

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAPADOKYA BÖLGESİ KAYA OYMA YAPI SORUNLARI VE ÇÖZÜM
ÖNERİLERİ**

ŞERİFE ÖZATA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. EMİNE GÖRÜN ARUN**

İSTANBUL, 2015

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAPADOKYA BÖLGESİ KAYA OYMA YAPI SORUNLARI VE ÇÖZÜM
ÖNERİLERİ

Şerife ÖZATA tarafından hazırlanan tez çalışması2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Emine Görün ARUN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Emine Görün ARUN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nabi Yüzer
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nadide Seçkin
İstanbul Kültür Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi kapsamında Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapı hasarları incelenmiş ve bu hasarlara kayayı oluşturan malzeme özellikleri de dikkate alınarak çözümler önerilmiştir. Bu çalışmanın kaya oyma yapılarında oluşan hasarların tespitinde bilimsel verilere dayanan bir yöntem ile yapılacak müdahaleler için örnek olacağı ümit edilmektedir.

Kendisini tanımış biri olarak kendimi çok şanslı hissettiğim, konu seçiminde beni teşvik eden ve tezin geliştirilmesi sürecinde her aşamayı titizlikle inceleyen, destek ve yardımlarını hiç bir zaman esirgemeyen tez danışmanım, kıymetli hocam sayın Prof. Dr. Görün Arun'a,

Tezin tamamlanma sürecinde değerli yorum ve katkılarıyla çalışmanın şekillenmesinde önemli katkıları olan sayın Prof. Dr. Nabi Yüzer'e,

Tezin laboratuvar deneylerinin yapılması ve deneylerin yorumlanması aşamasında hiçbir yardımını esirgemeyen sayın Arş. Gör. Serhan Ulukaya'ya ve YTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı öğretim üyelerine, teknikerine ve asistan arkadaşlarıma,

Analizlerin bir kısmının yapılması ve yorumlanmasındaki yardımlarından dolayı sayın Doç. Dr. Mustafa Kumral ve sayın Yrd. Doç. Dr. Şenel Özdamar'a,

Yapılan alan çalışmalarında en az benim kadar hevesle, azimle ve merakla çalışan değerli ağabeyim Mustafa Özata'ya, anneme, babama, kardeşlerime, yeğenlerime ve yardımlarını esirgemeyen Mazı ve Bahçeli Köyü halkına,

Gösterdikleri hoşgörü ve anlayış nedeniyle, YTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Yapı Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve arkadaşlarıma,

Alan çalışmaları için gerekli izinleri sağlayan Nevşehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü'ne, Ürgüp Belediyesi ve Ortahisar Belediyesi'ne,

Tüm çalışmam ve eğitim hayatım boyunca beni maddi, manevi destekleyen sevgili aileme,

en içten teşekkürlerimi sunar, gönülden teşekkür ederim.

Ağustos, 2015

Şerife Özata

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ<	xiv
ÖZET	xvi
ABSTRACT.....	xviii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
5	
KAPADOKYA BÖLGESİ GENEL ÖZELLİKLERİ	5
2.1 Kapadokya Bölgesi Tarihçesi	6
2.2 Kapadokya Bölgesi İklimi ve Bitki Örtüsü Özellikleri.....	8
2.2.1 Kapadokya Bölgesi İklim Özellikleri	9
2.2.2 Kapadokya Bölgesi Bitki Örtüsü.....	9
2.3 Kapadokya Bölgesi Jeolojik Özellikleri	10
2.3.1 KVP Stratigrafisi (Katmanları)	11
2.3.1.1 Ürgüp Formasyonu.....	12
2.3.1.2 Ön Miyosen Temel Kayaları	13
2.3.1.3 Volkanik Kompleksler	13
2.3.1.4 Kıtasal Klastikler	13
2.3.1.5 Cüruf Konisi Alanları.....	14
2.3.2 KVP Fay Sistemi.....	14

BÖLÜM 3

ÇALIŞMA ALANI: KAPADOKYA BÖLGESİ KAYA OYMA YAPILARI	16
3.1 Kapadokya Bölgesi Geleneksel Yapı Türleri	16
3.1.1 Kaya Oyma Yapılar	17
3.1.2 Kaya Oyma - Yiğma Yapılar	19
3.1.3 Yiğma Yapılar	20
3.2 Kapadokya Bölgesi Kaya Oyma Yapı Örnekleri	21
3.2.1 Göreme Açık Hava Müzesi: Malta Haçlı Kilise	21
3.2.2 Ortahisar: Ortahisar Kalesi	24
3.2.3 Mazı Köyü: Mazı Yeraltı Şehri	26
3.2.4 Bahçeli Köyü: Konut ve Hayvan Barınağı	28
3.2.5 Bahçeli Köyü: Depo yapısı	30

BÖLÜM 4

KAPADOKYA BÖLGESİ KAYA OYMA YAPILARI HASAR TÜRLERİ	32
4.1 Taşlarda Oluşan Hasar Nedenleri	32
4.2 Taşlarda Oluşan Hasar Türleri	33
4.3 Çalışma Alanı Kaya Oyma Yapıları Hasar Türleri	41
4.3.1 Malta Haçlı Kilise Hasarları	41
4.3.2 Ortahisar Kalesi Hasarları	49
4.3.3 Mazı Yeraltı Şehri Hasarları	59
4.3.4 Bahçeli Köyü Konut ve Ahır Hasarları	74
4.3.5 Bahçeli Köyü Depo Yapısı	78

BÖLÜM 5

5.1 Kaya Oyma Yapılarda Yapılan Çalışmalar	80
5.2 Yerinde Yapılan Ölçümler	80
5.2.1 Yüzey Sıcaklığı-Nemi ve Ortam Sıcaklığı-Bağlı Nemi Ölçümü	80
5.2.2 Yüzey Sertliği ve Ultrases Geçiş Hızı Ölçümü	81
5.3 Laboratuvarda Yapılan Deneyler	82
5.3.1.1 Görünür Yoğunluk ve Gerçek Yoğunluk Tayini	83
5.3.1.2 Komposite, Porozite, Kütlece-Hacimce Su Emme Oranları ve Doyma Derecesi Tayini	85
5.3.1.3 Kılcal Su Emme Miktarı Tayini	86
5.3.1.4 Kuruma Hızı Tayini	87
5.3.1.5 Renk Tayini	88
5.3.2 Mekanik Özellik Tayini Deneyleri	88
5.3.2.1 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini	88
5.3.2.2 Nokta Yükleme Dayanım İndeksi Deneyi	89
5.3.3 Kimyasal-Petrografik ve Minerolojik Özellik Tayini Deneyleri	91
5.3.3.1 X-Işını Kırınımı (XRD) Analizi	91
5.3.3.2 X-Işını Floresansı (XRF) Analizi	94
5.3.3.3 İnce Kesit (Petrografik) Analizi	95
5.4 Kapadokya Bölgesi Kaya Oyma Yapı Malzemelerinin Genel Özellikleri	95

5.4.1	Deneylerde Kullanılan Numunelerin Adlandırılması	96
5.4.2	Malta Haçlı Kilise Ölçüm Değerleri	96
5.4.2.1	Yerinde Yapılan Ölçümler	96
5.4.2.2	Laboratuvar Deneyleri	97
5.4.3	Ortahisar Kalesi Ölçüm Değerleri	102
5.4.3.1	Yerinde Yapılan Ölçümler	102
5.4.3.2	Laboratuvar Deneyleri	103
5.4.4	Mazı Yeraltı Şehri Ölçüm Değerleri	111
5.4.4.1	Yerinde Yapılan Ölçümler	111
5.4.4.2	Laboratuvar Deneyleri	113
5.4.5	Bahçeli Köyü Sivil Mimarlık ve Depo Yapısı Ölçüm Değerleri	119
5.4.5.1	Yerinde Yapılan Ölçümler	120
5.4.5.2	Laboratuvar Deneyleri	121
5.5	Kapadokya Bölgesi Kaya Oyma Yapı Malzemelerinin Değerlendirilmesi	129
5.5.1	Yerinde Yapılan Ölçümlerin Değerlendirilmesi	129
5.5.2	Laboratuvarda Yapılan Deneylerin Değerlendirilmesi	131

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER	139
-------------------------	-----

KAYNAKLAR	149
-----------------	-----

ÖZGEÇMİŞ	158
----------------	-----

SİMGE LİSTESİ

A	Kılcal Yolla Su Emilen Yüzey Alanı/Konik Başlıkların Temas Noktalarından Geçen Numunenin En Küçük Kesit Alanı
A _b	Kütlece Su Emme Oranı
A _h	Hacimce Su Emme Oranı
Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit
As	Arsenik
Ba	Baryum
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsit/Kalsiyum Karbonat
CaMg(CO ₃)	Dolomit
CaO	Kalsiyum Oksit
CaSO ₄ .2H ₂ O	Alçı Taşı
Ce	Seryum
Cl	Klor
Cr	Krom
Cr ₂ O ₃	Kromyum (III) Oksit
Co	Kobalt
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
D	Kalınlık
D _d	Doyma Derecesi
D _e	Eşdeğer Karot Çapı
F	Boyut Düzeltme Faktörü
f _c	Tek Eksenli Basınç Dayanımı
Fe ₂ O ₃	Demir Oksit
f _{ny}	Basınç Dayanımı (Nokta Yükleme Deneyi İle Elde Edilen)
f _{teo}	Teorik Basınç Dayanımı
Ga	Galyum
HCl	Hidrojen Klorür
HF	Hidrojen Florür
I _s	Düzeltilmemiş Nokta Yüğü Dayanım İndeksi
I _{s(50)}	Düzeltilmiş Nokta Yüğü Dayanım İndeksi
k	Kompasite

K ₂ O	Potasyum Oksit
KPa	Kilopaskal
La	Lantan
LOI	Kızdırma Kaybı
m _i	t _i Anındaki Numunenin Kütlesi
m _{i-1}	t _{i-1} Anında Numunenin Kütlesi
Mo	Molibden
m _o	Etüv Kuru Kütlesi, t ₀ Anında Numunenin Kütlesi
m _{of}	Sabit Son Kütle
MgO	Magnezyum Oksit
MnO	Mangan Oksit
MPa	Megapaskal
Na	Sodyum
Na ₂ O	Sodyum Oksit
Nb	Niobyum
Ni	Nikel
O ₂	Oksijen
P	Kırılma Yüğü
p	Toplam Gözeneklilik, Porozite
P ₂ O ₅	Fosfor Pentaoksit
Pb	Kurşun
PPM	Milyonda bir kısım
p _o	Açık Gözeneklilik
Q _i	t _i Anında Numunedeki Su Oranı
R	Yüzey Nemi, Yüzey Sertliğı Birimi
RH	Ortam Bağlı Nemi
Rb	Rubidyum
S	Kükürt/Sülfür
Sb	Antimon
Sc	Skandiyum
SiO ₂	Silisyum Dioksit
Sn	Kalay
SO ₃	Kükürt Trioksit
SO ₂	Kükürt Dioksit
Sr	Stronsiyum
T	Yüzey Sıcaklığı
Th	Toryum
TiO ₂	Titanyum Dioksit
U	Uranyum
V	Vanadyum
W	Genişlik
V _d	Katı Kısımın Hacmi
V _{net}	Görünür Hacim
W _{SH}	Numunenin Havadaki Kütlesi
W _{SS}	Numunenin Sudaki Kütlesi
W ₀	Numune Kuru Kütlesi

Y	İtriyum
Zn	Çinko
Zr	Zirkonyum
⁰ C	Santigrat derece
β	Görünür Yoğunluk
ρ_{su}	Su Yoğunluğu
γ	Gerçek Yoğunluk

KISALTMA LİSTESİ

BA	Bahçeli Köyü-Ahır
BD	Bahçeli Köyü-Depo
BO	Bahçeli Köyü-Oda
EFZ	Ecemiş Fay Zonu
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
ICCROM	International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
JAL	Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarı
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
KVP	Kapadokya Volkanik Provensi (Jeolojik Alanı)
LOI	Kızdırma Kaybı
MA	Mazı (Yeraltı Şehri) Alt Kısım
MHK	Malta Haçlı Kilise
MÖ	Milattan Önce
MS	Milattan Sonra
MU	Mazı (Yeraltı Şehri) Üst Kısım
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OK	Ortahisar Kalesi
TFZ	Tuz Gölü Fay Zonu
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
XRF	X Işını Floresansı
XRD	X Işını Kırınımı
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Kapadokya Bölgesi haritası	5
Şekil 2. 2 MS 4. yy.da Nissa, Nazirus ve Kayseri'nin Kapadokya'daki yeri [23].....	7
Şekil 2. 3 Kapadokya Volkanik Provensi yeri ve çalışma alanı jeolojik oluşumu [31]	10
Şekil 2. 4 Kapadokya Volkanik Provensi jeolojik haritası [31. ve 33. kaynaklardan faydalanılarak oluşturulmuştur]	11
Şekil 2. 5 A: Schumacher ve Mues-Schumacher'ın Ürgüp Formasyonu ignimbirit ağırlıklı dikey stratigrafi kesiti B: Le Pennec vd.'nin Ürgüp Formasyonu ignimbirit ağırlıklı dikey stratigrafi kesiti [34. ve 35. kaynaktan faydalanılarak oluşturulmuştur]	12
Şekil 2. 6 KVP ana çöküntü alanının Miyosen-Kuaterner dönemleri arasındaki oluşumu A: Ön-Orta Miyosen: Sadece TFZ aktif, alan K-G yönünde basınç etkisi altında. B:Orta Miyosen-Ön Pliyosen: Bütün fay sistemleri normal faylanma şeklinde ve aktif. C: Geç Pliyosen: TFZ aktif ve alan K-G yönünde basınç etkisi altında [31. ve 37. kaynaktan faydalanılarak oluşturulmuştur]	14
Şekil 2. 7 KVP Diri Fay Haritası [39. kaynaktan faydalanılarak oluşturulmuştur)	15
Şekil 3. 1 Kapadokya Bölgesi taşıyıcı sistem yapım tekniğine göre yapı türleri [50]	16
Şekil 3. 2 Kapadokya Bölgesi kullanım amacına göre kaya oyma yapı türleri	17
Şekil 3. 3 A:Yerüstü yapıları B: Kilise ve mezar C: Depo D: Kale E: Yeraltı Şehri F: Su tüneli [45-49].....	18
Şekil 3. 4 Kaya oyma-yığma yapıların oluşturulma şeması	19
Şekil 3. 5 Yığma yapı kemerli sistem ve hezen sistem detayları [50].....	20
Şekil 3. 6 Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapı örnekleri konumu	21
Şekil 3. 7 Göreme genel görünümü [53]	22
Şekil 3. 8 Göreme Açık Hava Müzesi planı [8., 53. ve 54. kaynaklardan faydalanılarak oluşturulmuştur]	23
Şekil 3. 9 Malta Haçlı Kilise planı.....	23
Şekil 3. 10 Malta Haçlı Kilise dış görünüşü, ana apsis görünüşü ve iç oyma kubbe detayı	24
Şekil 3. 11 Ortahisar genel görüntüsü ve planı [8. kaynak ve kişisel arşiv kullanılarak oluşturulmuştur]	25
Şekil 3. 12 Ortahisar Kalesi kuzey görünüşü ve planı [58. kaynaktan faydalanılmıştır].	26
Şekil 3. 13 Mazı Yeraltı Şehri	27
Şekil 3. 14 Mazı Yeraltı Şehri planı ve kesiti [59. kaynaktan faydalanılmıştır]	28
Şekil 3. 15 Bahçeli Köyü vaziyet planı ve genel görünüşü [50]	29

Şekil 3. 16 Bahçeli Köyü konut ve hayvan barınağı planı ve genel görünüşü	30
Şekil 3. 17 Kaya oyma makinesi [62]	31
Şekil 3. 18 Bahçeli Köyü depo yapısı dış- iç görünüşü ve planı	31
Şekil 4. 1 Kapadokya Bölgesi'nde taşta hasar türlerinden parça kopması, oyuklanma ve yapısal çatlak	33
Şekil 4. 2 Kapadokya Bölgesi'nde taş hasar türleri: Kavlanma, yapraklanma ve yüzey kirliliği	34
Şekil 4. 3 Kapadokya Bölgesi'nde taş hasar türleri: Kabuk oluşumu, kabuk oluşumu sonucu dökülme ve çiçeklenme	35
Şekil 4. 4 Kapadokya Bölgesi'nde taş hasarı türlerinden aşınma.....	36
Şekil 4. 5 Kapadokya Bölgesi'nde taş hasarı türlerinden renk değişimi	37
Şekil 4. 6 Taşta biyolojik hasara neden olan kara yosunu, su yosunu ve likenler [71] ...	38
Şekil 4. 7 Farklı formlardaki likenlerin taş üzerindeki yerleşimi [70]	39
Şekil 4. 8 Göreme Açık Hava Müzesi'nde çimento kullanımı kaynaklı hasarlar	40
Şekil 4. 9 Mazi Yeraltı Şehri'nde kullanılan niteliksiz ekler ve çimento kaynaklı hatalı onarım hasarları	41
Şekil 4. 10 Malta Haçlı Kilise girişi 1985 [74] ve 2014 yılları fotoğrafı	42
Şekil 4. 11 Malta Haçlı Kilise hasarları (plan)	43
Şekil 4. 12 Malta Haçlı Kilise hasarları (GG ve CC kesitleri).....	44
Şekil 4. 13 Malta Haçlı Kilise hasarları (FF, BB ve EE kesitleri)	46
Şekil 4. 14 Malta Haçlı Kilise orta apsis templon duvarı 1985 [102] ve 2014 yılları fotoğrafı.....	47
Şekil 4. 15 Malta Haçlı Kilise hasarları (AA ve DD kesitleri)	48
Şekil 4. 16 Ortahisar Kalesi 5 ve 6 no.lu mekânların hasarları	50
Şekil 4. 17 Ortahisar Kalesi dış yüzeyinde kara yosunları, likenler ve yüksek bitkiler	51
Şekil 4. 18 Ortahisar Kalesi 15 ve 17 no.lu mekânların hasarları.....	52
Şekil 4. 19 Ortahisar Kalesi 19, 20, 21, 22 ve 23 no.lu mekânların hasarları	54
Şekil 4. 20 Ortahisar Kalesi doğu cephesi hasarları	56
Şekil 4. 23 Çelik kolon/kiriş-kaya birleşiminde çimento harcı kullanımı.....	59
Şekil 4. 24 Mazi Yeraltı Şehri'nde yeni bulunan mekân.....	60
Şekil 4. 25 Mazi Yeraltı Şehri 1 ve 2 no.lu mekânların hasarları(1-1 kesiti).....	61
Şekil 4. 26 Mazi Yeraltı Şehri 1, 1A, 1B, 2, 2A ve 3 no.lu mekânların hasarları	62
Şekil 4. 27 Mazi Yeraltı Şehri 4, 5, 5A, 6 ve 7 no.lu mekânların hasarları	64
Şekil 4. 28 Mazi Yeraltı Şehri 8, 9 ve 18 no.lu mekânların hasarları	66
Şekil 4. 29 Mazi Yeraltı Şehri 10, 11, 16 ve 17 no.lu mekânların hasarları	67
Şekil 4. 30 Mazi Yeraltı Şehri 12, 15, 16, 17, 20 ve 24 no.lu mekânların hasarları (5-5 kesiti)	68
Şekil 4. 31 Mazi Yeraltı Şehri 12, 13, 14 ve 15 no.lu mekânların hasarları	70
Şekil 4. 33 Mazi Yeraltı Şehri 23, 23A, 23B ve 24 no.lu mekânların hasarları.....	73
Şekil 4. 34 Sivil mimarlık eserinin oluşturulduğu kaya yüzeyi.....	74
Şekil 4. 35 Bahçeli Köyü sivil mimarlık yapısı hasarları (plan).....	76
Şekil 4. 36 Bahçeli Köyü sivil mimarlık yapısı hasarları (AA kesiti).....	77
Şekil 4. 37 Bahçeli Köyü depo yapısı hasarları (plan ve AA-BB kesitleri)	79
Şekil 5. 1 Çalışma alanlarında nem ve sıcaklık ölçümleri	81
Şekil 5. 2 Çalışma alanlarında ultrases geçiş hızı ölçümü.....	81
Şekil 5. 3 Çalışma alanlarından alınan bazı malzeme örnekler ve numuneler	82

Şekil 5. 4 Gözenekli malzemede boşluk türleri	83
Şekil 5. 5 Görünür yoğunluk deneyi aşamaları	84
Şekil 5. 6 Gerçek yoğunluk deneyi aşamaları.....	84
Şekil 5. 7 Kılcal su emme miktarı tayini deneyi aşamaları	86
Şekil 5. 8 Kuruma hızı tayini deneyi aşamaları.....	87
Şekil 5. 9 Renk tayini deneyi	88
Şekil 5. 10 Basınç dayanımı tayini deneyi aşamaları.....	89
Şekil 5. 11 Nokta yükleme deneyi aşamaları	90
Şekil 5. 12 Kimyasal-petrografik ve minerolojik özellik tayini için hazırlanan numuneler	91
Şekil 5. 13 Mikanın illite, illitin vermikülit veya montmorillonite dönüşümü [98]	93
Şekil 5. 14 Malta Haçlı Kilise’de ultrases geçiş hızı ölçümü alanı.....	97
Şekil 5. 15 MHK-1 numunelerinin Q_i - Vt_i değerleri	98
Şekil 5. 16 MHK-1 numunesi kuruma hızı	98
Şekil 5. 17 MHK-1 numunesi mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]	100
Şekil 5. 18 MHK-1 numunesi XRD analizi veri grafiği [92].....	100
Şekil 5. 19 Ortahisar Kalesi ultrases geçiş hızı ölçümü alanları.....	103
Şekil 5. 20 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin Q_i - Vt_i değerleri.....	105
Şekil 5. 21 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin kuruma hızı	105
Şekil 5. 22 OK-15 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]	107
Şekil 5. 23 OK-20 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]	108
Şekil 5. 24 OK-23 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]	108
Şekil 5. 25 OK-15 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]	109
Şekil 5. 26 OK-20 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]	109
Şekil 5. 27 OK-23 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]	109
Şekil 5. 28 Mazı Yeraltı Şehri ultrases geçiş hızı ölçümü.....	113
Şekil 5. 29 Mazı Yeraltı Şehri ultrases geçiş hızı ölçümü alanları.....	113
Şekil 5. 30 MA-02 ve MU-01 numunelerinin Q_i - Vt_i değerleri	114
Şekil 5. 31 MA-02 ve MU-01 numunelerinin kuruma hızı.....	115
Şekil 5. 32 MA-02 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]	116
Şekil 5. 33 MU-01 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]	117
Şekil 5. 34 MA-02 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]	118
Şekil 5. 35 MU-01 numunesi XRD analizi veri grafiği [92].....	118
Şekil 5. 36 Bahçeli Köyü sivil mimarlık yapısı ultrases geçiş hızı ölçümü alanları	121
Şekil 5. 37 Bahçeli Köyü depo yapısı ultrases geçiş hızı ölçümü alanları	121
Şekil 5. 38 Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısı numunelerinin Q_i - Vt_i değerleri.....	122
Şekil 5. 39 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin kuruma hızı.....	123
Şekil 5. 40 EA-04 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]	124
Şekil 5. 41 EO-03 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92].....	125
Şekil 5. 42 DE-01 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92].....	126
Şekil 5. 43 EA-04 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]	127
Şekil 5. 44 EO-03 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]	127
Şekil 5. 45 DE-01 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]	127
Şekil 5. 46 İncelenen numunelerin kuruma hızları	134

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Kapadokya Kronolojisi [20]	6
Çizelge 3. 1 Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapı örnekleri.....	21
Çizelge 5. 1 Malta Haçlı Kilise’de ölçülen yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağlı nemi değerleri	97
Çizelge 5. 2 Malta Haçlı Kilise’de ultrases geçiş hızı ve yüzey sertliği değerleri	97
Çizelge 5. 3 MHK-1 numunesi kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri	98
Çizelge 5. 4 MHK-1 numunelerinin zamana bağlı ortalama su yüzdeleri	98
Çizelge 5. 5 MHK-1 numunesi mineral oranları (%) [92].....	100
Çizelge 5. 6 MHK-1 numunesi majör oksit ve iz element oranları [92].....	101
Çizelge 5. 7 Ortahisar Kalesi’nde ölçülen yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağlı nemi değerleri	102
Çizelge 5. 8 Ortahisar Kalesi ultrases geçiş hızı değerleri	103
Çizelge 5. 9 OK-15, OK-20, OK-23 numunelerinin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri	104
Çizelge 5. 10 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri	104
Çizelge 5. 11 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin zamana bağlı ortalama su yüzdeleri	105
Çizelge 5. 12 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin renk türü, değer ve doymuşluğu	106
Çizelge 5. 13 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin tek eksenli basınç dayanımları	106
Çizelge 5. 14 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin mineral oranları (%) [92]	109
Çizelge 5. 15 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin majör oksit ve iz element oranları [92].....	110
Çizelge 5. 16 Mazı Yeraltı Şehri’nde ölçülen yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağlı nemi değerleri	112
Çizelge 5. 17 Mazı Yeraltı Şehri ultrases geçiş hızı ve yüzey sertliği değerleri.....	112
Çizelge 5. 18 MA-02 ve MU-01 numunelerinin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri	114
Çizelge 5. 19 MA-02 ve MU-01 numunelerinin kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri	114
Çizelge 5. 20 MA-02 ve MU-01 numunelerinin zamana bağlı ortalama su yüzdeleri .	115
Çizelge 5. 21 MA-02 ve MU-01 numunelerinin renk türü, değer ve doymuşluğu.....	115
Çizelge 5. 22 MA-02 ve MU-01 numunelerinin tek eksenli basınç dayanımları ve MA-02 numunesinin nokta yükleme dayanım indeksi	116

Çizelge 5. 23	MA-02 ve MU-01 numunelerinin mineral oranları (%) [92]	117
Çizelge 5. 24	MA-02 ve MU-01 numuneleri majör oksit ve iz element oranları [92] .	118
Çizelge 5. 25	Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısında ölçülen yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağıl nemi değerleri	120
Çizelge 5. 26	Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısı ultrases geçiş hızı ve yüzey sertliği değerleri.....	120
Çizelge 5. 27	EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri.....	121
Çizelge 5. 28	EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri	122
Çizelge 5. 29	EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin zamana bağılı ortalama su yüzdeleri	123
Çizelge 5. 30	EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin renk türü, değer ve doymuşluğu	123
Çizelge 5. 31	EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin tek eksenli basınç dayanımları ve MA-02 numunesinin nokta yükleme dayanım indeksi	124
Çizelge 5. 32	Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısı malzemeleri teorik basınç dayanımı değerleri.....	124
Çizelge 5. 33	EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin mineral oranları (%) [92]	126
Çizelge 5. 34	DE-01, EA-04 ve EO-03 numuneleri majör oksit ve iz element oranları[92]	128
Çizelge 5. 35	İncelenen yapılarda yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağıl nemi değerleri.....	130
Çizelge 5. 36	İncelenen yapılarda yüzey ve ortam bağıl nemi yaz ve kış durumu	131
Çizelge 5. 37	İncelenen numunelerin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri	132
Çizelge 5. 38	İncelenen numunelerin kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri	133
Çizelge 5. 39	İncelenen numunelerin kılcal su emme katsayısı değerleri	133
Çizelge 5. 40	İncelenen numunelerin zamana bağılı ortalama su yüzdeleri.....	133
Çizelge 5. 41	İncelenen numunelerin renk türü, değer ve doymuşluğu.....	134
Çizelge 5. 42	Numunelerin tek eksenli basınç dayanımları / MA-02 numunesinin nokta yükleme dayanım indeksi ve kayaç türü.....	135
Çizelge 5. 43	Yüzey sertliği kullanılarak elde edilen basınç değerleri ise.....	135
Çizelge 5. 44	Kayaç örneklerindeki majör oksit oranları[92]	136
Çizelge 5. 45	EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin mineral oranları (%) [92]	137

KAPADOKYA BÖLGESİ KAYA OYMA YAPI SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Şerife ÖZATA

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Emine Görün Arun

Kapadokya, doğa ve tarihin kimi zaman doğal yollarla; kimi zaman da insanların müdahalesiyle bütünleştiği bir bölgedir. Bu bölge, yüzyıllar boyunca oluşmuş ve oluşumu devam eden peri bacalarının yanında; insan eliyle yapılan kaya oyma yapılarla hala değişmektedir. Bölgedeki değişim sırasında gerekli tedbirler alınmadığı için özellikle kaya oyma yapılar yok olmakta veya yok olma sürecine girmektedir.

Bu tez, Türkiye ve dünya mirasında çok önemli yeri olan bu bölgedeki kaya oyma yapı sorunlarının önceden tespit edilip, sorunları çözmek için önerilerin geliştirilmesiyle, bu kültürel mirasın yok olmasının önlenebileceği düşünülerek hazırlanmıştır.

Tezin birinci bölümünde kaya oyma yapılar üzerine yapılan çalışmalar açıklanarak literatür özeti oluşturulmuş ve tezin amacı, kapsamı, kabul edilen varsayımlar ve tez yöntemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde; Kapadokya Bölgesi'nin tarihi, iklimi, bitki örtüsü, jeolojik özelliklerinden stratigrafisi ve fay sistemi açıklanmış böylece çalışma alanının geneli hakkında bilgi sunulmuştur.

Üçüncü bölümde; Kapadokya Bölgesi geleneksel yapı türleri açıklanmış, kaya oyma yapılar için yeni bir sınıflandırma oluşturulmuştur. Tez kapsamında incelenen kaya

oyma tekniğiyle oluşturulan Malta Haçlı Kilise, Ortahisar Kalesi, Mazı Yeraltı Şehri, Bahçeli Köyü konut ve depo yapısı hakkında genel bilgiler paylaşılmıştır.

Dördüncü bölümde; Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapılarında görülen hasarları analiz etmek için kaya hasarları araştırılmış, incelenen kaya oyma yapılarında mevcut hasarlar yapıların plan, kesit ve görünüşleri üzerine işlenmiştir.

Beşinci bölümde; tez kapsamında incelenen yapılarında yaz ve kiş dönemlerinde yerinde yapılan tahribatsız ölçümler ve alınan malzeme örneklerinde laboratuvarda yapılan çeşitli deneyler ile malzemelerin fiziksel, mekanik, kimyasal, petrografik ve mineralojik özellikleri saptanmıştır. Elde edilen veriler ile genel bir değerlendirme yapılıp farklı özelliklerin birbiri ile ilişkileri ortaya konmuştur.

En son bölümde ise kaya oyma yapı malzemelerinin fiziksel, mekanik, kimyasal, petrografik ve mineralojik özelliklerinden elde edilen genel sonuçlar paylaşılmış bu sonuçlar neticesinde kaya oyma yapı sorunlarını gidermek için öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kapadokya Kaya Oyma Yapı Sorunları, Malta Haçlı Kilise, Ortahisar Kalesi, Mazı Yeraltı Şehri, Bahçeli Köyü Konut ve Depo Yapısı, Kaya Malzemesinin Fiziksel-Mekanik-Kimyasal-Petrografik ve Mineralojik zellikleri

**THE PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS OF ROCK-CUT STRUCTURES IN
CAPPADOCIA REGION**

Şerife ÖZATA

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Emine Görün Arun

Cappadocia is a region where nature and history is integrated with nature and man-made intervenience. This region is being changed with fairy chimneys formed over centuries that still continue formation along with the man-made rock carvings. Because necessary measures were not taken during this change, especially the man-made architecture started to disappear.

This thesis is prepared with the thought of preserving the rock-cut structures that has very important place in the cultural heritage of the World and Turkey by assessment of the problems and suggestions to encounter these problems.

In the first chapter consists of the literature review explaining the previous studies about rock-cut structures and defining the aim, scope, hypothesis and the methodology of the study.

In the second chapter; history, climate, flora, stratigraphy and fault system of geological aspects of Cappadocia region has explained. Thus, general information about the region has presented.

In chapter three; traditional building types of Cappadocia region is explained and a new classification of the rock-cut building types is formed. General information about the investigated Malta Hacli Church, Ortahisar Castle, Mazi Underground City, a dwelling and storehouse of Bahceli Village shared.

In the fourth chapter; in order to analyze damages of the rock-cut structures of Cappadocia Region, the deterioration of the rock material has been researched and damage types on the structure is applied on the plan, section and elevation of the structures.

In chapter five; through applied in-situ tests in winter and summer, and laboratory tests on samples, the physical, mechanical, chemical, petrographic and mineralogical characteristics of the material is assessed. A common evaluation of the data obtained from tests is developed and relationships between different material features are ascertained.

In the final chapter, an overall conclusion obtained from the physical, mechanical, chemical, petrographic and mineralogical characteristics is shared and suggestions to overcome the problems of rock-cut structures are made.

Keywords: Problems of Cappadocia Rock-Cut Structures, Malta Hacli Church, Ortahisar Castle, Mazi Underground City, Dwelling and Storehouse of Bahceli Village, Physical-Mechanical-Chemical-Petrographic and Mineralogical Characteristics of Rock Material

1.1 Literatür Özeti

Bir bölgedeki yapı kültürünün oluşmasında veya gelişmesinde yaklaşık 20. yy ortalarında kadar o bölgenin doğal özellikleri ve kullanıcı gereksinimleri esas etken olmuştur. Türkiye’de bölgelerin çok farklı iklim ve doğal özellikleri olduğu için pek çok bölge kendi geleneksel mimarlığını oluşturmuş ve bölge özelliklerine göre yapılar inşa edilmiştir.

Türkiye’de farklı bölgelerde oluşturulan yapılarda genellikle malzeme olarak taş, tuğla, kerpiç, ahşap ve yapım tekniği olarak taş yığma kâgir, karma gibi teknikler kullanılmıştır. Tez kapsamında incelenen kaya oyma yapılar ise geleneksel mimari yapım teknikleri ve malzeme seçimi açısından ahşap, kerpiç, tuğla, taş yığma kâgir ve karma yapım teknikleriyle oluşturulan yapılardan farklıdır.

Kaya oyma yapı, masif bir kayanın yerinde, yer üstünde veya yer altında, mekân yapma amacı için oyularak şekillendirilmesiyle oluşturulur. İnsan eli ile şekil verilmiş kaya alanlar kaya oyma yapı sınıfına girerken doğal yollarla oluşmuş mağaralar veya oyuklar bu sınıfa girmez [1]. Kaya oyma yapım tekniği bilinen diğer tüm tekniklerden farklıdır. Pek çok kaya oyma yapıda geleneksel mimaride kolon, kubbe, tonoz gibi kullanılan formların oyularak oluşturulduğu görülür. Bu yapıların oluşturulmasında bölgede bulunan kayaların kolay oyulabilmesi en önemli etkendir.

Kapadokya Bölgesi ve alanın doğal özellikleri hakkında bilgi veren ilk yazılı kaynak Strabo (MÖ 63/64-MS 24)’nun “Coğrafya” isimli kitabıdır. Onun çalışması pek çok batılı gezgine de ilham kaynağı olmuştur [2].

Bir Arap tarih kitabı olan Kitab al'uyun (832)'da Kapadokya'dan ve yeraltı yerleşim alanlarından bahsedilmiştir [2].

1704 ve 1706 yılları arasında Anadolu'yu ziyaret eden Paul Lucas'ın 1712'de yayınlanan kitabında [3] Kapadokya'daki piramidal şekilli evlerden bahsedilmekte ve bu evlerin sayısının yaklaşık 20 bin olduğu yazılmaktadır. Bu kitapta Lucas'a ait Kapadokya'yı tasvir eden bir de çizim bulunmaktadır. Lucas'tan sonra 1842 yılında William John Hamilton'un ve 1894'de Charles Texier ile Richard Popplewell Pullan'ın yaptığı çalışmalar bölge hakkında detaylı bilgiler içermektedir[4, 5]

Kaya oyma mimari hakkında ilk sistematik araştırmayı yapan ise Guillaume de Jerphanion'dur. De Jerphanion 1907 ve 1912 yılları arasında Kapadokya üzerinde çalışmış ve pek çok kaya oyma kiliseyi özellikleri ile beraber açıklamıştır [6]. Yaptığı çalışma bu yöre ile ilgili en geniş çalışmalardan biridir. De Jerphanion'dan sonra Marcell Restle kaya oyma yapılarıdaki duvar resimleri hakkında araştırma yapmıştır [7]. Giovannini'nin [8] 1971 yılında yayınladığı çalışmalara ek olarak, Nicole Thierry ve Michel Thierry daha önce incelenmemiş olan kiliselere ait araştırmalar yapmış ve bu araştırmaları 1982 yılında Histoire et Archeologie dergisinde yayınlamışlardır [9, 10]. İpşiroğlu and Eyüboğlu, Spiro Kosto, Lyn Rodley, Ann Wharton Epstein, Natalia B. Teteriatnikov, Catherine Jolivet-Lévy, Robert Ousterhout, Maria Andaloro gibi pek çok kişi Kapadokya Bölgesi kaya oyma kilise ve manastırları; kaya üzerindeki boyamalar, resimler ve freskler üzerine araştırmalar yapmıştır [2]. Bedia Yelda Olcay [11], Veronika Kalas ve Berna Alanyalı [2] kaya oyma yapıların mimari karakteristiği üzerine tez hazırlamış; Fitnat Cimşit Kapadokya'da bir yerleşim yerinin psiko-sosyal ilişkilere etkisini incelemiştir; Fahriye Hazer Sancar ise yeraltı şehirlerindeki enerji etkinliği konusunu araştırmıştır.

Reşat Ulusay, Tamer Topal, Özgü Kaşmer [12] ve Ömer Aydan gibi pek çok araştırmacı kaya-oyma yapılarda jeolojik özelliklerin ve problemlerin neler olabileceği konusunda yayınlar yapmışlardır. 2002 yılında Hare Küçükkılıç yaptığı tez çalışmasında hidrolik kireç harçlarının kaya oyma kiliselerdeki uygulamalarını [13], 2014 yılında ise Bilal Bilgili kaya oyma kiliselerdeki koruma sorunlarını incelemiştir [14].

1985 yılında Göreme Açık Hava Müzesi ve Kapadokya'da bazı kaya alanların UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne girmesinden sonra Göreme ve Kapadokya çevresi hakkında

çalışmalar artmış, ICCROM aynı yıl kaya oyma yapıların korunması için bir rapor hazırlamıştır [15]. 1988’de UNESCO Göreme’nin yapısal olarak korunmasına yönelik bir rapor hazırlamıştır [16] ICCROM 1995 yılında “Göreme Vadisi Kaya Oyma Kiliselerinin Korunması” konulu konferans düzenlemiştir, bu konferansta kaya oyma yapı sorunları dile getirilmiş ve bu sorunlara çözmek için uygulanabilecek öneriler tartışılmıştır [2].

Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapıları hakkında farklı konularda pek çok araştırma yapılmıştır [2]. Araştırmalarla kaya oyma ibadet yapılarının pek çok özelliği ortaya çıkarılsa da farklı sorunları olan bu yapılara bugüne kadar genel bir çözüm önerisi sunulamamıştır. Ayrıca yapılan araştırmaların genelde ibadet yapıları üzerine olduğu görülmektedir. Ancak kaya oyma yapılar sadece ibadet yapılarından oluşmamakta pek çok farklı işlev için kaya oyma mekânlar yapılmakta ve kullanılmaktadır.

Literatür geçmişine bakıldığında, kaya oyma yapıların kullanıma göre bütün türlerinde görülebilen farklı pek çok sorunun, iyileştirme adına yapılan yanlış uygulamaların devam etmemesi için malzeme özelliklerini ve alan jeolojisini gözardı etmeden yapılacak çözüm önerilerinin sunulması gerekliliği görülecektir.

1.2 Tezin Amacı

Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapıları binlerce yıldır kullanılmıştır [17] ve pek çoğu da halen kullanılmaktadır. Binlerce yıl ayakta kalan bu yapılarda pek çok problemler gözlenmiş, bazı yapılarda bu problemler restorasyon çalışmaları ile çözülmeye çalışılsa da Bilgili’nin tezinde [14] de belirttiği gibi müdahaleler çoğu zaman esas sorunun kaynağına inilmeden yapılmış ve bu durum çoğu zaman yapıya daha da çok zarar vermiştir.

Bugün de yapılan kaya oyma yapılar ile ilgili başvurulacak herhangi bir yönetmelik bulunmadığı için yöre halkı yapılarını tamamen geçmişten gelen bilgileri doğrultusunda yapmaktadır. Bugün oluşturulan kaya oyma yapılar teknolojinin de yardımıyla çok büyük boyutlarda yapılabilmekte fakat geçmişten gelen bilgi bu geniş açıklıkların geçilmesine, kaya yapısını anlamaya ve karşılaşılan sorunları çözümlenmeye yetmemektedir. Kaya oyma yapılarda geçmişte olan sorunlara çözüm önerileri getirilemediği gibi teknolojiyle beraber yeni sorunlar da ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma, kaya oyma yapı türünü araştırmak, farklı kaya oyma yapılarında karşılaşılan her türlü sorunu ortaya çıkarmak, karşılaşılan sorunlara yapının tamamını oluşturan kayanın özelliklerini göz ardı etmeden çözüm önerileri getirirken nelerin önemli olduğunu açıklamak ve yapılan önerilerle gerek tasarımcı gerekse kullanıcı sorunlarının çözülmesine yardımcı olmak amacıyla yapılmıştır.

1.3 Hipotez

Çalışma, kaya oyma yapıların kullanımına bağlı olarak en az bir adet ibadethane-mezar, kale, yeraltı şehri, depo ve sivil mimarlık örneğini kapsamaktadır. Bu kapsam çerçevesinde incelenen yapılar, Nevşehir ve Ürgüp çevresinden seçilmiştir.

Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapıları binlerce yıldır kullanılmasına rağmen sorunlarına ancak 20. yy sonlarında çözümler aranmaya başlanmış, çözümler üretilirken de çoğu zaman sorunun esas nedenine bakılmaksızın, geçici ve bazen de zararlı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu durum Bilgili'nin [14] tezinde de belirtilmiştir.

Yapılan bu araştırma ile farklı türden kaya oyma yapılarına ait sorunlarının açıklanacağı ve her bir sorunun kaynağı araştırılıp, bilimsel yöntemlerle desteklenerek öneriler getirileceği; böylece tasarımcı veya kullanıcının karşılaştığı herhangi bir sorun karşısında nasıl bir müdahale yöntemi izleyeceğine yardım edecek verilere ulaşılacağı varsayılmaktadır.

Çalışmada öncelikle Kapadokya Bölgesi ve çalışma alanlarının genel özellikleri ile tarihi hakkında bilgiler verilmiş; üçüncü bölümde, bölge jeolojisi ve incelenen yapıların bulunduğu alanların jeolojik özellikleri ele alınmıştır. Dördüncü bölümde Kapadokya Bölgesi'nde bulunan yapı türlerinden bahsedilmiş ve kaya oyma yapı türleri açıklanarak bu yapılarda görülen hasar türleri açıklanmıştır. Beşinci bölümde, incelenen alanlarda yapılan in-situ (alan) test verilerine ve bu alanlardan alınan örneklerle yapılan fiziksel ve kimyasal deney sonuçlarına yer verilmiş ve verilerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Son bölümde ise fiziksel, mekanik, kimyasal, petrografik, mineralojik ve görsel veriler yardımıyla bir sonuç oluşturulup, öneriler geliştirilerek çalışma sonlandırılmıştır.

BÖLÜM 2

KAPADOKYA BÖLGESİ GENEL ÖZELLİKLERİ

Kapadokya Bölgesi coğrafi sınırlarını kesin çizgilerle tanımlamak sınırlar tarihsel süreçte sürekli değiştiği için oldukça zordur. Morfolojik karaktere dayalı coğrafi sınır 23 Şubat 1973 tarih 7/5811 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile " Turistik Gelişimde Öncelikli Bölge" adı altında; Nevşehir ili sınırları içinde kalan alan ve Kayseri ili sınırları içinde yer alan Soğanlı Vadisi koordinatlar belirtilerek "Kapadokya Bölgesi" olarak tanımlanmıştır [18]. Pek çok yazılı kaynağa göre de Kapadokya Bölgesi Anadolu'nun merkezinde konumlanan, kuzeyinde Kızılırmak, güneyinde Toros Dağları, batısında Tuz Gölü ve doğusunda Kayseri ili olan alan olarak tanımlanmıştır [8, 19]. Şekil 2. 1'de kaynaklarda Kapadokya Bölgesi olarak tanımlanan alan gösterilmektedir.



Şekil 2. 1 Kapadokya Bölgesi haritası

2.1 Kapadokya Bölgesi Tarihçesi

Kapadokya adı eski Pers dilinde "Katpatuka" yani Tuka (Tucha)'ların toprakları, ya da "Güzel Atlar Ülkesi" anlamındadır. Bu bölgede yaşayan çeşitli toplulukların en önemli kısmını Grekler'in "Beyaz Suriyeli" (Leuco Syriens) olarak isimlendirdiği kavim oluşturmuştur. Bu ismin 2500 yıllık bir geçmişi vardır. MÖ. 5000-4000 arasında Kapadokya Bölgesi küçük topluluklar halinde yaşayan halkların merkezi olmuştur [18]. Kapadokya tarihini oluşturan dönemler ve topluluklar Çizelge 2. 1 'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. 1 Kapadokya Kronolojisi [20]

Kapadokya Kronolojisi	
MÖ 3000-1750	Asur Ticaret Kolonileri ve Hititler Dönemi
MÖ 1750-1400	Hitit Krallık Dönemi
MÖ 1400-1200	Hitit İmparatorluk Dönemi
MÖ 1200-1100	Ege ve Kuzey Kavimlerinin Kapadokya'ya Gelişi
MÖ 1100-950	Frigyalılar
MÖ 800	Hitit Tabal Krallığı'nın Bölgede Tekrar Canlanması
MÖ 950-585	Kimmer-İskit Akınları ve Lidyalılar'ın Egemenliği
MÖ 585-334	Pers Egemenliği
MÖ 334-335	Makedonya Komutanlığı (3 Ay)
MÖ 334- 17	Kapadokya Krallığı Dönemi
17-395	Roma İmparatorluğu Dönemi
395	Doğu Roma (Bizans) Devleti
1072	Türk Boylarının Bölgeye Yerleşmeye Başlaması
1086-1175	Danişmendliler Dönemi
1175	Anadolu Selçuklular Dönemi
1243	Moğol Hâkimiyeti
1318	Anadolu Selçuklu Devleti'nin Yıkılması
1318	İlhanlı Valisi Timurtaş'ın ve Eratna Bey'in Yönetimi
1340	Bağımsız Eratna Beyliği
1365	Karamanoğulları Beyliği
1381	Kadı Burhanettin Yönetimi
1398	Karamanoğulları'nın Bölgeyi Geri Alması
1398-1402	Osmanlı Egemenliği
1402	Timur'un Bölgeyi Karamanoğulları'na Geri Vermesi
1436	Sultan II. Murat'ın Nevşehir ve Kayseri 'yi geri alması
1466	Kapadokya'nın Kesin Olarak Osmanlı Topraklarına Katılması
1867	Nevşehir Niğde'ye Bağlanması
1902	Nevşehir'in Ankara Sancağına Bağlanması
1954	Nevşehir'in İl Olması

Çizelge 2. 1' de görülen yüzyıllarca Kapadokya üzerinde yaşamış farklı demografik, sosyal ve ekonomik yapıya sahip toplumlar kendi dönemlerine ait pek çok eser bırakarak bugünkü Kapadokya'nın oluşmasına katkı sağlamışlardır. Dinin sosyal hayat üzerinde aktif rol oynamasından dolayı bugün tarihi miras olarak kabul edilen pek çok eserin günlük yaşamın temel gereksinimlerini karşılamasının yanında dini mekân oluşturma amacıyla da yapıldığı düşünülmektedir.

Kapadokya'da yaşayan toplumların dini hayatlarına bakıldığında Hititler-Frigler gibi milattan önce Kapadokya'da yaşamış toplumlar çok tanrılı inanca sahiptir [21] ve bunun mimari eserlerdeki doğrudan etkisi tam olarak bilinmemektedir. MS 54 yılında Kapadokya'dan geçen ve havarilerden olduğu bilinen Aziz Paul bölgede ilk Hristiyanlık faaliyetlerini başlatmıştır [17]. Bu dönemde Kapadokya'da Roma İmparatorluğu hâkimiyeti olduğu için Hristiyanlığın ilk yılları çok tanrılı inancı olan olan Roma İmparatorluğu'nun ağır baskıları altında geçmiş, bu da Hristiyanları kayalık alanlara kaçmaya [20], bazı yeni kaya oyma yeraltı şehirleri oluşturmaya veya mevcut yeraltı şehirlerini genişletmeye yöneltmiştir [17]. Bazı kaynaklarda [22] kayalık ve tenha alanlara ibadet alanları yapılmasının sebebinin Roma İmparatorluğu'nun dikkatini çekmemek olduğu belirtilmektedir. Bölgede Hristiyanlık Roma İmparatorluğu kralı 1. Konstantin'in 313 yılında Hristiyanlığı din olarak kabul etmesinden [17] sonra Caesarea (Kayseri) başpiskoposu Aziz Basil, kardeşi Nissalı Gregory ve Naziruslu Gregory dini faaliyetlerini arttırmış, kaya kiliselerin ve manastırların bu bölgelerde geliştirilmesini sağlamıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2 MS 4. yy.da Nissa, Nazirus ve Kayseri'nin Kapadokya'daki yeri [23]

Daha sonra Bizans'ın Arap ve Sasaniler ile savaştığı dönemlerde Derinkuyu ve Kaymaklı gibi düz ovalarda yaşayan halk yeraltı şehirlerine, dağlık kesimlerde yaşayanlar ise kaya kilise ve hücrelere sığınmıştır [20].

Roma İmparatorluğu'ndan Bizans İmparatorluğu dönemine geçildikten sonra mezhep çatışmaları artmış, İmparator III. Leon'un ikonları yasaklamasıyla ilk İkonoklazm, yani dinsel tasvirlerin bilinçli olarak tahrip edilmesi dönemi başlamıştır (730-787). 787 yılında Hristiyan dini önderlerin aldığı toplu kararla İkonoklazm dinin gereği olarak kabul edilmiştir [24]. Bu karardan sonra bazı ikona yanlısı keşişler dinlerini kendi inandıkları biçimde yaşamak adına Göreme, Ürgüp ve Avanos çevresindeki kayalık, kuytu bölgelere sığınmışlardır. İkon kırıcı akımın Bizans'ta güç bulmasıyla taşlardan oyulmuş kilise ve manastırlara sığınanların sayısı artmış, 9-11. yy. larda Göreme ve Zelve önemli dini yerleşim yerleri haline gelmiştir [20].

Türklerin 1071'de Anadolu'ya girmesinin ardından demografik yapı yeniden değişmeye başlamıştır. 1096 yılında başlayan ve yaklaşık 2 yy. süren Haçlı seferleri sırasında Kapadokya büyük zarara uğramıştır [20, 25]. Daha sonra Moğol İmparatorluğu Kapadokya'yı bir üs olarak kullanmış ve sonraki yıllarda bölge farklı beyliklerin himayesi altına alınmıştır. Beylikler Dönemi'nden sonra kısa süreli yönetim değişimleri olsa da, bölge 1466 yılında Osmanlı egemenliğine kesin olarak girmiştir. 18. yy.da sadrazam Damat İbrahim Paşa Nevşehir'de (dönemdeki ismi Muşkara) imar ve iskân faaliyetlerinin arttırılmasını sağlamıştır [20].

1923'te Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulması ve Lozan Antlaşması'nın imzalanmasının ardından 1924 yılında yapılan nüfus değişimi ile bölgede yaşayan Rum halk ülkeyi terk etmiş ve pek çok mimari eseri geride bırakmıştır.

2.2 Kapadokya Bölgesi İklimi ve Bitki Örtüsü Özellikleri

Bakanlar Kurulu 1973 yılında Nevşehir ve Soğanlı'daki koruma alanlarını "Kapadokya Bölgesi" olarak tanımlamaktadır [18]. Bölgede Nevşehir ili sınırları içinde Göreme Ulusal Parkı, Karain, Karlık, Yeşilöz, Derinkuyu ve Kaymaklı yeraltı şehirleri, Kayseri ili sınırları içinde Soğanlı 1985 yılında UNESCO tarafından koruma altına alınmıştır. Koruma altına alınan 9883,81 hektarlık toplam alanın 309 hektarlık kısmını Soğanlı oluşturmaktadır [26]. Burası konum olarak Kayseri'nin Nevşehir ile olan doğu sınırındadır. Bu nedenle Kapadokya Bölgesi iklim ve bitki örtüsü verilerinde genel olarak Nevşehir'in iklim ve bitki örtüsü özellikleri esas alınmıştır.

2.2.1 Kapadokya Bölgesi İklim Özellikleri

Orta Anadolu'nun genelinde olduğu gibi Kapadokya'da da karasal iklim özellikleri görülür. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. 1980 – 1997 yılları arasında yapılan ölçümlerle sıcaklığın sıfırın altına düşmesinin ortalama 26 Ekim'de başladığı görülmüştür. Don oluşumunun bitiş tarihi ise ortalama 14 Nisan olarak belirlenmiştir [27]. Bu bilgiler doğrultusunda bölgede yaklaşık yılın yarısında don olayları yaşandığı anlaşılmaktadır. 1954-2013 yılları arasında yapılan ölçümlerde kaydedilen en düşük sıcaklık -23.6°C , en yüksek sıcaklık 39.5°C 'dir. En sıcak aylar genelde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Bu aylarda ortalama en düşük sıcaklık 12.5°C , ortalama en yüksek sıcaklık 25.7°C 'dir [28].

Yağış miktarı Haziran ayından başlayarak Ekim ayına kadar yıllık yağış ortalamasının altında kalmakta, özellikle Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları kurak geçmektedir [28]. İklimin niteliği itibarıyla kış ve bahar aylarında nem oranı daha yüksektir. 1960-1997 yılları arasında ortalama nem oranı % 60.6 ölçülmüştür [27].

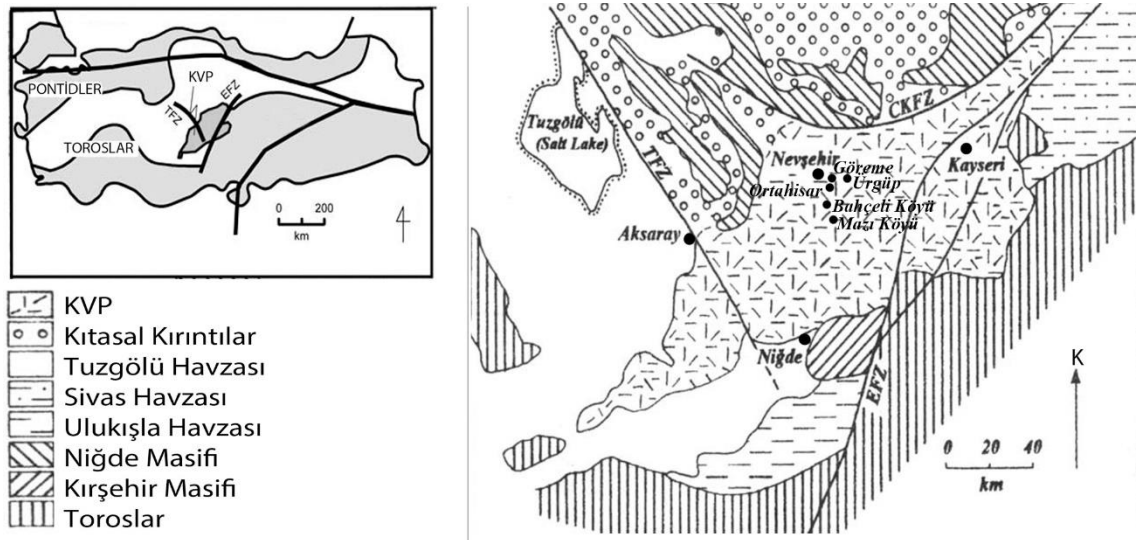
Bölgede genel olarak kış ve bahar aylarında güney ve batı rüzgârları, yaz aylarında ise kuzey ve doğu rüzgârları hâkimdir. Ortalama güneşlenme süresi 7,03 saattir [27, 28].

2.2.2 Kapadokya Bölgesi Bitki Örtüsü

Karasal iklimin hâkim olduğu bölgede genel bitki örtüsü bozkırdır. İlkbaharda büyüyen çayır ve dikenli çalı türü bozkır bitkileri Haziran ayında kurumaya başlamaktadır. Bölgede yaklaşık 9200 hektar baltalık ve koruluk orman alanı bulunmaktadır. Bu ormanlardaki hâkim ağaç türü meşedir [28]. Bu alanların dışında halkın geçim kaynağı da olan ve genelde vadilerde görülen söğüt, kavak, ceviz, kayısı, elma, armut gibi ağaç türleri yetiştirilmektedir. Bozkır alanlar ve ağaçlık kısımlar dışında tarım arazileri toplam il yüzölçümünün yaklaşık %61'lik kısmını kapsar [29]. Dolayısıyla bölgenin bitki örtüsünün büyük bir kısmını da patates, buğday, şeker pancarı, arpa, çavdar gibi tarla ürünleri oluşturmaktadır [29]. Bu ürünler bölge halkının temel geçim kaynaklarındandır.

2.3 Kapadokya Bölgesi Jeolojik Özellikleri

Çalışma alanı jeolojik olarak Kapadokya Volkanik Provansı (Alanı) (KVP) içinde yer almaktadır (Şekil 2.3). KVP, uzunluğu 250-300 kilometreyi bulan KD-GB yönünde genişleyen, Neojen (23,8-1,81. milyon yıl önce) –Kuaterner (1,81 milyon yıl öncesinden bugüne) [30] dönemde oluşmuş volkanik kuşaklardan biridir ve etrafında altı farklı alan bulunmaktadır. Bunlar; Niğde ve Kırşehir Masifi, Tuz Gölü, Sivas ve Ulukışla Havzaları ile Toroslardır (Şekil 2.3) [31].

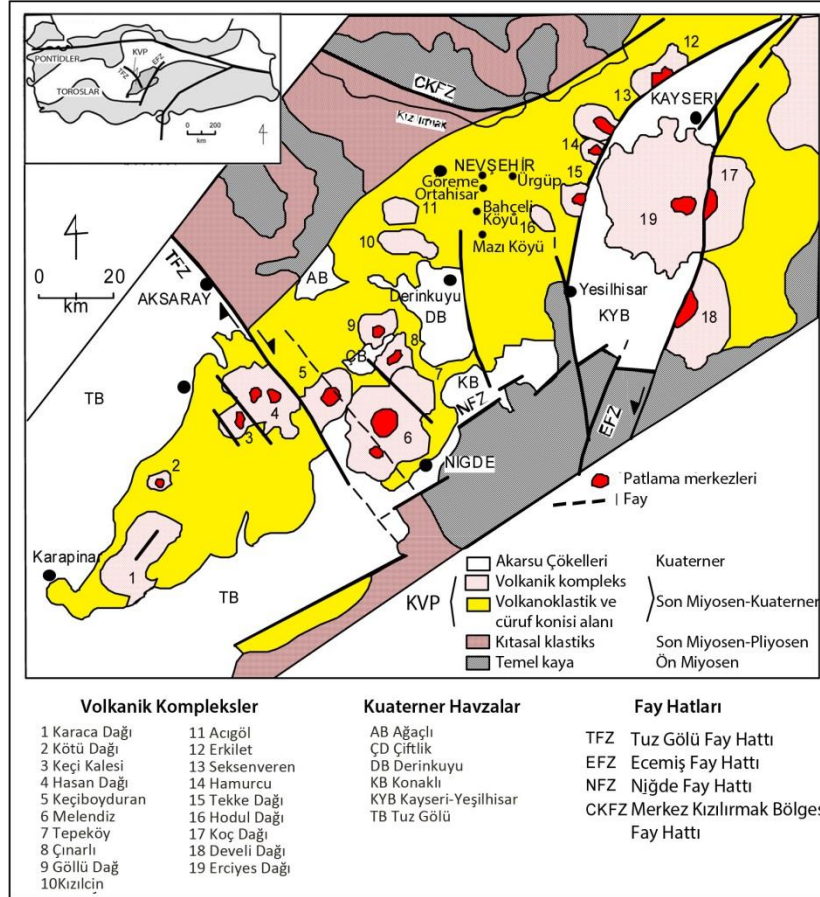


Şekil 2.3 Kapadokya Volkanik Provansı yeri ve çalışma alanı jeolojik oluşumu [31]

Kapadokya Volkanik Provansı'nda Afro-Arap levhası ve Avrasya levhasının meydana getirdiği sıkıştırma yaklaşık 100-60 milyon yıl önce Torosları oluşturmuştur. Bu dağların oluşma sürecinde yerkabuğunda meydana gelen çatlaklar, İç Anadolu'da volkanik dağ kümelerinin oluşmasına neden olmuştur. Bu dağlardan olan Erciyes, Develi, Hasan, Melendiz, Keçiboyduran ve Göllü Dağları'nın volkanik aktivitesi Pleistosen (1.81 milyon yıl önce-10 bin yıl öncesi) Çağ süresince devam etmiştir. Bu volkanik aktiviteler sonucunda püskürtülen farklı boyut ve türdeki malzemeler, erimiş lav ve bazalt akıntılarının oluşturduğu tüfsü, süngerimsi tabaka yaklaşık 10000 km² alanı kaplamıştır. Volkanik aktivitenin sonucu oluşan tabakaların değişimi Holosen Çağ'ın (10 bin yıl öncesinden bugüne) ılıman iklim koşullarından dolayı erozyona uğrayarak devam etmiştir [31].

