İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖREN YERİ SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve ÖZTÜRK

Mimarlık Anabilim Dalı

Restorasyon Programı

EKİM 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖREN YERİ SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve ÖZTÜRK
(502181209)

Mimarlık Anabilim Dalı

Restorasyon Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Işıl POLAT PEKMEZCİ

EKİM 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 502181209 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Merve ÖZTÜRK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖREN YERİ SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU" baslıklı tezini asağıda imzaları olan iüri önünde basarı ile sunmustur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Işıl POLAT PEKMEZCİ** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Umut ALMAÇ** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hayriye Nisa SEMİZ .....
Abdullah Gül Üniversitesi

Teslim Tarihi : 29 Eylül 2022
Savunma Tarihi : 28 Ekim 2022

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez konumun seçiminden başlayarak, tüm süreç boyunca desteğini esirgemeyen ve kaybolduğum anlarda bana yol gösteren tez danışmanım Doç. Dr. Işıl Polat Pekmezci'ye sonsuz teşekkür ederim.

Araştırmamın en başından beri bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan hocam Dr. Öğr. Üyesi Umut Almaç'a ilgisi için teşekkürlerimi sunarım. Alan çalışması esnasındaki yardımlarından dolayı Ayatekla (Meryemlik) Yüzey Araştırması ekibine ve değerli arkadaşlarım Esma Nur Aksu ve Yağmur Teynel'e çok teşekkür ederim.

Laboratuvarda gerçekleştirdiğim analiz çalışmaları boyunca üm sorularımı sabırla cevaplayan ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Ayşegül Ağan'a, Efecan Tirelioğlu'na ve Elif Tuba Alhan'a çok teşekkür ederim. İleri analiz çalışmalarının gerçekleştirilmesinde sağladıkları katkılardan dolayı İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, çalışmam boyunca ilgisini her zaman üzerimde hissettiğim değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Jülide Edirne'ye çok teşekkür ederim. Sıkıntılı zamanlarda yanımda olan arkadaşlarıma ne kadar teşekkür etsem azdır. Sadece tez sürecinde değil, tüm hayatım boyunca ilgi ve desteğini hissettiğim ailemin üzerimdeki emeği çok büyük. Koşulsuz sevgisiyle her an yanımda olan annem Şaziye Öztürk'e ise teşekkürlerin en büyüğünü borç bilirim.

Kasım 2022

Merve Öztürk
Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xxiii**
SUMMARY ..... **xxv**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Amaç 1
1.2 Yöntem 1
2. ANTİK ÇAĞ'DA SUYUN KULLANIMI VE SU YAPILARI **5**
2.1 Arkaik, Klasik ve Helenistik Dönem Su Yapıları 5
2.2 Roma Dönemi Sarnıç Yapıları 9
2.2.1 Duvar örgü teknikleri 11
2.2.2 Malzeme özellikleri 17
2.2.2.1 Harçlar 17
2.2.2.2 Sıvalar 23
2.3 Bizans Sarnıçları 24
2.3.1 Kapalı sarnıçlar 26
2.3.2 Açık sarnıçlar 28
3. MERYEMLİK'TEKİ SU YAPILARININ DUVAR YAPIM TEKNİKLERİ **33**
3.1 Kapalı Sarnıçlar 37
3.1.1 S1 sarnıcı 38
3.1.2 S4 sarnıcı 47
3.1.3 S5 sarnıcı 55
3.1.4 S6 sarnıcı 62
3.2 Açık Sarnıçlar 75
3.2.1 S2 sarnıcı 75
3.2.2 S3 sarnıcı 82
3.3 Duvar Yapım Tekniklerinin Değerlendirilmesi 88
4. MERYEMLİK'TEKİ SU YAPILARINDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN ÖZELLİKLERİ **93**
4.1 Örnek Alınan Noktalar 93
4.1.1 Kapalı sarnıçlar 94
4.1.1.1 S1 sarnıcı 94
4.1.1.2 S4 sarnıcı 97
4.1.1.3 S5 sarnıcı 100
4.1.1.4 S6 sarnıcı 103
4.1.2 Açık sarnıçlar 106
4.1.2.1 S2 sarnıcı 106

4.1.2.2 S3 sarnıcı 108
4.2 Deneysel Çalışmalar 109
4.2.1 Görsel analizler 110
4.2.2 Hammadde kompozisyonlarının belirlenmesi 119
4.2.2.1 Asit kaybı analizi 119
4.2.2.2 Kızdırma kaybı analizi 120
4.2.2.3 Bağlayıcı/agrega oranının belirlenmesi 121
4.2.2.4 Agrega boyut dağılımının belirlenmesi 124
4.2.2.5 Agregaların stereo-mikroskop altında incelenmesi 131
4.2.3 Petrografik ve minerolojik analizler 136
4.2.3.1 Petrografik analizler 137
4.2.3.2 X-Işınları difraksiyonu (kırınımı) analizleri (XRD) 142
4.2.3.3 Taramalı elektron mikroskobu ve SEM-EDX analizi 147
4.2.3.4 Termogravimetrik analizler (TGA-DSC) 156
4.2.4 Suda çözünebilir tuzların analizi 160
4.3 Malzeme Analiz Sonuçları 162
5. SARNIÇLARDA GÖRÜLEN HASARLAR VE KORUMA ÖNERİLERİ.. 175
5.1 Bozulma Nedenleri 176
5.1.1 Strüktürel bozulmalar 176
5.1.2 Malzeme bozulmaları 178
5.1.3 İnsan kaynaklı bozulmalar 182
5.2 Koruma Önerileri 183
5.2.1 Malzeme ve yüzey temizliği 183
5.2.2 Sağlamlaştırma 184
5.2.3 Bütünleme 184
5.2.4 Harç ve sıvaların onarımı 184
5.2.5 Bakım 186
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ 187
KAYNAKLAR 191
EKLER 197
ÖZGEÇMİŞ 229

KISALTMALAR

M.Ö.	**:** Milattan Önce
M.S.	**:** Milattan Sonra
SEM-EDX	**:** Taramalı Elektron Mikroskobu
TGA-DSC	**:** Termogravimetrik Analizler
TS EN	**:** Türk Standartları
XRD	**:** X-Işınları Difraksiyonu (Kırınımı) Analizleri
YY	**:** Yüzyıl

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Meryemlik'te çalışılan su yapılarından alınan harç örnekleri. **3**
Çizelge 1.2 : Meryemlik'te çalışılan su yapılarından alınan sıva örnekleri. **4**
Çizelge 3.1 : Su yapılarının duvar yapım tekniklerinin değerlendirilmesi. **90**
Çizelge 4.1 : Harçların görsel özelliklerinin değerlendirilmesi. **111**
Çizelge 4.2 : Sıvaların görsel özelliklerinin değerlendirilmesi. **113**
Çizelge 4.3 : Harçların asit kaybı ve kızdırma kaybı analizi sonucu..... **122**
Çizelge 4.4 : Sıvaların asit kaybı ve kızdırma kaybı analizi sonucu. **123**
Çizelge 4.5 : Harçların agrega boyut dağılım yüzdeleri. **125**
Çizelge 4.6 : Sıvaların agrega boyut dağılım yüzdeleri. **126**
Çizelge 4.7 : Harçlara ait agregaların stereo-mikroskop altındaki yüzdeleri **132**
Çizelge 4.8 : Sıvalara ait agregaların stereo-mikroskop altındaki yüzdeleri. **134**
Çizelge 4.9 : XRD analiz sonuçlarının değerlendirilmesi. **143**
Çizelge 4.10 : Agregaların % oksit cinsinden elemental kompozisyonu. **149**
Çizelge 4.11 : Hidrolik kireçlerin bağlayıcılık endeksine göre sınıflandırılması.... **150**
Çizelge 4.12 : Sıvalara ait bağlayıcıların % oksit cinsinden elemental kompozisyonu. **151**
Çizelge 4.13 : Harçlara ait bağlayıcıların % oksit cinsinden elemental kompozisyonu. **152**
Çizelge 4.14 : Bağlayıcılık endeksine göre bağlayıcısı güçlü hidrolik özellik gösteren iç sıva örneklerinin SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.10, Şekil B.11, Şekil B.12). **154**
Çizelge 4.15 : Bağlayıcısında kalsit tespit edilen örneklerin SEM görüntüleri ve EDX analizleri (Şekil B.6, Şekil B.7, Şekil B.8, Şekil B.9). **155**
Çizelge 4.16 : Örneklerin TGA analizi sonuçları. **157**
Çizelge 4.17 : Harçların suda çözünebilir tuz analizi sonuçları. **161**
Çizelge 4.18 : Sıvaların suda çözünebilir tuz analizi sonuçları. **162**
Çizelge 4.19 : Farklı çekirdek katmanlarına ait örgü harçlarının değerlendirilmesi. **165**
Çizelge 4.20 : Farklı dış cidar katmanlarına ait örgü harçlarının değerlendirilmesi. **166**
Çizelge 4.21 : Farklı iç cidar katmanlarına ait örgü harçlarının değerlendirilmesi.. **166**
Çizelge 4.22 : Aynı duvar katmanına ait olan örgü harçlarının değerlendirilmesi.. **167**
Çizelge 4.23 :S6 Sarnıcı'ndan alınan örgü ve derz harcının değerlendirilmesi. **168**
Çizelge 4.24 : Tek katmanlı sıvaların değerlendirilmesi. **168**
Çizelge 4.25 : İki katmanlı sıvaların değerlendirilmesi. **169**
Çizelge 4.26 : S4 Sarmıcı'nda yer alan üç katmanlı sıvaların değerlendirilmesi.... **170**
Çizelge 4.27 : S5 Sarmıcı'nda yer alan üç katmanlı sıvaların değerlendirilmesi.... **171**
Çizelge 4.28 : S1 Sarmıcı'nda yer alan dört katmanlı sıvaların değerlendirilmesi. **172**
Çizelge 4.29 : S2 Sarmıcı'nda yer alan sıvaların değerlendirilmesi. **173**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Mohenjo-Daro yerleşimindeki kuyuları gösteren çizim (Jansen, 1989). ... **6**
Şekil 2.2 : Minos yerleşimlerine ait Myrtos-Pyrgos (sol) ve Kato Zakros'ta (sağ) yer alan sarnıçlar (Mays, 2014, s. 40).. ..... **7**
Şekil 2.3 : Girit'teki Klasik Yunan Dönemi şehri Deros'da yer alan sarnıç (Mays, 2014, s. 41)..... **8**
Şekil 2.4 : Eupalinos Tüneli'nin güney girişine doğru bakan görüntüsü (Apostol, 2004, s. 38)..... **8**
Şekil 2.5 : İyonya, Efes Antik Kenti'nde terakota borular (Mays ve diğ, 2007)..... **9**
Şekil 2.6 : Roma Dönemi sarnıcı olan Piscina Mirabilis (Mays, 2014, s. 43)..... **10**
Şekil 2.7 : Terzigno, Campania'da kamalarla bölünmüş bir bloktaki kırılma çizgisi (Adam, 2005, s. 37). **12**
Şekil 2.8 : Euromos Roma Tapınağı'nın temellerinden bir bloğun üst yatağı (sol) ve blokları bir levye ile sıkıştırma ve kenetleme işlemi (sağ) (Adam, 2005, s. 93)..... **12**
Şekil 2.9 : Çift kırlangıç kuyruğu kelepçesi (sol), çift T kelepçesi (orta) ve Pi kelepçesi (sağ) (Adam, 2005, ss. 98-99)..... **13**
Şekil 2.10 : Alt kotlarda duvarcılık, işleme ve boyama için kullanılan iskele (Adam, 2005, s. 147)..... **13**
Şekil 2.11 : Serbest duran iskele (Adam, 2005, s. 148)..... **15**
Şekil 2.12 : Solda soketli iskele ve sağda konsol iskele gösterimi (Adam, 2005, s. 156)..... **15**
Şekil 2.13 : Antik Roma'da duvarcılık teknikleri (Souza, 2020). **16**
Şekil 2.14 : Roma tarzı emplekton (üst) ve Yunan tarzı emplekton (alt) (Vitruvius, 2021). **17**
Şekil 2.15 : Kum, kireç ve suyun bir çapa kullanılarak karıştırılması (Adam, 2005, s. 133). **21**
Şekil 2.16 : Yığma yapı üzerine uygulanan sıva katmanları (I-Mala ile pürüzlendirilmiş ilk sıva tabakası, II-Mala ile daha destekleyici bir yüzey oluşturmak için uygulanan daha ince ikinci sıva tabakası, III-En ince olan ve boya uygulanan üçüncü sıva tabakası) (Adam, 2005, s. 445). **24**
Şekil 2.17 : İlk sıva katmanında mala ile uygulanan tutunma izleri, Bourges (sol) ve mala ile yapılan balıksırtı kabartması, Pompeii (sağ) (Adam, 2005, s. 448). **25**
Şekil 2.18 : Bizans sarnıçlarının harita üzerindeki gösterimi (Yücel, 1967, s. 17). .. **25**
Şekil 2.19 : Şerefiye Sarnıcı duvar örgüsü (URL-1). **27**
Şekil 2.20 : Aetius Sarnıcı duvar örgü sistemi (Altuğ, 2013, s. 56). **29**
Şekil 2.21 : Aspar Sarnıcı duvar örgü sistemi (Altuğ, 2013, s. 56). **30**
Şekil 2.22 : Mokios Sarnıcı duvar örgü sistemi (Altuğ, 2013, s. 57). **31**
Şekil 2.23 : Fildamı Sarnıcı doğu duvarındaki örgü sistemi (Savaş, 2009, s. 60)…. **31**
Şekil 3.1 : Silifke kenti tarihi su yolları. **36**
Şekil 3.2 : Ayatekla (Meryemlik) arkeolojik sit alanında yer alan su yapıları. **37**

Şekil 3.3 : S1 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017). **38**
Şekil 3.4 : S1 Sarnıcı batı nefinin güneyden görünüşü… **39**
Şekil 3.5 : S1 Sarnıcı doğu cephesi..... **41**
Şekil 3.6 : S1 Sarnıcının doğu cephesinde toprak kotu altındaki duvar katmanları. . **41**
Şekil 3.7 : S1 Sarnıcı doğu iç duvarının kuzey bölümü..... **42**
Şekil 3.8 : S1 Sarnıcı doğu nefini örten kesme taş tonoz örtü. **42**
Şekil 3.9 : S1 Sarnıcı doğu cephesinde toprak kotu üzerindeki duvar katmanları. ... **43**
Şekil 3.10 : S1 Sarnıcı güney cephesi. **43**
Şekil 3.11 : S1 Sarnıcı güney iç duvarının doğu bölümü. **44**
Şekil 3.12 : S1 Sarnıcı güney iç duvar yüzeyindeki sıva katmanları. **44**
Şekil 3.13 : S1 Sarnıcı batı cephesi..... **45**
Şekil 3.14 : S1 Sarnıcı batı cephesindeki duvar katmanları. **45**
Şekil 3.15 : S1 Sarnıcı batı iç duvarındaki tuğla taş almaşık örgü. **46**
Şekil 3.16 : S1 Sarnıcı batı iç duvarı. **46**
Şekil 3.17 : S1 Sarnıcı kuzey cephesi. **47**
Şekil 3.18 : S1 Sarnıcı kuzey iç duvarının orta nefe bakan bölümü. **47**
Şekil 3.19 : S4 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017). **48**
Şekil 3.20 : S4 Sarnıcı kuzey duvarı. **49**
Şekil 3.21 : S4 Sarnıcı kuzey cephesi. **50**
Şekil 3.22 : S4 Sarnıcı kuzey cephesindeki duvar örgüsü katmanları. **50**
Şekil 3.23 : S4 Sarnıcı kuzey yönünden görünüşü. **50**
Şekil 3.24 : S4 Sarnıcı doğu cephesinde yer alan çekirdek katmanı. **51**
Şekil 3.25 : S4 Sarnıcı doğu iç duvarı. **51**
Şekil 3.26 : S4 Sarnıcı doğu cephesi..... **52**
Şekil 3.27 : S4 Sarnıcı doğu duvarı yüzeyinde yer alan sıva katmanları..... **52**
Şekil 3.28 : S4 Sarnıcı doğu cephesinin güney bölümünde devrilen duvar parçası. . **53**
Şekil 3.29 : S4 Sarnıcı güney iç duvar görünüşü.. ..... **53**
Şekil 3.30 : S4 Sarnıcı güney duvarı. **54**
Şekil 3.31 : S4 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü. **54**
Şekil 3.32 : S4 Sarnıcı batı duvarı boyunca devam eden moloz taş yığını. **55**
Şekil 3.33 : S5 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017). **56**
Şekil 3.34 : S5 Sarnıcı güneybatı yönünden görünüşü. **56**
Şekil 3.35 : S5 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü. **57**
Şekil 3.36 : S5 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü. **57**
Şekil 3.37 : S5 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü. **58**
Şekil 3.38 : S5 Sarnıcı doğu duvarı iç cidar ve çekirdek katmanı. **58**
Şekil 3.39 : S5 Sarnıcı doğu duvarı yüzeyindeki horasan sıva katmanları.. ..... **59**
Şekil 3.40 : S5 Sarnıcının yıkılmış olan güney duvarı. **59**
Şekil 3.41 : S5 Sarnıcı güney cephesi görünüşü. **60**
Şekil 3.42 : S5 Sarnıcı batı cephesinin güney bölümü. **60**
Şekil 3.43 : S5 Sarnıcı batı cephesinin kuzey bölümü. **61**
Şekil 3.44 : S5 Sarnıcı kuzey cephesi görünüşü. **62**
Şekil 3.45 : S5 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü. **62**
Şekil 3.46 : S6 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017). **63**
Şekil 3.47 : S6 Sarnıcı kuzeybatı yönünden görünüşü. **63**
Şekil 3.48 : S6 Sarnıcı doğu cephesinin yıkılmış olan orta bölümü.. ..... **64**
Şekil 3.49 : S6 Sarnıcı doğu cephesinin kuzey bölümü. **65**
Şekil 3.50 : S6 Sarnıcı doğu cephesinin duvar katmanları. **65**
Şekil 3.51 : S6 Sarnıcı doğu cephesinde dış cidar kaba yonu taş yüzeyindeki derzleme tekniği. **66**

