63 µm	>125 µm	>250 µm	>500 µm	>1000 µm
DSNR-1	61.22	38.78	2.27	0.68	7.13	16.36	26.24	47.32
DSNR-2	70.08	29.92	2.21	2.14	8.34	14.67	27.63	45.02
BSNR-1	60.72	39.28	3.11	3.06	11.25	15.71	45.51	21.35
BSNR-2	63.90	36.10	3.73	2.97	7.77	12.22	16.69	56.63
BSNR-3	65.45	34.55	5.18	4.97	11.36	15.42	22.84	40.23
BSNR-4	90.70	9.30	7.61	3.42	11.20	18.79	57.34	1.65
BSNR-5	60.93	39.07	5.13	4.60	10.29	16.09	21.69	42.19
KDLNR-1	65.57	34.43	3.17	1.30	9.19	25.92	28.63	31.80
KLNR-2	63.38	36.62	7.83	8.75	16.01	18.14	35.72	13.54
KSNR-1	59.56	40.44	4.23	2.56	11.99	12.37	17.78	51.07
KMST-1	92.03	7.97	20.66	12.81	20.16	20.66	23.83	1.87
GSR-1	70.06	29.94	3.36	6.09	15.23	20.20	21.50	33.63
GDSR-2	66.07	33.93	1.68	4.62	12.13	18.62	20.67	42.28
GBSR-3	52.98	47.02	1.38	2.63	6.74	12.21	18.72	58.31
Ortalama	67.33	32.66	5.11	4.32	11.34	16.95	27.48	34.77

(*) TB: Toplam Bağlayıcı Oranı, TA: Toplam Agrega Oranı

** Elek açıklığından % geçen olarak verilmiştir.



Şekil 3.3: Asit kaybı analizi sonrası harç örnekleri agrega bileşenlerinin tane çapı dağılım grafikleri

3.4 Optik Mikroskop İncelemeleri

UNI 10924'e göre harçlar başlıca bağlayıcı, agrega, su ve belirli oranlardaki organik/inorganik katkı maddelerinden oluşmaktadır. Bağlayıcılar harç içerisine konulan diğer bileşenlerin yapışması için kohezyon sağlayan ve bileşenleri sağlam bir şekilde bir arada tutan karışımlardır. Harçlarda en yaygın karşılaşılan bağlayıcılar ve özellikleri aşağıda verilmiştir (Baradan 2009; Pecchioni ve diğ. 2014).

Havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı (kireç macunu; kaymak kireç): Saf kireçtaşının 800-950 °C'de yakılması ile elde edilir. Kalsiyum hidroksit'in [Ca(OH)₂] karbonasyonu sonucu kalsit'in (CaCO₃) oluşumu ile sertlik kazanır.

Havada sertleşen magnezyumlu kireç bağlayıcı: Dolomitik kireçtaşı veya dolomit'in 800-950 °C'de yakılmasıyla elde edilir. Kalsiyum hidroksit'in $[Ca(OH)_2]$ veya kısmen magnezyum hidroksit'in $[Mg(OH)_2]$ karbonasyonu sonucunda meydana gelen kalsit ve hidromanyezit $[Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4(H_2O)]$ oluşumuyla sertlik kazanır. Bu nedenle harç içerisinde kalıntı magnezyum hidroksit $[Mg(OH)_2]$ fazı daima görülür. Bu tür bağlayıcıların kullanıldığı harç örneklerinde topaklaşmalar yaygın olarak görülmektedir. Topaklaşmaların nedeni magnezyum hidroksit'in, kalsiyum hidroksit'e $[Ca(OH)_2]$ göre daha düşük karbonasyon oranına sahip olmasıdır.

Havada sertleşen kireç bağlayıcı (Hidrolik karakter sağlayan materyal eklenmiş): Sertleşme ve kuruma kalsiyum hidroksit'in $[Ca(OH)_2]$ karbonasyonu sonucunda ve kalsiyum hidroksit ile hidrolize bileşenler arasındaki reaksiyon sonucunda meydana gelir. Bu reaksiyonlar sonucu hidrate kalsiyum silikat ve hidrate Al-silikatlar oluşur.

Doğal hidrolik bağlayıcı: Marnlı kireçtaşı veya silisli kireçtaşının 800-950 °C'de yakılması ile elde edilir. Kuruma ve sertleşme kalsiyum hidroksit'in karbonasyonu ve kalsiyum silikat, kalsiyum alüminatların hidratasyonu sonucunda meydana gelir.

Modern hidrolik bağlayıcılar: Kuruma ve sertleşme kalsiyum silikatler ve kalsiyum alüminatların hidratasyonu sonucu meydana gelir. Bu bağlayıcılar arasında 1796 yılında Parker tarafından patenti alınmış Roma çimentosu %25'den fazla kil içeren marnlı kireçtaşının 900-1000 °C'de yakılmasıyla elde edilir. Portland çimentosu 19 yy'ın ortasında yaklaşık %25 oranında kil içeren marnlı kireçtaşının 1400 °C'de yakılmasıyla elde edilir. Farklı yakma sıcaklıkları farklı kristal fazlarının varlığına işaret eder. Roma çimentosu yüksek miktarda hızlı hidrasyon oranına sahip belit içeriği ile karakteristiktir. Portland çimentosunda β -belit görülür, düşük hidrasyon oranına sahiptir.

Jipsli Bağlayıcı: İnsanoğlu tarafından üretilen ilk bağlayıcıdır. Jips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) içeren kayaçların 160-200 °C'de yakılması sonucu elde edilir. Düşük sıcaklıklarda elde edilen ürünler (hemihidrat, jips veya basanit - $CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$) ve yüksek sıcaklıklarda elde edilen ürünler (susuz jips, anhidrit - $CaSO_4$) jipse göre daha çabuk kurur.

Harç yapımında kullanılan bağlayıcının optik mikroskop incelemeleri sonucunda aşağıdaki konulara açıklık getirilir:

- Mineralojik bileşim
- Doku (mikritik, mikrosparitik, sparitik)
- Yapı (Homojenlik, topaklık durumu, plaklar)
- Agregalar ile olan reaksiyonlar
- Kireç topaklarının varlığı,
- Yeni mineral fazlarının oluşumu




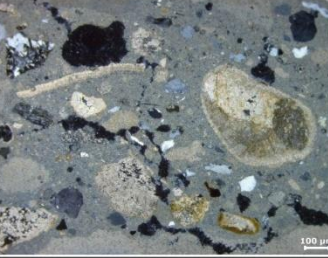
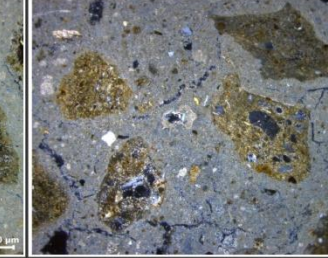
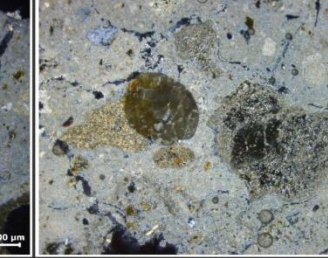
İnce kesit incelemeleri bağlayıcılara hidrolik karakter kazandıran malzemelerin kolaylıkla tanımlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Bağlayıcılara hidrolik karakter kazandıran malzemeler başlıca pomza ve/veya skoryalar, tuğla-kiremit parçaları ve seramiklerden oluşmaktadır. Bu bileşenler bağlayıcı ile karıştırılarak yüksek nemli ortamlarda ve/veya su yapılarında (hamam, havuz vb.) harcın daha hızlı kuruyarak, uzun süre dayanmasına neden olurlar (Pecchioni ve diğ. 2014). Hidrolik karakter sağlayan bileşenler optik mikroskop çalışmaları ile kolaylıkla belirlenebilir. Eğer bu malzemeler öğütüldükten sonra harca karıştırılırsa tanımlanması zordur. Öğütülerek harca katılmış bileşenlerin tespiti optik mikroskop ile mümkün olamazken, ileri analiz (SEM-EDS ve EPMA) teknikleriyle bu bileşenler belirlenebilir (Elsen 2006).

KKABP yer mozaikleri harç örneklerinin bağlayıcı ve agregalarını oluşturan bileşenlerin tane şekli, boyutu, mineral bileşimi, gözeneklilik, ayrışma durumu gibi temel özelliklerini belirlemek amacıyla optik mikroskop incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıntılı optik mikroskop inceleme sonuçları Tablo 3.4’de verilmiştir.







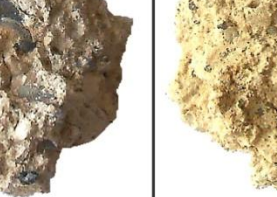
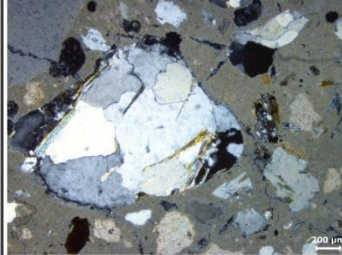
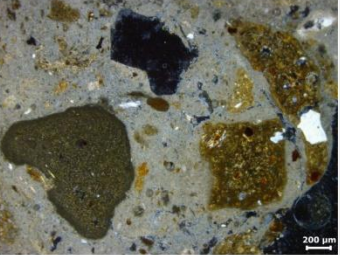
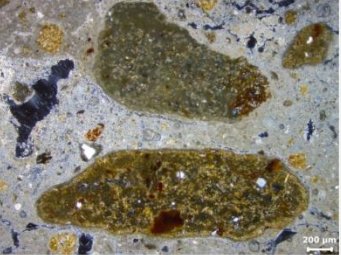


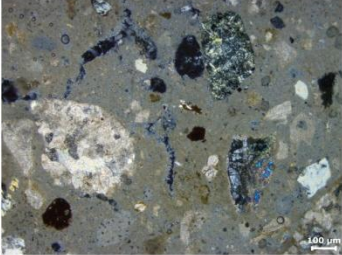

Harç örneklerinin renk tanımlamaları “NR60CP Portable Renk Ölçer” cihazı ile belirlenmiştir. Örneklerin renk ölçümlerinde elde edilen L, a, b değerleri “Munsell Soil-Color Chart” belirtilen renk görünüm parametrelerine çevrilerek kodları belirlenmiştir. Buna göre harç örneklerinin açık gri (2.5Y 7/2, 10YR 7/2) ve çok açık kahverengi (2.5Y 8/2, 10YR 8/2, 10YR 9/2) arasında değişen renklere oldukları belirlenmiştir. Harç örneklerinin bağlayıcısının mikritik-mikrosparitik dokulu, kireç topakları ve büzüşme çatlakları içeren havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı

olduğu değerlendirilmiştir. Bununla birlikte özellikle kireç topaklarının yaygın görüldüğü örneklerin bağlayıcısının dolomitik kireçtaşlarından elde edilen magnezyumlu kireç bağlayıcı olabileceği değerlendirilmiştir (Pecchioni ve diğ. 2014). KKABP harç örneklerinin agregaları içerisinde metamorfik kayaç parçaları (mermer, mikaşist, kuvarsit), ultramafik kayaç parçaları (serpantinit, gabro, harzburjit), kireçtaşı ve tuğla-kiremit parçalarından oluşan kayaçlar ve kuvars, kalsit, mika mineralleri (muskovit, biyotit), serpantin mineralleri, piroksen ve opak minerallerden oluşan mineral bileşenleri belirlenmiştir. Antik dönem harçlarında kullanılan agregalar çoğunlukla yapının bulunduğu bölgenin kayaç litolojisi uyumlu olup, çoğunlukla deniz kenarı, dere ve/veya yamaç n birikimlerinden sağlanmıştır (Elsen 2006; Pecchioni ve diğ. 2006, 2014). İncelenen harçların agregalarını oluşturan kayaç türleri ve minerallerin Lykos vadisi kayaç litolojileri ile uyumlu oldukları belirlenmiştir. Agregaların tane boyutları 150.32-1334.19 μm arasında değişmekte olup, kısmen yuvarlaklaşmış oldukları belirlenmiştir. Antik dönem harçlarında bağlayıcı/agrega oranının optimal değeri 1/3 olması ifade edilmektedir. Bağlayıcı/agrega oranı >1/3 ise harç örneklerinde yaygın büzüşme çatlakları görülürken, <1/3 ise harç örneklerinde ayrışma (decomposition) görülmektedir (Pecchioni ve diğ. 2014). KKABP harç örneklerinin bağlayıcı/agrega oranları 1.13-11.54 arasında değişmekte olup, petrografik incelemelerde harç örneklerinde yaygın büzüşme çatlakları belirlenmiştir.

Tablo 3.4: KKABP harç örneklerinin petrografik özellikleri

Örnek Numarası	DSNR-1	DSNR-2	BSNR-1	BSNR-2	BSNR-3	BSNR-4	BSNR-5	
Alındığı Yer / Katman	Doğu sınır / Nükleus-Rudus geçişi	Doğu sınır / Nükleus-Rudus geçişi	Batı sınır / Nükleus-Rudus geçişi	Batı sınır / Nükleus-Rudus geçişi	Batı sınır / Nükleus-Rudus geçişi	Batı sınır / Nükleus-Rudus geçişi	Batı sınır / Nükleus-Rudus geçişi	
Makroskopik Görüntüsü								
Mikroskop Görüntüsü								
Renk	10YR 8/2	2.5Y 8/2	10YR 7/2	2.5Y 7/2	2.5Y 8/3	10YR 7/3	2.5Y 8/2	
BAĞLAYICI	Türü	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı (Mg'ca zengin kireçtaşından elde edilmiş)	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı (Mg'ca zengin kireçtaşından elde edilmiş)	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı (Mg'ca zengin kireçtaşından elde edilmiş)	
	Dokusu	Mikrosparitik	Mikritik	Mikritik	Mikritik	Mikritik	Mikrosparitik	
	Yapısı	Kireç topakları yaygın	Büzüşme çatlakları yaygın	Kireç topakları yaygın	Büzüşme çatlakları yaygın	Kireç topakları ve büzüşme çatlakları yaygın	Kireç topakları ve büzüşme çatlakları yaygın	
	Agrega ile Etkileşimi	Puzzolanik malzeme az olduğu için görülmemiştir	Puzzolanik malzeme az olduğu için görülmemiştir	Tuğla-kiremit kırıkları ve serpantin parçaları çevresinde bulutumsu görünüm	Puzzolanik malzeme az olduğu için görülmemiştir	Tuğla-kiremit kırıkları çevresinde hafif bulutumsu görünüm	Tuğla-kiremit kırıkları çevresinde hafif bulutumsu görünüm	
AGREGA	Türü	Kayaç	Mikritik kireçtaşı Metamorfik kayaç parçaları Mermer ± Tuğla-kiremit parçaları	Metamorfik kayaç parçaları Kireçtaşı ± Serpantin	Tuğla-kiremit parçaları Mermer Serpantin	Ultramafik kayaç parçaları Mermer Kuvarsit ± Tuğla-kiremit parçaları	Tuğla-kiremit parçaları Mermer Serpantin	Tuğla-kiremit parçaları Mermer Serpantin
		Mineral	Kuvars Kalsit Mika mineralleri Kavkı parçası ± Opak mineral	Kalsit Kuvars Mika mineralleri ± Opak mineral	Kuvars Muskovit Kalsit Piroksen ± Opak mineral	Kalsit Kuvars Mika mineralleri ± Klorit, Kavkı parçası ± Opak mineral	Kuvars Muskovit Kalsit Piroksen ± Opak mineral	Kuvars Muskovit Kalsit Piroksen, ± Plajiyoklaz ± Opak mineral
	Şekli	Kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Tuğla-kiremit parçaları köşeli, kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Tuğla-kiremit parçaları köşeli, kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Tuğla-kiremit parçaları köşeli, kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Tuğla-kiremit parçaları köşeli, kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Tuğla-kiremit parçaları köşeli, kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış
	Boyutu ve Dağılımı	79.03 - 630.71 µm (285.29 µm) Heterojen	101.72 - 498.69 µm (230.67 µm) Homojen	111.47 - 891.64 µm (366.14 µm) Heterojen	38.17 - 1068.23 µm (292.97 µm) Heterojen	294.33 - 850.02 µm (540.55 µm) Heterojen	41.84 - 689.12 µm (175.13 µm) Heterojen	294.33 - 850.02 µm (540.55 µm) Heterojen
	Bağlayıcı/Agrega oranı	Bağlayıcı: % 61.21 Agrega: % 38.78 B/A: 1.57	Bağlayıcı: %70.07 Agrega: %29.92 B/A: 2.39	Bağlayıcı: %59.98 Agrega: %40.01 B/A: 1.49	Bağlayıcı: %63.89 Agrega: %36.10 B/A: 1.76	Bağlayıcı: %65.45 Agrega: %34.54 B/A: 1.89	Bağlayıcı: %90.69 Agrega: %9.30 B/A: 9.75	Bağlayıcı: %60.93 Agrega: %39.07 B/A: 1.56
BOŞLUK	Şekli	İpliğimsi, kısmen oval	İpliğimsi, kısmen oval	İpliğimsi, kısmen oval	Kısmen yuvarlak	İpliğimsi, kısmen oval	İpliğimsi, kısmen oval	
	Dağılımı	Heterojen	Homojen	Kısmen homojen	Heterojen	Kısmen homojen	Kısmen homojen	