2.3.1 KVP Stratigrafisi (Katmanları)

Stratigrafi sınıflaması, kayaların çeşitli özelliklerine ve jeolojik oluşum zamanlarına göre alt bölümlere ayrılmasıdır. Bu sınıflama, kaya türü özellikleri, fosil kapsamı, kayaların kökeni, fiziksel ve kimyasal bileşimi, yaşı, oluşma ortamı vb. birçok özelliklere dayandırılarak yapılır ve bütün çökel, magmatik ve metamorfik kayalara uygulanabilir [32].



Şekil 2. 4 Kapadokya Volkanik Provensi jeolojik haritası [31. ve 33. kaynaklardan faydalanılarak oluşturulmuştur]

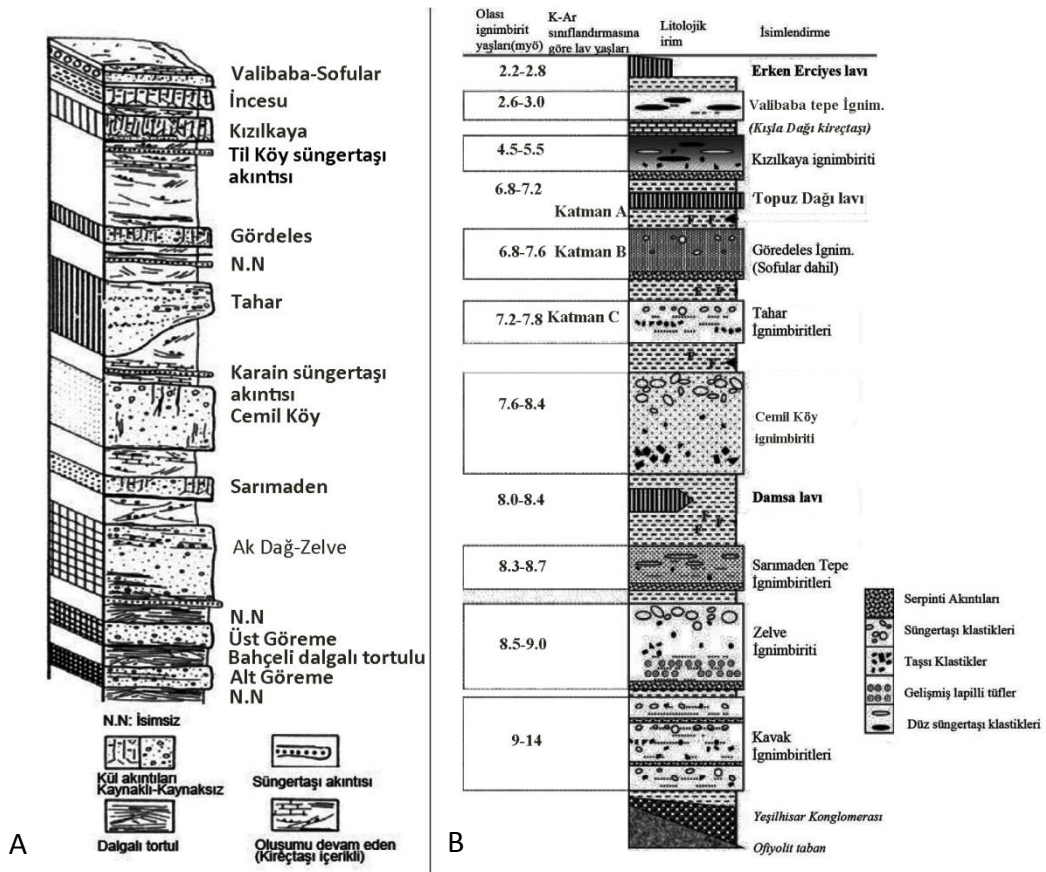
KVP stratigrafisinde beş farklı tür vardır (Şekil 2. 4). Bu stratigrafiyi oluşturan türler alttan üste doğru sırasıyla Ön Miyosen temel kayaları, Miyosen-Pliyosen Ürgüp Formasyonu, Miyosen-Kuaterner volkanik kompleksleri, Pliyosen-Kuaterner kıtasal klastikler¹ ve Kuaterner cüruf (volkanik kül) konisi alanlarıdır [31]. Şekil 2. 4'te de

¹ Klastik kayaçlar, kendinden daha eski kayaçların parçalarından oluşmuş tortul (çökeltili) kayaçların genel adıdır [114].

görüldüğü gibi tez kapsamında çalışma yapılan alanlar volkanoklastik ve cüruf konisi alanlarında yani Ürgüp Formasyonu' nda yer almaktadır.

2.3.1.1 Ürgüp Formasyonu

Formasyon, bir veya birkaç tip litolojik türden oluşan ve yapısındaki belirgin litolojik özelliklerden dolayı diğer birimlerden ayırt edilebilen kaya birimidir [32]. Ürgüp Formasyonu, Miyosen-Pliyosen dönemde volkanoklastik kayaçlar tefra¹ çökelleri veya ignimbiritler yani kaynaklanmış (birbirine yapışmış) tüfler ile ara katkı olan göl ve akarsu çökellerinin oluşturduğu katmandır. Yaklaşık 400 m kalınlığındadır [31]. Farklı kaynaklarda yer alan Ürgüp Formasyonu ignimbirit ağırlıklı dikey kesiti Şekil 2. 5' te görülmektedir. Formasyonda ignimbirit ve tortul birimler olmak üzere iki ana tür vardır.



Şekil 2. 5 A: Schumacher ve Mues-Schumacher'ın Ürgüp Formasyonu ignimbirit ağırlıklı dikey stratigrafi kesiti B: Le Penne vd.'nin Ürgüp Formasyonu ignimbirit ağırlıklı dikey stratigrafi kesiti [34. ve 35. kaynaktan faydalanılarak oluşturulmuştur]

¹ Tefra: Manto üzerindeki katmandır.

İgnimbiritler, ilk olarak Pasquaré tarafından 1968 yılında adlandırılmıştır. Pasquaré ignimbiritlerin olası kalınlıklarını ve yaşlarını belirlemiştir [36]. Bu formasyonda Kavak (bazı kaynaklarda [34] Göreme olarak adlandırılır), Zelve, Sarımaden Tepe, Cemilköy, Tahar, Gördeles ve Kızılkaya ignimbiritleri tortul birimlerden oluşan ara katkılar ile birlikte yer almaktadır [33]. Ayrıca ignimbiritlerin arasında Damsa ve Topuz Dağı lav akıntıları, üst katman olarak ise erken Erciyes lavı yer almaktadır.

Tortul birimler, Pasquaré tarafından ignimbiritlerden ayrılmış ve “Bayramhacılı” ile “Çökek” üyeleri¹ olarak adlandırılmıştır [36]. Bu tortul birimler, tabanındaki volkanik konglomera (çakıl kayaçlar) ve kayalar, orta kısmındaki marn (kireçli toprak), iri taneli tüfsü kumtaşları ve üst kısmındaki çamur, marn ve gösel kireçtaşı oluşumu ile tanınır [31].

2.3.1.2 Ön Miyosen Temel Kayaları

Temel kayaları, KVP tabanını oluşturan kayaç türlerine verilen isimdir. Kristal kompleksler, kireçli Paleosen klastikler ve Oligo-Miyosen klastikler üç ana temel kayası türüdür [31].

2.3.1.3 Volkanik Kompleksler

Miyosen-Kuaterner zaman aralığında oluştuğu düşünülen volkanik kompleksler, ana patlama noktaları ve çevresi olarak tanımlanmaktadır [31]. Bu kompleksler oldukça büyük topoğrafik alanları şekillendirmektedir. KVP’de volkanik kompleks oluşturan 19 ana patlama noktası bulunmaktadır (Şekil 2.4).

2.3.1.4 Kıtasal Klastikler

KVP’de kıtasal klastiklerin Pliyosen-Kuaterner dönemde oluştuğu düşünülmektedir. Bu klastikler KVP’de oldukça geniş alan kaplamaktadır. Bu çökeller tektonik ve volkanik faaliyetler sonucu oluşan havzaların içinde oldukları için genel olarak korunamamıştır [31].

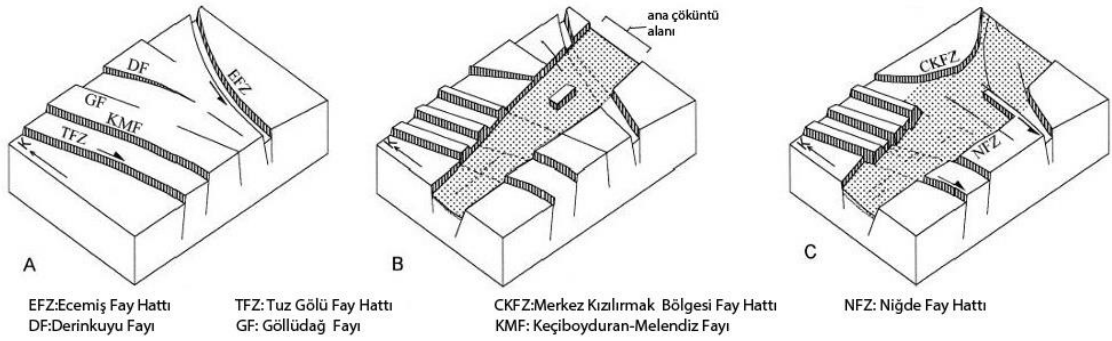
¹ Üye, formasyonun alt katmanlarında bulunan kaya birimidir.

2.3.1.5 Cüruf Konisi Alanları

Volkanik cüruf konisi alanları patlamaların ve birleşik lav akıntılarının oluşturdukları alanlardır. Kuaterner dönemde olduğu düşünülen cüruf konilerinin yayılma çapı 10 m.- 1,5 km arasında değişmekte, kalınlığı ise birkaç metreden birkaç yüz metreye kadar çıkabilmektedir. Bölgede yaklaşık 500 adet volkan konisi kümesi bulunmaktadır [31].

2.3.2 KVP Fay Sistemi

KVP'de Şekil 2. 4'de ve 2. 6'da görülen Tuz Gölü, Ecemiş, Niğde, Merkez Kızılırmak Bölgesi fay hatları ve Derinkuyu, Keçiboyduran-Melendiz ve Göllüdağ fayları bulunmaktadır. Toprak ve Göncüoğlu [37] KVP fay sistemini Tuz Gölü-Ecemiş fay sistemi ve KVP çekme karakterli fay sistemi olmak üzere ikiye ayırmıştır. Bu iki sistemde farklı dönemlerde farklı özellikler göstermiş ve KVP ana çöküntü alanının oluşmasında farklı etkiler oluşturmuşlardır (Şekil 2. 6).



Şekil 2. 6 KVP ana çöküntü alanının Miyosen-Kuaterner dönemleri arasındaki oluşumu
A: Ön-Orta Miyosen: Sadece TFZ aktif, alan K-G yönünde basınç etkisi altında.
B: Orta Miyosen-Ön Pliyosen: Bütün fay sistemleri normal faylanma şeklinde ve aktif.
C: Geç Pliyosen: TFZ aktif ve alan K-G yönünde basınç etkisi altında [31. ve 37. kaynaktan faydalanılarak oluşturulmuştur]

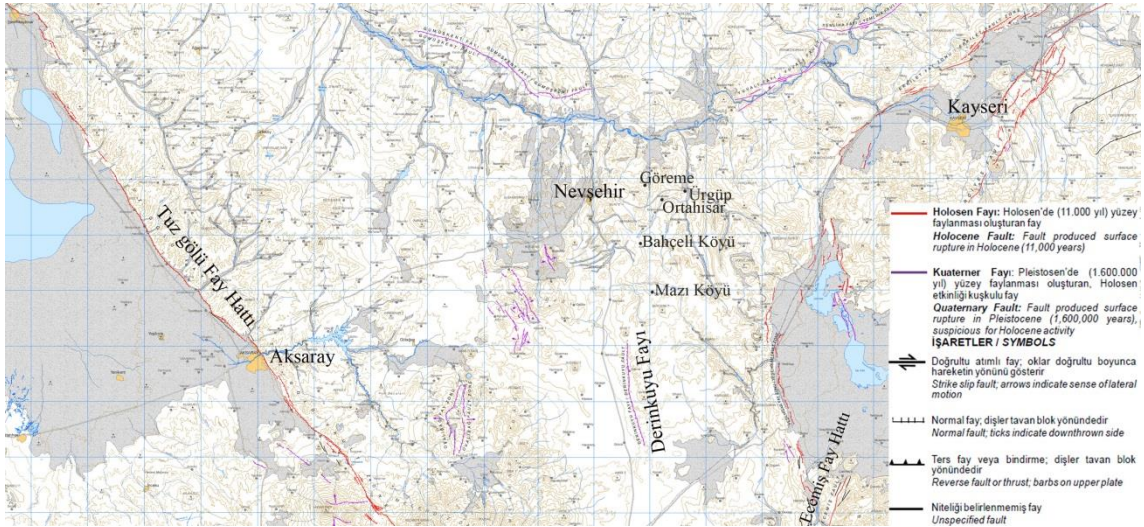
Tuz Gölü-Ecemiş fay sistemi: Bu sistemdeki ana faylar Keçiboyduran-Melendiz, Derinkuyu fayı ile Göllü Dağ fayı; ana fay hatları ise Tuz Gölü ve Ecemiş fay hatlarıdır (Şekil 2. 6). Tuz Gölü fay hattının güney kısmındaki faylar ayrıca Hasan Dağı etrafındaki fayları da oluşturmaktadır. Keçiboyduran-Melendiz fayı Hasan Dağı'nın 7-8 km. doğusundadır ve pek çok yeri en son lav ve kül akıntıları altında gömülmüştür [38]. Göllü Dağ fayı ise tamamen gömülmüş bir faydır.

Derinkuyu fayı, KVP merkezinde ve Göllü Dağ fayı ile Ecemiş fay hattı arasındadır. Derinkuyu yakınlarında şevler oluşturduğu için yeri kolayca tespit edilebilmektedir. K-G

yönünde aktiftir ve Kuaterner Derinkuyu havzasının sınırını oluşturur. Ecemiş fay hattı aktif bir sol-atımlı faydır ve KVP'nin güneyinde yer alan Türkiye'nin ana tektonik hatlarından biridir [31].

KVP çekme karakterli fay sistemi: Bu fay sistemini KVP'nin kuzeyindeki Merkez Kızılırmak Bölgesi fay hattı (CKFZ) ve güneyindeki Niğde fay hattı oluşturmaktadır. Niğde fay hattının kuzey bloğu diğer kısımlarına göre yaklaşık 500 m. kadar yüksektir [120]. CKFZ, Ürgüp Formasyonu oluşumunun son dönemlerine kadar etkin olmuştur ve KVP'nin volkanik aktivitesiyle aynı yaştadır [31]. Şekil 2. 7' deki diri fay haritasında görülmesi de CKFZ geç Kuaterner lav akıntılarını kestiği için halen aktif olduğu düşünülmektedir. Sistem içindeki bazı volkanoklastik kayalar içindeki faylar son volkanizma akıntıları ile gömülmüştür [38].

Kapadokya Volkanik Provensi'nin güncel diri fay haritası Şekil 2. 7' de görülmektedir. Tez kapsamında çalışma alanı olan Göreme, Ortahisar, Bahçeli Köyü ve Mazı Köyü'nü etkileyebilecek etkinliği şüpheli yerel bazı Kuaterner faylar ve Derinkuyu fayı ile aktif olan Ecemiş ve Tuz Gölü fay hatlarının konumları Şekil 2. 7 gösterilmiştir.



Şekil 2. 7 KVP Diri Fay Haritası [39. kaynaktan faydalanılarak oluşturulmuştur)

Bölge genel olarak 3. ve 4. derece deprem bölgesindedir ve bölgede son yüzyılda hasar yapıcı bir deprem kayıt edilmemiştir [40]. Bölgede son yüzyıl içinde gerçekleşmiş en büyük deprem 5.2 büyüklüğündedir ve 1940 yılında meydana gelmiştir [41]. Hasar yapan vakalar genel olarak kaya düşmeleridir. Kaya düşmesi Ürgüp, Avanos ve Merkez ilçeleri ile bu ilçelere bağlı yerleşim birimlerinde gözlenmektedir.

ÇALIŞMA ALANI: KAPADOKYA BÖLGESİ KAYA OYMA YAPILARI

3.1 Kapadokya Bölgesi Geleneksel Yapı Türleri

Kapadokya Bölgesi yapıları çeşitli çalışmalarda benzer şekilde sınıflandırılmaktadır. Erençin [42] 1979 yılında yaptığı doktora tezinde Avcılar Köyü'ndeki yapılar malzeme ve bazı tasarım ölçütlerine göre; kaya oyma yapı, eğimli alanda tasarlanmış kaya oyma ve yığma yapılar ve yola yönelen yığma yapılar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Ulusoy Binan [18] 1994 yılında yaptığı doktora tezinde Kapadokya Bölgesi konutlarını yapım tekniklerine göre kaya oyma, kaya oyma-yığma ve yığma konut olarak üçe ayırmıştır. Aynı sınıflandırmayı Solmaz [43] 2013 yılında Ürgüp, Mustafapaşa Köyü ve İbrahimpaşa Köyü konutlarının yapım tekniklerini araştırdığı yüksek lisans tezinde kullanmıştır. Bu tez kapsamında da tüm Kapadokya Bölgesi geleneksel yapıları, diğer çalışmalarla benzer şekilde taşıyıcı sistem yapım tekniğine göre; kaya oyma yapı, kaya oyma-yığma yapı, yığma yapı olmak üzere üç grupta ele alınmıştır (Şekil 3. 1).



Kaya Oyma Yapı

Kaya Oyma ve Yığma Yapı

Yığma Yapı

Şekil 3. 1 Kapadokya Bölgesi taşıyıcı sistem yapım tekniğine göre yapı türleri [50]

3.1.1 Kaya Oyma Yapılar

Bu tür yapılar masif bir kayanın yerinde, yer üstünde veya yer altında, mekân yapma amacı için oyularak şekillendirilmesiyle oluşturulur. İnsan eli ile şekil verilmiş kaya alanlar kaya oyma yapı sınıfına girerken doğal yollarla oluşmuş mağaralar veya oyuklar bu sınıfa girmez [1]. Pek çok kaya oyma yapıda geleneksel mimaride kullanılan kemer, kolon, kubbe, tonoz gibi formların oyularak oluşturulduğu görülür. Bu yapıların oluşturulmasında bölgede bulunan kayaların kolay şekillendirilebilme özelliği en önemli etkidir. Çelik, betonarme ve yığma yapı inşa kuralları yönetmelik ile belirlenmiş olsa da kaya oyma yapı inşası için henüz yönetmelikle belirlenmiş herhangi bir kural bulunmamaktadır.

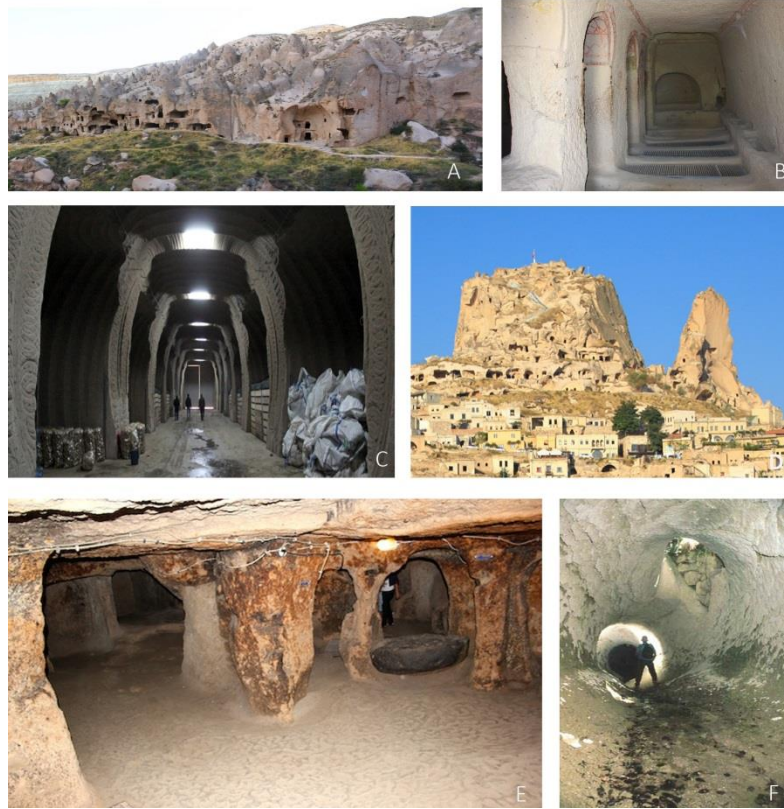
Kaya oyma yapılar sadece Kapadokya’da değil farklı kaya türlerinin oyulmasıyla Mısır’da, Kıbrıs’ta, İtalya’da, İran’da, Ürdün’de, Hindistan’da, İspanya’da, Çin’de, Hindistan’da, Etiyopya’da gömüt ya da mezar olarak; ibadethane ya da tapınak olarak veya yaşama alanı olarak farklı iklim etkileri altında oluşturulmuştur [1]. Hindistan’da kaya oyma yapılar daha çok mezar ve ibadethane olarak kullanılırken [1], Çin’in Loess platosu gibi bazı bölgelerinde 40 milyona yakın insan “Yaodong evi ” denilen kaya oyma yapıları yaşama alanı olarak kullanmaktadır [44].

Kaya oyma yapıları işlevlerine göre sınıflandıran Kıvılcım [2] bu yapıları yaşama amaçlı, ibadet mekânı ve mezar yapısı olarak üçe ayırmıştır. Bu sınıflandırmada kale, tabya gibi savunma yapılarının, Kapadokya’da binlerce metrekare kayalık alanlara oyulmuş olan depo yapılarının ve su tünellerinin sınıfı belirsizdir. Bu bilgiler doğrultusunda kullanım amacına göre bu tezde Kapadokya Bölgesi için yapılan sınıflandırma Şekil 3. 2’de gösterilmektedir.



Şekil 3. 2 Kapadokya Bölgesi kullanım amacına göre kaya oyma yapı türleri

Yapılan bu sınıflandırmada Nevşehir’de sivil mimari yapıları olarak Kaymaklı ve Derinkuyu yeraltı şehirleri başlıca olmak üzere farklı metrekarelerde 61 adet yeraltı şehri bulunmaktadır [31]. Yeraltı şehirleri genel olarak ikamet ihtiyacını giderme, hayvan barındırma ve güvenlik problemleri olduğu durumda savunma, gizlenme amacıyla kullanılmıştır. Yaşama alanı yapılarından yerüstü yapılarını genelde kayalık yamaçların bazen de konik kayaların içine oyularak oluşturulan ve yeraltı şehirleri gibi barınma-barındırma ihtiyaçları için kullanılan kaya oyma alanlar ve doğal gübre ihtiyacının karşılanması için oluşturulan kaya oyma güvercinlikler oluşturmaktadır. Diğer bir kaya oyma sivil mimari yapı örneği olan depolar ortam şartları uygun olduğu için turunçgiller ve patates depolamada kullanılmaktadır. Su tünelleri ise genelde belirli bir bölgenin su ihtiyacını karşılamak için oluşturulan tünellerdir. Bu yapıların örnekleri Şekil 3. 3’ te görülmektedir.



Şekil 3. 3 A:Yerüstü yapıları B: Kilise ve mezar C: Depo D: Kale E: Yeraltı Şehri F: Su tüneli [45-49]

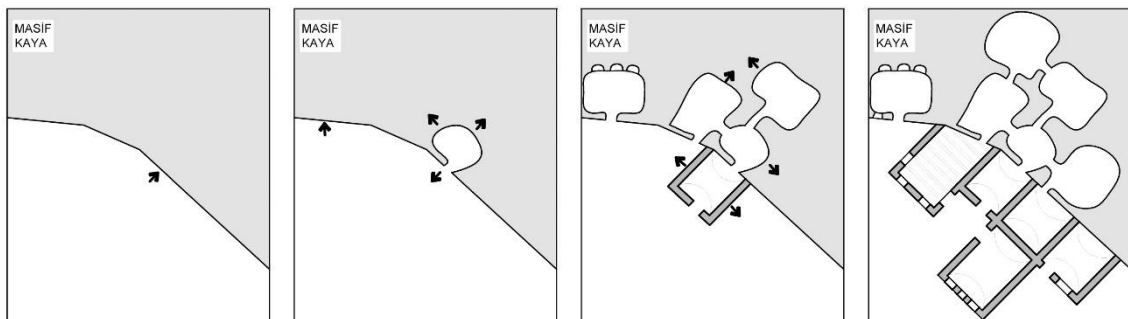
Askeri yapılar veya savunma yapıları olarak adlandırılan türde kalelerin bölgedeki başlıca örnekleri Ortahisar Kalesi ve Uçhisar Kalesi’dir. Bu kaleler genelde doğal yüksek tepelerin oyulmasıyla oluşturulmuş, güvenliği sağlamak ve gerektiğinde halkın bir

kısının güvenlik sorunu olduğu durumlarda sığınabileceği ulaşılması zor alan oluşturmak için yapılmıştır. Diğer bir savunma yapısı tabyalar ise genel de ikamet edilen yerlerin çevresinde oluşturulmuş, ikamet edilen alanlara gelebilecek tehlikelerin kolayca gözlenebildiği bir alanda konumlanan fakat yer olarak fark edilmesi zor alanlarda oluşturulmuştur. Bu yapıların kaleler gibi karmaşık yapısı yoktur. Sadece savaş durumunda değil gündelik yaşamda da eşkiya baskınlarından korunmak, baskınları haber vermek için açık bir şekilde görünmeyen alanlarda oluşturulmuş genelde küçük güvenlik noktaları özelliğindedir. Bu tür yapılardan kalenin bir örneği Şekil 3. 3'te görülmektedir.

Dini amaçlar doğrultusunda oluşturulan kaya oyma mezar yapılarına Hindistan gibi ülkelerde tekil olarak rastlansa da, Kapadokya'daki mezar yapıları genelde ibadethane ile birlikte rastlanmaktadır (Şekil 3. 3). Bölgedeki kaya oyma ibadet yapılarını genelde kilise, şapel ve manastırlar oluşturmaktadır. Bu tür yapılar ibadet etme, inzivaya çekilme, dini inancı yayma amaçları doğrultusunda kullanılmıştır.

3.1.2 Kaya Oyma - Yiğma Yapılar

Bu tür yapılar belirli bir amaç için oyulmuş masif bir kayanın üzerine yiğma yapı yapılması, mevcut kaya oyma yapıya ek bir revak veya odanın yiğma ile tamamlanması veya kaya oyma mekânın bir kısmının kaba veya ince yonu taş ile tamamlanması ile oluşturulan yapı türüdür. Kaya oyma-yiğma yapıların genel özelliği, büyütülebilir ve çoğaltılabilir olmasıdır [42]. Kaya oyma-yiğma yapıların oluşturulma aşamaları Şekil 3. 4' te şematik olarak açıklanmıştır.



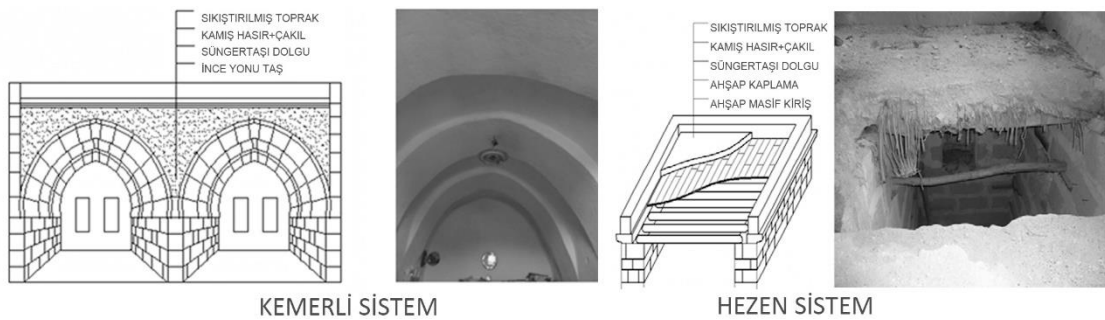
Şekil 3. 4 Kaya oyma-yiğma yapıların oluşturulma şeması

Bölgede bu tür yapılar herhangi bir mekânsal gereksinim için kullanılabilir. Kaya oyma alanının üzerine yapılan yapılarda alt kısımda genelde samanlık, ahır, kiler gibi

birimler oluşturulurken, üst kısım konut işlevi için kullanılır. Ahırın yaşanılan mekânın altında oluşturulmasının temel nedeni, özellikle kış aylarında alttaki sıcak mekânın ısısından yararlanmaktır. Ayrıca sıcak havalarda serin olması gereken yiyeceklerin depolandığı ve saklandığı kiler gibi alanlar kaya mekânlar içerisinde oluşturulmaktadır.

3.1.3 Yiğma Yapılar

Bölgedeki bu tür yapılarda temeller genelde alttaki kaya zeminin oyulmasıyla veya taş ile inşa edilir. Bu tür yapıların taşıyıcı duvarlarının iç ve dış kısmı genelde bölgeden elde edilen ince yonu taşlarla oluşturulurken bu taşların arasına “şillez” denilen samanlı çamur ile karışık moloz doldurulmaktadır. Bu binaların çatıları, sık yerleştirilen kemerlerle ya da “hezen” denilen ahşap kirişlerle oluşturulur. Kemerli sistemde ~1.0-1.2 m. uzunluğundaki taşlarla örülen kemerlerin üzeri uzun taşlarla kaplanır. Kemerlerin üzeri süngertaşı ile doldurulup düz bir zemin elde edildiğinde kamış hasırlar serilir. Hasır üzerine serilen çakılların üzerine ~15 cm kadar örtülen toprak, “dam yuvarlağı” denilen yassı tekerlek şeklindeki bir kaya parçası ile sıkıştırılır. Hezen kirişli sistemde masif ahşap kirişler ~0.60-1.0 m. aralıklarla dizilir ve üzeri ahşap kaplanır. Ahşap ile kaplanan alanın üzerine sırasıyla süngertaşı, kamış hasır ve çakıl serilir. Mevcut katmanların üzerine toprak örtülüp sıkıştırılır (Şekil 3. 5).



Şekil 3. 5 Yiğma yapı kemerli sistem ve hezen sistem detayları [50]

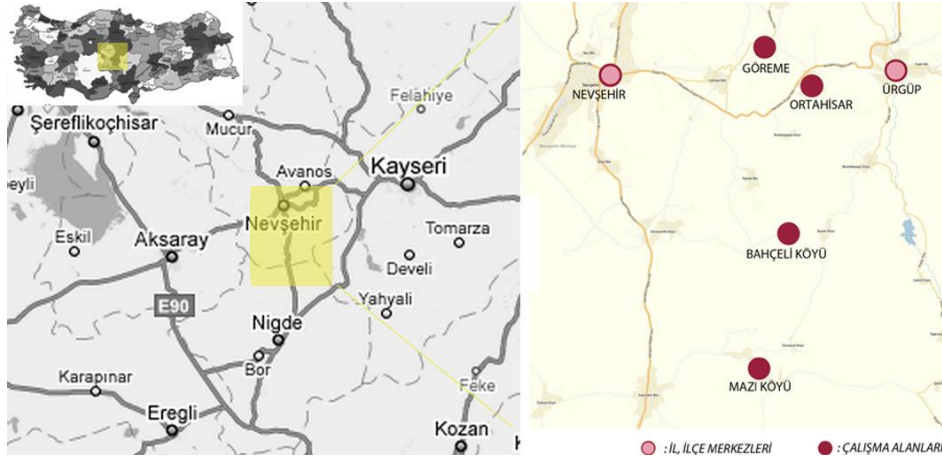
Kaya oyma-yiğma yapı türünde olduğu gibi genellikle iki katlı yapılan bu yapı türünde de ahır, ısısından yararlanılması amacıyla genelde yaşama alanının altında tasarlanmaktadır. Yiğma yapıda eyvan ve revak gibi yarı açık alanlarda yapının diğer birimlerini birbirine bağlayan birimler niteliğinde oluşturulmaktadır. Kapadokya Bölgesinde betonarme, yiğma-betonarme ve çelik yapılar gibi çeşitli türden yapılar bulunsa da bu yapılar bölgenin geleneksel yapıları arasına girmemektedir.

3.2 Kapadokya Bölgesi Kaya Oyma Yapı Örnekleri

Tez kapsamında kullanım amacına göre incelenen Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapıları Çizelge 3. 1’ de ve bu yapıların konumları Şekil 3. 6’ da görülmektedir.

Çizelge 3. 1 Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapı örnekleri

Konum	Kullanım amacı	Yer	Yapı
Yerüstü	Dini Yapı/ Mezar-İbadethane	Göreme Kasabası	Malta Haçlı Kilise
Yerüstü	Askeri yapı/Kale	Ortahisar Kasabası	Ortahisar Kalesi
Yeraltı	Sivil Mimari/Yaşama alanı	Mazı köyü	Mazı Yeraltı Şehri
Yerüstü	Sivil Mimari/ Yaşama alanı	Bahçeli Köyü	Konut ve hayvan barınağı
Yerüstü-Yeraltı	Sivil Mimari/Depo yapıları	Bahçeli Köyü	Depo



Şekil 3. 6 Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapı örnekleri konumu

3.2.1 Göreme Açık Hava Müzesi: Malta Haçlı Kilise

Göreme tarihi hakkında kesin bilgilere ulaşılamasa da tarihinin Kapadokya tarihi ile benzer olduğu ve Göreme ile ilgili 6. yüzyıla ait bir belgede ilk olarak “Korama” adına rastlanıldığından en eski adının bu olduğu düşünülmektedir. Daha sonra bu isim “Korama Matiana”, Maccan; Cumhuriyet döneminde Avcılar ve 1975 yılında Bakanlar Kurulu kararıyla Göreme olmuştur [51].

Göreme, Nevşehir merkezine 10 km uzaklıkta bulunan bir kasabadır. Yerleşim alanı jeolojik olarak yaklaşık 7,5 milyon yıl önce Miyosen-Pliyosen dönemde oluşan Ürgüp Formasyonu, Kavak Üyesi (tük) içinde yer almaktadır [52] (Şekil 2. 4). Formasyon katmanlaşması kasaba içindeki pek çok peribacasında gözle görülebilmektedir (Şekil 3.

7). Göreme ve çevresinde son yüzyıllarda hasar verici herhangi bir deprem meydana gelmemiştir [41].



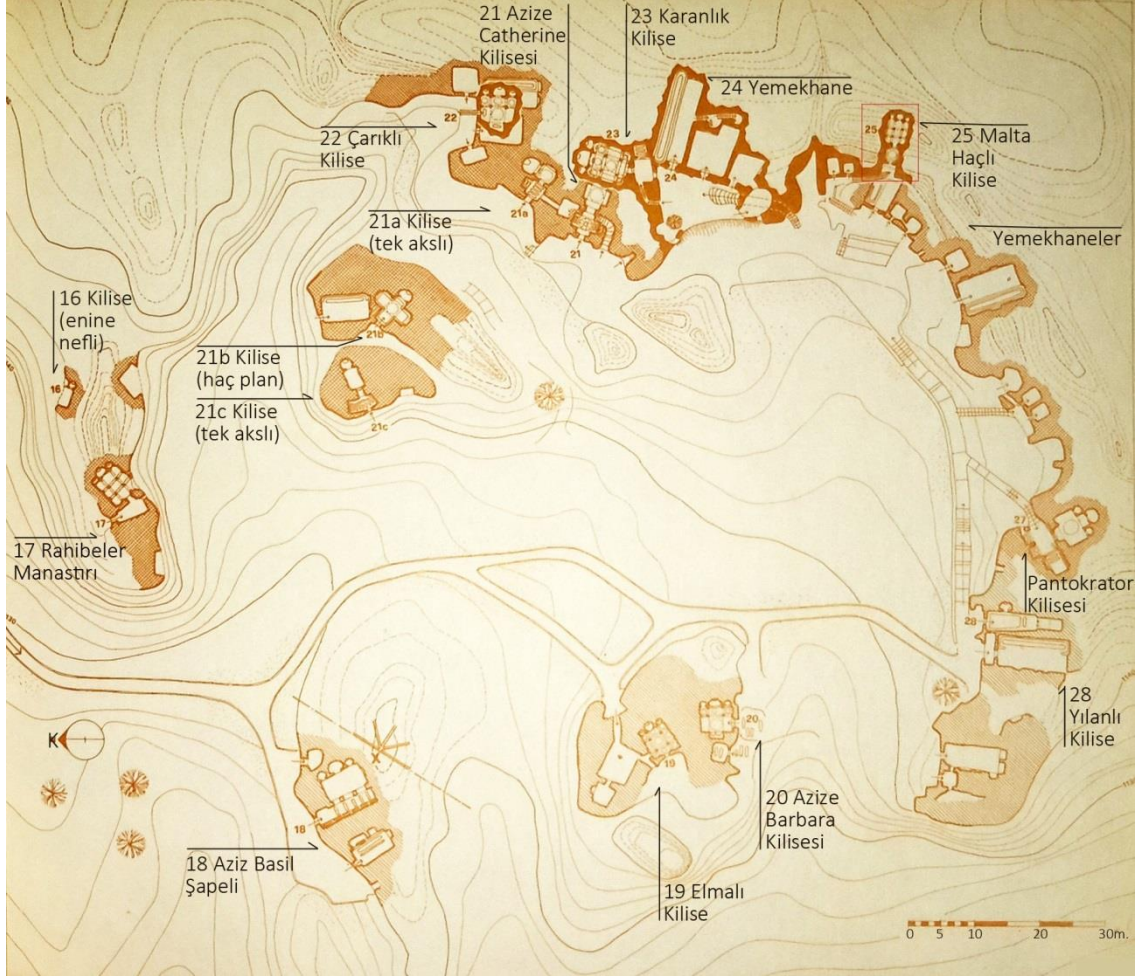
Şekil 3. 7 Göreme genel görünümü [53]

Göreme'ye bir km uzaklıkta bulunan Göreme Açık Hava Müzesi'nin 1985 yılında UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne girmesi ile Göreme kasabası bir turizm merkezi haline dönüşmüştür.

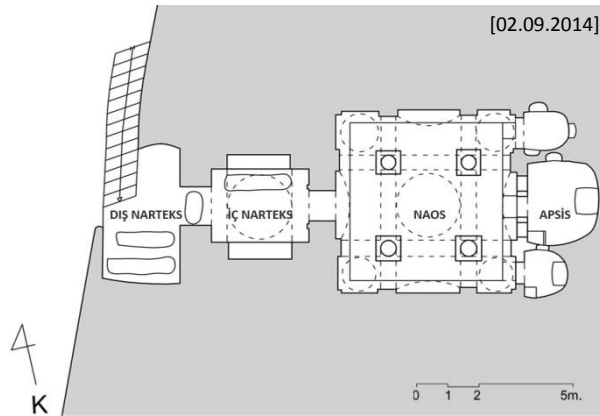
Müze MS 4.-13. yüzyıllar arası manastır hayatının yaşandığı kaya oyma yapılardan oluşan bir alandır. Vadiyi oluşturan masif kaya kütlelerinin içine yemekhaneler, keşiş odaları, kiliseler, şapeller, manastırlar ve oturma mekânları oyularak oluşturulmuştur. Müze'de Rahipler (Erkekler) ve Rahibeler (Kızlar) Manastırı, Aziz Basil Kilisesi, Azize Barbara Kilisesi, Azize Catherine Kilisesi, Elmalı Kilise, Yılanlı Kilise, Çarıklı Kilise, Karanlık Kilise, Pantokrator Kilisesi, Malta Haçlı Kilise ve isimsiz pek çok kilise vardır (Şekil 3. 8).

Müzenin planı ve görünüşü detaylı olarak ilk defa Giovannini [8] tarafından çizilmiştir. Planda ve görünüşte her bir kaya oyma yapı numara verilerek tanımlanmıştır. Şekil 3. 8'de Göreme Açık Hava Müzesi'nde bulunan kaya oyma alanlar, Giovannini'nin yaptığı numaralandırma ile mekânlara verilen güncel isimler gösterilmektedir.

Malta Haçlı Kilise, Göreme Açık Hava Müzesi'nin güneydoğusundaki yemekhanelerin üzerine oyulmuştur. Kilise, Giovannini'nin çizimlerinde 25 numaralı kilise olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3. 8). Nevşehir Müze Müdürü Murat Ertuğrul Gülyaz, bu kilisedeki tüm haç figürlerinin dört kolu eşit olan Malta hacı şeklinde olmasından dolayı buraya Malta Haçlı Kilise ismi verildiğini belirtmiştir. Tez kapsamında da kilise için belirtilen isim kullanılmıştır.



Şekil 3. 8 Göreme Açık Hava Müzesi planı [8., 53. ve 54. kaynaklardan faydalanılarak oluşturulmuştur]



Şekil 3. 9 Malta Haçlı Kilise planı

Kilise kare içinde haç planlıdır [126] (Şekil 3. 9). Dış narteksinde iki, iç narteks girişinde bir mezar vardır. İç narteks ve naos tavanı kubbe şeklinde oyulmuştur. Naosta merkezi kaya oyma kubbeyi dört kaya oyma kolon taşımaktadır. Köşelerdeki dört kubbe, kenarlardaki tonozlar, kemerler ve apsis kısmındaki 3 adet tonoz kayadan oyularak

oluşturulmuştur. Naostan iki basamak çıkılarak ulaşılan ana apsis ve yan apsisler at nalı biçimindedir. Üç apsisde de zeminden yaklaşık 1 m yükseklikte altar¹ bulunmaktadır. Naos ile apsis arasında bu iki kısmı ayıran kemerli pencereler ve kapı olarak kurgulanmış olan templon duvarı² vardır. Bu duvar at nalı biçiminde oyulmuş kemerlerle orta apsisde üç, kenar apsislerde tek açıklıklı olarak düzenlenmiştir(Şekil 3. 9). Naosa giriş kapısından yaklaşık 2 m. yukarıda başka bir kaya oyma alana geçiş bulunmaktadır, fakat bu alana ulaşılammıştır. Kilise tabanı ziyaret esnasında zarar görmemesi için ahşap yükseltilmiş platform ile kaplanmıştır.

Kilise girişi müze içindeki yürüyüş patikasından yaklaşık 6-7 m. yüksekliktedir. Giriş cephesi kapı üzerindeki 7 küçük ve kapı yanındaki iki büyük at nalı kemer oyuntusu ile süslenmiştir (Şekil 3. 10). Genel olarak cephe bölgenin yerel kaya dokusuna uygun cephesi, düzensiz yapıdadır. Kilise plan kurgusu, cephe özellikleri ve bezemeleri ile sade olarak nitelendirilebilir.



Şekil 3. 10 Malta Haçlı Kilise dış görünüşü, ana apsis görünüşü ve iç oyma kubbe detayı
Yapı jeolojik olarak Göreme'nin içinde bulunduğu Ürgüp Formasyonu, Kavak üyesi (tük) içerisinde.

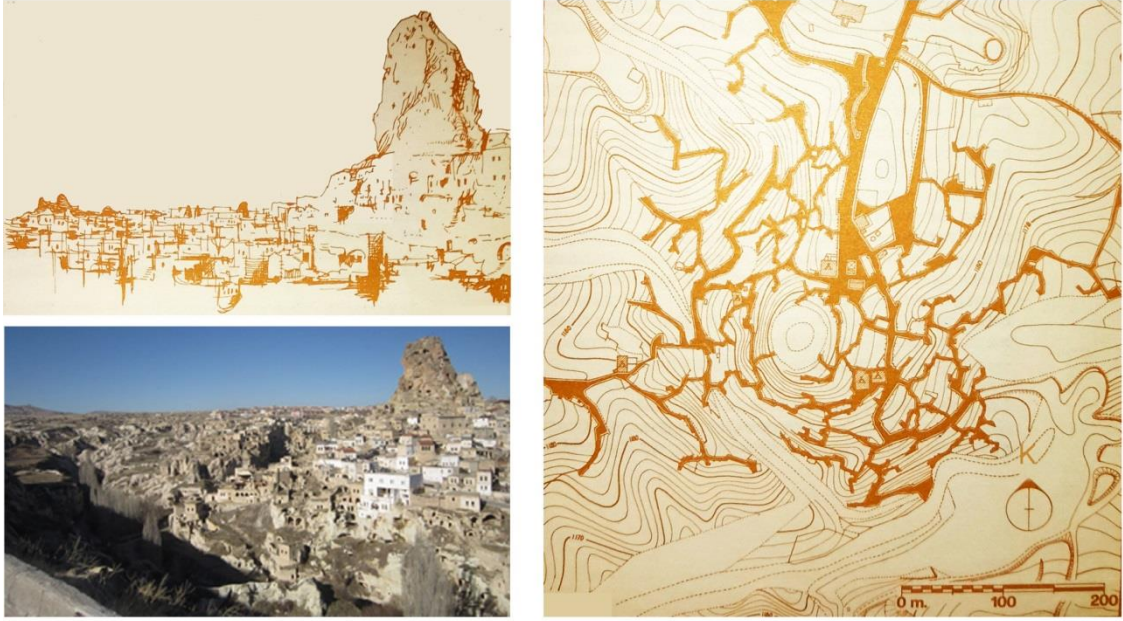
3.2.2 Ortahisar: Ortahisar Kalesi

Ortahisar Kasabası'nın kuruluş tarihi tam olarak bilinmese de MÖ 1500'lü yıllarda kurulmaya başlandığı düşünülmektedir [56]. Kasaba, 1985 yılında UNESCO tarafından korumaya alınan Göreme Tarihi Milli Park alanı içerisinde [57]. Kasabanın il

¹ Altar: Yüksek yer, sunak.

² Templon duvarı: Orta nefi veya naosu apsisten ayıran bölme [55]

merkezine uzaklığı 15 km'dir. İçerisinde bölgenin en yüksek yapılarından biri olan Ortahisar Kalesi'ni bulundurmaktadır. Kasaba kalesiyle turizme hizmet ederken, etrafındaki yüzlerce kaya oyma depo ile turunçgiller ve patates depolama işlevlerine hizmet etmektedir. Kasabanın genel görünüşü ve planı Şekil 3.11'de görülmektedir. Kasaba, jeolojik olarak Ürgüp Formasyonu içerisinde (Şekil 2. 4).



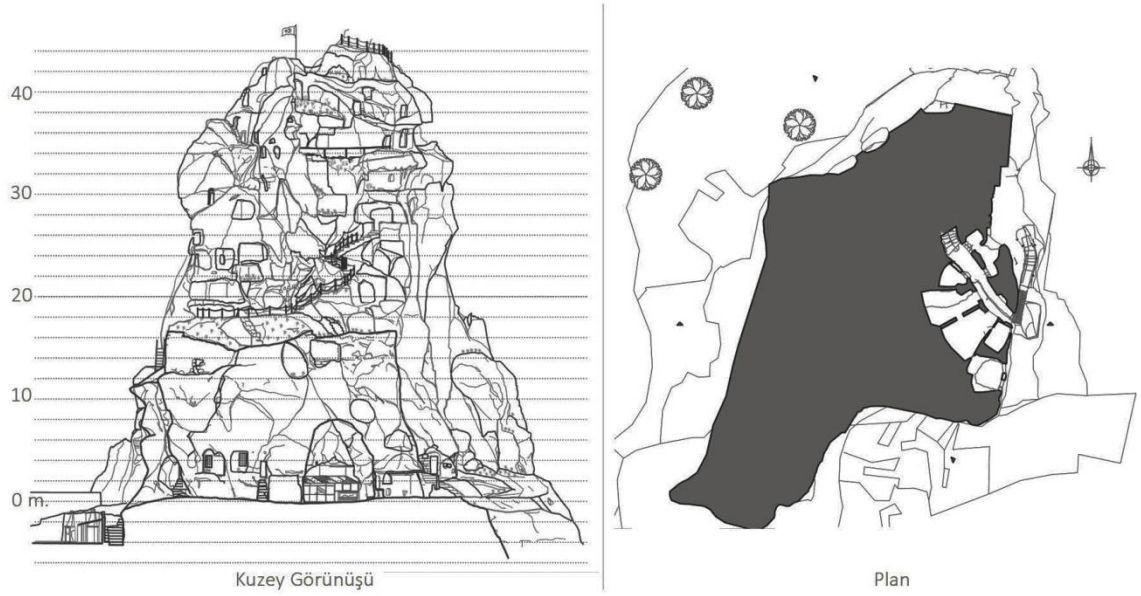
Şekil 3. 11 Ortahisar genel görüntüsü ve planı [8. kaynak ve kişisel arşiv kullanılarak oluşturulmuştur]

Ortahisar Kalesi, yüzlerce yıl bazen savunma bazen yaşam alanı olarak kullanılmıştır. Kalenin alt kısmı 1916 yılında kasaba olan Ortahisar'ın ilk belediye binası olarak işlev görmüştür. Yapılan yeni belediye binası ile bu alan terkedilmiş ve kale bakımsızlıktan ve kaya düşme tehlikesi nedeniyle bir müddet kullanılamamıştır. Son yıllarda restorasyon çalışmaları yapılmış ve kalenin bir kısmı gezilebilir hale getirilmiştir.

Yapılan restorasyon çalışmaları kapsamında bazı kaya parçaları kontrollü olarak düşürülmüş, bazı mekânlara çelik kolonlar ve yığma taş duvarlar eklenmiş, bazı duvar çatlakları, içeriği tahmini olarak belirlenen harç (%25 hidrolik kireç, %75 volkanik tuf tozu) ile onarılmıştır [58].

Kalede farklı kotlarda düzenlenen mekânlarda herhangi bir çizim veya fresk bulunmamaktadır. Kale'nin bulunduğu tabana göre en yüksek noktasının yüksekliği 45.0 -50.0 m'dir [58]. Üst kotlara geçiş bazen oyulmuş merdivenler ile bazen de düşey

oluşturulmuş dar tüneller ile sağlanmaktadır. Kalenin kuzey cephesi görünüşü ve kale tabanına göre ~20 m. yükseklikte bulunan alanların planı Şekil 3. 12’de görülmektedir.



Şekil 3. 12 Ortahisar Kalesi kuzey görünüşü ve planı [58. kaynaktan faydalanılmıştır]

Ortahisar Şekil 2. 4’te görüldüğü gibi Ürgüp Formasyonu içerisinde yer alsa da kalenin yüksekliği değiştikçe farklı litolojik özellikte kayalara rastlanmıştır.

3.2.3 Mazı Köyü: Mazı Yeraltı Şehri

Yeraltı şehirleri insanların ve genellikle hayvanlarının da yaşadığı yeraltına oyularak oluşturulan toplu yaşama alanlarıdır. Kapadokya Bölgesi’ndeki yeraltı şehirlerinin ilk kez kimler tarafından inşa edildiği henüz saptanamamıştır. Ancak Hitit şehirlerindeki savunma sisteminde “potern” adı verilen yeraltı geçitlerine sıkça rastlanması ve bunların çok ustaca yapılması nedeniyle, yeraltı şehirlerinin yapımında ya da genişletilmesinde Hititlerin de katkısının olduğu düşünülmektedir [59]. Yeraltı şehirlerinde ele geçen bütün bulgular MS 5.-10. yüzyıllar arasında Bizans dönemine aittir. Bu durum ise Bizans dönemi halkının da yeraltı şehirlerinin inşasında rolü olduğu düşüncesini desteklemektedir [59]. Yeraltı şehirleri konusunda en eski yazılı kaynak, MÖ 4. yüzyılda yaşayan Xenophon’un Anabasis adlı kitabıdır. 1960-1970 yılları arasında bölgedeki yeraltı şehirleri hakkında ilk kapsamlı çalışmayı yapan Martta Urban, yeraltı yerleşimlerinin yapım yılını MÖ 6.-7. yüzyılları olarak belirtmiştir [59]. Ayhan’ın [31] tezine göre Nevşehir’de 61 adet yeraltı şehri bulunmaktadır. Bu yeraltı şehirlerinin 18’i gezilebilmekte, 34’ünün yeri bilinmekte, 9’unun ise ismine sadece bazı

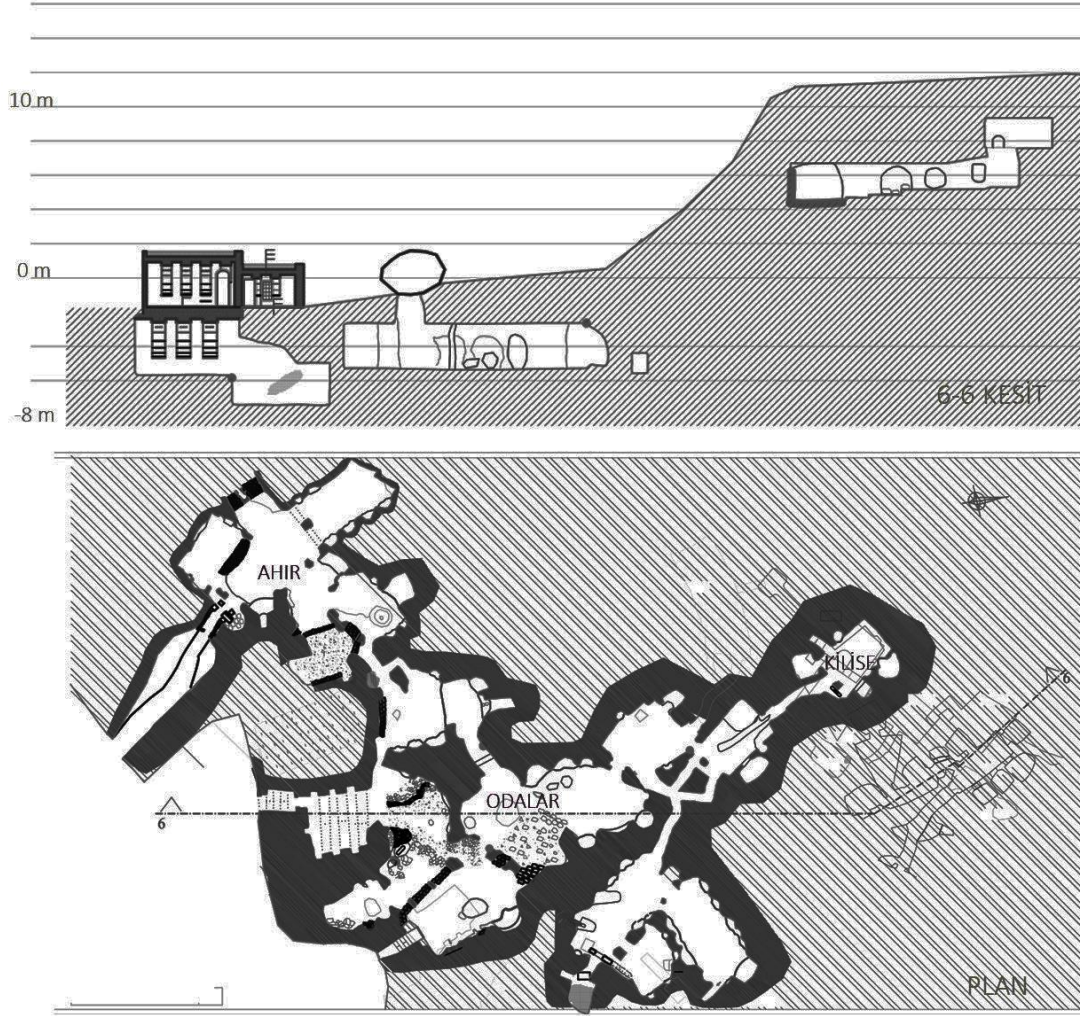
kaynaklarda rastlanmaktadır. Sterrett [60] bir kişinin 30 günde 100 m³ alan oyabileceğini belirtmiştir. Bu bilgiye göre bölgedeki tüm yeraltı şehirlerinin oluşturulması için yoğun iş gücü harcandığı açıktır. Örneğin: Derinkuyu Şehrinin hacmi ~ 30000 m³'tür. Ayhan [31] yeraltı şehirlerinin genelde yassı ve yanları dik tepelere yapıldığını belirtmiştir.

Mazı Yeraltı Şehri, Ürgüp'e bağlı ve 25 km uzaklıkta bulunan Mazı Köyü'nde yer almaktadır. Köyün batısında yer alan ve üst kısmı düzlük bir tepenin altına oyulan bu yeraltı şehri 1970'li yıllarda bulunmuştur [59]. Bulunduğu yıldan bu yana aktif olarak kullanılmamıştır. Son yıllarda bir kısmı restore edilmiştir. Şekil 3. 13'te yeraltı şehrinin dıştan ve içten görünümü gösterilmektedir.



Şekil 3. 13 Mazı Yeraltı Şehri

Mazı Yeraltı şehrinin güneyinde üç, doğusunda bir adet olmak üzere dört farklı girişi bulunmaktadır. Güneydeki girişlerden birinden bir taş evin altına, oradan da yeraltı şehrine ulaşılmaktadır. Güneydeki diğer girişler ana giriş alanlarıdır. Doğudaki giriş üst kotta olup şehrin üst katlarına açılmaktadır. Şehrin alt ve üst katları tünellerle birbirine bağlanmıştır. Şehrin giriş kısımlarında genelde ahırlar bulunmaktadır. Ahırlardan sonra odalara ve dar koridorlardan geçilerek kiliseye ulaşılmaktadır. Şehrin kuzeyinde yer alan kilisenin içinde 8m derinliğinde su kuyusu ve üst katlar ile irtibatı sağlayan düşey tünel bulunmaktadır. Bazı mekânların girişinde ortası delik kapı (süngü) taşı bulunmaktadır. Şehirde farklı kotlarda farklı boyutlarda pek çok oda bulunmaktadır. Bazı alanlara ise çökme nedeniyle ulaşılamamıştır. Şekil 3. 14' te yeraltı şehrinin giriş kat planı ve bir kesiti görülmektedir.



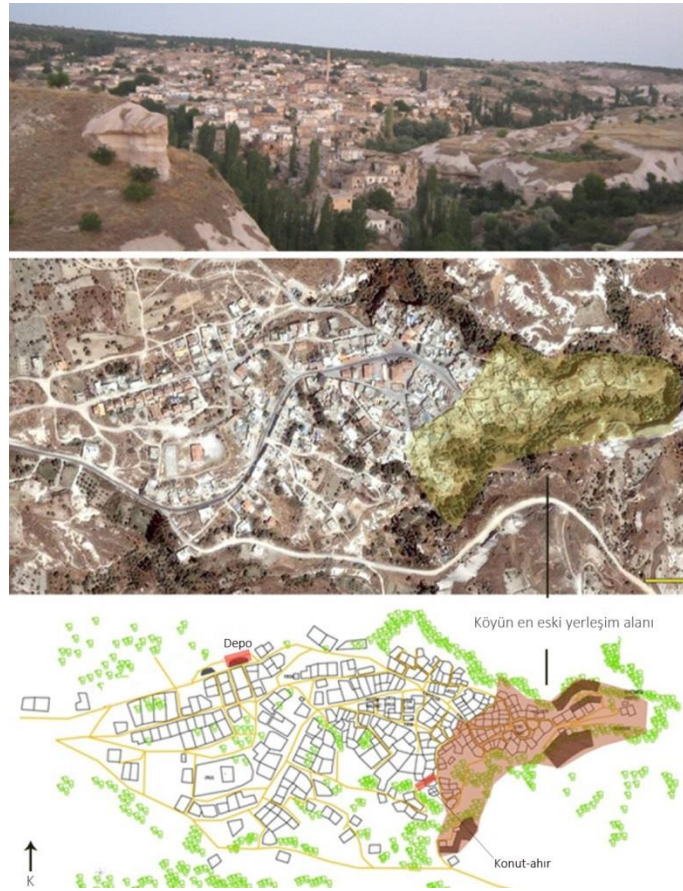
Şekil 3. 14 Mazı Yeraltı Şehri planı ve kesiti [59. kaynaktan faydalanılmıştır]

Yeraltı şehri Kavak üyesi içine oyulmuştur [61]. Kavak üyesi genel olarak masif ve sağlam bir yapıdadır, fakat yer yer tektonik çatlaklar tarafından kesilmektedir. Şehrin oyulduğu tepenin üzerindeki Karadağ üyesi kayalarda düşey yönde oluşmuş tektonik kökenli çatlaklar bulunmaktadır [61]. Çatlaklar, kaya düşmeleri ve blok devrilmeleri açısından önemlidir. Kaya düşmelerini ve blok devrilmelerinin engellemek için restorasyon kapsamında düşey çatlaklı üst kayalar çelik halatlar ile sarılmış ve kısmi olarak stabil hale getirilmiştir.