Şekil 3.52 : S6 Sarnıcı doğu cephesinde yer alan payandalar. **66**
Şekil 3.53 : S6 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü..... **66**
Şekil 3.54 : S6 Sarnıcı doğu cephesinin iki cidarlı olan güney bölümü. **67**
Şekil 3.55 : S6 Sarnıcı doğu cephesinin iki cidarlı olan güney bölümünün görünüşü..... **68**
Şekil 3.56 : S6 Sarnıcı doğu cephesinin iki cidarlı olan güney bölümünün iç duvar görünüşü..... **68**
Şekil 3.57 : S6 Sarnıcı doğu cephesindeki boşaltılmış olan duvar bölümü. **69**
Şekil 3.58 : S6 Sarnıcı güneydoğu köşesindeki blok taşlar. **69**
Şekil 3.59 : S6 Sarnıcı güney cephesi duvar örgüsü..... **70**
Şekil 3.60 : S6 Sarnıcı güney cephesi görünüşü. **70**
Şekil 3.61 : S6 Sarnıcı batı cephesi duvar örgüsü. **71**
Şekil 3.62 : S6 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü..... **72**
Şekil 3.63 : S6 Sarnıcı batı duvarı çekirdek dolgusu yüzeyindeki harç izleri. **72**
Şekil 3.64 : S6 Sarnıcı batı cephesi dış cidarında yer alan blok taşlar. **73**
Şekil 3.65 : S6 Sarnıcı kuzey duvarına doğru iç mekandan görünüş. **73**
Şekil 3.66 : S6 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü. **74**
Şekil 3.67 : S6 Sarnıcı kuzey cephesi görünüşü. **74**
Şekil 3.68 : S3 (sol) ve S2 (sağ) açık sarnıçlarının drone görüntüsü (Altan, 2017). . **75**
Şekil 3.69 : S2 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017). **76**
Şekil 3.70 : S2 Sarnıcı güney iç duvar görünüşü. **77**
Şekil 3.71 : S2 Sarnıcı güney iç duvarında yer alan tuğla hatıl ve kaba yonu taş örgü yüzeyindeki horasan sıva. **77**
Şekil 3.72 : S2 Sarnıcı güney duvarında iki cidar arasında yer alan çekirdek dolgu. **78**
Şekil 3.73 : S2 Sarnıcı güney cephesi görünüşü. **78**
Şekil 3.74 : S2 Sarnıcı güney cephesinde blok taş örgü yüzeyindeki derz sıvası. **79**
Şekil 3.75 : S2 Sarnıcı güneybatı köşesinde yer alan farklı boyuttaki moloz taşlar.. **79**
Şekil 3.76 : S2 Sarnıcı güney ve batı duvarı boyunca devam eden tuğla hatıl. **80**
Şekil 3.77 : S2 Sarnıcı batı duvarında farklı kotlarda yer alan tuğla hatıl dizileri. ... **80**
Şekil 3.78 : S2 Sarnıcı batı cephesi. **81**
Şekil 3.79 : S2 Sarnıcı batı cephesi dış cidarındaki blok taş örgü yüzeyindeki derz sıvası. **81**
Şekil 3.80 : S2 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü. **82**
Şekil 3.81 : S2 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü..... **82**
Şekil 3.82 : S3 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017). **83**
Şekil 3.83 : S3 Sarnıcı güneybatı köşesinden görünüşü. **83**
Şekil 3.84 : S3 Sarnıcı güney duvarı dış cidarındaki kayaç.. ..... **84**
Şekil 3.85 : S3 Sarnıcı güney duvarı iç cidarındaki kaba yonu taş örgüsü. **84**
Şekil 3.86 : S3 Sarnıcı güney iç duvar görünüşü.. ..... **85**
Şekil 3.87 : S3 Sarnıcı batı duvarında yer alan basamaklar ve çekirdek dolgusunun bitiştiği ana kayaç. **85**
Şekil 3.88 : S3 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü. **86**
Şekil 3.89 : S3 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü. **86**
Şekil 3.90 : S3 Sarnıcı doğu duvarının kuzeyindeki duvar parçası. **87**
Şekil 3.91 : S3 Sarnıcı doğu duvarının güneyindeki duvar parçası. **87**
Şekil 4.1 : S1 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ve C1_M_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **94**

Şekil 4.2 : S1 Sarnıcı güney cephesi görünüşü ve C1_M_SW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **95**
Şekil 4.3 : S1 Sarnıcı doğu cephesi iç duvar görünüşü ve C1_P_EW01 ve C1_P_EW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **95**
Şekil 4.4 : S1 Sarnıcı güney cephesi iç duvar görünüşü ve C1_P_SW01 ve C1_P_SW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **96**
Şekil 4.5 : C1_P_SW02 nolu örneğin görünüşü (sol), C1_P_SW01 nolu örneğin görünüşü (sağ)..... **96**
Şekil 4.6 : S1 Sarnıcı güney cephesi iç duvar görünüşü ve C1_P_SW03 ve C1_P_SW04 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **97**
Şekil 4.7 : C1_P_SW04 nolu örneğin görünüşü (sol), C1_P_SW03 nolu örneğin görünüşü (sağ)..... **97**
Şekil 4.8 : S4 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ve C4_M_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç, 2015), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **98**
Şekil 4.9 : S4 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C4_P_EW03 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç, 2015), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **98**
Şekil 4.10 : S4 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C4_P_EW01 ve C4_P_EW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç, 2015), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **99**
Şekil 4.11 : S4 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü ve C4_M_NW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç, 2015), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **99**
Şekil 4.12 : S5 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ve C5_M_EW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **100**
Şekil 4.13 : S5 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C5_P_EW01, C5_P_EW02 ve C5_P_EW03 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **101**
Şekil 4.14 : S5 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C5_M_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **101**
Şekil 4.15 : S5 Sarnıcı kuzey cephesi görünüşü ve C5_M_NW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ,

2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **102**
Şekil 4.16 : S5 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C5_M_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü..... **102**
Şekil 4.17 : S6 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ve C6_M_EW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **103**
Şekil 4.18 : S6 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ve C6_M_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **104**
Şekil 4.19 : S6 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C6_P_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **104**
Şekil 4.20 : S6 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü ve C6_P_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **105**
Şekil 4.21 : S6 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C6_M_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt)..... **105**
Şekil 4.22 : S2 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C2_M_WW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **106**
Şekil 4.23 : S2 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C2_J_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **107**
Şekil 4.24 : S2 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C2_M_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **107**
Şekil 4.25 : S2 Sarnıcı güney cephesi görünüşü ve C2_P_SW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **108**
Şekil 4.26 : S3 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü ve C3_M_WW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **108**
Şekil 4.27 : S3 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü ve C3_M_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt). **109**
Şekil 4.28 : İçinde kuvars bulunan örgü harcı C1_M_EW01 (sol) ve tuğla kırığı bulunan örgü harcı C5_M_EW02 (sağ). **115**
Şekil 4.29 : Homojen görünümde olmayan tuğla duvar örgü harcı örneği C4_M_EW01 (sol) ve moloz taş örgü harcı C2_M_WW01 (sağ). **116**
Şekil 4.30 : Yoğun kum agrega ve taş kırıkları içeren kaba yonu taş duvar örgü harcı C5_M_EW01. ..... **116**

Şekil 4.31 : Büyük ve yoğun tuğla kırıklı iç sıva örneği C1_P_SW02 (sol) ve küçük ve seyrek tuğla kırıklı iç sıva örneği C1_P_SW04 (sağ). **116**
Şekil 4.32 : İyi dayanımlı iki katmanlı iç sıva örneği C4_P_EW01 (sol) ve çok zayıf dayanımlı iç sıva C4_P_EW03 (sağ). **117**
Şekil 4.33 : Çok iyi dayanımlı iç sıva örneklerinden seyrek tuğla kırıklı C2_P_SW01 (sol) ve yoğun tuğla kırıklı C1_P_EW01 ve C1_P_EW02 (sağ). **117**
Şekil 4.34 : Pembe renkli derz harçlarından yoğun tuğla kırıklı C5_M_NW01 (sol) ve seyrek tuğla kırıklı C3_M_WW01 (sağ)..... **118**
Şekil 4.35 : Çok zayıf dayanımlı derz sıvası C2_J_WW01..... **118**
Şekil 4.36 : En büyük agregaları 4 mm ile 2 mm arasında kalan harçların agrega boyut dağılım eğrileri..... **127**
Şekil 4.37 : En büyük agregaları 8 mm ile 4 mm arasında kalan harçların agrega boyut dağılım eğrileri..... **127**
Şekil 4.38 : Agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinde başlayan harçların boyut dağılım eğrileri. **128**
Şekil 4.39 : En büyük agregaları 4 mm ile 2 mm arasında kalan sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri..... **128**
Şekil 4.40 : En büyük agregaları 8 mm ile 4 mm arasında kalan sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri. **129**
Şekil 4.41 : Agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinden başlayan sıvaların boyut dağılım eğrileri. **129**
Şekil 4.42 : En büyük agregaları 4 mm ile 2 mm arasında kalan harç ve sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri. **130**
Şekil 4.43 : En büyük agregaları 8 mm ile 4 mm arasında kalan harç ve sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri. **130**
Şekil 4.44 : Agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinden başlayan harç ve sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri. **131**
Şekil 4.45 : Stereo-mikroskop altında C2_M_WW02 harç örneğinin 125µ görüntüsü ile içerdiği lif katkısı (sol) ve C2_M_WW02 sıva örneğinin 250µ görüntüsü ile içerdiği lif katkısı (sağ). **136**
Şekil 4.46 : Çekirdeği oluşturan moloz taş örgülerinden alınan örgü harcı örnekleri C6_M_WW01 (sol) ve C5_M_WW01'in (sağ) stereomikroskop görüntüleri..... **138**
Şekil 4.47 : Tuğla duvar örgülerinden alınan örgü harcı örnekleri C4_M_EW01 (sol) ve C1_M_SW01'in (sağ) stereomikroskop görüntüleri..... **138**
Şekil 4.48 : Blok taş duvar örgülerinden alınan örgü harcı örnekleri C4_M_NW01 (sol) ve C5_M_EW02'nin (sağ) stereomikroskop görüntüleri. **139**
Şekil 4.49 : Kaba yonu taş duvar örgülerinden alınan örgü harcı örnekleri C5_M_EW01 (sol) ve C3_M_WW01'in (sağ) stereomikroskop görüntüleri..... **139**
Şekil 4.50 : Derz harcı örneği C6_M_EW02'nin stereomikroskop görüntüsü..... **140**
Şekil 4.51 : Tek katmanlı iç sıva örnekleri C6_P_EW01 (sol) ve C2_P_SW01'in (sağ) stereomikroskop görüntüleri. **140**
Şekil 4.52 : İki katmanlı iç sıva örnekleri C1_P_EW02 (üstte) ve C1_P_EW01'in (altta) stereomikroskop görüntüleri..... **141**
Şekil 4.53 : Üç katmanlı iç sıva örneklerinin ilk iki katmanı solda C4_P_EW02 (üst) ve C4_P_EW01 (alt) ve sağda en üstteki katman C4_P_EW03'ün stereomikroskop görüntüleri. **141**
Şekil 4.54 : C6_P_EW01 örneğinin XRD grafiği (C:Kalsit, Q: Kuvars). **142**
Şekil 4.55 : C2_P_SW01 örneğinin XRD grafiği (C: Kalsit, Q: Kuvars). **145**

Şekil 4.56 : C6_M_WW01 örneğinin XRD grafiği (C: Kalsit, Q: Kuvars). **145**
Şekil 4.57 : C4_M_NW01 örneğinin XRD grafiği (C: Kalsit, G: Alçı)..... **146**
Şekil 4.58 : C5_M_EW02 örneğinin XRD grafiği (G: Alçı). **146**
Şekil 4.59 : C1_P_EW02 örneğinde kalsiyum, magnezyum ve yüksek oranda silisyum içeren agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.1)..... **148**
Şekil 4.60 : C5_M_WW01 örneğinde silisyum, magnezyum ve yüksek oranda kalsiyum içeren agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.2). **148**
Şekil 4.61 : C1_P_SW04 örneğinde kalsiyum, silisyum, magnezyum ve yüksek oranda demir içeren agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.3). **150**
Şekil 4.62 : Bağlayıcısında alçı ve kireç tespit edilen C4_M_NW01 örneğinin SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.4). **153**
Şekil 4.63 : Bağlayıcısında alçı ve kireç tespit edilen C5_M_EW02 örneğinin SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.5). **153**
Şekil 4.64 : C4_M_NW01 (sol) ve C5_M_EW02 (sağ) örneklerinin mikro ölçekli SEM görüntüleri (Şekil B.4, Şekil B.5). **154**
Şekil 4.65 : Sıvaların TGA grafiği..... **158**
Şekil 4.66 : Çekirdekten alınan örgü harçlarının TGA grafiği. **158**
Şekil 4.67 : Dış cidardan alınan örgü harçlarının TGA grafiği. **159**
Şekil 4.68 : İç cidardan alınan örgü harçlarının TGA grafiği..... **159**
Şekil 4.69 : Dış cidar blok taş örgülerinden alınan ve bağlayıcısında kireç olan C4_M_NW01 ve C5_M_EW02 örneklerinin DSC grafiği. **159**
Şekil 5.1 : S6 Sarnıcı batı duvarında görülen strüktürel çatlaklar. **176**
Şekil 5.2 : S4 Sarnıcı doğu duvarının özellikle alt kotlarında görülen malzeme ve kesit kayıpları. **177**
Şekil 5.3 : S1 Sarnıcı doğu duvarında zaman içinde kaybolan çekirdek katmanı... **177**
Şekil 5.4 : S5 Sarnıcı doğu duvarında dökülmüş olan sıva tabakasının ardındaki kaba yonu taş dizisinde görülen aşınma. **178**
Şekil 5.5 : S3 Sarnıcı duvar yüzeyinde ve iç mekanda görülen bitkilenme problemi. **179**
Şekil 5.6 : S6 Sarnıcı doğu cephesinde kaba yonu taş dizisindeki yüzey kirliliği... **179**
Şekil 5.7 : S6 Sarnıcı batı duvarında kaba yonu taş dizisindeki derz harçlarında boşalma. **180**
Şekil 5.8 : S4 Sarnıcı doğu duvarındaki sıva tabakasında görülen yüzey kirliliği. . **180**
Şekil 5.9 : S6 Sarnıcı batı duvarındaki sıva tabakasında görülen çatlaklar. **181**
Şekil 5.10 : S1 Sarnıcı güney duvarındaki sıva tabakalarında dökülme problemi. **181**
Şekil 5.11 : S5 Sarnıcı doğu duvarındaki sıva tabakalarının birbirinden ayrılması..... **182**
Şekil 5.12 : S6 Sarnıcı doğu duvarında vandalizm sonucu oluşan malzeme ve kesit kaybı..... **182**
Şekil A.1 : S1 Sarnıcı 01 nolu rölöve paftası. **200**
Şekil A.2 : S1 Sarnıcı 02 nolu rölöve paftası. **201**
Şekil A.3 : S1 Sarnıcı 03 nolu rölöve paftası. **202**
Şekil A.4 : S1 Sarnıcı 04 nolu rölöve paftası. **203**
Şekil A.5 : S1 Sarnıcı 05 nolu rölöve paftası. **204**
Şekil A.6 : S4 Sarnıcı 06 nolu rölöve paftası. **205**
Şekil A.7 : S4 Sarnıcı 07 nolu rölöve paftası. **206**
Şekil A.8 : S4 Sarnıcı 08 nolu rölöve paftası. **207**
Şekil A.9 : S5 Sarnıcı 09 nolu rölöve paftası. **208**
Şekil A.10 : S5 Sarnıcı 10 nolu rölöve paftası. **209**
Şekil A.11 : S6 Sarnıcı 11 nolu rölöve paftası. **210**

Şekil A.12 : S6 Sarnıcı 12 nolu rölöve paftası..... **211**
Şekil A.13 : S6 Sarnıcı 13 nolu rölöve paftası..... **212**
Şekil A.14 : S2 Sarnıcı 14 nolu rölöve paftası..... **213**
Şekil A.15 : S2 Sarnıcı 15 nolu rölöve paftası..... **214**
Şekil A.16 : S3 Sarnıcı 16 nolu rölöve paftası..... **215**
Şekil A.17 : S3 Sarnıcı 17 nolu rölöve paftası..... **216**
Şekil B.1 : C1_P_EW02 nolu örneğin agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi. **217**
Şekil B.2 : C5_M_WW01 nolu örneğin agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi... **218**
Şekil B.3 : C1_P_SW04 nolu örneğin agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi..... **219**
Şekil B.4 : C4_M_NW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **220**
Şekil B.5 : C5_M_EW02 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **221**
Şekil B.6 : C5_M_WW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **222**
Şekil B.7 : C1_P_SW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **223**
Şekil B.8 : C2_J_WW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **224**
Şekil B.9 : C6_M_WW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **225**
Şekil B.10 : C2_P_SW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **226**
Şekil B.11 : C1_P_SW02 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **227**
Şekil B.12 : C1_P_EW02 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi. **228**

AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖREN YERİ SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

ÖZET

Arkeolojik alanlarda yürütülen belgeleme ve yapı malzemesi karakterizasyonu çalışmaları, alandaki mimari kalıntıların koruma projelerinde uygun kararlar alabilmek adına önemlidir. Antik dönem yapılarında kullanılan harç kompozisyonu, yapının fonksiyonu ve konumuna göre farklılık gösterebilmekte ve dönemin teknolojisini yansıtan önemli veriler sunmaktadır. Su yapılarında suyun iyi muhafaza edilebilmesi, yapıda su geçirmez sıva kullanımı ile mümkün olmakta, bu da su yapılarında kullanılan malzemenin üretim ve teknolojisinin özelleşmesine sebep olmaktadır. Su yapılarında duvar örgü tekniklerinin belgelenmesi ve malzeme karakterizasyonu üzerine yapılan araştırmalar, gelecekte uygulanacak restorasyon çalışmaları için gereklidir.