Tablo 3.4: devamı

Örnek Numarası	KDLNR-1	KLNR-2	KSNR-1	KMST-1	GSR-1	GDSR-2	GBSR-3	
Alındığı Yer / Katman	Kuzeydoğu lakuna / Nükleus-Rudus geçişi	Kuzey lakuna / Nükleus-Rudus geçişi	Kuzey sınır / Nükleus-Rudus geçişi	Kuzey sınır / Tesselatum yatak harcı	Güney sınır / Rudus harcı	Güneydoğu sınır / Rudus harcı	Güneybatı sınır / Rudus harcı	
Makroskopik Görüntüsü								
Mikroskop Görüntüsü								
Renk	2.5Y 7/2	10YR 8/3	2.5Y 9/2	2.5Y 9/2	2.5Y 7/2	2.5Y 8/2	2.5Y 7/2	
BAĞLAYICI	Türü	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı (Mg'ca zengin kireçtaşından elde edilmiş)	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı	Açık havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı	
	Dokusu	Mikritik	Mikrosparitik	Mikrosparitik	Mikrosparitik	Mikritik	Mikrosparitik	
	Yapısı	Büzüşme çatlakları yaygın	Kireç topakları yaygın	Kireç topakları ve büzüşme çatlakları yaygın	Homojen	Homojen	Kireç topakları ve büzüşme çatlakları yaygın	Büzüşme çatlakları yaygın
	Agrega ile Etkileşimi	Puzzolanik malzeme az olduğu için görülmemiştir	Tuğla-kiremit kırıkları çevresinde hafif bulutumsu görünüm	Tuğla-kiremit kırıkları çevresinde hafif bulutumsu görünüm	Puzzolanik malzeme az olduğu için görülmemiştir	Puzzolanik malzeme az olduğu için görülmemiştir	Puzzolanik malzeme az olduğu için görülmemiştir	Puzzolanik malzeme az olduğu için görülmemiştir
AGREGA	Türü	Kayaç	Metamorfik kayaç parçaları Traverten ± Tuğla-kiremit parçası	Tuğla-kiremit parçaları Mermer Kumtaşı ± Metamorfik kayaç parçası	Tuğla-kiremit parçaları Metamorfik kayaç parçası	Mermer ± Metamorfik kayaç parçası ± Tuğla-kiremit parçaları	Ultramafik kayaç parçası Mermer Kuvarsit ± Tuğla-kiremit parçaları	Ultramafik kayaç parçası Mermer Kuvarsit ± Tuğla-kiremit parçaları
		Mineral	Kuvars Kalsit Mika mineralleri ± Opak mineral	Kuvars Kalsit Mika mineralleri ± Opak mineral	Kuvars Kalsit Mika mineralleri ± Opak mineral	Kuvars Kalsit Mika mineralleri ± Opak mineral	Serpantinit Kalsit Kuvars Mika mineralleri ± Opak mineral	Serpantinit Kalsit Kuvars Mika mineralleri ± Opak mineral
	Şekli	Travertenler köşeli, kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Tuğla-kiremit parçaları köşeli, kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Tuğla-kiremit parçaları köşeli, kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış	Kayaç ve mineral bileşenler kısmen yuvarlaklaşmış
	Boyutu ve Dağılımı	91.51 - 1562.47 µm (351.62 µm) Homojen	733.87 - 1517.70 µm (1334.19 µm) Heterojen	34.05 - 1050.34 µm (215.02 µm) Homojen	53.74 - 549.28 µm (150.32 µm) Homojen	47.55 - 1157.67 µm (280.74 µm) Heterojen	84.31 - 1087.81 µm (295.49 µm) Heterojen	52.69 - 1467.66 µm (313.03 µm) Heterojen
	Bağlayıcı/Agrega oranı	Bağlayıcı: %65.57 Agrega: %34.54 B/A: 1.89	Bağlayıcı: %63.38 Agrega: %36.61 B/A: 1.70	Bağlayıcı: %59.42 Agrega: %40.57 B/A: 1.46	Bağlayıcı: %90.02 Agrega: %7.97 B/A: 11.54	Bağlayıcı: %70.05 Agrega: %29.94 B/A: 2.33	Bağlayıcı: %66.07 Agrega: %33.92 B/A: 1.94	Bağlayıcı: %52.98 Agrega: %47.01 B/A: 1.13
BOŞLUK	Şekli	İpliğimsi, kısmen oval	İpliğimsi, kısmen oval	İpliğimsi, kısmen oval	Kısmen yuvarlak	İpliğimsi, kısmen oval	İpliğimsi, kısmen oval	
	Dağılımı	Kısmen homojen	Heterojen	Kısmen homojen	Kısmen homojen	Kısmen homojen	Kısmen homojen	

Harç örneklerine hidrolik karakter kazandırmak için puzolan malzemeler karıştırılmaktadır. Puzolan malzemeler tek başına bağlayıcı özelliği olmamakla birlikte kireç ve/veya çimento ile karıştırılınca kuvvetli bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır. Puzolan malzemeler özellikle kireçle karıştırıldığı zaman bağlayıcılık kazanırlar ve suda erimeyen kalsiyum silikat tuzuna dönüşürler. Antik dönem harçlarında puzolan malzeme olarak çoğunlukla tuğla-kiremit parçaları harç içerisine konularak hidrolik özellik kazanmaları sağlanmaktadır (Baradan 2009; Uğur ve Güleç 2016). Özellikle antik dönem su yapıları (hamam, havuz vb.) ve yer döşemelerinde ortamın sürekli nemli olması nedeniyle kullanılan harç malzemenin suya karşı dayanıklı bir mahiyette olması istenmektedir. Optik mikroskop incelemelerinde harç örneklerinin tuğla-kiremit parçaları içerdiği belirlenmiştir. Bu durum harç örneklerine dayanımını kazandırmak amacıyla katılmış olabileceği şeklinde değerlendirilmiştir.

3.5 Harçların XRD İncelemeleri

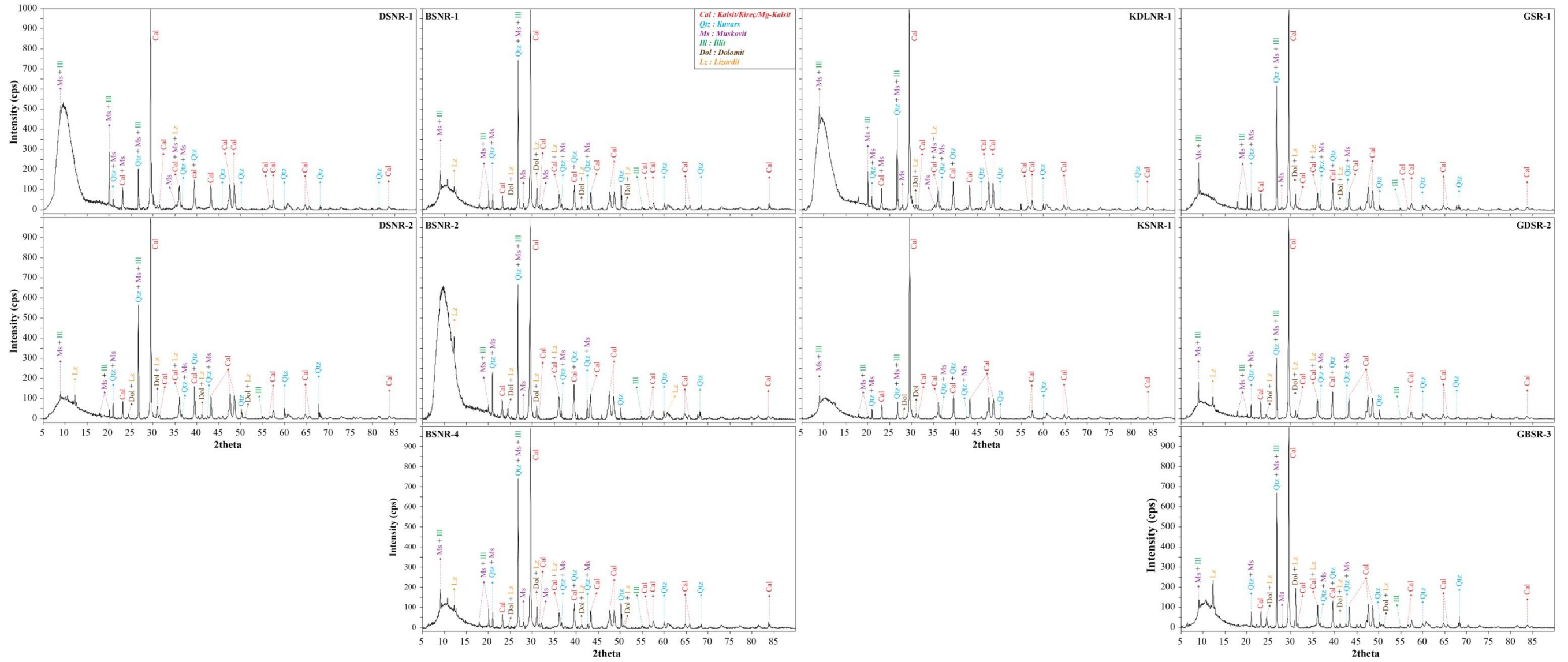
KKABP yer mozaikleri harç örnekleri tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, başlıca kalsit/kireç, kuvars, muskovit, illit, dolomit ve lizardit (serpantin minerali) pikleri belirlenmiştir (Şekil 3.4). Harç örnekleri birbirine oldukça benzer XRD desenlerine sahip olup, 2θ $15A^\circ$ 'dan itibaren düzenli ve belirgin mineral pikleri gösterirler. Bununla birlikte tüm kayaç XRD grafiklerinde $5-15A^\circ$ arasında yükselim desenleri verdikleri görülmektedir. Bu durum kireçtaşlarının kalsinasyonu ile elde edilen sönmemiş kirecin (CaO), harcın yapımında ilave edilen su veya havanın nemliyle reaksiyona girerek sertleşmesi sürecinde meydana gelen amorf karakterli kalsiyum alümino silikat (CAS) ve kalsiyum silikat hidrat (CSH) oluşumlarıyla açıklanabilir (Böke ve diğ. 2004; Uğur ve Güleç 2016). Asit kaybı analizlerinde örneklerin bağlayıcı içeriklerinin % 52.98-92.03 arasında değiştiği belirlenmiş olup, XRD grafiklerinde kalsit/kireç/Mg-kalsit pikleri baskın olarak görülmesi bu durumu desteklemektedir.

XRD analizlerinde kalsit/kireç/Mg-kalsit piklerinin aynı 2θ değerlerine sahip olması kesin bir ayrımı güçleştirmektedir. Ancak petrografik incelemelerde bazı kesitlerde yaygın olarak kireç topaklarının görülmesi bağlayıcı olarak kullanılan

kirecin elde edilmesinde dolomitik kireçtaşlarının (Mg-Kalsit) kullanılmış olabileceğini destekler niteliktedir. XRD incelemelerinde elde edilen sonuçlar, petrografik değerlendirmelerle uyumlu olduğu görülmektedir.

3.6 Konfokal Raman Spektrometre (KRS) İncelemeleri

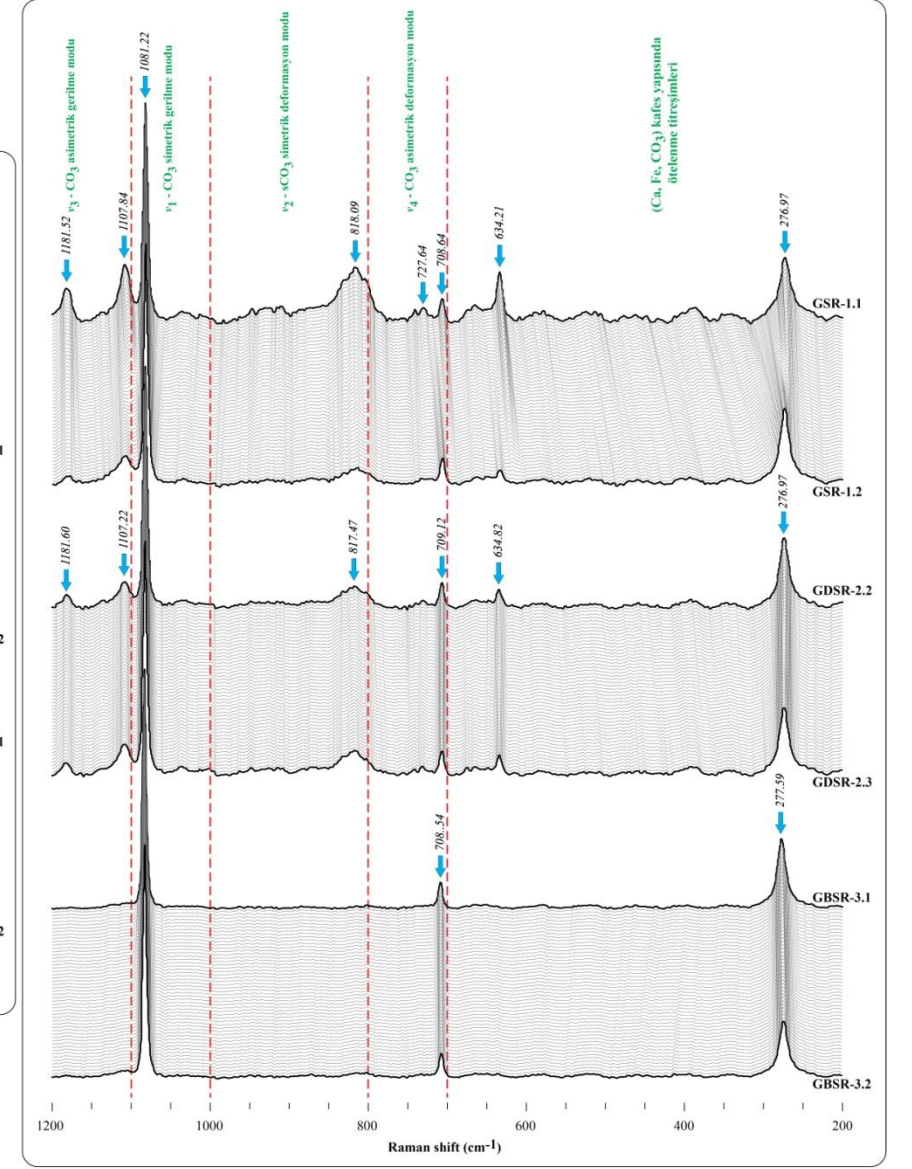
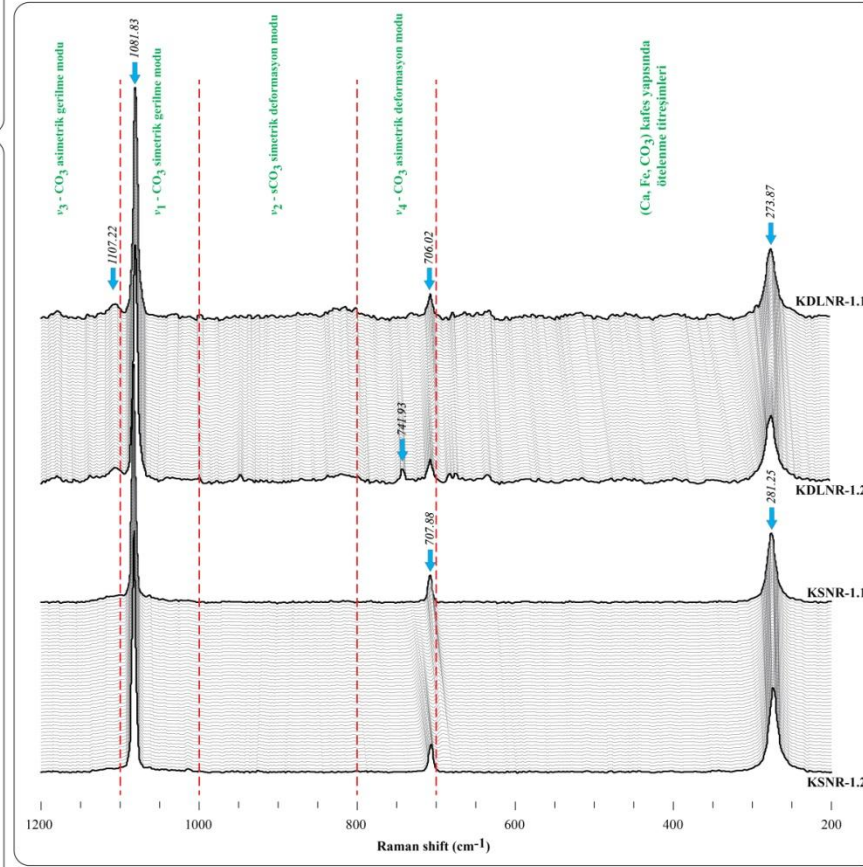
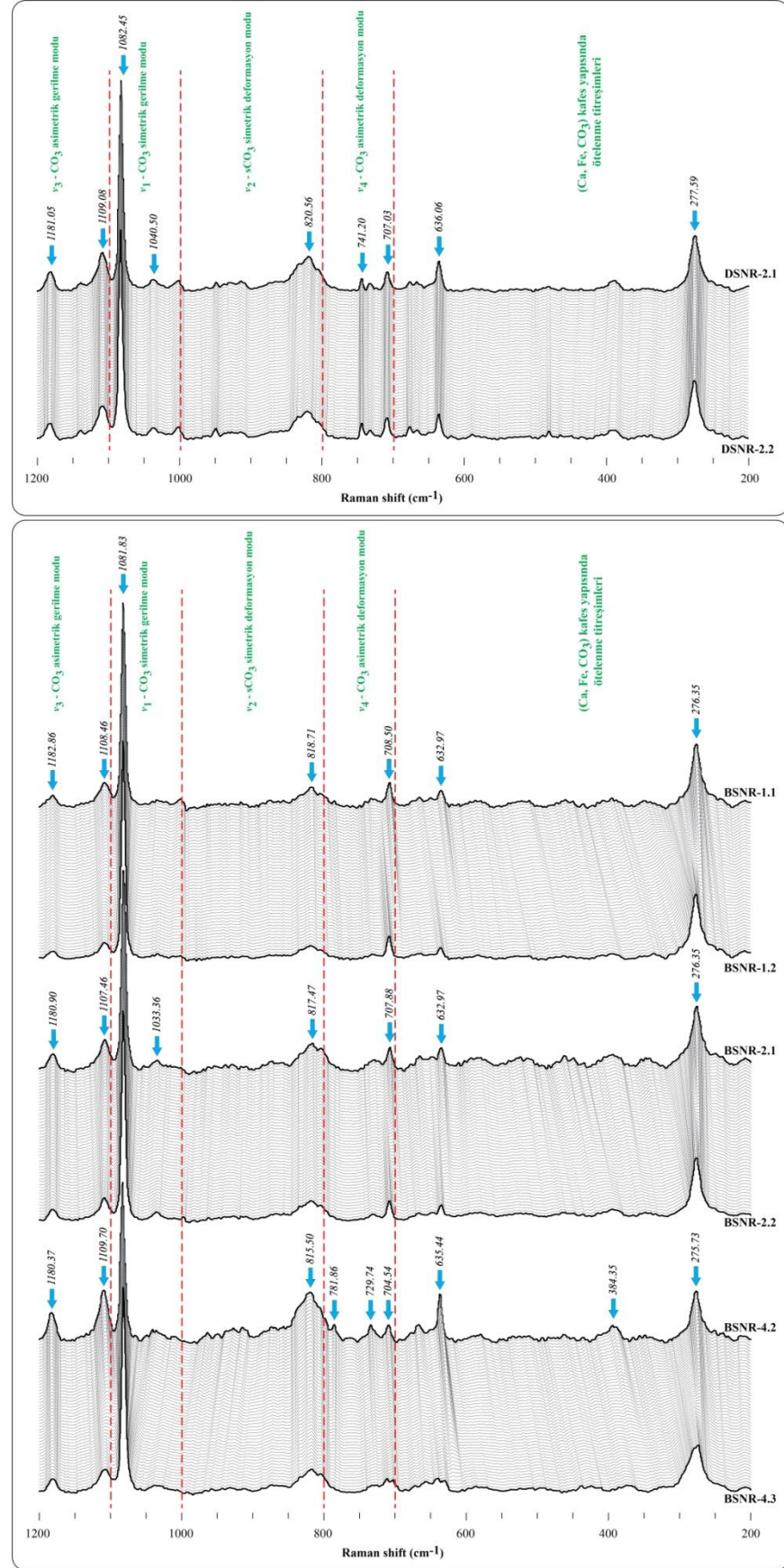
Harç içerisine konulan kireç bağlayıcılar doğadaki karbonat kayaçlarının (kireçtaşı, mermer, dolomit, killi kireçtaşı vb.) yaklaşık olarak 900 °C’de yakılması ile elde edilen CaO’in (sönmemiş kireç), suyla reaksiyonu sonucu üretilen Ca(OH)₂ (sönmüş kireç). Harca karıştırılan sönmüş kireç havada (veya çevresinde) bulunan CO₂ ile reaksiyona girerek kalsiyum karbonat (CaCO₃) haline dönüşerek katılaştır (Baradan 2009; Uğur ve Güleç 2016). Optik mikroskop incelemeleri kireçtaşlarının esas bileşimini oluşturan karbonat minerallerinin (kalsit, dolomit) birbirinden ayırımında çoğunlukla yetersiz kalmakta olup, XRD analizi ve/veya Alizarin kırmızısı ile boyama yöntemlerine başvurulmaktadır. Ancak sönmüş kireç eldesinde örnekler az ya da çok tahribata uğramakta ve iç yapıları fiziksel olarak bozulabilmektedir. KKABP yer mozaikleri harç örneklerinde kullanılan bağlayıcının bileşimini belirleyebilmek için tahribatsız analiz yöntemi olan KRS çalışması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4: KKABP harç örneklerinin XRD grafikleri