3.2.4 Bahçeli Köyü: Konut ve Hayvan Barınağı

Çalışma alanı olarak Ürgüp'e bağlı ve 24 km. uzaklıkta bulunan Bahçeli Köyü'nden konut ve hayvan barınağı seçilmiştir. Köyün tarihi hakkında kesin bilgiler bulunmasa da vadiye yerleşmiş olan köyün doğu kısmında, özellikleri yeraltı şehrine benzeyen

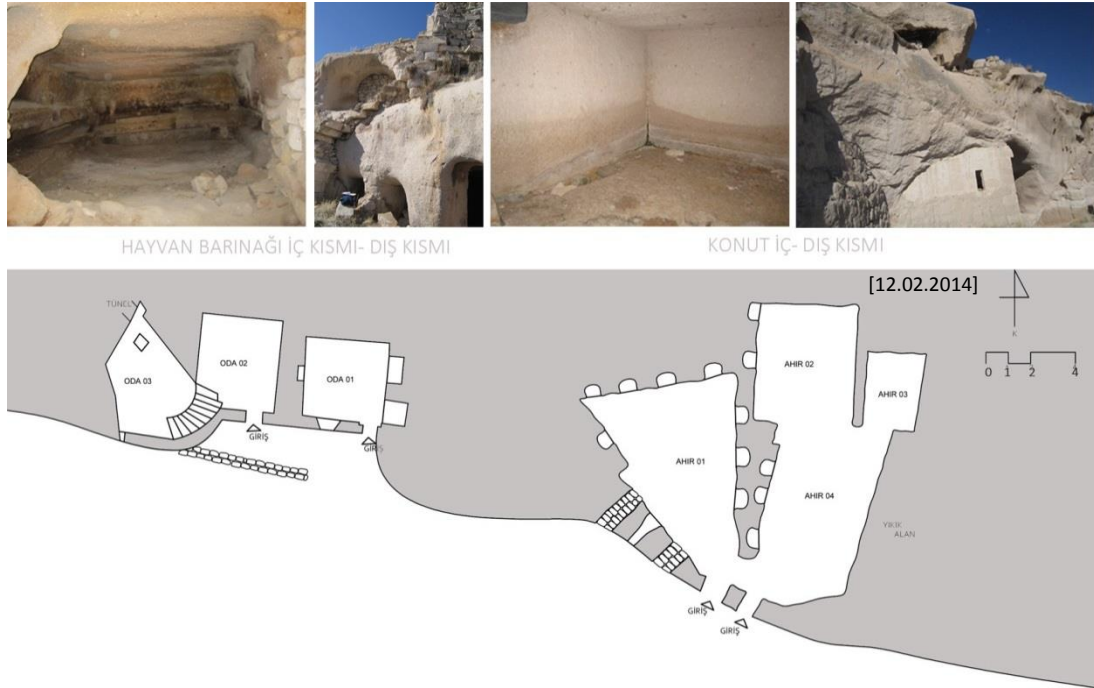
alanların ve geçitlerin bulunması, köydeki yaşamın Hititler'e kadar uzanabileceği düşüncesini güçlenmektedir [59]. Köyde Osmanlı'dan kalma yapılaş tarihi Rumi 1179 (Miladi 1766) olan Osman Efendi Camii bulunmaktadır. Köy iki küçük ırmak arasında vadiye yerleşmiş yaklaşık 200 yığma ve pek çok kaya oyma-yığma ya da kaya oyma ev ve depodan oluşmuştur. Köyün genel görünümü ve vaziyet planı Şekil 3. 15'te görülmektedir. Köy etrafında kaynaklarda geçmeyen iki adet kilise bulunmaktadır. Bunlar halk tarafından "Ala Kilise" ve "Kırk Kule" olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3. 15 Bahçeli Köyü vaziyet planı ve genel görünüşü [50]

Konut ve Hayvan Barınağı olarak köyün güneyinde bugün kullanılmayan ve terkedilmiş bir ev ve ahır (Şekil 3. 16) seçilmiştir. Evin bazı odalarının girişi yığma taş duvar ile kapatılmıştır. Evin doğudaki bir odasında kapalı olduğu için nereye ulaştığı bilinmeyen bir tünel bulunmaktadır. Köyde bu türden tünellerden pek çok tarihi evde görülmektedir. Tünellerin yapılma nedeni ise tehlike durumlarında köy sakinlerinin gizlice ulaşımının sağlanmasıdır. Evin iki odası düzgün dikdörtgen şeklinde oyulmuştur. Evin bazı kısımlarının nem aldığı fark edilmiştir. Ahırın yemlik kısımlarından küçükbaş

hayvan için kullanıldığı anlaşılmaktadır. Ahırın doğu kısmındaki kaya çökmüştür. Ahır içindeki kayalarda yer yer yoğun şekilde kesit azalması görülmektedir.



Şekil 3. 16 Bahçeli Köyü konut ve hayvan barınağı planı ve genel görünüşü

3.2.5 Bahçeli Köyü: Depo yapısı

Depo yapıları sadece Bahçeli Köyü ve çevresinde değil Kapadokya'nın genelinde çok sık görülebilecek kaya oyma yapı türüdür. Binlerce metrekareyi bulan depo alanları büyük açıklıklarda oyulup turuncgiller ve patates depolamasında kullanılmaktadır. Yer altı doğal soğuk hava depoları, Kavak ve Ortahisar kasabalarında yoğundur. Depoların kazıldığı arazinin Üst Miyosen ile Kuaterner dönemde oluştuğu belirtilmektedir [62]. Andezit tuf formundaki volkanik çökellerin oluşturduğu kayalara oyularak depo yapıldığında tarım ürünlerini depolamak için en uygun koşulların elde edildiği görülmüştür [17]. Depo tavanları ve yer yüzeyi arasında genel olarak ~5-15 m. mesafe olmaktadır. Deponun üzerindeki alanlarda tarım faaliyetleri devam edebilmektedir. Depo yapıları oluşturulurken ~5-6 m aralıklarla havalandırma bacaları açılmaktadır. Havalandırma bacalarının çok sık oluşturulması bacaların açıldığı üst kısımdaki bağcılık faaliyetlerine engel olabilmektedir.

Depoların ortalama nem oranları % 97-99 arasında değişmektedir. Depolama açısından nem oranının yüksek olmasının ideal olduğu belirtilmektedir [62]. Depolarda sıcaklık

kışın 3-7 C° arasında değişirken yaz aylarında 7-12 C°'yi bulmaktadır. Yaz aylarında deponun kapıları ve havalandırma bacaları açılarak içerideki nem oranının katkısıyla doğal yollardan soğutma yapılmaya çalışılmaktadır [62]. Kaya oyma depolar önceleri el ile oyulurken bugün bu alanları oluşturmak için özel oyucu makineler kullanılmaktadır (Şekil 3. 17).



Şekil 3. 17 Kaya oyma makinesi [62]

Bahçeli Köyü'nden seçilen depo yapısı planı, iç ve dış görüntüsü ile havalandırma bacası detayı Şekil 3. 18'de görülmektedir. Bahçeli Köyü genel olarak Ürgüp Formasyonu içerisinde yer almaktadır.



Şekil 3. 18 Bahçeli Köyü depo yapısı dış-iç görünüşü ve planı

KAPADOKYA BÖLGESİ KAYA OYMA YAPILARI HASAR TÜRLERİ

Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapılarında görülen hasarları analiz etmek ve saptamak için öncelikle yapının her elemanını oluşturan kayada meydana gelen hasarlar araştırılmıştır.

4.1 Taşlarda Oluşan Hasar Nedenleri

Taş, kimyasal veya fiziksel durumu değişiklikler gösteren, rengini içindeki maden, tuz ve oksitlerden alan sert ve katı bir malzemedir [63]. Taşta meydana gelen kimyasal ve fiziksel değişimler taşta hasar verirken, yapıda taş ile oluşturulmuş elemanları, birimleri veya tüm sistemi etkileyebilmektedir.

Taşta bozulmaya yol açan nedenler, iç ve dış etkenler olarak ikiye ayrılmaktadır [64]. Hasara yol açan iç nedenler olarak **taşın bulunduğu yer** ile **taşın mineralojik, petrografik, mekanik, kimyasal ve fiziksel özellikleri** sayılabilir [64, 65] . Taşın çıkartıldığı ocağın ve kullanıldığı alandaki konumunun özellikleri hasar oluşup oluşmamasında etkindir.

Hasara yol açan dış etkenler ise deprem, sel gibi **doğal afetler**, neme neden olan **yer altı suyu**, ultraviyole ışınlar, donma-çözünme, ıslanma-kuruma, ıslanma-kısmi kuruma ve ısınma-soğumaya neden olan **atmosfer etkileri, tuzlar, çevre kirliliği, savaşlar, bilinçsiz ve hatalı kullanım, canlılara bağlı tahripler, titreşim etkileri ve Vandalizm**'dir [64, 65, 66].

4.2 Taşlarda Oluşan Hasar Türleri

Taşlarda görülen bozulmaların türünün bilinmesi, hasar için uygulanacak müdahale yönteminin belirlenmesinde çok önemlidir. Müdahale yapılmadan önce hasar türü kesin olarak belirlenmelidir. Taşlarda görülen hasar türleri genel olarak şunlardır:

Yüzey kaybı, taşta iç veya dış etkenlerle ortaya çıkan taşın dış kısmında oluşan çeşitli derecelerdeki kayıpların genel adıdır. Yüzey kaybı derinliğine göre; ölçülebilen taş yüzeyinin özgün yüzeyden en fazla 5 santimetre içeride olduğu (< 5 cm) durum ve taş yüzeyinde ölçülen yüzey kaybı derinliğinin 5 cm'den fazla olduğu (> 5cm) durum olarak iki farklı grupta incelenir [64].

Parça Kopması, taşın bir bölümünün, meydana gelen çeşitli etkiler nedeniyle ana kütlede ayrılmıştır [64] (Şekil 4. 1) .

Boşluk- Delik türü hasarlar taşta insan eli ile yapılan bozulma türüdür.

Oyuklanma, taneli yapıdaki taşlarda dış etkiler nedeniyle iri tanelerin zayıflayarak yerinden çıkmasıdır [64] (Şekil 4. 1). Bu durum taş yüzeyinde gelişigüzel oyuklar şeklinde gözlenir.

Çatlak, oluşum sırasında ya da doğal afetler, zemin oturmaları ve titreşim etkileri gibi nedenlerle malzemede oluşan yarıklardır. Çatlaklar, yüzeyde görülen kılcal çatlaklar ve derin olan yapısal çatlaklar olmak üzere ikiye ayrılır [64] (Şekil 4.1).



Parça kopması



Oyuklanma



Yapısal çatlak

Şekil 4. 1 Kapadokya Bölgesi'nde taşta hasar türlerinden parça kopması, oyuklanma ve yapısal çatlak

Kavlanma, taş yapısı ve nem nedeniyle taş yüzeyinde kalınlığı 0,5-1 mm'yi geçmeyen ince kabarma ve pul pul dökülme şeklinde meydana gelen bozulma türüdür [64] (Şekil 4. 2).

Yapraklanma, taş yüzeyinin tabakalar halinde kabarak yaprak görünümünde, çeşitli kalınlıklarda ve geniş tabakalar halinde ayrılmasıdır. Üst tabakaların alt tabaka yüzeyi ile ilişkisi zayıflar ve zamanla dökülmeler meydana gelir [64] (Şekil 4. 2).

Yüzey kirliliği, genellikle hava kirliliğine bağlı olarak ortaya çıkan, yüzeylerin yağmur suyu ile yıkanabilen bölümlerinde oluşan gri renkli ve ince bir tabaka şeklindedir. Bu bozulma türü genellikle süreksiz, ince ve yüzeyseldir [64] (Şekil 4. 2).



Kavlanma örnekleri



Yapraklanma



Yüzey Kirliliği

Şekil 4. 2 Kapadokya Bölgesi'nde taş hasar türleri: Kavlanma, yapraklanma ve yüzey kirliliği

Kabuk oluşumu, taş yüzeyinin genellikle yağmur suyunun doğrudan ulaşmadığı kısımlarında hava kirliliği sonucu oluşur. Kalın ve koyu gri-siyah renkli kabuk şeklinde bir bozulma türüdür [64].

Kirliliği oluşturan etkene ve taş özelliklerine göre kabuğun yapısı, yüzeyle ilişkisi, kalınlığı ve rengi değişir. Örneğin kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklı yakıtlar havadaki sülfür (S) kaynaklı kirliliğin esas kaynağıdır [65]. Sülfür, oksijen (O_2) ile birleşerek kükürdioksit (SO_2) gazını, kükürdioksit oksijen ile birleşerek nem çeken bir

gaz olan kükürttrioksidi (SO_3) oluşturur. Bu gaz neme maruz kaldığında sülfürik asit oluşur. Bu asit kalkerli taşlarda¹ alçı taşı ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) yani kabuk tabakası oluşumuna sebep olur [65].

Alçı taşının hacmi kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) hacminden 1.7 kat fazla olduğu için taşta kabarıp dökülme şeklinde hasarlar da görülebilir [65] (Şekil 4. 3). Kirlilik devam ettiği sürece kabuk giderek kalınlaşır ve geçirimsiz bir örtü oluşturarak taş yüzeyinin nefes almasını engeller [64] (Şekil 4. 3).



Şekil 4. 3 Kapadokya Bölgesi'nde taş hasar türleri: Kabuk oluşumu, kabuk oluşumu sonucu dökülme ve çiçeklenme

Çiçeklenme; hava kirliliği, su, ıslanma-kuruma etkisi, kullanılan kimyasal maddeler sonucu suda çözünebilen tuzların gözenekli kayaçların bünyesine girmesiyle oluşan bir hasar türüdür [64, 65] (Şekil 4. 3). Taş gözeneklerine giren tuzlar, buharlaşma sonucu taş yüzeyinde ve kılcal çatlaklarda birikir. Biriken tuz osmoz² şartlarını oluşturup sürekli tuz birikimine sebep olur [65]. Tuzların birikmesi sonucunda taş yüzeyi, beyaz ve pudramsı bir görünüm alır [64] (Şekil 4. 3).

¹ Kalkerli taş: Kireç içerikli taş

² Osmoz: Çözücü maddelerin az iyon bulunan alandan çok iyon bulunan alana geçmesi [65]

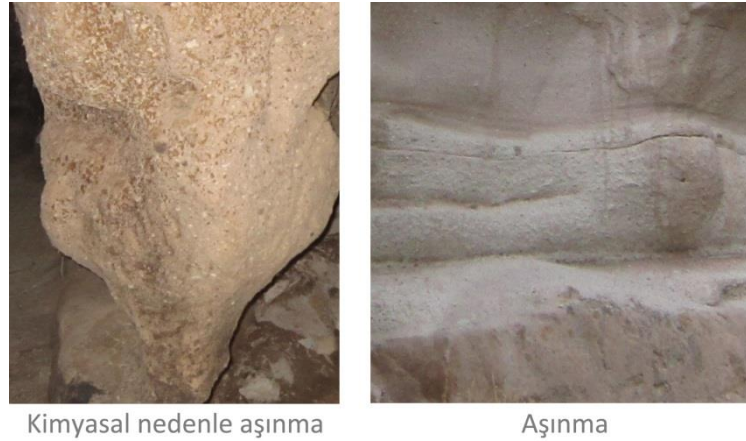
Taşın emdiği su miktarı ve havadaki bağıl nem oranı yüksek, rüzgârın hızı düşük ise, kuruma yavaşlar ve tuz kristalleri taşı terk edemedikleri için, taşta iç basınçlar ve çatlaklar meydana gelir [65]. Ayrıca taşta çiçeklenme ile birlikte yüzey aşınmaları da görülebilir [64].

Taşın içerisindeki gözeneklerde çiçeklenme meydana gelmesi durumu gizli çiçeklenme olarak adlandırılır[64].

Şekerlenme, taşlarda özellikle kalsit kristallerinin yoğun olduğu mermerlerde aşırı sıcaklık değişimlerinin etkisiyle bu kristallerin genişip büzülmesi, çiçeklenme ve diğer çevresel etmenler dolayısıyla mermerin boşluklu hale gelmesidir. Bu sebeple taş yüzeyinde kesme şeker dokusuna benzer bir doku oluşur [67].

Aşınma, taş yüzeyinde deformasyon, kenarlarda yumuşama, yuvarlaklaşma ve elemanın kesitinde incelme meydana gelmesi durumudur [64] (Şekil 4. 4). Fiziksel/ mekanik ve kimyasal aşınma olarak ikiye ayrılır [68]. Fiziksel-Mekanik Aşınma ısı gerilme, gerilme boşalması, su basıncı, tuz oluşumu ve biyolojik etkenlerden dolayı meydana gelebilir [68]. Kimyasal aşınma, taşın çözünmesi (Şekil 4. 4), sıvı ile etkileşim, oksitlenme, canlı organizma etkisi, erime oluşturan (karstik) etkenlerden dolayı meydana gelebilir [68].

İşlenmiş taş yüzeylerindeki bezeme formunun aşınmasına form kaybı denir [69].

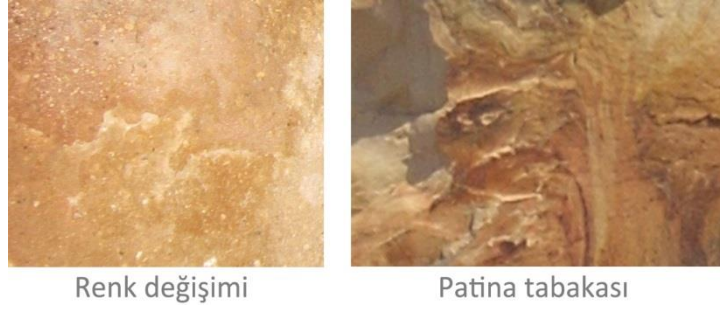


Şekil 4. 4 Kapadokya Bölgesi'nde taş hasarı türlerinden aşınma

Renk değişimi, gün ışığı, ultraviyole (UV) ışınları, su, nem ya da mikroorganizma etkisiyle taşı oluşturan minerallerin kimyasal değişime uğraması sonucunda, taşın çeşitli bölgelerinde meydana gelen lekelenme ve renksel farklılaşmalarıdır [64] (Şekil

4.5) . UV etkisi ile taş renginin açılması daha çok karbonatlı ve feldspatlı¹ kayalarda görülür [65]. Organik madde içeren bazı taşlar güneş ışığıyla oksidasyona² uğrayarak renklerini kaybeder. Bazen de mermerde olduğu gibi oksidasyon sonucu damar şeklinde lekelenmeler de oluşabilir. Bu lekelenmeler taş bünyesinde bulunan demir (Fe) veya magnezyumun [Mg] düşük dereceli oksidasyon ürünlerinin ve demir karbonat ($FeCO_3$) ile magnezyum karbonatın ($MgCO_3$) hava ile teması sonucu oksidasyonunun artmasıyla da oluşur. Ayrıca lekelenme kayaç içindeki piritin (FeS_2) limonite³ dönüşmesiyle de gerçekleşebilir [65].

Taşın ocaktan çıkarıldıktan sonra yüzeyinde oluşan kahverengi veya turuncu renkli tabakaya “patina” denir (Şekil 4. 5). Kirlilikle karıştırılmamalıdır. Kirli kabukta sülfür fazla iken patinanın ana maddesi kalsiyum oksalattır. Taş yüzeyinden bu tabakayı kaldırmak yüzeyi tahribata açık hale getirir [65].



Şekil 4. 5 Kapadokya Bölgesi'nde taş hasarı türlerinden renk değişimi

Pas lekesi, taşların çevresindeki demir elemanların korozyona uğrayarak taş yüzeyinde lekeler meydana getirmesiyle oluşur [64].

Biyolojik hasarlar, genellikle bakteriler, kara yosunları, su yosunları, likenler, mantarlar ve yüksek bitkiler ile hayvanların oluşturduğu hasarlardır [65].

Bakteriler, farklı şekillerde tek hücreli veya hücre kolonileri şeklinde olabilen organizmalardır [65]. Mavi yeşil algler de bu grup içindedir. Bu alg türü dışındaki bakteriler klorofil içermediğinden kükürt, metan, azot gibi inorganik kaynaklardan

¹ Feldspat: Silikat minerallerinden tektosilikatların potasyumlu, sodyumlu ve kalsiyumlu olabilen alt grubu [34, 133]

² Oksidasyon: Kimyasal bir olay sırasında bir maddenin bileşimindeki hidrojen miktarının azaltılması ya da oksijen miktarının artırılması olayı veya kimyasal maddenin oksijenle birleşmesi durumu [140]

³ Limonit: Fe_2O_3 , demir üç oksit, pas, sarı veya kahverengi doğal hidratlı demir oksit [133, 136]

kemosentez¹ yoluyla besin üretir. Taşların üzerinde sülfat, nitrat bakterileri ve heterotrofik² bakteriler yaşar [65]. Bunlar siyah kabuklara, patinalara, dökülme ve kabarmalara sebep olabilir [65].

Kara yosunları klorofilli, çok hücreli, sporla üreyen fotosentetik³ kara bitkisidir [65]. Binlerce türü vardır. Nemli ortamlarda yaşarlar [65] (Şekil 4. 6).

Su yosunları (algler), tek hücreli veya koloni halinde yeşil, sarı, kahverengi ve kırmızı renkli olabilen, suda veya karada kaya ya da ağaç üzerinde yaşayan fotosentetik organizmalardır (Şekil 4. 6). Bu gruptan yeşil algler ve mavi-yeşil algler (cyanobacteria) likenler ile ortak yaşam birliği kurarlar [70]. Algler likene gerekli besini fotosentez yaparak sağlar.



Kara yosunu

Su yosunu (alg)

Likenler

Şekil 4. 6 Taşta biyolojik hasara neden olan kara yosunu, su yosunu ve likenler [71]

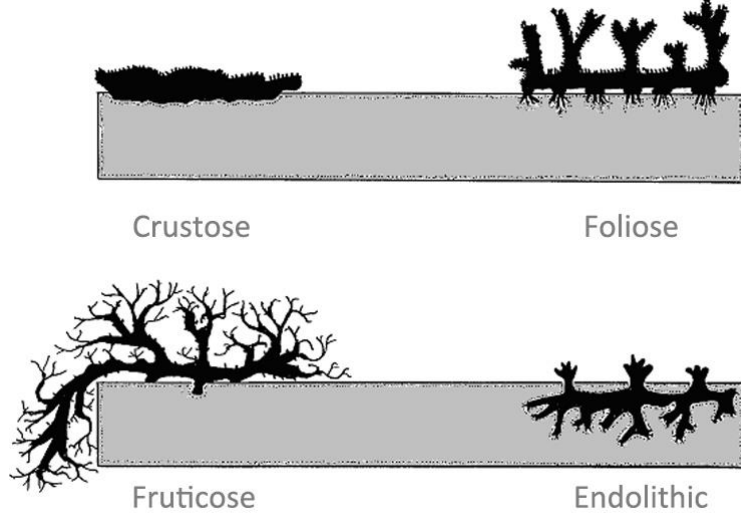
Mantarlar (fungi), bitkilerden farklıdır [65]. Şapkalı türleri hariç renksizdirler. Liken bünyesini oluşturur ve sporla üremesini sağlarlar [65].

Likenler, yeşil ve mavi-yeşil algler gibi fotosentetik organizmalarla ortak yaşam kuran organizmalardır [70] (Şekil 4. 6). Bu ortak yaşamda liken, alg için gerekli su ve minerali kaya yüzeyinden sağlar [70]. Farklı renklerde olabilirler. Yapı olarak sert ve kırılğındırlar. Likenlerin binlerce türü, dört farklı formu vardır. Bu formlar kabuklu (crustose), yapraklı (foliose), çalı şeklinde (fruticose) ve endolitik (endolithic)tir [70]. Bu farklı formların taş üzerindeki yerleşimi ve etkileri farklıdır [Şekil 4. 7].

¹ Kemosentez: Işık enerjisi olmaksızın organik besin üretimi

² Heterotrofik: Dıştan beslenen

³ Fotosentetik: Besin üretirken ışığa ihtiyaç duyan canlı



Şekil 4. 7 Farklı formlardaki likenlerin taş üzerindeki yerleşimi [70]

Farklı formdaki likenler türüne göre taşa 0,3 mm'den 16 mm'ye kadar nüfuz edebilir, oksalik ve likenik asit üreterek taş yüzeyine zarar verebilir, çatlaklar oluşturabilir [70]. Kalkerli kayalarda silisli kayalardan daha fazla görülürler [65] ve genellikle taşların nemli ve gölgeli kısımlarında varsa çatlak üzerinde yoğun bir şekilde oluşurlar [70]. Organik maddece zengin kayaç yüzeylerinde toprak birikmesini sağlayarak yüksek bitkilerin gelişmesine olanak sağlarlar [65].

Yüksek bitkiler pek çok hasara neden olabilir. Özellikle bitki kökleri taşta ciddi bozulmalara ve çatlaklara neden olabilir. Kimyevi ve biyolojik yöntemlerle bitkiler taş yüzeyinden temizlenebilmektedir [65].

Hayvanlar ve özellikle kuşlar çoğu zaman bıraktıkları atıklar sebebiyle taşta oyulmalara neden olabilmekte ve taş yüzeyindeki diğer organizmalar için besin kaynağı oluşturabilmektedirler [65].

Hatalı onarım hasarları, taşa veya taş ile oluşturulan elemanlara yapılan yanlış müdahaleler sonucu oluşur. Bu hasarların başlıca sebepleri çimento kullanımı, taş yüzeylerin boyanması, sıvanması ya da kaplanması ve onarımlarda hatalı malzeme ya da teknik kullanılmasıdır [64].

Çimentonun taş ile birlikte kullanımı, içerdiği maddeler ve tuz nedeniyle taşa zara verir. Çimentolu harç ile temas halinde olan taş yüzeylerinde, zaman içinde ayrışma, tuzlanma, parçalanma gibi bozulmalar oluşmaya başlar [64] (Şekil 4. 8, Şekil 4.9). Taş yüzeyini kapatıcı malzemeler kullanılması geçirgenlik ya da nefes alma özelliklerini

olumsuz etkiler. Taşların kuruması geciktiği ve bünyelerine aldıkları su dışarı atılmadığı için taşta çeşitli bozulmalar meydana gelir [64]. Onarımda kullanılacak malzemenin ya da tekniğin hatalı olması taşta farklı hasarlar ortaya çıkarabilir. Uygun olmayan kimyasal, mekanik ya da sulu temizlik yöntemleri, yanlış taş birleştirme teknikleri gibi onarım hasarları yüzey kaybı, oyuklanma, çatlama, tuzlanma, renk değişimi, çiçeklenme, kavlanma gibi hasarlara yol açabilir [64].



Azize Barbara Kilisesi



Aziz Basil Şapeli

Şekil 4. 8 Göreme Açık Hava Müzesi'nde çimento kullanımı kaynaklı hasarlar

Kaya yapılar da sıkça yapılan onarım hasarlarından birisi de oksidasyon kabuğunun temizlik amacıyla ana kayadan ayrılmasıdır. Bazı kaynaklarda [12, 72] belirtildiği gibi kaya üzerinde oluşan kabuk kavlanmaları temizlendiğinde, kayayı zırh gibi kaplayan ve aşınmaya karşı koruyan oksidasyon kabuğu [73] yok edilmiş olur. ODTÜ, UNESCO ve ICCROM'dan bazı uzmanlar 1976 yılında Göreme'de başlattıkları laboratuvar ve yerinde araştırma testleri sonucunda kayaların erozyona karşı direncini arttırmaya yönelik laboratuvar testleri yapmışlardır. Uygulamada aşınmaya karşı geliştirilen kaplamalar istenen sonucu vermemiştir. Oksidasyon kabukları kendini yenileyebilen özellikte olduğu için ancak müdahale olmadığında gelişimini sürdürebilmektedir [73].

Vandalizm, istemli ve bilinçli olarak kişiye ya da kamu malına zarar verilmesidir. Kaya oyma yapılar da Vandalizm genelde fresklerin üzerinin kazınması, tahrip edilmesi ve kaya mekânların çeşitli etkenlerle bilinçli yıkılması şeklinde gerçekleşir.

Niteliksiz ekler, taşlara veya taş ile oluşturulan elemanlara yapılan, estetik bütünlüğü yok eden ve bozulmalara neden olan çeşitli eklentilerin genel adıdır (Şekil 4. 9) [64]. Çimento katkılı malzemenin taş ile birlikte kullanımı taş a zarar verirken, çeliğin koruma

önlemi alınmadan taş ile kullanılması korozyonu tetikleyerek taşın ve çeliğin bozulmasına neden olabilir.



Şekil 4. 9 Mazi Yeraltı Şehri'nde kullanılan niteliksiz ekler ve çimento kaynaklı hatalı onarım hasarları

4.3 Çalışma Alanı Kaya Oyma Yapıları Hasar Türleri

Çalışma alanlarındaki kaya oyma yapılarda oluşan hasar türleri, açıklanan taş hasarları dikkate alınarak incelenmiştir.

4.3.1 Malta Haçlı Kilise Hasarları

Haç planlı olan Malta Haçlı Kilise, Göreme Açık Hava Müzesi'ndeki diğer alanlar gibi bir kaya içine oyulmuştur. Kilise dış ve iç narteks, naos ve üç apsis bölümlerinden oluşmaktadır. Kilisenin içine oyulduğu kayanın dış yüzeyinin bazı kısımlarında liken ve kara yosunu türünden biyolojik hasarlar ve yapraklanma görülmektedir. Kiliseye çıkılan merdivenlerde malzeme olarak kullanılan çimentodan dolayı hatalı onarım hasarı ve merdiven korkuluklarında niteliksiz ekler bulunmaktadır (Şekil 4.10, Şekil 4.11).

İlk basımı 1985 yılında olan Rodley'in kitabından alınan fotoğraf [74] ile günümüz fotoğrafı karşılaştırıldığında biyolojik hasarın arttığı, giriş kısmına hatalı onarım hasarına neden olan çimento ile yerine oturtulmuş taş merdiven ve niteliksiz demir korkuluklar görülmektedir (Şekil 4. 10).

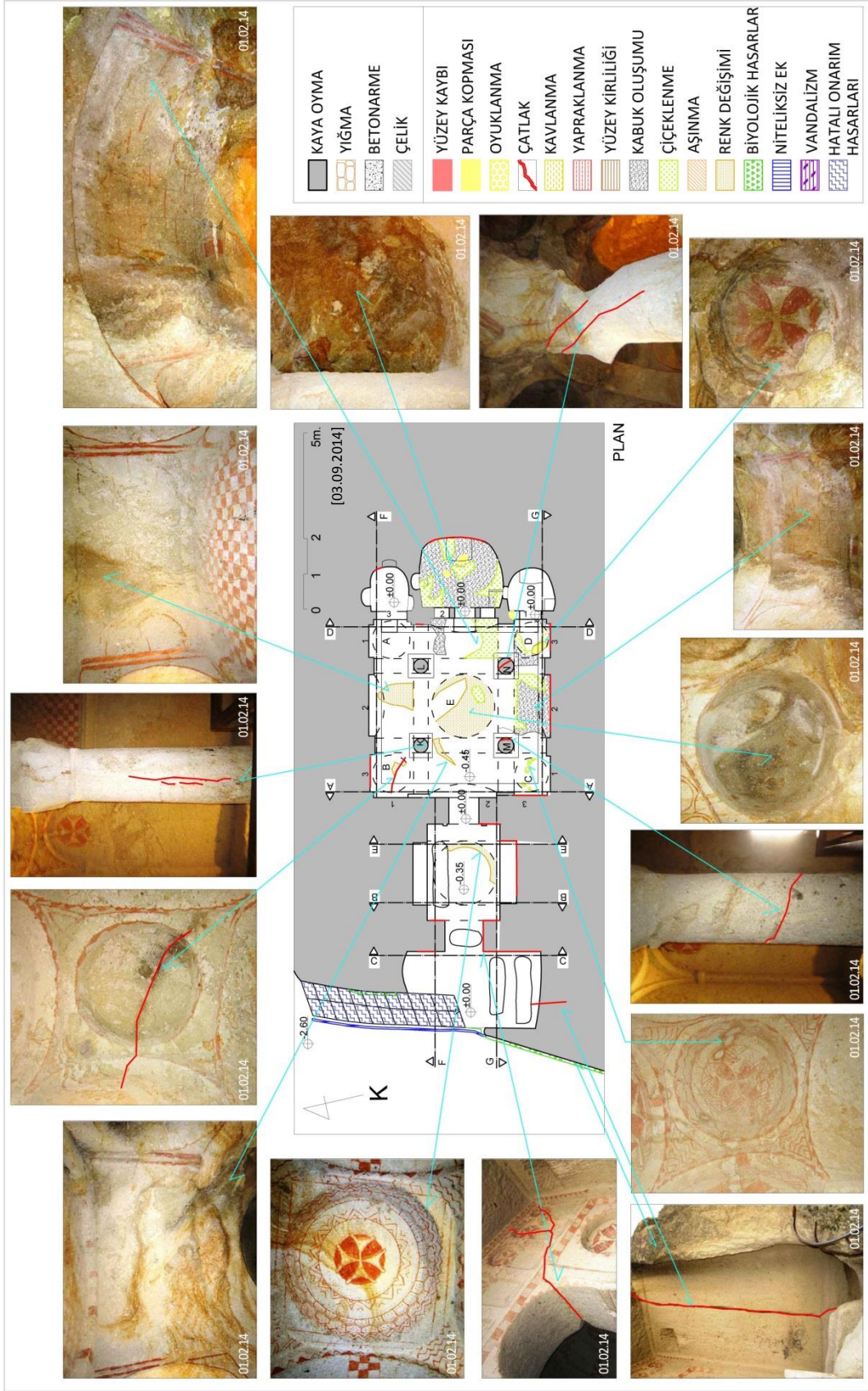


Şekil 4. 10 Malta Haçlı Kilise girişi 1985 [74] ve 2014 yılları fotoğrafı

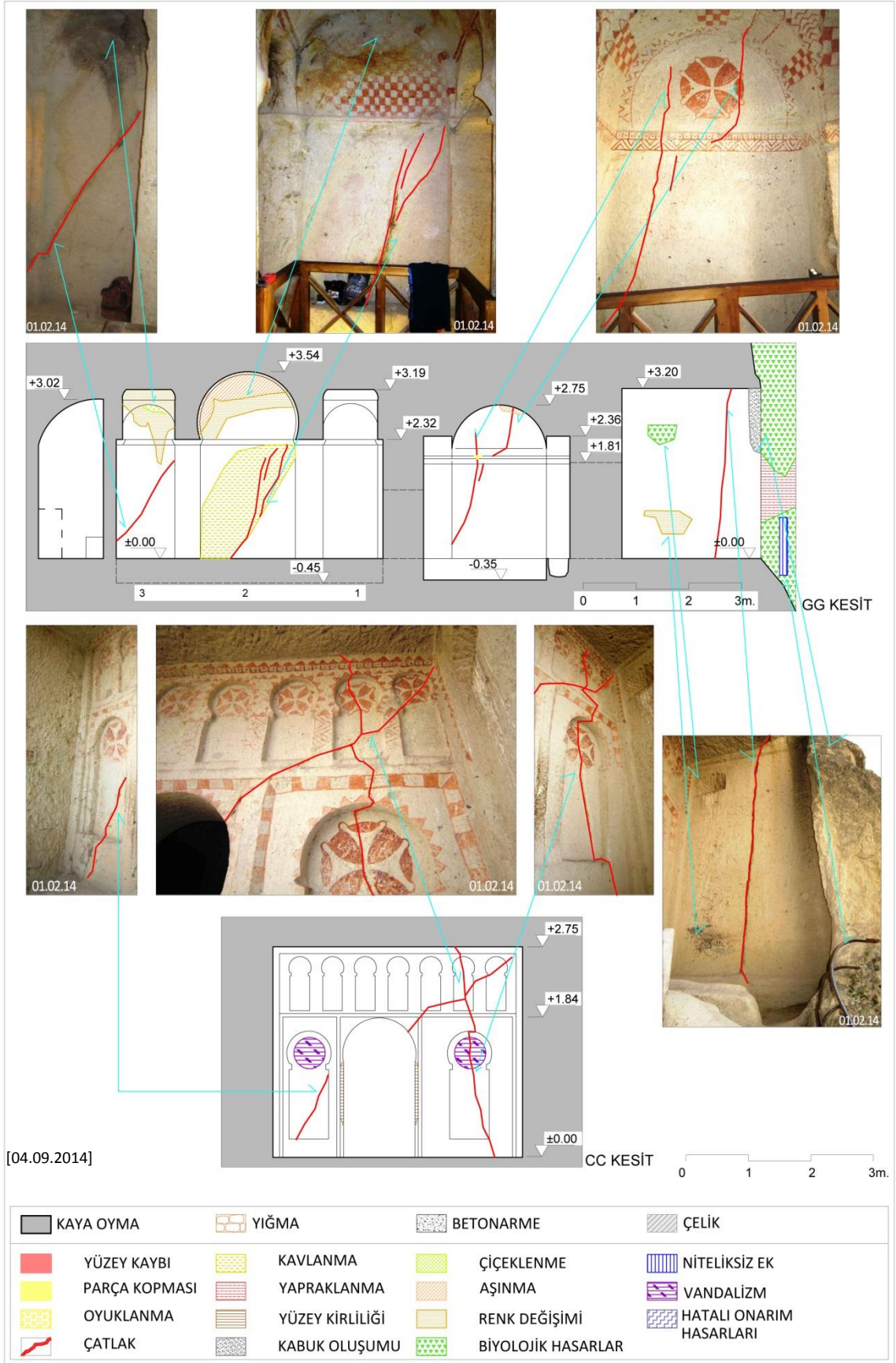
Şekil 4.12’de görülen CC kesitindeki dış narteks duvarında kapı kenarındaki at nalı kemerlerin orta kısımlarındaki bezemelerde vandalizm kaynaklı hasarlar görülmektedir. Giriş kapısı kenarındaki iki kemer girintinin üzerinde ve kapı üzerindeki bazı kemerlerde çatlaklar mevcuttur. Ayrıca giriş kapısı kenarlarında yüzey kirliliği oluşmuştur (Şekil 4.12).

Dış narteks güneybatı (GB) duvarında renk değişimi, biyolojik hasar ve kabuklanma hasarları ile duvar boyunca devam eden bir çatlak vardır (Şekil 4.12). Bu alanın kuzeydoğu (KD) duvarında ise herhangi bir hasar bulunmamaktadır. Dış narteks ve iç narteks arasındaki kapının GB duvarında dış nartekste de devam eden bir çatlak mevcuttur (Şekil 4.11).

İç narteks tavanındaki kubbede renk değişimi vardır (Şekil 4.11). Bu narteksin GB duvarında farklı büyüklükte üç farklı çatlak ve parça kopması bulunmaktadır. Kemerin alt kısmında sonlanan çatlaklardan birinin uç kısmında aşınma görülmektedir (Şekil 4.12). Mekânın KD duvarında herhangi bir hasara rastlanmamıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4. 11 Malta Haçlı Kilise hasarları (plan)



Şekil 4. 12 Malta Haçlı Kilise hasarları (GG ve CC kesitleri)

Şekil 4.13 BB kesitinde görülen iç narteks kuzeybatı (KB) duvarı kapı üzerinde Vandalizm kaynaklı hasar ve kapı kenarlarında çatlaklar görülmektedir. Bu duvarda kapının özgün şeklinin algılanmasını engelleyen niteliksiz ekler vardır.

Şekil 4.13'teki EE kesitinde görülen iç narteks güneydoğu (GD) duvarının üst kısmında renk değişimi ve kapı kenarındaki kısımda parça kopması mevcuttur. Ayrıca bu duvarda üç farklı yerde farklı boyutlarda çatlaklar bulunmaktadır (Şekil 4.13).

Şekil 4.11'deki planda naosun A kubbesinde herhangi bir hasar yoktur. A-B kubbeleri arasında kalan tonozda renk değişimi, B kubbesinde ise çatlak ve renk değişimi vardır. Naosta bulunan K kolonunda çatlaklar mevcutken, L kolonunda herhangi bir hasar bulunmamaktadır. B-C kubbeleri arasındaki tonozda ve K-M kolonları arasındaki kemerde renk değişimi vardır. C kubbesinde çiçeklenme ve D kubbesinde parça kopması, çiçeklenme ve kabuk oluşumu hasarları mevcuttur. C-D kubbesi arasındaki tonozda çiçeklenme ve kabuk oluşumu gözlenmektedir. M ve N kolonlarında farklı boyutlarda çatlaklar oluşmuştur. N kolonunda parça kopması da vardır. A-D kubbeleri arasındaki tonozda çiçeklenme ve kabuk oluşumu görülmektedir. Naos orta kubbesi olan E kubbesinde renk değişimi ve çiçeklenme mevcuttur (Şekil 4.11).

Şekil 4.12'deki GG kesitinde görülen naos GB 3 no.lu duvarı üzerindeki kemerinin üst kısmında çiçeklenme ve duvar üst kısmında renk değişimi oluşmuştur. Duvarda kemer seviyesi başlangıcının altında çatlak mevcuttur. 2 no.lu duvarda kemerin üst kısmında aşınma ve bu kısmın altında da renk değişimi gözlenmektedir. Duvarda kemer seviyesi başlangıcının altında kavlanma ve farklı büyüklükte üç çatlak mevcuttur. 1 no.lu duvarda herhangi bir hasar yoktur (Şekil 4.12).

Şekil 4.13 FF kesitindeki naos 1 no.lu KD duvarında ve kemerinde kavlanma, 2 no.lu duvarında kavlanma, kemerinde aşınma ve renk değişimi ile 3 no.lu duvarında farklı boyutlarda iki çatlak ve renk değişimi mevcuttur.

Şekil 4.15 AA kesitinde görülen naosun KB 1 no.lu duvarında renk değişimi, 2 no.lu duvarda aşınma, 3 no.lu duvarda çatlak ve çatlak uçlarında renk değişimi ve yapraklanma mevcuttur.

Naos ve apsis arasındaki duvarlar apsis dış duvarları olarak ele alınmıştır.



Şekil 4. 13 Malta Haçlı Kilise hasarları (FF, BB ve EE kesitleri)

Şekil 4.11'deki planda ve Şekil 4.15'teki DD kesitte görüldüğü gibi orta apsis tavanında kabuk oluşumu, çiçeklenme, parça kopması hasarları ile apsis tavanı alt kısmından duvar ile zeminin birleşimine kadar devam eden bir çatlak mevcuttur. Orta apsis templon duvarı güneybatı (GB) penceresi tabanında renk değişimi ve pencerenin yanından başlayarak duvar bitimine kadar devam eden çiçeklenme vardır (Şekil 4. 15). Rodley'in kitabından alınan [74] Şekil 4.14'teki 1985 yılı orta apsisi templon duvarı fotoğrafı ile günümüz fotoğrafı karşılaştırıldığında değişim olmadığı görülmektedir.

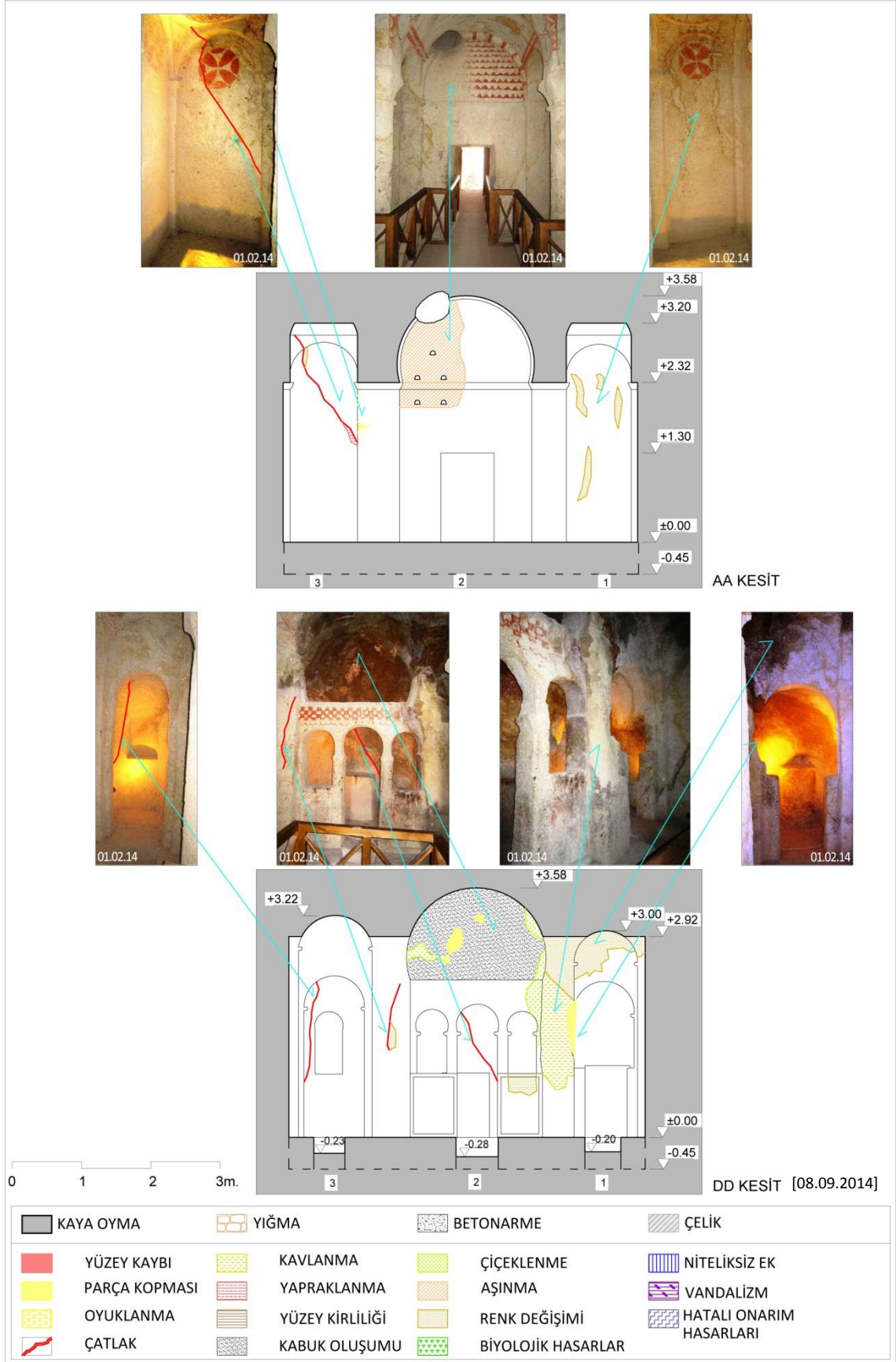


Şekil 4. 14 Malta Haçlı Kilise orta apsis templon duvarı 1985 [102] ve 2014 yılları fotoğrafı

Orta apsisin kuzeyinde bulunan apsis tavanında ve KB duvarında herhangi bir hasar bulunmazken (Şekil 4.11), bu apsisin doğu duvarında bir çatlak bulunmaktadır (Şekil 4.15). Bu apsis ile orta apsis arasındaki dış duvarda, duvarın orta kısmında oluşmuş bir çatlak ve çatlak ucunda renk değişimi görülmektedir (Şekil 4.15).

Orta apsisin güneyindeki apsis tavanında ve GB duvarında herhangi bir hasar gözlenmezken (Şekil 4.11), bu apsizin giriş kapısı KD kenarında parça kopması ile apsis dış duvarı üst kısmında renk değişimi mevcuttur. Bu apsis ile orta apsis arasındaki dış duvarda kavlanma ve renk değişimi vardır (Şekil 4.15).

Kilise genelindeki zeminlerde herhangi bir hasar bulunmamaktadır. İç narteks ve naos kısımlarında zeminin aşınmasını önlemek için kiliseye zarar verilmeyecek şekilde ahşap yürüme yolları ve korkuluklar oluşturulmuş böylece ziyaretçi dolaşımının bu ahşap zemin üzerinden yapılması sağlanmıştır. Yapılan bu ek zeminler ve korkulukların mekân ile uyumlu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. 15 Malta Haçlı Kilise hasarları (AA ve DD kesitleri)

4.3.2 Ortahisar Kalesi Hasarları

Restorasyonu Dizayn-E Mimarlık tarafından yapılan Ortahisar Kalesi 2013 yılında ziyarete açılmıştır. Bu çalışmada kullanılan rölöveler Dizayn-E Mimarlık'tan temin edilmiştir [58]. Kalede ulaşılabilen 9 mekânın içinde ve dış yüzeylerde farklı türde pek çok hasar görülmektedir. Mevcut hasarların tespiti ve açıklanması bu tez kapsamında yapılmıştır.

Kalenin +91.25 kotunda bulunan 5 no.lu mekânın girişine restorasyon kapsamında yığma tekniğiyle taş duvar yapılmıştır. Bu alanın kuzey duvarında kavlanma, batı duvarında kabuk oluşumu, kuzey, batı ve güney duvarında renk değişimi mevcuttur (Şekil 4.16).

Kalenin +90.53 kotunda yer alan 6 no.lu mekâna restorasyon sırasında yığma tekniğinde üç taş kemer oluşturulmuştur. Bu mekâna çıkmak için kullanılan düşey tünelin batı kısmında Vandalizm kaynaklı hasarlar ve renk değişimi vardır. Bu alanın doğu kısmında ise parça kopması mevcuttur. Bu tünelin doğusunda bir çatlak bulunmaktadır (Şekil 4.16).

6 no.lu mekânın 1. kemere kadar olan kısmının kuzey duvarında farklı büyüklükte çatlaklar, çiçeklenme, renk değişimi ve Vandalizm kaynaklı hasarlar görülmektedir. Bu alanın tavanında batı duvarındaki çatlak devam etmekte ve parçalanmaktadır. Tavandaki çatlak etrafında parça kopması oluşmuştur. Alanın doğu ve batı duvarlarında renk değişimi vardır (Şekil 4.16). Bu mekânda 1. ve 2. kemerin arasında kalan alanın batı duvarında yüzey kaybı ve renk değişimi oluşmuştur. Mekân tavanındaki çatlak pencere kenarında da devam etmektedir. Bu alanın penceresinin dış kısmında parça kopması mevcuttur (Şekil 4.16).

2. ve 3. kemerin arasındaki alanın batı duvarında ve kuzeyinde bulunan çıkıntı şeklindeki duvarda renk değişimi vardır. Aynı mekânda bulunan pencere açıklığı niteliksiz eklerle pencereden düşmeyi engellemek için kapatılmıştır. Bu pencere önündeki tavanda çatlak bulunmaktadır ve bu çatlağın kopmalara veya kaya düşmesine neden olmaması için niteliksiz çelik ek kolonlar yapılmıştır (Şekil 4.16).

3. kemer ile sınırlanan alanın doğu duvarında renk değişimi ve tavanında çatlak mevcuttur (Şekil 4.16).



Şekil 4. 16 Ortahisar Kalesi 5 ve 6 no.lu mekânların hasarları

Kalenin +82.6 kotunda bulunan 15 no.lu mekâna çıkılan merdivenlerde malzeme olarak kullanılan çimentodan dolayı hatalı onarım hasarı ve merdiven korkuluklarında niteliksiz ekler bulunmaktadır (Şekil 4.18). Bu mekânın dış yüzeyinde ise kara yosunu, liken ve yüksek bitki türünde biyolojik hasarlar görülmektedir (Şekil 4.17).

Şekil 4.18’de görülen +82.6 kotundaki 15 no.lu alanın kuzey duvarlarında renk değişimi mevcuttur. Mekânın batı duvarlarında renk değişimi ve parça kopması görülmektedir. Buradaki pencere önlerinde ve merdiven korkuluklarında niteliksiz ekler kullanılmıştır.

15 no.lu mekânın +83.2 kotundaki doğu kısmında bulunan alanın tavanında kavlanma ve renk değişimi vardır (Şekil 4.18).

Kalenin +75.65 kotunda örülmüş olan yığma duvardaki iki kemerle 17 no.lu mekâna girilmektedir. Bu duvar üzerindeki kayada bulunan çatlaklar, 2013 öncesinde yapılan restorasyon sırasında doldurulmuştur. 17 no.lu mekân içindeki kısımlar alanın ortasındaki kaya oyma çıkıntı esas alınarak doğu ve batı alanları şeklinde ikiye ayrılmıştır (Şekil 4.18).

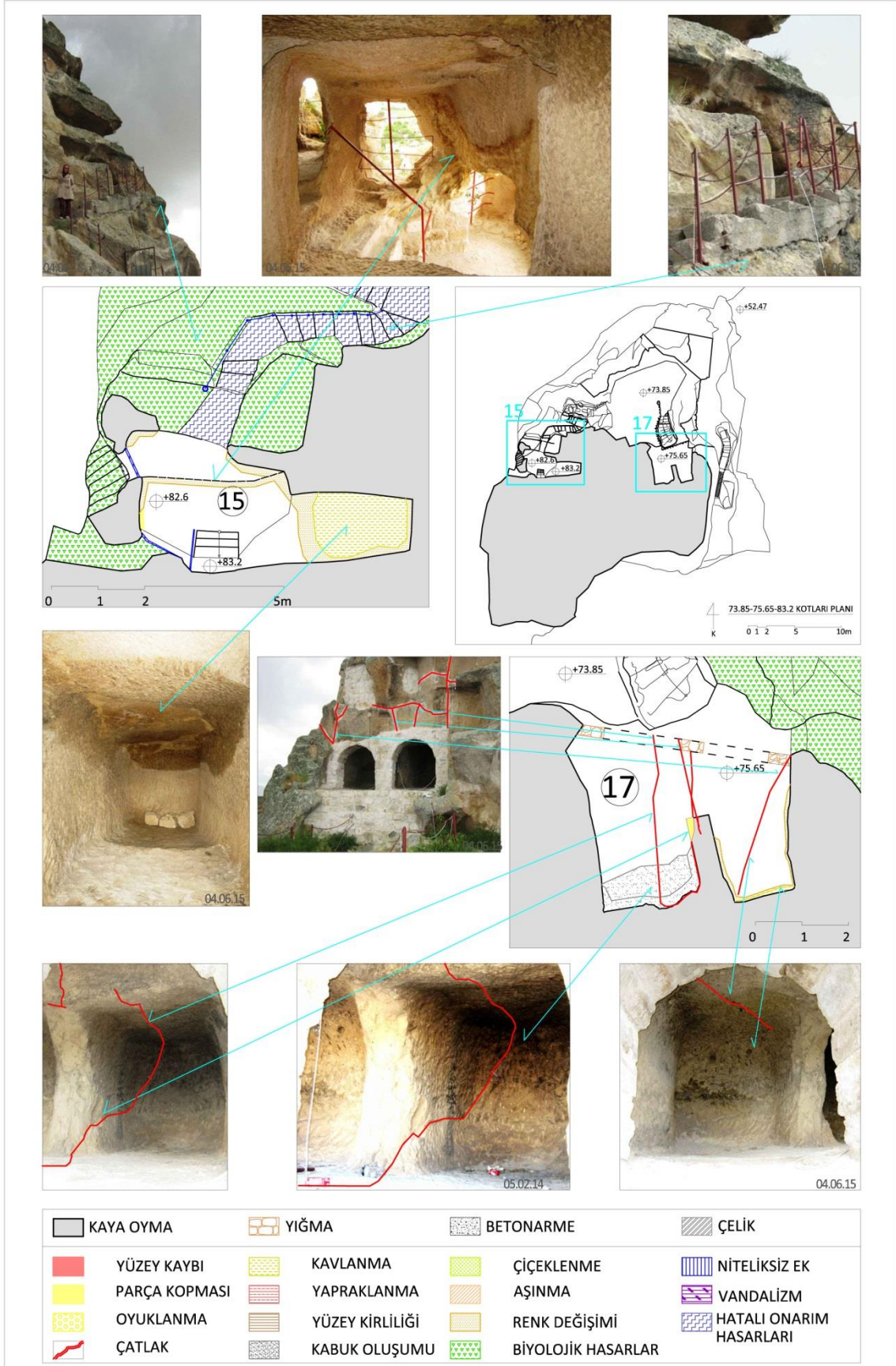
Batı alanının güney duvarında ve tavanında kabuk oluşumu görülmektedir. Bu alanda zeminde ve tavanda devam eden bir çatlak mevcuttur. Bu alanın doğusundaki duvarda parça kopması görülmektedir (Şekil 4.18).

17 no.lu mekânın doğu alanının tüm duvarlarında renk değişimi, güney duvarında kavlanma, tavanında da bir çatlak mevcuttur. Batı ve doğu alanlarının tavanında bulunan çatlakların yığma duvar üzerindeki, dışarıdan doldurulduğu gözlenen çatlaklarla birleştiği görülmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4. 17 Ortahisar Kalesi dış yüzeyinde kara yosunları, likenler ve yüksek bitkiler

Vandalizm kaynaklı hasarlar

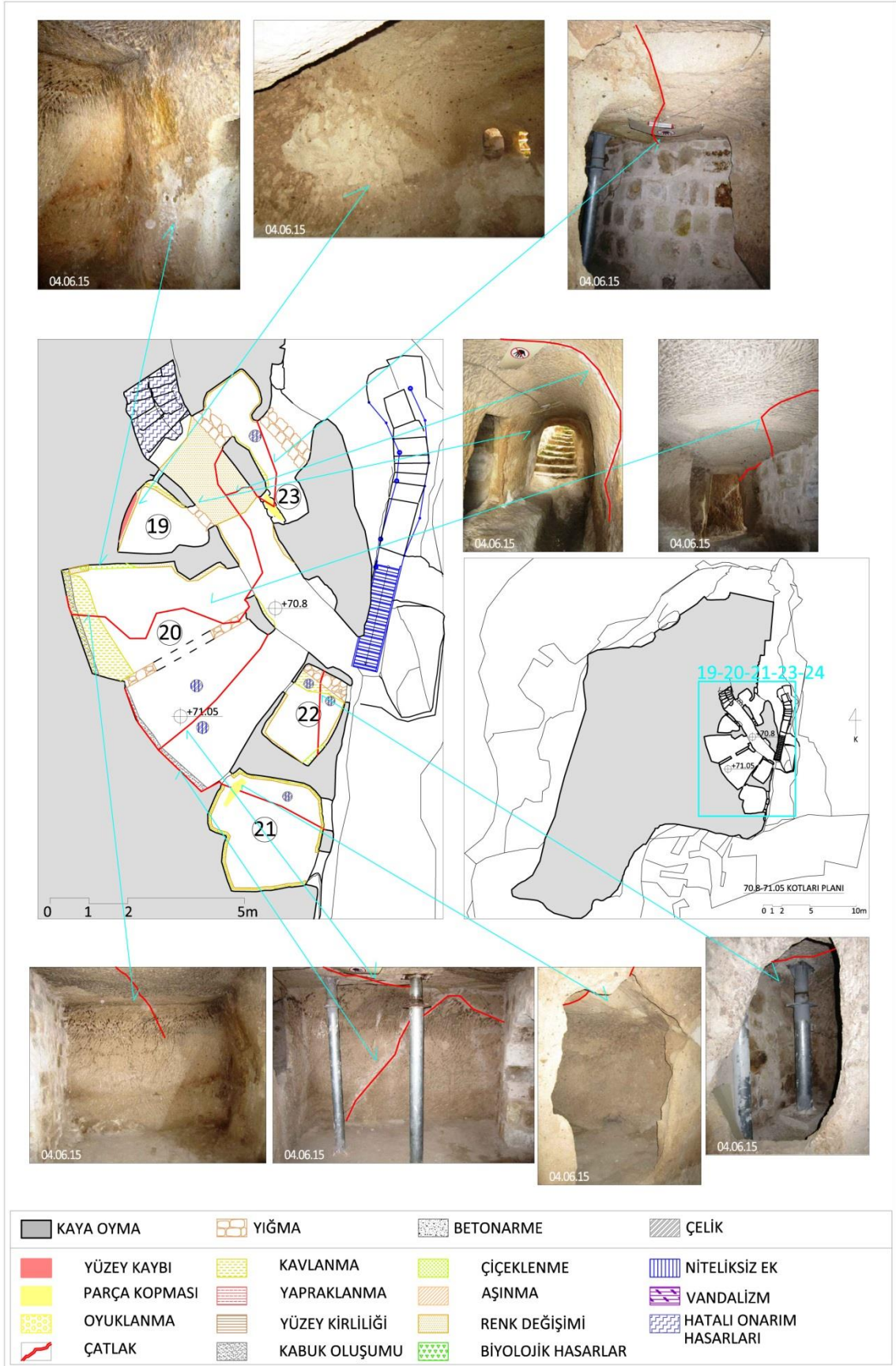


Şekil 4. 18 Ortahisar Kalesi 15 ve 17 no.lu mekânların hasarları

Kalenin +71.05 kotunda bulunan 19 no.lu mekânın batı ve kuzey duvarında renk değişimi, ayrıca batı duvarında yüzey kaybı, kuzey duvarında ise kavlanma mevcuttur (Şekil 4.19). +71.05 kotundaki 20 no.lu mekân içindeki kısımlar, alanda restorasyon kapsamında yığma tekniğiyle oluşturulan taş duvar esas alınarak kuzey ve güney alanları şeklinde ikiye ayrılmıştır. Kuzey alanının batı duvarından başlayan çatlak, alanın tavanından geçerek +70.8 kotundaki koridorun tavanında devam etmektedir. Bu alanın kuzey duvarında çiçeklenme ve renk değişimi, batı duvarında kabuk oluşumu ve tavanında kavlanma görülmektedir. 20 no.lu mekânın güney alanının batı ve güney duvarları ile tavanında çatlaklar bulunmaktadır. Mekândaki tavan çatlaklarının kopmalara veya kaya düşmesine neden olmaması için niteliksiz çelik ek kolonlar yapılmıştır. Bu alanın batı duvarında kabuk oluşumu da mevcuttur (Şekil 4.19).