Bu çalışmada Mersin/Silifke'de yer alan Ayatekla (Meryemlik) Ören Yeri'ndeki kapalı ve açık sarnıçların duvar örgü tekniklerinin belgelenmesi ve yapılarda kullanılmış olan harç ve sıvaların hammadde kompozisyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda yerinde inceleme ve belgeleme çalışmaları yapılmış, yapılardan farklı işlevlerde kullanılmış olan harç ve sıva örnekleri alınmıştır. Laboratuvarda uygulanan basit ve ileri analiz yöntemleri sonucunda örneklerin petrografik, minerolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda Meryemlik'teki sarnıçlarda kullanılmış olan duvar yapım teknikleri, malzeme kompozisyonu ve teknolojisine ilişkin veriler elde edilerek gelecekteki mimari koruma çalışmalarına yönelik koruma önerileri geliştirilmiştir.

Tez altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm tezin amacı ve yöntemini içermektedir.

İkinci bölüm, Antik Çağ'da suyun kullanımı ve su yapılarına ilişkin genel bilgiler içermektedir. Arkaik, Klasik, Helenistik dönem su yapıları incelenmiş ve antik dönemde su yapılarında görülen teknolojik gelişmeler üzerinde durulmuştur. Ardından Roma dönemi sarnıç yapılarında uygulanmış olan duvar örgü teknikleri ile harç ve sıvaların malzeme özellikleri incelenmiştir. Bizans sarnıç yapıları kapalı sarnıçlar ve açık sarnıçlar olmak üzere iki başlık altında incelenerek, literatürdeki bilgiler ışığında duvar yapım teknikleri ve kullanılan malzemelerin özellikleri belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde çalışma alanının tarihçesi kısaca anlatılarak, Meryemlik'in önemli bir hac merkezine dönüşme sürecine dair literatürdeki bilgilere yer verilmiştir. Bunun ardından ören yerinde bulunan arkeolojik kalıntılara dair genel bilgiler verilerek, tez çalışmasının ana konusu olan sarnıçlara dair incelemelere geçilmiştir. Bölgedeki kapalı ve açık sarnıçların duvar örgü teknikleri kapsamlı bir şekilde tanımlanmış, kullanılan taş ve tuğla malzemelerine yönelik detaylı bilgiler verilmiştir. Elde edilen veriler yerinde incelemeler esnasında çekilmiş olan fotoğraflar ve belgeleme çalışmalarıyla desteklenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda elde edilen veriler

doğrultusunda su yapılarında kullanılmış olan duvar yapım tekniklerine dair genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Dördüncü bölümde, su yapılarından alınmış olan harç ve sıva örnekleri belirtilmiş, örneklerin yapı üzerinde alındığı noktalar fotoğraflar ve plan çizimleri üzerinden gösterilmiştir. Bunun ardından, örneklerin malzeme karakterizasyonunun bütüncül bir şekilde tespit edilebilmesi için uygulanmış olan deneysel çalışmalara yer verilmiştir. Bu yöntemler uluslararası literatürün taranması ve yürütülmüş olan çeşitli bilimsel çalışmaların incelenmesi sonucunda seçilmiştir. Deneylere görsel analizler, hammadde kompozisyonlarının belirlenmesi, petrografik ve minerolojik analizler ve suda çözünebilir tuzların analizi başlıkları altında yer verilmiş, çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar çeşitli çizelge ve grafikler aracılığıyla paylaşılmıştır. Bunun ardından örneklerin hammadde kompozisyonlarının belirlenmesi için uygulanmış olan asit kaybı ve kızdırma kaybı analizleri gelmektedir. Deney yöntemleri açıklanarak, elde edilmesi istenen veriler formüllerle ifade edilmiş, asit kaybı ve kızdırma kaybı analizleri sonucu elde edilen bağlayıcı/agrega oranları gösterilmiştir. Agrega-boyut dağılımının belirlenmesi için uygulanmış olan elek analizi ve agrega yüzdelerinin belirlenmesi için stereo-mikroskop altında yürütülen gözlemler açıklanmıştır. Petrografik ve minerolojik analizler başlığı altında kalın kesitler üzerinden yürütülen petrografik analizlere yer verilmiş, örnekler elde edilen mikroskop görüntüleri üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. X-Işınları Kırınımı (XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDS) ve Termogravimetrik Analizler (TG-DTA) gibi ileri analiz yöntemleri uluslararası literatür aracılığıyla açıklanmış ve yapılan deney sonuçları çeşitli görseller, grafikler ve çizelgeler aracılığıyla paylaşılmıştır. Laboratuvarda yapılan tuz testleri sonucunda örneklerin içerdiği suda çözünebilir tuzların türleri ve miktarları tespit edilmiştir. Analiz çalışmaları sonucu elde edilen tüm veriler son bölümde karşılaştırmalı olarak incelenmiş, malzeme ve duvar yapım sistemi arasındaki ilişki bağlamında değerlendirilmiştir.

Beşinci bölüm Meryemlik'te çalışılan sarnıçlarda görülen bozulma nedenlerine değinmekte ve bu sorunlara yönelik koruma önerilerini içermektedir. Alan çalışmasında yapılan gözlemler sonucunda bozulma nedenleri tespit edilmiş ve yapıların karşılaştığı bozulma türleri strüktürel bozulmalar, malzeme bozulmaları ve insan kaynaklı bozulmalar başlıkları altında incelenmiştir. Yapılara yönelik koruma önerileri malzeme ve yüzey temizliği, sağlamlaştırma, bütünleme, harç ve sıvaların onarımı ve bakım şeklinde belirtilmiş, seçilen onarım yöntemleri için literatürde geçen uygulamalardan yararlanılmıştır.

Altıncı bölüm çalışmaya dair değerlendirme ve sonuçtan oluşmaktadır. Bu bölümde arkelojik alanlarda koruma çalışmalarının doğru uygulanabilmesi için yapıların yapım tekniği ve malzeme özelliklerinin iyi bir şekilde analiz edilmesi gerektiği yeniden vurgulanmıştır. Tez kapsamında Geç Antik dönemde önemli bir hac merkezi olan Meryemlik'teki sarnıçlar bu iki ana eksende değerlendirilmiş, bu amaçla alan çalışması esnasında yürütülen belgeleme çalışmalarının devamında çeşitli basit ve ileri analiz çalışmalarının gerçekleştirildiğinden bahsedilmiştir. Sarnıçlarda çeşitli bozulma türlerinin görüldüğünden ve bunlara yönelik farklı koruma önerilerinin geliştirildiğinden söz edilmiştir. Bununla birlikte bölgenin bütüncül bir şekilde korunabilmesi ve külürel mirasın daha iyi yönetilebilmesi için sit alanına yönelik öneriler sunulmuştur.

DOCUMENTATION OF WALL CONSTRUCTION TECHNIQUES OF THE CISTERNS AT AYATEKLA (MERYEMLIK) ARCHAEOLOGICAL SITE AND CHARACTERIZATION OF MORTARS AND PLASTERS USED IN THE CONSTRUCTIONS

SUMMARY

Documentation and building material characterization studies carried out in archaeological sites are important in order to make appropriate decisions in the conservation projects of architectural ruins in the area. The composition of mortar used in ancient buildings may differ according to the function and location of the structure and provides important data about the technology of the period. Impermeability in water structures is possible with the use of waterproof plaster which leads to the specialization of material production and technology in cisterns. Documentation of wall construction techniques in cisterns and research on material characterization are essential for future restoration works. It is also empahised by international organisations that in architectural restoration works, it is very important to preserve the technique and the materials of the original structure in order to protect the building and carry it to the future generations.

In this study, it was aimed to document the building construction techniques of open water reservoirs and closed water cisterns in Ayatekla (Meryemlik) Archaeological Site in Mersin/Silifke and to determine the raw material composition of the mortars and plasters used in the structures. In this context, in-situ research and documentation studies by traditional measurement methods and also numerical measurement techniques through total station were carried out, many photographes were taken from the structures from different views and samples of mortar and plaster which were used in different functions were taken from the constructions. By simple and advanced analysis methods applied in the laboratories, the petrographic, minerological, chemical and physical features of the samples were determined. The samples were evaluated by comparing to each other. As a result of the study, data on the construction techniques, material composition and technology used in the cisterns in Meryemlik were obtained and conservation suggestions were developed for future architectural conservation studies.

The thesis consists of six chapters. The first chapter contains the purpose and the method of the thesis.

The second chapter contains general information about the use of water and water structures in Ancient Age. Archaic, Classical, Hellenistic period water structures were examined and technological developments in water structures in the ancient period were emphasized. Then, wall construction techniques and material characterization of mortars and plasters applied in Roman period cistern structures were examined in detail. By examining the Byzantine cistern structures under two headings, closed and open cisterns, wall construction techniques and the characteristics of the materials used were stated in the light of the information in the literature.

In the third chapter, the history of the study area is briefly explained and the information in the literature about the process of turning Meryemlik into a very important pilgrimage center is given. After that, general information about the archaeological remains in the ruins and the examination of the cisterns which is the main subject of the thesis were given. The wall construction techniques of the closed and open cisterns in the region were described in detail and measurements were given for the stone and brick materials used. The data obtained were supported by photographs and documentation studies taken during on-site investigations. In light with the data obtained as a result of the examinations, a general evaluation was made about the wall construction techniques used in the cisterns.

In the fourth chapter, the mortar and plaster samples taken from each building were specified and the points taken on the structures were described through photographs and plan drawings. After that, test methods that have been applied in order to determine the material characterizasion of the samples taken from the cisterns in a holistic way are given. These methods were chosen after searching through international literature and examining various scientific studies that have been carried out. Experiments are grouped as visual analyzes, determination of raw material compositions, petrographic and minerological analyzes and analyzes of water-soluble salts and the results obtained after the tests were shared by using various charts and graphics. This is followed by the acid loss and ignition loss analyzes applied to determine the raw material compositions of the samples. Experiment methods were explained and they were supported by formulas and the binder/aggregate ratios obtained as a result of the tests were shown. The sieve analysis applied to determine the aggregate-size distribution and the observations carried out under the use of stereo-microscope to determine the aggregate percentages were explianed. Under the title of petrographic and mineralogical analyzes, petrographic analyzes carried out on thick sections were explained and the samples were evaluated comparatively by the microscope images obtained.

Advanced analysis methods such as X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM-EDS) and Thermogravimetric Analysis (TG-DTA) were explained through international literature and the results of the experiments are shared through various visuals, graphics and charts. X-Ray Diffraction (XRD) analysis allows the identification of binders and aggregate types in the mortar. Using Scanning Electron Microscope (SEM), the structure of a mortar can be analyzed in three dimensions at high magnifications and on fractured surfaces it is possible to directly visualize the structural components of the mortar. If SEM is equipped with an X-Ray detector (such as EDX), qualitative detection of chemical elements in the components of the sample is also possible. Thermal methods such as Differential Thermogravimetric Analysis such as TGA allow binders, aggregates and additives to be analyzed and identified. As a result of salt tests carried out in the laboratory, the types and amounts of water-soluble salts contained in the samples were determined. All the data obtained as a result of the analysis studies were examined comparatively in the last part of the fourth chapter and evaluated in the context of the relationship between the material and the wall construction system.

The fifth chapter consists the preservation problems of the cisterns studied in Meryemlik and includes conservation recommendations for the problems. Firstly, the causes of deterioration were examined and the types of deterioration encountered by the structures were examined under the headings of structural deterioration, material deterioration and human-induced deterioration. Censervation recommendations for the

cisterns were stated as material and surface cleaning, consolidation, integration, repair and maintenance of mortars and plasters and the applications in the literature were used for the selected repair methods.

The sixth chapter consists of the evaluation and conclusion of the study. In this section, it is emphasized again that the construction technique and material properties of the structures should be analyzed well in order for the conservation studies to be applied correctly in archaeological areas. Within the thesis, the cisterns in Meryemlik which was an important pilgrimage center in Late Antiquity were evaluated in these two main axes and it was mentioned that various simple and advanced analysis studies were carried out in the continuation of the documentation studies carried out during the fieldwork for this purpose. It was mentioned that various types of deterioration are observed in the cisterns and that different conservation recommendations are developed for them. In addition, there are also recommendations for the protected area in order to protect the region in a holistic way and to manage the cultural heritage better.

By this thesis, it is aimed that the study will shed light on future architectural conservation studies and help other studies at different archaeological sites dating to the similar period.

1. GİRİŞ

1.1 Amaç

Mimari koruma çalışmalarının doğru ve sürdürülebilir bir şekilde uygulanabilmesi, söz konusu yapıların tarihi ve kültürel değerinin incelenmesi ile birlikte malzeme, strüktür, yapım tekniği gibi konuların iyi analiz edilmesi ile mümkündür. Arkeolojik alanlar uzun süre bakımsız kalmaları sonucunda yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu sebeple tüm insanlığın ortak mirası olan bu alanların gelecekte de varlıklarını devam ettirebilmeleri için doğru koruma yöntemleri geliştirilmelidir.

Geç Antik dönem yerleşimlerinden biri olan Meryemlik'te pekçok yapı bölgeye gelen araştırmacılar tarafından 5. yy'a tarihlendirilmiştir. Erken hristiyanlık döneminde bölgedeki en önemli hac merkezlerinden biri olan Meryemlik, su yapıları açısından zengin bir yerleşimdir. Su yapılarında suyun iyi muhafaza edilebilmesi su geçirmez sıva üretimi ve bu malzemenin yapı üzerinde doğru kullanımı ile mümkün olmaktadır. Tez kapsamında Meryemlik'te bulunan açık ve kapalı sarnıçların duvar yapım tekniklerinin belgelenmesi ve sarnıçların farklı noktalarında kullanılmış olan harç (örgü harcı, derz harcı) ve sıvaların (iç sıva, derz sıvası) fiziksel, minerolojik-petrgorafik ve kimyasal karakterizasyonunun çeşitli deney yöntemleri ile tespit edilmesi amaçlanmıştır. Belgeleme ve malzeme karakterizasyonu üzerine yürütülen analiz çalışmaları sonuçları kapsamında çalışma alanı için koruma önerileri geliştirilmesi hedeflenmiştir.

1.2 Yöntem

Çalışma alanının belirlenmesinin ardından ören yerine dair kapsamlı literatür araştırması yapılarak bölgenin tarihsel süreci incelenmiştir. Araştırmaya yönelik elde edilen en eski kaynak Herzfeld ve Guyer tarafından 1930 senesinde yayınlanmıştır (Herzfeld ve Guyer, 1930). Antik dönem ve Roma dönemi su yapılarına dair temel bilgiler için Crow, Çeçen, Fahlbusch ve Frontinus tarafından yayınlanmış kaynaklar kullanılmıştır (Crow ve diğ, 2008; Çeçen, 1996; Fahlbusch, 1987; Frontinus, 2004).

Roma dönemi duvar yapım teknikleri için Adam ve Davey tarafından literatüre kazandırılan bilgiler kullanılmıştır (Adam, 2005; Davey, 1961). Malzeme karakterizasyonu çalışmaları için Middendorf tarafından 2005 senesinde yayınlanan çalışmalar temel bir altlık olmuştur (Middendorf ve diğ, 2005a; Middendorf ve diğ, 2005b).

Bu araştırmanın ardından yerinde belgeleme çalışmaları ile tezin konusu olan su yapılarının duvar örgü teknikleri belgelenmiştir. Belgeleme çalışmaları geleneksel ölçüm yöntemleri ile birlikte total station aracılığıyla sayısal ölçüm teknikleri kullanılarak tamamlanmıştır. Alan çalışmaları 2019 ve 2021 senelerinde Kültür ve Turizm Bakanlığı denetiminde Ayatekla (Meryemlik) Yüzey Araştırması çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiş, rölöve çizimleri için Ayatekla (Meryemlik) Yüzey Araştırması'na ait harita ve çizim arşivinden yararlanılmıştır. Yapıların özgün duvar kalınlıklarının okunabildiği bölümlerinden 1:10 ölçekli plan, kesit, iç ve dış cephe görünüş çizimleri yapılmış, plan çizimleri için ortofotolardan faydalanılmıştır.