Optik mikroskop incelemelerinde bağlayıcı olarak tanımlanan noktalardan alınan Raman ölçümlerine ait grafikler Şekil 3.5’de verilmiştir. 200-1200 cm^{-1} arası alınan Raman ölçüm sonuçlarına göre harç örneklerinin bağlayıcılarının Raman spektrumlarının büyük oranda birbirine benzerlik gösterdikleri görülmektedir. Grafiklerde özellikle 200-700 cm^{-1} , 700-800 cm^{-1} , 800-900 cm^{-1} , 1000-1100 cm^{-1} ve 1100-1200 cm^{-1} arasında belirgin Raman piklerinin varlığı göze çarpmaktadır. Grafiklerde düşük şiddetli Raman pikleri 700-800 cm^{-1} ve 1100-1200 cm^{-1} arasında görülmekte olup, sırasıyla CO_3 molekülünün asimetrik deformasyon (ν_4) ve asimetrik gerilme (ν_3) titreşimleriyle ilişkilidir. En şiddetli Raman pikleri 1000-1100 cm^{-1} arasında bulunmakta olup, CO_3 molekülünün simetrik gerilmesinden (ν_1) kaynaklanmaktadır. Grafiklerde 200-700 cm^{-1} arasında görülen orta şiddete sahip pikler molekül kafes yapısında ötelenme salınımları (Translatory Oscillation) içeren CO_3 molekülünün dış titreşimleriyle ilişkilidir (Şekil 3.5).

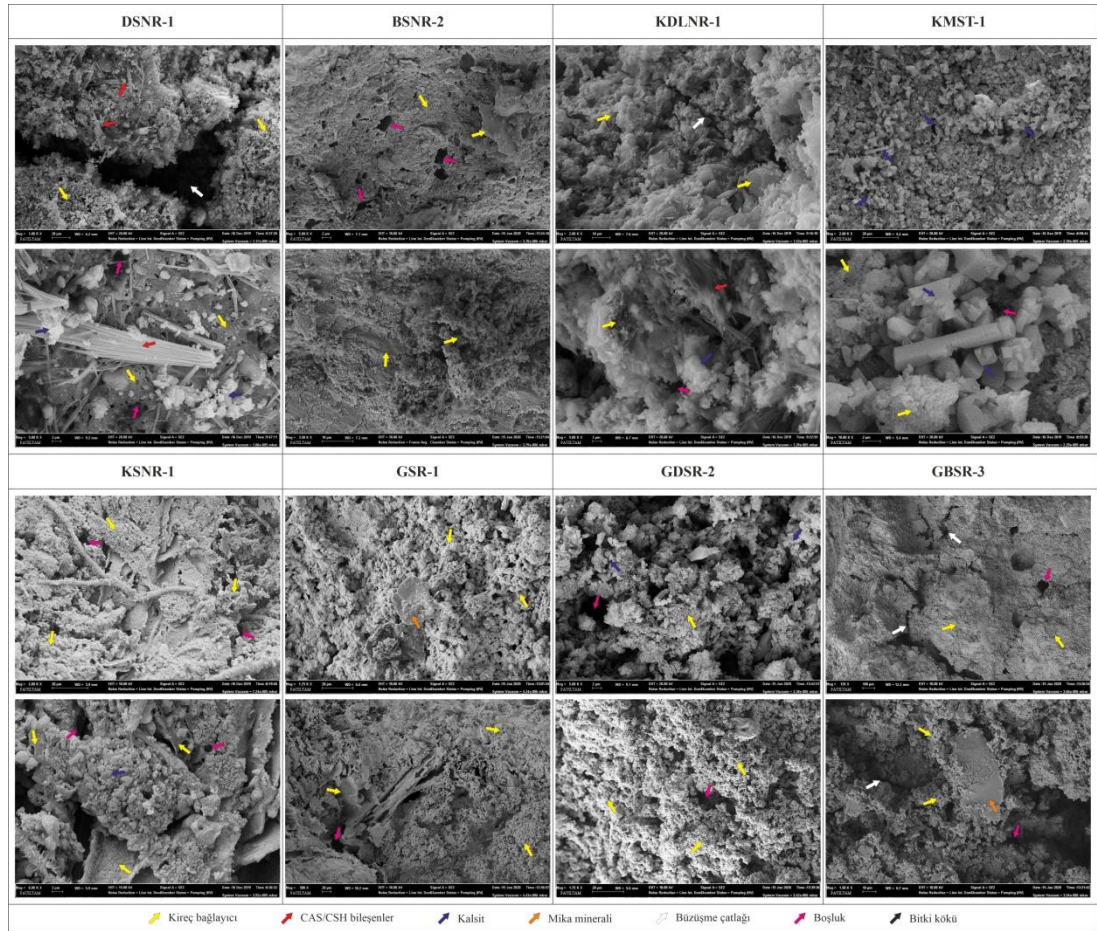
Ana pikler dışında görülen ve düşük şiddetli pikler bağlayıcının kimyasal bileşimi ile ilişkili olmayıp, harç örneklerinin sertleştirilmesi için kullanılan ve harcın gözeneklerine yerleşmiş araldit ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir. Elde edilen Raman pikleri “*Spectral ID*” yazılım programındaki standart mineral pikleriyle karşılaştırılmış ve bağlayıcının kalsit bileşimine ait Raman pikleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.5: KKABP harç örneklerinde bağlayıcı olarak tanımlanan noktaların Raman spektrumları

3.7 SEM Görüntüleme Çalışmaları

Harç örneklerinde kireç bağlayıcının havada kuruması sırasında veya yıllar içerisinde bozunma sonucu gözeneklerde oluşabilecek değişimleri ve yeni mineral bileşenleri görüntülemek ve tanımlayabilmek için SEM incelemeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6). KKABP harç örneklerinde gerçekleştirilen SEM görüntüleme çalışmaları sonucunda, harç örneklerine ait kireç bağlayıcıların birbirine benzer iç yapıda oldukları, yapının her yerinde aynı türde kireç bağlayıcı kullanıldığı düşünülmektedir. Ayrıca yer mozaiklerini birarada tutan harçların zaman içerisinde önemli bir bozunmaya uğramadıkları da söylenebilir (Şekil 3.6). Bununla birlikte SEM görüntüleme sonuçlarının petrografi, XRD ve KRS çalışmalarında elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.6: KKABP harç örneklerine ait SEM görüntüleri

3.8 Harç Örneklerinin Jeokimyasal Özellikleri

KKABP yer mozaiklerinde kullanılan harçların jeokimyasal analiz sonuçları Tablo 3.5’de verilmiştir. Harç örneklerinin kimyasal özelliklerini değerlendirirken açık renkli (felsik) ve koyu renkli (mafik) minerallerde bol olarak bulunan elementler birlikte ele alınmıştır. SiO₂, Al₂O₃, Na₂O ve K₂O elementleri kuvars, k-feldispat, plajiyoklaz, muskovit ve kil minerallerinde fazlaca bulunmaktadır. Harç örneklerinin SiO₂ içerikleri %11.45-16.52 (σ:1.69) arasında değişirken, Al₂O₃ %1.31-4.07 (σ:0.95), Na₂O %0.27-0.52 (σ:0.082) ve K₂O %0.24-0.98 (σ:0.31) arasında değişmektedir. Harç örneklerinin SiO₂ içerikleri Al₂O₃, Na₂O ve K₂O içeriklerine göre daha yüksek değerlerde olup, petrografik olarak içerdikleri kuvars mineralleri ve kuvarsit türü kayaç parçaları ile ilişkilendirilebilir (Şekil 3.7). CaO, MgO, Fe₂O₃ ve TiO₂ elementleri olivin, piroksen, amfibol, siyah mika (biyotit, flogopit) ve klorit minerallerinin başlıca bileşimini oluşturan elementlerdir. Harç örneklerinin CaO içerikleri %33.50-41.48 (σ:2.48) arasında değişirken, MgO %1.97-5.54 (σ:1.23), Fe₂O₃ %1.92-3.58 (σ:0.49) ve TiO₂ %0.12-0.32 (σ:0.07) arasında değişmektedir (Şekil 3.7). Örneklerinin TiO₂ içerikleri, MgO ve Fe₂O₃ içeriklerine göre daha düşük değerdedir. Petrografik incelemelerde örneklerde değişen oranlarda ultramafik kayaç parçası içermesi bu elementlerdeki değişimleri desteklemektedir. Bağlayıcı olarak kireç kullanılması nedeniyle harç örneklerinin CaO içeriklerinin diğer ana oksit elementlere göre daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Ayrıca örneklerin CaO içeriklerinin birbirine yakın değerlerde olması sabit bir oranda bağlayıcı kullanılmış olabileceği şeklinde değerlendirilmiştir. Örneklerin CaO içeriklerinin SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, MgO, Fe₂O₃, TiO₂, P₂O₅ ve MnO içeriklerinin toplamına oranlandığında ~ 2:1 oranı bulunmuştur. Bu duruma göre tüm yapıda kullanılan harcın hazırlanması sırasında 2 birim kireç, 1 birim kum karışımının korunduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 3.5: KKABP harç örneklerinin anaoksit, iz element ve bazı element oranları ile hidrolik indeksi (HI) ve çimentolanma indeksi (Çİ) değerleri

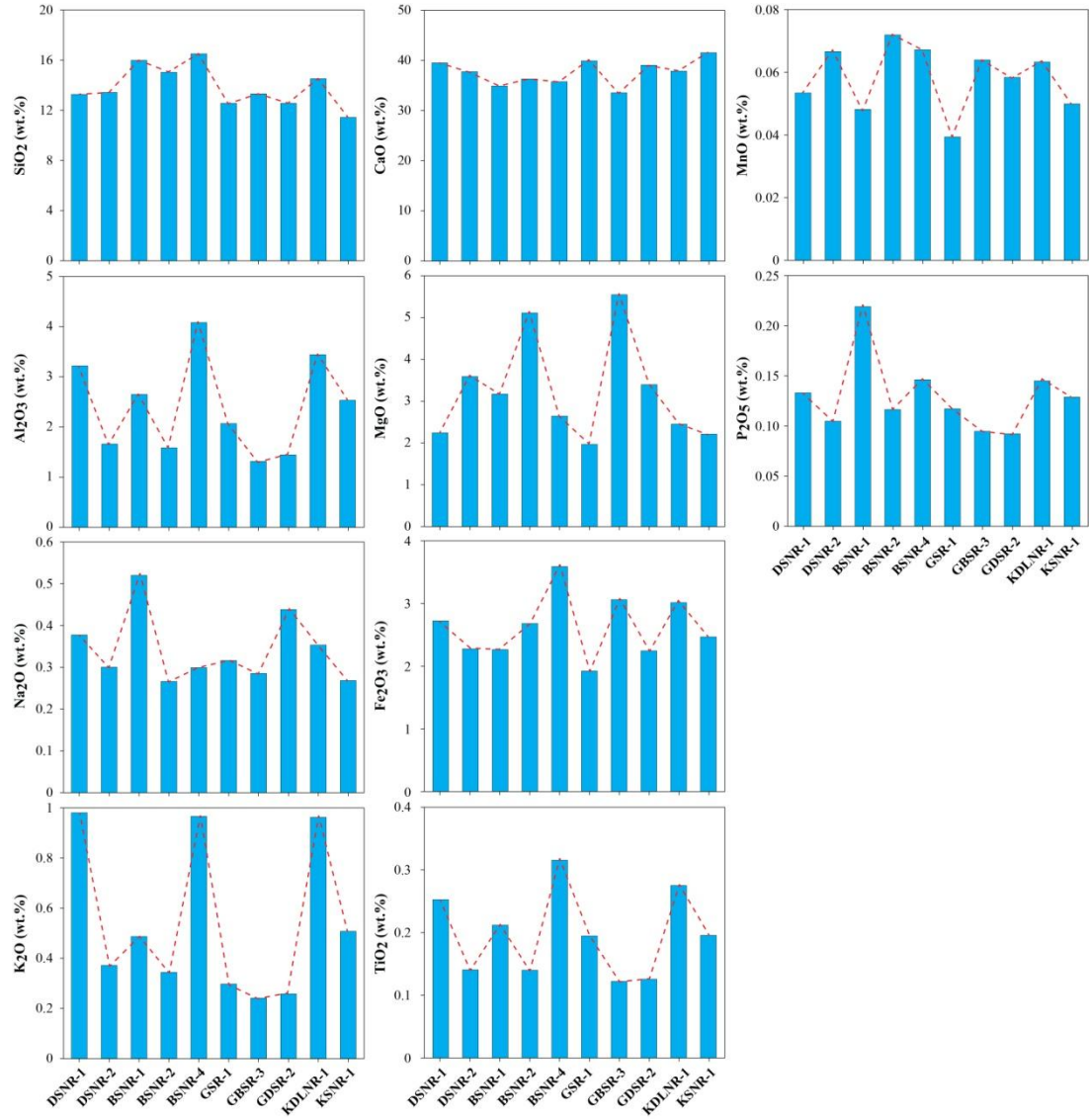
Elementler	DSNR 1	DSNR 2	BSNR 1	BSNR 2	BSNR 4	KDLNR1	KSNR1	GSR1	GDSR2	GBSR3
SiO₂ (wt.%)	13.28	13.44	16.00	15.04	16.52	14.53	11.45	12.57	11.83	13.32
TiO₂ (wt.%)	0.25	0.14	0.21	0.14	0.32	0.27	0.20	0.19	0.13	0.12
Al₂O₃ (wt.%)	3.22	1.66	2.65	1.58	4.08	3.44	2.53	2.07	1.44	1.31
Fe₂O₃ (wt.%)	2.72	2.28	2.26	2.68	3.58	3.01	2.47	1.92	2.24	3.06
MgO (wt.%)	2.24	3.59	3.17	5.10	2.64	2.45	2.21	1.97	3.39	5.54
MnO (wt.%)	0.05	0.07	0.05	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06
CaO (wt.%)	39.46	37.72	34.86	36.27	35.72	37.83	41.48	39.86	39.00	33.50
Na₂O (wt.%)	0.38	0.30	0.52	0.27	0.30	0.35	0.27	0.32	0.44	0.29
K₂O (wt.%)	0.98	0.37	0.49	0.34	0.96	0.96	0.51	0.30	0.26	0.24
P₂O₅ (wt.%)	0.13	0.10	0.22	0.12	0.15	0.14	0.13	0.12	0.09	0.09
SO₃ (wt.%)	0.40	0.41	0.15	0.24	0.31	0.34	0.25	0.12	0.15	0.15
V (ppm)	57.4	31.6	39.1	37.0	63.2	51.2	36.1	27.7	31.3	34.2
Cr (ppm)	137.0	411.0	342.0	684.0	274.0	205.0	274.0	205.0	479.0	616.0
Co (ppm)	31.0	40.0	47.1	49.6	38.2	22.2	16.3	21.1	25.1	39.0
Ni (ppm)	246.4	308.6	227.3	433.4	313.4	283.8	266.4	155.7	333.2	529.1
Cu (ppm)	38.1	16.7	26.3	13.4	28.6	144.2	24.8	13.8	14.4	17.3
Zn (ppm)	37.1	25.4	33.0	26.6	45.5	41.4	32.7	22.6	22.9	25.4
Ga (ppm)	9.5	5.3	8.5	4.9	12.1	10.0	7.5	6.5	5.2	4.6
As (ppm)	5.4	4.6	7.0	8.8	7.3	7.6	4.5	7.0	3.7	7.8
Rb (ppm)	18.8	10.5	21.2	11.8	29.0	21.7	19.4	14.9	11.4	10.4
Sr (ppm)	485.3	338.2	453.5	370.7	572.4	562.0	514.6	421.9	242.6	354.0
Y (ppm)	9.8	5.6	8.2	6.0	12.2	9.8	7.3	9.5	6.5	6.5

Tablo 3.5: devamı

Elementler	DSNR 1	DSNR 2	BSNR 1	BSNR 2	BSNR 4	KDLNR1	KSNR1	GSR1	GDSR2	GBSR3
Zr (ppm)	63.9	33.9	75.7	40.6	82.5	72.4	59.1	99.6	51.6	44.3
Nb (ppm)	6.3	3.8	6.3	4.2	8.2	6.3	5.6	5.6	3.7	3.8
Mo (ppm)	3.6	5.0	4.3	4.5	2.8	3.8	4.8	5.8	4.2	4.3
Cd (ppm)	63.3	67.8	68.0	83.5	47.5	74.0	63.9	67.9	67.4	80.6
Sn (ppm)	66.6	81.7	82.4	99.1	42.8	89.0	77.2	75.8	82.5	97.1
Sb (ppm)	76.1	85.4	91.9	118.7	42.2	96.0	90.0	88.1	94.4	109.7
Ba (ppm)	308.0	319.0	388.0	478.0	300.0	411.0	430.0	329.0	320.0	433.0
La (ppm)	320.0	355.0	360.0	570.0	96.0	2.0	398.0	507.0	464.0	514.0
Hf (ppm)	1.9	1.5	3.2	2.0	2.1	2.5	1.0	1.8	1.5	1.9
Pb (ppm)	28.8	11.8	47.6	9.6	18.9	55.5	24.1	11.6	9.3	8.1
Th (ppm)	6.7	3.7	5.9	3.7	7.0	6.6	5.9	5.0	3.6	3.2
HI	0.46	0.42	0.55	0.47	0.63	0.52	0.38	0.40	0.37	0.45
CI	1.00	0.96	1.25	1.05	1.35	1.13	0.82	0.91	0.83	0.99