21 no.lu mekânın duvarlarında renk değişimi ve kavlanma hasarları gözlenmektedir. Bu alanın tavanında parça kopması vardır ve tavanında 20 no.lu mekânın güney alanı güney duvarı çatlağı devam etmektedir. Bu çatlak sebebiyle oluşabilecek kopma veya kaya düşmelerini engellemek amacıyla niteliksiz çelik ek kolon yapılmıştır. 22 no.lu mekân tavanında kavlanma ve çatlak vardır. Bu çatlak nedeniyle oluşabilecek tehlikeleri engellemek amacıyla niteliksiz çelik ek kolonlar oluşturulmuştur. Bu alanın KD duvarına yığma tekniğiyle taş duvar örülmüştür, GD duvarında ise renk değişimi ve çiçeklenme mevcuttur. Mekânın GB ve KB duvarlarında renk değişimi bulunmaktadır (Şekil 4.19).

23 no.lu mekânda bulunan açıklıklardan ikisi yığma tekniğinde örülen taş duvarlar ile kapatılmıştır. Bu mekân tavanında bulunan çatlak niteliksiz ek çelik kolon ile desteklenmiştir. Alana girilen kapı boşluğu tavanında parça kopması vardır. Mekânın batı duvarında kavlanma, kuzey ve doğu duvarında renk değişimi mevcuttur. +70.8 kotunda bulunan koridorun batı duvarlarında, tavanında ve doğu duvarında renk değişimi, doğu duvarında ayrıca kavlanma vardır. Koridordan üst kotlara çıkmak için kullanılan merdivende çimento kullanılması hatalı onarım hasarına neden olmuştur. Koridor tavanında 20 no.lu mekânda da devam eden çatlak mevcuttur. Alt kotlardan +70.8 kotuna çıkılan merdivenlerde ve korkuluklarda niteliksiz ekler kullanılmıştır (Şekil 4.19).

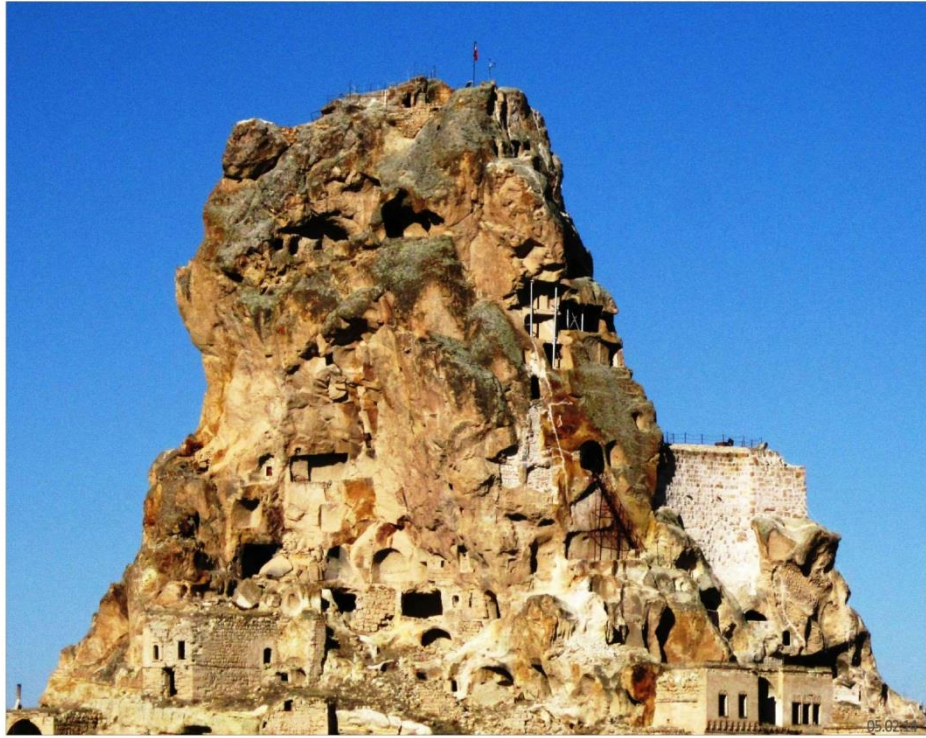
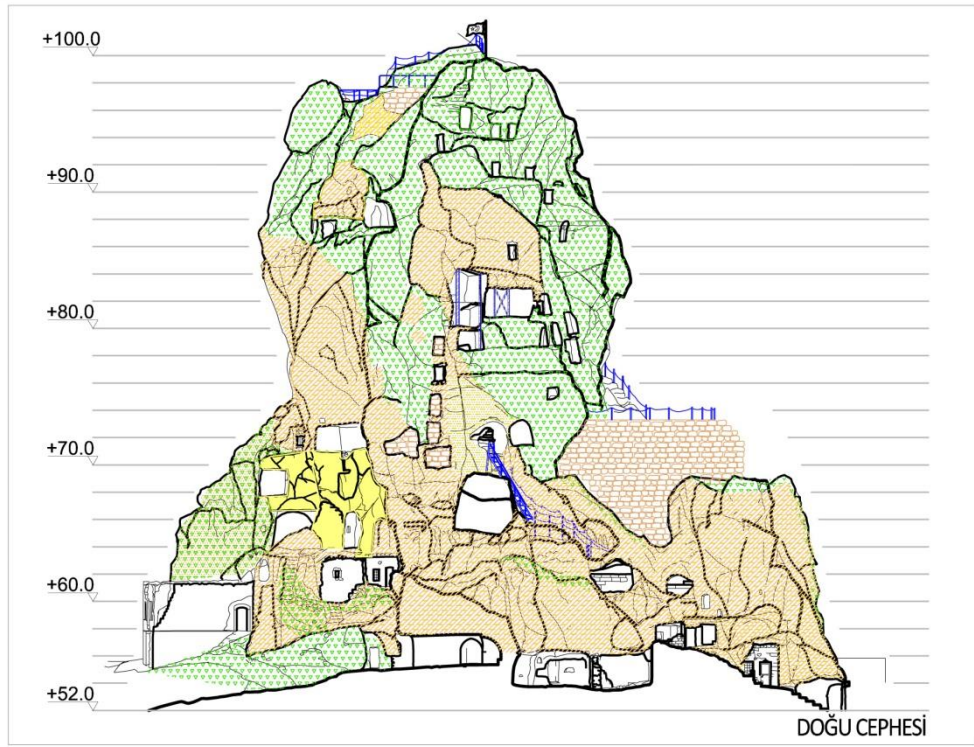


Şekil 4. 19 Ortahisar Kalesi 19, 20, 21, 22 ve 23 no.lu mekânların hasarları

Kalenin dış cephesinde en fazla liken, kara yosunu ve yüksek bitkiler şeklinde oluşmuş biyolojik hasarlar görülmektedir. Kalenin doğu cephesinde +52.0-60.0 kotları arasında biyolojik hasar, aşınma, kavlanma; +60.0-70.0 kotları arasında biyolojik hasar, renk değişimi, parça kopması, kavlanma, aşınma ve niteliksiz ekler mevcuttur. Bu kottaki ve +70.0-80.0 kotları arasındaki bazı pencere boşlukları yağma tekniğinde taş duvar örülerek kapatılmıştır. +70.0-80.0 kotları arasında biyolojik hasar, renk değişimi, parça kopması, kavlanma, aşınma ve niteliksiz ekler; +80.0-90.0 kotları arasında kavlanma, biyolojik hasar, aşınma hasarları ve niteliksiz ekler bulunmaktadır. +90.0-100.0 kotları arasında biyolojik hasar, aşınma, kavlanma, niteliksiz ekler ve oyuklanma vardır. +64.0-74.0 kotları arasında bulunan terasın yağma duvarları yeniden örülmüştür (Şekil 4.20).

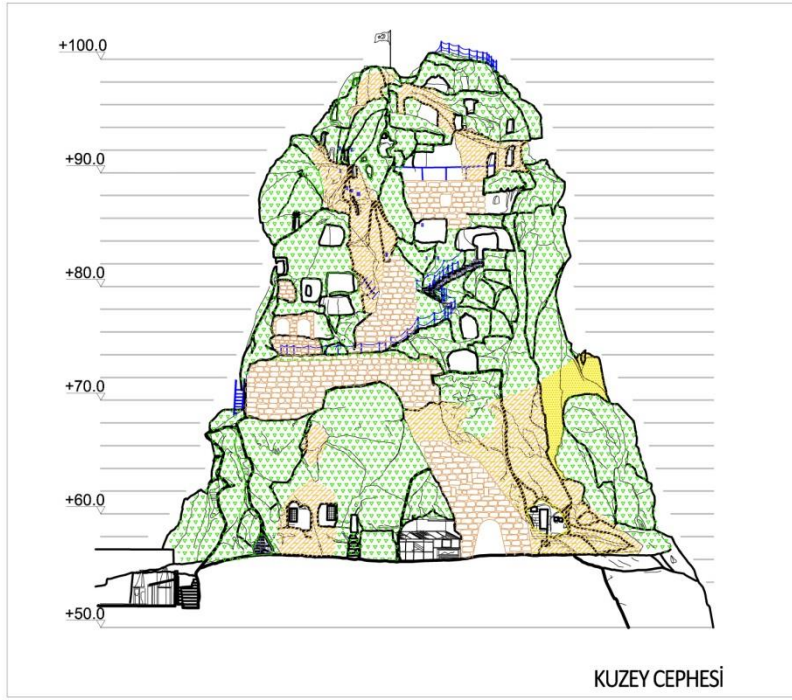
Kalenin kuzey cephesinin her kotunda biyolojik hasar görülmektedir. +50.0-60.0 kotları arasında aşınma ve kavlanma hasarları bulunmaktadır. Bu kotlar arasındaki bazı kısımlara yağma duvar örülmüştür. +60.0-80.0 kotları arasında aşınma, kavlanma, niteliksiz ekler ve parça kopması mevcuttur. Bu kotlar arasında bazı alanlara yağma duvarlar oluşturulmuş ve bazı çatlaklar üzerine çatlağın açılmasını engellemek amacıyla çengel şekilli çelikler saplanmıştır. Bu çeliklerin kaya oyma yapı çatlaklarında kullanımının uygun olmayacağı düşünülmekte ve niteliksiz ek olarak kabul edilmektedir. +80.0-100 kotları arasında kavlanma, aşınma ve niteliksiz ekler vardır. Bu kotta düşmesi muhtemel olan kayaları yerinde sabit durdurmak amacıyla bazı ek saplama çelikler kullanılmıştır. +85.0-90.00 kotları arasında yağma olarak yeniden oluşturulan terasın zemininde kullanılan ahşap kaplama doğru uygulanmamıştır ve ahşap aralarından su ahşap altına girmektedir. Bu hatalı onarım hasarı teras altındaki 15 no.lu mekânda (Şekil 4.18) kavlanmaya neden olmaktadır (Şekil 4.21).

Kalenin batı cephesi +46.0-60.0 kotları arasında biyolojik hasar vardır ve bazı alanlara yağma duvar örülmüştür. 60.0-80.0 kotları arasında biyolojik hasar, aşınma, kavlanma, renk değişimi (patina tabakası) ve niteliksiz ekler mevcuttur ve bazı alanlara yağma duvar örülmüştür. +80.0-100.0 kotları arasında niteliksiz ekler, aşınma, kavlanma ve biyolojik hasar mevcuttur. Bu cephede +86.0-90.0 kotları arasında üstündeki kayanın düşmesini engellemek amacıyla düşme ihtimali olan konsol bir kaya üzerine yerleştirilmiş niteliksiz ek bir kolon bulunmaktadır (Şekil 4.22).



 KAYA OYMA	 YIĞMA	 BETONARME	 ÇELİK
 YÜZEY KAYBI	 KAVLANMA	 ÇİÇEKLENME	 NİTELİKSİZ EK
 PARÇA KOPMASI	 YAPRAKLANMA	 AŞINMA	 VANDALİZM
 OYUKLANMA	 YÜZEY KİRLİLİĞİ	 RENK DEĞİŞİMİ	 HATALI ONARIM HASARLARI
 ÇATLAK	 KABUK OLUŞUMU	 BİYOLOJİK HASARLAR	

Şekil 4. 20 Ortahisar Kalesi doğu cephesi hasarları



KAYA OYMA	YIĞMA	BETONARME	ÇELİK
YÜZEY KAYBI	KAVLANMA	ÇİÇEKLENME	NİTELİKSİZ EK
PARÇA KOPMASI	YAPRAKLANMA	AŞINMA	VANDALİZM
OYUKLANMA	YÜZEY KİRLİLİĞİ	RENK DEĞİŞİMİ	HATALI ONARIM HASARLARI
ÇATLAK	KABUK OLUŞUMU	BİYOLOJİK HASARLAR	

Şekil 4. 21 Ortahisar Kalesi kuzey cephesi hasarları



 KAYA OYMA	 YIĞMA	 BETONARME	 ÇELİK
 YÜZEY KAYBI	 KAVLANMA	 ÇİÇEKLENME	 NİTELİKSİZ EK
 PARÇA KOPMASI	 YAPRAKLANMA	 AŞINMA	 VANDALİZM
 OYUKLANMA	 YÜZEY KİRLİLİĞİ	 RENK DEĞİŞİMİ	 HATALI ONARIM HASARLARI
 ÇATLAK	 KABUK OLUŞUMU	 BİYOLOJİK HASARLAR	

Şekil 4. 22 Ortahisar Kalesi batı cephesi hasarları

4.3.3 Mazi Yeraltı Şehri Hasarları

Mazi Yeraltı Şehri bir dağ içine oyulmuştur ve çalışma kapsamında 26 mekânına ulaşılabilmektedir. Mekânlar içinde pek çok tünel bulunmaktadır. Şehrin oyulduğu dağın farklı yerlerinde de sonu bilinmeyen kapalı tünelleri vardır. Bu tünellerin yeraltı şehri ile bağlantılı olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada kullanılan rölöveler Nihal Ergün Mimarlık'tan [61] temin edilmiştir. Mekân numaralandırılması bu rölövedeki mekân numaraları esas alınmıştır. Mevcut hasarların tespiti ve açıklanması bu tez kapsamında yapılmıştır.

Kısmi restorasyonu devam eden ve 2015 yılı sonunda ziyarete açılması planlanan Mazi Yeraltı Şehri'nde farklı türde pek çok hasar bulunmaktadır. Bazı mekânların tavanında ve duvarlarında bulunan çatlaklardan dolayı çökme veya parça kopması gerçekleşmemesi için mekâna niteliksiz çelik ek kolon ve kirişler yerleştirilmiştir (Şekil 4.23). Bu mekânlardaki çelik ek kolon ve kirişler amorf olan kaya şekline uygun yerleştirilemediği için çelik ve kayanın arasındaki boşluklar çimento harcı ile doldurulmuş ve çelik kirişlerin kaya ile birleşimi çimento ile yapılmıştır. Bu uygulamanın yapıldığı alanlarda hatalı onarım hasarları oluşmuştur (Şekil 4.23).



Şekil 4. 23 Çelik kolon/kiriş-kaya birleşiminde çimento harcı kullanımı

Restorasyon esnasında rölövede olmayan yeni mekânlar bulunmuş, bulunan mekânın duvarları yenileme amacıyla yeniden kazınmış ve onarım hasarları oluşturulmuştur. Bulunan alanın şirahane olduğu tahmin edilerek şirahane görüntüsü elde etmek için duvarların alt kısmı çimento ile sıvanmış ve bu kısımlarda da hatalı onarım hasarları meydana getirilmiştir (Şekil 4.24).

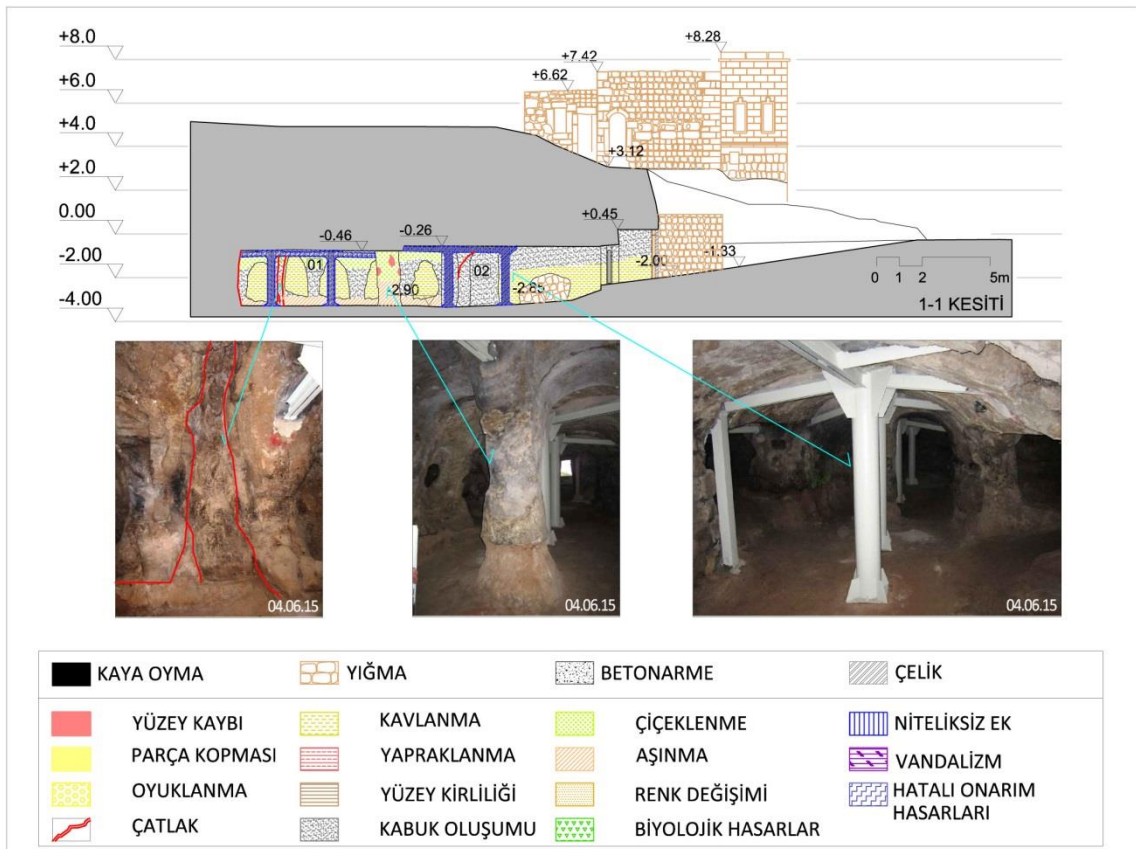


Şekil 4. 24 Mazi Yeraltı Şehri'nde yeni bulunan mekân

Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da görülen -2.85 ve -2.90 kotları arasında yer alan ve ortasında bir kaya kolon bulunan 01 no.lu mekânın tavanında ve duvarlarında bulunan çatlaklardan dolayı çökme veya parça kopması gerçekleşmemesi için mekâna niteliksiz çelik ekler yerleştirilmiştir. Bu mekândaki çelik kirişlerin kaya ile birleşiminin çimento ile yapılması hatalı onarım hasarlarına neden olmuştur (Şekil 4. 25, Şekil 4.26). 01 no.lu alanın -2.90 m. kotunu çevreleyen tüm duvarlarında kabuk oluşumu ve aşınma; tavanında çiçeklenme ve parça kopması vardır. Bu kottaki duvar içine oyulmuş yemliklerde (taka) kavlanma bulunmaktadır. Bu alanın batı duvarındaki yemliklerin alt kısımlarında alg türünden biyolojik hasarlar mevcuttur. Mekân ortasındaki kaya kolonun alt kısımlarında aşınma, üst kısımlarında çiçeklenme ve yüzey kaybı vardır. 01 no.lu mekânın -2.85 kotu alanında niteliksiz ekler ve hatalı onarım hasarları mevcuttur. Bu alanın tavanında çatlaklar, doğu duvarında kabuk oluşumu ve kavlanma, güney duvarında ise kabuk oluşumu ve aşınma görülmektedir (Şekil 4. 25, Şekil 4.26). -2.63 kotundaki 1A no.lu mekân yığma tekniğiyle yapılan taş bir duvar ile 01 no.lu mekândan ayrılmıştır. Bu mekânın tavanında 01 no.lu mekânda da devam eden bir çatlak bulunmaktadır. Alanın tüm duvarlarında kabuk oluşumu ve aşınma hasarları vardır. Tavanın KB kısmında renk değişimi, GD kısmında ise çiçeklenme mevcuttur (Şekil 4.26). 01B no.lu mekân tavanında ve duvarlarında çatlaklar bulunmaktadır. Çatlakları desteklemek amacıyla niteliksiz ekler oluşturulmuştur. Çelik kolon ve kirişlerin kaya ile birleşiminde çimento kullanıldığı için hatalı onarım hasarları oluşmuştur. Mekân tavanının güney kısmında kabuk oluşumu, kuzey kısmında ise renk değişimi mevcuttur. Tüm duvarlarda kabuk oluşumu ve aşınma vardır (Şekil 4.26).

-2.39 kotundaki 02 no.lu alanın duvar ve tavanında kabuk oluşumu mevcuttur. Bu mekânın -1.93 kotundaki alanının tavanında bir çatlak, kuzey duvarında aşınma, kavlanma ve renk değişimi ile batı duvarlarında çiçeklenme, kavlanma ve kabuk oluşumu hasarları vardır (Şekil 4.25, Şekil 4.26). -2.01 kotunda bulunana 02A no.lu alanın batısında bulunan girintiler yığma tekniğiyle taş duvar örülerek kapatılmıştır. Yığma duvar ve kaya birleşim yerlerinde kabuk oluşumu hasarı mevcuttur. Bu alan tavanında bir çatlak, tavanının kuzey kısmında kabuk oluşumu, güney kısmında ise çiçeklenme vardır (Şekil 4.26).

-2.35 kotunda bulunan 03 no.lu mekân tavanında, duvarlarında ve havalandırma bacasında devam eden pek çok çatlak ve çiçeklenme hasarı mevcuttur. Baca içerisinde kabuk oluşumu ve çiçeklenme de vardır. Alanın batı ve KB duvarlarında kavlanma; kuzey ve doğu duvarlarında kabuk oluşumu ve renk değişimi; güney duvarında ise kabuk oluşumu mevcuttur. 03 no.lu alanın -2.17 kotundaki kısmının tavanında çiçeklenme, duvarlarında ise renk değişimi bulunmaktadır (Şekil 4.26).



Şekil 4. 25 Mazı Yeraltı Şehri 1 ve 2 no.lu mekânların hasarları(1-1 kesiti)



Şekil 4. 26 Mazı Yeraltı Şehri 1, 1A, 1B, 2, 2A ve 3 no.lu mekânların hasarları

Şekil 4.27'deki planda -0.12 kotundaki 04 no.lu mekân tavanında çiçeklenme ile duvarlarda da devam eden çatlaklar mevcuttur. Alanın batısına yığma tekniğiyle taş duvar örülmüştür. Mekânın tüm duvarlarında aşınma mevcuttur. Doğu duvarında ve KB duvarlarında kabuk oluşumu görülmüştür. Alanda niteliksiz ekler oluşturulmuş ve bu eklerin yanlış uygulanması hatalı onarım hasarına neden olmuştur. Alanın kuzeyindeki tünelin genelinde kabuk oluşumu vardır (Şekil 4.27).

05 no.lu mekânın orijinal duvarları ve tavanı oluşturulan yeni yığma duvar ve tavanla kapanmıştır. Bu mekânın GB kısmı tavanında renk değişimi mevcuttur (Şekil 4.27).

-1.44 ve -1.64 kotları arasındaki 05A no.lu mekânın tüm tavanında çiçeklenme hasarı görülmektedir. 05A mekânının -1.44 kotundaki tavanındaki çatlakları desteklemek amacıyla niteliksiz ekler ve hatalı onarım hasarları oluşmuştur. Bu kottaki alanın KB duvarlarında kabuk oluşumu ve kavlanma, doğu duvarlarında renk değişimi ve batı duvarlarında kabuk oluşumu mevcuttur. 05A no.lu mekânda -1.64 kotundaki alanın duvarlarında kabuk oluşumu vardır. Alanın doğusundaki bir girinti taş duvar ile kapatılmıştır. Bu alanda bir adet havalandırma bacası bulunmaktadır. Baca içinde çiçeklenme, etrafında ise kavlanma hasarları vardır. 05A no.lu mekândan 04 no.lu mekâna geçilen koridorun güney duvarında aşınma, kuzey duvarında ise aşınma ve kabuk oluşumu mevcuttur (Şekil 4.27).

+1.21 kotundaki 06 no.lu mekândan 04 no.lu mekâna geçilen koridorun kuzey duvarında aşınma, güney duvarında kabuk oluşumu hasarı vardır. 06 no.lu mekânda 2 adet havalandırma bacası bulunmakta ve bu bacaların içinde renk değişimi, çevresinde kabuk oluşumu hasarları görülmektedir. Alanın tavanının GB kısmında aşınma, doğu kısmında ise duvarda ve bacada da devam eden farklı büyüklüklerde pek çok çatlak bulunmaktadır. Mekânın kuzey, batı ve doğu duvarlarında aşınma, güney duvarlarında ise kabuk oluşumu mevcuttur. 06 no.lu mekân ile 10 no.lu mekân arasında niteliksiz çelik ekler bulunmaktadır. Bu ek hatalı kullanım hasarı da oluşturmaktadır (Şekil 4.27).

+0.29 m. kotunda bulunan 07 no.lu mekânın batı duvarı hariç diğer duvarlarında kabuk oluşumu görülmektedir. Batı duvarlarında ise renk değişimi mevcuttur. Güneyde bulunan girişin duvarlarında kabuk oluşumu mevcuttur ve girişin yanındaki girinti yığma tekniğiyle taş duvar örülerek kapatılmıştır (Şekil 4.27).



Şekil 4. 27 Mazı Yeraltı Şehri 4, 5, 5A, 6 ve 7 no.lu mekânların hasarları

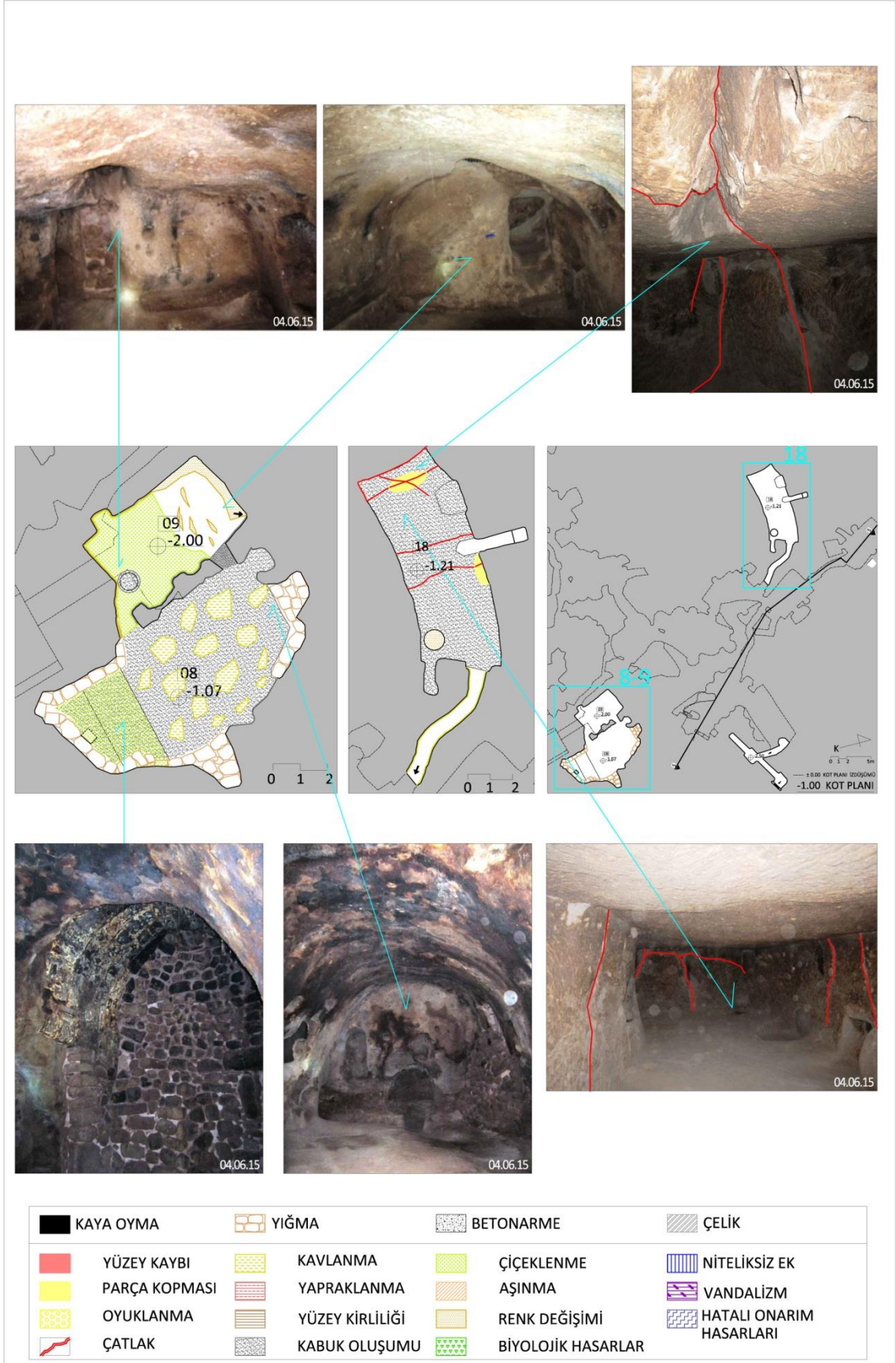
Şekil 4.28'deki planda -1.07 kotunda bulunan 08 no.lu mekânın tavanında kabuk oluşumu, çiçeklenme ve kavlanma hasarları mevcuttur. Bu mekândaki kaya oyma duvarlar, tavan ve bazı girintiler taş duvarlar ve tavan örülerek kapatılmıştır. Kaya duvarlarda ve taş yüzeylerde kabuk oluşumu vardır (Şekil 4.28).

-2.00 kotundaki 09 no.lu mekânın tavanında çiçeklenme ve renk değişimi hasarları mevcuttur. Doğu duvarı hariç diğer duvarlarda renk değişimi vardır. Doğu duvarında kabuk oluşumu bulunmaktadır. Alanın güneyinde bulunan havalandırma bacasında ve çevresinde kabuk oluşumu vardır (Şekil 4.28).

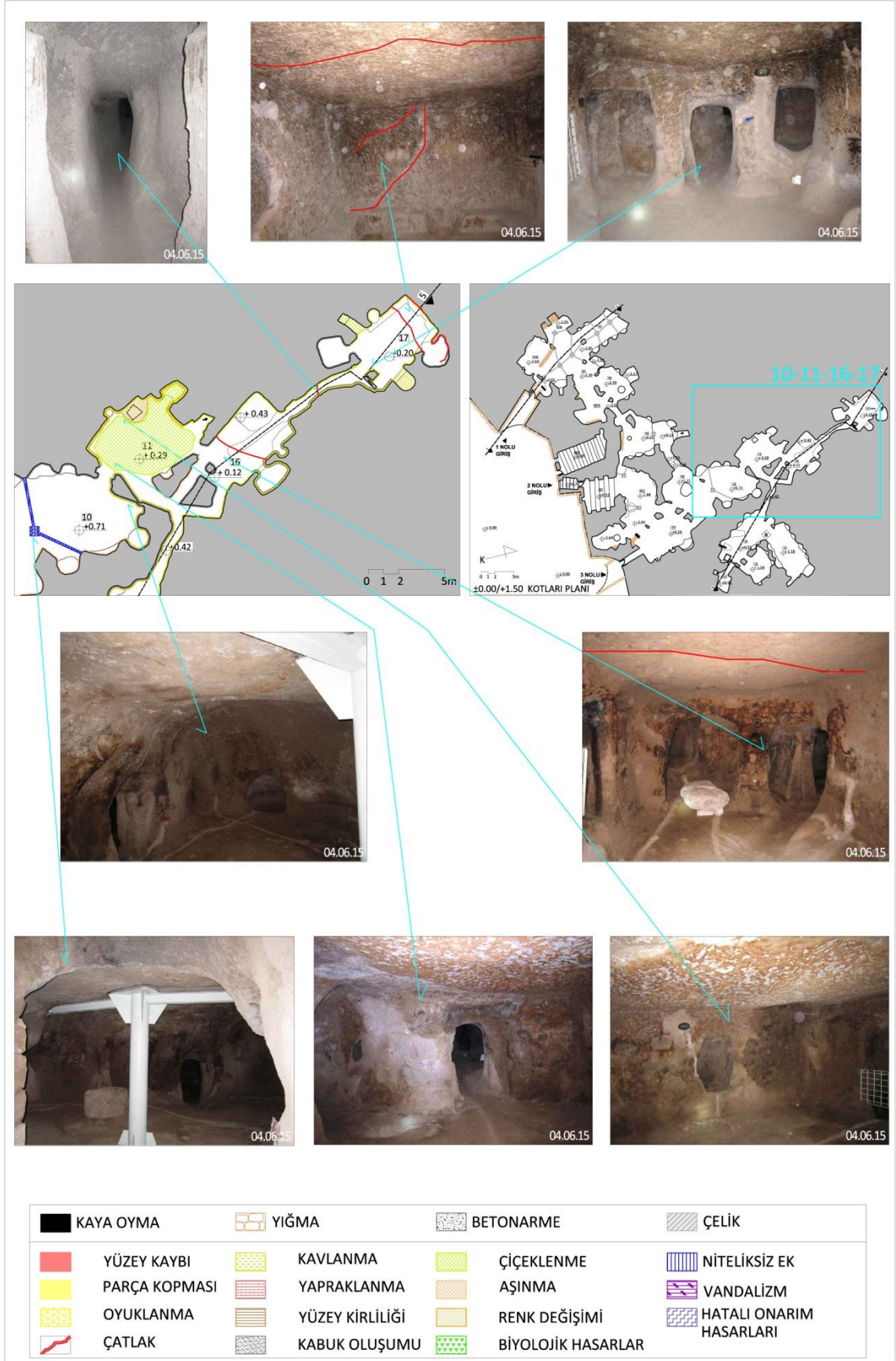
Şekil 4.28'de görülen -1.21 kotundaki 18 no.lu mekânın tüm tavanında ve duvarlarında kabuk oluşumu vardır. Tavanda ve duvarda da devam eden çatlaklar mevcuttur. Çatlaklardan birinin etrafında ve kuzey duvarının bir kısmında parça kopması oluşmuştur. Mekânın doğu kısmında bulunan havalandırma bacasında ise renk değişimi bulunmaktadır. Bu alanı 11 no.lu mekân ile bağlayan koridorun duvarlarında kavlanma vardır (Şekil 4.28).

Şekil 4.29'daki +0.71 kotunda bulunan 10 no.lu mekândaki niteliksiz çelik ekler mevcuttur. Bu eklerin kaya ile birleşiminin çimento kullanılarak yapılması hatalı onarım hasarlarına neden olmuştur. Bu mekânın batı duvarlarında kabuk oluşumu, doğu duvarlarında aşınma, kuzey duvarlarında ise kabuk oluşumu ve kavlanma hasarları mevcuttur (Şekil 4.29).

+0.29 m. kotunda bulunan 11 no.lu mekân tavanında çiçeklenme oluşmuştur. Alanın batı duvarlarında kavlanma ve renk değişimi mevcuttur. Doğu duvarlarında kabuk oluşumu ve aşınma, güney duvarlarında renk değişimi, kavlanma ve kabuk oluşumu görülmektedir. 11 no.lu mekândan 16 veya 12 no.lu mekânlara geçilebilen koridor duvarlarında aşınma, kabuk oluşumu ve kavlanma hasarları bulunmaktadır Bu alandan 18 no.lu mekâna gidilen tünel duvarlarında kavlanma mevcuttur. Ayrıca bu kottan üst kotlara çıkan mekânın batısındaki düşey tünelde ve çevresinde renk değişimi vardır (Şekil 4.29).

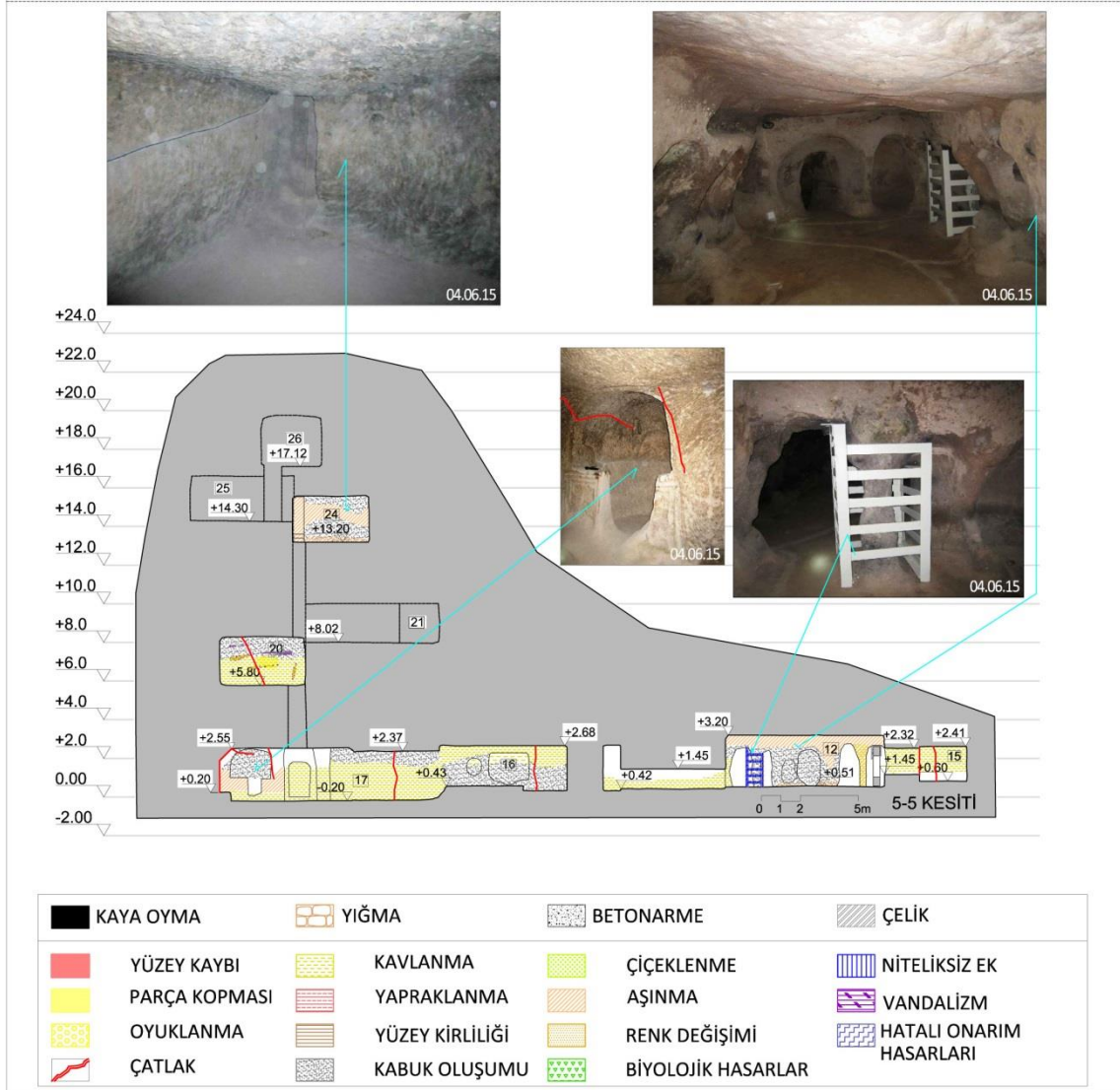


Şekil 4. 28 Mazı Yeraltı Şehri 8, 9 ve 18 no.lu mekânların hasarları



Şekil 4. 29 Mazı Yeraltı Şehri 10, 11, 16 ve 17 no.lu mekânların hasarları

Şekil 4.29'daki 16 no.lu mekânın tavanında ve duvarında da devam eden bir çatlak bulunmaktadır. Bu mekânın doğu duvarında ve duvar içindeki girintilerin alt kısımlarında kabuk oluşumu, üst kısımlarında kavlanma vardır. Alanın kuzey ve batı duvarlarında kabuk oluşumu ve kavlanma hasarları mevcuttur. Güney kısmındaki kaya kolonda ise kabuk oluşumu görülmektedir (Şekil 4.29, Şekil 4.30).



Şekil 4. 30 Mazi Yeraltı Şehri 12, 15, 16, 17, 20 ve 24 no.lu mekânların hasarları (5-5 kesiti)

16 no.lu mekândan -0.20 m. kotundaki 17 no.lu alana geçilen koridorun tüm duvarlarında kavlanma, doğu duvarında ise kavlanma ve kabuk oluşumu mevcuttur (Şekil 4.29, Şekil 4.30). Koridor tavanında ve duvarlarda da devam eden bir çatlak bulunmaktadır (Şekil 4.29). 17 no.lu mekânın tavanında ve KB duvarında iki, doğu duvarındaki girinti içinde ve giriş duvarında birer çatlak bulunmaktadır (Şekil 4.30).

Mekân girişindeki kaya kolonda kavlanma, alanın doğu duvarındaki ve GB duvarındaki girintilerde kabuk oluşumu görülmektedir. Mekânın güney duvarında ve doğu duvarının diğer kısımlarında kabuk oluşumu ve kavlanma, kuzey ve batı duvarları ile batı duvarından üst kota çıkılan tünelde kavlanma vardır (şekil 4.29, şekil 4.30).

11 ve 16 no.lu mekânlar ile 12 no.lu mekân arasındaki koridorun doğu duvarında kavlanma (şekil 4.30), batı duvarında ise kabuk oluşumu ve kavlanma mevcuttur (şekil 4.31).

şekil 4.31'de görülen +0.51 kotundaki 12 no.lu mekân tavanında kavlanma vardır. 12 no.lu mekânın batı duvarında kabuk oluşumu, aşınma ve renk değişimi, güney duvarında kabuk oluşumu ve renk değişimi, kuzey duvarında kavlanma ve aşınma, doğu duvarında ise kabuk oluşumu ve aşınma mevcuttur. Doğu duvarındaki girintilerde kabuk oluşumu vardır (şekil 4.30, şekil 4.31).

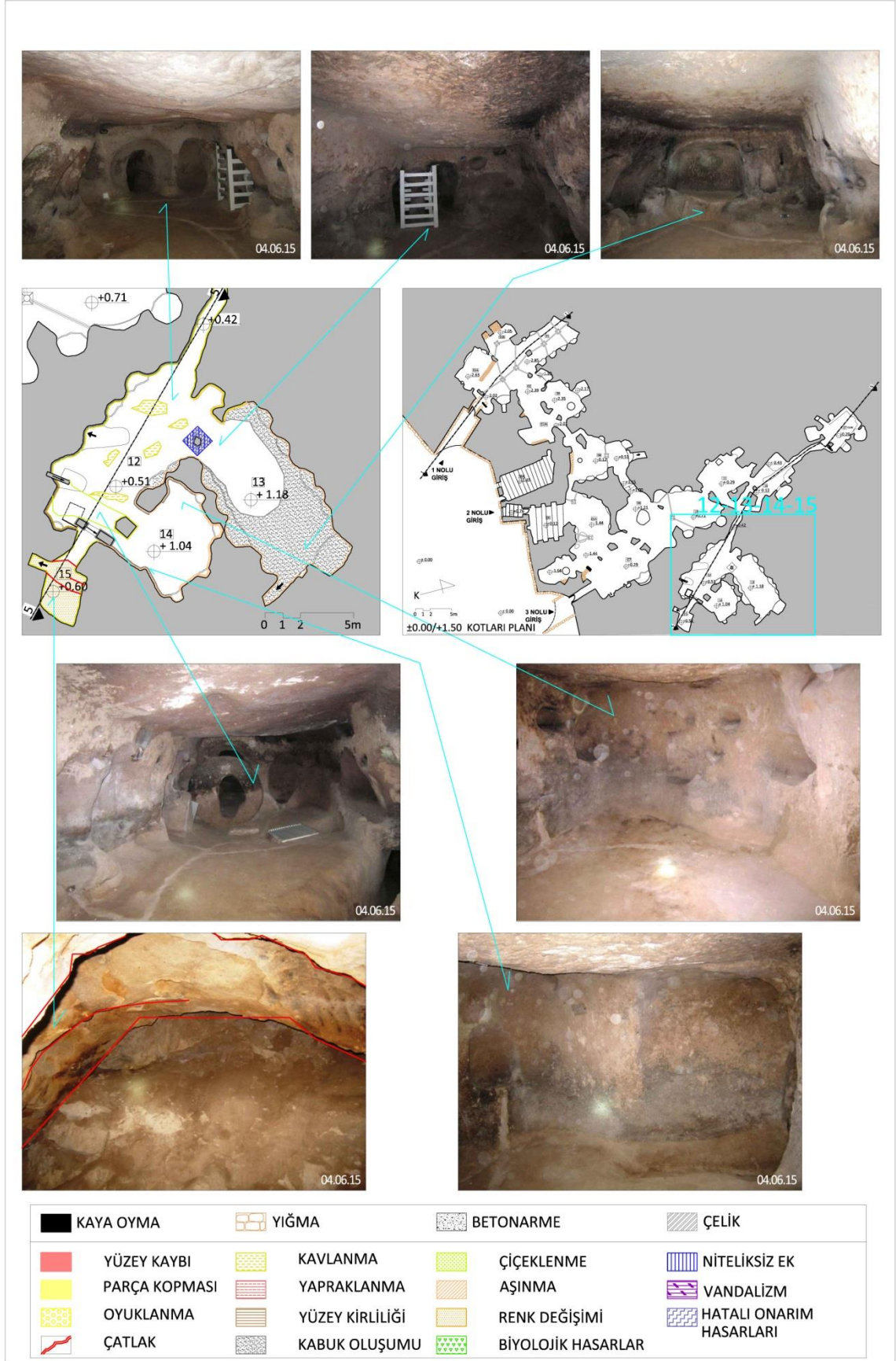
12 no.lu mekândan +1.18 kotundaki 13 no.lu mekâna girilen kısımda niteliksiz elik ekler oluşturulmuştur (şekil 4.30, şekil 4.31).

13 no.lu mekânın tavanında ve duvarlarında kabuk oluşumu vardır. Bu alanın tüm duvarlarında aşınma mevcuttur. Batı duvarında aşınma ile birlikte kavlanma da bulunmaktadır. Mekânın GD bölümünde bulunan tünel duvarlarında aşınma ve tavanında kabuk oluşumu vardır (şekil 4.31).

+1.04 kotunda bulunan 14 no.lu mekânın tüm duvarlarında aşınma vardır. Batı ve güney duvarlarında ise kabuklanma da bulunmaktadır. Mekân girişinin ortasındaki duvarda kavlanma (şekil 4.30) bu duvarın KB ve GD'sinde bulunan yan duvarlarda ise aşınma ve kabuk oluşumu bulunmaktadır (şekil 4.31).

14 no.lu mekândan +0.60 kotundaki 15 no.lu mekâna geçilen koridor girişindeki süngü taşının üst kısımlarında kabuk oluşumu vardır. 15 no.lu alana girilen tünelin duvarlarında kavlanma ve tavanında renk değişimi vardır (şekil 4.30, şekil 4.31).

15 no.lu mekâna girilen koridor duvarlarında kavlanma mevcuttur. Alanın tavanında ve duvarlarında üç adet çatlak ve renk değişimi hasarı ile duvarlarında kavlanma görülmektedir (şekil 4.30, şekil 4.31).



Şekil 4. 31 Mazı Yeraltı Şehri 12, 13, 14 ve 15 no.lu mekânların hasarları

+5.80 kotundaki 20 no.lu alanın tüm duvarlarında Vandalizm hasarları, duvarların üst kısmında kabuk oluşumu, alt kısmında kavlanma vardır. Tavanda ve duvarlarda da devam eden çatlaklar mevcuttur (Şekil 4.30). Alanın KD duvarında ve tavandaki çatlaklar etrafındaki iki yerde parça kopması, üst ve alt kotlarla ulaşımı sağlayan düşey tünellerde aşınma görülmektedir (Şekil 4.30, Şekil 4.32).

+14. kotunda yer alan 25 no.lu mekânın tavanında kavlanma, kabuk oluşumu, parça kopması ve yüzey kaybı gözlenmektedir. Mekânın tavanında ve duvarlarında devam eden çatlaklar bulunmaktadır. Alanın güney ve batı duvarında aşınma ve kabuk oluşumu, kuzey duvarında aşınma, doğu duvarında aşınma ve çiçeklenme vardır. Batı ve doğu kısmındaki tünellerin duvarlarında aşınma mevcuttur (Şekil 4.32).

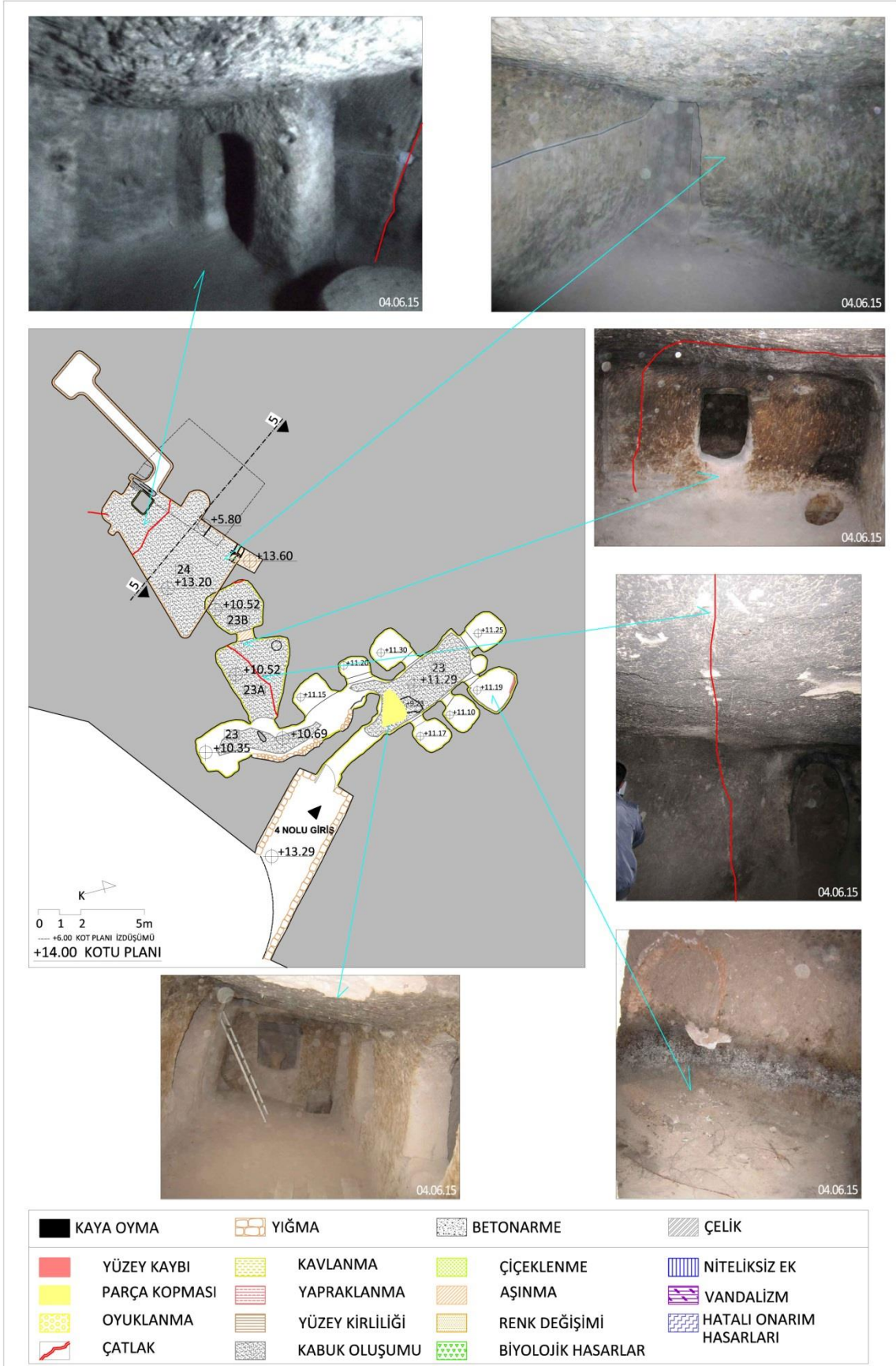
+17.12 m. kotundaki yeraltı şehrinin ulaşılmış en yüksek mekânı olan 26 no.lu alandan düşük kottaki alanlara ulaşmak için kullanılan düşey tünellerde aşınma mevcuttur. Bu mekânın tavanında ve duvarlarda da devam eden çatlaklar bulunmaktadır. Tavanda çiçeklenme ve tavan çatlağı etrafında parça kopması vardır. Alanın tüm duvarlarında kabuk oluşumu ve kavlanma hasarları görülmektedir. Bu mekânın güney kısmında başlayan tünel taş duvar ile kapatılmıştır (Şekil 4.32).

+13.29 kotundan girişi sağlanan +9.23 kotundaki 23 no.lu mekânın tavanında kabuk oluşumu ve parça kopması mevcuttur. 23 no.lu alandaki girintilerde ve tüm duvarlarda kavlanma görülmektedir. +11.19 kotundaki girintide ise kabuk oluşumu ve yüzey kaybı oluşmuştur. +10.69 kotunun doğu kısmına taş duvarlar örülmüştür. +10.52 kotunda yer alan 23A no.lu alanın tavanında ve duvarlarda da devam eden bir çatlak bulunmaktadır. Tavanın tümünde ve zemindeki delikte kabuk oluşumu, duvarlarda ise kavlanma vardır. 23A no.lu mekândan aynı kottaki 23B no.lu mekâna geçiş kapısının tabanında ve taban çevresinde aşınma oluşmuştur. 23B mekânının duvarlarında kavlanma, tavanında kabuk oluşumu mevcuttur. Bu alanın KB duvarında çatlak mevcuttur (Şekil 4.33).

+13.20 m. kotundaki 24 no.lu mekân tavanında ve duvarlarında devam eden bir çatlak ile GB duvarı köşesinde bir çatlak vardır. Bu alanın duvarlarında ve üst kota çıkan düşey tünelin merdivenlerinde aşınma ve kabuk oluşumu mevcuttur (Şekil 4.30). Bu alanın kuzeybatısından başlayan koridorun duvarlarında aşınma ve kabuk oluşumu görülmektedir (Şekil 4.33).



Şekil 4. 32 Mazı Yeraltı Şehri 20, 25 ve 26 no.lu mekânların hasarları



Şekil 4. 33 Mazı Yeraltı Şehri 23, 23A, 23B ve 24 no.lu mekânların hasarları

4.3.4 Bahçeli Köyü Konut ve Ahır Hasarları

Sivil mimarlık yapısı olarak incelenen konut ve ahır, Bahçeli Köyü'nün güneyinde bulunan bir kayaya oyularak oluşturulmuştur. Bu sivil mimarlık yapısında konut kısmı üç oda ve ahır kısmı dört mekândan oluşmaktadır. Konut odaları O1, O2 ve O3, ahır bölümleri A1, A2, A3 ve A4 olarak isimlendirilmiştir. Bu mekânların oyulduğu kayanın dış yüzeyinde aşınma, kabuk oluşumu, yapraklanma, bitkisel hasar ve renk değişimi görülmektedir. (Şekil 4.34, Şekil 4.35).



Şekil 4. 34 Sivil mimarlık eserinin oluşturulduğu kaya yüzeyi

Konut kısmında, +0.50 kotunda bulunan O1 no.lu mekânın tavanında ve tüm duvarlarında aşınma ve renk değişimi oluşmuştur. Güney duvarı hariç diğer duvarlarda çiçeklenme de bulunmaktadır. Mekânın doğusunda bulunan ve eşya koymak için kullanıldığı düşünülen girintilerden (yükçük) güneydekinin tavanında kabuk oluşumu, kuzeydekinin ise tavan ve duvarlarında aşınma mevcuttur. Alanın batısındaki girintide ise kabuk oluşumu vardır. Alanın pencere ve kapısında da aşınma vardır (Şekil 4.35, Şekil 4.36).

O2 no.lu mekân girişinin güneyi taş duvar ile kapatılmıştır. Bu alanın tavanının kenarlarında ve duvarlarının alt kısımlarında renk değişimi mevcuttur. +0.50 kotundaki O2 no.lu mekândan +2.00 kotundaki O3 mekânına çıkılan merdivenlerde aşınma görülmektedir (Şekil 4.35, Şekil 4.36).

+2.00 kotundaki O3 mekânında duvarların tabana yakın kısımlarında ve mekân içindeki kolon etrafında renk değişimi vardır. Kolonda ve alanın güneyinde bulunan pencerede aşınma oluşmuştur. Bu alanın kuzeybatısındaki tünel taş duvar örülerek kapatılmıştır (Şekil 4.35, Şekil 4.36).