Malzeme karakterizasyonu için alınacak örneklerin konumları seçilirken yapılarda malzeme kullanımı ve üretim teknolojisine dair kapsamlı veri elde edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda her bir yapı için farklı işlevlerde ve farklı konumlarda kullanılan harç ve sıva örnekleri tespit edilerek, yapılara zarar verilmeden yeterli miktarda örnek toplanmıştır. Çalışılan sarnıç yapıları üzerinden toplamda 15 örgü harcı, 15 iç sıva ve 1 derz sıvası örneği alınmıştır (Çizelge 1.1, Çizelge 1.2).

Örneklerin fiziksel, minerolojik-petrgorafik ve kimyasal karakterizasyonunun çeşitli deney yöntemleri ile tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda İstanbul Teknik Üniversitesi Mimari Koruma Laboratuvarı'nda görsel analiz, asit kaybı analizi, kızdırma kaybı analizi, elek analizi, suda çözünebilir tuzların analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda başlatılan çalışmalar uluslararası yayınlarda geçen ileri analiz yöntemleri ile desteklenmiştir. Bu kapsamda sarnıçlar üzerinden alınan malzemeler arasından seçilen örnekler üzerinde İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi'nde XRD, TGA-DSC, SEM-EDX ileri analizleri gerçekleştirilmiştir.

İncelenen yapıların duvar yapım tekniklerinin belgelenmesi ve yapılardan alınan örnekler üzerinde gerçeleştilen analizler sonucunda elde edilen veriler ışığında ören yerindeki su yapılarına ve onarım harçlarına yönelik koruma önerileri geliştirilmiştir.

Çizelge 1.1: Meryemlik'te çalışan su yapılarından alınan harç örnekleri[1].

Örnek Kodu	Örneğin Alındığı Sarnıç	Tür	Örneğin Alındığı Duvar
C1_M_EW01	S1	Örgü harcı	Doğu duvarı
C1_M_SW01	S1	Örgü harcı	Güney duvarı
C2_M_WW01	S2	Örgü harcı	Batı duvarı
C2_M_WW02	S2	Örgü harcı	Batı duvarı
C3_M_WW01	S3	Örgü harcı	Batı duvarı
C3_M_WW02	S3	Örgü harcı	Batı duvarı
C4_M_EW01	S4	Örgü harcı	Doğu duvarı
C4_M_NW01	S4	Örgü harcı	Kuzey duvarı
C5_M_EW01	S5	Örgü harcı	Doğu duvarı
C5_M_EW02	S5	Örgü harcı	Doğu duvarı
C5_M_NW01	S5	Örgü harcı	Kuzey duvarı
C5_M_WW01	S5	Örgü harcı	Batı duvarı
C6_M_EW01	S6	Örgü harcı	Doğu duvarı
C6_M_EW02	S6	Örgü harcı	Doğu duvarı
C6_M_WW01	S6	Örgü harcı	Batı duvarı

[1] Su yapılarından alınan örnekler isimlendirilirken terimlerin İngilizce karşılıkları kullanılmıştır. Bu bağlamda "C" ile cistern (sarnıç), "M" ile mortar (harç), "P" ile plaster (sıva), "J" ile joint plaster (derz sıvası), "EW" ile east wall (doğu duvarı), "WW" ile west wall (batı duvarı), "NW" ile north wall (kuzey duvarı) ve "SW" ile south wall (güney duvarı) ifade edilmiştir. Örneklerin isimlendirilmesinde "Bulunduğu Sarnıç_Tür_Bulunduğu Duvar" şeklinde bir kodlama yöntemi izlenmiştir.

Çizelge 1.2: Meryemlik'te çalışılan su yapılarından alınan sıva örnekleri.

Örnek Kodu	Örneğin Alındığı Sarnıç	Tür	Örneğin Alındığı Duvar
C1_P_EW01	S1	İç sıva	Doğu duvarı
C1_P_EW02	S1	İç sıva	Doğu duvarı
C1_P_SW01	S1	İç sıva	Güney duvarı
C1_P_SW02	S1	İç sıva	Güney duvarı
C1_P_SW03	S1	İç sıva	Güney duvarı
C1_P_SW04	S1	İç sıva	Güney duvarı
C2_P_SW01	S2	İç sıva	Güney duvarı
C4_P_EW01	S4	İç sıva	Doğu duvarı
C4_P_EW02	S4	İç sıva	Doğu duvarı
C4_P_EW03	S4	İç sıva	Doğu duvarı
C5_P_EW01	S5	İç sıva	Doğu duvarı
C5_P_EW02	S5	İç sıva	Doğu duvarı
C5_P_EW03	S5	İç sıva	Doğu duvarı
C6_P_EW01	S6	İç sıva	Doğu duvarı
C6_P_WW01	S6	İç sıva	Batı duvarı
C2_J_WW01	S2	Derz sıvası	Batı duvarı

2. ANTİK ÇAĞ'DA SUYUN KULLANIMI VE SU YAPILARI

İnsanlık tarihi boyunca su insanoğlu için çok önemli bir ihtiyaç olmuştur. Uzun yıllar avcılık yaparak ve bulduğu bitkileri toplayarak hayatını devam ettiren insanoğlu, yaklaşık 10,000 sene önce tarım faaliyetlerine başlayarak yerleşik hayata geçmiş ve böylece su kaynaklarına ulaşabilmek daha da büyük bir önem kazanmıştır. Yerleşimler su kenarına kurulmuş, su kaynaklarının yakın olmadığı durumlarda ise suyu temin edebilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

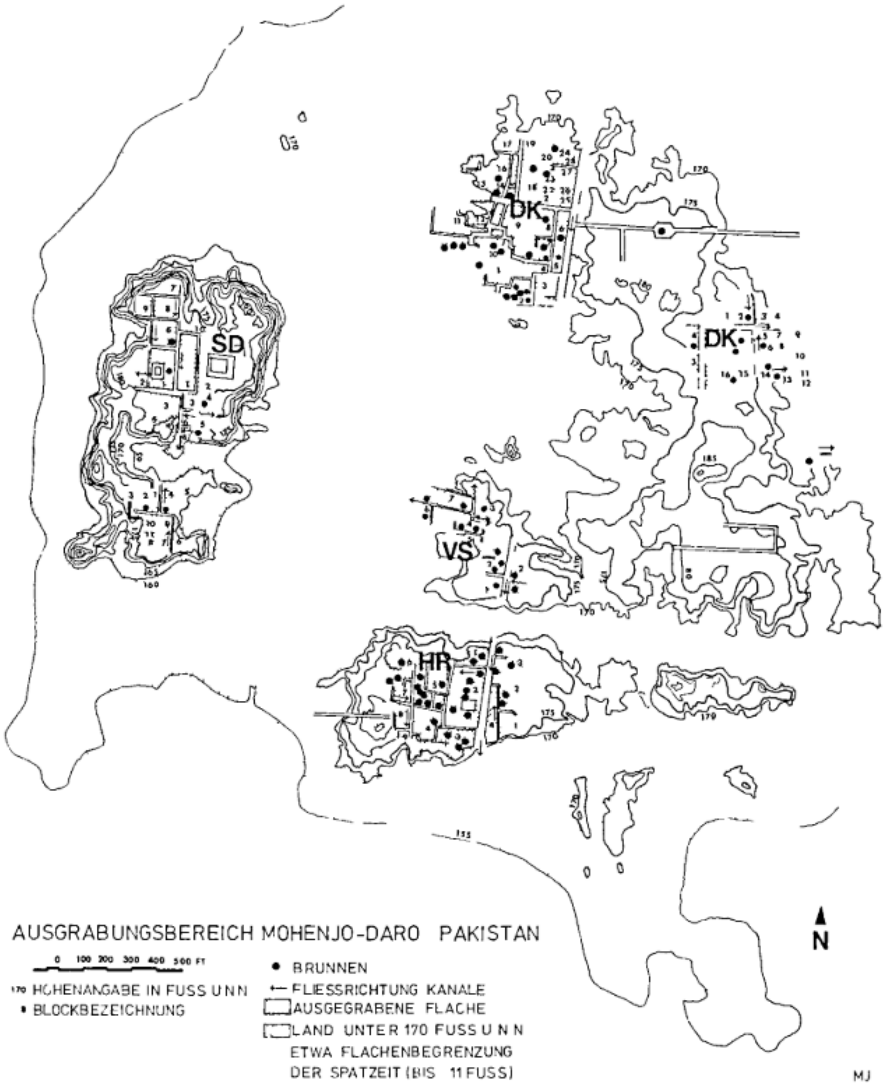
Yaklaşık 6,000-7,000 sene önce, Yakın Doğu ve Orta Doğu'daki çiftlik köyleri kentlere dönüşmeye başlamıştır. Neolitik Çağ (M.Ö. 5,700 – M.Ö. 2,800) boyunca, tarım ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla suyun akışını kontrol etmek için ilk başarılı çaba Mezopotamya ve Mısır'da gösterilmiş ve uygulanmıştır (Mays ve diğ., 2007, s. 1).

Kentsel hidrolik sistemler ise Tunç Çağı'nda (M.Ö. 2,800 – M.Ö. 1,100) görülmektedir (Mays ve diğ., 2007, s. 1). Pakistan'da yer alan ve M.Ö. 3000'e tarihlenerek Erken Tunç Çağı uygarlıklarından biri olan Indus Medeniyeti'nin ana kent merkezi olan Mohenjo-Daro, yüzlerce konutu, büyük yapıları ve sokakları olan ve sahip olduğu büyük ölçekli su temini şebekesi ile ait olduğu dönemde başka bir uygarlıkta görülmemiş bir antik kent örneğidir. Temiz suyun kuyular vasıtasıyla sağlandığı yerleşmede, atık suyun sokaklardaki pis su kanalına aktarılacak şekilde düzenlendiği bir kanalizasyon sistemi bulunmaktadır (Şekil 2.1) (Jansen, 1989, ss. 177-181).

2.1 Arkaik, Klasik ve Helenistik Dönem Su Yapıları

Tunç Çağı ile başlayacan hidrolik teknolojiler Yunan uygarlıkları boyunca daha ileri seviyeye taşınmış ve yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Bu durum Helenistik Dönem'de doruğa ulaşmış, daha sonra gelen Romalılar ise mevcut teknolojileri miras alarak, bunların uygulama ölçeğini büyütmüşler ve neredeyse her büyük kentte uygulanmasını sağlamışlardır (Mays ve diğ., 2007, s. 2).

Antik Yunan uygarlıklarında ana kentler su kenarından uzak bölgelerde kurulmuş, bu da doğal su kaynaklarının temini konusunda problem yaratmıştır. Bu durum suyun temin edilmesi ve taşınması konusunda daha ileri hidrolik sistemlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Girit Adası'ndaki Girit Uygarlığı, çeşitli Ege adalarında yer alan Kiklad Uygarlığı ve anakara Yunanistan'daki Miken Uygarlığı tarafından çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. M.Ö. 3500 – 1200 yıllarında varlığını sürdüren Girit Uygarlığı incelendiğinde kuyu, çeşme, su kemerleri ve boru sistemi, hamam gibi yapıların kullanıldığı görülmüştür. Kiklad Uygarlığı'na ait yerleşmelerde çoğu evin avlusunda yağmur suyu depolamak için yeraltı sarnıçları bulunmuş, Miken Uygarlığı'na ait yerleşmelerde ise sel suyunu tutmak ve depolamak için büyük barajlar ve yapay rezervuarlar keşfedilmiştir (Koutsoyiannis ve diğ., 2008, ss. 45-47).



Şekil 2.1 : Mohenjo-Daro yerleşimindeki kuyuları gösteren çizim (Jansen, 1989).

Girit'te Tunç Çağı'nda gelişen Minos yerleşimlerinde, Klasik ve Helenistik Yunan şehirlerinden yaklaşık 1000 yıl önce, Akdeniz'in kurak yazları boyunca evlere su sağlamak için çatılardan ve avlulardan depolanan sular kullanılmıştır. Minos kültürüne ait olan ve M.Ö. 2000-1500 yılları arasında inşa edilen en eski iki büyük sarnıç dairesel tipte ve düşey duvarlıdır. Duvarlar ve zemin 1-2 cm kalınlığında beyaz kireç sıva ile kaplanmıştır (Şekil 2.2) (Mays, 2014, s. 39).



Şekil 2.2 : Minos yerleşimlerine ait Myrtos-Pyrgos (sol) ve Kato Zakros'ta (sağ) yer alan sarnıçlar (Mays, 2014, s. 40).

Arkaik ve Klasik Dönem'de Yunan uygarlıkları su kemeri, sarnıç ve kuyuları Girit ve Miken Uygarlığı'ndakilere benzer şekilde inşa etmişlerdir (Mays ve diğ., 2007, s. 4). Yunan evlerinin çoğunda banyo yapmak, temizlik, ev bitkileri için kullanmak ve su kıtlığı sırasında içmek için yağmur suyu sağlayan bir sarnıç bulunmaktaydı (Mays, 2014, s. 41). Klasik Yunan Dönemi'nde Girit'in doğusunda, Neapolis yakınlarında yer alan Deros'da agoraya su temini amacıyla 13 x 5.5 x 6 m ölçülerinde büyük dikdörtgen bir sarnıç inşa edilmiştir (Şekil 2.3). Helenistik Dönem'de (M.Ö. 323-146) Yunanlılar tarafından sarnıçların inşası ve işletilmesi konusunda daha fazla gelişme kaydedilmiştir. Yunan adalarının çoğunda yeterli su kaynağı bulunmadığından sarnıçlar kullanılmıştır (Mays, 2014, s.41).

Bununla birlikte bu dönemde bilim ve mühendislikteki ilerlemeler daha sofistike yapıların oluşmasını sağlamıştır (Mays ve diğ., 2007, s. 4). Samos Adası'nda (Sisam) bulunan Eupalinos Tüneli bu dönemin olağanüstü su temini örneklerinden biridir. M.Ö. 530'da yapımı başlayan ve 10 senede tamamlanan su kemeri, ek bölümleriyle birlikte toplamda 2800 metre uzunluğundadır. Yapımına iki farklı açıklıktan aynı anda başlanan bu tünel tarihteki ilk derin tünel olarak da bilinmektedir (Şekil 2.4), (Koutsoyiannis ve diğ., 2008, s. 47).



Şekil 2.3 : Girit'teki Klasik Yunan Dönemi şehri Deros'da yer alan sarnıç (Mays, 2014, s.41).



Şekil 2.4 : Eupalinos Tüneli'nin güney girişine doğru bakan görüntüsü (Apostol, 2004, s. 38).

Aynı dönemde güvenlik sebebiyle su kemerleri her zaman tünel veya hendek şeklinde yeraltında yapılmıştır. Bu su kemerlerindeki tünel veya hendek boyunca ise çapları 20 cm. – 25 cm. arasında değişen terakotadan yapılmış künkler yerleştirilmiştir. İletilmek istenen suyun akışına göre bir, iki veya daha fazla künk birbirine paralel olarak

kullanılmış, üzerlerinde temizlik ve bakım için eliptik açıklıklar bırakılmıştır (Şekil 2.5), (Mays ve diğ., 2007, ss. 4-5).



Şekil 2.5 : İyonya, Efes Antik Kenti'nde terakota borular (Mays ve diğ., 2007).

Helenistik Dönem'de su kemeri, sarnıç, kuyu, liman, su temini sistemi, kanalizasyon ve drenaj sistemlerin inşası ve işletmesinde Yunan uygarlıkları tarafından daha ileri gelişmeler gerçekleştirilmiştir (Mays ve diğ., 2007, s. 6). Bu dönemde yeni hidrolik kuralların keşfedilmesiyle birlikte, vadileri geçmek için su kemerlerinin yanısıra ters sifon olarak tanımlanan bir yöntem uygulanmıştır (Altuğ, 2013, s. 11). Anadolu'daki pekçok Yunan kentinde hızlıca yayılan bu yeni sistemde taş veya terakota borular kullanılmıştır. Pergamon (Bergama) antik kenti oldukça büyük olan sifon sistemi ile dikkat çeken bir örnektir. M.Ö. 197- M.Ö. 159 senelerinde yapılan ve Madradağ'dan Akropol'e su taşıyan bu uygulamada 3.2 km uzunluğa varan ve kurşun boruların yer aldığı bir sifon sistemi kullanılmıştır (Tassios, 2007, ss. 168-170).

2.2 Roma Dönemi Sarnıç Yapıları

Yüzey suyu veya yeraltı suyu kaynaklarının kıt olduğu bölgelerdeki tatlı su ihtiyacı, yağışların doğrudan toplanması ve sarnıçlarda depolanması ile karşılanabilmektedir (Öziş, 1982, s. 9). Bu sebeple tarihi dönemlerde sarnıçlar, iyi tasarlanmış bir kentin vazgeçilmez özelliği haline gelmiştir. Sarnıçlar, özellikle çoğu antik kentin yüksek yerlerinde inşa edilmiş ve savaş durumunda temel su temini sağlamak için acil çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır (Öziş, 1982, s. 13). Sarnıçlar antik çağlarda kumdan ve gevşek kayadan kazılmış ve daha sonra su geçirmez sıva ile kaplanmış düzensiz şekilli çukurlar şeklinde inşa edilirken, Romalılar ve Bizanslılar tarafından bu yapılar oldukça

geliştirilmiştir (Mays, 2014, s. 38). Zaman içinde artan insan sayısı, büyüklüğün artmasına ve sarnıçların etkileyici su nakil yapıları ile birleşmesine neden olmuştur (Mays ve diğ, 2013, s. 1917).