HI = $(Al_2O_3+Fe_2O_3+SiO_2)/(CaO+MgO)$

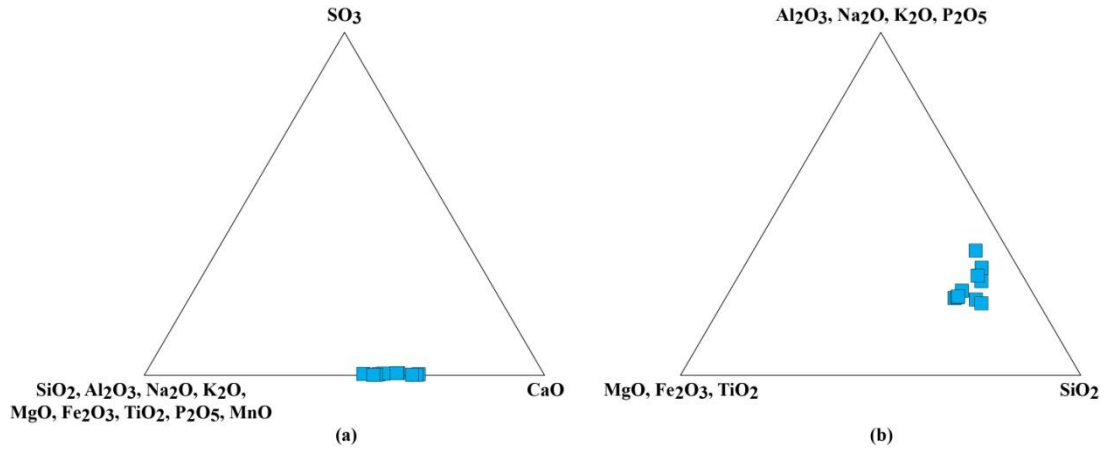
CI = $(1.1*Al_2O_3+0.7*Fe_2O_3+2.8*SiO_2)/(CaO+1.4*MgO)$



Şekil 3.7: KKABP harç örneklerindeki ana oksit elementlerin dağılım grafikleri

Antik dönem yapılarında kullanılan harçlarda başlıca kireç bağlayıcı ve sülfat içeren (alçı) bağlayıcı baskın olarak kullanılmıştır. Harç örneklerinde kum ile karıştırılan bağlayıcının bileşimine yaklaşımda bulunabilmek amacıyla SO_3 -(SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO)- CaO üçgen diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 3.8a). Diyagramda SO_3 köşesi sülfat içeren bağlayıcı temsil ederken, CaO köşesi kireç bağlayıcıyı temsil etmektedir. Diğer ana oksitlerin bulunduğu köşe ise harç içerisine karıştırılan agrega bileşenleri göstermektedir. Diyagramda harç örneklerinin (SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO)- CaO çizgisi üzerine düştüğü görülmektedir. Bu durum harç örneklerinde bağlayıcı olarak %50-60 arasında değişen kireç (CaO) kullanılması ile

ilişkilendirilmiştir. Harç örneklerine karıştırılan agregaların açık renkli mi? koyu renkli mi? yoksa silis bileşenlerden mi? oluştuğunu belirlemek için (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , P_2O_5)-(MgO, Fe_2O_3 , TiO_2)-(SiO₂) üçgen diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 3.8b). Diyagramda (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , P_2O_5) köşesi açık renkli mineral bileşenleri temsil ederken, (MgO, Fe_2O_3 , TiO_2) köşesi koyu renkli mineral bileşenleri temsil etmektedir. SiO₂ bulunduğu köşe ise silis bileşenleri göstermektedir. KKABP harç örneklerinin (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , P_2O_5)-(SiO₂) çizgisi yakınlarında, SiO₂ köşesine daha yakın bir alana düştüğü belirlenmiştir (Şekil 3.8b).



Şekil 3.8: KKABP harç örneklerinin a) SO₃-(SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, MgO, Fe₂O₃, TiO₂, P₂O₅, MnO)-CaO, b) (Al₂O₃, Na₂O, K₂O, P₂O₅)-(MgO, Fe₂O₃, TiO₂)-(SiO₂) üçgen diyagramlarındaki konumları

KKABP yer mozaikleri harç örneklerinin V, Cr, Ni, Sr, Zr, La ve Ba gibi iz element içeriklerinin diğer iz elementlere göre daha yüksek değerlerde oldukları görülmektedir (Tablo 3.5). Harç örneklerinin V içerikleri 27.7-63.2 ppm (σ :12.1) arasında değişirken, Cr 137-684 ppm (σ :182.6), Ni 155.7-529.1 ppm (σ :105.9), Sr 242.6-572.4 ppm (σ :106.1), Zr 33.9-99.6 ppm (σ :20.5), La 96-570 ppm (σ :141.3), Ba 300-478 ppm (σ :63.8) arasında değişmektedir. Sr, Zr, La ve Ba gibi elementler felsik kayaç ve minerallerde zenginleşme gösterirken, V, Cr, Co ve Ni gibi elementler mafik kayaç ve minerallerde zenginleşme göstermektedir (Perri ve diğ. 2012). Petrografik incelemelerde harç örnekleri içerisinde kuvarsit, kalkışist ve ultramafik kayaç parçalarının yaygın olarak bulunması kimyasal analiz sonuçlarını desteklemektedir.

Kimyasal analizler sonucu belirlenen ana oksit bileşimleri, harçların hidrolik özellikleri hakkında önemli bilgiler vermektedir. XRF analiz sonuçlarına göre, hidrolik (HI) ve çimentolaşma (CI) indeksleri hesaplanmış ve Tablo 3.5’de gösterilmiştir (Böke ve diğ. 2008; Akyol ve diğ., 2011; Kurugöl ve Güleç 2015). Harç örneklerinin hesaplanan hidrolik indeks değerleri birbirine yakın değerlerde olup, 0.37-0.63 arasında değişmektedir. Benzer şekilde örneklerin çimentolaşma indeksleri 0.82-1.35 arasında değişim göstermektedir. Hidrolik ve çimentolaşma indeks değerlerine göre yapılan sınıflandırma Tablo 3.6’ da görülmektedir.

Tablo 3.6: Kireç bağlayıcının hidrolik ve çimentolaşma indekslerine göre sınıflandırılması (Böke ve diğ. 2008; Holmes ve Wingate 2002)

Kireç Tanımı	Hidrolik İndeks (HI)	Çimentolaşma İndeksi (CI)
Yağlı Kireç	-	0’a yakın
Zayıf Hidrolik Kireç	0.1-0.2	0.3-0.5
Orta Hidrolik Kireç	0.2-0.4	0.5-0.7
Kuvvetli Hidrolik Kireç	< 0.4	0.7-1.1
Doğal Çimento	-	1.7

KKABP harç örneklerinin hidrolik ve çimentolaşma indeks değerlerine göre kuvvetli hidrolik kireç sınıfına düştüğü görülmekte olup, bu sonucun petrografik inceleme sonuçlarıyla tamamen uyuşmadığı söylenebilir. HI ve CI değerlerinin kullanımı için harç örneklerinin agregadan arındırılmış kimyasal analiz sonuçlarının kullanılması ve sonuçların petrografik analizler ile desteklenmesi uygun olacaktır. Bu tez çalışmasında harç örneklerinin toplam kaya kimyasına (bağlayıcı+agrega) göre hesaplama yapılmıştır. Bununla birlikte kuvvetli hidrolik özellik gösteren harçların agrega içerikleri %5’den fazla olup, bu harçların CaO içerikleri nispeten düşük, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ içerikleri yüksektir (Akyol ve diğ., 2011). Granülometrik analizler sonucu KKABP harç örneklerinin toplam agrega içeriklerinin % 7.97-47.02 arasında değiştiği, CaO içeriklerinin %33.50-41.48, SiO₂ içeriklerinin %11.45-16.52, Al₂O₃ içeriklerinin %1.31-4.07, Fe₂O₃ %1.92-3.58 arasında değiştiği belirlenmiştir.

4. STATÜMEN TABAKASI İNCELEMELERİ

Statümen tabakası mozaik yer döşemelerde sağlam ve düzgün bir zemin yüzeyi elde edebilmek için olması gereken ilk ve en önemli katmandır. İri çakıl boyutlu (20-63 mm) kayaçların toprak zemin üzerine yan yana yerleştirilmeleri sonucunda elde edilen statümen tabakası mozaik yer döşemelerinin doğal zemine inşa edildiği yapılarda görülmektedir. Bu tabakanın en önemli görevi mozaik yer döşemeleri için sağlam bir zemin oluşturmak ve döşeme üzerinde biriken yüzey sularının toprak altına drene edilmesini sağlamaktır (Üstüner 2002; Alberti ve diğ. 2013).

4.1 Optik Mikroskop İncelemeleri

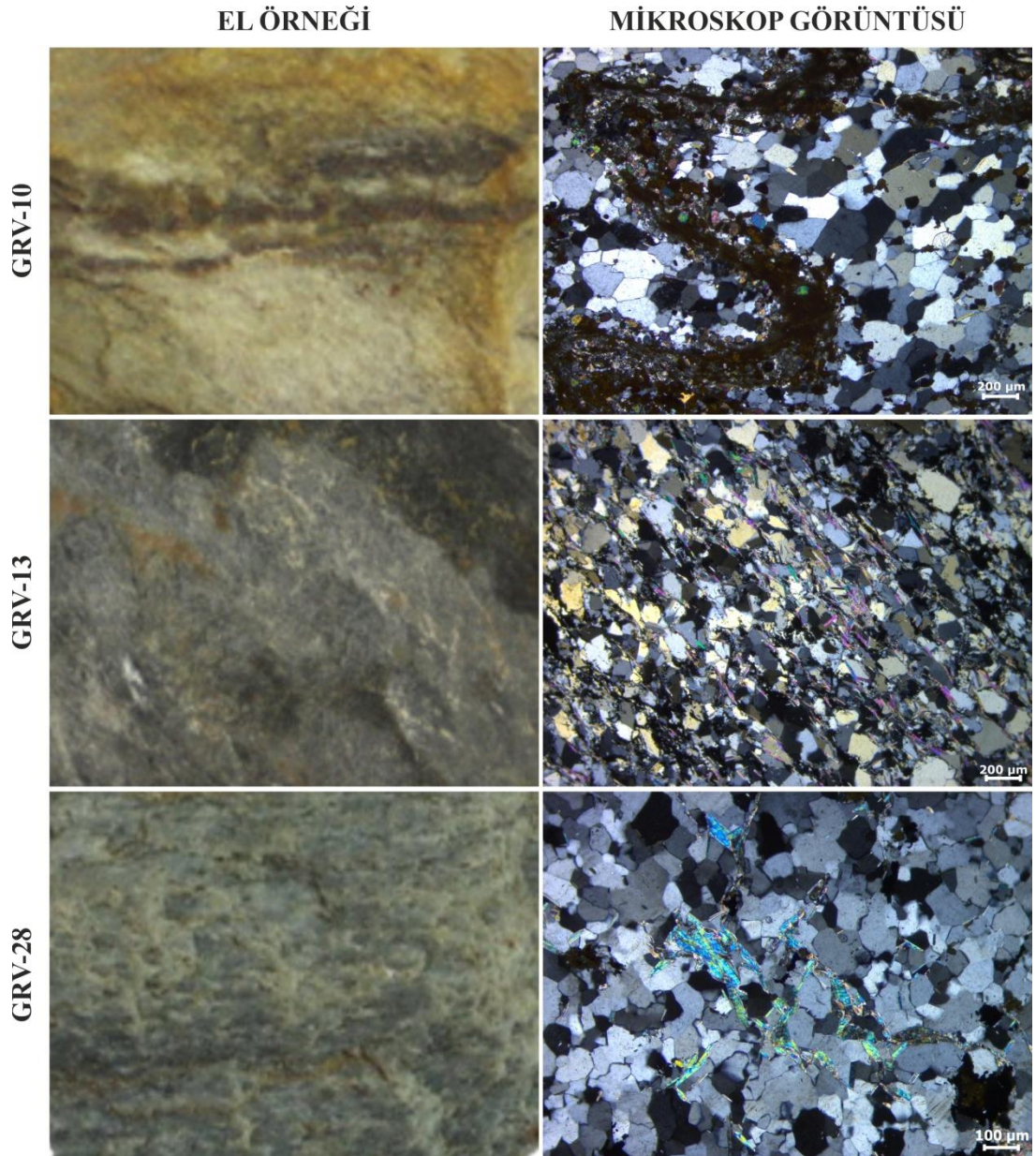
Bu başlık altında KKABP mozaik yer döşemelerinde görülen statümen tabakasını oluşturan kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. KKABP mozaik yer döşemesi statümen tabakasından farklı renk ve dokuda 28 adet kayaç örneği alınmıştır. Optik mikroskop incelemeleri sonucunda statümen tabakasından farklı renk, mineral bileşimi ve dokuya sahip şist, mermer, kuvarsit, metagabro, tuğla-kiremit parçası, listvenit ve kireçtaşı türünden kayaçların kullanıldığı belirlenmiştir. Aşağıda statümeni oluşturan kayaç türlerinin çoktan aza doğru mineralojik ve petrografik özellikleri verilmiştir.

4.1.1 Şistler

Statümen tabakasından en fazla kullanılan kayaç türü olarak çeşitli mineral bileşimine sahip şistler görülmektedir. Şist türü metamorfik kayaçlar içerdikleri mineral türlerine göre muskovit kuvars şist (GRV-10, GRV-13, GRV-28), kalk kuvars şist (GRV-12, GRV26) ve biyotit kuvars şist (GRV-16, GRV-18, GRV-22) olarak tanımlanmıştır.

4.1.1.1 Muskovit Kuvars Şist

Taze kırık yüzeyleri sarımsı kahverengi, gri ve yeşilimsi gri renklere görülmekte olup, ince kristalli masif bir yapı gösterirler (Şekil 4.1). Oldukça sert yapıya sahip muskovit kuvars şistlerde, genellikle şistozite gözlenmemektedir. Lupla yapılan incelemelerde kuvars ve mikalar (muskovit) mineralleri tanımlanabilmektedir.



Şekil 4.1: Statümen tabakası muskovit kuvars şistlerine ait el örneği ve mikroskop görüntüleri

Optik mikroskop incelemelerinde mineral bileşimi olarak kuvars + muskovit + biyotit + klorit + opak mineral ± turmalin (GRV-10) ± epidot (GRV-10) ± grafit (GRV-13) belirlenmiştir (Şekil 4.1). GRV-10 numaralı statümen örneği içerisinde metamorfizma etkisiyle sinüzoidal kıvrım yapmış epidot ve turmalin damarı oldukça belirgindir.

Doku: Örnekler lepidogranoblastik göstermekle birlikte özellikle kuvars minerallerinin birbirleriyle olan ilişkilerine göre granoblastik mozaik doku tipiktir.

Mineral Zonu: Biyotit zonu

Metamorfizma Fasiyesi: Düşük sıcaklık yeşilşist fasiyesi

Köken Kayacı: Metapelitik

4.1.1.2 Biyotit Kuvars Şist

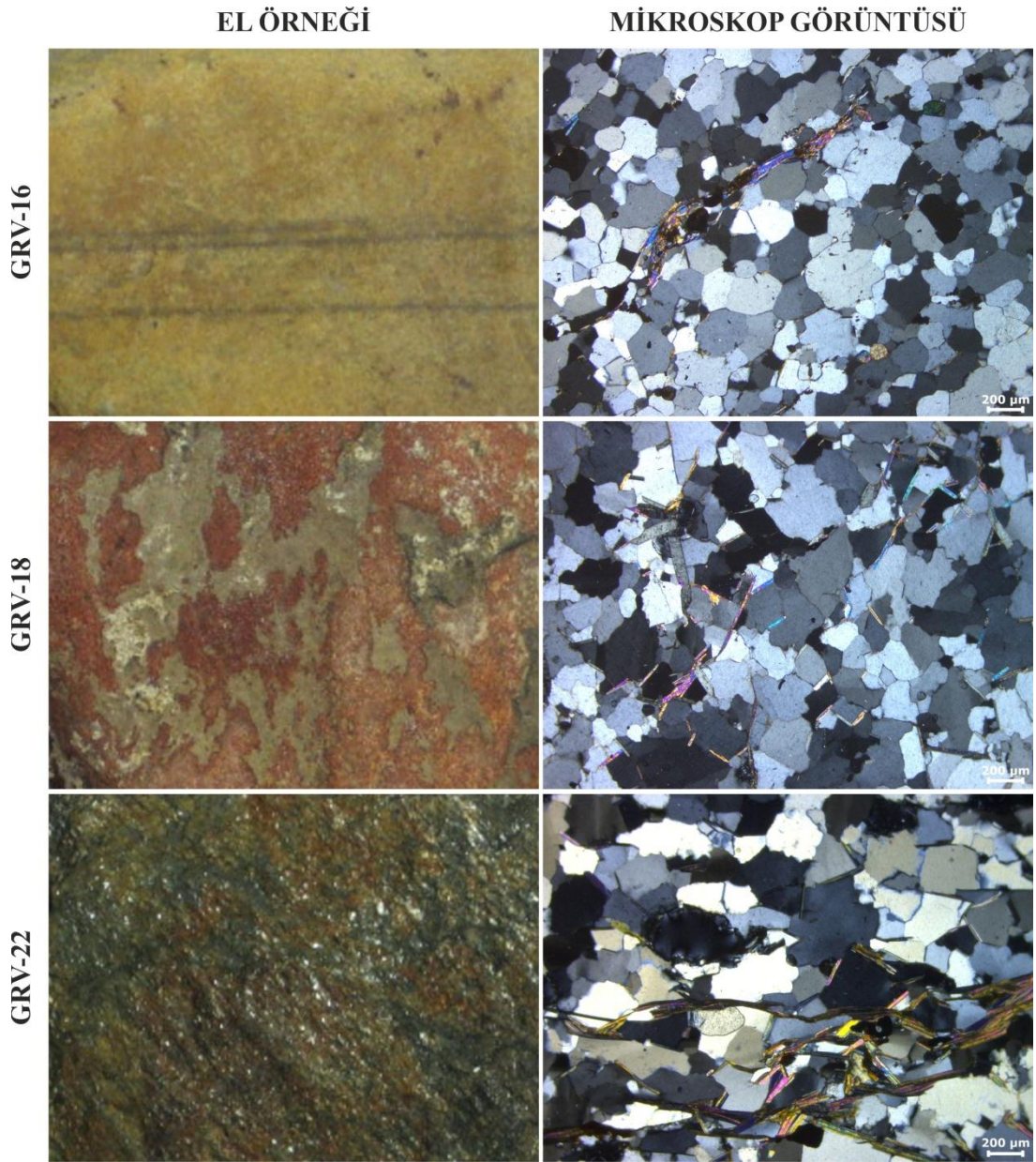
Taze kırık yüzeyleri sarımsı- kırmızımsı kahverengi ve yeşilimsi gri renklere görülmekte olup, ince kristalli masif bir yapı gösterirler (Şekil 4.2). GRV-22 numaralı örnekte biyotit kristalleri çıplak gözle görülebilmektedir. Oldukça sert yapıya sahip biyotit kuvars şistlerde, foliyasyon düzlemleri ince kahverengi çizgiler ile belirgindir (GRV-16). Optik mikroskop incelemelerinde mineral bileşimi olarak kuvars + biyotit + muskovit + klorit + opak mineral belirlenmiştir (Şekil 4.2). GRV-18 ve GRV-22 numaralı örnekler arasında kristal boyutu bakımında bir farklılık görülmektedir. Biyotit kristallerinin kenar kısımlarında kloritleşmeler belirgindir.