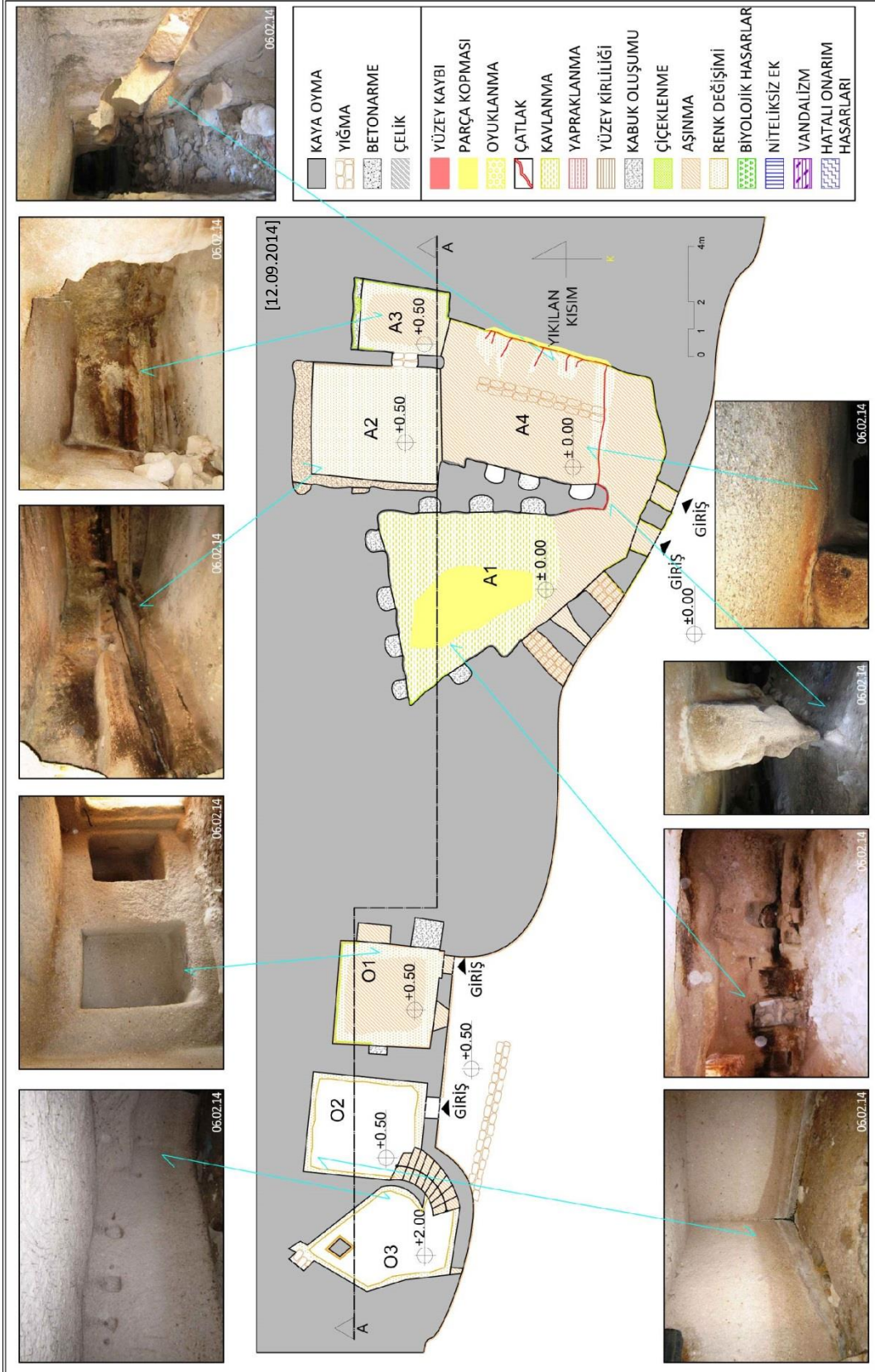
Yapının ahır kısmında farklı nedenlerden dolayı pek çok hasar oluşmuştur. Ahır kısmının doğusu yıkık durumdadır ve ne zaman yıkıldığı bilinmemektedir.

İki girişi olan ahır kısmının 0.00 kotundaki A1 no.lu mekân tavanının kuzey kısmında kavlanma ve parça kopması, güney kısmında ise aşınma mevcuttur. Alanın yemlik olarak kullanılan tüm girintilerinde kabuk oluşumu vardır. Bu mekânın doğu duvarında çatlak, kabuk oluşumu, kavlanma ve aşınma; kuzey duvarında kabuk oluşumu, çiçeklenme ve kavlanma; batı duvarında çiçeklenme, kabuk oluşumu ve aşınma mevcuttur. Alanın üç penceresinden ikisi yağma duvar örülerek kapatılmıştır. Tüm pencere ve girişlerin tavanında ve kenarlarında aşınma mevcuttur (Şekil 4.35, Şekil 4.36).

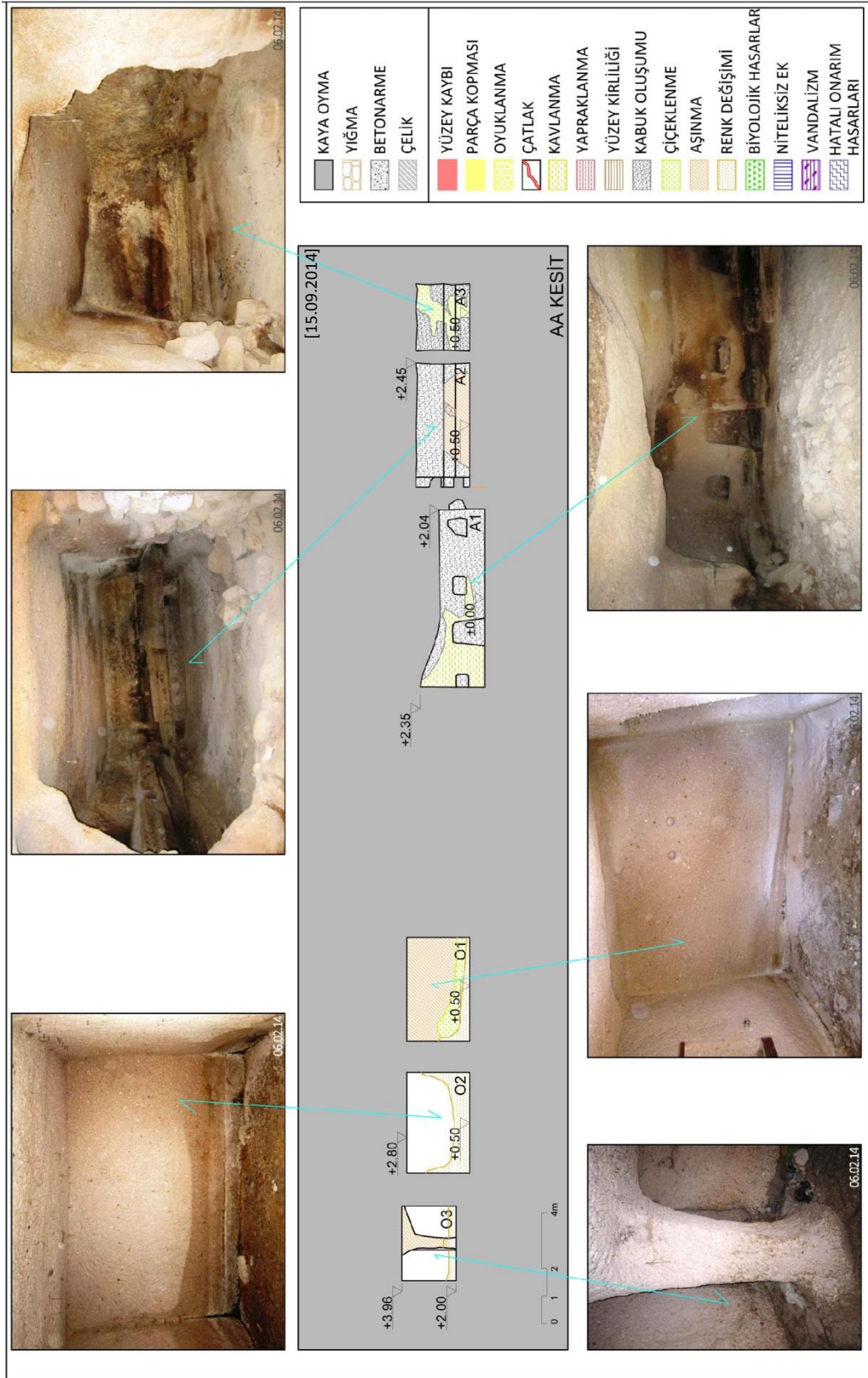
+0.50 m. kotundaki A2 mekânının tavanında renk değişimi görülmektedir. Duvarlarında ve küçükbaş hayvan için oluşturulduğu 50 cm olan yüksekliğinden anlaşılan yemliklerinde ise aşınma ve kabuk oluşumu görülmektedir. A2 ve A3 no.lu mekânlar arasındaki boşluk taş duvar ile kapatılmıştır (Şekil 4.35, Şekil 4.36).

A3 no.lu mekânın tavanında aşınma ve renk değişimi mevcuttur. Duvarlarında ve yemliklerinde kabuk oluşumu ve çiçeklenme vardır (Şekil 4.35, Şekil 4.36).

A4 no.lu mekânın ortasına yağma tekniğiyle bir taş duvar örülmüştür. Mekânın doğu kısmı duvarından parçalar kopmuş kalan kısımlarda kavlanma oluşmuştur. Mekânın doğu kısmının tavanında ise pek çok çatlak ve çatlaklar etrafında renk değişimi mevcuttur. Bu çatlaklardan biri A1 ve A4 no.lu mekân arasındaki duvarın güney kısmı ile A1 no.lu mekânın doğu duvarında devam etmektedir. A4 no.lu mekânın batı duvarında ve bu duvarın ortasında bulunan girintide kabuk oluşum mevcuttur. A1-A4 no.lu mekânlar arasındaki duvarın taban ve tavanına bakıldığında taban kesitinde tavan kesitine göre asidik hayvan gübreleri nedeniyle yaklaşık %80 oranında aşınma oluşmuştur (Şekil 4.35, Şekil 4.36).



Şekil 4. 35 Bahçeli Köyü sivil mimarlık yapısı hasarları (plan)



Şekil 4. 36 Bahçeli Köyü sivil mimarlık yapısı hasarları (AA kesiti)

4.3.5 Bahçeli Köyü Depo Yapısı

Bahçeli köyünde bulunan ve modern kaya oyma depolara göre daha küçük bir alanı olan (yaklaşık 75~85 m²) bu depo ortasında bir kaya oyma kolon, tavanında iki havalandırma bacası vardır (Şekil 4.37).

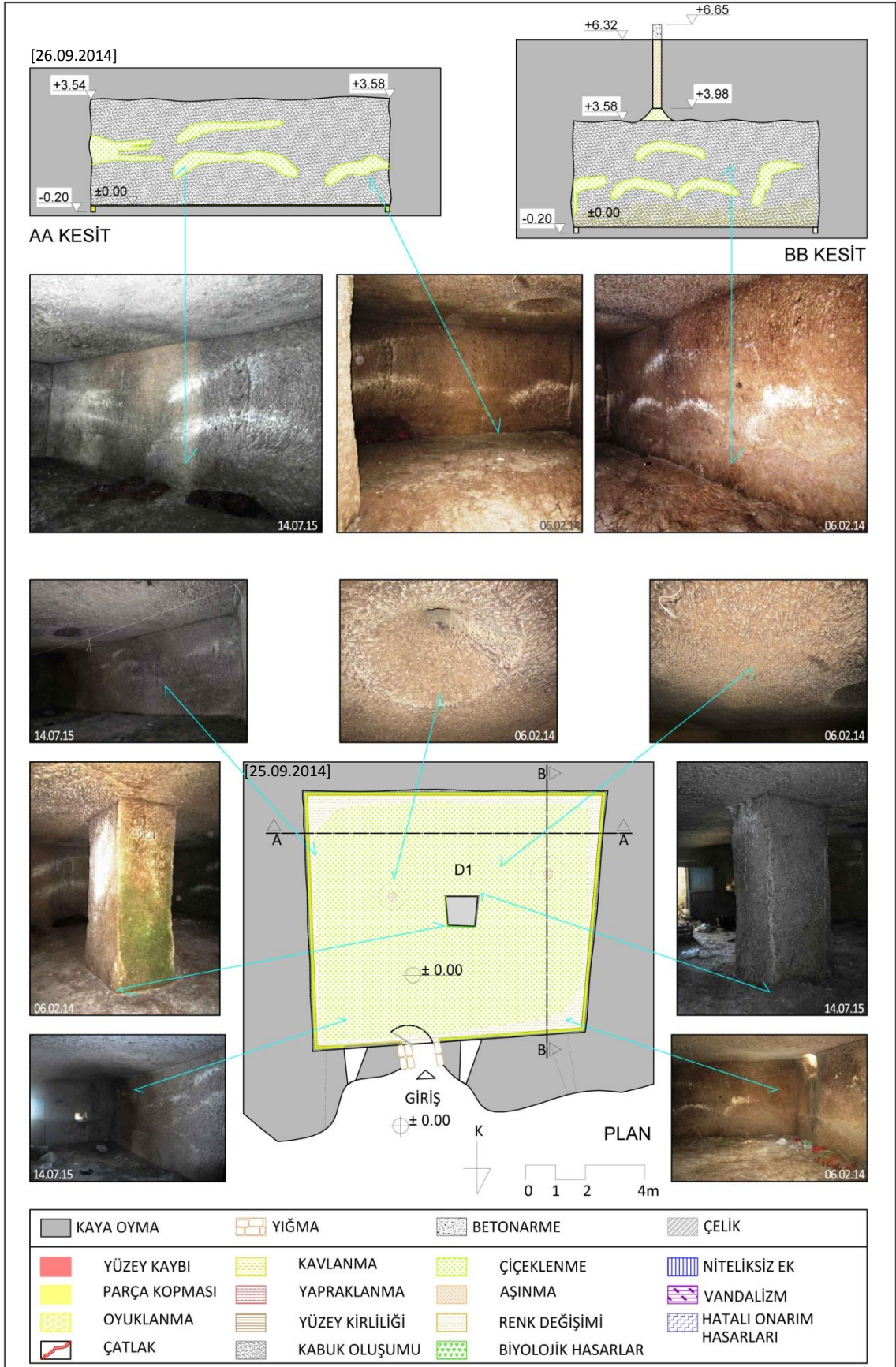
Havalandırma bacalarının iç duvarları yağmur suyu, toprak düşmesi gibi nedenlerle aşınmıştır. Tavanın kenarlarında renk değişimi, kenarları hariç diğer alanlarda çiçeklenme mevcuttur. Şekil 4.36'teki AA kesitinde görülen güney duvarı dışındaki duvarlarda kabuk oluşumu, çiçeklenme ve kavlanma; güney duvarında ise kabuk oluşumu ve çiçeklenme mevcuttur. BB kesitinde duvarlardaki kavlamaların tabana yakın kısımlarda, çiçeklenmelerin orta kısımlarda ve kabuk oluşumunun duvar genelinde olduğu görülmektedir.

Zemin kenarlarında duvardan gelmesi muhtemel suların alandan uzaklaştırılması için duvar diplerinde oyulan yaklaşık 20 cm yüksekliğindeki su arklarında (drenaj kanallarında) kavlanma vardır.

Ortadaki kaya kolonun güney ve batı duvarında kabuk oluşumu, doğu duvarında çiçeklenme ve kuzey duvarında ise alg türünden bitkisel oluşumlar bulunmaktadır.

Alanın girişindeki kapı kenarlarına bims blok kullanılarak yığma duvar örülmüştür. Alanın pencerelerinde herhangi bir hasar görülmemiştir (Şekil 4.37).

Depo alanları nem tutan kaya alanlarda oluşturulduğu için bu depoda olan çiçeklenme ve kabuk oluşumu türünden hasarlar pek çok depoda görülmesi muhtemel genel hasarlardır.



Şekil 4. 37 Bahçeli Köyü depo yapısı hasarları (plan ve AA-BB kesitleri)

KAYA OYMA YAPI MALZEMESİ NUMUNELERİNİN FİZİKSEL-MEKANİK-KİMYASAL-PETROGRAFİK VE MİNERALojİK İNCELENMESİ

5.1 Kaya Oyma Yapılarda Yapılan Çalışmalar

Kapadokya Bölgesi'nde, tez kapsamında incelenen yapılarda yaz ve kış dönemlerinde yerinde yapılan tahribatsız ölçümler ve alınan malzeme örneklerinde laboratuvarında yapılan çeşitli deneyler ile malzemelerin fiziksel, mekanik, kimyasal, petrografik ve mineralojik özellikleri saptanmıştır.

5.2 Yerinde Yapılan Ölçümler

Yerinde yapılan çalışmalar incelenen alanların ulaşılabilen her mekânında 2014 yılı Şubat ve Temmuz aylarında yapılan yüzey sıcaklığı ve nemi, ortam sıcaklığı ve bağıl nemi, yüzey sertliği ve ultrases geçiş hızı deneylerini kapsamaktadır.

5.2.1 Yüzey Sıcaklığı-Nemi ve Ortam Sıcaklığı-Bağıl Nemi Ölçümü

Yaz ve kış dönemlerindeki ortam ve malzeme özelliklerini değerlendirmek için Protimeter surveymaster aleti ile yapı malzemesinin yüzey sıcaklığı (T , °C) ve nemi (R , %); ortam sıcaklık ve nem ölçeri ile de ortamın bağıl nemi (RH , g/m^3) ve sıcaklığı (T , °C) ölçülmüştür (Şekil 5.1). Malzemelerin yüzey nem ve sıcaklığını belirlenirken mekân içinde ölçülen değerlerin ortalaması alınmıştır. Ölçümlerin yapıldığı Şubat ayı ortalama sıcaklık değeri $0,9$ °C, ortalama bağıl nem değeri ise $68,3$ g/m^3 'tür. Temmuz ayı ortalama sıcaklık değeri $20,1$ °C, ortalama bağıl nem $48,0$ g/m^3 'tür. Kış aylarında bağıl nem oranı daha yüksektir [27].



Şekil 5. 1 Çalışma alanlarında nem ve sıcaklık ölçümleri

5.2.2 Yüzey Sertliği ve Ultrases Geçiş Hızı Ölçümü

Malzeme yüzeylerinde gerçekleştirilen ultrases geçiş hızı (V, m/s) deneyi ile malzemenin boşluk durumu değerlendirilmiştir [75, 76]. Ultrases geçiş hızını belirlemek için ASTM D2845'e [77] uygun test cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Ölçüm yapılacak kayada düzgün bir yüzey elde etmek için zımpara ile düzeltmeler yapılmış, ölçüm başlıklarının kaya ile tam temas etmesi için başlıklara jel sürülmüştür. Ölçüm başlıkları, aralarında 15 cm. olacak şekilde kaya yüzeyine yerleştirilmiş ve ultrases geçiş hızı ölçüm cihazıyla yapılan ölçüm sonuçları kaydedilmiştir (Şekil 5.2). Çatlakların yönünü ve derinliğini değerlendirmek için [78] çatlak bölgelerinde tekrarlanan ultrases deneyi neticesinde test cihazından ölçüm sonucu alınamamış, dolayısıyla, çatlakların yönü ve derinliği belirlenememiştir.



Şekil 5. 2 Çalışma alanlarında ultrases geçiş hızı ölçümü

Yapıyı oluşturan kayanın mekanik özelliklerini belirlemek için, tahribatlı yöntemlerin yanı sıra, tahribatsız deney yöntemlerinden olan yüzey sertliği (R) ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.2). Literatürde tahribatsız deney sonuçları ve malzemenin

mekanik özellikleri arasında oluşturulmuş birçok bağıntı vardır [75, 79, 80]. Yapılan çalışmalarda oluşturulan eşitlikler araştırma konusu olan her yapı için uygun sonuçlar vermediğinden, pandül (P) tipi test çekici ile yapılan yüzey sertliği ölçümleri ile numunelerin tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bulunan eşitliğe göre yapıda örnek alınamayan diğer kısımların teorik basınç dayanımları (f_{teo} , MPa) (5.1)'deki eşitlik ile belirlenmiştir.

$$f_{teo} = -0,097 \cdot xR + 7,394 \quad (5.1)$$

5.3 Laboratuvarda Yapılan Deneyler

Araştırma konusu malzemelerin fiziksel, mekanik, kimyasal, petrografik ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi için çalışma alanlarından alınan toplam 9 örnek (Şekil 5.3) YTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'na getirilmiş ve TS EN 1936'da [81] belirtildiği gibi görünür hacmi en az 25 cm³ olacak şekilde numune hazırlanmıştır (Şekil 5.3). Laboratuvarda, ilgili standart veya yöntem uygun şekil ve geometride hazırlanan numuneler, gerekli şartlandırma koşulları sağlanarak deneylere hazır hale getirilmiştir.

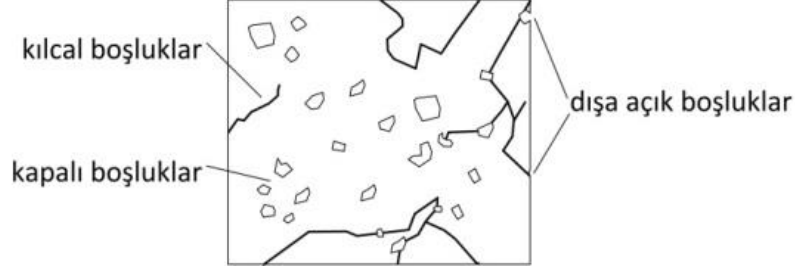


Şekil 5. 3 Çalışma alanlarından alınan bazı malzeme örnekler ve numuneler

5.3.1 Fiziksel Özellik Tayini Deneyleri

Yapı malzemelerinde temel fiziksel özellikler kütle, hacim, yoğunluk, gözeneklilik ve renk gibi özelliklerdir. Malzemelerin boşluk parametrelerinin bilinmesi malzemenin tanınmasında ve seçiminde çok önemlidir [66]. Boşlukların durumu ve özellikleri malzemenin yoğunluk, su emme, geçirimsizlik, dona dayanıklılık, mukavemet ve ısı ile ses yalıtımı özelliklerini etkiler [82].

Gözenekli cisimlerde boşluk oranının (porozite) doğrudan veya dolaylı yöntemlerle ölçülmesi mümkündür. Boşluk özelliği boşluk oranı, boyutu, boşluğun dışa açık veya kapalı olması ve birbiri ile ilişkilerine göre farklılık gösterir [66] (Şekil 5.4).



Şekil 5. 4 Gözenekli malzemede boşluk türleri

5.3.1.1 Görünür Yoğunluk ve Gerçek Yoğunluk Tayini

Görünür yoğunluk ($\beta, \text{g/cm}^3$), numunenin kuru kütlelerinin (W_0) görünür hacmine¹ (V_{net}) oranıdır. Görünür yoğunluk kavramı, yoğunluk ya da boşluklu birim kütle olarak da ifade edilebilmektedir [66, 81].

Alınan örneklerin görünür yoğunluğunun bulunması için TS EN 1936'da [81] belirtilen şekilde hazırlanan numuneler değişmez kütleyle gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. Sonrasında etüvden çıkartılan numuneler desikatörde² bekletilerek sıcaklıklarının laboratuvar koşullarına gelmeleri sağlanmıştır. Desikatörden alınan numuneler tartılmış ve kuru kütleleri (W_0) belirlenmiştir. Numuneler bir kaba alınarak, numuneler üzeri kapanacak şekilde 20°C'teki damıtılmış su yavaşça numunelerin üzerine eklenmiştir. Numuneler su içerisinde 1 gün süre ile bekletilip suya doymuş hale getirildikten sonra her bir numune su içerisinde tartılmış ve sudaki kütleleri (W_{SS}) kaydedilmiştir. Hızlı bir şekilde sudan alınıp nemli bir bezle yüzeyi kurulan suya doymuş numunelerin havadaki kütlesi (W_{SH}) tayin edilmiştir (Şekil 5.5). Yapılan bu işlemler sonucunda öncelikle görünür hacim (V_{net}) (5.2) no.lu eşitlik ile bulunmuş ve sonrasında (5.3) no.lu eşitlik ile numunelerin görünür yoğunluk (β) değerleri belirlenmiştir [81].

$$V_{net} = (W_{SH} - W_{SS}) / \rho_{su}^3 \quad (5.2)$$

$$\beta = W_0 / V_{net} \quad (5.3)$$

¹ Görünür hacim: Numunenin boşluklarının da dâhil olduğu dış yüzeyiyle sınırlı hacmi [81].

² Desikatör: Tabanında nem çekici (desikant) bir madde bulunan ağzı hava almayacak şekilde kapatılabilen kurutma kabı.

³ ρ_{su} : Suyun yoğunluğunu ($\sim 1 \text{ g/cm}^3$) ifade etmektedir.



Şekil 5. 5 Görünür yoğunluk deneyi aşamaları

Özgül ağırlık olarak da adlandırılan gerçek yoğunluk (γ , g/cm³) ise kuru numune kütesinin (W_0) katı kısmın hacmine¹ (V_d) oranıdır [66, 81]. Gerçek yoğunluğu tayin etmek için her bir numune ayrı ayrı 0,063 mm göz açıklıklı elekten tümüyle geçecek şekilde öğütülmüş, öğütülen numuneler sabit kütleye ulaşıncaya kadar etüvde kurutulduktan sonra 10±1 gr'lık miktarlar halinde tartılmışlardır. Tartılan bu toz numuneler ilk hacmi 0 cm³ olacak şekilde damıtılmış su dolu olan Le Chatelier hacim ölçerine sıvıyla temas edecek şekilde ilâve edilmiş ve şişe çalkalanmıştır. Sonrasında son hacim değeri yani katı kısım hacmi (V_d) okunup 5.4' teki eşitlik kullanılarak numunelerin gerçek yoğunluğu hesaplanmıştır [66, 81] (Şekil 5.6).

$$\gamma = W_0 / V_d \quad (5.4)$$



Şekil 5. 6 Gerçek yoğunluk deneyi aşamaları

¹ Katı kısmın hacmi: Numunenin görünür hacmi ile boşlukların (açık ve kapalı gözenekler) hacmi arasındaki fark [81].

5.3.1.2 Kompasite, Porozite, Kütlece-Hacimce Su Emme Oranları ve Doyma Derecesi Tayini

Doluluk oranı olarak da isimlendirilen kompasite (k , %), numunenin katı kısmı hacminin (V_d), malzemenin görünür hacmine (V_{net}) oranı veya görünür yoğunluğun (β), gerçek yoğunluğa (γ) oranı olarak tanımlanır. Malzemelerin kompasitesi (5.7)'teki eşitlik ile belirlenir [66, 81].

$$\%k = \frac{V_d}{V_{net}} = \frac{\beta}{\gamma} \times 100$$

(5.7)

Toplam boşluk oranı ya da porozite olarak da adlandırılan toplam gözeneklilik (p , %), numunenin toplam gözenek (açık ve kapalı) hacminin görünür hacmine oranı şeklinde ifade edilir. Toplam gözeneklilik (5.8)'deki eşitlikler ile belirlenebilir [66, 81].

$$\%p = \frac{V_{net} - V_d}{V_{net}} \times 100 = \left(1 - \frac{\beta}{\gamma}\right) \times 100 = (1 - k) \times 100 \quad (5.8)$$

TS EN 1936'da [81] açık gözeneklilik (p_o , %) olarak tanımlanan etkin porozite olarak da ifade edilen hacimce su emme oranı (A_h , %), numunenin dışa açık gözeneklerinin hacminin (V_o) (5.9) görünür hacmine (V_{net}) oranı şeklinde 5.10'daki eşitlikle ifade edilir [66, 81, 83].

$$(V_o) = \frac{W_{SH} - W_0}{\rho_{su}} \quad (5.9)$$

$$\%A_h = \frac{V_o}{V_{net}} \times 100 \quad (5.10)$$

Sabit kütleye kadar kurutulmuş numunenin emebildiği su kütlesinin, numunenin kuru kütlesine oranı kütlece su emme (A_b , %) olarak (5.11)'deki eşitlik ile belirlenebilir [66, 83].

$$\%A_b = \frac{W_{SH} - W_0}{W_0} \times 100 \quad (5.11)$$

Satürasyon olarak da ifade edilen doyma derecesi (D_d , %) etkin porozitenin toplam gözenekliliğe oranıdır ve (5.12) eşitliği ile ifade edilir [66].

$$\% D_d = \frac{A_h}{p} \times 100 \quad (5.12)$$

5.3.1.3 Kılcal Su Emme Miktarı Tayini

Numunelerin kılcal su emme oranları TS EN 15801'e [84] göre belirlenmiştir. Numuneler ilgili standart [84] koşulları sağlanması için her kenar en az 3 cm olarak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan üç prizma numune (60 ± 2)°C'lik etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar bekletilmiş, ortam sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde muhafaza edildikten sonra etüv kuru kütlesi (m_0 , kg) tartılmıştır. Bir deney tepsi içerisine, minimum kalınlığı 5 mm olan pamuk tabaka yerleştirilmiş ve bu tabaka pamuğun üst kısmı aşılacak şekilde suya doymun hale getirilmiştir.

Numunelerin suya doyurulmuş pamuk tabaka ile temas edecek kare yüzeyi zımpara ile düzeldikten sonra, tabaka üzerine bırakılmış ve tabaka yüzeyine temas ettiği an $t=0$ sn olarak kaydedilmiştir. İlk 1 saat içerisinde çok sık olmak üzere, belirli aralıklarla kütle ölçümleri yapılmış ve deneye 24 saat boyunca devam edilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5. 7 Kılcal su emme miktarı tayini deneyi aşamaları

Numunelerin (t_i , sn) anında birim alandan emdiği su miktarı (Q_i , kg/m²), (5.12) bağıntısı ile belirlenmiş, kılcal su emme katsayısının (K , kg/m²√sn²) hesaplanması için Q_i - $\sqrt{t_i}$ grafikleri oluşturularak kılcal su emme eğrileri çizilmiştir [85].

$$Q_i = m_i - m_0 / A \quad (5.12)$$

Bağıntıdaki değişkenlerden;

m_i : Numunenin (t_i) anındaki kütlesi (kg),

m_0 : Numunenin etüv kuru kütlesi (kg) ve

A: Numunenin kılcal yolla su emdiği yüzey alanıdır (m²) [84].

Kılcal su emme katsayısı (K), çizilen kılcal su emme eğrilerinin başlangıçtaki doğrusal kısmının eğimi hesaplanarak belirlenmiştir.

5.3.1.4 Kuruma Hızı Tayini

Numunelerin kuruma hızlarını belirlemek için ICCROM [86] tarafından önerilen yöntemden faydalanılmıştır. Kenar uzunlukları 3-5 cm arasında olacak şekilde prizmatik kesilen numuneler değişmez kütleyle gelinceye kadar etüvde kurutulduktan sonra desikatörde bekletilerek ortam sıcaklığına gelmeleri sağlanmıştır. Desikatörden alınan numuneler kaba koyulduktan sonra, kap, su seviyesi en yüksek numune boyutunu 2 cm geçecek şekilde damıtılmış su ile doldurulmuştur. Suyu doymun hale getirilen numunelerin yüzeyi nemli bir bezle silinerek tartılmıştır (m₀) ve desikatöre konulmuştur. Laboratuvar koşulları altındaki desikatörde muhafaza edilen numuneler, belirli zaman aralıklarında ilk 24 saat içinde sık olmak üzere desikatörden çıkarılıp kütleleri ölçülmüştür (Şekil 5.8). İlk 12 saat boyunca birer saatlik aralıklarla, sonrasında ise 24 saatlik aralıklarla ölçümler gerçekleştirilmiş ve (5.13) bağıntısında yer alan koşul sağlanıncaya dek deneye devam edilmiştir [86].

$$1,0 \geq (m_0 - m_{i-1}) / m_0 - m_i \geq 0,9 \quad (5.13)$$

Bağıntıdaki değişkenlerden:

m₀: t₀ anında numunenin kütlesini (g),

m_{i-1}: t_{i-1} anında numunenin kütlesini (g),

m_i: t_i anında numunenin kütlesini (g) ifade etmektedir [86].



Şekil 5. 8 Kuruma hızı tayini deneyi aşamaları

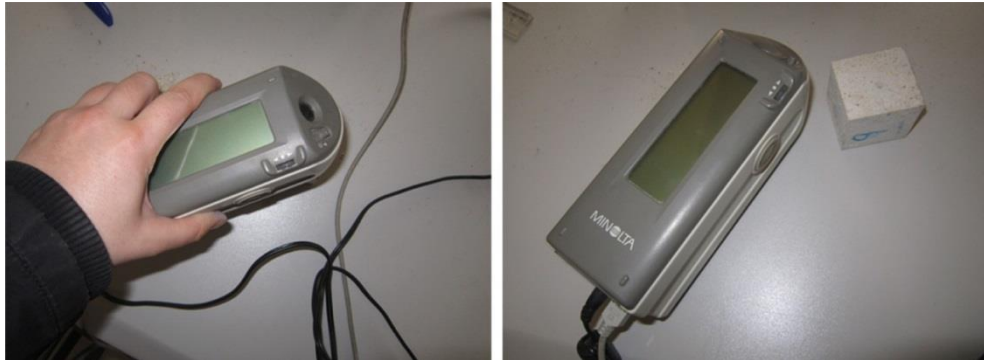
Ölçümlerin tamamlanması ile numuneler 60 ± 5 °C'lik etüvde, sabit kütleye gelinceye kadar kurutulmuş ve son kütle (m_{of}) kaydedilmiştir. (t_i) anında, numunedeki su oranı (Q_i , %), (5.14) denklemi kullanılarak hesaplanmış ve bu oran zamanın bir fonksiyonu olacak şekilde her numune için Q_i - t_i grafiği çizilmiştir [86].

$$Q_i = [(m_i - m_{of}) / m_{of}] \times 100 \quad (5.14)$$

Bu deneyin ölçümlerine 8 gün boyunca devam edilmiş, süreç içinde (5.13) bağıntısına göre ölçümü tekrar edilmesine gerek olmayan numunelerin de ölçümleri diğer numuneler ile birlikte devam etmiştir.

5.3.1.5 Renk Tayini

Numunelerin yüzey renkleri, TS EN 15886 [86]'e uygun tayfsal ışık ölçer Konica Minolta CM ve Munsell Renk Dizgesi esas alınarak belirlenmiştir (Şekil 5.9). Rengin tür, değer ve doymuşluk bileşenleri her numunede yapılan en az 6 ölçüm ile belirlenmiştir [87].



Şekil 5. 9 Renk tayini deneyi

5.3.2 Mekanik Özellik Tayini Deneyleri

Cisimlerin etki eden kuvvete karşı gösterdikleri tepki, mekanik özellikler olarak tanımlanır [66]. İncelenen mekânları oluşturan malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için şekli ve boyutları uygun olan numunelerde tek eksenli basınç deneyi ve nokta yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir.

5.3.2.1 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini

Tek eksenli basınç dayanımı (f_c , MPa), basınç deneyinde kırılma sonrası belirlenen maksimum yükün (F , N), yükün uygulandığı yüzey alanına (A , mm^2) bölünmesi (5.15) ile elde edilir.

$$f_c = \frac{F}{A} \quad (5.15)$$

TS EN 1926 [89]'ya göre yapılan basınç tayini deneyi için 50 ± 5 mm kenar uzunluklu üçer tane prizma numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler değişmez kütleyle gelinceye kadar $70 \pm 5^\circ\text{C}$ 'lik etüvde bekletilmiştir. Etüvden çıkarılıp desikatörde muhafaza edilerek ortam sıcaklığına gelmeleri sağlanmış numunelerin yük uygulanacak yüzeylerinin makine başlıklarına tam temas etmesi için zımpara ile yüzeyleri düzeltilmiştir. Her bir numunenin başlıklarla temas edecek alanının boyutları, deneyden önce kumpas ile ölçülmüş ve numuneler tek olarak makine başlıkları arasına yerleştirilmiştir. $1,0 \pm 0,5$ MPa/sn' lik yükleme hızı ile gerçekleştirilen deney, numune kırılana kadar devam etmiş, numune kırıldıktan sonra cihazdan alınan maksimum yük değeri kaydedilmiştir (Şekil 5.10). Her bir numune için kaydedilen yük değeri, numunenin önceden ölçülen alanına bölünerek tek eksenli basınç dayanımı bulunmuştur.



Şekil 5. 10 Basınç dayanımı tayini deneyi aşamaları

5.3.2.2 Nokta Yükleme Dayanım İndeksi Deneyi

Tek eksenli basınç dayanımının belirlenmesi için gerekli boyut ve şekilde numune hazırlamaya elverişsiz örneklerin mekanik özelliklerinin dolaylı olarak belirlenmesi için nokta yükleme deneyi yapılmıştır. TS EN 699 [83]'e göre yapılan deneyde, numunelerin kalınlık (D, mm) ve genişlikleri (W, mm) kumpas ile ölçülmüş, standartta yer alan D-W oranları kontrol edilmiştir. Deney için hazırlanan etüv kurusu numuneler nokta yükleme cihazının konik uçları arasına yerleştirilmiş, konik uçlar ile numune arasında açıklık kalmaması için silindirik yükleme tablası yükseltilmiştir. Konik uçların numuneye temas noktaları arasındaki mesafe cetvelden $\pm 2\%$ yaklaşımla okunduktan sonra

numuneye 10-60 saniye arasında kırılacak şekilde yükleme yapılmış ve kırılma sonrası maksimum yük (P, N), yük göstergesinden okunarak kaydedilmiştir (Şekil 5.11).



Şekil 5. 11 Nokta yükleme deneyi aşamaları

Deney sonucunda elde edilen P'nin basınç dayanımına çevrilmesi için öncelikle düzensiz numunenin çapı (5.16) denklemi ile bulunmuş, (5.17) denklemi ile de düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi belirlenmiştir [83].

$$(D_e)^2 = \frac{4A}{\pi} \quad (5.16)$$

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (5.17)$$

Buradaki eşitliklerde;

I_s : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi (MPa),

P: Kırılma yükü (N)

D_e : Eşdeğer karot çapı (mm) ve

A: Konik başlıkların temas noktalarından geçen numunenin en küçük kesit alanıdır (mm²) [83, 90].

Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi değerinin (I_s) standart bir karot çapına ($D=50$ mm) göre düzeltilmesi ve düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksinin ($I_{s(50)}$, MPa), elde edilmesi gerekir. Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi ($I_{s(50)}$) boyut düzeltme faktörünün [F](5.18), I_s ile çarpılması sonucunda (5.19) hesaplanır [83]. Elde edilen

dayanım indeksi kullanılarak, Topal [90] tarafından tüfler için oluşturulmuş [(5.20)'deki denklem ile basınç dayanımı (f_{ny} , MPa) elde edilir.

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad (5.18)$$

$$I_{S(50)} = FxI_s \quad (5.19)$$

$$f_{ny} = 10.65xI_{S(50)} + 2.47 \quad (5.20)$$

5.3.3 Kimyasal-Petrografik ve Minerolojik Özellik Tayini Deneyleri

Çalışma alanlarından elde edilen örneklerin kimyasal, petrografik ve minerolojik özelliklerinin belirlenmesi için XRD (X-ışını Kırınımı), XRF (X-ışını Floresansı) ve ince kesit analizleri yapılmıştır. Bu analizler, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarı'nda (JAL) ilgili birim ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. XRD ve XRF deneyleri için hazırlanan 0.063 mm göz açıklıklı elekten tümüyle geçecek şekilde öğütülmüş toz numuneler ve ince kesit deneyi için gerekli bütün halindeki numuneler Şekil 5.12'de görülmektedir.



Şekil 5. 12 Kimyasal-petrografik ve minerolojik özellik tayini için hazırlanan numuneler

5.3.3.1 X-ışını Kırınımı (XRD) Analizi

X-ışını kırınımı (XRD) analizi, öğütülmüş toz numuneye X-ışını gönderilerek kırılma ve dağılma verilerinin toplanması ve elde edilen veriler ile bir karakterizasyon yapılarak numunenin hangi minerallerden oluştuğunun belirlenmesi prensibine dayanır. Advance Bruker-XRD cihazı kullanılarak yapılan bu deney çalışma kapsamında incelenen

örneklerin minerolojik bileşenlerinin, özellikle olası kil minerallerinin¹ belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Numunelerde XRD analizi sonucu kuvars (SiO_2), opal ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), illit, kalsit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) mineralleri, amorf mineraller ve smektit grubu (montmorillonit, baydelit, nontronit, saponit, hektorit ve saukonit [91]) minerallere rastlanmıştır [92].

Kuvars, bileşimi %100 SiO_2 ' ye yakın, kayaç oluşturan önemli minerallerdendir. Malzemede kuvars olup olmadığı HF (Hidrojen florür) damlatıldığında malzemenin çözünmesiyle anlaşılabilir. Kuvars diğer asitlerde çözünmez, alkalilerde² çözünür [91].

Opalin bileşimi, sulu silisyum dioksittir ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Aslında bir mineral değil mineraloiddir³. 100°C altında oluşmuş bir silika jeli (çökeli) olan opal, volkanik bölgelerde sedimanter⁴ tabaka çatlak ve yarıkları içine sızarak ultrabazik kayaçların ayrışmasında oluşan silikaların bozuluşuyla oluşur. Opalin sertliği fazla olmasına rağmen, çatlamaya ve kırılmaya karşı oldukça eğilimlidir [91, 93, 94].

Plajiyoklaz feldspatlardan⁵ olan albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, Ab) asidik bir plajiyoklaz olduğu için asitlerde çözünmez. Diğer bir plajiyoklaz olan anortit ise HCl (Hidrojen klorür) damlatıldığında çözünmesiyle anlaşılır. Plajiyoklazların asitte çözünme oranı kalsiyum (Ca) miktarı ile artar [91, 95].

Fillosilikatların kil minerali grubunda bulunan illit, mikaların⁶ (muskovit, biotit) hidratlanması¹ veya silikatların ayrışıp yeniden şekillenmesiyle oluşur. Mika

¹ Mineral, genellikle doğal olarak inorganik olaylar sonucu oluşan, belirli bir kimyasal bileşime sahip, düzenli atomik dizimli homojen katı (cıva hariç) şeklinde tanımlanır [34]. Kristal ise yapıtaşları üç boyutlu, düzenli bir geometrik dizilim gösteren homojen nitelikteki katı maddelere denir. Mineralden farkı doğal olma şartının olmamasıdır [96].

² Alkali: Suda çözünen baz [91].

³ Mineraloid: Düzenli bir içyapı göstermeyen amorf maddelerin doğal olanlarının genel adıdır [97].

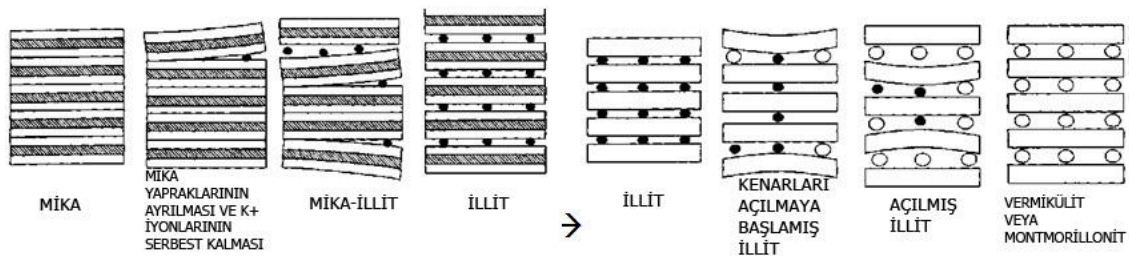
⁴ Sedimanter: Çökellerden oluşmuş kayaç.

⁵ Feldspat: Tektosilikattır. Alkali feldspat olarak bilinen K-feldspatlar şeklinde tanımlanan ortoklaz (Or), mikroklin ve sanidin (KAlSi_3O_8) ile plajiyoklaz feldspat (Na-feldspat ve Ca-feldspat) şeklinde tanımlanan albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, Ab) ve anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, An) arasındaki serilerle tanımlanır [91, 95].

⁶ Mika, fillosilikat olan bir mineral grubunun genel adıdır. Su içerikleri genelde % 4-5 oranındadır. İnce taneli kil mika şeklinde bulunabilir, bunların su içeriği daha yüksektir [91]. Mikalar yüksek sıcaklıklarda çatlamaz ya da erimez, elektriği iletmez [98].

pulcuklarının aralanıp bu aralıkların su alıp şişmesiyle illit oluşumu başlar. Yaprakçıkların arası su alarak daha da açılır ve giderek mika illite dönüşür. Bu nedenle illitlere mikamsı kil mineralleri de denir (Şekil 5.13).

Su alma özelliği olan üç tabakalı kil grubundaki illit mineralinin esas kalınlığı 10 \AA^2 olup su alıp şiştiğinde veya katyon ile doyurulduğunda kalınlığı artar. İllit, su alma veya katyon ile doyurulma miktarına göre vermikülit³ veya montmorillonit mineraline dönüşür (Şekil 5.13) [91, 98].



Şekil 5. 13 Mikanın illite, illitin vermikülit veya montmorillonite dönüşümü [98]

Kalsit (CaCO_3) ve dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) karbonat grubu minerallerindendir. Karbonat grubu minerallerinin ana yapısal elemanlarını $(\text{CO}_3)^{2-}$ iyonu oluşturur. Kayaç yapıcı minerallerden olan kalsit oldukça bol bulunan yaygın bir mineraldir. Kalsit, doğal olarak bulunabildiği gibi $800 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de dolomitten ayrışarak da oluşabilir. İyi gelişmiş kristalleri, bazik magmatik kayalarda kuvars ve zeolit⁴ ile birlikte bulunabilir [91]. Malzemede kalsit olup olmadığı soğuk HCl damlatıldığında köpürmesinden anlaşılır. Dolomitten bu özelliği ile ayrılır. Kalsiyum magnezyum karbonat karışımı bir mineral olan dolomit ise sıcak HCl 'de köpürür [91,95].

Amorf mineraller belirli kristal şekli olmayan (silis camı gibi) şekilsiz minerallerin genel adıdır [102].

¹ Hidratlanma: Su minerali alımı

² Ångström, ışığın dalga boyunu ölçmekte kullanılan uzunluk ölçü birimidir. Santimetrenin yüz milyonda biridir. 0,1 nanometre veya 100 pikometre olarak da adlandırılır [100].

³ Vermikülit: Biotitten gelişmiş olan illitin fazla miktarda K+ kaybetmesi ve yaprakçıkları arasında K+ yerine Mg++ katyonlarının girmesi ile oluşabilen bir kil mineralidir[98].

⁴ Zeolit bir tektosilikat grubudur. Alkali ve toprak alkali elementlerinin kristal yapıya sahip sulu alüminyum silikatlarıdır. Zeolitlerin yapısında büyük iyonların ve su moleküllerinin oldukça serbest hareket ettiği kanallar bulunur. Bu kanallar iyon değiştirme ve suyu atma özelliği gösterebilir. Bir zeolit ısıtılırsa kanallarındaki su kolayca ve sürekli bir şekilde ısı atışıyla birlikte malzemeyi terk eder. Zeolitler, ısı ve basınç etkisiyle değişime maruz kaldıklarında feldspatlara dönüşür ve volkanik tüflerde oluşabilir. Ayrıca zeolitlerin puzzolan özelliği vardır [91, 101].

Smektitler genişleme özelliği gösteren, tabakaları arasına su ve organik molekül (alkol, üre gibi) alabilen, katyon değiştirme kapasiteleri yüksek olan ve genellikle sedimanter kayalarda görülen kil mineralleridir. Başlıca smektit grubu mineralleri montmorillonit (bentonit, saf montmorillonit), baydelit, nontronit, saponit, hektorit ve saukonittir [91, 98]. İncelenen numunelerde en çok görülen smektit grubu mineral montmorillonittir. Montmorillonit, kristal yapısı illit ve vermikulite benzeyen üç tabakalı bir kil mineralidir, Yaprakçık aralığı 3.4 Å, esas kalınlığı 10 Å'dır. 1 gramında 800 m² yüzeyi olan montmorillonit, su alıp şiştiğinde veya katyon ile doyurulduğunda kalınlığı 20 Å 'e, yaprakçık aralığı ise 14 Å'e kadar şişebilir. Ortamda sodyumun (Na) bulunması montmorillonit yaprakçıklarının birbirinden bir daha bir araya gelemeyecek kadar uzaklaşmalarına neden olur. Na⁺ ile doyurulmuş montmorillonitlerde esas kalınlık 160 Å'e kadar artabilmektedir[91, 95, 98].

5.3.3.2 X-Işını Floresansı (XRF) Analizi

X-ışını floresansı (XRF) deneyi, öğütülen numunelerin X-ışını geçiren özel film içinde basınçla sıkıştırılıp parlatıldıktan sonra numuneye X-ışını taranması yapılarak içinde bulunan element türlerinin ve miktarlarının belirlenmesi prensibine dayanır. Bruker S8 Tiger cihazıyla yapılan deneyde X-ışınları malzemedeki elektronlara çarparak onları yerlerinden uzaklaştırıp yerlerini bir üst veya daha üstteki yörüngelerden elektronların doldurmasını sağlar. Bu doldurma esnasında atoma özgü enerji seviyesine göre ikincil bir X-ışını salınır. Her elementin kendine özgü bir enerji seviyesi olduğu için elementler birbirinden seviyelerine göre ayrılır. Elementin miktarı numune içinde ne kadar fazla ise enerji seviyesi o kadar yüksek olur [103].

Bu yöntem ile numune içindeki ana (majör) oksitler¹, iz (trace) elementler ve kızdırma kayıpları (LOI) belirlenmiş böylece numunenin kimyasal karakterizasyonunun [104] yapılabilmesi için veri elde edilmiştir.

Numunelerde XRF analizi sonucu Silisyum dioksit (SiO₂), Alüminyum oksit (Al₂O₃), Demir oksit (Fe₂O₃), Magnezyum oksit (MgO), Kalsiyum oksit (CaO), Sodyum oksit (Na₂O), Potasyum oksit (K₂O), Titanyum dioksit (TiO₂), Fosfor pentaoksit (P₂O₅),

¹ Oksit: İçeriğinde en az bir element (soy gazlar ve halojenler hariç) ve bir oksijen atomu içeren bileşik.

Mangan oksit (MnO), Kromyum (III) oksit (Cr₂O₃), Baryum (Ba), Kükürt (S), Klor (Cl) ve Bakır (Cu) tespit edilmiştir [92].

Numune verilerindeki kızdırma kaybı miktarı (LOI) uzaklaştırılan nem ve varsa malzeme içerisindeki uçucu bileşenlerin miktarıdır [105].

İz elementler, kaya içindeki yoğunluğu yok denecek kadar az (toplam hacmin %0.1'inden veya 1000 PPM¹'den az) olan elementlerin genel adıdır. Numunelerde bulunan iz elementler; Skandiyum (Sc), Vanadyum (V), Krom (Cr), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Galyum (Ga), Arsenik (As), Rubidyum (Rb), Stronsiyum (Sr), İttriyum (Y), Zirkonyum (Zr), Niobyum (Nb), Molibden (Mo), Kalay (Sn), Antimon (Sb), Sezyum (Cs), Baryum (Ba), Lantan (La), Seryum (Ce), Kurşun (Pb), Toryum (Th) ve Uranyum (U)'dur [92].

XRD ve XRF analizi sonuçları karşılaştırılarak major oksit kaynağının ne tür mineraller olduğu tahmin edilebilir. İz element miktarı malzeme iç yapısı ve malzeme üzerinde yaşayan organizmaların gelişim durumu için önemlidir. Malzemede oranları az olsa da kaya üzerindeki organizmaların gelişimi, kayacın toprağa dönüşmesi ve verimliliği üzerinde etkisi yüksektir [106, 107, 108].

5.3.3 İnce Kesit (Petrografik) Analizi

TS EN 12407'ye [109] göre gerçekleştirilen petrografik analiz, örneklerden alınan ince kesitlerin uygun mikroskoplar ile petrografi analizlerinin gerçekleştirilmesi ve Mohs² sertlik derecelerinin belirlenmesi prensiplerine dayanır. Makroskobik ve ince kesit ile mikroskobik inceleme yapılan kayaç (kaya, taş) numunelerinin mineralojik detayları, kimyasal bileşimi, yapısı, dokusu ve jeolojik sınıflandırması [110, 111] hakkında bilgi edinilmiştir.

5.4 Kapadokya Bölgesi Kaya Oyma Yapı Malzemelerinin Genel Özellikleri

Kapadokya Bölgesi'nde Malta Haçlı Kilise, Ortahisar Kalesi, Mazı Yeraltı Şehri, Bahçeli Köyü sivil mimarlık eseri ve depo yapısından alınan her bir örneğin fiziksel, mekanik,

¹ Parts per million – milyonda bir kısım

² Mohs: Bir mineralin sertliğini ifade etmek için kullanılan birimdir. Bu değer 1-ile 10 arasında değişir.

kimyasal, petrografik ve minerolojik özellikleri açıklanmış ve tüm numuneler arasında genel bir değerlendirme oluşturulmuştur.

5.4.1 Deneylerde Kullanılan Numunelerin Adlandırılması

Yerinde yapılan ölçüm sonuçlarında Malta Haçlı Kilise verileri **MHK** olarak, Ortahisar Kalesi verileri **OK-mekân numarası** şeklinde, Mazı Yeraltı Şehri verileri **MA-mekân numarası** olarak, Bahçeli Köyü'nden elde edilen veriler ise alındıkları yere göre oda ise **BO-mekân numarası**, ahır ise **BA-mekân numarası** ve depo **BD** şeklinde gösterilmiştir.

Laboratuvar deneyleri için Malta Haçlı Kilise'nin oyulduğu kayanın üst kısmından alınan örnek ile oluşturulan numuneler **MHK-1** olarak, Ortahisar Kalesi'nin 15, 20 ve 23 no.lu mekânlarındaki kopmuş parçalardan oluşturulan numuneler mekân numarasına göre **OK-15**, **OK-20** ve **OK-23** olarak adlandırılmıştır. Mazı Yeraltı Şehri'nin 01 no.lu mekândaki kopan parçadan oluşturulan numuneler **MA-02** olarak adlandırılmış ve şehrin üst kotlarının oyulduğu dağın üst kısmındaki alandan alınan örnek **MU-01** olarak adlandırılmıştır. Bahçeli Köyü'ndeki sivil mimarlık eserinin ahır kısmı A4 no.lu mekânındaki kopmuş parçalardan elde edilen numuneler **EA-04** şeklinde, oda kısmı O3 mekânının oyulduğu kayanın üst kısmından alınan parçalarla oluşturulan numuneler ise **EO-03** olarak adlandırılmıştır. Bahçeli Köyü depo yapısı girişindeki kopan parçalardan elde edilen numuneler ise **DE-01** olarak isimlendirilmiştir.

5.4.2 Malta Haçlı Kilise Ölçüm Değerleri

Malta Haçlı Kilise' de yapılan ölçümler ve kiliseden alınan numuneler ile kayaç örnekleri üzerinde yapılan deney verileri şu şekildedir.

5.4.2.1 Yerinde Yapılan Ölçümler

Yüzey Sıcaklığı-Nemi ve Ortam Sıcaklığı-Bağıl Nemi Ölçümü

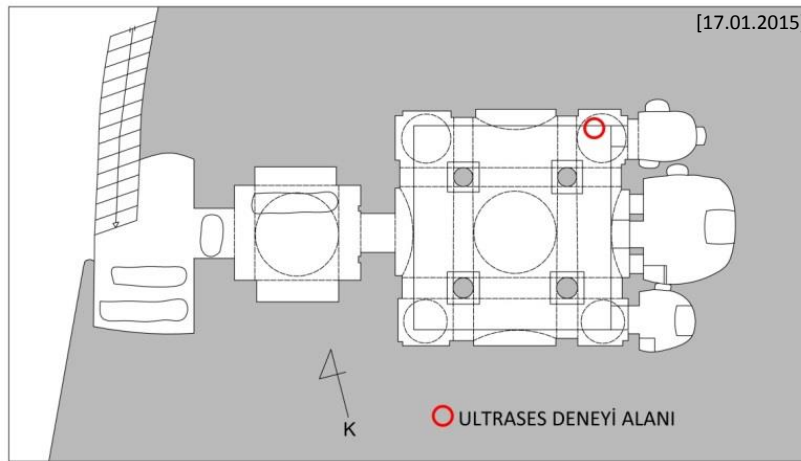
Malta Haçlı Kilise' de yaz ve kış yüzey sıcaklıkları ortam sıcaklıklarından yüksektir. Yüzey nemi değeri kışın ortam bağıl neminden düşük, yazın ise yüksektir (Çizelge 5.1). Bu verilerden farklı olarak kilisenin naos duvarlarında ve tavanında bulunan çatlakların yüzey nemi kış ve yaz ölçümlerinde %70 ve %100 arası değerlerde ölçülmüştür.

Çizelge 5. 1 Malta Haçlı Kilise’de ölçülen yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağıl nemi değerleri

Mekân ismi	Malzeme				Ortam Koşulları			
	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (°C)		Ortalama Yüzey Nemi (%)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Bağıl Nem (%)	
	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
MHK	5,60	28	31,8	37,16	5,3	25,8	52	34

Yüzey Sertliği ve Ultrases Geçiş Hızı Ölçümü

Kilisede kış ve yaz aylarında ultrases geçiş hızı ölçümü yapılan alan Şekil 5.14’te görülmektedir.



Şekil 5. 14 Malta Haçlı Kilise’de ultrases geçiş hızı ölçümü alanı

Ultrases geçiş hızı değerleri Çizelge 5.2’ de görülen malzemenin ultrases geçiş hızı yaz ölçümü değerleri kış değerlerinin yaklaşık dört katıdır. Bu veriye dayanarak malzeme gözeneklerinin yazın kışa göre daha dolu olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 5. 2 Malta Haçlı Kilise’de ultrases geçiş hızı ve yüzey sertliği değerleri

Mekân ismi	Ultrases Geçiş Hızı (m/s)	
	Kış	Yaz
MHK	214,00	906,9

5.4.2.2 Laboratuvar DeneYleri

Görünür Yoğunluk ve Gerçek Yoğunluk Tayini

MHK-1 numunesinin görünür yoğunluğu $1,7 \text{ g/cm}^3$ ve gerçek yoğunluğu $2,3 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir.

Kompasite, Porozite, Kütlece-Hacimce Su Emme ve Satürasyon Tayini

MHK-1 numunesinden elde edilen kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri Çizelge 5.3’ te görülmektedir.

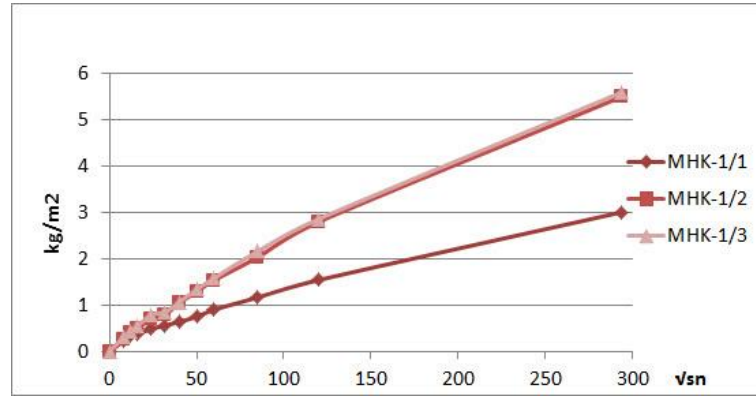
Çizelge 5. 3 MHK-1 numunesi kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri

Numune adı	Kompasite (k, %)	Porozite (p, %)	Hacimce Su Emme (A_h , %)	Kütlece Su Emme (A_b , %)	Doyma Derecesi (D_d , %)
MHK-1	73,36	26,64	11,23	6,72	42,16

Doyma derecesi %80'in altında olduğu için donma çözünmeye karşı dayanıklı olduğu düşünülmektedir.

Kılcal Su Emme Miktarı Tayini

Malta Haçlı Kilise' den alınan numunelerin kılcal su emme katsayısının belirlenmesi için oluşturulmuş $Q_i - vt_i$ grafiği Şekil 5.15'te görülmektedir. MHK-1 numunesinin ortalama kılcal su emme katsayısı $0,021 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{vsn}$ bulunmuştur.



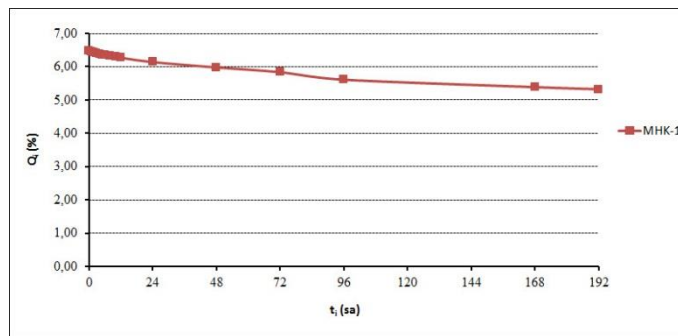
Şekil 5. 15 MHK-1 numunelerinin $Q_i - vt_i$ değerleri

Kuruma Hızı Tayini

Malta Haçlı Kilise numunelerinin zamana bağlı değişen ortalama su yüzdeleri Çizelge 5.4' te ve kuruma hızı grafiği Şekil 5.16'da görülmektedir.