Olağan bir Roma yerleşiminde sadece su kemeriyle su sağlanmıyordu, aynı zamanda çok sayıda özel kuyu ve sarnıçtan da bol miktarda su temin edilmekteydi (Hodge, 2002, s. 48). Hem su kemeri hem de kuyu suyunu içeren kapsamlı bir su dağıtım sistemine sahip olan Roma yerleşimi Pompeii'de evlerin çatılarından toplanan yağmur suyu, pişmiş toprak borular aracılığıyla suyun evsel kullanım için depolandığı sarnıçlara aktarılmaktaydı (Mays, 2014, s. 42).

Kırsal tarım veya endüstriyel amaçlar için de yaygın olarak kullanılan sarnıçlar, Antik Çağ'da kirliliği ve buharlaşmayı önlemek için genellikle ahşap bir örtü ile örtülmekteydi. İçi genellikle pembemsi renkte su geçirmez çimento ile kaplanmış olan bu yapılara yaygın olarak taş merdivenlerle erişim sağlanmaktaydı. Kapalı sarnıçlarda en yaygın görülen örtü geleneksel Roma beşik tonozu, en yaygın görülen plan şekilleri ise kare, dikdörtgen ve haç olmuştur (Hodge, 2002, ss. 58-62).

Romalı mühendisler, önceki dönemlerin teknolojilerini kendi avantajlarına kullanarak Piscina Mirabilis gibi çok daha büyük ve gelişmiş sarnıçlar inşa etmişlerdir (Şekil 2.6). Muhtemelen M.Ö. 33-12 yıllarında İtalya, Misenum'da bir tepede inşa edilmiş olan ve 72 x 72 m ölçülerindeki yapı 12.600 m^3 su hacmine sahiptir (De Feo ve diğ, 2010, ss. 354-357). En büyük Roma sarnıçlarından biri olan yapının su temini Augustan Su Kemeri ve Serino'dan Miseno'ya inşa edilen 96 km uzunluğundaki Serino Su Kemeri ile sağlanmıştır (Mays, 2014, s. 43).



Şekil 2.6 : Roma Dönemi sarnıcı olan Piscina Mirabilis (Mays, 2014, s. 43).

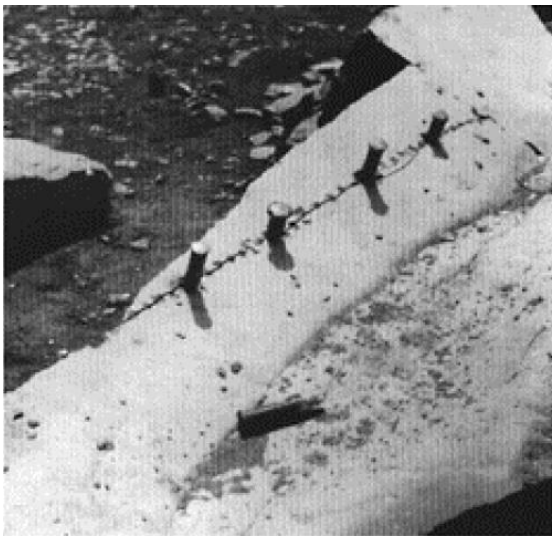
2.2.1 Duvar örgü teknikleri

Binlerce yıllık arkeolojik ve tarihi kayıtlar, insan barınağını oluşturmak için kullanılan temel yapı malzemelerinin dünyanın her yerinde aynı olduğunu, toprak veya bitki yaşamından türetildiğini, yerel olarak mevcut olduğunu ve iklim koşullarına bağlı olarak kullanıldığını göstermektedir. Toplumlar daha karmaşık hale geldikçe, ilkel barınma ihtiyacının ötesinde binalar ve kamu tesisleri için gereksinimler de artmıştır. Bu durum, küçük taşların veya çamurla birleştirilmiş taş levhaların kullanımından, dikkatlice şekillendirilmiş bloklardan inşa edilmiş çok büyük yapılara kadar duvar yapımının evrimine yol açmıştır (Hendry ve Khalaf, 2001, s. 1).

Pek çok piramit ve çok daha karmaşık sayısız tapınak inşa ettirmiş olan Mısırlılar, duvar yapımında yüksek derecede mühendislik becerisi göstermiştir. Yunan uygarlığı ise taş duvarlar, payandalar ve lentolar kullanarak Mısırlılarla aynı teknikleri kullanmış fakat çok daha gelişmiş saraylar ve tapınaklar inşa etmiştir. Yunan uygarlığının varisi olan Romalılar ise daha da büyük inşaatçılar olarak bilinmektedir ve hemen hemen her amaca yönelik yapı örnekleri inşa etmişlerdir (Hendry ve Khalaf, 2001, s. 1).

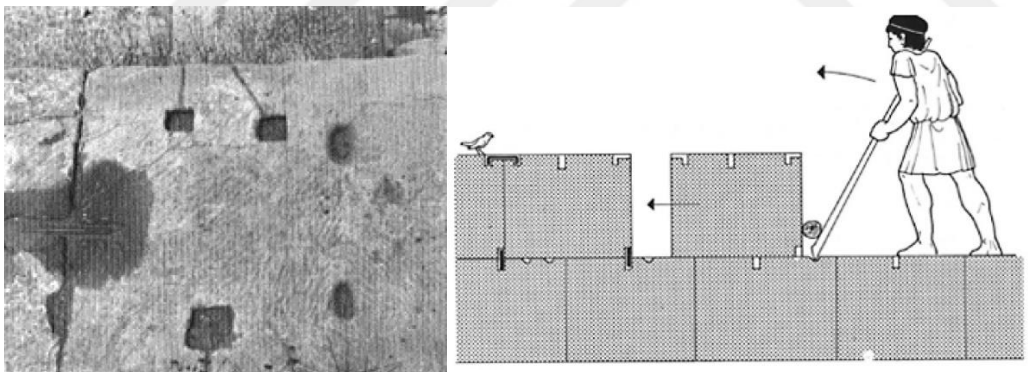
En temel düzeyde, inşaat için taş kullanımı, taş parçalarının ayrışması veya bitki örtüsünün etkisiyle kırılan veya sarp kayalıkların eteğine düşmesinden oluşan kayaların toplanmasıyla başlamaktadır. Genel olarak, Roma mimarisinde özellikle moloz taş duvarcılığında büyük oranda yerel taşlar kullanılmış ve dekoratif bölümler veya kaplamalar için malzeme ithal edilmiştir. Taş ocağı ile inşaat arasındaki mesafe göz önünde bulundurularak, herhangi bir miktarda yapı taşının ortaya çıktığı hemen her yerde taş ocakları açılmıştır. İstisnai durumlar dışında, nakliye işlemi özellikle malzemelerin toplu halde taşınması durumunda Roma ikonografisinde tasvir edilmiş olan öküzlerin çektiği arabalarla yapılmıştır (Adam, 2005, ss. 21-36).

Taş bloklar kesilirken nakliye yükünü hafifletmek için genellikle son boyuta yakın bir biçim verilmekteydi. Bu amaçla büyük boyuttaki blokları bölmek için blok üzerinde kırılma çizgisi boyunca açılan deliklere kamalar yerleştirilmekteydi (Şekil 2.7). Son olarak orta kamaya bir tokmakla ağır bir darbe vurularak kayanın açılması sağlanmaktaydı (Adam, 2005, ss. 36-39).



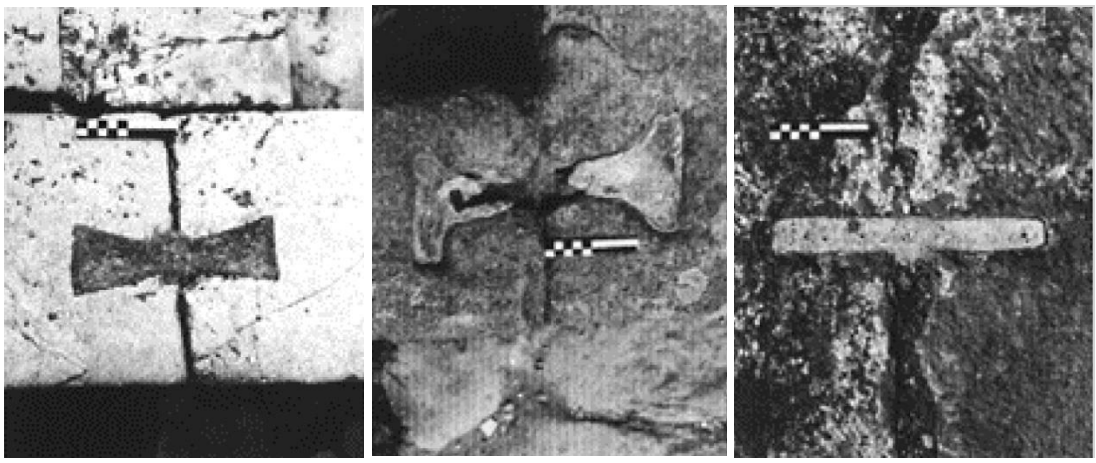
Şekil 2.7 : Terzigno, Campania'da kamalarla bölünmüş bir bloktaki kırılma çizgisi (Adam, 2005, s. 37).

Bir bloğun tam olarak konumlandırılması küçük olması durumunda elle yapılırken, daha sık olarak levye yardımıyla yapılmaktaydı. Bu aleti kullanırken bir kavrama yüzeyi oluşturmak için taşların üst yatağında oyuklar açılmaktaydı (Şekil 2.8). Oyukların üst yüzeyde yer alması aynı zamanda estetik bir problem oluşmasını da önlemekteydi (Adam, 2005, ss. 92-95).



Şekil 2.8 : Euromos Roma Tapınağı'nın temellerinden bir bloğun üst yatağı (sol) ve blokları bir levye ile sıkıştırma ve kenetleme işlemi (sağ) (Adam, 2005, s. 93).

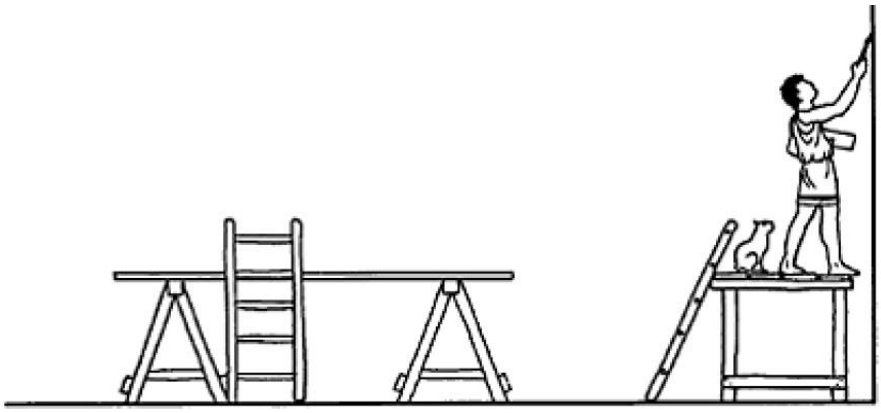
Romalılar, Yunanlılardan, taş blok yapı elemanlarını ahşap veya metal kenetler kullanarak sağlam hale getirme geleneğini de ödünç almış, böylece temellerdeki oturma farklılıkları veya sismik hareketler nedeniyle derzlerin genişlemesini önlemeyi amaçlamışlardır. En eski şekil olarak kabul edilen çift kırlangıç kuyruğu, Yunan mimarisinde çok kullanılan çift T kelepçeleri ve çoğu durumda Roma taş blok yapımında kullanılan pi kenetlerii bu amaçla sabitleme için kullanılarak bir sıradaki tüm taşlar sağlam bir şekilde birbirine bağlanmıştır (Şekil 2.9) (Adam, 2005, ss. 96-100).



Şekil 2.9 : Çift kırlangıç kuyruğu kelepçesi (sol), çift T kelepçesi (orta), Pi kelepçesi (sağ) (Adam, 2005, ss. 98-99).

Harcın taş blok yapımında bir bağlayıcı madde olarak kullanımı ise sınırlı olmuştur. Kireç harcının kullanımı, bazen bir süslemeyle kaplanması amaçlanan anıtlarda görülmekteydi. Kullanılan ince harç tabakasının varlığı yapının stabilitesini iyileştirmese de her sıra arasında mükemmel bir basınç dağılımı oluşturmaktaydı. Su kemeri ve çeşme bloklarının birleşim yüzeylerindeki düşey hizalarda uygulanan harç şeritleri, bu su taşıma yapılarının su geçirmez olmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Bu uygulama, Aqua Marcia Su Kemeri'nin yıkık bölümlerinde ve Pompeii'deki halka açık çeşmelerin altındaki tüm kaldırım levhalarının arasında görülmektedir (Adam, 2005, ss. 101-102).

Büyük taş duvarların yapımında, inşaata paralel olarak üzerinde çalışılacak seviyelere sahip geçici ahşap iskeleler inşa edilmiştir. Bu iskelenin en basit şekli, inşaatçılar, sıvacılar ve boyacılar tarafından özellikle iç mekan işlerinde kullanılan taşınabilir ayaklı iskele olmuştur (Şekil 2.10) (Adam, 2005, ss. 145-148).



Şekil 2.10 : Alt kotlarda duvarcılık, işleme ve boyama için kullanılan iskele (Adam, 2005, s. 147).

İnşaat, taşınabilir ayaklı iskeleyle erişilebilen yüksekliği aştığında ise (yaklaşık 3 m), bağımsız olarak veya yapıya yaslanarak inşa edilebilecek birkaç seviyeden oluşan bir iskele gerekmekteydi. Kendini desteklemesi gereken bu iskeleler yere dayanarak duvarın kalınlığına bağlı olarak bir veya iki tarafa yerleştirilmekte ve yapıda hiçbir fiziksel iz bırakmamaktaydı (Şekil 2.11) (Adam, 2005, s. 148).

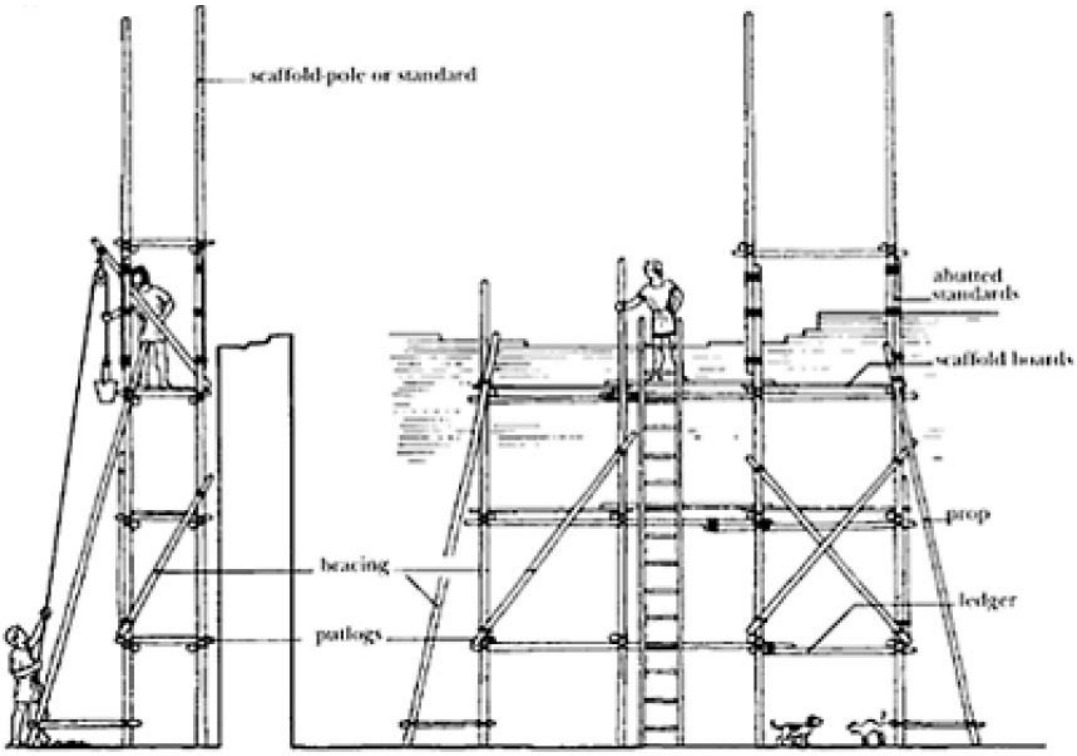
Romalı inşaatçılar, ahşaptan tasarruf etmek için direklerin desteğini duvarın kendisiyle değiştiren soketli iskeleyi sıklıkla kullanmışlardır. Duvarda küçük bir lento ile kapatılmış ve aynı yatay seviyede hizalanmış bir dizi delik açarak iskele kiriş uçlarını bu deliklere yerleştirmişlerdir. İskele kirişlerinin dış uçları ise iskele direkleri ile desteklenmiştir. Konsol iskele olarak adlandırılan bir diğer iskele türünde ise bu direkler kaldırılmış, duvarın içine yerleştirilen kirişler sağlamlığı artırmak için dış yüzeyde dikey bir iskele direği ve çapraz bir eleman kullanılarak desteklenmiştir (Şekil 2.12) (Adam, 2005, ss. 151-152).

Yunan kültüründen oldukça etkilenen Romalılar, İÖ. 4. yüzyıldan itibaren taş duvarlarda kullanılan harcı geliştirerek Roma betonunu üretmişlerdir (Wilkinson, 2019, ss. 8-9). Romalıların yapmış oldukları bu beton "Opus Caementicium" şeklinde isimlendirilmektedir. Opus kelimesi "yapı", caementicium ise "kırılmış taş, agrega"yı ifade etmektedir. Opus caementicium Romalıların inşa etmiş oldukları tüm önemli yapılarda bulunmaktadır (Çeçen, 1996, s. 67).