Doku: Lepidogranoblastik doku. Özellikle kuvars minerallerinin birbirleriyle olan ilişkilerine göre granoblastik mozaik doku tipiktir.

Mineral Zonu: Biyotit zonu

Metamorfizma Fasiyesi: Düşük sıcaklık yeşilşist fasiyesi

Köken Kayacı: Metapelitik



Şekil 4.2: Statümen tabakası biyotit kuvars şistlerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

4.1.1.3 Kalk Kuvars Şist

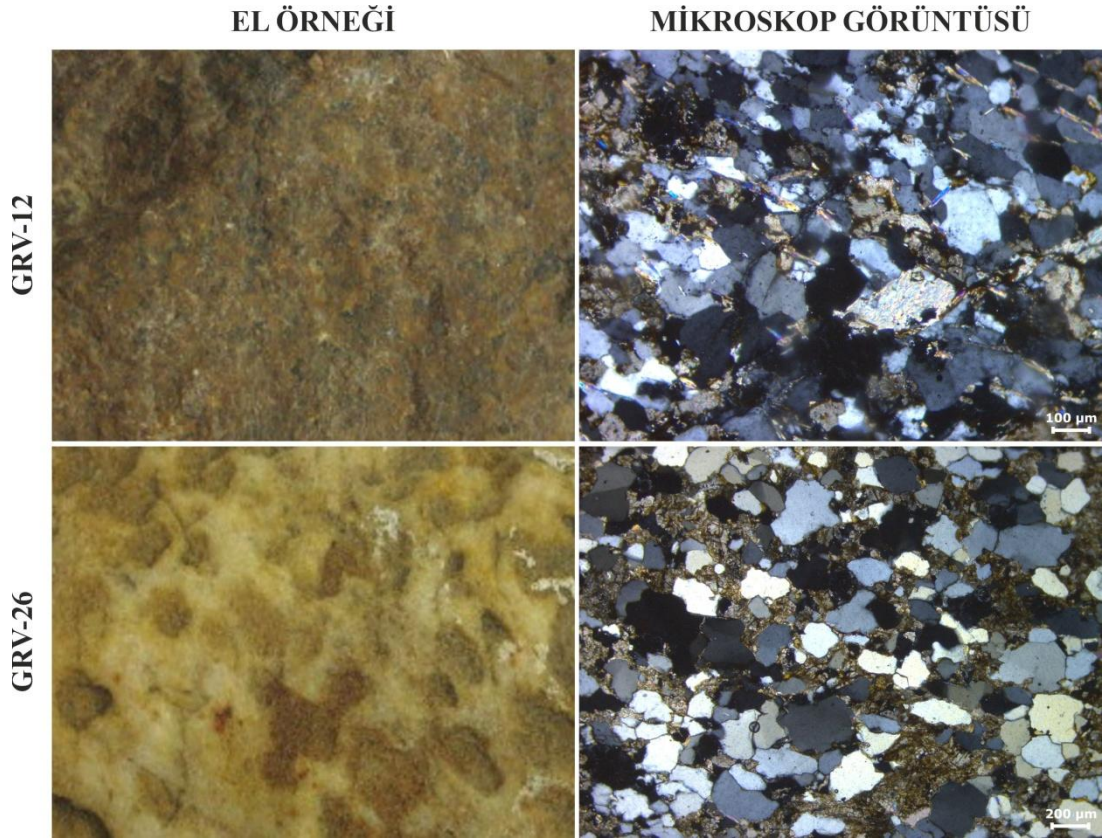
Taze kırık yüzeyleri sarımsı kahverengi renklere görülmektedir (Şekil 4.3). Oldukça sert yapıya sahip kalk kuvars şistler ince kristalli ve kısmen foliyasyonlu bir yapı gösterirler. Lupla yapılan incelemelerde kuvars ve kalsit mineralleri tanımlanabilmektedir. Optik mikroskop incelemelerinde mineral bileşimi olarak kuvars + kalsit + opak mineral \pm muskovit \pm biyotit \pm grafit belirlenmiştir (Şekil 4.3).

Doku: Granoblastik mozaik doku

Mineral Zonu: Ankerit zonu

Metamorfizma Fasiyesi: Düşük sıcaklık yeşilist fasiyesi

Köken Kayacı: Metapelitik



Şekil 4.3: Statümen tabakası kalk kuvars şistlerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

4.1.2 Mermerler

Statümen tabakasında şistlerden sonra en fazla kullanılan kayaç türü olarak farklı renklerde ve kristal boyutlarına sahip mermerler gelmektedir. Mermer türü kayaçlar renkleri, kristal boyutları ve içerdikleri mineral türlerine göre mermer (GRV-2, GRV-3, GRV-9), dolomitik mermer (GRV-14, GRV-24), grafitik mermer (GRV-25) ve ankeritleşmiş mermer (GRV-11) olarak tanımlanmıştır.

4.1.2.1 Beyaz Mermer

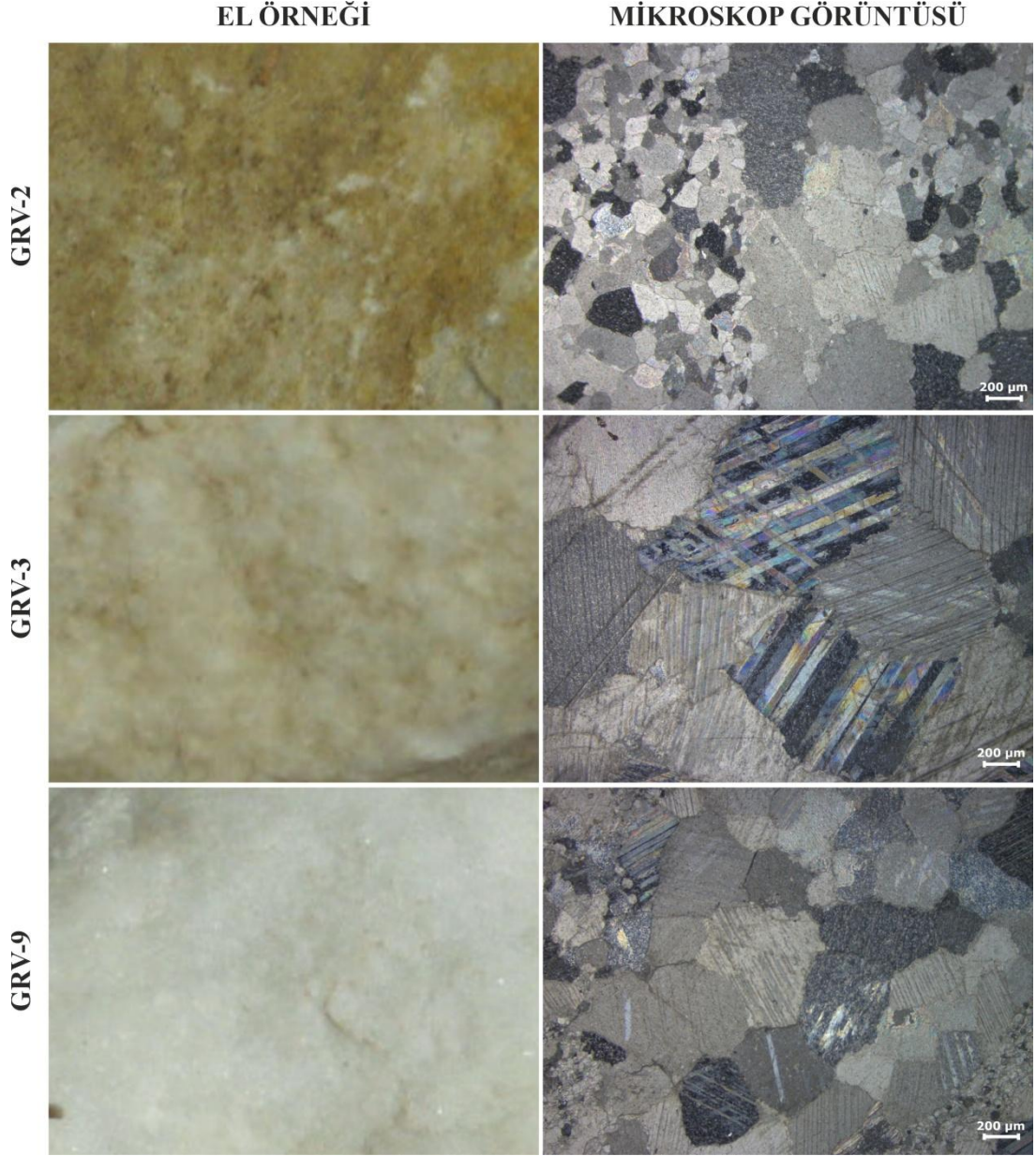
Taze kırık yüzeyleri bej, sarımsı beyaz ve beyaz renklerde görülmektedir. Beyaz renkli mermerleri oluşturan bileşenler çıplak gözle kolaylıkla görülmekte olup, kristal boyutları genellikle orta-iri (2mm->5mm) arasında değişmektedir. Kristal sınırları genellikle düzgün çizgiler halinde olup, kristal yüzeyleri gün ışığında altında parlak yansıma göstermektedir (Şekil 4.4).

Beyaz renkli mermerler üzerinde yapılan mikroskopik incelemelerde, örneklerin heteroblastik poligonal (GRV-2), homoblastik mozaik (GRV-3) ve heteroblastik mozaik (GRV-9) dokuda oldukları ve karbonat minerallerinden (kalsit, dolomit) oluştukları belirlenmiştir (Şekil 4.4). Karbonat mineralleri çoğunlukla yarı özşekilli-özşekilsiz kristaller halinde olup, kristal boyutları 50-850 µm arasında değişmektedir. İri kristallerde rombohedral dilinim izleri belirgin olup, dilinim açısı 38°-54° arasındadır. Ayrıca iri kristallerde polisentetik ikizlenmeler yaygındır (Şekil 4.4).

4.1.2.2 Dolomitik Mermer

Taze kırık yüzeyleri sarımsı kahverengi ve grimsi beyaz renklerde görülmektedir. Mermerleri oluşturan bileşenler çıplak gözle kolaylıkla görülmekte olup, kristal boyutları genellikle ince-orta (100 µm-5 mm) arasında değişmektedir. Kristal sınırları genellikle girintili çıkıntılı yapıda olup, kristal yüzeyleri gün ışığında altında parlak yansıma göstermektedir (Şekil 4.5).

Dolomitik mermer örnekleri kırıldığı zaman belirgin bir çürük yumurta kokusu vermekte ve %10'luk seyreltik HCl asit damlatıldığı zaman hafifçe köpürmektedir. Statümen örnekleri heteroblastik mozaik dokuda olup, egemen olarak karbonat (dolomit, kalsit) minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 4.5). Dolomit kristalleri birbirlerine göre nispeten eşit büyüklükte (50-100 µm), özşekilli rombik kristaller halinde olup, dilinim çizgileri göstermezler.



Şekil 4.4: Mermer bileşimli statümen örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

4.1.2.3 Grafitik Mermer ve Ankeritleşmiş Mermer

Grafitik mermer (GRV-25) koyu gri, siyah renkli olup, bileşenler çıplak gözle kolaylıkla görülmektedir (Şekil 4.6). Mermeri oluşturan bileşenlerin boyutları ince-orta (100 µm-2 mm) arasında değişmektedir. Kayaç içerisinde açık gri, beyaz renkli, birbirlerini farklı yönlerde kesen kalsit dolgulı çatlaklar görülmektedir. %10'luk seyreltik HCl asit damlatıldığı zaman, kayacın köpürmesi, bileşenlerinin çoğunluğunun karbonat minerallerinden (kalsit) oluştuğunu göstermektedir. Optik

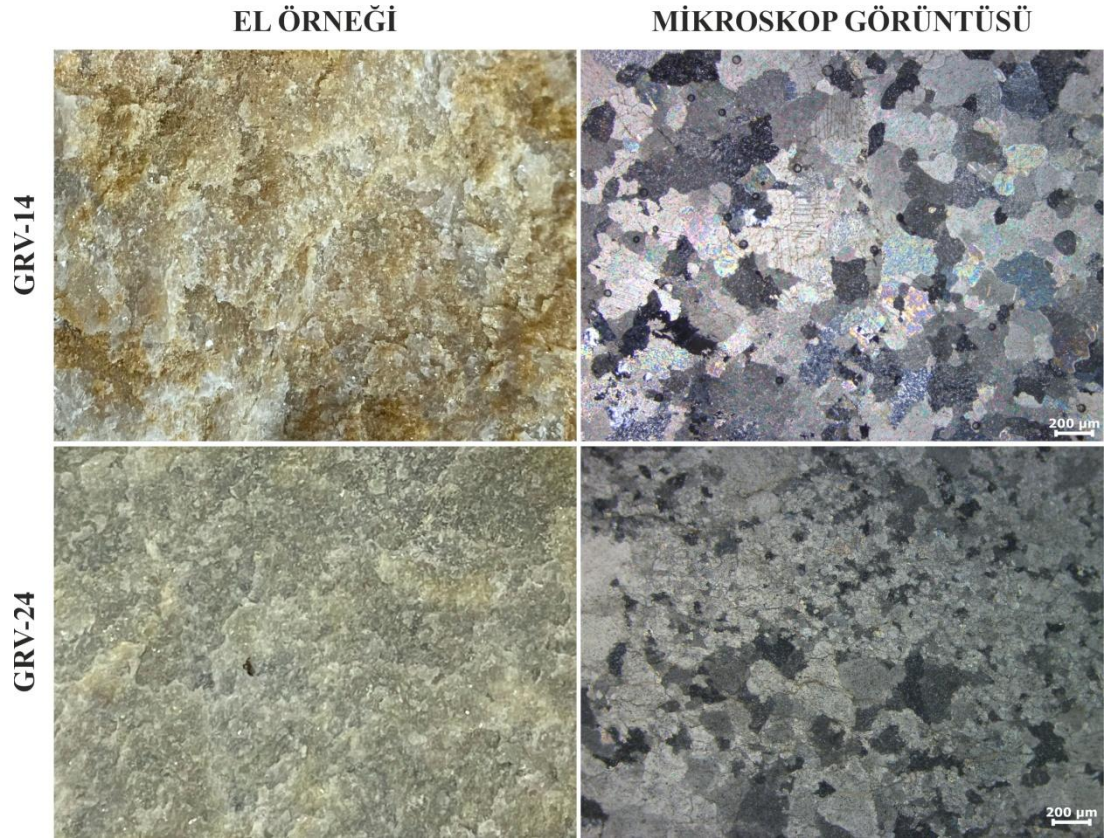
mikroskop incelemelerinde mineral bileşimi olarak kalsit + grafit + kuvars + opak mineral ± muskovit belirlenmiştir (Şekil 4.6).

Doku: Heteroblastik mozaik doku

Mineral Zonu: Klorit zonu

Metamorfizma Fasiyesi: Düşük sıcaklık yeşilist fasiyesi

Köken Kayacı: Kireçtaşı



Şekil 4.5: Dolomitik mermer örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

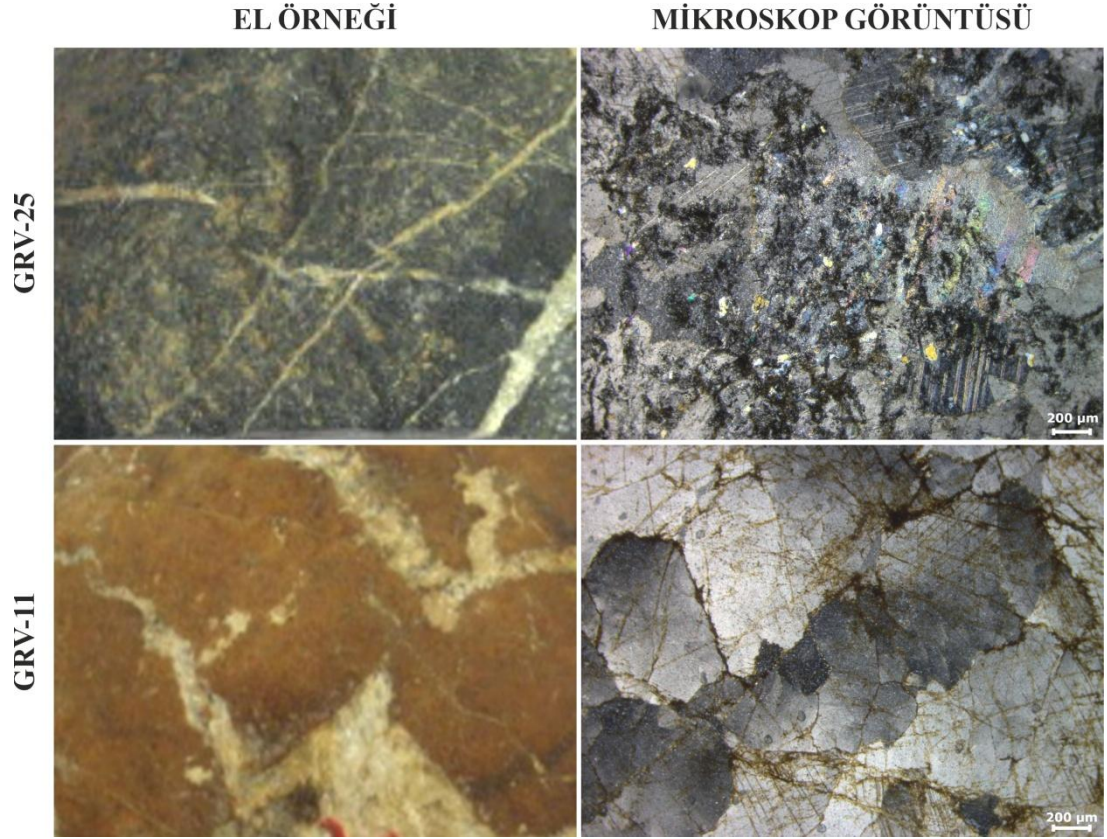
Ankeritleşmiş mermer (GRV-11) bileşimli statümen örneği sarımsı kahverengimsi renklidir. Örnek içerisinde beyaz renkli nispeten iri kristalli kalsit damarları yaygındır. Mermeri oluşturan bileşenlerin boyutları ince-orta (100 µm-2 mm) arasında değişmektedir. Statümen örneği sert, sıkı ve tıkHz bir yapıya sahiptir. %10'luk seyreltik HCl asit damlatıldığı zaman, beyaz renkli kısımlar haricinde kayacın köpürmediği belirlenmiştir. Optik mikroskop incelemelerinde mineral bileşimi olarak kalsit + Fe-oksit mineralleri ± dolomit belirlenmiştir (Şekil 4.6).