Çizelge 5. 4 MHK-1 numunelerinin zamana bağlı ortalama su yüzdeleri

t (saat)	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	24	48	72	96	168	192
MHK-1/Q_{i-ort}(%)	6,47	6,45	6,42	6,40	6,38	6,36	6,34	6,32	6,30	6,27	6,14	5,98	5,84	5,61	5,39	5,32



Şekil 5. 16 MHK-1 numunesi kuruma hızı

Renk Tayini

Munsell renk dizgesine göre belirlenen MHK-1 numunesi renginin türü 1,48 Y; değeri 7,76 ve doymuşluğu 1,58 olarak tespit edilmiştir. Buna göre numune renk türü turuncumsu sarı, değeri açıktır ve az doymuştur.

Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini

Numunelerin ortalama tek eksenli basınç dayanımı 22,21 MPa olarak belirlenmiştir.

Kimyasal Petrografik ve Mineralojik Özellikleri

Malta Haçlı Kilise'den alınan kayaçta yapılan makroskobik incelemede, kirli beyaz-bej genel renkli olan kayaç, siyah renkli minerallerce benekli görünümündedir ve ince-orta tane boyutludur. % 10'luk HCl asit ile muamele edildiğinde reaksiyon göstermemiştir. Ortalama sertlik matriks¹ kısım hariç 6-6,5 Mohs'tur. Boşluk oranı azdır [92]. Bu sertlikteki mineraller Mohs sertlik çizelgesine göre [113] ege ile çizilebilmekte ve camı kuvvetlice çizebilmektedir. Yapılan mikroskobik incelemeye göre kayaç, %30 oranında mineral-kristal ve kayaç parçaları ile %70 oranında matriks kısımdan oluşmaktadır ve riyolitik² tuf özelliğindedir. Kristaller plajiyoklaz, kuvars, sanidin³ ve biotitlerdir⁴. Matriks kısım ise volkanik cam (camsı hamur) ve pumis⁵ parçalarından oluşmuştur. Tüm makriksin camsallığı büyük ölçüde bozulmuş olup ikincil dönüşüme uğramıştır. Mika-klorit⁶-kil-zeolit-silis⁷ dönüşümleri yaygındır (Şekil 5.17) [92].

¹ Matriks: Çoğunlukla kırıntılı (taneli) kökenli bağlayıcı malzeme olup, tanelerin arasındaki boşlukları dolduran kum, kil ya da silt (tane çapı 0,02-0,002 mm olan kayaç parçası) boyutundaki bağlayıcı malzemedir [112].

² Riyolitik: Granitik bileşimli kimyasal kabuğun veya sedimanların ergimesi sonucu meydana gelir ve silisçe zengin (ortalama % 70 oranında SiO₂ içerirler) riyolit-ignimbrit lavları olarak yeryüzüne çıkar, kıtalar üzerinde geniş alanları kaplayan viskozitesi yüksek magma türü [114].

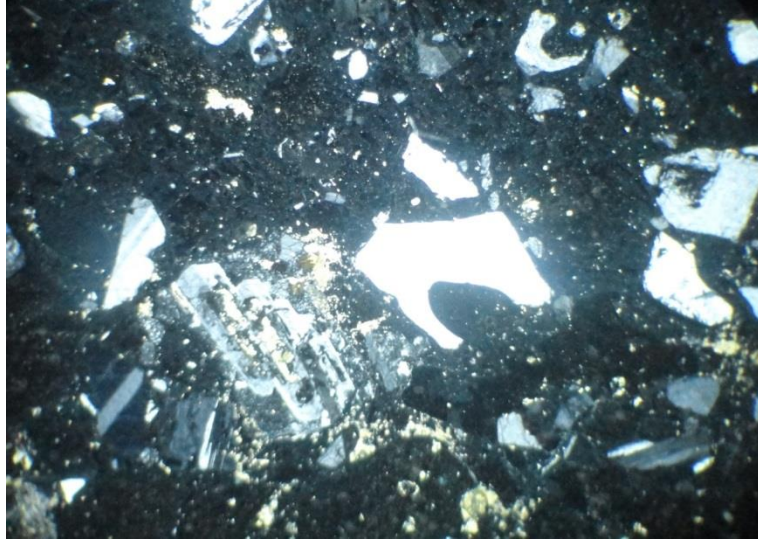
³ Sanidin: Volkanik kayaçlarda bulunan, HF hariç hiçbir asitte çözünmeyen K-feldspat minerali.

⁴ Biotit: Mika grubundan kayaç yapıcı önemli bir mineraldir. Genelde magmatik kayaçlarda bulunur [91].

⁵ Pumis: Açık renkli, çok gözenekli volkanik patlama sürecinde oluşmuş, amorf şekilli volkanik cam olan bir mineraloiddir [115].

⁶ Klorit: Fillosilikatların klorit grubu mineralidir. Genelde bölgesel metamorfik kayaçlarda ve magmatik kayaçlardaki demir, magnezyum veya her ikisini birlikte içeren silikat minerallerinin hidrotermal alterasyonu (değişim) oluşur. Killi sedimanter kayaçlarda kil mineralleri ile birlikte bulunur. Dört tabakalı kil minerallerini klorit temsil eder. Esas kalınlığı 14 Å'dir ve su alıp şişme yetenekleri hemen yok gibidir. Klorit yaprakçıklarının yapısı ikincil bozulmaya uğradığında su alınca şişme özelliği gösterirler. Kloritler zeolit çökellerinin yaygın bir bileşenidir [91, 98].

⁷ Silis: Silisyumun (Si) oksijenli birleşimlerine verilen adıdır [99].

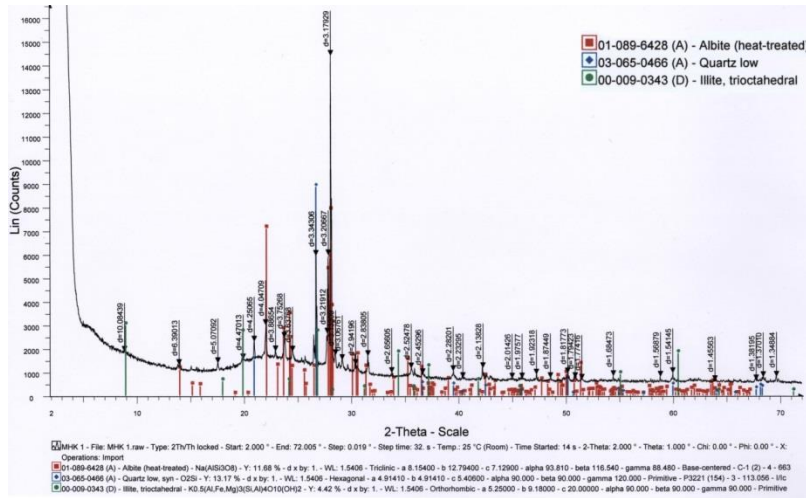


Şekil 5. 17 MHK-1 numunesi mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

Malta Haçlı Kilise'den alınan kayaç numunesinin XRD analizi sonucunda elde edilen mineral oranları Çizelge 5.5' te görülmektedir. Numunenin XRD analizi veri grafiği ise Şekil 5.18' dedir.

Çizelge 5. 5 MHK-1 numunesi mineral oranları (%) [92]

Numune adı	Opal	Kuvars	Albit	İllit	Amorf Mineraller	Smektit Grubu	Kalsit	Dolomit
MHK-1	~5	~45-~50	~15-~20	5	~10	~10	2-3	3-5



Şekil 5. 18 MHK-1 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]

MHK-1 numunesinin XRF analizi sonucunda elde edilen majör oksit ve iz element miktarları Çizelge 5.6' da görülmektedir.

Çizelge 5. 6 MHK-1 numunesi majör oksit ve iz element oranları [92]

MHK-1 MAJÖR OKSİT				MHK-1 İZ ELEMENT					
Formül	% / PPM	Formül	% / PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	PPM
SiO ₂	74,30	P ₂ O ₅	0,04	Sc	2 PPM	As	134 PPM	Sb	5 PPM
Al ₂ O ₃	10,43	MnO	0,04	V	28 PPM	Rb	84 PPM	Cs	5 PPM
Fe ₂ O ₃	2,57	Cr ₂ O ₃	0,00	Cr	16 PPM	Sr	268 PPM	Ba	813 PPM
MgO	0,29	Ba	813 PPM	Co	2 PPM	Y	9 PPM	La	25 PPM
CaO	1,99	S	2939 PPM	Ni	7 PPM	Zr	113 PPM	Ce	46 PPM
Na ₂ O	1,33	Cl	598 PPM	Cu	930 PPM	Nb	11 PPM	Pb	28 PPM
K ₂ O	3,00	Cu	1084 PPM	Zn	30 PPM	Mo	7 PPM	Th	10 PPM
TiO ₂	0,26	LOI	4,73	Ga	11 PPM	Sn	114 PPM	U	11 PPM

Yapılan kimyasal, petrografik ve mineralojik analizlere göre Malta Haçlı Kilise'den alınan numunede SiO₂ %74,30 oran ile en yüksek major oksittir. Magmatik kayalarda SiO₂ içeriğine göre yapılan sınıflandırmada yüzde kütle cinsinden (% kütle) silis içeriğine göre eğer SiO₂ oranı % 66'dan fazla ise kayaç asidik (felsik), %52-66 arasında ise ortaça ya da nötr, %45-52 arasında ise bazik (mafik), %45'ten küçük ise ultrabazik (ultramafik) olarak sınıflandırılır [116]. Bu sınıflandırmaya göre numune alınan kayaç asidik bir kayaçtır. SiO₂ yoğunluğunun büyük kısmının mikroskopik incelemede de tespit edilen kuvars, bir kısmının ise tektosilikatlardan opal ile Na-feldspat olan albitten ve kil (fillosilikat) olan illit veya silis içerikli diğer bazı mineraller kaynaklı olduğu düşünülmektedir. %10,43 oranı ile Al₂O₃'ün illit (mikroskopik inceleme de tespit edildiği gibi biotit veya başka bir tür mikadan ikincil dönüşümle oluşmuş olabilir) ve smektit grubu kil mineralleri kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir. MgO oranının smektit grubundaki bazı minerallerden (yapısında Mg içeren montmorillonit olabilir) ve/ya dolomitten, Fe₂O₃, K₂O, TiO₂ oranlarının amorf minerallerden, CaO oranının ise kalsit, dolomit veya amorf minerallerden kaynaklandığı düşünülmektedir. MHK-1 numunesi XRD analizi grafiğinde (Şekil 5.18) ve oksit yüzdelerinde belirtilmeyen az kuvars, kuvarsin düşük sıcaklıkta (573°C altı) [105] oluşmuş bir türüdür. Kayaçta kızdırmayla kaybolan miktar %4,73'tür.

Numunede illit miktarı yaklaşık %15 ve smektit grubu mineraller yaklaşık %10'dur. Numune içindeki bu mineraller su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak şişebilir. İllit, vermikülit veya montmorillonite dönüşebilir. Bu dönüşüm neticesinde malzemede kavlanma, yapraklanma ve/ya aşınma gibi sorunlar meydana gelebilir.

Kayaç içinde bulunan galyum, çinko, bakır ve molibden gibi iz elementlerin mantarların dolayısıyla likenlerin gelişimi üzerindeki etkisi bilinmekle birlikte [106, 107], bir

varsayım yapabilmek için malzeme üzerindeki likenlerin ve mantarların türleri detaylı bilinmelidir.

5.4.3 Ortahisar Kalesi Ölçüm Değerleri

Ortahisar Kalesi'nde yapılan ölçümler ve kaleden alınan numuneler ile kayaç örnekleri üzerinde yapılan deney verileri şu şekildedir.

5.4.3.1 Yerinde Yapılan Ölçümler

Yüzey Sıcaklığı-Nemi ve Ortam Sıcaklığı-Bağıl Nemi Ölçümü

Ortahisar Kalesi'nde yapılan ölçümlerde, yüzeylerin ortamdan yazın ve kışın daha sıcak olduğu belirlenmiştir. Yüzey nemi ise yaz ve kış ölçümlerinde ortam bağıl neminden düşük olarak ölçülmüştür (Çizelge 5.7).

Çizelge 5. 7 Ortahisar Kalesi'nde ölçülen yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağıl nemi değerleri

Mekân ismi	Malzeme				Ortam Koşulları			
	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (°C)		Ortalama Yüzey Nemi (%)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Bağıl Nem (%)	
	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
OK-05	3	31	28	21	1,3	27,5	57	31
OK-06	3,5	30	34	19	0,6	28,2	57	30
OK-15	3	30	24	22	0,3	28,1	58	28
OK-17	3,4	30	16	16	0,6	27,1	57	27
OK-19	2,9	31	27	22	0,8	25,4	62	28
OK-20	2	30	22	14	0,8	28	59	25
OK-21	2	30	16	14	0,7	25,7	59	29
OK-22	1,5	30	24	14	0,7	25,7	59	30
OK-23	4	29	45	24	1,9	25,7	58	30

Ortahisar Kalesi 5, 6 ve 23 no.lu alanlarda renk değişimi ve kavlanma olan alanlarında yüzey nemi yaz ve kış ölçümlerinde %100 çıkmıştır.

Yüzey Sertliği ve Ultrases Geçiş Hızı Ölçümü

Kalede kış ve yaz aylarında ultrases geçiş hızı ölçümü yapılan alanlar Şekil 5.19'da görülmektedir.

Ultrases geçiş hızı değerleri Çizelge 5.8'de görülen OK-06 ve OK-17 no.lu malzemelerden elde edilen hız değerleri dışındaki alanlarda ses geçiş hızı kış aylarında yazıya göre daha düşük çıkmıştır. Bu veriye dayanarak OK-06 ve OK-17 no.lu malzeme gözeneklerinin kışın yazıya göre daha dolu olduğu, OK-15, OK-19 ve OK-20 malzeme gözeneklerinin yazın kışa göre daha dolu olduğu ve OK-23 no.lu malzemenin yaz ve kış aylarında gözeneklerinin doluluk oranının değişmediği düşünülmektedir.



Şekil 5. 19 Ortahisar Kalesi ultrases geçiş hızı ölçümü alanları

Çizelge 5. 8 Ortahisar Kalesi ultrases geçiş hızı değerleri

Mekân ismi	Ultrases Geçiş Hızı (m/s)	
	Kış	Yaz
OK-06	1833,7	1016,3
OK-15	857,6	968,9
OK-17	2149	1152,9
OK-19	112	874
OK-20	111,9	1369,9
OK-23	1163,7	1166,4

5.4.3.2 Laboratuvar Deneyleri

Görünür Yoğunluk ve Gerçek Yoğunluk Tayini

OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri Çizelge 5.9' da görülmektedir.

Çizelge 5. 9 OK-15, OK-20, OK-23 numunelerinin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri

Numune adı	Görünür Yoğunluk ($\beta, g/cm^3$)	Gerçek Yoğunluk ($\gamma, g/cm^3$)
OK-15	1,5	2,3
OK-20	1,6	2,3
OK-23	1,5	2,3

Kompasite, Porozite, Kütlece-Hacimce Su Emme ve Satürasyon Tayini

OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinden elde edilen kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri Çizelge 5.10'da görülmektedir. Bu çizelgedeki verilere göre OK-15 numunesi en yüksek poroziteli numunedir. Hacimce ve kütlece su emme oranı ve satürasyonu en yüksek olan numune ise OK-23'tür. Numunelerin doyma dereceleri %80'in altında olduğu için donma çözünmeye karşı dayanıklı oldukları düşünülmektedir.

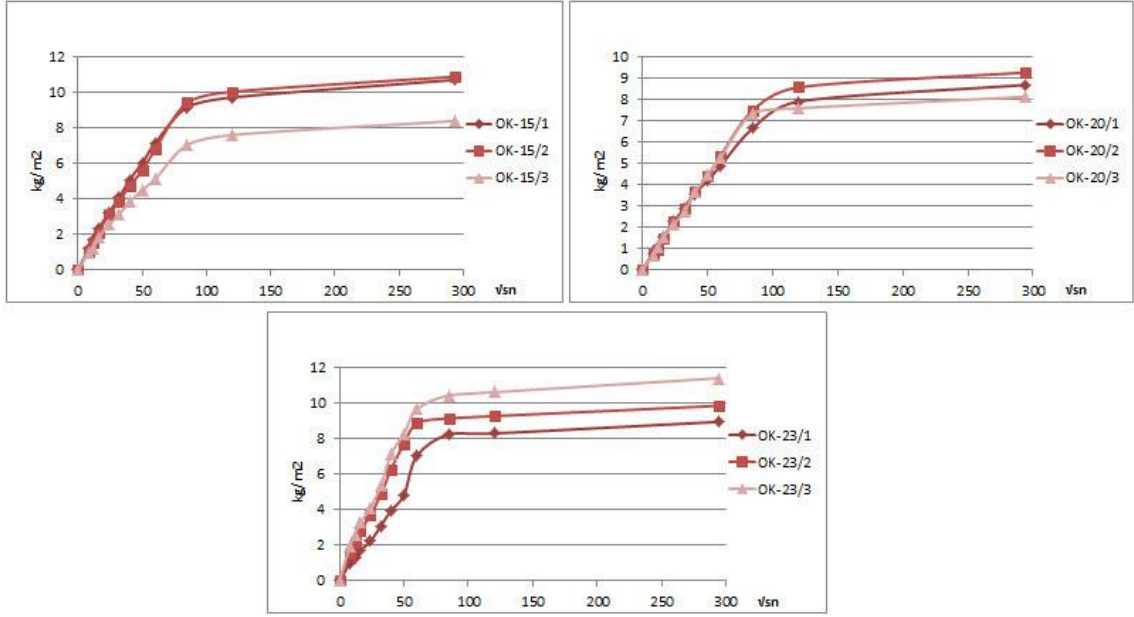
Çizelge 5. 10 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri

Numune adı	Kompasite (k, %)	Porozite (p, %)	Hacimce Su Emme ($A_h, \%$)	Kütlece Su Emme ($A_b, \%$)	Doyma Derecesi ($D_d, \%$)
OK-15	64,74	35,26	20,37	13,80	57,78
OK-20	70,78	29,22	17,79	10,93	60,90
OK-23	66,48	33,52	24,74	16,19	73,82

Kılcal Su Emme Miktarı Tayini

Ortahisar Kalesi'nden alınan numunelerin kılcal su emme katsayılarının belirlenmesi için oluşturulmuş $Q_i - \sqrt{t_i}$ grafikleri Şekil 5.20'de görülmektedir.

Şekil 5.20'deki grafiklere göre belirlenen ortalama kılcal su emme katsayıları OK-15 numuneleri için $0,104 \text{ kg/m}^2 \cdot \sqrt{\text{sn}}$; OK-20 numuneleri için $0,086 \text{ kg/m}^2 \cdot \sqrt{\text{sn}}$ ve OK-23 numuneleri için $0,136 \text{ kg/m}^2 \cdot \sqrt{\text{sn}}$ 'dir. Su emme katsayısı en yüksek olan numune OK-23 numunesidir.



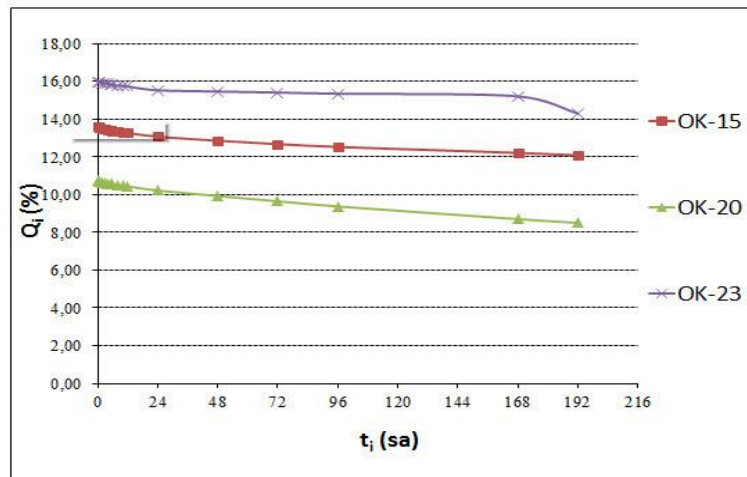
Şekil 5. 20 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin Q_i - v_t değerleri

Kuruma Hızı Tayini

Ortahisar Kalesi'nden alınan numunelerin zamana bağlı değişen ortalama su yüzdeleri Çizelge 5.11' de ve kuruma hızı grafikleri Şekil 5.21'de görülmektedir.

Çizelge 5. 11 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin zamana bağlı ortalama su yüzdeleri

t (saat)	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	24	48	72	96	168	192
OK-15/ Q_{i-ort} (%)	13,59	13,54	13,51	13,47	13,44	13,41	13,37	13,34	13,30	13,27	13,08	12,86	12,68	12,53	12,21	12,08
OK-20/ Q_{i-ort} (%)	10,74	10,69	10,65	10,62	10,59	10,55	10,53	10,50	10,47	10,44	10,22	9,93	9,65	9,38	8,71	8,50
OK-23/ Q_{i-ort} (%)	15,98	15,95	15,92	15,90	15,88	15,85	15,81	15,78	15,76	15,73	15,53	15,47	15,41	15,35	15,21	14,30



Şekil 5. 21 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin kuruma hızı

Renk Tayini

Munsell renk dizgesine göre belirlenen OK-15, OK-20 ve OK-23 numuneleri renginin tür, değer ve doymuşluk değerleri Çizelge 5.12’de görülmektedir. Numuneler genel olarak turuncumsu sarı renk türünde, değer olarak açık veya çok açık ve az doymuştur.

Çizelge 5. 12 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin renk türü, değer ve doymuşluğu

Numune adı	Tür	Değer	Doymuşluk
OK-15	3,42 y/turuncumsu sarı	7,85/açık	2,25/az doymuş
OK-20	2,73 y/turuncumsu sarı	9,33/çok açık	1,3/ az doymuş
OK-23	2,89 y/turuncumsu sarı	7,84/açık	2,54/az doymuş

Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini

Numunelerin ortalama tek eksenli basınç dayanımı değerleri Çizelge 5.13’de görülmektedir. Bu verilere göre OK-20 numunesinin basınç dayanımı kaleden alınan diğer numunelerin basınç dayanımlarından 2-3 kat yüksektir.

Çizelge 5. 13 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin tek eksenli basınç dayanımları

Numune adı	f_{c-ort} , MPa
OK-15	9,55
OK-20	31,77
OK-23	14,23

Kimyasal Petrografik ve Mineralojik Özellikleri

Ortahisar Kalesi’nden alınan kayaçlar üzerinde yapılan makroskobik incelemede, OK-15 kayacı kirli bej-yeşilimsi genel renkli bir kayaçtır. Elde kolayca dağılabilen, sertlik değeri çok değişkendir. % 10’luk HCl asidi ile muamele edildiğinde reaksiyon göstermediği için kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermediği düşünülmektedir [92].

Mikroskobik incelemeye göre OK-15 no.lu kayaç, volkanik porfirik¹-camsı tüf dokulu, az oranda mineral ve yabancı kayaç parçalarından ve daha çok matriksten oluşmuştur. Taneler bol miktarda plajiyoklaz, amfibol², az kuvars³ ve sanidin (bir tür K-feldspat) ile biotitlerdir. Volkanik camda ikincil dönüşümler (silis-mika-klorit dönüşümleri) yaygındır. Fenokristal olarak adlandırılan ve aslında mineral ve kristal parçaları olan

¹ Porfirik doku: Kayacı oluşturan tanelerin farklı büyüklükte olduğu, ince taneli ve/ya camsı bir hamur içinde iri kristallerin bulunduğu doku [117].

² Amfibol: Zincir silikatların (inosilikat) alt grubudur. Magmatik ve metamorfik kayaçlarda yaygındır [91]

³ Az kuvars: α -kuvars olarak da adlandırılan 573°C altındaki sıcaklıkta oluşmuş kuvars [118].

elemanların kayaçtaki oranı %30-35 arasındadır. Matriksin büyük bir kısmı volkanik cam özelliğindedir (Şekil 5.22) [92].



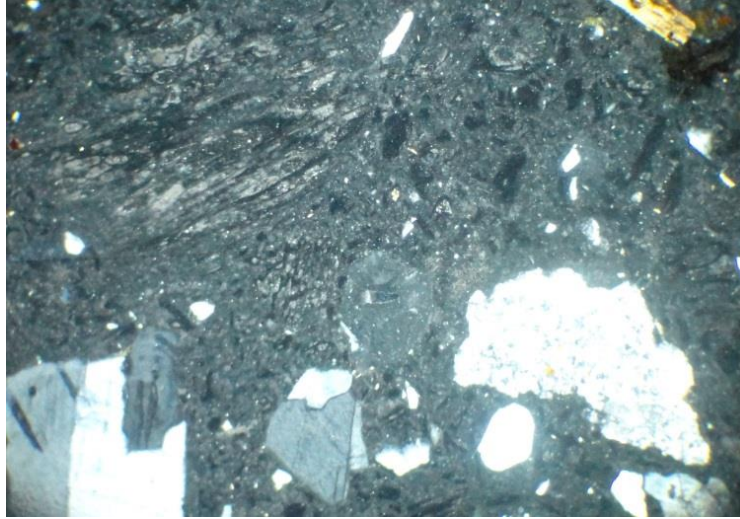
Şekil 5. 22 OK-15 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

OK-20 kayacında yapılan makroskobik incelemede bu kayacın kirli beyaz-grimsi bej genel renkli olduğu, kilden çakıl boyutuna kadar farklı tane boyutları içerdiği ve elde toz bıraktığı belirlenmiştir. % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde reaksiyon göstermemiştir. Bu nedenle kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermediği tahmin edilmiştir [92].

Yapılan mikroskobik incelemede OK-20 no.lu kayacın volkanik cam matriksin egemen olduğu tüf karakterli olduğu, %30 mineral-kristal parçalarından ve %70 matriksten meydana geldiği saptanmıştır. Matrikste ikincil dönüşümler yaygındır. Taneler yüksek oranda kuvars, plajiyoklaz, sanidin, mika ve opak minerallerden¹ oluşmuştur. Matriks biotit, plajiyoklaz mikrolitlerinden² akıntı dokulu volkanik camdan ibarettir. Tüm taneler özgün şekillerini kaybetmiş ve aşınmış taneler halindedirler. Kayaç parçalarının asidik kökenli olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 5.23) [92].

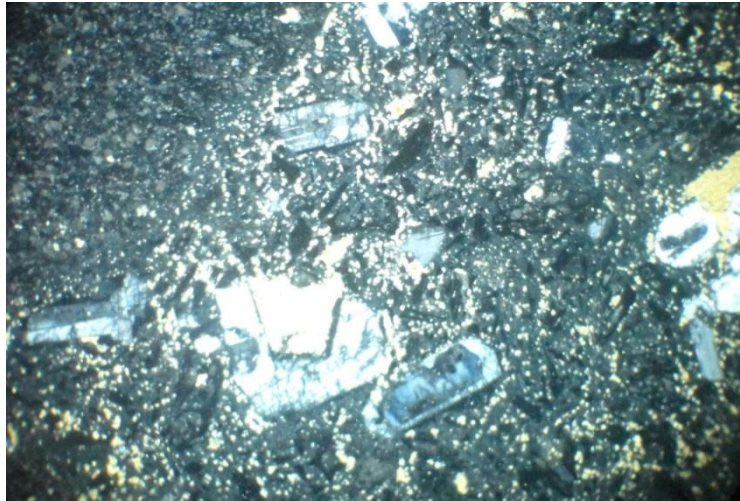
¹ Opak mineral: Işığı geçirmeyen mineral.

² Mikrolit: Volkanik kayaçlarda ancak mikroskop altında ayırt edilebilen ince uzun feldispat tanelerinin genel adıdır.



Şekil 5. 23 OK-20 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

OK-23 kayacı sarımsı bej genel renkli bir kayadır. İnce-orta tane boyutludur ve dağılgan özelliktedir. % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde reaksiyon göstermemesi kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermediğini işaret etmektedir [92].



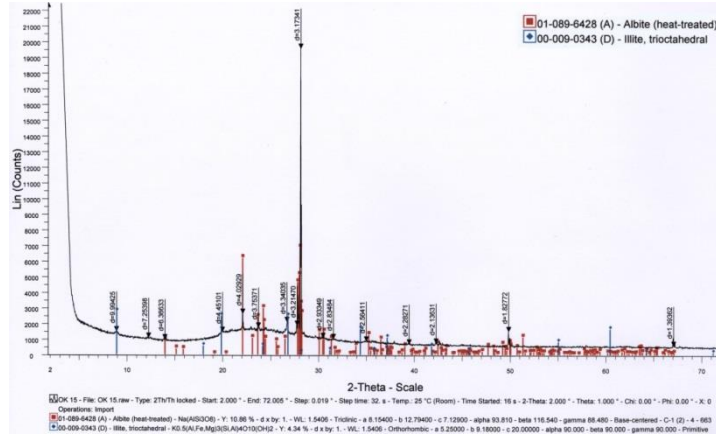
Şekil 5. 24 OK-23 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

Şekil 5.24'te ince kesiti görülen OK-23 no.lu kayaç, mikroskopik incelemeye göre volkanik porfiritik, yarı mikrolitli ve çok camsı matriks içinde fenokristaller ve yabancı kayaç parçaları içerir. Fenokristaller kuvars, plajiyoklaz, biotit, amfibol ve sanidin tanelerinden meydana gelmiştir. Matriks oranı %75-80 civarında olup, mikrolitler, opak mineraller ve volkanik camdan oluşmuştur (Şekil 5.24)[92].

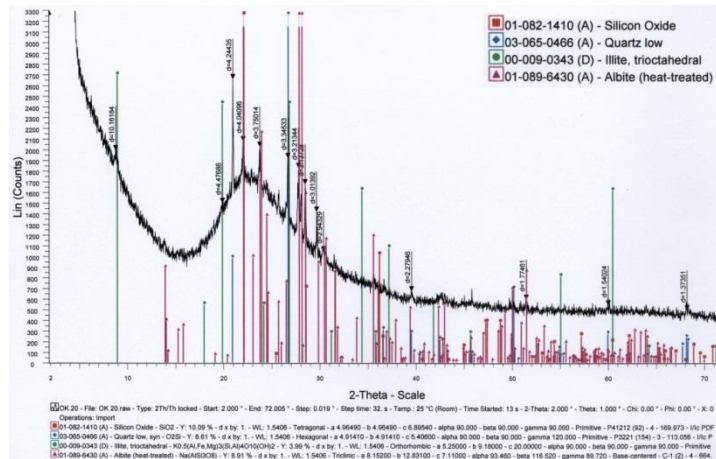
Ortahisar Kalesi'nden alınan kayaç numunelerinin XRD analizi sonucunda elde edilen mineral oranları Çizelge 5.14' te görülmektedir. Numunelerin XRD veri grafikleri Şekil 5.25, Şekil 5.26 ve Şekil 5.27'de görülmektedir.

Çizelge 5. 14 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin mineral oranları (%) [92]

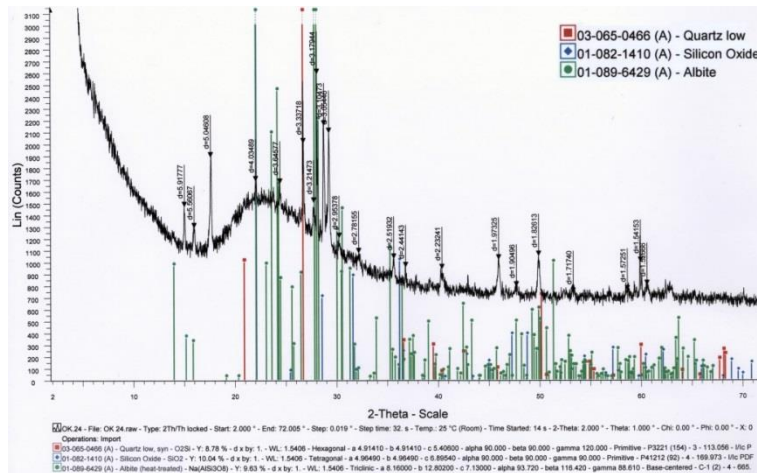
Numune adı	Opal	Kuvars	Albit	illit	Amorf Mineraller	Smektit Grubu	Kalsit	Dolomit
OK-15	~5	~2-3	~75-~80	~3-5	~10	-	-	-
OK-20	~70~75	~5~10	~3~5	~3~5	~10	-	-	-
OK-23	~75	~5	~10	-	~10	-	-	-



Şekil 5. 25 OK-15 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]



Şekil 5. 26 OK-20 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]



Şekil 5. 27 OK-23 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]

OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin XRF analizi sonucunda elde edilen majör oksit ve iz element miktarları Çizelge 5.15’ de görülmektedir.

Çizelge 5. 15 OK-15, OK-20 ve OK-23 numunelerinin majör oksit ve iz element oranları [92]

OK-15 MAJÖR OKSİT				OK-15 İZ ELEMENT						OK-20 MAJÖR OKSİT				OK-20 İZ ELEMENT					
Formül	% / PPM	Formül	% / PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	% / PPM	Formül	% / PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	PPM
SiO ₂	72,20	TiO ₂	0,19	V	23 PPM	Rb	137 PPM	Pb	28 PPM	SiO ₂	78,50	P ₂ O ₅	0,02	V	19 PPM	Rb	110 PPM	Ba	1095 PPM
Al ₂ O ₃	11,91	P ₂ O ₅	0,03	Cr	7 PPM	Sr	166 PPM	Th	15 PPM	Al ₂ O ₃	8,86	MnO	0,05	Cr	6 PPM	Sr	217 PPM	La	29 PPM
Fe ₂ O ₃	1,13	MnO	0,06	Ni	3 PPM	Y	11 PPM	U	5 PPM	Fe ₂ O ₃	0,68	Cu	815 PPM	Co	28 PPM	Y	11 PPM	Ce	61 PPM
MgO	0,34	Ba	839 PPM	Cu	116 PPM	Zr	91 PPM	Nb	14 PPM	MgO	0,20	Zn	463 PPM	Ni	3 PPM	Zr	88 PPM	Pb	18 PPM
CaO	1,58	S	338 PPM	Zn	82 PPM	Ba	839 PPM	Mo	4 PPM	CaO	1,32	Cl	1001 PPM	Cu	3 PPM	Nb	11 PPM	Th	13 PPM
Na ₂ O	1,19	Cl	4128 PPM	Ga	11 PPM	La	27 PPM	Sn	5 PPM	Na ₂ O	1,12	Ba	1095 PPM	Zn	23 PPM	Mo	3 PPM	U	6 PPM
K ₂ O	4,69	LOI	5,67	As	3 PPM	Ce	57 PPM	Sb	5 PPM	K ₂ O	3,95	LOI	4,56	Ga	10 PPM	Sb	4 PPM		
										TiO ₂	0,15			As	47 PPM	Cs	5 PPM		

OK-23 İZ ELEMENT						OK-23 MAJÖR OKSİT			
Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	% / PPM	Formül	% / PPM
V	39 PPM	Rb	134 PPM	Cs	5 PPM	SiO ₂	66,10	TiO ₂	0,16
Cr	2 PPM	Sr	166 PPM	Ba	985 PPM	Al ₂ O ₃	9,76	P ₂ O ₅	0,02
Co	1 PPM	Y	12 PPM	La	33 PPM	Fe ₂ O ₃	4,30	MnO	0,05
Ni	7 PPM	Zr	79 PPM	Ce	55 PPM	MgO	0,23	Ba	985 PPM
Cu	87 PPM	Nb	13 PPM	Pb	29 PPM	CaO	1,05	SO ₃	3,46
Zn	62 PPM	Mo	4 PPM	Th	16 PPM	Na ₂ O	1,27	Cl	1021 PPM
Ga	12 PPM	Sn	1 PPM	U	6 PPM	K ₂ O	4,40	LOI	8,27
As	98 PPM	Sb	2 PPM						

Yapılan kimyasal, petrografik ve mineralojik analizlere göre Ortahisar Kalesi’nden alınan üç numunede de SiO₂, en yüksek oranlı major oksittir. Magmatik kayalarda yapılan SiO₂ içeriğine göre yapılan sınıflandırmada üç kayacında SiO₂ içeriği %66’dan yüksek olduğu için OK-20 kayacının mikroskobik incelemesinde de tahmin edildiği gibi üç kayaç da asidiktir. OK-15 numunesi SiO₂ yoğunluğunun büyük kısmının Na-feldspat olan albit kaynaklı, bir kısmının ise opal, kuvars, illit veya silis içerikli diğer bazı mineral kaynaklı olduğu düşünülmektedir. OK-20 ve OK-23 kayaçlarındaki SiO₂ yoğunluğunun büyük kısmını bir tektosilikat olan opalin oluşturduğu küçük bir kısmını ise kuvars, albit ve illitin oluşturduğu düşünülmektedir. Her üç kayaçta da ikinci en yüksek oranlı oksit olan Al₂O₃’ün illit (OK-23 kayacı hariç), albit veya amorf mineral kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kayaçlardaki SiO₂ ve Al₂O₃ dışındaki oksit oranlarının amorf minerallerden, albit ve varsa illitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Ortahisar Kalesi’nden alınan kayaçlarda smektit grubu mineraller yani kil grubu mineraller tespit edilmemiştir. Kalsit ve dolomit mineralleri makroskobik incelemelerde HCl ile de tespit edildiği gibi üç kayaç içinde de bulunmamaktadır. Numunelerde kızdırma kaybı (LOI) OK-23 numunesinde %8,27, OK-20 numunesinde %4,56 ve OK-15 numunesinde % 5,67 oranındadır. Mikroskobik incelemede ikincil dönüşüm tespit edilmeyen OK-23 numunesinde illit olmamasının, biotitlerin illite henüz dönüşmemiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. OK-15 ve OK-20 kayaçlarında illit miktarının

yaklaşık %3-5 oranında olması kayacın su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak şişme durumunun oluşma ihtimalini azalmaktadır. OK-15 VE OK-23 numunelerinin porfirik yapıda olması malzemede oyuklanma, yapraklanma ve aşınma türü hasarların meydana gelmesine neden olabilir.

Kayaç içindeki iz elementlerin, malzemede hasar oluşturabilen likenlerin gelişimi üzerindeki etkisi bilinmekle birlikte [106, 107], bir varsayım yapabilmek için kale üzerindeki likenlerin ve mantarların türleri detaylı bilinmelidir.

5.4.4 Mazı Yeraltı Şehri Ölçüm Değerleri

Mazı Yeraltı Şehri'nde yapılan ölçümler ve şehirden alınan numuneler ile kayaç örnekleri üzerinde yapılan deney verileri şu şekildedir.

5.4.4.1 Yerinde Yapılan Ölçümler

Yüzey Sıcaklığı-Nemi ve Ortam Sıcaklığı-Bağıl Nemi Ölçümü

Mazı Yeraltı Şehri'nde kışın ve yazın yüzey sıcaklıkları ortam sıcaklığından fazla veya eşitken, 1, 2, 5A ve 24 no.lu mekânlarda yaz ölçümlerinde elde edilen ortam sıcaklığı değerleri yüzey sıcaklığından fazla çıkmıştır. Yaz ve kış ölçümlerinde ortam nemi değerleri yüzey nemi değerlerinden yüksek olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.16). Mazı Yeraltı Şehri'nde 2, 3, 10, 11 ve 13 no.lu mekânların renk değişimi veya kavlanma olan bazı kısımlarında yüzey nemi yaz ölçümleri %100 çıkmıştır. 16 no.lu mekânda ise kışın ve yazın yüzey nemi %100 olan bazı kısımlar mevcuttur.

Yüzey Sertliği ve Ultrases Geçiş Hızı Ölçümü

Mazı Yeraltı Şehri'nde Şekil 5.29'da görülen alanlarda yazın ölçülen ultrases değerleri 04, 12, 13, 15, 16, 24, 25 ve 26 no.lu alanlar dışındaki diğer alanlarda kışın ölçülen değerlerden yüksektir (Çizelge 5.17, Şekil 5.29). Bu veriye göre 04, 12, 13, 15, 16, 24, 25 ve 26 no.lu mekânlarda malzeme gözenekleri kışın daha dolu olmaktadır. Bu mekânlar dışındaki alanları oluşturan malzemenin gözeneklerinin ise yazın kışa göre daha dolu olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 5. 16 Mazı Yeraltı Şehri'nde ölçülen yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağıl nemi değerleri

Mekân ismi	Malzeme				Ortam Koşulları			
	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (°C)		Ortalama Yüzey Nemi (%)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Bağıl Nem (%)	
	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
MA-01	2	20	26	20	0	23	63	44
MA-02	2	19	27	32	1,8	19,5	59	48
MA-03	0	18	26	50	0	17,9	60	53
MA-04	2	20	27	32	0,9	19,3	53	57
MA-05A	5	18	30	32	1,2	18,6	50	53
MA-06	1	29	24	40	4,9	21,5	50	27
MA-07	2	32	25	31	-0,7	20,3	54	22
MA-08	4	16	20	30	5,7	13,4	58	63
MA-10	1,5	22	32	20	1,3	18,6	62	35
MA-11	2	21	40	90	1,1	15,5	62	43
MA-12	4	20	27	30	5,6	16,5	69	45
MA-13	3	16	23	40	3	12,7	67	61
MA-14	5	18	22	22	5,7	14	71	50
MA-15	5	18	100	100	5	12,6	68	56
MA-16	6	18	30	30	3,6	16,7	64	48
MA-17	5	18	18	20	2,5	15,5	62	48
MA-18	6	19	14	16	5,4	17,2	52	53
MA-20	5	19	14	16	6	20,7	59	43
MA-23	5	21	15	14	2,7	21,4	54	44
MA-24	6	23	24	15	5	21,4	56	40
MA-25	9	23	20	23	8,7	27,7	50	44
MA-26	8	22	50	19	4,8	26	54	40

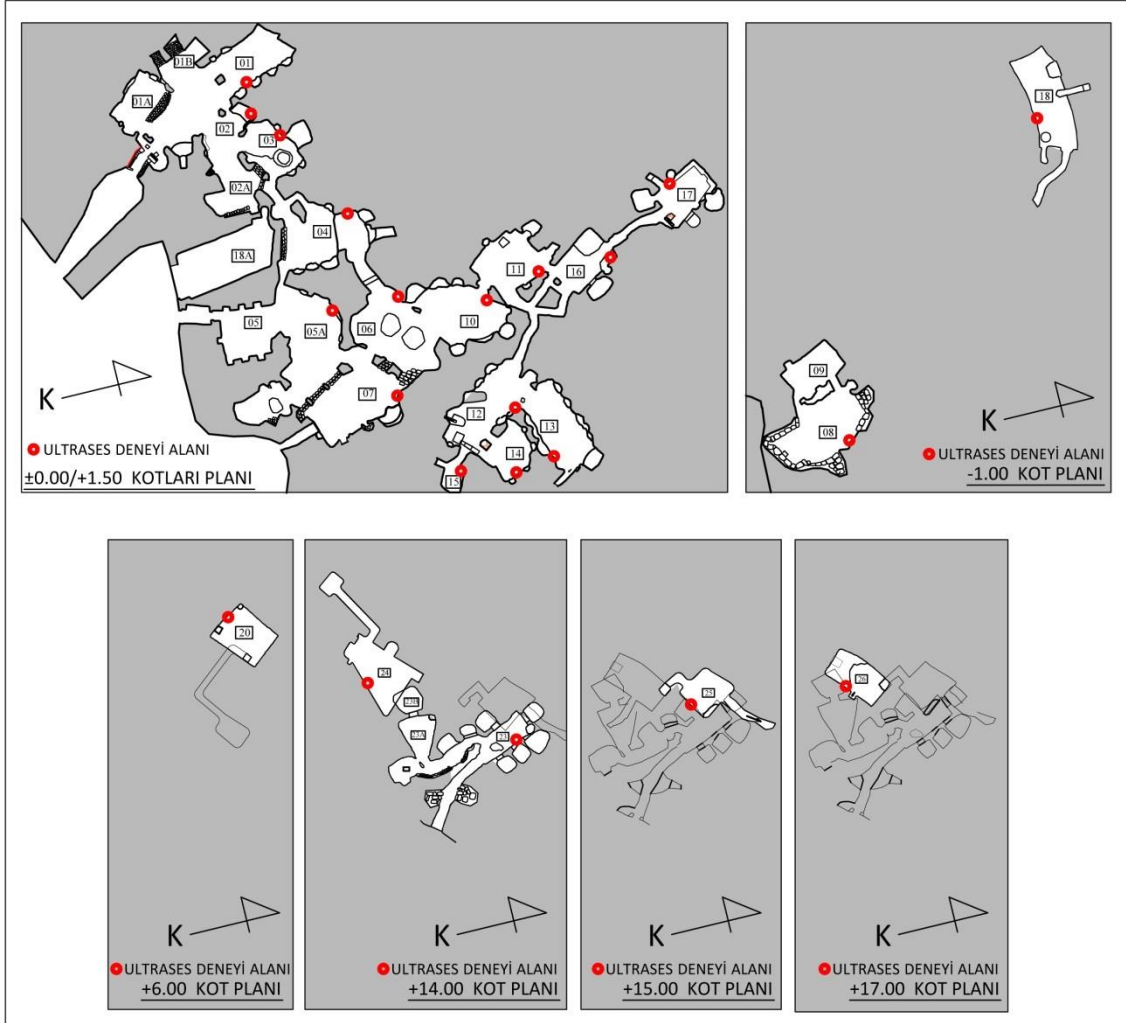
Çizelge 5. 17 Mazı Yeraltı Şehri ultrases geçiş hızı ve yüzey sertliği değerleri

Mekân ismi	Ultrases Geçiş Hızı (m/s)		Yüzey Sertliği (R)
	Kış	Yaz	
MA-01	829,7	1657,5	
MA-02	704,6	1049,7	
MA-03	138,4	821,5	40
MA-04	822,4	589,6	
MA-05A	786,2	1117,7	
MA-06	986,2	1018,3	
MA-07	55,3	750,6	33
MA-08	55,2	613,5	40
MA-10	467,4	488,1	
MA-11	395,5	449,6	
MA-12	1136,4	486,5	
MA-13	598,3	487,5	
MA-14	603,6	603,9	
MA-15	939,3	651	
MA-16	411,5	381,3	
MA-17	684,6	797,5	
MA-18	490,7	514,6	
MA-20	744	1457,7	
MA-23	567	729,6	
MA-24	967,7	420,3	
MA-25	474,4	418,8	
MA-26	822,8	738,6	

Yeraltı şehrinde 3 mekânda ölçülebilen yüzey sertlik değerleri 33-40 R arasında değişmektedir.



Şekil 5. 28 Mazı Yeraltı Şehri ultrases geçiş hızı ölçümü



Şekil 5. 29 Mazı Yeraltı Şehri ultrases geçiş hızı ölçümü alanları

5.4.4.2 Laboratuvar Deneyleri

Görünür Yoğunluk ve Gerçek Yoğunluk Tayini

Mazı Yeraltı Şehri'nden alınan örneklerden oluşturulan MA-02 ve MU-01 numunelerinin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri Çizelge 5.18'de görülmektedir.

Çizelge 5. 18 MA-02 ve MU-01 numunelerinin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri

Numune adı	Görünür Yoğunluk ($\beta, g/cm^3$)	Gerçek Yoğunluk ($\gamma, g/cm^3$)
MA-02	1,1	2,2
MU-01	1,6	2,4

Kompasite, Porozite, Kütlece-Hacimce Su Emme ve Satürasyon Tayini

MA-02 ve MU-01 numunelerinden elde edilen kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri Çizelge 5.19’da görülmektedir. Bu çizelgedeki verilere göre MA-02 numunesinin porozitesi, hacimce-kütlece su emme oranı MU-01 numunesine göre yüksek, MU-01 numunesinin ise doyma derecesi MA-02’nin değerinden yüksektir. MU-01 numunesinin doyma derecesi %80’in üstünde olduğu için malzemenin donma çözünmeye karşı dayanıklı olmadığı düşünülmektedir.

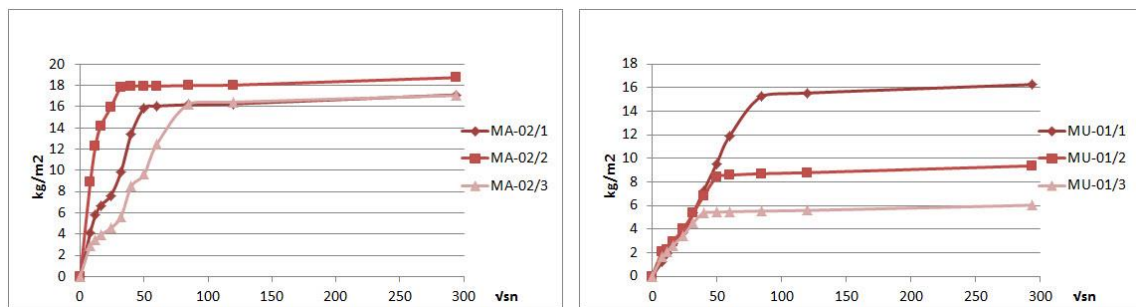
Çizelge 5. 19 MA-02 ve MU-01 numunelerinin kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri

Numune adı	Kompasite (k, %)	Porozite (p, %)	Hacimce Su Emme ($A_h, \%$)	Kütlece Su Emme ($A_b, \%$)	Doyma Derecesi ($D_d, \%$)
MA-02	48,81	51,19	38,67	35,49	75,55
MU-01	65,91	34,09	28,79	17,93	84,45

Kılcal Su Emme Miktarı Tayini

Mazı Yeraltı Şehri numunelerin kılcal su emme katsayılarının belirlenmesi için oluşturulmuş $Q_i - \sqrt{t_i}$ grafikleri Şekil 5.30’da görülmektedir.

Şekil 5.30’daki grafiklere göre belirlenen ortalama kılcal su emme katsayıları MA-02 numunesi için $0,324 \text{ kg/m}^2 \cdot \sqrt{\text{sn}}$; MU-01 numuneleri için $0,163 \text{ kg/m}^2 \cdot \sqrt{\text{sn}}$ ’dir. MA-02’nin su emme katsayısı diğer numuneye göre daha yüksektir.



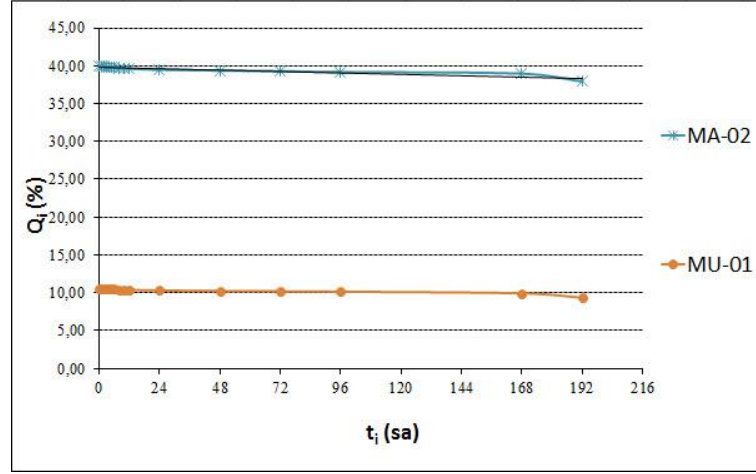
Şekil 5. 30 MA-02 ve MU-01 numunelerinin $Q_i - \sqrt{t_i}$ değerleri

Kuruma Hızı Tayini

MA-02 ve MU-01 numunelerinin zamana bağlı değişen ortalama su yüzdeleri Çizelge 5.20’ de ve numunelerin kuruma hızı grafiği Şekil 5.31’de görülmektedir.

Çizelge 5. 20 MA-02 ve MU-01 numunelerinin zamana bağlı ortalama su yüzdeleri

t (saat)	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	24	48	72	96	168	192
MA-02/ Q_{t-ort} (%)	39,99	39,93	39,89	39,85	39,81	39,76	39,72	39,69	39,65	39,61	39,48	39,37	39,29	39,18	38,96	37,92
MU-01/ Q_{t-ort} (%)	10,60	10,55	10,53	10,51	10,50	10,48	10,45	10,43	10,41	10,39	10,31	10,24	10,20	10,14	9,94	9,36



Şekil 5. 31 MA-02 ve MU-01 numunelerinin kuruma hızı

Renk Tayini

Munsell renk dizgesine göre belirlenen MA-02 ve MU-01 numuneleri renginin tür, değer ve doymuşluk değerleri Çizelge 5.21’de görülmektedir. MA-02 numunesi turuncumsu sarı, MU-01 numunesi sarımsı turuncu renk türünde, değer olarak iki numune de açık ve az doymuştur.

Çizelge 5. 21 MA-02 ve MU-01 numunelerinin renk türü, değer ve doymuşluğu

Numune adı	Tür	Değer	Doymuşluk
MA-02	0,73 y/turuncumsu sarı	7,41/açık	2,34/az doymuş
MU-01	9,27 yr/sarımsı turuncu	7,25/açık	1,54/ az doymuş

Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini/Nokta Yükleme Dayanım İndeksi Deneyi

Numunelerin ortalama tek eksenli basınç dayanım değerleri ve nokta yükleme dayanım indeksleri Çizelge 5.22’de görülmektedir. Bu verilere göre MU-01 numunesinin basınç dayanımı MA-02 numunesinin basınç dayanımından yaklaşık dört kat yüksektir.

Çizelge 5. 22 MA-02 ve MU-01 numunelerinin tek eksenli basınç dayanımları ve MA-02 numunesinin nokta yükleme dayanım indeksi

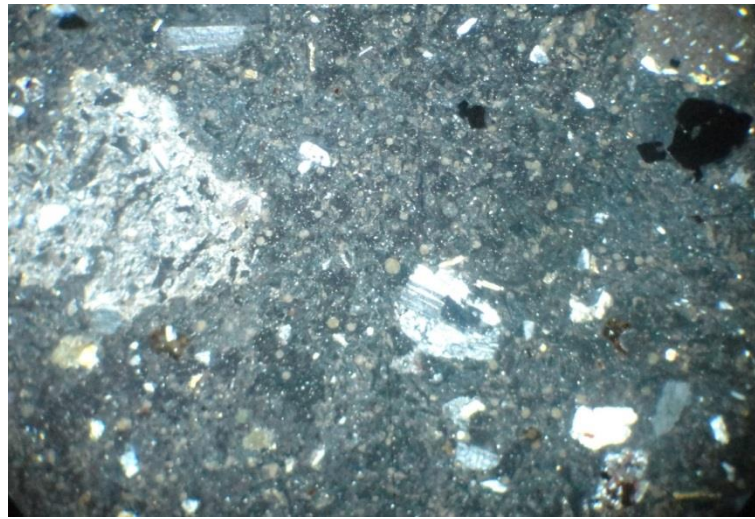
Numune adı	Tek Eksenli Basınç Dayanımına Göre;	Nokta Yükleme Dayanım İndeksine Göre;	
	f_{c-ort} , MPa	$I_{s(50)}$, Mpa	f_{ny-ort} , Mpa
MA-02	-	0,15	4,06
MU-01	15,90	-	-

Çizelge 5.22'deki basınç dayanımı verilerine ek olarak, yüzey sertliği değerleri kullanılarak bulunan teorik basınç dayanımı, MA-03 ve MA-08 no.lu mekânları oluşturan malzemede 3,51 MPa, MA-07 no.lu mekânı oluşturan malzemede ise 4,19 MPa olarak belirlenmiştir.

Kimyasal Petrografik ve Mineralojik Özellikleri

Mazı Yeraltı Şehri'nden alınan MA-02 no.lu kayaç üzerinde yapılan makroskobik incelemede koyu gri-bejimsi genel renkli kayaçın, oolitik¹ ve çok dağılgan özellikte olduğu tespit edilmiştir. % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde reaksiyon göstermemesi kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermediğini göstermektedir. Sertliği diğer numune ile kıyaslandığında daha azdır [92].

Mikroskobik incelemeye göre MA-02 no.lu kayaç, volkanik porfirik dokulu ve tüf karakterlidir. Kayaç %20-25 mineral taneleri ve %75-80 oranında matriks kısımdan meydana gelmiştir. Taneler kuvars, plajiyoklaz, sanidin, biotit ve amfibol mineralleridir. Volkanik camda alterasyon çok yaygındır (Şekil 5.33) [92].

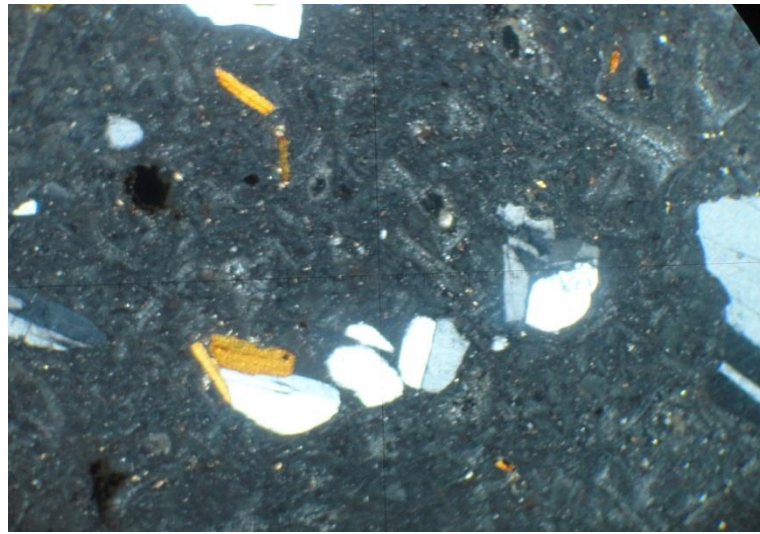


Şekil 5. 32 MA-02 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

¹ Oolitik: Jeolojide oolitlerin (0,25-0,2 mm) (yumurta taş) oluşturduğu küresel çökeltilere verilen ad [119]

MU-01 no.lu kayaç üzerinde yapılan makroskobik incelemede, pembemsi-gri genel renkli kayacın, ince-orta tane boyutlu ve gevrek özellikte olduğu tespit edilmiştir. % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde reaksiyon göstermemesi kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermediğini işaret etmektedir [92].

Mikroskobik incelemeye göre MU-01 no.lu kayaç, volkanik porfiritik, yarı mikrolitli ve çok camsı matriks içinde fenokristaller ve yabancı kayaç parçaları içerir. Fenokristaller; kuvars, plajiyoklaz, biotit, amfibol ve sanidin tanelerinden meydana gelmiştir. Matriks oranı %75-80 civarında olup, matriks içeriği mikrolitler, opak mineraller ve volkanik camdan oluşmuştur (Şekil 5.33) [92].

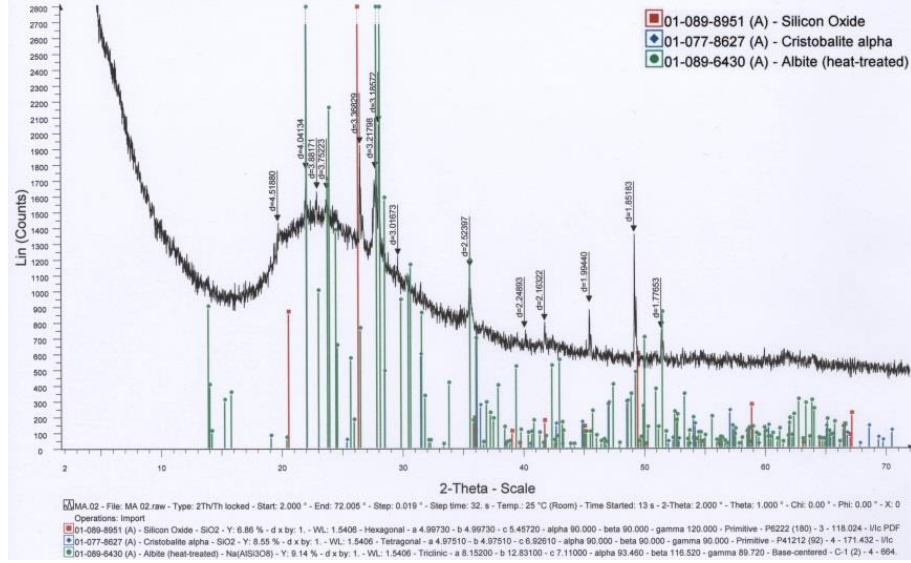


Şekil 5. 33 MU-01 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

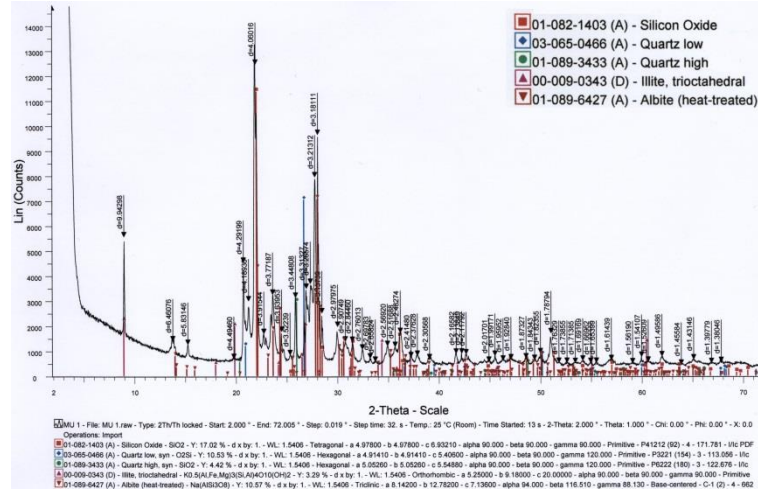
Mazı Yeraltı Şehri'nden alınan kayaç numunelerinin XRD analizi sonucunda elde edilen mineral oranları Çizelge 5.23' te görülmektedir. Numunelerin XRD veri grafikleri Şekil 5.34 ve Şekil 5.35'te görülmektedir.