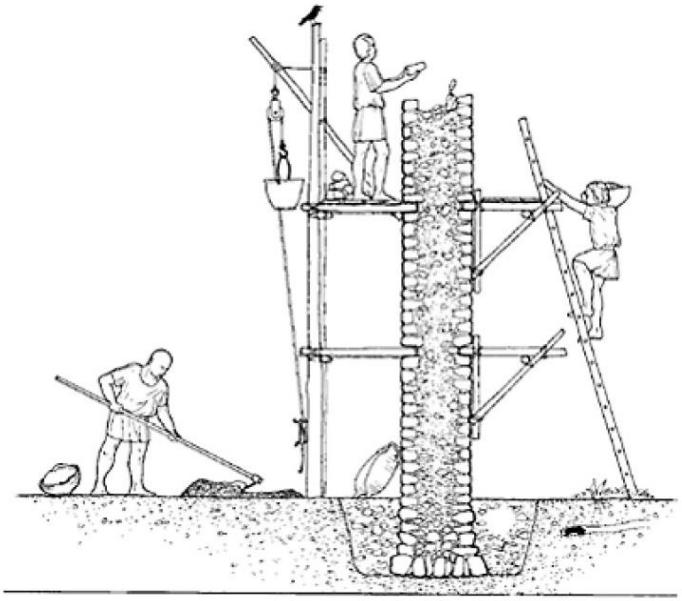
Roma betonu; agrega (kum ve taş), bağlayıcı ve suyun bir araya gelmesiyle oluşan ve yüksek dayanımlı bir kütle yaratmak için küçük taşlarla karıştırılan bir harçtır. Romalılar kireç ile puzolanı (bir tür volkanik kül) karıştırarak etkili bir bağlayıcı türü geliştirmişler ve bunu çeşitli yapılarda kullanmışlardır (Wilkinson, 2019, ss. 9-10). İçine puzolan ve tuğla katılan ve su altında sertleşen kirece aynı zamanda süt, yağ artıkları, albuminli maddeler ve geçirimsizliği sağlamak için asfalt, mum, keten yağı katarak harç elde etmişlerdir (Çeçen, 1996, s. 67).

Romalılar önce kalıp olarak kullandıkları kesme veya düzgün taş ile yapının cephesini örmüşler, sonrasında ise cephenin arkasını elde edilen bu harç ve moloz taştan oluşan karışım ile doldurmuşlardır (Çeçen, 1996, s. 67). Ucuz, kolay, yüksek dayanımlı yapıları hızlı bir şekilde inşa etmek için moloz taşlar bu harç ile karıştırıldıktan sonra karışım yüzeyine tuğla veya yontma taş uygulanmıştır (Wilkinson, 2019, ss. 8-9). İnşasından bu yana binlerce yıl geçmiş olan pekç ok Roma yapısının yüzeyindeki

duvar kaplamalarında hasarlar oluşmasına rağmen, sahip olduğu çekirdek yüksek dayanım özelliği sonucunda günümüze ulaşmayı başarmıştır (Wilkinson, 2019, ss. 9-10).



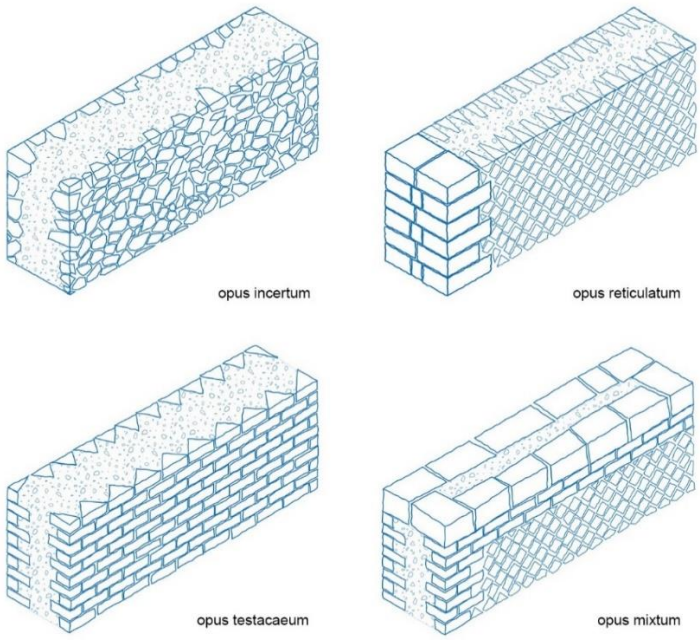
Şekil 2.11 : Serbest duran iskele (Adam, 2005, s. 148).



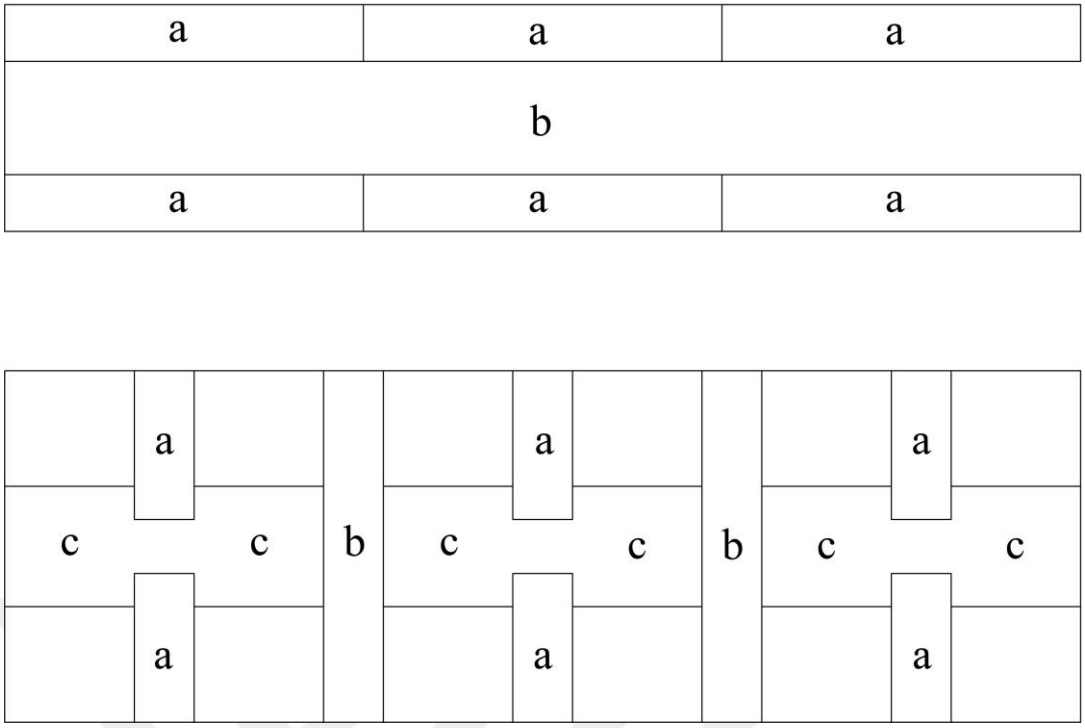
Şekil 2.12 : Solda soketli iskele ve sağda konsol iskele gösterimi (Adam, 2005, s. 156).

Antik Roma'da, puzolan katkılı harçların kullanılması sayesinde opus olarak bilinen özel duvarcılık teknikleri geliştirilmiştir. Bu duvarlar, kireçle karıştırılmış kaya parçalarından yapılmış bir iç çekirdeğe sahip iki cidardan oluşturulmuştur (Dipasquale ve diğ, 2016, s. 302). Opus caementicium kullanılarak inşa edilen yapılarda dış yüzeyin düzensiz taşlarla örülmesiyle oluşturulan opus incertum, M.Ö. 1. ve 2. yüzyılda kullanılmıştır. Meydana gelen gelişmeler sonucu taşların bir ağ şeklinde çapraz yerleştirilmesiyle oluşturulan opus reticulatum, M.Ö. 1. yüzyıl ile M.S. 2. yüzyıl arasındaki zaman dilimine tarihlendirilmektedir. Duvarın tuğla kullanılarak örülmesiyle oluşturulan opus testacaeum, M.Ö. 1. yüzyıldan Batı Roma İmparatorluğu'nun sonuna dek kullanılmıştır. Örgü sisteminde tuğla ve taşın birlikte kullanılmasıyla opus mixtum oluşturulmuş ve bu yöntem M.S. 3. yüzyıldan itibaren uygulanmıştır (Şekil 2.13) (Çeçen, 1996, ss. 67-68; Davey, 1961, s. 122).

Vitruvius (2021), uygulanan duvar yapım teknikleri açısından Yunan ve Roma tarzının farklılıklarını vurgulamıştır. Emplekton (örgülü duvar) olarak isimlendirilen ve iki cephe ile bir ara dolgudan oluşan bu teknikte Yunanlar, cepheye yerleştirdikleri her iki taştan birini diğer cephede de bir yüzeyi görünecek şekilde duvar kalınlığınca yerleştirmektedir. Bağ taşı olarak isimlendirilen bu elemanlar duvarları birbirine bağlayarak daha mukavemetli olmasını sağlamaktadır. Romalılar ise bağ taşı kullanmadan cephelere taşları yerleştirerek iki cephe arasını harç ve moloz ile doldurmaktadır (Şekil 2.14) (Vitruvius, 2021, s. 81).



Şekil 2.13 : Antik Roma'da duvarcılık teknikleri (Souza, 2020).



Şekil 2.14 : Roma tarzı emplekton (üst) ve Yunan tarzı emplekton (alt) (Vitruvius, 2021).

2.2.2 Malzeme özellikleri

Su, yapı malzemeleri için temel bozucu etkendir ve çözünebilir tuzların hareketi, biyolojik bozulmalarda artış, hacim değişiklikleri gibi pek çok soruna sebep olabilmektedir. Bu koşullarda kullanılabilecek yapı malzemelerinin ve uygulanan tekniklerin geliştirilmesi her zaman zorlayıcı olmuştur. Sarnıçlar, antik çağlardan beri yağmur suyunun toplanması ve depolanması gibi belirli işlevi olan ve sızdırmazlık, yoğun neme karşı dayanıklılık gibi belirli gereksinimleri karşılayan yapılardır. Su sarnıçlarına yönelik ana talep, su ve nem ile doğrudan temas halinde olan yapı malzemelerinin dayanıklı olmasıdır. Sonuç olarak, bu yapılarda kullanılmış olan örgü ve sıva harçlarının üretimi ve uygulama teknolojileri farklılıklar göstermektedir (Stefanidou ve diğ, 2014, s. 572).

2.2.2.1 Harçlar

Harç, eski çağlardan beri insanlar tarafından üretilen tuğla ve taş ile örülmüş yapılarda malzemeleri bağlamak, derzleme yapmak ve yüzeyleri kaplamak için kullanılan ve çimento veya diğer bağlayıcı malzemelere uygun bir dolgu maddesi veya ince agrega katılmasıyla elde edilen yapay malzemelerdir (Davey, 1961, s. 120; Dipasquale ve diğ, 2016, s. 310).

Harçlar işlevlerine göre sıvalar, kaplama harçları, dekorasyon amaçlı kullanılan harçlar, kagir yapı harçları ve su yalıtımı, derz, onarım gibi özel kullanımlı harçlar olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır. Bağlayıcısının doğasına göre ise kireçli harçlar, kireç ve puzolanlı harçlar, alçı bağlayıcılı harçlar, hidrolik bağlayıcılı harçlar, killi bağlayıcılı harçlar, organik bağlayıcılı harçlar ve birden çok bağlayıcısı olan harçlar şeklinde gruplandırılmaktadır (Rossi-Doria, 1990, s. 235).

Kimyasal bileşimi $CaSO_4.2H_20$ olan alçıtaşından elde edilen ve üretimi için düşük sıcaklık gerektirmesiyle (yaklaşık 200 °C) kolay elde edilebilen alçı, tarih boyunca kullanılan en eski bağlayıcıdır (Collepardi, 1990, s. 82; Davey, 1961, s. 92). Sadece havada sertleşmektedir. Sıva harcı olarak veya dekoratif işlerde kullanılan alçı, yağmur suyu ile çzünebildiğinden dolayı çoğunlukla iç yüzeylerde yer almaktadır. Düşük mukavemeti sebebiyle harç üretiminde hiç kullanılmamıştır. Alçının eski Mısırlılar tarafından M.Ö. 2500'de Cheops Piramidi'nin taşlarında derz harcı olarak da kullanıldığı görülmektedir (Collepardi, 1990, s. 82).

Kireç üretimi ise çok daha yüksek sıcaklık (yaklaşık 900 °C) gerektirdiği ve daha zor bir süreç olduğu için alçı üretiminden daha sonraki bir döneme tarihlendirilmektedir (Collepardi, 1990, s. 82). Kimyasal formülü $Ca(OH)_2$ olan kireç, tamamen veya bir kısmı kalsiyum karbonattan ($CaCO_3$) oluşan kireçtaşı veya diğer kalkerli malzemelerin pişirilmesiyle üretilmektedir ve havada sertleşmektedir (Collepardi, 1990, s. 82; Swallow ve Carrington, 1995, s. 7). Eski çağlardan beri tuğla, blok ve taşların döşenmesi için harç üretiminde, duvar ve tavanlar için üretilen sıvada bağlayıcı olarak ve beton yapımında kullanıldığı görülmektedir (Swallow ve Carrington, 1995, s. 7). Kireç, Yunanlılar ve özellikle Romalılar tarafından büyük ölçekte kullanılmıştır (Collepardi, 1990, s. 82).

Kireçtaşının ocaktan çıkarıldığı andan yapıda kullanılmasına kadar geçen süreçte pişirme, söndürme, kumla karıştırma ve sertleşme aşamaları yer almaktadır. Kireçtaşının pişirilmesiyle karbondioksit ve nem uzaklaştırılarak kalsiyum oksit (sönmemiş kireç) ortaya çıkmaktadır (2.1). Kalsinasyon olarak adlandırılan bu işlem, 900 °C'yi aşan sıcaklıklarda ilerlemektedir (Swallow ve Carrington, 1995, s. 7).

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \qquad \textbf{(2.1)}$$

$CaCO_3$: Kireçtaşı (kalsiyum karbonat)

CaO : Kalsiyum oksit (sönmemiş kireç)

CO_2 : Karbondioksit

Pişmiş kireç, atmosferdeki nem ve karbondioksit kirecin havada sönmesine sebep olmaması için bir an önce söndürülmelidir. Söndürme işlemi suya sönmemiş kireç eklenmesiyle sağlanmaktadır. Yeterli miktarda suyun eklenmesi sonucunda sönmüş kireç ($Ca(OH)_2$) olarak bilinen kuru bir toz oluşur (2.2). Bu süreç esnasında çok fazla ısı ve buhar oluşumu meydana gelir (Swallow ve Carrington, 1995, s. 8).

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \quad \textbf{(2.2)}$$

CaO : Kalsiyum oksit (sönememiş kireç)

H_2O : Su

$Ca(OH)_2$: Kalsiyum hidroksit (sönmüş kireç)

Kirecin sertleşmesi, harç karışımındaki sönmüş kireç parçacıkları tarafından atmosferden karbon dioksitin (CO_2) emilmesine bağlıdır. Kalsiyum hidroksit (Ca (OH)) fazla karbondioksit ile birleşerek kalsiyum bikarbonatı ($Ca(HCO_3)$) oluşturur (2.3), bu da buharlaşma ile kalsiyum karbonat kristallerini ($CaCO_3$) oluşturmak üzere ayrışır (2.4) (Swallow ve Carrington, 1995, ss. 9-10).

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \quad \textbf{(2.3)}$$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_20 + CO_2 \quad \textbf{(2.4)}$$

$Ca(HCO_3)_2$: Kalsiyum bikarbonat

H_2O : Su

$CaCO_3$: Kalsiyum karbonat

Kireç harcı, bir agrega ile karıştırılmış kireçten oluşmaktadır (Swallow ve Carrington, 1995, s. 9). Kireç, bu agregalar olmadan kullanılması durumunda büzülme nedeniyle kuruma sürecinde çatlamaktadır (Adam, 2005, s. 129). Agrega seçimi ve agreganın bağlayıcıya oranı, harcın yapısını belirlemede oldukça önemlidir. Agregalar şekil, gözeneklilik, tane boyut dağılımı, renk ve kimyasal bileşim açısından farklılık gösterebilmektedir (Swallow ve Carrington, 1995, s. 9).

Demiryolu taşımacılığının ortaya çıkmasından önce inşa edilen çoğu yapıda kullanılacak olan harç için agrega seçimi kolay ulaşılabilir malzeme üzerinden yapılmaktaydı (Swallow ve Carrington, 1995, s. 9). Harç içinde kullanılan agregalar; kum, parçalanmış taş, puzolan (hidrolik özelliklere sahip doğal malzemeler),

cocciopesto ve yeniden kullanılmış harç parçaları şeklinde olabilmektedir (Rossi-Doria, 1990, s. 235). En yaygın olarak kullanılan agrega ise nehir, dere veya taş ocağından elde edilen kum olmuştur (öncelikle silis kumu) (Swallow ve Carrington, 1995, s. 9).

Vitruvius (2021), harç için kullanılacak olan uygun kum türünün bulunmasının önemini vurgulayarak ocak kumundan bahsetmektedir:

> Ocak kumu çeşitleri şunlardır: Kara, gri, açık ve koyu kırmızı. Bu kumların en kalitelisi, avucunuza alıp ovuşturduğunuzda gıcırdayan kumdur; toprak karışmış olsa böyle pütürü olmaz. Bir de kumu beyaz bir kumaşa alın, sonra silkeleyin ya da dökün; kumaş lekelenmemişse ya da kumaşta toz, toprak kalmamışsa, bu kum harca uygun demektir (Vitruvius, 2021, s. 71).