Doku: Heteroblastik poligonal doku

Mineral Zonu: Ankerit zonu

Metamorfizma Fasiyesi: Düşük sıcaklık yeşilist fasiyesi

Köken Kayacı: Kireçtaşı

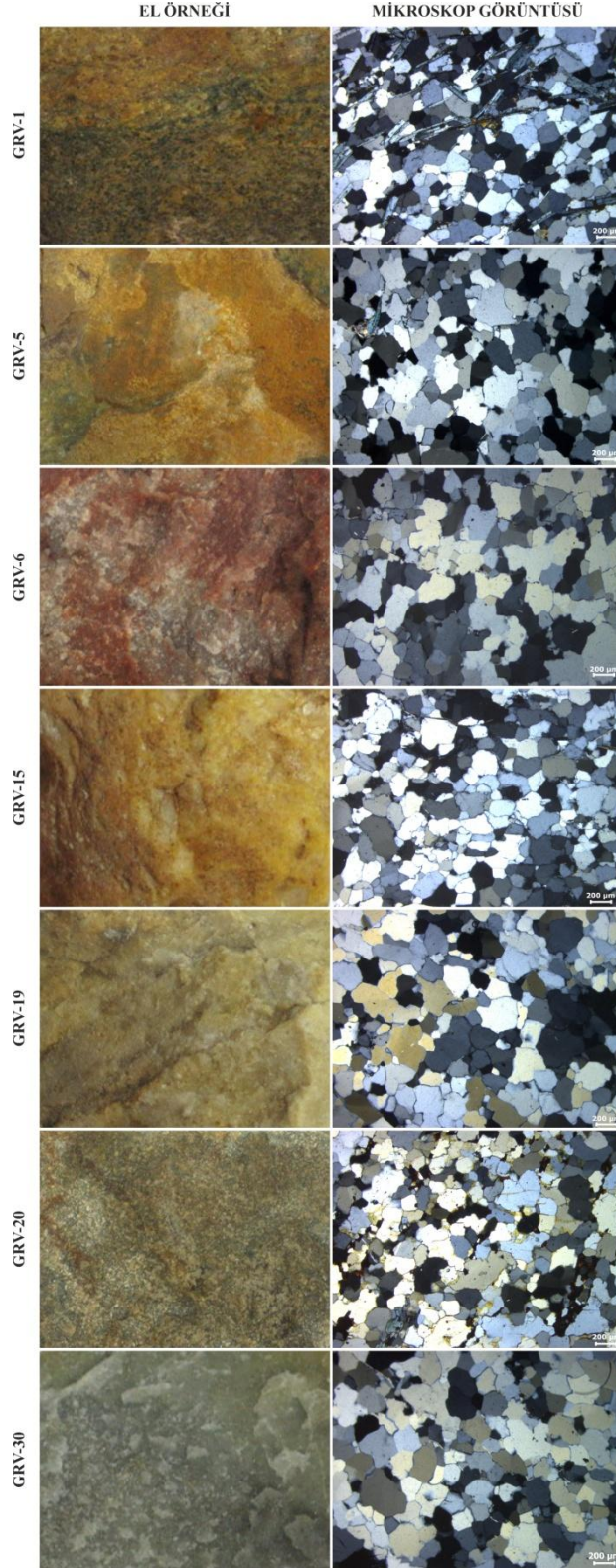


Şekil 4.6: Grafitik mermer (GRV-25) ve Ankeritleşmiş mermer (GRV-11) örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

4.1.3 Kuvarsit

Statümen örnekleri içerisinde şistlerden sonra en yaygın olarak bulunan kayaç türüdür. Kuvarsit örnekleri sarı, sarımsı kahverengi, kırmızımsı bordo, yeşilimsi gri ve gri renklerde olup, boyutları 8-15 cm arasında değişen çoğunlukla yuvarlaklaşmış veya kısmen yassılaştırmış parçalar halinde görülürler (Şekil 4.7). Kuvarsitleri oluşturan bileşenlerin boyutları oldukça küçük olup, lupla tanımlanabilmektedir. Ayrıca kristal yüzeyleri gün ışığı altında camsal parlaklık göstermektedir. Optik mikroskop incelemelerine göre kuvars en baskın minerali oluşturmaktadır. Bununla birlikte bazı kesitlerde az miktarda kloritoyid, muskovit, opak mineral, epidot,

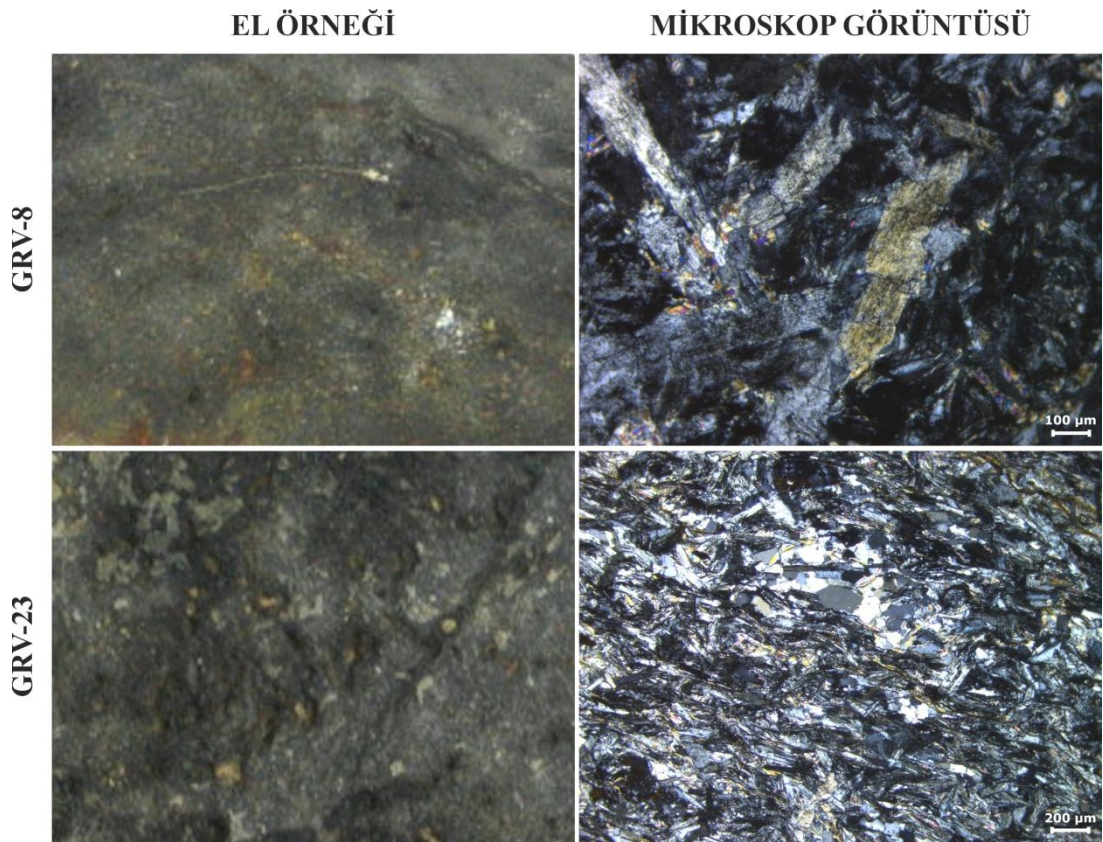
turmalin minerallerinde rastlanılmıştır. Kuvars mineralleri özşekilsiz, kenarları girintili-çıkıntılı ve/veya doğrusal kristaller şeklinde görölmektedir. Kuvars bileşenlerin boyutları 50-150 µm arasında değişmektedir (şekil 4.7).



şekil 4.7: Kuvarsit bileşimli statümen örneğlerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

4.1.4 Metagabro

Metagabro olarak tanımlanan statümen örnekleri siyahımsı gri, yeşilimsi gri renkte ve ince (<100 µm) kristalli yapıdadır (Şekil 4.8). Oldukça sert yapıya sahip metagabrolarda belirgin foliyasyona sahiptirler. Kristal bileşenler lupla tanımlanabilmektedir. Mikroskop altında metagabro örnekleri tipik holokristalin tanesal, subofitik doku gösterdikleri ve plajiyoklaz, piroksen, amfibol, Fe-Ti oksit (ilmenit, manyetit), klorit ve prehnit, minerallerinden oluştukları belirlenmiştir. Piroksen minerallerinde uralitleşme gözlenmektedir.

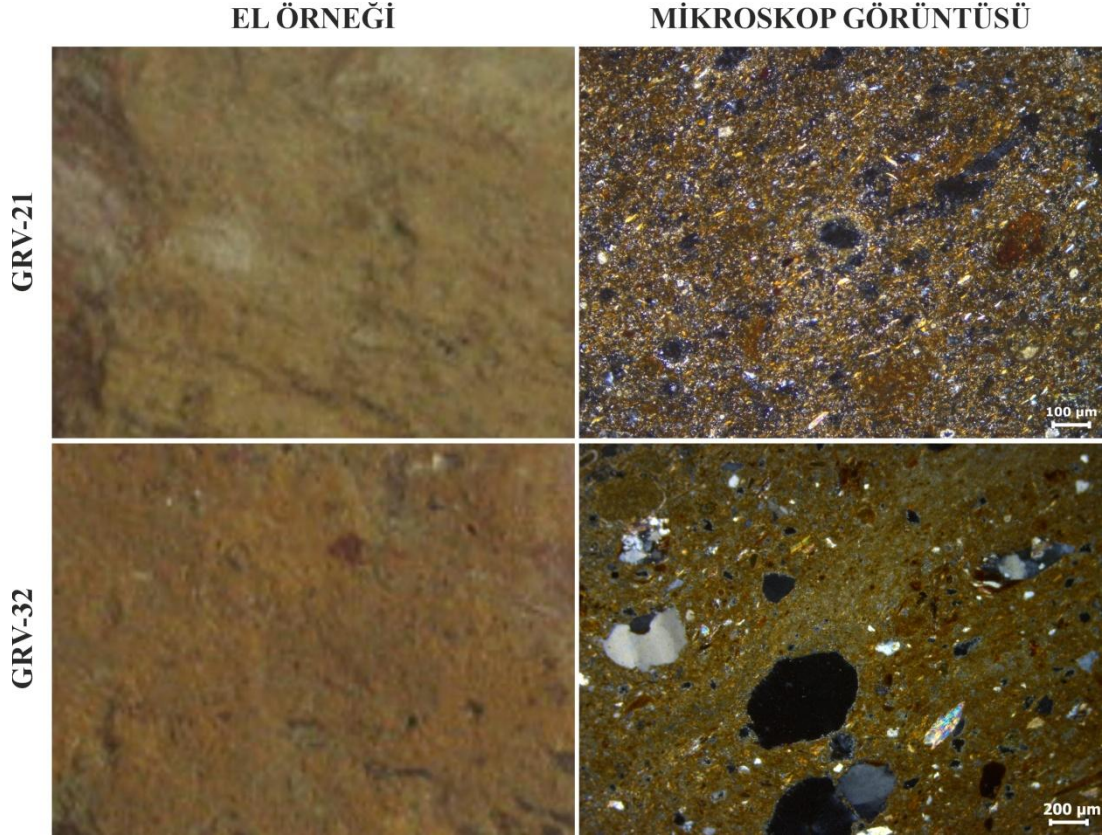


Şekil 4.8: Metagabro örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

4.1.5 Tuğla Kiremit Parçası

Sarımsı turuncu ve sarımsı kahverengi renkli tuğla-kiremit parçaları 6-11 cm boyutlarında ve köşeli yapıdadır (Şekil 4.9). Statümen tabakasında oldukça az miktarda bulunmaktadır. Kısmen gözenekli bir yapıda olan tuğla-kiremit

parçalarının gösterdikleri renklere göre 750-850 °C pişme sıcaklığında elde edildikleri düşünülmektedir. Optik mikroskop incelemelerinde tuğla-kiremit parçalarının kuvars, kalsit, mika parçacıkları (biyotit) ve opak minerallerden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4.9). Ayrıca tuğla-kiremit örnekleri içerisinde dolgunsuz olarak çok sayıda boşluk bulunmaktadır.



Şekil 4.9: Tuğla-kiremit örneklerinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

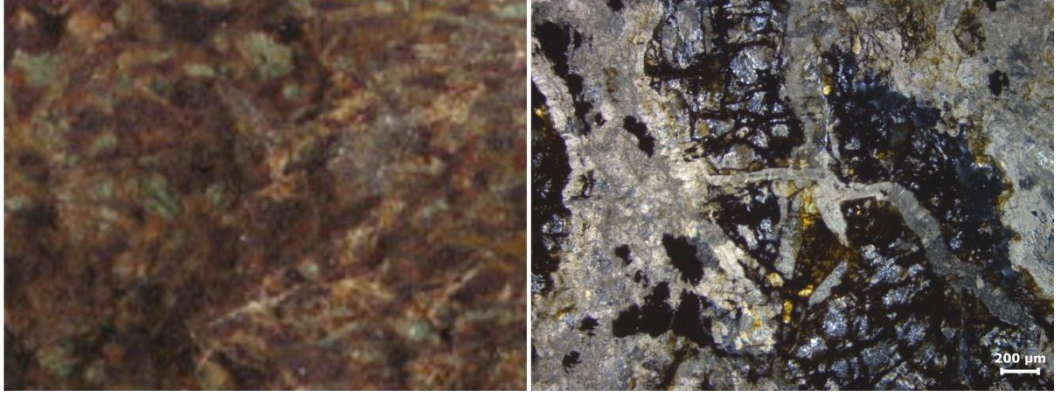
4.1.6 Listvenit

Kırmızımsı kahverengi renkli listvenit örneği statümen tabakasında nadir olarak bulunan kayaç türlerinden birdir. El örneğinde görülen yeşilimsi sarı renkli kısımlar muhtemelen kalıntı olivin/piroksen mineralleridir (Şekil 4.10). Oldukça sert yapıya sahip listvenit örneğinin optik mikroskop incelemeleri sonucunda tipik olarak elek dokusu gösterdiği, başlıca kalsit, kalıntı olivin, serpantin mineralleri ve opak minerallerden oluştuğu belirlenmiştir.

EL ÖRNEĞİ

MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ

GRV-7



Şekil 4.10: Listvenit bileşimli statümen örneğinin el örneği ve mikroskop görüntüleri

5. TARİHLENDİRME ÇALIŞMALARI

5.1 OSL Tekniğinin Prensipleri

Güneşten kaynaklanan kozmik radyasyon ve kayaç/minerallerin bileşiminde bulunan radyoaktif elementlerden kaynaklanan radyasyon, minerallerin kristal yapılarındaki şebeke kusurlarının elektronlarla dolmasını sağlar. Bu mineraller, ısı veya ışıkla uyarılırsa şebeke kusurlarında tutulan elektronlar serbestlik kazanır ve ışık (lüminesans) yayılımına neden olurlar. Lüminesans tarihlmesi bu minerallerden yayılan ışık miktarını ölçen bir tarihlendirme yöntemidir (Aitken 1985, 1998; Liritzis ve diğ. 2013).

Geçmişteki olayları tarihlendirmek için bilim insanları tarafından iki tür lüminesans tarihlmesi kullanılır. Bunlar; ölçüm yapılacak malzemelerin 400-500 °C arasındaki sıcaklıklara maruz kalmasından sonra yayılan enerjiyi ölçen termolüminesans (Thermoluminescence-TL); ve malzemenin gün ışığına maruz kaldıktan sonra yayılan enerjiyi ölçen optik olarak uyarılmış lüminesans (Optically Stimulated Luminescence-OSL). Doğadaki belirli mineraller (kuvars, feldispat ve kalsit), güneşten gelen enerjiyi bilinen oranlarda depo ederler. Bu enerji, kristallerin şebeke kusurlarında tutulurlar. Bu kristalleri ısıtmak (örneğin bir çömlek kap ateşlendiğinde veya kayaçlar ısıtıldığında) depolanan enerjiyi boşaltır ve depolanan lüminesans sinyali malzemedeki silinmiş olur. Bu olaya lüminesans saatin sıfırlanması denir. TL tarihlendirmesi, bir kristalde depolanan enerjinin o mineralin bulunduğu ortamda olması gereken enerjiye oranlanması prensibine dayanır ve son ısıtmanın tarihini ortaya çıkarır. Benzer şekilde, OSL tarihlmesi, bir malzemenin güneş ışığına en son maruz kaldığı zamanı ölçer. Lüminesans tarihlmesi, birkaç yüz ila (en azından) birkaç yüz bin yıl arasında iyi sonuçlar vermekte olup, karbon tarihlendirmesinden çok daha kullanışlı bir yöntemdir. Özellikle Kuvaterner ve çok daha erken dönemlerdeki jeolojik olayları tarihlendirmeye yardımcı olan güçlü bir araçtır (Fleming 1979; Wintle ve Huntley 1982; Aitken 1985, 1998; Bos 2007; Atlıhan 2008; Liritzis ve diğ. 2013).