Çizelge 5. 23 MA-02 ve MU-01 numunelerinin mineral oranları (%) [92]

Numune adı	Opal	Kuvars	Albit	İllit	Amorf Mineraller	Smektit Grubu	Kalsit	Dolomit
MA-02	75-80	~5-~10	~5-~10	-	~10	-	-	-
MU-01	~40-~45	~10-15	25-30	~10-15	~10	-	-	-



Şekil 5. 34 MA-02 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]



Şekil 5. 35 MU-01 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]

MA-02 ve MU-01 numunelerinin XRF analizi sonucunda elde edilen majör oksit ve iz element miktarları Çizelge 5.24'te görülmektedir.

Çizelge 5. 24 MA-02 ve MU-01 numuneleri majör oksit ve iz element oranları [92]

MA-02 MAJÖR OKSİT				MA-02 İZ ELEMENT						MU-01 MAJÖR OKSİT				MU-01 İZ ELEMENT					
Formülü	% / PPM	Formülü	% / PPM	Formülü	PPM	Formülü	PPM	Formülü	PPM	Formülü	% / PPM	Formülü	% / PPM	Formülü	PPM	Formülü	PPM	Formülü	PPM
SiO ₂	69,77	TiO ₂	0,26	Sc	1 PPM	As	7 PPM	Sb	6 PPM	SiO ₂	74,38	K ₂ O	4,83	Sc	2 PPM	Sr	101 PPM	Ba	839 PPM
Al ₂ O ₃	13,17	P ₂ O ₅	0,11	V	16 PPM	Rb	175 PPM	Cs	5 PPM	Al ₂ O ₃	12,95	TiO ₂	0,22	V	7 PPM	Y	13 PPM	La	34 PPM
Fe ₂ O ₃	2,14	MnO	0,06	Cr	3 PPM	Sr	103 PPM	Ba	667 PPM	Fe ₂ O ₃	1,30	P ₂ O ₅	0,09	Ni	4 PPM	Zr	130 PPM	Ce	57 PPM
MgO	1,06	Ba	667 PPM	Co	2 PPM	Y	20 PPM	La	41 PPM	MgO	0,30	MnO	0,04	Cu	232 PPM	Nb	13 PPM	Pb	40 PPM
CaO	1,44	Cl	1274 PPM	Ni	5 PPM	Zr	171 PPM	Ce	73 PPM	CaO	1,14	Ba	839 PPM	Zn	136 PPM	Mo	2 PPM	Th	27 PPM
Na ₂ O	1,60	LOI	4,14	Cu	40 PPM	Nb	16 PPM	Pb	32 PPM	Na ₂ O	3,80	LOI	0,88	Ga	12 PPM	Sn	6 PPM	U	6 PPM
K ₂ O	6,05			Zn	50 PPM	Mo	7 PPM	Th	23 PPM					As	3 PPM	Sb	4 PPM		
				Ga	13 PPM	Sn	2 PPM	U	6 PPM					Rb	155 PPM	Cs	7 PPM		

Yapılan kimyasal, petrografik ve mineralojik analizlere göre Mazı Yeraltı Şehri'nden alınan iki numunede de SiO₂, en yüksek oranlı major oksittir. Magmatik kayalarda SiO₂ içeriğine göre yapılan sınıflandırmada iki kayacın da SiO₂ içeriği %66'dan yüksek olduğu

için ikisi de asidiktir. İki kayaçta da SiO₂ yoğunluğunun büyük bir kısmının opal kaynaklı olduğu bir kısmının ise kuvars, albit, (varsa) illit veya silis içerikli diğer bazı mineral kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Her iki kayaçta da ikinci en yüksek oranlı mineral olan Al₂O₃'ün illit (MA-02 hariç) veya amorf mineral kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kayaçlardaki SiO₂ ve Al₂O₃ dışındaki oksit oranlarının amorf minerallerden, albit ve varsa illitten kaynaklandığı düşünülmektedir. MA-02 XRD analizi grafiklerinde (Şekil 5.35) görülen kristobalit (cristobalite) ve MU-01 numunesi XRD analizi grafiklerinde (Şekil 5.34) az kuvars, yüksek kuvars (quartz low, quartz high) türünden mineraller kuvarsin bir türdür ve farklı sıcaklıklarda (573°C-1705°C arası) [105] oluşum evrelerine göre bu şekilde adlandırılırlar. Bu veri ile yer altı şehrinin oyulduğu kaya ile üst kaya oluşumunun farklı sıcaklıklarda olduğu tahmin edilmektedir. Mazı Yeraltı Şehri'nden alınan kayaçlarda smektit grubu mineraller gözlenmemiştir. Kalsit ve dolomit mineralleri makroskobik incelemelerde HCl ile de tespit edildiği gibi iki kayaç içinde de bulunmamaktadır. Kızdırma kaybı (LOI) MA-02 numunesinde %4,24, MU-01 numunesinde ise %0,88 oranında olmuştur. Mikroskobik incelemede ikincil dönüşüm tespit edilmeyen MA-02 numunesinde illit olmamasının, biotitlerin illite henüz dönüşmemiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

MU-02 numunesinde illit miktarı yaklaşık %10-15 olduğu için numune içindeki minerallerin su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak şişmesiyle vermikülit veya montmorillonite dönüşüm olabilir. Bu dönüşüm neticesinde malzemede kavlanma, yapraklanma ve/ya aşınma gibi sorunlar meydana gelebilir. Her iki numunenin de porfirik yapıda olması malzemede oyuklanma, yapraklanma ve aşınma türü hasarların meydana gelmesine neden olabilir.

Kayaç içinde bulunan iz elementlerin, kayaç likenlerinin gelişimi üzerindeki etkisi bilinmekle birlikte [107, 108], bir varsayım yapabilmek için malzeme üzerindeki likenlerin detaylı analizi gerekmektedir.

5.4.5 Bahçeli Köyü Sivil Mimarlık ve Depo Yapısı Ölçüm Değerleri

Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısında yapılan ölçümler ve bu alanlardan alınan numune ile kayaçlar üzerinde yapılan deney verileri şu şekildedir.

5.4.5.1 Yerinde Yapılan Ölçümler

Yüzey Sıcaklığı-Nemi ve Ortam Sıcaklığı-Bağıl Nemi Ölçümü

Bahçeli Köyü sivil mimarlık yapısında 1 no.lu oda hariç diğer odaların yüzey sıcaklığı yaz ve kış ölçümlerinde ortam sıcaklığından yüksek çıkmıştır. 1 no.lu odanın yüzey sıcaklığı kış ölçümünde ortam sıcaklığından düşüktür. Yüzey nemi değerleri her iki ölçümde de ortam bağıl neminde yüksektir (Çizelge 5.25).

Bahçeli Köyü depo yapısında ise yüzey sıcaklığı ve nemi yaz ve kış ölçümlerinde ortam sıcaklığı ve neminden fazla çıkmıştır (Çizelge 5.25).

Çizelge 5. 25 Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısında ölçülen yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağıl nemi değerleri

Mekân ismi	Malzeme				Ortam Koşulları			
	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (°C)		Ortalama Yüzey Nemi (%)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Bağıl Nem (%)	
	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
BO-1	9	25	100	100	10,8	23,2	33	30
BO-2	10,5	26	80	100	8,5	23,1	33	30
BO-3	10	26	58	56	7,3	22,8	34	31
BA-1	15	28	90	100	13	27,7	28	24
BA-2	11	26	90	100	8,7	23,9	30	31
BA-3	12	25	100	66	10,9	24,2	32	28
BA-4	12	28	100	80	9	25,2	28	27
BD	2	25	100	100	0,7	21,5	67	41

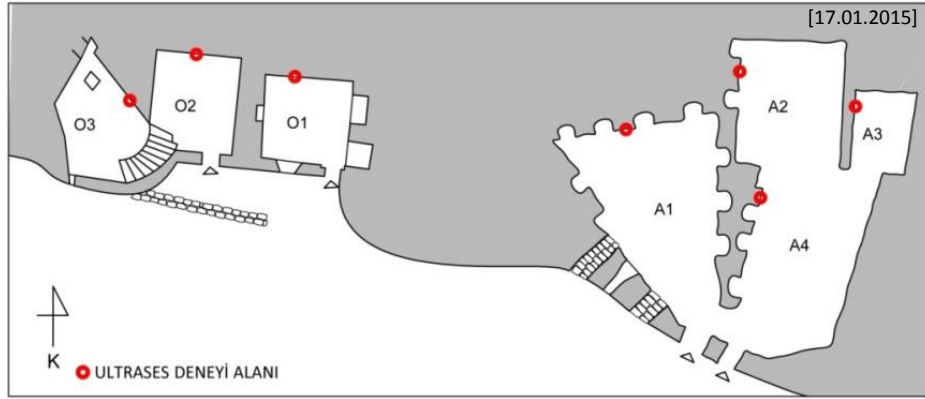
Yüzey Sertliği ve Ultrases Geçiş Hızı Ölçümü

Şekil 5.36 ve Şekil 5.37’de Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısında ultrases ölçümü yapılan alanlar görülmektedir. Ölçülen ultrases geçiş hızı yaz değerleri (3 no.lu mekân hariç) kışın ölçülen değerlerden yüksektir (Çizelge 5.26). Ultrases geçiş hızları genel olarak kış ayında düştüğü için yaz aylarında gözeneklerin kışa göre daha dolu olduğu düşünülmektedir.

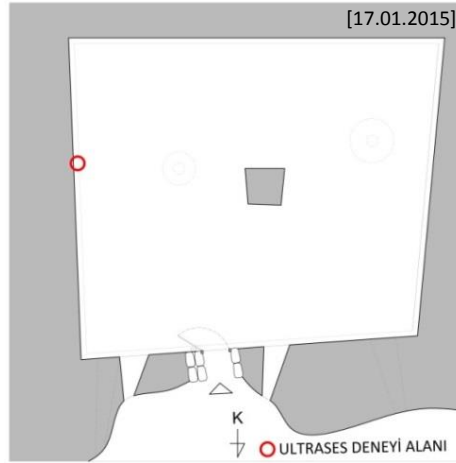
Çizelge 5. 26 Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısı ultrases geçiş hızı ve yüzey sertliği değerleri

Mekân ismi	Ultrases Geçiş Hızı (m/s)		Yüzey Sertliği (R)
	Kış	Yaz	
BO-1	610,5	1634,5	44
BO-2	209,9	597,6	33
BO-3	588,9	298,5	45
BA-1	177,7	236,5	55
BA-2	495,9	525,6	48
BA-3	173,5	565,4	43
BA-4	489,7	578	48
BD	203,1	294,5	46

Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısında ölçülen yüzey sertliği değerleri 33-55 R arasında değişmektedir. Yüzey sertliği en yüksek olan mekân BA-1, en düşük olan ise BO-2'dir.



Şekil 5. 36 Bahçeli Köyü sivil mimarlık yapısı ultrases geçiş hızı ölçümü alanları



Şekil 5. 37 Bahçeli Köyü depo yapısı ultrases geçiş hızı ölçümü alanları

5.4.5.2 Laboratuvar DeneYleri

Görünür Yoğunluk ve Gerçek Yoğunluk Tayini

EA-04, EO-03 ve DE-01 no.lu numunelerin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri Çizelge 5.27'de görölmektedir.

Çizelge 5. 27 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri

Numune adı	Görünür Yoğunluk ($\beta, g/cm^3$)	Gerçek Yoğunluk ($\gamma, g/cm^3$)
EA-04	1,5	2,5
EO-03	1,5	2,2
DE-01	1,6	2,4

Kompasite, Porozite, Kütlece-Hacimce Su Emme ve Satürasyon Tayini

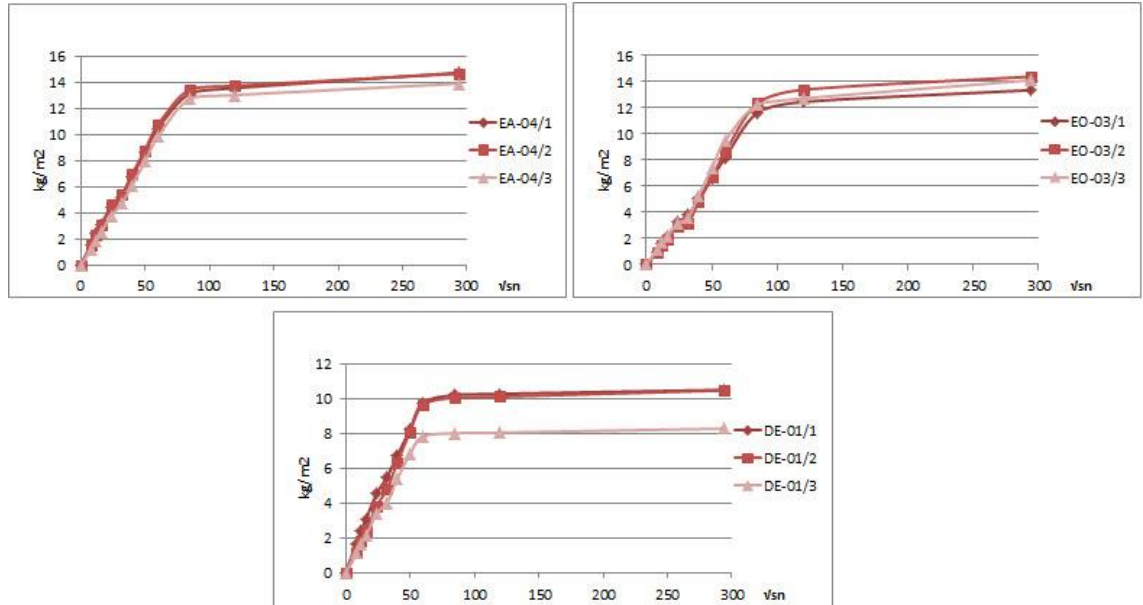
EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinden elde edilen kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri Çizelge 5.28’de görülmektedir. Bu çizelgedeki verilere göre EA-04 numunesi en yüksek poroziteli numunedir. Hacimce ve kütlece su emme oranı ve satürasyonu en yüksek olan numune %82,76 ile EO-03’tür. EO-03 numunesinin doyma derecesi %80’in üzerinde olduğu için donma çözünmeye karşı dayanıklı olmadıkları tahmin edilmektedir.

Çizelge 5. 28 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri

Numune adı	Kompasite (k, %)	Porozite (p, %)	Hacimce Su Emme (A_n , %)	Kütlece Su Emme (A_g , %)	Doyma Derecesi (D_g , %)
EA-04	59,87	40,13	26,08	17,29	65,00
EO-03	66,68	33,32	27,58	18,41	82,76
DE-01	66,58	33,42	24,73	15,80	73,99

Kılcal Su Emme Miktarı Tayini

Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısı numunelerinin kılcal su emme katsayılarının belirlenmesi için oluşturulmuş Q_i - Vt_i grafikleri Şekil 5.38’de görülmektedir.

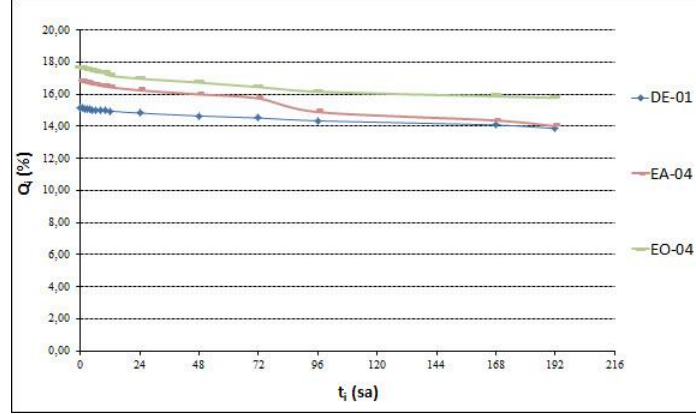


Şekil 5. 38 Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısı numunelerinin Q_i - Vt_i değerleri

Şekil 5.38’deki grafiklere göre belirlenen ortalama kılcal su emme katsayıları DE-01 numunesi için 0,151kg/m2.vsn; EA-04 numuneleri için 0,169 kg/m2.vsn’dir. EO-03 0,140 kg/m2.vsn’dir. EA-04 numunesinin su emme katsayısı diğer numunelere göre daha yüksektir.

Kuruma Hızı Tayini

EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin kuruma hızı grafiği Şekil 5.39'da ve numunelerin zamana bağlı değişen ortalama su yüzdeleri Çizelge 5.29'da görülmektedir.



Şekil 5. 39 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin kuruma hızı

Çizelge 5. 29 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin zamana bağlı ortalama su yüzdeleri

t (saat)	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	24	48	72	96	168	192
EA-04/Q _{o-ort} (%)	16,81	16,75	16,71	16,68	16,64	16,60	16,60	16,51	16,47	16,42	16,24	15,98	15,73	14,88	14,35	14,00
EO-03/Q _{o-ort} (%)	17,64	17,59	17,55	17,52	17,47	17,42	17,38	17,34	17,30	17,15	16,96	16,72	16,44	16,15	15,86	15,76
DE-01/Q _{o-ort} (%)	15,17	15,12	15,09	15,07	15,05	15,03	15,01	14,99	14,97	14,94	14,82	14,64	14,51	14,34	14,07	13,86

Renk Tayini

Munsell renk dizgesine göre belirlenen EA-04, EO-03 ve DE-01 numuneleri renginin tür, değer ve doymuşluk değerleri Çizelge 5.30'da görülmektedir. Numunelerin renk türü sarımsı turuncu, değer olarak açık ve az doymuştur.

Çizelge 5. 30 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin renk türü, değer ve doymuşluğu

Numune adı	Tür	Değer	Doymuşluk
EA-04	8,80 yr/sarımsı turuncu	7,35/açık	1,72/ az doymuş
EO-03	9,24 yr/sarımsı turuncu	7,30/açık	1,83/az doymuş
DE-01	8,96 yr/sarımsı turuncu	7,03/açık	1,52/az doymuş

Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini/Nokta Yükleme Dayanım İndeksi Deneyi

DE-01, EA-04 ve EO-03 numunelerinin ortalama tek eksenli basınç dayanım değerleri ve nokta yükleme dayanım indeksleri Çizelge 5.31'de görülmektedir. Bu verilere göre üç numunenin basınç dayanımı değerleri 3,13 ile 3,95 MPa arasında değişmektedir ve birbirine yakın değerlerdedir.

Çizelge 5. 31 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin tek eksenli basınç dayanımları ve MA-02 numunesinin nokta yükleme dayanım indeksi

Numune adı	Tek Eksenli Basınç Dayanımına Göre;	Nokta Yükleme Dayanım İndeksine Göre;	
	f_{c-ort} , MPa	$I_{s(50)}$, Mpa	f_{nv-ort} , Mpa
EA-04	-	0,08	3,32
EO-03	3,95	-	-
DE-01	3,13	-	-

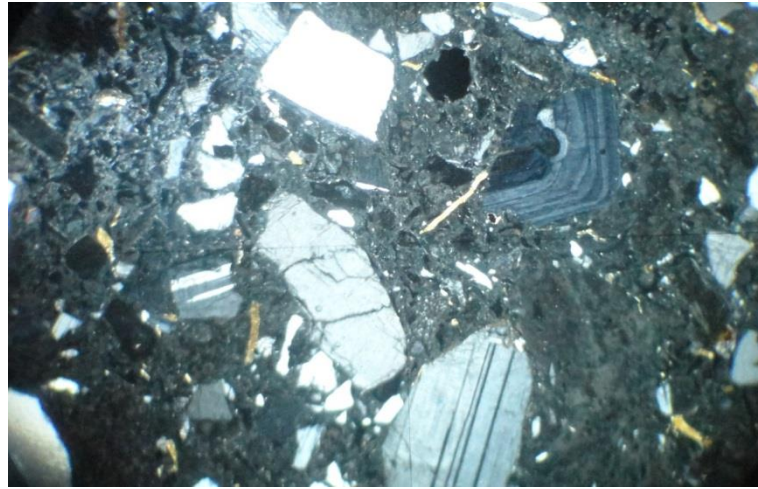
Çizelge 5.31'deki basınç dayanımı verilerine ek olarak, Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısında ölçülen yüzey sertliği değerleri kullanılarak bulunan teorik basınç dayanımı değerleri Çizelge 5.32'de görülmektedir.

Çizelge 5. 32 Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısı malzemeleri teorik basınç dayanımı değerleri

Mekân adı	BO-1	BO-2	BO-3	BA-1	BA-2	BA-3	BA-4	BD
Teorik Basınç (f_{ts} , Mpa)	3,13	4,19	3,03	2,06	2,74	3,22	2,74	2,93

Kimyasal Petrografik ve Mineralojik Özellikleri

EA-04 no.lu kayaç üzerinde yapılan makroskobik incelemede koyu gri-bej genel renkli olan kayaç, siyah renkli minerallerce benekli görünümündedir ve orta tane boyutludur. % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde reaksiyon göstermemiştir. Elde toz bırakmaktadır. Ortalama sertlik kayaç genelinde 4-4,5 Mohs olup orta sertlikte bir kayaçtır [92]. Bu sertlik seviyesine göre çakı, iğne veya eğe ile çizilebilir özelliktedir



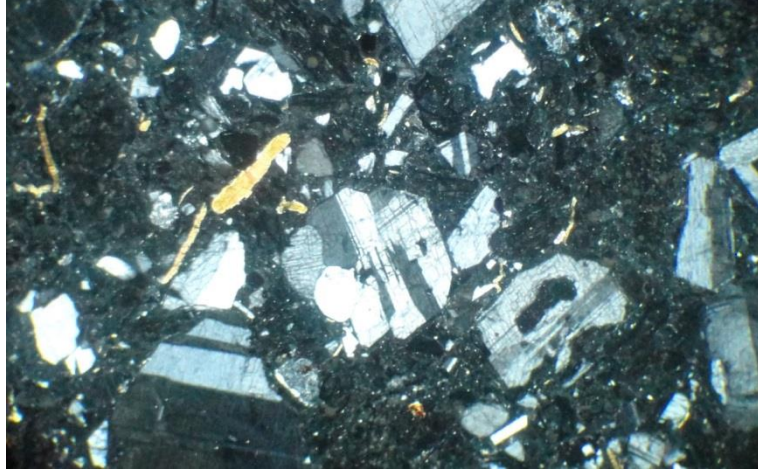
Şekil 5. 40 EA-04 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

Mikroskobik incelemeye göre Şekil 5.40'ta ince kesiti görülen EA-04 no.lu kayaç, volkanik porfirik dokuludur ve fenokristaller (mineral ve kristal parçaları) ile onları çevreleyen mikrolit ile volkanik cam matriksten meydana gelmiştir. Matriks oranı

mineral oranından fazladır. Mineraller kuvars, feldspat, mika mineralleridir. Kuvarslar, köşeli ve kırıklıdır. Mikalar biotit, feldspatlar plajiyoklaz ve sanidin türündendir. Matriksin mikrolitler iri tanelerin küçükleridir, volkanik cam kısımda ise kil-zeolit-klorit türü ikincil dönüşümler yaygındır (Şekil 5.40) [92].

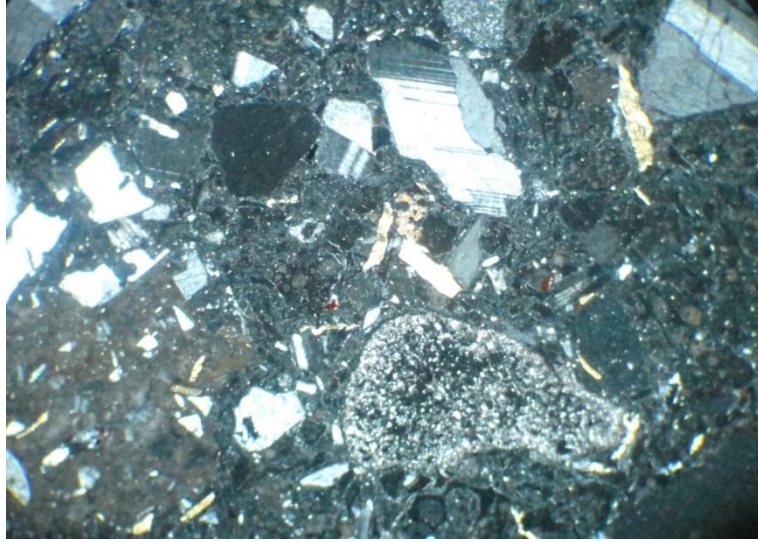
EO-03 no.lu kayaç üzerinde yapılan makroskobik incelemede koyu gri genel renkli olan kayaç, benekli görünümlüdür ve dağınık özelliktedir. Tane boyutu inceden iriye değişiklik göstermektedir. Taneler bazında sertlik 6-6,5 Mohs iken hamur kısımda 1-2 Mohs civarındadır. Bu sertlikte bir matriks tırnakla kolayca çizilebilir özelliktedir. % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde reaksiyon göstermemesi kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermediğini işaret etmektedir [92].

Mikroskobik incelemeye göre EO-03 no.lu kayaç tuf dokuludur ve bol mineral-kristal ile onları çevreleyen camsı hamurlu bir yapısı vardır. Mineraller kuvars, plajiyoklaz, sanidin ve biotittir. Matriks ve mineral+kayaç parçası oranı yarı yarıyadır. Matriksin camında ikincil dönüşümler yaygındır. Matriks mikrolitleri iri tanelere aittir (Şekil 5.41) [92].



Şekil 5. 41 EO-03 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

Makroskobik incelemeye göre DE-01 no.lu kayaç kirli bej-sarımsı genel renkli, siyah renkli minerallerce benekli görünümlüdür ve ince-orta tane boyutludur. % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde reaksiyon oluşmamıştır. Dolayısıyla kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermediğini düşünülmektedir. Kayaçtaki ayrışma çıplak gözle görülebilmekte, kayaç elde iz bırakmaktadır [92].



Şekil 5. 42 DE-01 kayacı mikroskop görünümü (Çift nikol, kesit boyu 4 mm) [92]

Mikroskobik incelemeye göre Şekil 5.42’de ince kesiti görülen DE-01 no.lu kayaç, volkanik tuf dokuludur ve volkanik cam, mineral-kristal parçaları ile kayaç parçalarından oluşmaktadır. Matriksin oranı % 65-70 civarındadır. Geri kalan %30-35’lik kısım ise mineral tanelerinden ve kayaç parçalarından oluşmuştur. Taneler kuvars, plajiyoklaz, sanidin ve biotit mineralleridir. Kayaç parçaları volkanik kayaç niteliğindedir. Kuvarslar aşınmış taneler halindedir. Plajiyoklazlar iri taneli, polisentetik ikizli¹ ve zonlanma göstermektedir. Azda olsa yeşil renkli, ayrıışmış hornblendler² de görülmektedir (Şekil 5.42) [92].

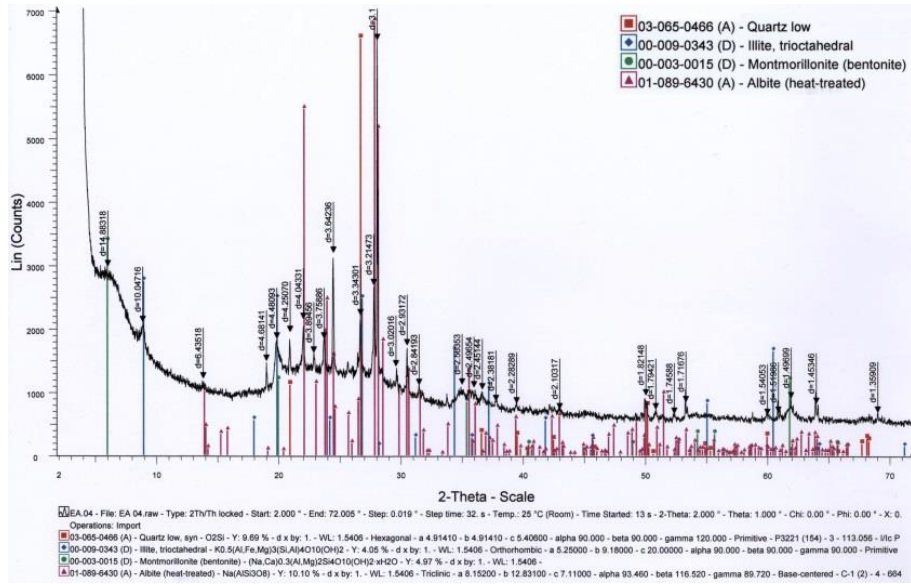
Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısından alınan kayaç numunelerinin XRD analizi sonucunda elde edilen mineral oranları Çizelge 5.33’ de, XRD veri grafikleri ise Şekil 5.43, Şekil 5.44 ve Şekil 5.45’te görülmektedir.

Çizelge 5. 33 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin mineral oranları (%) [92]

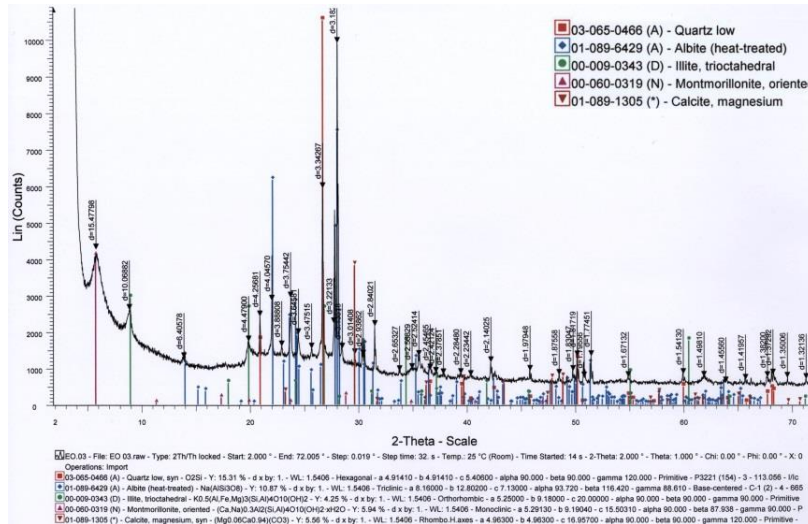
Numune adı	Opal	Kuvars	Albit	İllit	Amorf Mineraller	Smektit Grubu	Kalsit	Dolomit
EA-04	~5-~10	~15	~45	~10	~10	5-~10	-	-
EO-03	~10	~35	~25-~30	~5-~10	~10	~10	-	-
DE-01	~10	~25-~30	~35-~40	~5	~10	~7-~8	-	-

¹ Polisentetik ikizlenme: Aynı türden iki ya da daha çok kristalin düzenli olarak iç içe girişi ve istiflenmiş pullardan oluşması [120]

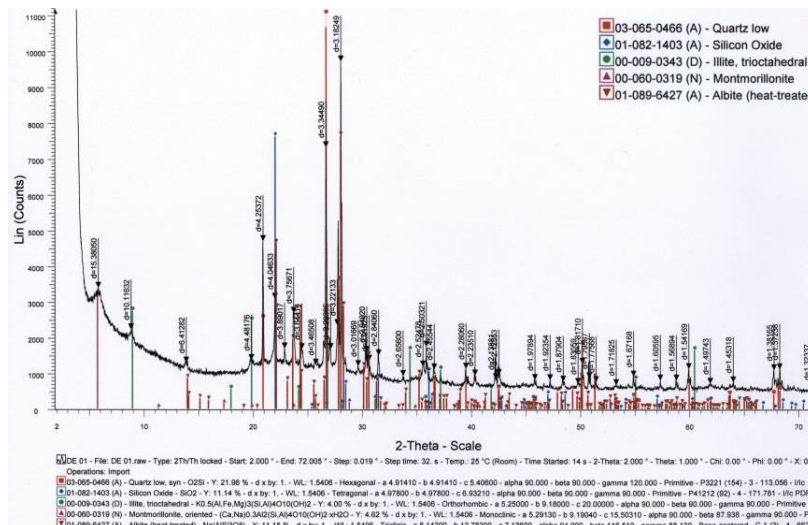
² Hornblend: Zincirsilikat olan amfibol minerallerinin, kalsiyum bakımından zengin alt grubunun ortak adıdır. Hornblendlere, başkalaşım (metamorfik) kayaçlarında yaygın olarak rastlanır [121].



Şekil 5. 43 EA-04 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]



Şekil 5. 44 EO-03 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]



Şekil 5. 45 DE-01 numunesi XRD analizi veri grafiği [92]

EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin XRF analizi sonucunda elde edilen majör oksit ve iz element miktarları Çizelge 5.34'te görülmektedir.

Çizelge 5. 34 DE-01, EA-04 ve EO-03 numuneleri majör oksit ve iz element oranları[92]

EA-04 MAJÖR OKSİT				EA-04 İZ ELEMENT						EO-03 MAJÖR OKSİT				EO-03 İZ ELEMENT					
Formül	% / PPM	Formül	% / PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	% / PPM	Formül	% / PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	PPM
SiO ₂	67,46	TiO ₂	0,28	Sc	5 PPM	As	1 PPM	Sb	4 PPM	SiO ₂	67,89	TiO ₂	0,25	Sc	3 PPM	Rb	107 PPM	Sn	2 PPM
Al ₂ O ₃	14,46	P ₂ O ₅	0,07	V	17 PPM	Rb	121 PPM	Cs	7 PPM	Al ₂ O ₃	14,36	P ₂ O ₅	0,08	V	18 PPM	Sr	231 PPM	Sb	4 PPM
Fe ₂ O ₃	2,42	MnO	0,09	Cr	4 PPM	Sr	207 PPM	Ba	880 PPM	Fe ₂ O ₃	2,62	MnO	0,08	Cr	20 PPM	Y	14 PPM	Cs	5 PPM
MgO	2,17	Cl	2244 PPM	Co	3 PPM	Y	17 PPM	La	31 PPM	MgO	1,82	Cr ₂ O ₃	0,01	Co	4 PPM	Zr	125 PPM	Ba	843 PPM
CaO	2,09	Ba	880 PPM	Ni	6 PPM	Zr	116 PPM	Ce	70 PPM	CaO	2,30	Ba	843 PPM	Ni	7 PPM	Nb	13 PPM	La	38 PPM
Na ₂ O	1,42	LOI	4,91	Cu	64 PPM	Nb	14 PPM	Pb	26 PPM	Na ₂ O	1,69	Cl	1700 PPM	Cu	24 PPM	Mo	5 PPM	Ce	72 PPM
K ₂ O	4,31			Zn	61 PPM	Mo	3 PPM	Th	19 PPM	K ₂ O	3,77	LOI	4,87	Zn	34 PPM	Zr	125 PPM	Pb	22 PPM
				Ga	13 PPM	Sn	3 PPM	U	4 PPM					Ga	13 PPM	Nb	13 PPM	Th	17 PPM
														As	4 PPM	Mo	5 PPM	U	3 PPM

DE-01 İZ ELEMENT						DE-01 MAJÖR OKSİT			
Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	PPM	Formül	% / PPM	Formül	% / PPM
Sc	4 PPM	As	4 PPM	Sb	4 PPM	SiO ₂	69,08	TiO ₂	0,27
V	24 PPM	Rb	120 PPM	Cs	5 PPM	Al ₂ O ₃	14,18	P ₂ O ₅	0,09
Cr	28 PPM	Sr	281 PPM	Ba	1185 PPM	Fe ₂ O ₃	2,80	MnO	0,09
Co	4 PPM	Y	14 PPM	La	36 PPM	MgO	1,01	Cr ₂ O ₃	0,01
Ni	8 PPM	Zr	121 PPM	Ce	71 PPM	CaO	2,64	Ba	1185 PPM
Cu	46 PPM	Nb	12 PPM	Pb	22 PPM	Na ₂ O	1,98	Cl	870 PPM
Zn	34 PPM	Mo	4 PPM	Th	16 PPM	K ₂ O	3,80	LOI	3,83
Ga	14 PPM	Sn	6 PPM	U	3 PPM				

Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısında yapılan kimyasal, petrografik ve mineralojik analizlere göre köydeki yapılardan alınan numunelerde SiO₂, en yüksek oranlı major oksittir. Magmatik kayalarda SiO₂ içeriğine göre yapılan sınıflandırmada üç kayacın da SiO₂ içeriği %66'dan yüksek olduğu için üçü de asidiktir. Üç kayaçta da SiO₂ yoğunluğunun büyük bir kısmının Na-feldspat olan albit ve kuvars kaynaklı olduğu bir kısmının ise, opal, illit, smektit grubu mineraller veya silis içerikli diğer bazı mineral kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Üç kayaçta da oranı yaklaşık %14-15 mineral olan Al₂O₃'ün ve en yüksek oranlı iki major oksit dışındaki diğer minerallerin illit, albit, smektit veya amorf mineral kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Üç numunenin XRD analizi grafiğinde (Şekil 5.43, Şekil 5.44, Şekil 5.45) de görülen az kuvars (quartz low) bu minerallerin 573°C'den düşük bir sıcaklıkta oluştuğunu göstermektedir. Makroskobik incelemelerde yapılan HCl testlerinde iki kayaç içinde de kalsit ve dolomit minerallerinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Kızdırma kaybı (LOI) EA-04 numunesinde %4,91, EO-03 numunesinde %4,87 ve DE-01 numunesinde %3,83 oranındadır.

Numunelerde illit ve smektit grubu mineral miktarı yaklaşık %5-10'dur. Bu mineraller su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak şişebilir. Şekil 5.43, Şekil 5.44 ve Şekil 5.45'teki XRD analizi grafiklerinin tümünde montmorillonit (bentonit) olduğu görülmektedir. Özellikle montmorillonit sodyumla doyurulduğunda kalınlığı 16 katına kadar artabilmektedir. Çiçeklenme hasarı görülen kısımlarda montmorillonit

mineralinin bulunması kavlanma, yapraklanma hatta parça kopması ihtimalini arttıracığı düşünülmektedir. Aynı zamanda illit, vermikülit veya montmorillonite dönüşebilir. Bu tür minerallerin bulunduğu kayalarda kavlanma, yapraklanma ve/ya aşınma gibi sorunlar olma ihtimali vardır.

Kayaç içinde bulunan iz elementlerin, likenlerinin gelişimi üzerindeki etkisi bilinmekle birlikte [106, 107], kesin bir varsayım yapabilmek için malzeme üzerindeki likenlerin detaylı analizi gerekmektedir.

5.5 Kapadokya Bölgesi Kaya Oyma Yapı Malzemelerinin Değerlendirilmesi

Kapadokya Bölgesi'nde Malta Haçlı Kilise, Ortahisar Kalesi, Mazı Yeraltı Şehri, Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapılarında yapılan ölçümlerin ve bu yapılardan alınan örnekler, numuneler ve kayalar üzerinde yapılan deneylerden elde edilen verilerin genel bir değerlendirmesi yapılarak incelenen alanların verilerinden toplu bir değerlendirme elde edilmesi amaçlanmıştır.

5.5.1 Yerinde Yapılan Ölçümlerin Değerlendirilmesi

İncelenen alanların ulaşılabilen her mekânında 2014 yılı Şubat ve Temmuz aylarında yapılan yüzey sıcaklığı ve nemi, ortam sıcaklığı ve bağıl nemi, yüzey sertliği ve ultrases geçiş hızı deneylerinin değerlendirilmesi şu şekildedir.

Yüzey Sıcaklığı-Nemi ve Ortam Sıcaklığı-Bağıl Nemi Ölçümü Değerlendirmesi

İncelenen beş farklı yapıda yaz ve kış ölçümlerindeki yüzey sıcaklıkları genel olarak ortam sıcaklıklarından yüksektir (Çizelge 5.35). İstisna olarak Mazı Yeraltı Şehri'nde yapılan yaz ölçümünde 1, 2, 5A ve 24 no.lu mekânlarda ve Bahçeli Köyü sivil mimarlık yapısında 1 no.lu mekânda yapılan kış ölçümünde yüzey sıcaklığının ortam sıcaklığından düşük olduğu saptanmıştır. Toplamda 40 mekânda yaz ve kış dönemlerinde olmak üzere yapılan 80 ölçümde, bu mekânlardan alınan ölçümlerin sadece 5'inde (yaklaşık %7) yüzey sıcaklık değerleri ortam sıcaklık değerlerinden düşük çıkmıştır. Bu veriye göre kaya oyma yapılarda genel olarak yüzey sıcaklığının ortam sıcaklığından yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. 35 İncelenen yapılarda yüzey sıcaklığı/nemi ve ortam sıcaklığı/ bağıl nemi değerleri

Mekân ismi	Malzeme				Ortam Koşulları			
	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (°C)		Ortalama Yüzey Nemi (%)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Bağıl Nem (%)	
	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
MHK	5,60	28	31,8	37,16	5,3	25,8	52	34

Mekân ismi	Malzeme				Ortam Koşulları			
	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (°C)		Ortalama Yüzey Nemi (%)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Bağıl Nem (%)	
	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
OK-05	3	31	28	21	1,3	27,5	57	31
OK-06	3,5	30	34	19	0,6	28,2	57	30
OK-15	3	30	24	22	0,3	28,1	58	28
OK-17	3,4	30	16	16	0,6	27,1	57	27
OK-19	2,9	31	27	22	0,8	25,4	62	28
OK-20	2	30	22	14	0,8	28	59	25
OK-21	2	30	16	14	0,7	25,7	59	29
OK-22	1,5	30	24	14	0,7	25,7	59	30
OK-23	4	29	45	24	1,9	25,7	58	30

Mekân ismi	Malzeme				Ortam Koşulları			
	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (°C)		Ortalama Yüzey Nemi (%)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Bağıl Nem (%)	
	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
MA-01	2	20	26	20	0	23	63	44
MA-02	2	19	27	32	1,8	19,5	59	48
MA-03	0	18	26	50	0	17,9	60	53
MA-04	2	20	27	32	0,9	19,3	53	57
MA-05A	5	18	30	32	1,2	18,6	50	53
MA-06	1	29	24	40	4,9	21,5	50	27
MA-07	2	32	25	31	-0,7	20,3	54	22
MA-08	4	16	20	30	5,7	13,4	58	63
MA-10	1,5	22	32	20	1,3	18,6	62	35
MA-11	2	21	40	90	1,1	15,5	62	43
MA-12	4	20	27	30	5,6	16,5	69	45
MA-13	3	16	23	40	3	12,7	67	61
MA-14	5	18	22	22	5,7	14	71	50
MA-15	5	18	100	100	5	12,6	68	56
MA-16	6	18	30	30	3,6	16,7	64	48
MA-17	5	18	18	20	2,5	15,5	62	48
MA-18	6	19	14	16	5,4	17,2	52	53
MA-20	5	19	14	16	6	20,7	59	43
MA-23	5	21	15	14	2,7	21,4	54	44
MA-24	6	23	24	15	5	21,4	56	40
MA-25	9	23	20	23	8,7	27,7	50	44
MA-26	8	22	50	19	4,8	26	54	40

Mekân ismi	Malzeme				Ortam Koşulları			
	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (°C)		Ortalama Yüzey Nemi (%)		Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Bağıl Nem (%)	
	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
BO-1	9	25	100	100	10,8	23,2	33	30
BO-2	10,5	26	80	100	8,5	23,1	33	30
BO-3	10	26	58	56	7,3	22,8	34	31
BA-1	15	28	90	100	13	27,7	28	24
BA-2	11	26	90	100	8,7	23,9	30	31
BA-3	12	25	100	66	10,9	24,2	32	28
BA-4	12	28	100	80	9	25,2	28	27
BD	2	25	100	100	0,7	21,5	67	41

Çizelge 5.35 ve Çizelge 5.36'da görüldüğü gibi incelenen alanlarda yüzey nemi genel olarak ortam bağıl neminden düşük çıkmıştır. Malta Haçlı Kilise'de yazın ve Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısından yazın ve kışın ölçülen yüzey nemi değerleri ortam neminden yüksektir. Buna bu yapıları oluşturan malzemelerde su tutucu özelliğe sahip olan smektit grubu minerallerin neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Bahçeli Köyü'nde incelenen alanların üst kısımlarında ince de olsa kısmi bir toprak tabakası vardır. Bu toprak, yüzeylerde tutulan suyun artmasını sağlamış olabilir. Bu verilere göre

malzeme yapısında smektit grubu mineral içermeyen kaya oyma yapılarda genel olarak yüzey nemi ortam neminden düşüktür.

Çizelge 5. 36 İncelenen yapılarda yüzey ve ortam bağıl nemi yaz ve kış durumu

Yapı adı	Kış-Nem(%)	Yaz-Nem (%)
MHK-genel	yüzey<ortam	yüzey>ortam
OK-genel	yüzey<ortam	yüzey<ortam
MA-genel	yüzey<ortam	yüzey<ortam
BA/BO/BD-genel	yüzey>ortam	yüzey>ortam

Yapıların genelde hasarlı ve su alan kısımlarındaki yüzeylerde %70 ve %100 arası nem değerleri elde edilmiştir. Yüksek nem değerlerine (%100 gibi) kaya üzerinde var olan toprak tabakasındaki zemin neminin de neden olmuş olabileceği düşünülmektedir.

Yüzey Sertliği ve Ultrases Geçiş Hızı Ölçümü Değerlendirmesi

Toplamda 40 mekânda yapılan ölçümlerde, 29 mekânda yazın ölçülen ultrases geçiş hızı kışın ölçülenlerden yüksektir. OK-06,OK-17, MA-04, MA-12, MA-13, MA-15, MA-16, MA-24, MA-25, MA-26 ve BO-3 mekânlarında ise kışın ölçülen ultrases geçiş hızı değeri yazın ölçülenden yüksektir. Ultrases geçiş hızı verilerinin yaz veya kış ölçümünde yüksek olmasının ölçüm yapılan malzemenin gözeneklilik durumu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Ultrases geçiş hızının artması boş olan olan gözeneklerin sıvı ile dolması şeklinde yorumlanmıştır. Bu varsayıma göre yapıların genelinde (yaklaşık %62) yazın gözenek boşluklarının dolduğu tespit edilmiştir. İncelenen yapılarda en yüksek ultrases geçiş hızı kışın OK-06 mahallinde 1833,7 m/s, en düşüğü ise kışın MA-08'de 55,2 m/s olarak ölçülmüştür. Ölçümlerden de anlaşıldığı gibi kaya oyma yapılarda ultrases geçiş hızı değeri olarak yapı türüne, ölçülen alana ve malzeme özelliklerine göre çok farklı değerler elde edilebilmektedir.

İncelenen mekânlardan 11'inde yapılabilen yüzey sertliği deneyinde elde edilen veriler 33-55 R arasında değişmektedir. En yüksek yüzey sertliği BA-1 mekânından elde edilmiştir. Bu verilere bağlı olarak elde edilen teorik basınç dayanımları basınç dayanımı değerlendirilmesinde ele alınmıştır.

5.5.2 Laboratuvarında Yapılan Deneylerin Değerlendirilmesi

İncelenen alanlara ait numune ve/ya kayaçlarda yapılan görünür-gerçek yoğunluk, kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme, satürasyon, kılcal su emme miktarı,

kuruma hızı, renk, tek eksenli basınç dayanımı /nokta yükleme dayanım indeksi, kimyasal/petrografik ve mineralojik özellikleri belirleme deneylerinin değerlendirilmesi şu şekildedir.

Görünür Yoğunluk ve Gerçek Yoğunluk Değerlendirilmesi

Beş farklı yapının numunelerinden elde edilen görünür yoğunluk değerleri $1,1 \text{ g/cm}^3$ ve $1,7 \text{ g/cm}^3$ arasında, gerçek yoğunluk değerleri ise $2,2 \text{ g/cm}^3$ ve $2,5 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmektedir (Çizelge 5.37). Görünür ve gerçek yoğunluğu arasındaki en yüksek fark $1,1 \text{ g/cm}^3$ ile MA-20 numunesinde, en düşük ise $0,6 \text{ g/cm}^3$ ile MHK-1 numunesinde elde edilmiştir. Bu verilerden MHK-1 numunesi dışı kapalı boşluk oranının diğer numunelere göre az, MA-02 numunesinin ise dışı kapalı boşluk oranının diğerlerine göre çok olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 5. 37 İncelenen numunelerin görünür ve gerçek yoğunluk değerleri

Numune adı	Görünür Yoğunluk ($\beta, \text{g/cm}^3$)	Gerçek Yoğunluk ($\gamma, \text{g/cm}^3$)
MHK-1	1,7	2,3
OK-15	1,5	2,3
OK-20	1,6	2,3
OK-23	1,5	2,3
MA-02	1,1	2,2
MU-01	1,6	2,4
EA-04	1,5	2,5
EO-03	1,5	2,2
DE-01	1,6	2,4

Kompasite, Porozite, Kütlece-Hacimce Su Emme ve Satürasyon Değerlendirilmesi

İncelenen numunelerden elde edilen kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri Çizelge 5.38'de görülmektedir. Bu verilere göre numuneler içinde porozite, hacimce-kütlece su emme oranı en yüksek olan numune MA-02, en düşük olan ise MHK-1'dir. Bu değerlerin yüksek olması malzemenin su ile temasında bünyesine su alımının yüksek olacağına göstergesidir.

Malzemenin donma ve çözünmeye karşı dayanıklı olması için doyma derecesi %80'in altında olmalıdır. Buna göre MU-01 ve EO-03 numunelerinin elde edildiği malzemelerin donma-çözünmeye karşı dayanımı düşüktür.

Çizelge 5. 38 İncelenen numunelerin kompasite, porozite, kütlece-hacimce su emme ve satürasyon değerleri

Numune adı	Kompasite (k, %)	Porozite (p, %)	Hacimce Su Emme (A_n , %)	Kütlece Su Emme (A_b , %)	Doyma Derecesi (D_o , %)
MHK-1	73,36	26,64	11,23	6,72	42,16
OK-15	64,74	35,26	20,37	13,80	57,78
OK-20	70,78	29,22	17,79	10,93	60,90
OK-23	66,48	33,52	24,74	16,19	73,82
MA-02	48,81	51,19	38,67	35,49	75,55
MU-01	65,91	34,09	28,79	17,93	84,45
EA-04	59,87	40,13	26,08	17,29	65,00
EO-03	66,68	33,32	27,58	18,41	82,76
DE-01	66,58	33,42	24,73	15,80	73,99

Kılcal Su Emme Miktarı Değerlendirilmesi

Numunelerin kılcal su emme katsayıları Çizelge 5.39’da görülmektedir. Bu verilere göre kılcal su emme katsayısı en yüksek olan numune MA-02, en düşük olan ise MHK-1 numunesidir. Kılcal su emme katsayısı yüksek olan malzemelerin su ile temasında bünyesine su alımının yüksek olacağı düşünülmektedir.

Çizelge 5. 39 İncelenen numunelerin kılcal su emme katsayısı değerleri

Numune Adı	MHK-1	OK-15	OK-20	OK-23	MA-02	MU-01	EA-04	EO-03	DE-01
Kılcal Su Emme Katsayısı ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{vsn})$)	0,021	0,104	0,086	0,136	0,324	0,163	0,169	0,140	0,151

Kuruma Hızı Değerlendirilmesi

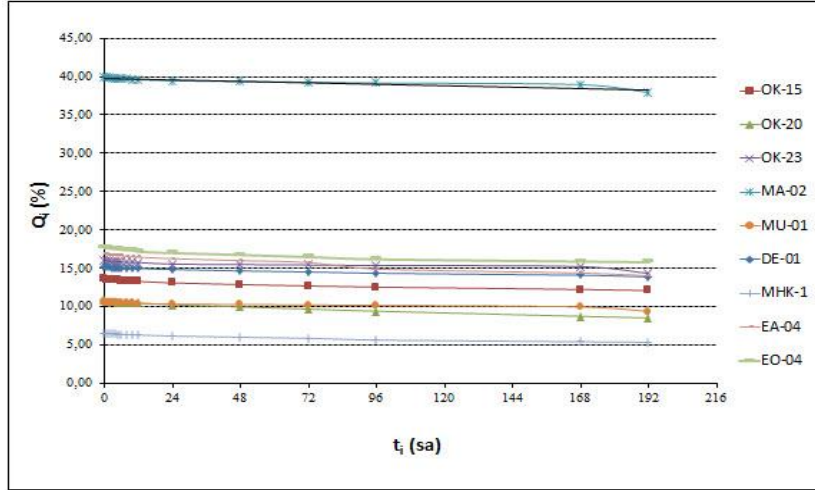
Suya doyurulmuş numunelerin zamana bağlı değişen ortalama su yüzdeleri Çizelge 5.40’ta ve kuruma hızı grafikleri Şekil 5.46’da görülmektedir. Numunelerde yüzde olarak en az değişim %1,15 ile MHK-1 numunesinde, en çok değişim ise %2,81 ile EA-04 numunesinde gerçekleşmiştir. Şekil 5.46’daki grafiğe göre ise kuruma hızı en yüksek olan numune EA-04, en düşük olan numune ise MU-01’dir.

Çizelge 5. 40 İncelenen numunelerin zamana bağlı ortalama su yüzdeleri

t (saat)	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	24	48	72	96	168	192
MHK-1/ Q_{e-ort} (%)	6,47	6,45	6,42	6,40	6,38	6,36	6,34	6,32	6,30	6,27	6,14	5,98	5,84	5,61	5,39	5,32
OK-15/ Q_{e-ort} (%)	13,59	13,54	13,51	13,47	13,44	13,41	13,37	13,34	13,30	13,27	13,08	12,86	12,68	12,53	12,21	12,08
OK-20/ Q_{e-ort} (%)	10,74	10,69	10,65	10,62	10,59	10,55	10,53	10,50	10,47	10,44	10,22	9,93	9,65	9,38	8,71	8,50
OK-23/ Q_{e-ort} (%)	15,98	15,95	15,92	15,90	15,88	15,85	15,81	15,78	15,76	15,73	15,53	15,47	15,41	15,35	15,21	14,30
MA-02/ Q_{e-ort} (%)	39,99	39,93	39,89	39,85	39,81	39,76	39,72	39,69	39,65	39,61	39,48	39,37	39,29	39,18	38,96	37,92
MU-01/ Q_{e-ort} (%)	10,60	10,55	10,53	10,51	10,50	10,48	10,45	10,43	10,41	10,39	10,31	10,24	10,20	10,14	9,94	9,36
EA-04/ Q_{e-ort} (%)	16,81	16,75	16,71	16,68	16,64	16,60	16,60	16,51	16,47	16,42	16,24	15,98	15,73	14,88	14,35	14,00
EO-03/ Q_{e-ort} (%)	17,64	17,59	17,55	17,52	17,47	17,42	17,38	17,34	17,30	17,15	16,96	16,72	16,44	16,15	15,86	15,76
DE-01/ Q_{e-ort} (%)	15,17	15,12	15,09	15,07	15,05	15,03	15,01	14,99	14,97	14,94	14,82	14,64	14,51	14,34	14,07	13,86

Kuruma hızı yüksek olan EA-04 ve MHK-1 numunelerinin yerinde ölçülen nem değerleri ile kuruma hızı verileri karşılaştırıldığında genel olarak bu numunelerde yüzey neminin

ortam neminden yüksek olduğu belirlenmiştir. Ölçüm yapılan diğer numunelere göre hızlı kuruyan bu malzemelerin yüzeylerindeki nem oranının ortamdaki nem oranından fazla olması durumunun, nemi oluşturan başka bir faktörün varlığıyla(malzeme içeriği, ziyaretçi sayısı, üzerindeki toprak tabakası gibi) ile açıklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5. 46 İncelenen numunelerin kuruma hızları

Renk Deneyi Değerlendirilmesi

Munsell renk dizgesine göre renk türü, değer ve doymuşluğu belirlenen numunelerin bu özellikleri Çizelge 5.41'de görülmektedir. Bu verilere göre incelenen kaya oyma yapılarında renk türü genelde turuncumsu sarı veya sarımsı turuncudur. Değer olarak açık veya çok açık, doymuşluk olarak da az doymuşlardır.

Çizelge 5. 41 İncelenen numunelerin renk türü, değer ve doymuşluğu

Numune adı	Tür	Değer	Doymuşluk
MHK-1	1,48 y/turuncumsu sarı	7,76/açık	1,58/az doymuş
OK-15	3,42 y/turuncumsu sarı	7,85/açık	2,25/az doymuş
OK-20	2,73 y/turuncumsu sarı	9,33/çok açık	1,3/ az doymuş
OK-24	2,89 y/turuncumsu sarı	7,84/açık	2,54/az doymuş
MA-02	0,73 y/turuncumsu sarı	7,41/açık	2,34/az doymuş
MU-01	9,27 yr/sarımsı turuncu	7,25/açık	1,54/ az doymuş
EA-04	8,80 yr/sarımsı turuncu	7,35/açık	1,72/ az doymuş
EO-03	9,24 yr/sarımsı turuncu	7,30/açık	1,83/az doymuş
DE-01	8,96 yr/sarımsı turuncu	7,03/açık	1,52/az doymuş

Tek Eksenli Basınç Dayanımı /Nokta Yükleme Dayanım İndeksi Deneyi Değerlendirmesi

Numunelerin ortalama tek eksenli basınç dayanım değerleri ile nokta yükleme dayanım indeksleri Çizelge 5.41'de görülmektedir. Bu verilere göre basınç dayanımı en yüksek olan numune 31,77 MPa ile OK-20, en düşük olan numune ise 3,13 MPa ile DE-01'dir.

Yıldırım ve Gökaşan [122] kayaları basınç dayanımına göre çok zayıf, zayıf, orta sağlam, sağlam, çok sağlam, aşırı sağlam kaya olarak adlandırılmıştır. Kayacın basınç dayanımı 1-5 MPa arasında ise çok zayıf, 5-25 MPa arasında ise zayıf, 25-50 MPa arasında ise orta sağlam, 50-100 MPa arasında ise sağlam, 100-250 MPa arasında ise çok sağlam ve 250 MPa'dan büyük ise aşırı sağlamdır. Basınç dayanımına bağlı adlandırmaya göre numunelerin alındığı kayacın türü Çizelge 5.42'de görülmektedir. Bu veriye göre aynı yapılarda bile çok farklı dayanımda ve türde kayaç olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 5. 42 Numunelerin tek eksenli basınç dayanımları / MA-02 numunesinin nokta yükleme dayanım indeksi ve kayaç türü

Numune adı	Tek Eksenli Basınç Dayanımına Göre;	Nokta Yükleme Dayanım İndeksine Göre;		Kayaç Türü
	f_{c-ort} , MPa	$I_{s(50)}$, Mpa	f_{ny-ort} , Mpa	
MHK-1	22,21	-	-	Orta Sağlam Kaya
OK-15	9,55	-	-	Zayıf Kaya
OK-20	31,77	-	-	Orta Sağlam Kaya
OK-23	14,23	-	-	Zayıf Kaya
MA-02	-	0,15	4,06	Çok Zayıf Kaya
MU-01	15,90	-	-	Zayıf Kaya
EA-04	-	0,08	3,32	Çok Zayıf Kaya
EO-03	3,95	-	-	Çok Zayıf Kaya
DE-01	3,13	-	-	Çok Zayıf Kaya

Yüzey sertliği deneyi yapılabilen 11 mekândan elde edilen değerlerle mekânı oluşturan malzemenin teorik basınç dayanımı belirlenmiştir. Bu değerler ve değerlere bağlı kayaç türü sınıflandırması Çizelge 5.43'te görülmektedir. Bu verilere göre kayaçların teorik basınç dayanımı 2,74-6,99 MPa arasında değişmektedir. Mekânları oluşturan kayaçlar genelde çok zayıf kaya sınıfındadır (MA-08 hariç).