Kum çıkarılabilecek bir ocak olmaması durumunda ise ocak kumundan başka alternatifler sunmaktadır:

> Kazıp kum çıkarılabilecek ocaklar yoksa, o zaman dere yataklarından, çakıllardan ya da deniz kenarlarından kum elemek gerekir. Yalnız bu tür kumların duvarlara şöyle zararları da olur: Bir kere zor kurur, bu yüzden duvar sürekli yüklemeyi kaldırmaz, ara ara dinlendirmek gerekir; ikincisi tonozları taşımaz. Hatta deniz kumunun bir diğer kusura da, karıştığı harçla yapılmış duvarlar sıvandığında, tuzunu dışarı kusup yüzeyi lekelemesidir (Vitruvius, 2021, s. 71).

Vitruvius (2021), ocaktan yeni çıkarılan ocak kumlarının uzun süre bekletilmeden kullanılması durumunda taş duvarlarda oldukça etkili olduğunu, fakat aynı etkinin sıvalarda görülmediğini belirtmektedir. Sıvalarda ocak kumu, kireç ve samanın bir araya gelmesiyle oluşan karışımda sıva kururken çatlama oluşurken, daha ince olan nehir kumunun kullanılmasıyla elde edilen sıvanın mukavemet kazandığı görülmektedir (Vitruvius, 2021, s. 71).

Vitruvius (2021), aynı zamanda harç ve sıvalarda kullanılacak olan kirecin özelliklerini ve kullanılması gereken kum ve kireç oranlarını belirtmiştir:

> Sıkı ve sert dokulu taşlardan yapılan kireç, taş yapılarda; gözenekli taşlardan yapılan kireç ise sıvada iyi durur. Kireci söndürdükten sonra, ocak kumu kullanılacaksa, harç için üç ölçü kuma bir ölçü kireç dökülüp karıştırılsın; nehir ya da deniz kumu kullanılacaksa, iki ölçü kuma bir ölçü kireç katılıp karıştırılsın. Çünkü harcın kıvamı için bunlar en uygun ölçülerdir. Hatta nehir ya da deniz kumu kullanıldığında üç ölçü de dövülüp elenmiş pişmiş tuğla kırığı ilave edilecek olursa, harç tam da uygun kıvamına gelmiş olacaktır (Vitruvius, 2021, s. 72).

Üretilen harcın kalitesi, kullanılacak olan agreganın oranı ve yapısı ile birlikte kirecin kum ve kırık kiremit parçalarıyla karıştırılmasında gösterilen özene bağlıdır. Bu işlem,

inşaat alanına yakın bir yerde, dövülmüş toprak bir alanda gerçekleştirilmektedir. Harcı hazırlamak için azar azar su ilave edilerek uzun saplı bir çapa yardımıyla bağlayıcı ve agregalar yavaş yavaş karıştırılmaktadır. Bu işlem karışım tamamen homojen bir görünüme sahip olana ve görünürde toprak kalmayana dek sürdürülmektedir (Şekil 2.15) (Adam, 2005, ss. 131-134).

Kireçtaşı doğada kesinlikle saf halde bulunamamaktadır, bu sebeple kireçtaşlarının bileşimi önemli ölçüde değişmektedir. Herbiri, kullanıldıkları amaçları etkileyen karakteristik özellikler taşımaktadır. Ancak sanayi devrimi ve beraberinde getirdiği ulaşımdaki gelişmelerden önce, prestijli yapıların dışındaki tüm yapılar için kireç seçimindeki en önemli faktör yerel kullanılabilirlik olmuştur. Böylece erişilebilir olandan mümkün olan en iyi şekilde yararlanılmıştır (Swallow ve Carrington, 1995, s. 10).



Şekil 2.15 : Kum, kireç ve suyun bir çapa kullanılarak karıştırılması (Adam, 2005, s. 133).

Harçların hidroliklik derecesi, geçirgenlikleri ile ilgilidir ve "hidrolik" terimi bağlayıcının su altında sertleşme kabiliyetini ifade etmektedir (Elsen ve diğ, 2012, s. 121; Stefanidou ve diğ, 2014, s. 572). Kireç başlangıçta, kireç, su ve normal kumun karıştırılmasıyla birlikte hava ile sertleşen harç olarak kullanılmıştır. Daha sonra kum yerine puzolan olarak isimlendirilen ve Pozzuoli yakınlarında bulunan volkanik kökenli kumun kullanılmasıyla harcın hidrolik özellik kazandığı keşfedilmiştir. Bu etki temelde, puzolan içinde yer alan ve yüksek yüzey alanına ek olarak amorf ve camsı yapısıyla kireçle tepkimeye giren silika (SiO_2) ve alumina (Al_2O_3) varlığından kaynaklanmaktadır (Collepardi, 1990, s. 82).

Hidrolik harçların keşfi genellikle Romalılara atfedilse de, M.Ö. 10. yüzyılda Fenikeliler ve İsraillilerin tüm hidrolik yapıları (su kemerleri, limanlar, tanklar vb.) koruyabilmek için hidrolik harç üretebilecek tekniğe sahip oldukları düşünülmektedir. İsrail kralı Süleyman'ın Kudüs'te yaptırdığı içme suyu depoları, kireç ve dövülmüş toprak karışımından elde edilen hidrolik harçla korunmaktaydı (Collepardi, 1990, ss. 82-83). Hidrolik işlerde veya hava koşullarına ve yağmur etkisine maruz kalan yapılarda puzolanın önemini anlayan Romalılardan bile önce, Yunanlılar özellikle Santorine adasından gelen volkanik külün kullanımı yoluyla puzolanı kullanmıştır (Collepardi, 1990, s. 83).

Romalılar, puzolanik malzemelerin bulunamadığı ve suda çözünmeyen bir harca ihtiyaç duyulduğu zaman, sönmüş kireç ve kırılmış seramikten oluşan bir karışım kullanmışlardır. Bu kırılmış seramikler Türkiye'de Horasan, Hindistan'da Surkhi, Arap ülkelerinde Homra ve İtalya'da Cocciopesto gibi farklı bölgelerde farklı şekillerde isimlendirilmiştir (Elsen ve diğ, 2012, s. 125). Agrega olarak kullanılan tuğla kırıklarının su ile prizlenen kireçle karıştırılmasıyla elde edilen bu harç ve sıvalar yüksek mekanik dayanıma sahip olmaları sebebiyle Antik Roma, Bizans ve Bizans sonrasında su geçirmez özellikteki su kemerleri, köprüler, hamam, tank, kuyu gibi yapılarda yaygın olarak kullanılmıştır (Bakolas ve diğ, 1998, s. 151; Böke ve diğ, 2006, s. 1115).

Sarnıçların yapımında kullanılan harçlarda düşük geçirgenlik elde etmek için yüksek hidroliklik seviyesi elde etmek gerekmektedir. Bu tip yapılardan elde edilen harçların analizi, kullanılan hammaddelerin seçiminin ve kombinasyonunun, sönmüş kireç ve bağlayıcılar için puzolanik özelliklere sahip malzemeler ve agregalar için farklı derecelerde pişmiş tuğlalar kullanıldığını ortaya koymaktadır. Söndürülmüş kireç ve tuğla kombinasyonıu, yüzyıllarca harca su geçirmezlik kazandırmak için kullanılmıştır. Kullanılan agregaların gözenekli ve köşeli yapısı ve yüzeylerinden dolayı bağlayıcı ile güçlü bir adezyon oluşmasına yardımcı olmuştur. Bu, bağlayıcı ve agregalar arasında geniş temas bölgeleri yaratmaktadır ve kireçle yüksek reaktivite sağlayarak harçlara daha yüksek hidrolik özellik kazandırmaktadır (Stefanidou ve diğ, 2014, s. 572).

2.2.2.2 Sıvalar

Sıva, hem iç hem de dış duvar yüzeylerine kaplama olarak uygulanan veya mimari süslemelerde dekoratif amaçlı kullanılan kireç, alçı veya çimento karışımlarını ifade etmektedir. Bu amaçla kullanılan en eski malzemeler kamış, hayvan gübresi veya saman, çimen gibi bitkisel malzemeler içeren veya içermeyen çamur-kil veya çamur-tebeşir karışımlarıdır (Davey, 1961, s. 112).

Mısırlılar, oyukları doldurarak ve boyanabilecek sert, pürüzsüz bir tabaka oluşturarak, güneşte kurutulmuş tuğla duvarların ve yığma duvarların yüzeyini düzleştirmek için kalsine alçıdan bir sıva kullanmıştır. Girit'te ise Erken Minos döneminin ortalarında, moloz taş duvar yüzeylerinde koruyucu kaplama olarak kireç sıva uygulanmıştır (Davey, 1961, s. 112). Yunanlılar, taş işçiliğini kaplamak için genellikle karışıma mermer tozu ekleyerek sıvadan çok yararlanmışlardır. Dor tapınakları için uygun mermer bulunamadığında çeşitli yerel ocaklardan alınan kireçtaşları kullanılmış, bu gözenekli taşlar sadece üzerindeki yarıkların doldurulması için değil, aynı zamanda yüzeylere daha fazla pürüzsüzlük ve incelik sağlamak için ince bir sıva tabakası ile kaplanmıştır (Davey, 1961, s. 113).

Romalılar, sıva karışımlarının hazırlanmasına büyük özen göstermişlerdir. Roma'da Trajan Sütunu üzerinde yer alan bir kabartmada dikdörtgen şeklinde bir karıştırma oluğu ve bu amaca yönelik kullanılan özel bir çapa ile karıştırma işlevi tasvir edilmiştir. Chelmsford'da yer alan bir Roma bölgesinde gerçekleştirilen kazılar sırasında bu tarz bir oluk keşfedilmiştir (Davey, 1961, s. 113).

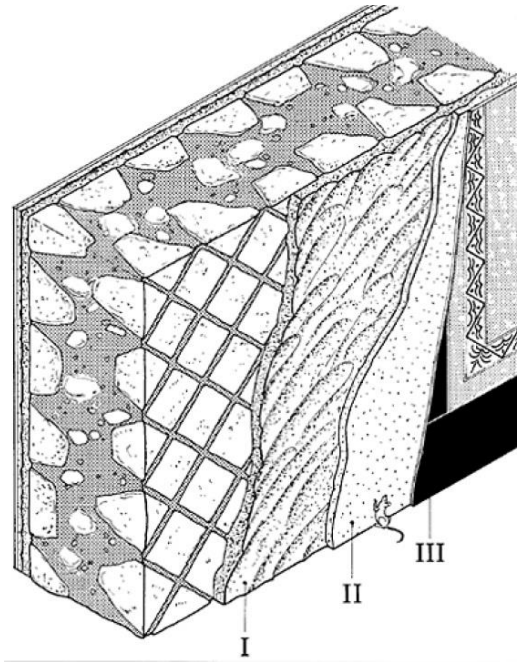
Adam (2005), Roma yapılarında sıklıkla karşılaşılan ve iç ve dış duvar yüzeylerine uygulanan 3 katmanlı kaplamayı incelemiştir (Şekil 2.16, Şekil 2.17) (Adam, 2005, ss. 442-449). Buna göre, uygulanmış olan ilk sıva tabakası belirli bir pürüzlülük seviyesini korumak için kireç ve elenmiş kumdan yapılmıştır. Yaklaşık 3 ile 5 cm arasında değişen katman kalınlığı, kaplanacak olan yüzeyin yapısına göre değişiklik göstermektedir. Sıva konusunda uzmanlaşmış olan duvar ustaları, uygulanacak olan sonraki katmanın maksimum seviyede tutunmasını sağlamak için ilk katman yüzeyinde mala ile rastgele veya sıralı çizgilerden oluşan bir kabartma oluşturmuştur. Kalınlığı ilk tabakayla aynı veya daha az olan (2-4 cm) ikinci sıva katmanı, elenmiş kumdan yapılmış daha ince bir harçla üretilmiştir. Bu yüzeye kabartma uygulanmamış fakat yüzeyin mala yardımıyla düzleştirilmesi sonucunda ince bir son katın

uygulanması mümkün olmuştur. 1-2 mm kalınlığında olabilen son katman ise genellikle dikkatli bir şekilde inceltilmiş saf kireçten yapılmaktadır. Duvarın durumu veya konumuna göre bu yüzey kendi rengini koruyacağı şekilde olduğu haliyle bırakılmakta veya dekoratif amaçlı renkli bir pigment uygulanmaktadır (Adam, 2005, s. 449).

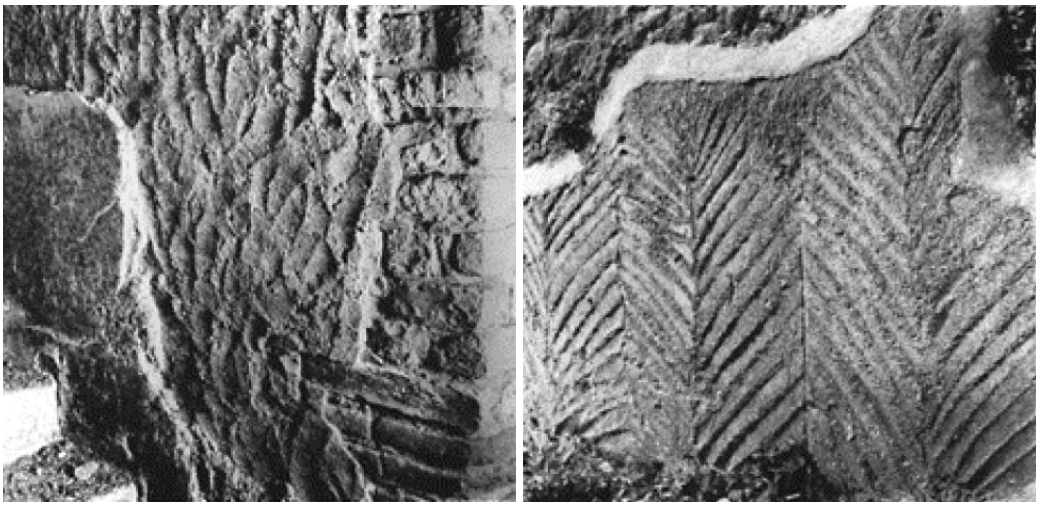
2.3 Bizans Sarnıçları

İstanbul'da tarihi yarımadanın doğu tarafındaki Byzantion'un su ihtiyacı kuyular ile küçük kaynaklardan ve sarnıçlardan sağlanmıştır. Bu bölgede ilk isale hattı Roma İmparatoru Hadrianus (117-138) tarafından yapılmıştır. Geç Roma Dönemi'nde ise Konstantinus (324-337), Valens (364-378), Theodosius I (379-395) tarafından yaptırılan isale hatları ile şehre uzak bölgelerden su getirilmiştir (Çeçen, 1996, ss. 20-22).

Bizans'a yönelik düzenlenen devamlı saldırılar esnasında su taşıyan kanalların tahrip olması sonucunda şehir içinde su temin edilmesini sağlayacak su toplama havuzlarına ihtiyaç duyulmuştur. Burada depolanan su aynı zamanda kurak mevsimlerde de şehrin su ihtiyacını karşılamıştır (Yücel, 1967, s. 17).

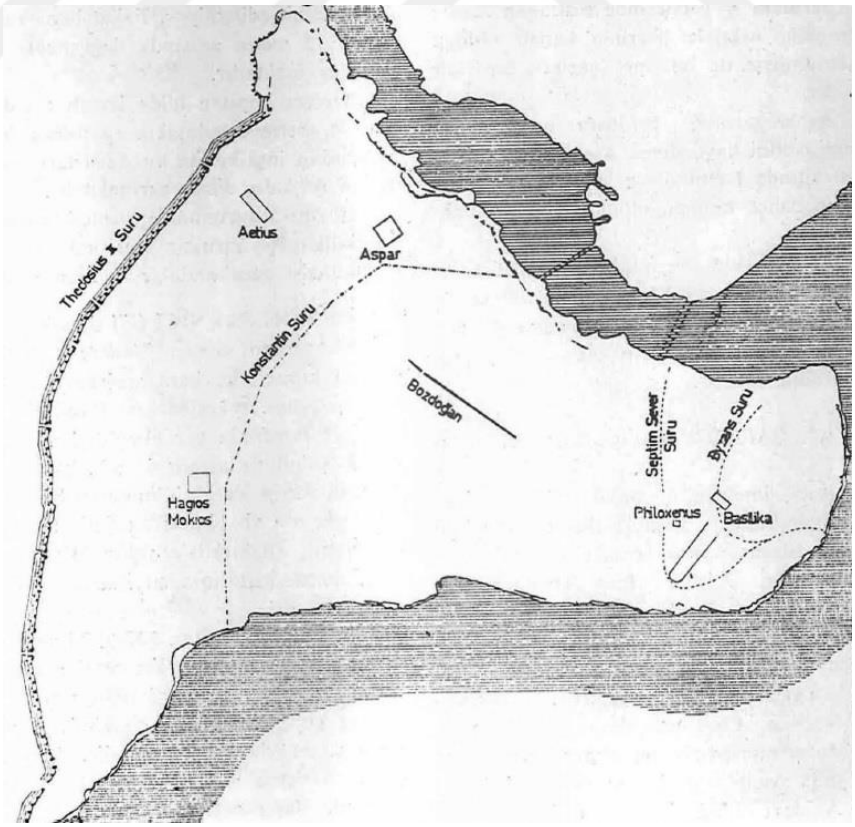


Şekil 2.16 : Yığma yapı üzerine uygulanan sıva katmanları (I-Mala ile pürüzlendirilmiş ilk sıva tabakası, II-Mala ile daha destekleyici bir yüzey oluşturmak için uygulanan daha ince ikinci sıva tabakası, III-En ince olan ve boya uygulanan üçüncü sıva tabakası (Adam, 2005, s. 445).