Magmatik kayaç türleri ve topraklar, ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K gibi elementlerinin radyoaktif bozunmasından enerji depolar. Bu elementlerden kaynaklanan elektronlar, mineralin kristal yapısındaki kusurlarda hapsolür ve kayaların bu elementlere maruz kalmaya devam etmesi, şebeke kusurlarında tutulan elektron sayısında tahmin edilebilir artışlara yol açar. Ancak kaya yeterince yüksek seviyelerde ısı veya ışığa maruz kaldığında, bu maruz kalma mineral kafeslerde titreşimlere neden olur ve şebeke kusurlarında hapsolmüş elektronlar serbest kalır. Sonrasında radyoaktif elementlere maruziyet devam ederse kristallerin şebek kusurlarında tekrar serbest elektron depolanmaya başlar. Depolanan enerjinin elde edilme oranı ölçülebilirse, maruz kalmanın gerçekleşmesinden bu yana ne kadar zaman geçtiği belirlenebilir (Aitken 1985, 1998; Liritzis ve diğ. 2013).

Geçmişte ısıya veya ışığa maruz kalmasını beklediğiniz bir malzemede depolanan enerjiyi ölçmenin yolu, o nesneyi tekrar uyarmak ve salınan enerji miktarını ölçmektir. Kristallerin uyarılmasıyla açığa çıkan enerji ışıkla ifade edilir (lüminesans). Bir nesne uyarıldığında oluşan mavi, yeşil veya kıvılotesi ışığın yoğunluğu, mineralin yapısında depolanan elektronların sayısı ile orantılıdır ve bu ışık birimleri, doz birimlerine dönüştürülür. Son maruz kalmanın meydana geldiği tarihi belirlemek için bilim insanları tarafından kullanılan denklem aşağıdaki eşitlikte verilmiştir:

$$Yaş = Eşdeğer Doz (De) / Yıllık Doz (DT)$$

Bu denklemde (De), doğal örnek tarafından yayılan örnekte aynı parlaklık yoğunluğunu indükleyen laboratuvarında ölçülen beta dozunu, (DT), numunenin, toprağın içeriğinde bulunan radyoaktif elementlerden ve kozmik ışıklardan dolayı bir yılda soğurmuş olduğu dozdur (Aitken 1985, 1998; Liritzis ve diğ. 2013).

TL ve OSL yöntemleri kullanılarak tarihlendirilebilen eserler arasında seramikler, pişmiş tuğla, çanak ve çömlekler (TL), ışığa maruz bırakılan ve sonra gömülen yanmamış toprak, taş yüzeyler (OSL) bulunmaktadır.

Çanak ve Çömlekler: Çanak çömlek parçalarında ölçülen en son ısınmanın üretim olayını temsil ettiği varsayılmaktadır. Lüminesans sinyali, kil veya katkı maddelerindeki kuvars veya feldispat'tan kaynaklanır. Çanak çömlek kapları pişirme sırasında ısıya maruz kalabilse de, pişirme hiçbir zaman ışıldama saatini sıfırlamak için yeterli seviyelerde değildir.

Bina ve Duvar Yüzeyleri: Arkeolojik kalıntıların ayakta duran duvarlarının gömülü unsurları (harç ve sıva), optik olarak uyarılmış lüminesans kullanılarak tarihlendirilebilir. Belirlenen tarih, yüzeyin gömülme yaşını verir. Başka bir deyişle, bir binanın temel duvarındaki OSL tarihi, temelin bir binada ilk katman olarak kullanılmadan önce ışığa maruz kaldığı son zamandır ve dolayısıyla binanın ilk inşa edildiği zamandır (Seeley 1975; Aitken 1985, 1998; Fraser ve Price 2013; Liritzis ve diğ. 2013).

Termolüminesans ilk olarak 1663'te Kraliyet Cemiyeti'ne (Britanya) sunulan ve vücut sıcaklığında ısıtılmış bir elmastaki etkiyi tanımlayan Robert Boyle tarafından sunulan bir makalede açıkça tanımlanmıştır. Bir mineral veya çanak çömlek örneğinde depolanan TL'den yararlanma olasılığı ilk olarak 1950'lerde kimyager Farrington Daniels tarafından önerilmiştir. 1960'lar ve 70'ler boyunca, Oxford Üniversitesi Arkeoloji ve Sanat Tarihi Araştırma Laboratuvarı, arkeolojik materyalleri tarihleme yöntemi olarak TL'nin geliştirilmesine öncülük etmiştir. 1985 yılında Huntley ve arkadaşları tarafından optik uyarmalı lüminesans tarihlendirme amaçlı kullanılmıştır. (Huntley ve diğ. 1985; Atlıhan 2008; Atlıhan ve Meriç 2008; Atlıhan ve diğ. 2018; Şahiner ve diğ., 2018).

5.2 KKABP OSL Çalışmaları

KKABP yer mozaiklerinin yapım tarihini aletsel analizler ile belirlemek için harç örnekleri üzerinde OSL tarihlendirme analizleri yapılmıştır. OSL yaşlandırması için örnek alım yerleri ve örnekler Şekil 5.1'de görülmektedir. Tarihlendirme çalışmasında kullanılacak örneklerin yer mozaiklerinin tabanını (TK-6, TK-7, TK-8) temsil etmesine ve özellikle tessera'nın bulunmadığı yerden alınmasına özen gösterilmiştir. Bunların dışında yer mozaiklerini yaklaşık KB-GD doğrultusunda

kesen ve gözle görünür bir düşey atıma (~50 cm) neden olan fayı temsil eden TK-1, TK-3 ve TK-11 (çalışılan alanın dışındaki başka bir yapının duvarından alınmıştır) örnekleme yapılmıştır. OSL tarihlendirme çalışmaları sonucu belirlenen yaşlar Tablo 5.1'de verilmiştir. OSL sonuçlarına göre yer mozaiklerinin tabanını temsil eden örneklerin yaşları 338 ± 136 (TK-6), 256 ± 221 (TK-7) ve 266 ± 155 (TK-8) olarak belirlenmiştir. KKABP yer mozaiklerinin üzerine açma çalışmaları sırasında apsisle sonlanan kuzey uçta mozaik taban üzerinde toplu olarak 321 adet bronz sikke defnesi bulunmuştur. 321 adet bronz sikkenin imparator II. Constantius (337-361), II. Valentinianus (375-392), I. Theodosius (379-395), Arcadius (383-408), Honorius (393-423), II. Theodosius (408-450), Marcianus (450-457) ve I. Leo (457-474) dönemlerine ait oldukları belirlenmiştir.



Şekil 5.1: OSL tarihlendirmesi için örnek alınan yerler, OSL yaşları ve karot örnekleri

Toplu define dışında yine mozaikli alanda taban üzerinde bulunan iki adet bronz sikkenin İmparator I. Leo (457-474) dönemine ait olduğu belgelenmiştir (Şimşek 2019). Laodikeia antik kentinin tarihsel gelişimi, sikke buluntuları ve OSL yöntemiyle belirlenen yaşlar ve hata payları dikkate alındığında yer mozaiklerinin M.S. 4.yy ile M.S. 5.yy arası bir dönemde inşaa edilmiş olabileceği değerlendirilmiştir.

Tablo 5.1: KKABP harç örneklerine ait OSL tarihlendirme sonuçları

Örnek Numarası	TK-1	TK-3	TK-6	TK-7	TK-8	TK-11
Kullanılan Mineral	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars
Tarihlendirme Yöntemi	SAR-OSL	SAR-OSL	SAR-OSL	SAR-OSL	SAR-OSL	SAR-OSL
Örneğin Derinliği (m)	0.22	0.3	0.22	0.23	0.25	0.17
Tane Boyu (µm)	90-140	90-140	90-140	90-140	90-140	90-140
Doz (Gy)	3.2±0.3	3.4±0.5	4.3±0.3	5.3±0.6	5.0±0.3	3.9±0.6
U (ppm)	8.70±0.44	8.20±0.41	9.70±0.49	9.30±0.47	8.20±0.41	9.84±0.49
Th (ppm)	1.70±0.09	2.20±0.11	1.90±0.10	6.40±0.21	6.70±0.18	2.26±0.11
K (%)	0.76±0.04	0.67±0.03	0.58±0.03	0.94±0.03	0.98±0.02	0.55±0.03
Su içeriği (%)	25±5	25±5	25±5	25±5	25±5	25±5
Kozmik Doz (Gy.ka ⁻¹)	0.252±0.025	0.240±0.024	0.252±0.025	0.250±0.025	0.247±0.025	0.261±0.026
Yıllık Doz (Gy.ka ⁻¹)	2.503±0.101	2.358±0.094	2.554±0.104	3.003±0.105	2.848±0.091	2.585±0.105
Yaş (ka)*	1.278±0.130	1.442±0.220	1.683±0.136	1765±0.221	1755±0.155	1.509±0.246

KKABP yer mozaiklerini yaklaşık KB-GD doğrultusunda kesen fay üzerinde alınan örneklerin (TK-1, TK-3 ve TK-11) OSL tarihlendirme çalışmaları sonucunda sırasıyla 743±130, 579±220 ve 512±246 yaşları belirlenmiştir (Tablo 5.1). Jeolojik yapısı gereği oldukça aktif deprem kuşağında bulunan Lykos vadisi ve çevresindeki deprem aktivitesi farklı araştırmacılar tarafından belgelenmiştir (Tablo 5.2). Lykos vadisindeki antik kentler çok sayıda yıkıcı depreme maruz kaldığı, depreme bağlı hasarlar nedeniyle adı geçen kentlerde sürekli bir imar faaliyeti gerçekleştirildiği arkeolojik kayıtlarda ifade edilmektedir (Altunel 2000; Şimşek ve Ceylan 2003; Kumsar ve diğ. 2015; Şimşek 2019; D'andria 2020). Lykos vadisi ve yerleşimini etkileyen en önemli deprem kaydı M.S. 494 yılında meydana gelmiş olup, bu deprem sonrasında Laodikeia antik kentinin küçülerek kasaba şekline dönüştüğü ve kentte

yaşayan insanların büyük bir kısmının Kaleiçi'ne (Denizli) taşındığı belirtilmektedir. Daha sonrasında M.S. 610 yılında imparator Focas döneminde meydana gelen depremde Laodikeia kentinin tamamen yıkılmış ve kent terkedilmiştir (Şimşek 2007, 2011, 2019). Laodikeia antik kentinin tarihsel gelişimi dikkate alındığında yer mozaiklerini KB-GD doğrultusunda kesen fayın M.S. 610 depreminin yüzey kırığı olabileceği değerlendirilmiştir.

Tablo 5.2: Lykos vadisi ve çevresindeki antik kentlerini etkileyen bazı tarihi depremler (Kumsar ve diğ. 2015 sadeleştirilerek alınmıştır)

Tarih	Şiddeti	Magnitüdü	Merkez Üssü	Etkileri
47	VII	6.0	Afrodisyas	Afrodisyas antik kenti yapılarında ağır hasarlar oluşmuştur.
60	IX	7.1	Laodikeia ve Pamukkale	Laodikeia ve Hierapolis antik kentleri yapılarında ağır hasarlar oluşmuştur.
284-305	VII	6.9	Pamukkale	Apollon tapınağı (Hierapolis) ve Kutsal agora (Laodikeia) tamamen hasar görmüştür.
494	VIII	6.5	Laodikeia	Laodikeia ve Hierapolis antik kentleri yapılarında ağır hasarlar oluşmuştur.
610	VIII	6.5	Laodikeia	Lykos vadisi antik kentleri yapılarında ağır hasarlar oluşmuştur.
1354	VII	6.0	Tripolis	Tripolis antik kenti yapılarında ağır hasarlar oluşmuştur.
1358	IX	7.1	Hierapolis	Hierapolis antik kenti yapılarında ağır hasarlar oluşmuş ve kent terk edilmiştir.
1651	VIII	6.5	Honaz	Honaz ilçesinde ağır hasar oluşmuş, 700 kişi hayatını kaybetmiştir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

M.S. 1-3 ve 4-6 yy arasında gücün ve refahın hüküm sürdüğü Laodikeia antik kentinde taş işçiliğinin en güzel örneklerinin sergilendiği birçok sosyal (tiyatro), dini (tapınak ve kilise), ticari (agora ve dükkan), yönetim yapıları ile sivil konutlar inşaa edilmiştir. Bu kadar fazla sayıda taş yapının bulunduğu antik kentte Kuzey Kutsal Agora Batı Portik (KKABP) gerek yapısı gerekse barındırdığı yer mozaikleri ile dikkat çekmektedir. Bu tez çalışması ile KKABP yer mozaikleri tessera ve harçlarında kullanılan jeolojik malzemelerin ayrıntılı mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri çoklu analitik yöntemler kullanılarak ilk defa incelenmiş, OSL tarihlendirme yöntemiyle yapının inşaa edildiği tarihe yönelik olarak sayısal veriler üretilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1) Kuzey Kutsal Agora Batı Portik (KKABP) yer mozaikleri 20x14 m²'lik alanda kısmen tahrip olmuş şekilde gözlenmektedir. Mozaik yer döşemesi doğuda, kuzey-güney doğrultulu uzanan bir duvar örgüsü ile sınırlandırılmış olup, tabanında M.S. 610 depremine ait olduğu değerlendirilen fay kırıkları belirgin olarak görülmektedir.

2) Mozaik yer döşemesi tabanda çok iri-iri boyutlu dere çakıllarından oluşan statümen, üste doğru 3-4 cm kalınlığında kaba harç (Rudus), ve 2-3 cm kalınlığındaki ince harç (Nucleus) ve üzerinde 1-2 mm kalınlığındaki yatak harcı ve tessellatum tabakalarından oluşmaktadır. Tabakalar içerisinde yer yer kırmızı, turuncu renkli tuğla tozu ve tuğla kırıkları görülmektedir. Yer mozaiklerinin bulunduğu alanda kazı çalışmaları öncesinde tarım faaliyetlerinin yoğun olarak yapılması nedeniyle yatak harcının bağlayıcılık özelliğini kaybettiği düşünülmektedir.

3) Tessellatum tabakasında belirlenen 14 farklı desende, 9 farklı renk, 4 farklı kayaç türü ve 2 farklı tuğla-kiremit parçasından oluşan tesseralar kullanılmıştır.

Tesseraların boyutları 1x1x1, 1x1x2 cm arasında değişmekte olup, renkleri ve desenlerdeki % dağılım oranları şu şekildedir; koyu gri-siyah (N3) %28, beyaz (N9, N10) %23, bej (10YR 8/2) %12, pembe (5R 7/4) %11, sarımsı kahverengi (10 YR 6/6) %10, bordo (10 R 3/4), kırmızımsı turuncu (2,5 YR 2/8) %6, sarımsı turuncu (5YR 7/8) %3 ve açık gri (N8) %2.

4) Optik mikroskop incelemeleri sonucunda koyu gri-siyah (N3) renkli tesseraların grafit içeren mermer, beyaz (N9, N10) renkli tesseraların rekristalize kireçtaşı ve ince kristalli mermer, bej (10YR 8/2, 10P 9/2) renkli tesseraların traverten, pembe (5R 7/4) ve bordo (10 R 3/4) renkli tesseraların dolomitik mermer, sarımsı kahverengi (10 YR 6/6) renkli tesseraların oolitik kumtaşı, kırmızımsı turuncu (2.5 YR 2/8) ve sarımsı turuncu (5YR 7/8) renkli tesseraların tuğla-kiremit parçası, açık gri (N8) ve mavimsi beyaz (5B 9/1) renkli tesseraların ince kristalli mermer bileşimli oldukları belirlenmiştir. Optik mikroskop çalışmalarında belirlenen mineralojik bileşimler, farklı renk tonlarına sahip dolomitik mermer, mermer, traverten ve oolitik kumtaşı bileşimli tesseraların XRD sonuçları ile de uyumlu olduğu görülmüştür.

5) Desenlerde kullanılan benzer renk (beyaz renkli, kristalize kireçtaşı ve mermer bileşimli tesseraların içerisinde yer yer bej renkli traverten bileşimli tesseraların, sarımsı kahverengi oolitik kumtaşı bileşimli tesseraların içerisinde sarımsı turuncu renkli tuğla-kiremit parçalarının varlığı gibi) tonuna sahip tesseraların kayaç türü olarak farklılık göstermesi desen oluşturma sırasında tesseraların özelliğinden çok renk uyumuna dikkat edildiğini düşündürmektedir.

6) Harç örneklerinin “NR60CP Portable Renk Ölçer” cihazı ile belirlenen renkleri açık gri (2.5Y 7/2, 10YR 7/2) ve çok açık kahverengi (2.5Y 8/2, 10YR 8/2, 10YR 9/2) arasında değişim göstermektedir. Kızdırma kaybı analiz sonuçlarına göre harç örneklerinin nem içerikleri %0,63-1.70, molekül suyu-organik madde içerikleri %0,86-4.39 ve CaCO₃ içerikleri %24,68-59,06 arasında değişmektedir. Asit kaybı analizine göre harç örneklerinin toplam agrega içeriklerinin % 7.97-47.02, toplam

bağlayıcı içeriklerinin % 52.98-92.03 arasında değişmektedir. BSNR-4 ve KMST-1 numaralı harç örnekleri (bağlayıcı içeriği yüksek güncel onarım harçları) dışında diğer harç örneklerinin asit kaybı analizi sonucunda belirlenen agrega ve bağlayıcı içeriklerinin birbirine yakın değerler gösterdiği belirlenmiştir. KKABP harç örneklerinin hidrolik özelliğe sahip kireç bağlayıcı ile agrega bileşenlerin 2:1 oranında karıştırılmasıyla hazırlanmış olabileceği değerlendirilmektedir.

7) Granülometrik analiz sonuçlarına göre agrega bileşenlerin çoğunlukla 0.2 mm boyutlu, nispeten üniform bir görünüme sahip, kötü derecelenmiş “*ince kumdan*” oluştuğu belirlenmiştir. Agrega bileşenlerin kaynağının antik kentin çevresindeki dere yatakları olduğu ve harcın hazırlanması sırasında kabaca eleme işleminden geçirildiği değerlendirilmiştir.

8) Optik mikroskop incelemelerine göre harç örneklerinin bağlayıcısının mikritik-mikrospartik dokulu, kireç toprakları ve büzüşme çatlakları içeren havada sertleşen kalsiyumlu kireç bağlayıcı olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte örneklerde belirlenen kireç topraklarının varlığı bağlayıcı olarak kullanılan kirecin dolomitik kireçtaşlarının yakılmasıyla elde edilmiş olabileceğini düşündürmektedir. KKABP harç örneklerinde agrega bileşenler olarak metamorfik kayaç parçaları (mermer, mikaşist, kuvarsit), ultramafik kayaç parçaları (serpantinit, gabro, harzburjit), kireçtaşı ve tuğla-kiremit parçalarından oluşan kayaçlar ile kuvars, kalsit, mika mineralleri (muskovit, biyotit), serpantin mineralleri, piroksen ve opak minerallerden oluşan mineraller belirlenmiştir.