Çizelge 5. 43 Yüzey sertliği kullanılarak elde edilen basınç değerleri ise

Mekân adı	MA-03	MA-07	MA-08	BO-1	BO-2	BO-3	BA-1	BA-2	BA-3	BA-4	BD
Teorik Basınç (f_{t0} , Mpa)	3,51	4,193	6,99	3,13	4,19	3,03	2,06	2,74	3,22	2,74	2,93
Kayaç Türü	Çok Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya	Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya

Kimyasal Petrografik ve Mineralojik Özelliklerin Değerlendirilmesi

Tüm örneklerin ortak özelliği değişik oranlarda mineral+kristal parçaları ve camı matriksten oluşan asidik karakterli tüfler olmasıdır. Genel olarak riyolitik tüf özelliği sergilerler. Petrografik olarak camı-kristalli tüf görünümündedirler. Kayaç parçaları daha az orandadır ve genellikle volkanik kökenlidir [92].

Makroskobik incelemede kayaç renkleri kirli beyaz, kirli bej, koyu gri, sarımsı bej genel renkli olarak adlandırılmış, yapısı siyah renkli minerallerce benekli görünümlü olarak tanımlanmıştır. Kayaçlar genel olarak elde kolayca dağılabilmekte, ince-orta tane boyutları içermektedir. Sertlikleri çok değişken olmasına rağmen genel olarak 4-6,5 Mohs arasında (nadiren 1-2 Mohs) değişmektedir. Numuneler, % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde MHK-1 hariç reaksiyon göstermediği için kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermedikleri anlaşılmıştır.

Mikroskobik incelemede kayaç örneklerindeki matris oranı genelde mineral, kristal ve kayaç parçasından fazla ve %65-80 arasındadır. Numuneler içindeki kristaller genelde fenokristal şeklindedir. Numunelerin genelinde rastlanan mineral ve kristaller plajiyoklaz, kuvars, sanidin, mika (biotit), amfibol, opal ve plajiyoklaz mikrolitleridir. Numunelerin matris kısmı genelde porfirik özelliktedir ve volkanik camdan (camsı hamur) oluşmaktadır. Matrisin camsallığı büyük ölçüde bozulmuş olup kil-zeolit-klorit türü ikincil dönüşümlere uğramıştır.

Kayaçlarda yapılan kimyasal, petrografik ve mineralojik analizlere göre tüm kayaçlarda SiO₂ en yüksek oranlı major oksittir ve oranı %66'dan fazladır. Magmatik kayaçlarda SiO₂ içeriğine göre yapılan sınıflandırmaya göre tüm kayaçlar asidiktir (felsik). SiO₂ yoğunluğunun büyük kısmının numunelerin çoğunda tektosilikatlardan opal ile Na-feldspat olan albitten, bir kısmının ise kuvars başta olmak üzere varsa illit veya silis içerikli diğer bazı minerallerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 5.44, Çizelge 5.45)

Çizelge 5. 44 Kayaç örneklerindeki majör oksit oranları[92]

Formül	MAJÖR OKSİT ORANLARI (%)								
	MHK-1	OK-15	OK-20	OK-23	MA-02	MU-02	EA-04	EO-03	DE-01
SiO ₂	74,30	72,20	78,50	66,10	69,77	74,38	67,46	67,89	69,08
Al ₂ O ₃	10,43	11,91	8,86	9,76	13,17	12,95	14,46	14,36	14,18
Fe ₂ O ₃	2,57	1,55	0,86	5,02	2,14	1,30	2,42	2,62	2,80
MgO	0,29	0,34	0,20	0,23	1,06	0,30	2,17	1,82	1,01
CaO	1,99	1,58	1,32	1,05	1,44	1,14	2,09	2,30	2,64
Na ₂ O	1,33	1,19	1,12	1,27	1,60	3,80	1,42	1,69	1,98
K ₂ O	3,00	4,69	3,95	4,40	6,05	4,83	4,31	3,77	3,80
TiO ₂	0,26	0,19	0,16	0,16	0,26	0,22	0,28	0,25	0,27
P ₂ O ₅	0,04	0,03	0,02	0,02	0,11	0,09	0,07	0,08	0,09
MnO	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,09	0,08	0,09
Ba	813 PPM	839 PPM	1095 PPM	985 PPM	667 PPM	839 PPM	880 PPM	843 PPM	1185 PPM
LOI	4,73	5,67	4,56	8,27	4,14	0,88	4,91	4,87	3,83

Çizelge 5. 45 EA-04, EO-03 ve DE-01 numunelerinin mineral oranları (%) [92]

Numune Adı	Opal	Kuvars	Albit	İllit	Amorf Mineraller	Smektit Grubu	Kalsit	Dolomit
MHK-1	~5	~45-~50	~15-~20	5	~10	~10	2-3	3-5
OK-15	~5	~2-3	~75-~80	~3-5	~10	-	-	-
OK-20	~70-~75	~5-~10	~3-~5	~3-~5	~10	-	-	-
OK-23	~75	~5	~10	-	~10	-	-	-
MA-02	75-80	~5-~10	~5-~10	-	~10	-	-	-
MU-01	~40-~45	~10-15	25-30	~10-15	~10	-	-	-
EA-04	~5-~10	~15	~45	~10	~10	5-~10	-	-
EO-03	~10	~35	~25-~30	~5-~10	~10	~10	-	-
DE-01	~10	~25-~30	~35-~40	~5	~10	~7-~8	-	-

Tüm kayaçlarda yüksek oranlı ikinci majör oksit olan Al_2O_3 oranının; albit, illit ya da smektit grubu kil mineralleri veya amorf mineraller kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir. MgO oranının smektit grubundaki bazı minerallerden (yapısında Mg içeren montmorillonit olabilir), dolomitten veya amorf minerallerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Fe_2O_3 , K_2O ve TiO_2 oranlarının amorf minerallerden, CaO oranının ise kalsit, dolomit veya amorf minerallerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu oksitler dışında kalan oksitlerin ise amorf mineral kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Çizelge 5.44, Çizelge 5.45). HCl damlatılarak kontrol edilen numunelerde herhangi bir reaksiyon gelişmemiş ve böylece numune içerisinde kalsit ve dolomit türü minerallerin olmadığı anlaşılmıştır.

XRD analizi grafiklerinin bazılarında görülen kristobalit (cristobalite), az kuvars (quartz low), yüksek kuvars (quartz high) türünden mineraller kuvarsın bir türüdür ve bu minerallerin malzemede bulunması malzemenin farklı sıcaklıklarda oluştuğunun kanıtı olabilir.

Kayaçlarda kızdırmayla kaybolan miktar %0,88 ile %8,27 arasında değişen değerlerdedir (Çizelge 5.44).

İllit olan kayaçlarda illit miktarı %3-15 arasındadır. İllitin su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak şişmesiyle vermikülit veya montmorillonite dönüşümü gerçekleşebilir. Bu dönüşüm neticesinde malzemede kavlanma, yapraklanma ve/ya aşınma gibi sorunlar meydana gelebilir. Bazı kayaçlarda illit olmamasının, biotitlerin henüz illite dönüşmemiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bazı numunelerde bulunan smektit grubu mineral oranları %5-10 arasında değişmektedir. Bu mineraller su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak

şişebilir. Numunelerin bazısında XRD analizi ile tespit edilen montmorillonit (bentonit) türü killer özellikle sodyumla doyurulduğunda kalınlığı 16 katına kadar artabilen özelliktedir. Çiçeklenme hasarı görülen kısımlarda montmorillonit mineralinin bulunması kavlanma, yapraklanma hatta parça kopması ihtimalini arttırabilir. Bu tür minerallerin bulunduğu kayalarda kavlanma, yapraklanma ve/ya aşınma gibi sorunlar olma ihtimali vardır.

Numunelerin porfirik yapıda olması malzemedeki oyuklanma, yapraklanma ve aşınma türü hasarların meydana gelmesine neden olabilir.

Kayaç içinde bulunan galyum, çinko, bakır ve molibden gibi iz elementlerin mantarların dolayısıyla likenlerin gelişimi üzerindeki etkisi bilinmekle birlikte [106, 107], bir varsayım yapabilmek için likenlerin ve mantarların türleri detaylı bilinmelidir.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kapadokya Bölgesi, Türkiye'den UNESCO Kültür Miras Listesi'ne giren ilk alanlardandır. Bu bölgede kaya oyma yapılar binlerce yıldır kullanılmıştır ve pek çoğu da halen kullanılmaktadır. Bu yapılarda pek çok sorun gözlenmesine rağmen, sorun giderme adına yapılan müdahaleler genellikle sorunun kaynağına inilmeden, kaya yapısı tam incelenmeden yapıldığı için yapılara daha da çok zarar vermiştir.

Binlerce yıldır pek çok medeniyetin kurulduğu Kapadokya'da karasal iklim özellikleri ve bu iklime özgü bitki türleri hâkimdir. Jeolojik olarak Kapadokya Volkanik Provensi (KVP) içindedir ve yaklaşık 23,8 milyon yıldır oluşumu devam etmektedir. 1,81 milyon yıl önce başlayan volkanik aktiviteler [31] sonucunda KVP stratigrafisi oluşmuştur. KVP'de beş farklı tür vardır ve inceleme yapılan alanlar volkanoklastik ve cüruf konisi alanında yani Ürgüp Formasyonunda yer almaktadır. İgnimbirit ve tortul birimlerin oluşturduğu bu formasyonda pek çok alt üye mevcuttur. KVP fay sisteminde çalışma alanını etkileyebilecek Derinkuyu fayı ile Ecemiş ve Tuz Gölü fay hatları bulunmaktadır. 3. ve 4. derece deprem bölgesinde olan çalışma alanında son yüzyılda hasar yapıcı bir deprem kayıt edilmemiştir. Bölgede hasar yapıcı vakalar genel olarak kaya düşmeleridir.

Kapadokya Bölgesi'nde bulunan geleneksel yapılar kaya oyma yapı, kaya oyma-yığma yapı ve yığma yapı olmak üzere üç gruptur. Kaya oyma yapılar sadece Kapadokya'da değil dünyanın pek çok yerinde oluşturulmuştur. Bu yapılar hakkında daha önceki çalışmalarda [2] bazı sınıflandırmalar yapılsa da bu sınıflandırmalarda bazı yapı türlerinin sınıfı belirsiz olduğu için yeni bir sınıflandırılma oluşturulmuştur. Bu sınıflandırmaya göre kaya oyma yapılar dini yapılar, askeri yapılar ve sivil mimari

yapıları olmak üzere üçe ayrılmıştır. İncelenen yapılar Malta Haçlı Kilise, Ortahisar Kalesi, Mazı Yeraltı Şehri, Bahçeli Köyü sivil mimarlık ve depo yapısıdır. Bunlardan Malta Haçlı Kilise hem kilise hem mezar yapısı, Ortahisar Kalesi savunma yapısıdır. Sivil mimari yapılarından Mazı Yeraltı Şehri, Bahçeli Köyü konut ve depo yapısı seçilmiştir. Bu yapılar Ürgüp formasyonu Kavak üyesi içinde yer alırken sadece Mazı Yeraltı Şehri'nin oyulduğu tepenin üzerindeki katman Karadağ üyesi içindedir.

Kapadokya Bölgesi kaya oyma yapılarında görülen hasarları analiz etmek için öncelikle yapıyı oluşturan kayada meydana gelen hasar nedenleri belirlenmiştir. Hasara yol açan iç nedenler olarak taşın bulunduğu yer ile taşın mineralojik, petrografik, mekanik, kimyasal ve fiziksel özellikleri sayılabilir. Dış nedenler ise doğal afetler, yer altı suyu, atmosfer etkileri, tuzlar, çevre kirliliği, savaşlar, bilinçsiz kullanım, canlılara bağlı tahrip, titreşim etkileri ve Vandalizm olarak belirlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı taşlarda yüzey kaybı, parça kopması, boşluk-delik, oyuklanma, çatlak, kavlanma, yapraklanma, yüzey kirliliği, kabuk oluşumu, çiçeklenme, aşınma, renk değişimi, biyolojik hasarlar, hatalı onarım hasarları, Vandalizm ve niteliksiz ekler türünden hasarlar tespit edilmiştir. İncelenen yapılarda bütün hasar türlerinden görülse de kavlanma, biyolojik hasar, çatlak, aşınma, kabuk oluşumu, renk değişimi, çiçeklenme, parça kopması, niteliksiz çelik ek ve hatalı onarım hasarı en sık görülen hasarlardandır. İç ve dış etkenler birbirini tetiklemektedir.

Alanda yapılan hasar tespitlerine ek olarak malzemelerin fiziksel, mekanik, kimyasal, petrografik ve mineralojik özellikleri saptanmak amacıyla kış dönemi için Şubat ve yaz dönemi için Temmuz aylarında olmak üzere yerinde tahribatsız ölçümler ve alandan alınan malzeme örnekleriyle laboratuvarında çeşitli deneyler yapılmıştır. Beş farklı yapıda yapılan yaz ve kış ölçümlerindeki yüzey sıcaklıkları genel olarak ortam sıcaklıklarından yüksektir. Yüzey sıcaklıklarının ortam sıcaklığından düşük olduğu birkaç mekânın tümünde nem kaynaklı sorunlar olduğu tespit edilmiştir. İncelenen alanlarda yüzey nemi genel olarak ortam bağıl neminden düşük çıkmıştır. Yüzey neminin ortam bağıl neminden yüksek olduğu malzemelerde su tutucu özelliği olan smektit grubu minerallere rastlanmıştır. Ayrıca bu mekânlarda ziyaretçilerin sirkülasyonu ve nefeslerinden oluşan nemin de ortam ve yüzey nemini etkileyebileceği düşünülmektedir. Kaya üzerindeki toprak tabakasının su tutucu özelliği de nem artırıcı

bir etken olabilir. Kaya mekânlarda yazın ölçülen ultrases geçiş hızı genel olarak kışın ölçülenlerden yüksektir. Bu veriye göre yazın dolu olan malzeme gözeneklerinin kışın boşalmış olabileceği düşünülmektedir. Ultrases geçiş hızının yazın düşük olduğu alanların yüzey nemi verileri ve ultrases hızı yazın yüksek olan alanların yüzey nemi değerleri karşılaştırıldığında büyük farklar olmadığı gözlenmiş ve ultrases geçiş hızı ile yüzey neminin doğrudan ilişkili olmadığı tahmin edilmiştir.

Laboratuvarda yapılan deneylere göre dışa kapalı boşluk oranı, porozitesi, hacimce-kütlece su emme oranı ve kılcal su emme katsayısı en yüksek olan numune MA-02, en düşük olan ise MHK-1'dir. Mazi Yeraltı Şehri'nde nem kaynaklı sorunlar hemen her mekânda görülürken Malta Haçlı Kilise'de nem sorunları genelde çatlak çevresindeki alanlarda görülmüştür. Doyma derecesi %80'den büyük olan birkaç numune tespit edilmiş, bu numunelerin donma-çözünmeye karşı dayanıklı olmadığı kabul edilmiştir. Kuruma hızı en yüksek olan numune EA-04, en düşük olan numune ise MU-01 olarak belirlenmiştir. İncelenen kayaçlarda renk türü genelde turuncumsu sarı veya sarımsı turuncudur. Kayaçlar değer olarak açık veya çok açık, doymuşluk olarak da az doymuşlardır. En yüksek tek eksenli basınç dayanımı 31,77 MPa ile OK-20'de ölçülürken, bu değer en düşük 3,13 MPa DE-01'de ölçülmüştür. Basınç dayanımlarına bakıldığında kayaçlar zayıf veya çok zayıf kaya grubuna girmektedir.

Beş farklı yapıdan alınan kayaçlarda yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeye göre bu kayaçların ortak özelliği değişik oranlarda mineral+kristal parçaları ve %65-80 oranında camsı matriksten oluşan asidik karakterli tüfler olmasıdır. Genel olarak riyolitik tüf özelliği sergilerler. Petrografik olarak camsı-kristalli tüf görünümündedirler. Kayaç parçaları daha az orandadır ve genellikle volkanik kökenlidir. Kayaçlar genel olarak elde kolayca dağılabilmekte, ince-orta tane boyutları içermekte, sertlikleri çok değişken olmasına rağmen genel olarak 4-6,5 Mohs arasında (nadiren 1-2 Mohs) olmaktadır. Numunelere % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde kalsit, dolomit gibi karbonat grubu mineraller içermeyenler herhangi bir reaksiyon göstermemiştir. Numuneler içindeki kristaller genelde fenokristal şeklindedir. Numunelerin genelinde rastlanan mineral ve kristaller plajiyoklaz, kuvars, sanidin, mika (biotit), amfibol, opal ve plajiyoklaz mikrolitleridir. Numunelerin matriks kısmı genelde porfirik özellikte olup matriks camsallığı genellikle kil-zeolit-klorit türü ikincil dönüşümlere uğramıştır.

Kayaçlarda yapılan kimyasal, petrografik ve mineralojik analizlere göre tüm kayaçlarda SiO₂ en yüksek oranlı major oksittir ve oranı %66'dan fazladır. Bu oranı genel olarak malzeme yapısındaki opal, kuvars, albit, illit, smektit grubu veya silis içeren diğer bazı minerallerinde sağlayabileceği düşünülmektedir. Tüm kayaçlarda yüksek oranlı ikinci majör oksit olan Al₂O₃'ün illit ve smektit grubu kil mineralleri veya amorf mineraller kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir. Oran olarak genelde az olan diğer majör oksitlerin ise amorf mineraller, smektit grubu, kalsit veya dolomit kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kristobalit (crystalite), az kuvars (quartz low), yüksek kuvars (quartz high) türünden minerallerin malzemede bulunması malzemenin farklı sıcaklıklarda oluştuğunun kanıtı olabilir.

Kayaçlarda illit miktarı %3-15 arasındadır. Illitin su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak şişmesiyle vermikülit veya montmorillonite dönüşümü gerçekleşebilir. Bu dönüşüm sonucunda malzemede kavlanma, yapraklanma ve/ya aşınma gibi sorunlar meydana gelebilir.

Kayaçlarda smektit grubu mineral oranları %5-10 arasında değişmektedir. Bu mineraller su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak şişebilir. Bazı numunelerde tespit edilen montmorillonit (bentonit) türü killer özellikle sodyumla doyurulduğunda kalınlığı 16 katına kadar artabilen özelliktedir. Çiçeklenme hasarı görülen kısımlarda montmorillonit mineralinin bulunması kavlanma, yapraklanma hatta parça kopması ihtimalini arttırabilir. Bu tür minerallerin bulunduğu kayaçlarda kavlanma, yapraklanma ve/ya aşınma gibi sorunlar olma ihtimali vardır. Numunelerin porfirik yapıda olması malzemede oyuklanma, yapraklanma ve aşınma türü hasarların meydana gelmesine neden olabilir.

Kayaç içinde bulunan galyum, çinko, bakır ve molibden gibi iz elementlerin mantarların dolayısıyla likenlerin gelişimi üzerindeki etkisi bilinmekle birlikte [106, 107], bir varsayım yapabilmek için likenlerin ve mantarların türlerinin detaylı bilinmesi gerekmektedir.

Bu bilgilere göre elde edilen genel sonuçlar şu şekildedir:

- İncelenen yapılarda bütün hasar türlerinden görülse de kavlanma, biyolojik hasar, çatlak, aşınma, kabuk oluşumu, renk değişimi, çiçeklenme, parça kopması, niteliksiz çelik ek ve hatalı onarım hasarı en sık görülen hasarlardandır.
- Kaya oyma yapılarda genel olarak yüzey sıcaklığının ortam sıcaklığından yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Kaya oyma yapılarda genel olarak yüzey nemi ortam bağıl neminden düşüktür. Yüzey neminin ortam bağıl neminden yüksek olmasına ise malzemedeki su tutucu özelliği olan smektit grubu minerallerin ve/veya kaya üzerindeki toprak tabakasının neden olduğu tahmin edilmektedir.
- Kaya mekânlarda yazın ölçülen ultrases geçiş hızı değerleri genel olarak kışın ölçülenlerden yüksek olduğu için kışın dolu olan malzeme gözeneklerinin yazın sıcaklık etkisiyle boşalmış olabileceği düşünülmektedir. Yazın ölçülen ultrases geçiş hızı kışa göre düşük çıkan alanlarda malzeme iç gözeneklerinin sıvı ile dolu olabileceği düşünülmektedir.
- Porozitesi, hacimce-kütlece su emme oranı ve kılcal su emme katsayısı yüksek olan malzemelerin nem tutma ve hasara açık olma durumunun yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir [123].
- Kuruma hızı düşük olan kayaçlarda malzemedeki suyun malzemeyi terk etmesi kuruma hızı yüksek kayaçlara göre daha yavaş olmaktadır.
- Kaya malzemenin renk türü genelde turuncumsu sarı veya sarımsı turuncu değeri açık veya çok açık, doymuşluk olarak da az doymuştur.
- Kaya oyma yapıların oluşturulduğu kayalar genelde zayıf veya çok zayıf türdedir. Aynı formasyonun aynı üyesinden alınan kayaçlarda tek eksenli basınç dayanımlarının çok farklı çıktığı ve basınç dayanımının üyeyi oluşturan tabakanın oluşum ve içeriğine göre değiştiği belirlenmiştir.
- Kaya oyma alanların yapıldığı alanlarda kayaçlar genelde camsı matriksin yoğun olduğu asidik karakterli riyolitik tüf özelliğinde ve volkanik kökenlidir. Kayaçlar genel olarak elde kolayca dağılabilmekte, ince-orta tane boyutları içermekte,

sertlikleri 4-6,5 Mohs arasında değişmektedir ve genellikle karbonat grubu mineraller içermedikleri için % 10'luk HCl asidi ile muamele edildiğinde herhangi bir reaksiyon gözlenmemiştir. Numunelerin genelinde rastlanan mineral ve kristaller plajiyoklaz, kuvars, sanidin, mika (biotit), amfibol, opal ve plajiyoklaz mikrolitleridir. Numunelerin matriksi genelde porfirik özelliktedir ve ikincil dönüşümlere uğramıştır.

- Kayaçlarda en yüksek oranlı majör oksit oranı %66'dan fazla olan SiO_2 ve yüksek oranlı ikinci majör oksitin ise Al_2O_3 olduğu saptanmıştır. SiO_2 oranının Al_2O_3 'den yüksek olması kayacı koruyan oksidasyon kabuğunun oluşması için önemli bir etkidir [73]. Bulunan oksit, mineral, kristal oranları daha önce yapılan oranları çalışmalarla [52, 72, 123] da örtüşmektedir.
- Farklı kuvars türlerinin malzemenin farklı sıcaklıklarda oluştuğunu gösterdiği düşünülmektedir.
- Kayaçtaki illitin, vermikülit veya montmorillonite dönüşümü sonucunda malzemedeki kavlanma, yapraklanma ve/ya aşınma gibi sorunlar meydana gelebilir. Smektit grubu mineraller su emerek veya ortamdaki katyon ile doyurularak şişebilir. Montmorillonit (bentonit) türü killer sodyumla doyurulduğunda kalınlığı 16 katına kadar artabildiği için çiçeklenme hasarı görülen kısımlarda bu mineralinin bulunması kavlanma, yapraklanma hatta parça kopması ihtimalini arttırabilir. Bu tür minerallerin bulunduğu kayaçlarda kavlanma, yapraklanma ve/veya aşınma gibi sorunlar olma ihtimali yüksektir.
- Porfirik yapıdaki malzemelerde oyuklanma, yapraklanma ve aşınma türü hasarların meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu düşünülmektedir.
- İz elementlerin özellikle biyolojik hasar oluşturan etkenler üzerinde etkisinin bilinmesi için detaylı araştırmalar yapılması gerekmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre kaya oyma yapılarının sorunlarını çözmek adına oluşturulan öneriler şunlardır:

- Kaya oyma yapılarının korunmasında uygun malzeme ve tekniğin seçilmesi için detaylı araştırma yapmak çok önemlidir. Yanlış koruma uygulamaları yapıların tarihi değerinin kaybolmasına neden olabilir. Yapıyı korumanın yanında yapının

orijinalliğini de korumak çok önemlidir. Bu nedenle Kaya oyma yapılarda sorunlar belirlenirken taşlarda oluşan hasarlar dikkate alınarak hasar analizi yapılmalı, bu analizde hasarları betimlemek adına genel geçer ortak bir hasar dili kullanılmalıdır.

- Yapıdan alınan numuneler ile kayacın fiziksel, mekanik, mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri tayin edilmeli elde edilen sonuçlar daha önce yapılmış çalışmalar da dikkate alınarak yorumlanmalıdır.
- Kavlanma, aşınma ve renk değişimi türünden hasarları en aza indirmek için hasarlarının olduğu kısımlarda nem oranının değişip değişmediği uygun yöntemlerle kontrol edilmeli ve kayacın mineralojik, petrografik, kimyasal özellikleri incelenerek yapısında su veya katyon emici minerallerin olup olmadığına bakılmalıdır. Bu hasarlara neden olan nem bazen kaya üzerindeki topraktan veya su tutucu herhangi bir malzemeden de (ahşap gibi) kaynaklanabilir.
- Kavlanma, aşınma ve renk değişimi türünden hasarların olduğu kısımlar yapı dışında ise oksidasyon kabuğunun oluşması için müdahale edilmemesi gerekmekte veya yapıya en az zarar verecek türden likenli bir yüzeyin oluşması sağlanmalıdır. Bazı çalışmalarda [124, 125] kaya oyma yapıya nüfuz eden suyu engellemek için kaya yüzeylerine kimyevi su itici madde uygulanmış bu maddelerin uygulandığı alanlarda beş yıl sonra yapılan incelemelerde madde uygulanmayan alanlara göre bir fark elde edilememiştir. Bazı tür su iticiler çatlamalara da neden olmuştur [125].
- Kavlanma, aşınma ve renk değişimi türünden hasarlar yapı içinde ise hasarlara neden olan nemin kaynağı (zemin ya da tavan toprağı gibi) tespit edilmelidir. Ayrıca neme neden olan suyu yapıdan uzak tutmak için yapının orijinalliğı bozulmadan su arkaları oluşturulabilir veya doğal malzemelerle koruma amaçlı yalıtım yapılabilir.
- Kaya oyma yapılarda biyolojik hasara neden olan kara yosunu ve likenlerin kaya yüzeyinden temizlenmemesinin kaya için daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Likenler yüzeyde kavlanma ve aşınma türünden hasarları engellemeye yardımcı

olurken bölgede yapılan ölçümlerde 300 yıllık likenlerin sadece 1 cm kalınlık oluşturduğu görülmüştür [124]. Kayaç içindeki iz elementlerin liken gelişimi üzerindeki etkisi bilinmemektedir, fakat kayaçlardaki hangi iz elementlerin likenler için yararlı olduğunun belirlenmesi detaylı yeni bir araştırma konusudur.

- Kabuk oluşumu hasarı nem/su, atmosferik etkiler ve çevre kirliliği kaynaklı geliştiği için bu hasarı engellemek adına kayacın yapısında su veya katyon emici minerallerin olup olmadığına bakılmalı ve nemi sağlayan kaynak tespit edilmelidir. Yapıya nüfuz eden egzoz gazları, fosil yakıt dumanları engellenmeli özellikle bu tür yapıların olduğu alanlarda çevre kirliliği en aza indirilmeye çalışılmalıdır.
- Çiçeklenme, nem/su ve tuz ile meydana gelen bir hasar olduğu için bu hasarı engellemek amacıyla öncelikle kayacın yapısında su veya katyon emici minerallerin olup olmadığına bakılmalı ve nemi sağlayan kaynak tespit edilmelidir. Çiçeklenme nedenlerinden olan tuzlar; motorlu araçların egzoz gazlarından gelen nitrat tuzları, vejetasyondan gelen fosfat tuzu, çimento veya alçıdan gelen sülfat tuzu şeklinde yapıya etkidiği için [126, 127] bu tuz kaynakları olabildiğince yapıdan uzaklaştırılmalıdır.
- Kaya oyma yapılarıdaki çatlaklar kaya düşmeleri ve blok devrilmeleri açısından çok önemli hasarlardır ve çatlak etrafındaki her tür hasar çatlağı olumsuz olarak etkiler. Öncelikle çatlak etrafında başka türden hasar olup olmadığına bakılmalı bu hasarların çatlak üzerinde etkisi olup olmadığı araştırılmalıdır. Çatlak nedeninin içsel özellikler, zeminde oluşan değişimler veya doğal afetler olup olmadığı gerekirse endoskopik incelemeler de yapılarak tespit edilmelidir. Çatlak nedeni belirlendikten sonra çatlağın durumu hareket ölçerlerle (çatlak metrelerle) izlenmeli ve hareket edip etmediği belirlenmelidir. Çatlak hareket ediyorsa öncelikle hareketi durdurma yollarına bakılmalıdır. Geçici olarak alttan destekleyici ekler kullanılabilir. Çatlakların çökmeye ya da parça kopmasına neden olmaması için ek yapılması gerekirse bu ekler kaya ile uyumlu malzemelerden örneğin taştan yapılmalıdır. Çelik gibi nem nedeniyle korozyona uğrayabilen ve ısıl genleşme katsayısı kaya ile aynı olmayan [128] malzemelerin kaya oyma yapıda kullanılması önerilmemektedir. Daha önceki çalışmalarda da

[12, 128] çeliğin kaya oyma yapıda kullanılmaması önerilmiştir. Bunun dışında çatlaklarda çelik ile bulonlama veya dikiş (saplama) olarak isimlendirilen çeliğin çatlak boyunca saplanması şeklinde uygulamalar kaya yapısı bu uygulamalar için yeterince sert olmadığından ve malzeme uyumsuzluğu oluşacağından önerilmemektedir [12]. Çatlaklara su girip şişerek çatlağı patlatma veya çatlak içinde başka hasarların oluşma riski varsa çatlak uygun bir harç/dolgu malzemesi ile doldurulmalı, bu işlem yapılmadan ve yapıldıktan sonra endoskopik veya ses hızı ölçümü yöntemleriyle çatlakların dolup dolmadığı kontrol edilmelidir.

- Parça kopması hasarı genelde başka hasar kaynaklı oluşan bir hasardır ve genellikle çatlak olan kısımlarda gerçekleşmektedir. Nadir olarak çatlak olmayan alanlarda da kavlanma ve aşınma neticesinde gözlenmektedir. Bu hasarı en aza indirmek için parçalar hareket ölçer ile izlenmeli, gerekirse parça kontrollü olarak düşürülmelidir. Kontrollü düşürme çözümü en son uygulanması gereken yöntemdir. Bu yöntem dışında yapı bütünlüğü bozulmayacaksa destek yapılabilir. Bu hasara neden olan etkenler en aza indirilerek hasar etkileri de azaltılmaya çalışılabilir fakat genel olarak geri döndürülmesi zor bir hasardır.
- Niteliksiz çelik ekler ve hatalı onarım hasarları ise insan eliyle yapılan ve alanında uzman kişilerin görüşü alınarak yapıldığında en aza indirilebilecek hasarlardır. Çeliğin kaya içindeki nem nedeniyle korozyona uğraması ve kaya ile genişleme katsayısının aynı olmaması nedeniyle kaya için uygun bir ek değildir. Çimento veya alçı ile yapılan enjeksiyon, kaplama, parça tamamlama gibi uygulamaların kayada tuz oluşturduğu göz önünde bulundurularak çimento ve alçının kaya oyma yapılarında kullanılması önerilmemektedir. Yapılan her onarımın geri döndürülebilir olmasına özen gösterilmelidir.
- Kaya oyma yapılarda hasarlar incelenirken veya kaya oyma yapı tasarlanırken kayacın fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanında mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri de bilinmeli, özellikle illit ve smektit grubu kil içeren kayaçlarda nem tutma durumu oluşabileceği unutulmamalıdır. Depo yapıları oluşturulurken yapı içinde nem istendiği için özellikle illit ve smektit grubu

mineralce zengin kayalar seçilmeli gerekirse kayacın üzerine toprak serilmelidir.

- Mekânlarda ziyaretçi sayısının kısıtlanması, neme bağlı hasar azaltılmasında yararlı olur.
- Mevcut kaya oyma yapıların korunması ve yeni kaya oyma yapıların hem insan hem de çevreyi koruma adına en az sorunla oluşturulması için mimarların, mühendislerin, jeologların ve sanat tarihçilerinin olduğu bir ekip ile bu yapılar için yönetmelik oluşturulmalıdır. Tarihi değerin gelecek kuşaklara aktarılması, kültürel sürekliliğin sağlanması ve insanlar için tarih ile birlikte yeni yaşam olanakları sağlayan sürdürülebilir mekânların oluşturulması için kaya oyma yapı yönetmeliğinin oluşturulması kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

- [1] Ching, F.D.K., Jarzombek ve M.M., Prakash, V., (2011). A Global History of Architecture, Second Edition, Wiley & Sons., New York.
- [2] Kivılcım, F., (2011). A Research on the Conservation of the Spirit of Place (Genius Loci) Case study: Mustafapasa (Sinassos) in Cappadocia, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), University of Rome, Roma.
- [3] Lucas, P., (1712). Voyage de Sieur Paul Lucas fait par ordre du Roy dans la Grece, L'Asie Mineure, La Macedoine et L'Afrique, Tome I: Contenant la description de la Natolie, de la Caramanie, & de la Macedoine, Cilt 1,1. Baskı, Chez Nicolas Simart, Paris.
- [4] Hamilton, W.J., (1837). Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia with Some Account of Their Antiquities and Geology, Cilt I-II, 1. Baskı, John Murray, London.
- [5] Texier, C. ve Pullan, R. P., (1994). Byzantine Architecture; Illustrated by Examples of Edifices Erected in the East During the Earliest Ages of Christianity, 1. Baskı, Day & Son, London.
- [6] De Jerpanion, G., (1942). Les Eglises Rupestres de Cappadoce: Une nouvelle province de l'art byzantin. Texte, Tome Premier et Tome Deuxieme: Planches, Premier Album, Deuxieme Album, Troisieme Album, 1. Baskı, Librairie Orientaliste Paul Geuthner, Paris.
- [7] Restle, M., (1967). Byzantine Wall Painting in Asia Minor, translated by Irene R. Gibbons, Irish University Press, Ireland.
- [8] Giovannini, L., (1971). The Rock Settlements: Arts Of Cappadocia, Nagel Publishers, Geneva.
- [9] Thierry, N., (1982). "La Cappadoce Depuis L'Antiquite" Histoire et Archeologie, 63: 14-19.
- [10] Thierry, M., (1982). "Les Paysages Iréels d'une Terre Mystique." Histoire et Archeologie, 63: 8-13.
- [11] Olcay, B. Y., (1990). Kapadokya Bölgesindeki Serbest Haç Planlı Kaya Kiliselerinin Mimari İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- [12] Ulusay, R., Gokceoglu, C., Topal, T., Sonmez, H. Tuncay, E. Erguler, Z.A. ve Kasmer Ö., (2006). "Assessment of Environmental and Engineering Geological Problems for the Possible Re-Use of an Abandoned Rock-Hewn Settlement in Urgup (Cappadocia), Turkey", *Environmental Geology*, 50: 473–494.
- [13] Küçükkılıç, H., (2002). Kültür Varlıklarının Onarımlarında Kullanılan Hidrolik Kireç Harçlarının Özellikleri ve Kapadokya Kaya Oyma Kiliselerinin Konsolidasyonunda Hidrolik Kireç Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] Bilgili, B., (2014). Kapadokya Kayalık Alanları ve Kaya Oyma Kiliselerinde Koruma Sorunları, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] ICCROM, (1985). Göreme, Structural Consolidation, ICCROM Mission, 8-14 September 1985, 8, Roma.
- [16] UNESCO, (1988). Structural Conservation of Göreme: Project Findings and Recommendations, 79/012, Paris.
- [17] UNESCO, (1983). International Campaign to Safeguard the Historic Quarters and Monuments of Istanbul and the Site of Göreme, Ankara.
- [18] Ulusoy Binan, D., (1994). Güzelyurt Örneğinde, Kapadokya Bölgesi Yığma Taş Konut Mimarisinin Korunması İçin Bir Yöntem Araştırması, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [19] Bixio, R., (1995). La Cultura Rupestre Nell'Area Mediterranea. In Erga Edizioni (Ed.), *Le Citta Sotterranee Della Cappadocia (The Underground Towns Of Cappadocia)*, Genova, Italy, 19-29.
- [20] Kapadokya'nın Tarihi, http://www.nevsehir.bel.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=3:kapadokya-n-n-tarihi&catid=12:kapadokya&Itemid=117, 29 Aralık 2014.
- [21] Anadolu Uygarlıkları, <http://www.anadoluuygarliklari.com/>, 29 Aralık 2014.
- [22] Kapadokya'da Hristiyanlığın Doğuşu, <http://www.kultur.gov.tr/EN,33902/the-birth-of-christianity-in-cappadocia.html>, 29 Aralık 2014.
- [23] Fourth Century Oratory and Epistolography, as represented by the Cappadocian Fathers, <http://people.ucalgary.ca/~vandersp/Courses/texts/cappadoc/cappadoc.html>, 29 Aralık 2014.
- [24] Pontifical Administration of the Patriarchal Basilica of St. Paul, (2002). *The Popes: Twenty Centuries of History*, Libreria Editrice Vaticana, Vatikan.
- [25] 1.2.3.ve 4. Haçlı seferleri, <http://hacliseferleri.blogcu.com/1-2-3-ve-4-hacliseferleri/2665691>, 29 Aralık 2014.
- [26] Göreme Ulusal Parkı ve Kapadokya Kayalık Alanları Haritaları http://whc.unesco.org/en/list/357/multiple=1&unique_number=410, 05 Ocak 2015.
- [27] Doğal Çevre, http://www.nevsehir.bel.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=119, 05 Ocak 2015.

- [28] Resmi İstatistikler (İllerimize Ait İstatistiki Veriler), <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=NEVSEHIR#sfB>, 05 Ocak 2015.
- [29] Nevşehir İli Tarımsal Yatırım Rehberi, https://www.tarim.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/nevsehir.pdf, 05 Ocak 2015.
- [30] Jeolojik Devirler, <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/jeolojik/Fanerozoik/Senozoik/Kuaterner/index.htm>, 05 Ocak 2015.
- [31] Ayhan, A., (2004). Geological and Morphological Investigations of the Underground Cities Of Cappadocia Using GIS, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [32] Stratigrafi Sınıflama Ve Adlama Kuralları, http://www.mta.gov.tr/v2.0/birimler/stratigrafi/yayinlar/Stratigrafi_adlama_kurallari.pdf, 05 Ocak 2015.
- [33] Sayın, M. N., (1998). Fairy Chimney Development in Cappadocian Ignimbrites (Central Anatolia, Turkey), Doktora Tezi (yayınlanmamış), ODTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [34] Schumacher, R. ve Mues-Schumacher, U., (1996). "The Kızılıkaya Ignimbrite – an Unusual Low Aspect Ratio Ignimbrite from Cappadocia, Central Turkey", Journal of Volcanology and Geothermal Research, (70): 107-121.
- [35] Le Pennec, J.L., Temel, A., Froger, J.L., Şen, S., Gourgaud, A. ve Boudier, J.L., (2005). "Stratigraphy and Age of the Cappadocia Ignimbrites, Turkey: Reconciling Field Constraints with Paleontologic, Radiochronologic, Geochemical and Paleomagnetic Data", Journal of Volcanology and Geothermal Research, (141): 45-64.
- [36] Pasquaré, G., (1968). "Geology of the Cenozoic Volcanic Area of Central Anatolia", Atti Accad. Naz. Lincei, (9): 53-204.
- [37] Toprak, V. ve Göncüoğlu, M.C., (1993a). " Tectonic Control on the Development of Neogene-Quaternary Central Anatolian Volcanic Province, Turkey", Geological Journal, (28): 357-369.
- [38] Toprak, V., ve Göncüoğlu, M.C., (1993b). "Keçiboyduran-Melendiz Fayı ve Bölgesel Anlamı (Orta Anadolu)", Yer Bilimleri, 1(6): 55-65.
- [39] Yenilenmiş Diri Fay Haritaları, http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=yeni_diri_fay_haritalari-goruntule, 5 Ocak 2015.
- [40] İllerin Afetselliği, http://www.cografyabilgisi.com/?pnum=28&pt=%C4%B0lleri_mizin+Afet+Riski, 5 Ocak 2015.
- [41] Deprem Tarihçesi, <http://m.koeri.boun.edu.tr/dbs/deprem-tarihcesi.asp>, 5 Ocak 2015.
- [42] 10 Erençin, A., (1979). Kapadokya Yerel Konutlarında Turizme Yönelik Yenileme Çalışmalarına Bir Yaklaşım: Örnek: Avcılar Köyü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [43] Solmaz, F., (2013). Construction Techniques of Traditional Houses In Nevşehir; Case Study on Ürgüp, Mustafapaşa And İbrahimpaşa, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [44] Zhu, X., Liu, J., Yang, L. ve Hu R., (2014). “ Energy Performance of a New Yaodong Dwelling, in the Loess Plateau of China”, Energy and Buildings (70): 159–166.
- [45] Burri, E. ve Petitta M., (2005). “Runoff Drainage, Groundwater Exploitation and Irrigation with Underground Channels in Cappadocia: Meskendir Valley Case-Study”, Journal of Cultural Heritage (6):191–197.
- [46] 'Kapadokya'nın Gizli Hazinesi, <http://www.haberjournal.at/yasam/kapadokyanin-gizli-hazinesi-h1090.html>, 10 Ocak 2015.
- [47] Kapadokya, <http://natgeotv.com/tr/dunya-miraslari/galeriler/kapadokya#82636>, 10 Ocak 2015.
- [48] Cappadocia's Kaymakli Underground City Visitor Guide, <http://www.captivatingcappadocia.com/cappadocia-kaymakli-underground-city-visitor-guide/>, 10 Ocak 2015.
- [49] Goreme Open Air Museum, <http://turkey-trip.com/goreme-open-air-museum.php>, 10 Ocak 2015.
- [50] Özata, Ş., (2015). “ Ecological Approaches from Past to Present: Traditional Architecture of Cappadocia Region”, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, 7(4):294-298.
- [51] Göreme Tarihçesi, http://mebk12.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/50/01/702740/icerikler/goreme-tarihcesi_174626.html, 30 Ocak 2015.
- [52] GDE Proje Restorasyon İnşaat Ltd. Şti, (2009). Nevşehir İli, Göreme Beldesi, 3 Pafta 228 Parselde Bulunan Peribacasının Rölöve Restorasyon ve İnşaat Mühendisliği Projeleri Raporu, Nevşehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü Arşivi, Nevşehir.
- [53] Göreme, Turkey, <http://www.reddit.com>, 30 Ocak 2015.
- [54] Göreme Open-air Museum and Surroundings, <http://www.atamanhotel.com/map-museum.html>, 30 Ocak 2015.
- [55] Çelik, P.Ö., Karakaya, E. ve Yetim, G., (2013). Nevşehir Kültür Varlıklarını Nevşehir Göreme Açık Hava Müzesi Çarıklı, Pantakrator ve Meryem Ana Kiliseleri Restorasyon ve Statik Sağlama Projeleri Raporu, Nevşehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü Arşivi, Nevşehir.
- [56] Ortahisar, <http://www.ortahisar.bel.tr/ortahisar.php>, 30 Ocak 2015.
- [57] Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Göreme Tarihi Milli Parkı Haritası, <http://www.milliparklar.gov.tr/mp/goremeharitasi/harita.htm>, 4 Şubat 2015.
- [58] Dizayn-E Mimarlık (Evren Küçükdoğan), (2013). Ortahisar Kalesi Müdahale Paftaları, Dizayn-E Mimarlık Ofisi, Nevşehir.

- [59] Nihal Ergün Mimarlık, (2008). Nevşehir İli Ürgüp İlçesi Mazı Yeraltı Şehri Restitüsyon, Restorasyon Raporu, Nevşehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü Arşivi, Nevşehir.
- [60] Sterrett, J.R.S., (1919). “ The Cone-Dwellers of Asia Minor”, The National Geographic Magazine,(35- 4):281-331.
- [61] Nihal Ergün Mimarlık, (2008). Nevşehir İli Ürgüp İlçesi Mazı Yeraltı Şehri Rölöve Raporu, Nevşehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü Arşivi, Nevşehir.
- [62] Boyraz Z. ve Zeren, C., (2012). “Kavak Ve Ortahisar (Nevşehir) Kasabalarındaki Doğal Soğutmalı Yer Altı Depolarına Coğrafi Bir Bakış”, Journal Of World Of Turks, 4(1):23-40.
- [63] Güncel Türkçe Sözlük, <http://www.tdk.gov.tr>, 25 Şubat 2015.
- [64] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), (2013), İnşaat Teknolojisi-Taş Bozulmalarını Teşhis Etme, http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/programlar/insaat/tas_restorator-moduller/MODUL%204_TAS%20BOZULMALARINI%20TESHIS%20ETME.pdf, 15 Mayıs 2015.
- [65] Küçükkaya, A.G., (2004). “Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri”,1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [66] Yüzer, N. ve Ekşi Akbulut, D., (2014). “Tarihi Yapılarda Malzeme Özellikleri Basılmamış Ders Notları”, YTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [67] Honeyborne, D. B., (1990). Weathering and Decay of Masonry, Ashurst J. ve Dimes, F. G. (ed.), Conservation of Building and Decorative Stone, Baskı 1, Butterworth-Heinemann, London.
- [68] Stefanidou, M., (2014). “Materials and Techniques for the Restoration of Monuments Seminar-Protection of Building Materials Basılmamış Seminer Notları”, Aristotle University of Thessaloniki, Yunanistan.
- [69] Uğuryol, D., (2011). Yıldız Sarayı (Yıldız Teknik Üniversitesi) Bahçesindeki Çeşmeler: Belgeleme ve Koruma Önerileri, Kadir Has Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [70] Thomas , S., (2014). “Materials and Techniques for the Restoration of Monuments Seminar-Lichens and Archaeological Monuments Basılmamış Seminer Notları”, Aristotle University of Thessaloniki, Yunanistan.
- [71] Fragoulis, K., Pingiatoglou, S. ve Vasteli, K., (2014). “Materials and Techniques for the Restoration of Monuments Seminar- The Pathology Problems of the Archaeological Site of Dion Basılmamış Seminer Notları”, Aristotle University of Thessaloniki, Yunanistan.
- [72] Topal, T., (2013). Nevşehir Göreme Açık Hava Müzesi Pantakrator Kilisesi Restorasyon ve Statik Sağlamlılaştırmaya Esas Jeolojik İnceleme Raporu, Nevşehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü Arşivi, Nevşehir.

- [73] Kopar, İ., (2010). "Akdağ ve Topuz Dağı (Nevşehir) Civarındaki Peribacaları Gövdesinde Oluşan Oksidasyon Kabuğu ve Morfojenetik Önemi", *Türk Coğrafya Dergisi*, 54: 53-68 .
- [74] Rodley, L., (2010). "Cave Monastries of Byzantine Cappadocia", Reprint Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- [75] Oliveira, F.G.R., Candian, M., Lucchette, F.F., Salgon, J.L. ve Sales, A., (2005). "A Technical Note on the Relationship Between Ultrasonic Velocity and Moisture Content of Brazilian Hardwood (Goupia Glabra)", *Building and Environment*, 40: 297–300.
- [76] Aköz, F. ve Yüzer, N., (1995). "Investigation of Material Properties of Küçük Ayasofya Mosque -Sts. Sergius and Bacchus- of Istanbul", *International Conference on STREMAH 95*, 1: 163-170.
- [77] ASTM D2845, (2004). Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock, ASTM, Philadelphia.
- [78] Aköz, F., (2005). "Yığma Kâgir Yapılarda Hasar Tespiti", *Yığma Yapılarda Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı 2005*, 17 Şubat 2005, Ankara.
- [79] Özşen, G., Aköz, F., Yüzer, N., Özkahraman, M. ve Bayram, E., (1995). "Küçük Ayasofya Camii -Sergius Ve Bachus Kilisesi- Kubbesindeki Çatlak Nedenlerinin Araştırılması", *Türkiye İnşaat Mühendisliği 13. Teknik Kongresi*, 20 Aralık 1995, İstanbul.
- [80] TS EN 13791, (2010). Basınç Dayanımının Yapılar Ve Ön Dökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini", TSE, Ankara.
- [81] TS EN 1936, (2010). Doğal Taşlar - Deney Yöntemleri – Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam Ve Açık Gözeneklilik Tayini, TSE, Ankara.
- [82] Onaran, K., (1995). *Malzeme Bilimi*, 5. Basım, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- [83] TS 699, (2009). Doğal Yapı Taşları - İnceleme Ve Laboratuvar Deney Yöntemleri, TSE, Ankara.
- [84] TS EN 15801, (2010). Kültürel Varlıkların Korunması-Deney Metotları-Suyun Kılcal Emiliminin Tayini , TSE, Ankara.
- [85] Yüzer, N., Hazar Yoruç, A.B. ve Ulukaya, S., (2013). Orijinal ve Yeni Tuğla Analizleri ve Değerlendirme Raporu, Yayın No:1, İstanbul.
- [86] Borelli, E., (1999). *Conservation of Architectural Heritage, Historic Structures and Materials /Porosity*", ICCROM ARC Laboratory Handbook, First Edition, Vol.1, Rome.
- [87] TS EN 15886, (2011). Kültürel Varlıkların Korunması – Deney Metotları- Yüzeylerin Renk Ölçümü, TSE, Ankara.
- [88] ASTM D 1535-08, (2008). Standard Practice for Specifying Color by the Munsell System, ASTM, Philadelphia.
- [89] TS EN 1926, (2007). Doğal Taşlar- Deney Metotları- Basınç Dayanımı Tayini, TSE, Ankara.

- [90] Topal, T., (2000). “Nokta Yükleme Deneyi ile İlgili Uygulamada Karşılaşılan Problemler”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Cilt 23/24(1):73-86.
- [91] Çelik, M. ve Karakaya, N., (1998). Sistematik Mineraloji, 1. Baskı, Bizim Büro Basımevi, Konya.
- [92] İTÜ Jeoloji Araştırmaları Laboratuvarı, (2014). Mineralojik ve Petrografik İnceleme Raporu, Yayın No:1, İstanbul.
- [93] Vieil, M., Çavuşoğlu, İ., Celep, O., Alp, I. ve Yılmaz, A.O., Opal ve Genel Özellikleri, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/5a0ac0e2f48af1a_ek.pdf, 26 Ekim 2014.
- [94] Laçın, D., Mineraloji, <http://iujfk.files.wordpress.com/2013/03/mineraloji-petrografi-1-ders.ppt>, 13 Ekim 2014.
- [95] Senthil Kumar, R. ve Rajkumar, P., (2014). “Minor Morphological Features in Maria Archeological Ruins Using Thin Section Analysis”, Infrared Physics & Technology, 67: 30-41.
- [96] Mineraloji (II.Ders), <http://iujfk.files.wordpress.com/2011/06/mineraloji-ii.pdf>, 27 Ekim 2014.
- [97] Laçın, D., Mineraloji, <http://iujfk.files.wordpress.com/2013/03/mineraloji-petrografi-1-ders.ppt>, 13 Ekim 2014.
- [98] Kil Mineralleri, <http://ozkan.balikesir.edu.tr/ads/adsorpsiyon13.pps>, 26 Ekim 2014.
- [99] Silis Ne Demek <http://www.nedirnedemek.com/silis-nedir-silis-ne-demek>, 13 Ekim 2014.
- [100] Angström Nedir, Angström Ne Demek, <http://www.nedirnedemek.com/angstr%C3%B6m-nedir-angstr%C3%B6m-ne-demek>, 26 Ekim 2014.
- [101] Metamorfizma ve Metamorfik Kayaçlar, <http://www.jeolojitr.com/2012/02/metamorfizma-ve-metamorfik-kayaclar.html>, 26 Ekim 2014.
- [102] Mineral ve Kayaçlar, <http://ninova.itu.edu.tr/tr/dersler/insaat-fakultesi/770/ins-251/ekkaynaklar?g63529>, 26 Ekim 2014.
- [103] XRF Analiz Yöntemi ve Alaşım Analizi, <http://www.repamet.com/xrfalasim.htm>, 09 Ağustos 2014.
- [104] Lombillo, I., Thomas, C., Villegas, L., Fernández-Álvarez, J. ve Norambuena-Contreras, J., (2013). “Mechanical Characterization of Rubble Stone Masonry Walls Using Non and Minor Destructive Tests”, Construction and Building Materials, 43: 266–277.
- [105] Automating Loss-On-Ignition Measurements for Sediment Cores, <http://www.geology.wisc.edu/~davem/abstracts/98-11.html>, 26 Ekim 2014.
- [106] Function of Soil Minerals and Trace Elements in Soil, Plant, Animal, and Human Nutrition and Health, <http://www.soilminerals.com/information.htm>, 26 Ekim 2014.

- [107] Rawla, G.S., A Note on Trace Element for The Growth of Nigrospora Oryzae (B. and Br.) Petch, (2014). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1969.tb06493.x/pdf>, 26 Ekim 2014.
- [108] Yogeswari, L., Trace Element Nutrition of Fungi, (2014)., <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF03049958#page-1>, 26 Ekim 2014.
- [109] TS EN 12407, (2013). Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Petrografik inceleme, TSE, Ankara.
- [110] Stone & Slate Examination, <http://www.stats.co.uk/Petro%20Ref%20Manual/RSK%20STATS%20Guide%20to%20Petrographic%20Services.pdf,1> Kasım 2015.
- [111] Alves, H., Lima, I., Assis, J.T., Geraldés, M. Ve Lopes, R.T. (2014). "Comparison of Pore Space Features by Thin Sections and X-ray Microtomography", Applied Radiation and Isotopes, 94: 182-190.
- [112] Sedimanter Kayaçlar, <http://ninova.itu.edu.tr/tr/dersler/maden-fakultesi/1394/jeo-112/ekkaynaklar?g129795>, 27 Ekim 2014.
- [113] Mohs Sertlik Skalası, <http://www.degerlitaslar.gen.tr/mohs-sertlik-skalasi.html>, 13 Ekim 2014.
- [114] Kayaçlar, <http://gizemlisehir.blogcu.com/kayaclar/4303726>, 27 Ekim 2014.
- [115] What is Pumice, <http://geology.com/rocks/pumice.shtml>, 13 Ekim 2014.
- [116] Helvacı, C., Ersoy, Y., Magmatik Petrografi Laboratuvar Notları, <http://kisi.deu.edu.tr/yalcin.ersoy/petrografi%20lab.pdf>, 26 Ekim 2014.
- [117] Yerkabuğunun Malzemesi, <http://www.deu.edu.tr/DEUWeb/Icerik/Icerik.php?KOD=2183>, 26 Ekim 2014.
- [118] The Silica Group, http://www.quartzpage.de/gen_mod.html, 26 Ekim 2014.
- [119] Oolite, <http://www.sandatlas.org/oolite/>, 13 Ekim 2014.
- [120] İkişlenme, <http://www.nuveforum.net/1193-terimler-sozlugu-i-i/266223-ikişlenme/>, 26 Ekim 2014.
- [121] Hornblend Minerali Özellikleri, <https://www.nkfu.com/hornblend-minerali-ozellikleri/#prettyPhoto>, 26 Ekim 2014.
- [122] Yıldırım, M. ve Gökaşan, E., (2013). Mühendisler İçin Jeoloji Bilgileri, İkinci Baskı, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- [123] Korkanç, M., (2007) "İgnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı", Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 31(1):49-60.
- [124] Yılmaz, İ., Kale, S. Ve Çongar, B.(1995) "The Time Factor Accelerating Deterioration at the Göreme Historical Site", The Safeguard of the Rock-Hewn Churches of the Göreme Valley International Seminar, 5-10 Eylül 1993, Nevşehir.
- [125] De Witte, E., (1995). "Conservation of the Göreme Rock", The Safeguard of the Rock-Hewn Churches of the Göreme Valley International Seminar, 5-10 Eylül 1993, Nevşehir.

- [126] Uğuryol, M. ve Akgüner, C., (2011). "Kerpiç Toprağının Koruma Amaçlı karakterizasyonu: Kültepe Örneği ", Tarihi Yapıları Koruma ve Onarım Sempozyumu, 26-29 Ekim 2011, İstanbul, 463-474.
- [127] Caner-Saltık, E.N., Demirci, S.,Türkmenoğlu, A., Özgenoğlu, A., Göktürk, H., özer, A., Böle ve H., Inalpulat, E., (1995). "Examination of Surface Deterioration of Göreme Tuffs for the Purpose of Conservation", The Safeguard of the Rock-Hewn Churches of the Göreme Valley International Seminar, 5-10 Eylül 1993, Nevşehir.
- [128] Yorulmaz, M. ve Ahunbay, Z., (1995). " Structura Consolidation of El Nazar Church", The Safeguard of the Rock-Hewn Churches of the Göreme Valley International Seminar, 5-10 Eylül 1993, NevşehirRoth, J.P., (1966). "Diagnosis of Automata Failures: A Calculus and a Method", IBM Journal of Research and Development, 10:278-291.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Şerife ÖZATA
Doğum Tarihi ve Yeri	:02.06.1990-Nevşehir/Ürgüp
Yabancı Dili	:İngilizce , İspanyolca
E-posta	: sozata@yildiz.edu.tr, ozataserife@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi /Universidad de Alicante	2012
Lise	Sayısal	Nevşehir Anadolu Öğretmen Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013-Devam Ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma görevlisi
2013-Devam Ediyor	Ahi Evran Üniversitesi	Araştırma görevlisi

YAYINLARI

Makale

1. **Özata, Ş.** (2015). "Ecological Approaches from Past to Present: Traditional Architecture of Cappadocia Region", International Journal of Engineering and Technology, 7(4), 294-299.
2. **Özata, Ş.** ve Limoncu, S. (2014). "16. ve 20. yy. Arası İstanbul ve Yakın Çevresinde Meydana Gelen Deprem Sonrası Barınma Uygulamalarının İncelenmesi". Megaron Dergisi, 9(3):217-227

Bildiri

1. Güney, D., Kuruşcu, A. O. ve **Özata, Ş.** (2014). "İstanbul Toplu Taşıma Sisteminin Afet ve Acil Durumlara Hazırlık Seviyesi ", TRANSIST 2014 Proceedings (144-154), TRANSIST-Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu, İstanbul, Türkiye
2. **Özata, Ş.** ve Girgin, Z. C. (2014). "Innovation Technologies in Green Buildings and Certification", ICONARCH-II Proceedings (114-125), Innovation Architecture & Planning International Congress of Architecture "Innovative Approaches in Architecture and Planning, Konya, Türkiye
3. **Özata, Ş.** (2014). Socio-Cultural Sustainability Within The Context of Geological Effects: The Case of Cappadocia Vernacular Architecture, ACSEE2014 Proceedings (349-360)- The Fourth Asian Conference on Sustainability, Energy & the Environment 2014, Osaka, Japonya
4. **Özata, Ş.** (2014). "Kentsel Dönüşüm Mimarisinin Toplumsal Dinamikler Üzerine Etkisi: Mamak Örneği" UPAD 2014 Proceedings (921-932), 1. Uluslararası Kentsel Planlama-Mimarlık-Tasarım Kongresi, Kocaeli, Türkiye

Workshop/Seminer/Forum

1. 39th Session of the World Heritage Committee-UNESCO, Katılımcı Ülke (Türkiye) Komite Üyesi ve Genç Uzman (UNESCO ve Federal Foreign Office), Haziran 2015, Almanya.
2. World Heritage Young Expert Forum “Towards a Sustainable Management of World Heritage Sites”, Türkiye Temsilcisi (UNESCO ve Federal Foreign Office), Haziran 2015, Almanya.
3. ERASMUS Intensive Programme-Learning Sustainable Building Principles Semineri- (European Commission), Katılımcı, 2014, Çek Cumhuriyeti (A /5 ECTS).
4. Materials and Techniques for the Restoration of Monuments Semineri-MARE14, Katılımcı, 2014, Yunanistan (A /10 ECTS).