9) Tüm kayaç toz XRD sonuçlarına göre, harç örneklerinde kalsit/kireç, kuvars, muskovit, illit, dolomit ve lizardit (Serpantin minerali) pikleri belirlenmiştir. XRD grafiklerinde harç örnekleri birbirine oldukça benzer XRD desenlerine sahip olup, 5-15A° arasında yükselim desenleri verdikleri görülmektedir. Bu durum amorf karakterli kalsiyum alümino silikat (CAS) ve kalsiyum silikat hidrat (CSH) oluşumlarına bağlanmış olup, SEM görüntüleme çalışmaları ile de desteklenmiştir.

10) İnce kesit üzerinde sadece bağlayıcının görüldüğü noktalardan alınan CRS ölçümlerinde Raman spektrumlarının birbirine benzerlik gösterdikleri görülmektedir. Bu durum yer mozaiklerinin yapımı aşamasında kullanılan kireç bağlayıcı ve uygulama tekniğinde değişiklik olmadığı, yapım sonrasında herhangi bir onarım faaliyetinin gerçekleşmediği şeklinde değerlendirilmiştir.

11) Harç örneklerinin SiO₂ içerikleri %11.45-16.52 (σ:1.69) arasında değişirken, Al₂O₃ %1.31-4.07 (σ:0.95), Na₂O %0.27-0.52 (σ:0.082) ve K₂O %0.24-0.98 (σ:0.31), CaO %33.50-41.48 (σ:2.48), MgO %1.97-5.54 (σ:1.23), Fe₂O₃ %1.92-3.58 (σ:0.49) ve TiO₂ %0.12-0.32 (σ:0.07) arasında değişmektedir. Bağlayıcı olarak kireç kullanılması nedeniyle harç örneklerinin CaO içeriklerinin diğer ana oksit elementlere göre daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Ayrıca örneklerin CaO içeriklerinin birbirine yakın değerlerde olması sabit bir oranda bağlayıcı kullanılmış olabileceği şeklinde değerlendirilmiştir.

12) Harç örneklerinin Hidrolik İndeks (HI) değerleri 0.37-0.63 arasında değişirken, Çimentolaşma İndeksleri (CI) 0.82-1.35 arasında değişmektedir. Birbirine benzer değerler gösteren harç örneklerinin HI ve CI değerlerine göre kuvvetli hidrolik kireç sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

13) Statümen tabakasında kullanılan çakıl örneklerinin sağlam bir temel oluşturabilmek amacıyla özellikle sert ve kuvars içeriği yüksek kayalardan seçilmiş olduğu, Lykos vadisini sınırlayan temel kayaları ile uyumlu olarak, farklı renk, mineral bileşimi ve dokuya sahip şist, mermer, kuvarsit, metagabro, tuğla-kiremit parçası, listvenit ve kireçtaşı bileşimli oldukları belirlenmiştir.

14) KKABP yer mozaiklerinin tabanını temsilen, tesseractın bulunmadığı yerden alınan örneklerin (TK-6, TK-7, TK-8) OSL yaşları sırasıyla 338±136 (TK-6), 256±221 (TK-7) ve 266±155 (TK-8) olarak belirlenmiştir. Arkeolojik kayıtlar, sikke buluntuları ve OSL yöntemiyle belirlenen yaşlar dikkate alındığında yer

mozaiklerinin M.S. 4.yy ile M.S. 5.yy arası bir dönemde inşaa edilmiş olabileceği değerlendirilmiştir.

15) KKABP yer mozaiklerini yaklaşık KB-GD doğrultusunda kesen fay kırığı üzerinde alınan örneklerin (TK-1, TK-3 ve TK-11) OSL yaşları sırasıyla 743 ± 130 , 579 ± 220 ve 512 ± 246 yaşları belirlenmiştir. Belirlenen yaşlar ile Lykos vadisi ve çevresindeki tarihi deprem kayıtları denştirildiğinde, fay kırığının M.S. 610 depremi ile ilişkilendirilebileceği değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Aitken, M.J., “Thermoluminescence Dating”, *Academic Press*, London, 359p, (1985).
- Aitken M.J., “An introduction to optical dating”, *The Dating of Quaternary Sediments by the Use of Photon-Stimulated Luminescence*, Oxford University Press, Oxford, 267p, (1998).
- Akyol, A.A., Kadioğlu Y.K., “Demre Aziz Nikolaos Kilisesi Yapı Malzeme Analizleri”, *Bizans Çevre Kùltürler*, Sayfa 56-76, (2008).
- Akyol, A.A., Kadioğlu Y.K. ve Demirci Ő., “Zeugma Antik Kenti Duvar Resimleri Arkeometrik Çalışmaları”, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-A Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 12 (1), 37-56, (2011).
- Alberti, L. Bourguignon, E. Carbonara, E. Roby, T. Escobar, J.S., *Illustrated Glossary Technician Training for the Maintenance of In Situ Mosaics*, Getty Conservation Institute/Institut National du Patrimoine, Tunis, (2013).
- Alkan, N. Çağıran, E. Ersan, H.Ö. Eruş, M., *Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarları*, İstanbul: Çan Matbaası, (2011).
- Altunel, E., “Hierapolis ve Yakın Çevresinde Tarihsel Deprem Aktiviteleri”, *Ed. Francesco D’Andria-Francesca Silvestrelli, Lykos Vadisi Türk Arkeoloji Araştırmaları*, Universtità Di Lecce, 315-317, (2000).
- Arinat, M., Shiyyab, A. and Sekhaneh, W.A., “Analytical Characterization of Ancient Mosaic Floor Preparatory Layers and Tesserae from the Hippolytus Hall in Madaba, Jordan: Case Study”, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry (MAA)*, 20 (3), 149-158, (2020).
- ASTM D2487-17. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System); ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, (2017).
- Atlıhan, M.A., “Ege Çöküntü Sistemindeki Bazı Deprem İzlerinin Lüminesans Yöntemiyle İncelenmesi”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 106 Sayfa, (2008).
- Atlıhan, M.A. and Meriç, N., “Luminescence dating of a geological sample from Denizli, Turkey”, *Applied Radiation and Isotopes*, 66, 69-74, (2008).
- Atlıhan M.A., Koralay, T. and Şahiner, E., “Luminescence Dating and Mineralogical Investigations of Bricks From Erikli Basilica in Stratonikeia Ancient City

- (SW-Turkey)”, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 18(1), 77-91, (2018).
- Aydın, M., Zararsız, A. ve Demirci, Ş., “Geç Roma-Erken Bizans Dönemi Ankara Maltepe Kurtarma Kazısından Elde Edilen Bazı Buluntular Üzerinde Arkeometrik Çalışmalar”, *26. Arkeometri Kazı Sonuçları Toplantısı*, 237-242, (2010).
- Baradan, B., “Yapı Malzemesi-II”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 207 (2009).
- Bertolini, L., Carsana, M., Gastaldi, M., Lollini, F. and Redaelli, E., “Binder Characterization of Mortars Used at Different Ages in The San Lorenzo Church in Milan”, *Materials Characterization*, 9-20, (2013).
- Black, C.A., Evans, D.D., Ensminger, L.E., White, J. L. and Clark, F.E., “Methods of Soil Analysis No. 9 in the Series Agronomy”, *American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA*, (1965).
- Böke, H., Çizer, Ö., İpekoğlu, B., Uğurlu, E., Şerifaki, K. and Toprak, G., “Characteristics of Lime Produced from Limestone Containing Diatoms”, *Construction and Building Materials*, 22 (5), 866-874, (2008).
- Brady, N.C., and Weil, R.R., “Elements of the Nature and Properties of Soils”, 2nd ed., *Pearson and Prentice Hall*, New Jersey, 96, (2004).
- Caldeira, B., Oliveira, R.J., Teixido, T., Borges, J.F., Henriques, R., Carneiro, A. and Pena, J.A., “Studying the Construction of Floor Mosaics in the Roman Villa of Pisões (Portugal) Using Noninvasive Methods: High-Resolution 3D GPR and Photogrammetry”, *Remote Sensing*, (2019).
- D’Andria, F., “Phrygia Hierapolisi. Türkiye’de İtalyan Arkeoloji Araştırmalarının Altmış Yılı”, *Lycus Dergisi*, Sayı 1, 99-119, (2020).
- Dean, W.E., “Determination of Carbonates and Organic Matter in Calcereous Sediments and Sedimentary Rocks by Loss On Ignition: Comparison with other Methods”, *Journal of Sedimentary Petrology* 44(1), 242-248, (1974).
- Demirtürk, T., “Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) Tekniği ile Laodikeia (Denizli) Bina Seramiklerinin Tarihlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara , 106 s., (2006).
- Elsen, J., “Microscopy of Historic Mortars-A Review”, *Cement and Concrete Research* 36, 1416-1424, (2006).

- Erkan, O., “Mozaik Sanatı ve Büyük Saray Mozaikleri Restorasyon Çalışmaları”, Yüksek Lisans Tezi, *Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı*, İstanbul, (2006).
- Ersen, A. ve Güleç, A., “Basit ve İleri Analiz Yöntemleri ile Tarihi Harçların Analizi”, *Konservasyon Restorasyon Çalışmaları*, Sayı:3, 62-73, (2009).
- Feathers, J.K., “Use of Luminescence Dating in Archaeology”, *Measurement Science and Technology*, 1493-1509, (2003).
- Feigl, F., “Spot Tests in Inorganic Analysis”, (1958).
- Fleming, S., “Thermoluminescence Techniques in Archaeology”, *Oxford University Pres*, London, 212p., (1979).
- Fraser, J.A. and Price, D.A., “A Thermoluminescence (TL) Analysis of Ceramics from Cairns in Jordan: Using TL to Integrate Off-Site Features into Regional Chronologies”, *Applied Clay Science*, 24-30, (2013).
- Güleç, A., “Nuruosmaniye Camii’ne Ait Malzemelerin Nitelik ve Problemlerinin Analizi”, *Vakıf Restorasyon Yıllığı*, 5, 59-122, (2012).
- Güleç, A., “Fatih Camii ve I. Mahmut Kütüphanesi Harç ve Sıvalarının Karakterizasyonu”, *Restorasyon Yıllığı Dergisi*, 7, 109-118, (2013).
- Güleç, A., and Tulun, T., “Physico-Chemical and Petrographical Studies of Old Mortars and Plasters of Anatolia”, *Ancient Mortars, Petrography, Physico-Chemical Studies*, 27(2), (1997).
- Holmes, S. and Wingate, M., “Building with Lime: A Practical Introduction M. Wingate”, ed., Rugby : Practical Action. (2002).
- Huntley, D.J., Godfrey-Smith, D.I. and Thewalt, M.L.W., “Optical Dating of Sediments”, *Articles*, 313(10), 105-107, (1985).
- Işık, H., “Antakya Müzesinde Bulunan Soteria Mozaığının Arkeometrik Karakterizasyonunun Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalı*, Batman, 84 sayfa, (2019).
- Ion, R.M., Bakirov, B.A., Kichanov, S.E., Kozlenko, D.P., Belushkin, A.V., Radulescu, C., Dulama, I.D., Bucuric, I.A., Gheboianu, I.A., Stirbescu, R.M., Teodorescu, S., Iancu, L., David, M.E. and Grigorescu, R.M., “Non-Destructive and Micro-Invasive Techniques for Characterizing the Ancient Roman Mosaic Fragments”, *Applies Sciences*, 10, 2-18, (2020).

- Kahraman, Altaş, G., Acun, Özgünler, S., ve Güldal, E., “İstanbul’daki Roma Dönemi Saray Yapılarındaki Horasan Harçlarının İncelenmesi”, *Vakıf Restorasyon Yıllığı*, 4, (2012).
- Kaplan, Z., İpekoğlu, B., ve Böke, H., “Roma Dönemi Döşeme Mozaiklerinin Yapım Tekniği ve Malzeme Özellikleri”, *Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu*, Trabzon, (2017).
- Karayazılı, Z., “Material Characteristics and Deterioration Problems of Roman Mosaics in Antandros Ancient City”, İzmir, (2013).
- Koralay, T., Duman, B., Kadioğlu, Y.K., ve Akyol A.A., “Tarihi Harç ve Sıva Örneklerinin Çoklu Analitik Yöntemler Kullanılarak İncelenmesi: Tripolis (Yenice/Denizli) Örneği”, *31.Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, (2015).
- Kumsar, H., Aydan, Ö., Şimşek, C. and D’Andria, F., “Historical Earthquakes that Damaged Hierapolis and Laodikeia Antique Cities and Their Implications for Earthquake Potential of Denizli Basin in Western Turkey”, *Bull Eng Geol Environ*, (2015).
- Kurugöl, G., and Güleç, A., “Physico-Chemical, Petrographical and Mechanical Properties of Mortars Used in an Ancient Roman Basilica in Amasra/Turkey” *Gazi University Journal of Science*, 28(4), 609-621, (2015).
- Kuzu, Z., “Laodikeia Hamamları”, *Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Klasik Arkeoloji Bilim Dalı*, Yüksek Lisans Tezi, 127 s., Denizli, (2008).
- Lezzerini, M., Ramacciotti, M., Cantini, F., Fatighenti, B., Antonelli, F., Pecchioni, E., Fratini, F., Cantisani, E. and Giamello, M., “Archaeometric Study of Natural Hydraulic Mortars: The Case of the Late Roman Villa Dell’Oratorio (Florence, Italy)”, *Archaeol Anthropol Sci*, (2016).
- Liritsiz, I., Kumar, A.K., James, S., Feathers, J.K., Wagner, G.A., Kadereit, K., Zacharias, Z. and Li, S., *Luminescence Dating in Archaeology, Anthropology, and Geoarchaeology An Overview*, (2013).
- Means, R.E., and Parcher, J.V., “Physical Properties of Soils”, *Charles E. Merrill Publishing Co.*, Columbus, Ohio, USA, (1963).
- Oğuz, C., Türker, F., ve Koçkal, U., “Myra ve Andriake Limanı’nda Roma Dönemi Harç, Tuğla ve Taşların Özellikleri”, *5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*, 113-134, (2015).

- Pecchioni, E., Fratini, F. And Cantisani, E., “The Ancient Mortars, an Attestation of the Material Culture: The Case of Florence”, *Periodico Di Mineralogia.*, 75(2-3), 255-262, (2006).
- Pecchioni, E., Fratini, F., and Cantisani, E., *Atlas of the Ancient Mortars in Thin Section Under Optical Microscope*, Nardini Editore, Firenze (2014).
- Perri, F., Critelli, S., Cavalcante, F., Mongelli, G., Dominici, R., Sonnino, M., and De Rosa, R., “Provenance Signatures for the Miocene Volcaniclastic Succession of the Tufiti Di Tusa Formation, Southern Apennines, Italy”, *Geol. Mag.* 149 (3), 423-442, (2011).
- Sander, L., *Encyclopedia of Mosaic Art*, 1, Delhi, (2012).
- Seeley, M., “Thermoluminescent Dating in Its Application to Archaeology: A Review”, *Journal of Archaeological Science*, 2, 17-43, (1975).
- Şahiner, E., Erturaç, M.K. ve Meriç, N., “Termal-Asistan Optik Uyarmalı Lüminesans (TA-OSL) Tekniğiyle Milyon Yıl Mertebesindeki Jeolojik Örneklerin Tarihlendirilmesi: Gediz Taraçaları, Kula/Manisa”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60, 489-506, (2017).
- Şimşek C., ve Ceylan A., “Loadikeia’da Tespit Edilen Bir Deprem ve Diocletianus’a İthaf Edilen Bir Yazıt (Lykos Laodikeia’sı)”, *Archivum Anatolicum*, Ankara: 147-163, (2003).
- Şimşek, C., *Laodikeia (Laodikeia ad Lycum)*, Ege Yayınları, İstanbul, (2007).
- Şimşek, C., “2009 Yılı Laodikeia Antik Kenti Kazıları”, 32. Kazı Sonuçları Toplantısı, III cilt, 447-474, Ankara, (2011).
- Şimşek, C., “10. Yılında Laodikeia (2003-2013 Yılları)”, Ege Yayınları, İstanbul, (2014).
- Şimşek, C., “15. Yılında Laodikeia (2003-2018 Yılları)”, Ege Yayınları, İstanbul, (2019).
- Taşçı, B. and Böke, H., “Properties of Roman Lime Mortars in Ancient Lycia Region”, AIP Conference Proceedings, (2018).
- Tülek, F., “Klikya Mozaiklerinin Petrografisi”, 23. Araştırma Sonuçları Toplantısı, 1, 405, (2005).
- Uğur, T., ve Güleç, A., “Harç, Sıva ve Diğer Kompozit Malzemelerde Kullanılan Bağlayıcılar ve Özellikleri”, 77-91, (2016).
- Üstüner, A.C., *Mozaik Sanatı*, İstanbul: Engin Matbaacılık, (2002).

- URL-1 <<https://www.worldhistory.org/image/6960/mosaic-column-from-the-temple-of-ninhursag/>>, Erişim tarihi 04.06.2021.
- URL-2 <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/Stag_hunt_mosaic%2C_Pella.jpg>, Erişim tarihi 04.06.2021.
- URL-3 <<https://tr.pinterest.com/pin/306244843383046929/>>, Erişim tarihi 04.06.2021.
- URL-4 <<https://helenmilesmosaics.org/making-mosaics-general/mosaic-mistakes/>>, Erişim tarihi 04.06.2021.
- URL-5 <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/0 Mosaico pavimentale %E2%80%93 Grotte Celloni %E2%80%93 Pal. Massimo.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/0_Mosaico_pavimentale_%E2%80%93_Grotte_Celloni_%E2%80%93_Pal_Massimo.JPG)>, Erişim tarihi 04.06.2021.
- URL-6 <<http://glosarioarteugr.blogspot.com/2014/03/opus-musivum-mosaico.html>>, Erişim tarihi 04.06.2021.
- URL-7 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kerkouane_opus_signinum.jpg>, Erişim tarihi 04.06.2021.
- URL-8 <<http://blog.barcelonaguidebureau.com/gaudis-mosaics/>>, Erişim tarihi 04.06.2021.
- Wintle, A.G. and Huntley, D.J., "Thermoluminescence Dating of Sediments", *Quaternary Science Reviews*, 1, 31-53,(1982).
- Zamba, L.C., Stamatakis, M.G., Cooper, F.A., Themelis, P.G. and Zambas, C.G., "Characterization of Mortars used for the Construction of Saithidai Heroon Podium (1st Century AD) in Ancient Messene, Peloponnesus, Greece", *Materials Characterization*, 58, 1229-1239, (2007).