Şekil 2.17 : İlk sıva katmanında mala ile uygulanan tutunma izleri, Bourges (sol) ve mala ile yapılan balıksırtı kabartması, Pompeii (sağ) (Adam, 2005, s. 448).

II. Theodosius Dönemi'nde (408-450) şehir surlarının batıya doğru genişlemesiyle birlikte kente dahil olan tepelerde büyük açık sarnıçlar inşa edilmiş, nüfusun artması sonucu 5. yy sonlarından itibaren büyük kapalı sarnıçlar da yapılmıştır (Şekil 2.18). İnşa edilen bu gösterişli sarnıçlar, Bizans Dönemi başkentindeki temel kamu girişimlerinin de bir göstergesi olmuştur (Altuğ, 2013, s. 119).



Şekil 2.18 : Bizans sarnıçlarının harita üzerindeki gösterimi (Yücel, 1967, s.17).

Depolama tesisleri rezervuarlar ve sarnıçlar olarak ikiye ayrılmaktadır (Crow ve diğ, 2008, s. 125). Geç Roma Dönemi'nde açık ve kapalı sarnıçlar inşa edilmekle birlikte daha çok kapalı sarnıç yapımına ağırlık verilmişitr (Çeçen, 1996, s. 23). İstanbul'da, Bizans Dönemi'ne ait çok sayıda açık ve kapalı sarnıç bulunmaktadır (Bono ve diğ, 2001, s. 1331). Bu yapıların çoğu amaca yönelik inşa edilmiştir ve çoğunluğu Geç Antik Çağ'a, diğerleri ise Orta Bizans Dönemi'ne tarihlenmektedir (Crow ve diğ, 2008, s. 125). Bazı durumlarda mahzenler sarnıçlara dönüştürülmüştür (Öziş, 1982, ss. 11-12).

2.3.1 Kapalı sarnıçlar

Geç Roma Dönemi'nde açık ve kapalı su sarnıçları ile yapılan inşaat faaliyetlerinde zamanla sur dışından bağımsız olmak için kapalı sarnıç yapımına ağırlık verilmiştir (Çeçen, 1196, s. 23). Kapalı sarnıçlar oldukça büyük bir su kapasitesi içerecek şekilde tasarlanmıştır. Çoğu büyük ölçüde yeraltında olan sarnıçlarda yapıyı çevreleyen toprak, içindeki suyun uyguladığı dış kuvvetleri dengelemekteydi. Bununla birlikte, eğer yapı bir yamaçta inşa edilmişse ve bu nedenle kısmen toprağa gömülüyse, aşağıya bakan duvarlar payandalarla desteklenmiştir (Crow ve diğ, 2008, s. 137).

Bir sarnıcın maksimum kapasitesi için temel gösterge, su geçirmez sıvanın yüksekliğidir. Bu, birçok sarnıçtaki maksimum dolum seviyesini belirleyen havalandırma açıklıklarının yüksekliğine karşılık gelmektedir (Crow ve diğ, 2008, s. 141).

Binbirdirek Sarnıcı: Sultanahmet semtinde yer alan Binbirdirek beya Philoxenus Sarnıcı, büyük sarnıçların en eskisi olmakla birlikte İstanbul'un en büyük ikinci kapalı sarnıcıdır ve eski Bizans kaynaklarında 4. yy'a tarihlendiği belirtilmiştir (Çeçen, 1996, s. 27; Eyice, 1994a, s. 232) (Şekil V1).

Etrafı kalın bir duvarla sınırlandırılmış olan sarnıcın iç ölçüleri 64 m x 56,40 m şeklindedir. Sarnıçta 16 sıra boyunca dizili 14 sütunla toplamda 224 adet sütun bulunmaktadır (Şekil V2). Çapları 0,60-,065 m civarında olan bu sütunlar birbirine yaklaşık 90 cm genişliğinde tuğla kemerlerle bağlanmıştır (Eyice, 1994a, s. 232; Altuğ, 2013, s. 246). Üst örtüyü oluşturan 45 cm kalınlığındaki çapraz tonozlarda Yerebatan Sarnıcı'nda olduğu gibi kalıp kullanılmadan yapılan meyilli tuğla tekniği uygulanmıştır. Sütun ve başlıkların hiçbiri devşirme değildir ve sarnıç için yapılmıştır

(Altuğ, 2013, s. 127-246). Sarnıcın su depolama kapasitesi 40,000 m^3'tür (Çeçen, 1996, s. 27).

Sarnıcın çevre duvarları 2,92 m kalınlığındadır ve tuğla örgülüdür. Bu tuğlalar 4-6 cm kalınlığında ve 35-40 cm ölçülerindedir. Tuğla damgaları 5. ve 6. yüzyıllara tarihlenmektedir. Derz kalınlığı 4-6 cm'dir. Sütun başlığı alt hizasının yaklaşık 30 cm altına kadar uygulanmış olan su geçirmez sıva 3-4 cm kalınlığındadır. Sıvanın üst bitim noktalarında yer alan pencere açıklıkları sarnıcın toprak seviyesinin üzerine çıkmış olduğuna işaret etmektedir fakat günümüzde zemin kotunun altında kalması sebebiyle bu açıklıklardan yapıya güneş ışığı girmemektedir. Çevre duvarlarının köşeleri su basıncı sebebiyle yuvarlatılmıştır. (Altuğ, 2013, s. 246).

Şerefiye Sarnıcı: Binbirdirek Sarnıcı'nın batısında yer alan sarnıç, 5. yy'ın ikinci çeyreğine tarihlenmektedir (Şekil V3) (Altuğ, 2013, s. 64). Dikdörtgen plan şemasındaki yapı 23,63 m x 40,13 m ölçülerindedir ve 946 m^2'lik taban alanı ile 5100 m^3 su depolama kapasitesine sahiptir (Altuğ, 2013, s. 250; Güngör, 2017, s. 65). Sarnıcın yaklaşık 2,50 m kalınlığındaki iç duvarları tabandan itibaren 7,65 m yüksekliğinde, sütun başlıklarının hizasına kadar su geçirmez sıva ile kaplıdır. Tuğla örgülü beden duvarlarındaki 4 cm kalınlığındaki tuğlalar 35 cm x 35 cm ölçülerindedir ve 6 cm derz kalınlığı bulunmaktadır (Şekil 2.19) (Altuğ, 2013, s. 250).



Şekil 2.19 : Şerefiye Sarnıcı duvar örgüsü (URL-1).

Yelken tonozlu örtü sistemi bulunan Şerefiye Sarnıcı'nda depolanan suyun bozulmasını önlemek ve içindeki fazla suyu tahliye etmek için beden duvarlarının üst bölümünde 16 adet menfez yer almaktadır (Altuğ, 2013, ss. 76-250). 40 cm yüksekliğindeki kemerler üst örtünün ağırlığını sütunlara aktarmaktadır. Sarnıcın kısa kenarlarında dörder ve uzun kenarlarında sekizer olmak üzere yaklaşık 80 cm çapında ve ortalama 3,90 m aralıkla dizilmiş 32 adet sütun bulunmaktadır (Altuğ, 2013, s. 250).

Yerebatan Sarnıcı: Eminönü ilçesinde yer alan ve Basilika Sarnıcı olarak da bilinen yapı, I. Justinianus tarafından 6. yy'da yaptırılmıştır ve kentteki en büyük kapalı sarnıçtır (Eyice, 1994e, s. 503; Yücel, 1967, s. 20). Kayalık arazinin oyulmasıyla yapılan sarnıcın iç ölçüleri 138 m x 64,6 m şeklindedir. 12 sıra boyunca 28'er tane olmak üzere sarnıçta toplamda 336 tane sütun bulunmaktadır (Şekil V5) (Eyice, 1994e, s. 503). Beden duvarlarını oluşturan tuğlalar 33-37 cm ölçülerinde, 4-5 cm kalınlığındadır ve derz kalınlıkları 6-7 cm'dir. Bu duvarların köşeleri suyun basıncına karşı yuvarlatılmıştır (Altuğ, 2013, s. 194). Sarnıcın duvarlarında kemer başlangıç seviyesine kadar uygulanmış olan 3-5 cm kalınlığında su geçirmez harç tabakası yer almaktadır (Eyice, 1994e, s. 503).

Sütunlar tuğla kemerleri ve bu kemerlerin desteklediği tonozları taşımaktadır (Şekil V6) (Eyice, 1994e, s. 503). Meyilli tuğla tekniği ile yapılmış olan çapraz tonozlar kalıp kullanılmadan uygulanmıştır (Altuğ, 2013, s. 121). Sarnıcın üstünde Bizans Dönemi'nde yoğun bir yerleşme olmuş ve buradaki evlerden tonoz üzerinde açılan deliklerden su çekilmişitr (Eyice, 1994e, s. 503).

2.3.2 Açık sarnıçlar

Şehir dışından galeriler aracılığıyla gelen suları toplayarak depolayan ve buradan şehrin su dağıtım şebekesine ulaştıran toplama havuzlarının plan şemaları arazinin yapısına göre şekillenmiştir (Altuğ, 2013, s. 52). Açık su sarnıçları, suyun duvarlara uyguladığı basıncı azaltarak yıkım oluşmasını önlemek için şehrin yüksek bölgelerinde arazi içine gömülerek inşa edilmiştir. Blok taş, tuğla ve horasan harç kullanılarak örülen duvarların iç yüzeyleri tuğla, mermer parçaları, kireç ve keten yağı içeren özel bir harç ile sıvanmıştır (Yücel, 1967, s. 17).

Açık sarnıçların yapısı, içlerinde depolanan suyun kapalı sarnıçlarda depolanan sudan çok daha az temiz olacağı anlamına gelmektedir. Bu nedenle, rezervuarlardan gelen suyun halka açık çeşmeler için tasarlanmış olması muhtemel değildir ve genellikle

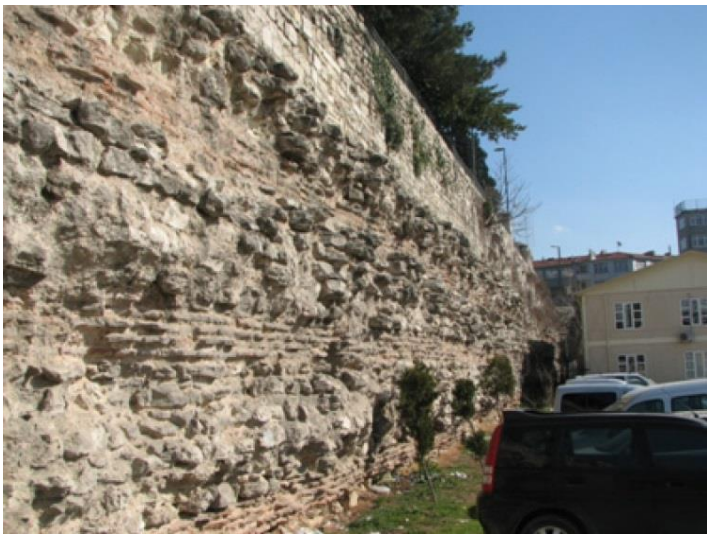
endüstriyel ve tarımsal amaçlar için kullanıldıkları düşünülmektedir. Konstantin Surları ile Theodosius Kara Surları arasındaki alanın büyük bir kısmının sebze yetiştirmeye ayrılmış olması, burada yer alan Aetius, Aspar ve Mokios Sarnıçları'nın tarım amaçlı kullanıldığı düşüncesini desteklemektedir (Crow ve diğ, 2008, s. 129). Valens isale hattının tahrip olduktan sonra onarım geçirdiği 626 ve 765 yılları arasında bu sarnıçların kullanım dışı kaldığı düşünülmektedir (Altuğ, 2013, s. 120).

Aetius Sarnıcı: Karagümrük Çukurbostanı olarak da bilinen sarnıç, 421 senesinde Beşinci Tepe üzerinde inşa edilmiştir (Altuğ, 2013, s. 46). 1960 senesinden itibaren stadyum olarak kullanılan sarnıç 244 m x 85 m ölçülerinde dikdörtgen plan şemasına sahiptir (Şekil V7-V8) (Altuğ, 2013, ss. 120-121). Biriken toprak sebebiyle zemin kotu net bilinemeyen sarnıcın 10-15 m derinlikte olduğu düşünülmektedir (Eyice, 1993, s. 86). Sarnıç, 20,700 m^2'lik bir alanı kaplamaktadır (Altuğ, 2013, s. 49). Yapının duvar kalınlığı 5,20 m'dir ve üzerinde tuğla hatıllar yer almaktadır (Eyice, 1993, s. 86; Yücel, 1967, s. 18). Duvarın üst üste sıralanan dört dizi tuğla ve on iki dizi küçük moloz taş ile örüldüğü görülmektedir (Şekil 2.20) (Yücel, 1967, s. 18).



Şekil 2.20 : Aetius Sarnıcı duvar örgü sistemi (Altuğ, 2013, s. 56).

Aspar Sarnıcı: Çarşamba Çukurbostanı olarak da bilinen sarnıç 5. yy'da Beşinci Tepe üzerinde inşa edilmiştir. Kare planlı olan sarnıç 152 m x 152 m ölçülerinde ve 11 m derinliktedir (Altuğ, 2013, ss. 120-121). Yapı 23,100 m^2'lik bir alan kaplamaktadır (Altuğ, 2013, s. 49). Duvar kalınlığı 5,20 m'dir ve 5 tuğla ile 5 küçük taş dizisinden meydana gelen bir örgü sistemi bulunmaktadır (Şekil 2.21) (Yücel, 1967, s. 18).



Şekil 2.21 : Aspar Sarnıcı duvar örgü sistemi (Altuğ, 2013, s. 56).

Sarnıcın kuzey köşesine sonraki dönemlerde yarım kubbeli silindirik bir kule eklenmiştir. Kuledeki taş-tuğla almaşık işçiliği hizasının sarnıç duvarlarıyla uyumlu olmaması bu bölümün sonradan eklendiği düşüncesini desteklemektedir. Kulenin su basıncını düşürmek için ilave edilen bir su alma kulesi olduğu düşünülmektedir (Altuğ, 2013, ss. 81-82).

Yapıya inişi sağlayan özgün merdivenler, sarnıcın düzenli olarak temizlenmesini ve aynı zamanda içinde yer alan sudan faydalanılmasını sağlamıştır (Altuğ, 2013, s. 87). Bizans İmparatorluğu'nun son dönemlerinde önemini yitiren sarnıcın içine fetihten kısa bir süre sonra evler inşa edilmiş, 16. yüzyılda ise küçük bir cami yapılmıştır (Yücel, 1967, s. 18).

Mokios Sarnıcı: Yedinci Tepe'nin en yüksek noktasında konumlanan sarnıç, Anastasius Dönemi'ne (491-518) tarihlendirilmektedir (Altuğ, 2013, s. 46). Kentin üçüncü ve en büyük su sarnıcı olan Mokios Sarnıcı, 24,900 m^2'lik bir alan kaplamaktadır ve yaklaşık 300,000 m^3 su depolama kapasitesine sahiptir (Altuğ, 2013, ss. 49-52). 170 m x 147 m ölçülerinde dikdörtgen planlı olan sarnıcın duvar kalınlığı 6 m, derinliği ise yaklaşık 12 m'dir (Altuğ, 2013, s. 121; Eyice, 1994c, s. 482). Duvarlarında beş sıra tuğla hatıl yer almaktadır ve içleri moloz taş dolgudan oluşmaktadır (Şekil 2.22) (Eyice, 1994c, s. 482). İri taş bloklardan oluşan duvarların ortasından iki kalın slime geçmektedir (Yücel, 1967, s. 18).

19. yy sonlarında yapının içinde iki kuyu tespit edilmiştir. Mokios Sarnıcı, Bizans Dönemi'nde bostan olarak kullanılmış, bu durum fetihten sonra da devam etmiştir (Eyice, 1994c, s. 482).



Şekil 2.22 : Mokios Sarnıcı duvar örgü sistemi (Altuğ, 2013, s. 57).

Fildamı Sarnıcı: Hebdomon Sarnıcı olarak da bilinen yapı İstanbuıl surları dışında yer almaktadır. Fetihten sonra padişahın filleri için ahır olarak kullanılması sebebiyle Fildamı ismini almıştır (Yücel, 1967, s. 18). İçinde saray da bulunduran Hebdomon Mahallesi için su sağlamıştır (Eyice, 1994b, s. 318).

127 m x 76 m ölçülerinde dikdörtgen plan şemasına sahip olan sarnıcın derinliği 11 m'dir (Yücel, 1967, s. 18). Fildamı Sarnıcı 9,600 m^2'lik kapladığı alan ile açık su sarnıçları arasında en küçük ölçülere sahip olan yapıdır (Altuğ, 2013, s. 49). Sarnıcın duvar kalınlığı 4 m'den fazladır (Eyice, 1994b, s. 318). Taş tuğla almaşık işçiliği görülen sarnıcın duvar örgüsünde 5 sıra tuğla ve kaba yonu taş dizisi bulunmaktadır (Şekil 2.23) (Yücel, 1967, s. 18).



Şekil 2.23 : Fildamı Sarnıcı doğu duvarındaki örgü sistemi (Savaş, 2009, s. 60).

Fildamı Sarnıcı, surların dışında yer alması ve cepheye sahip olması sebebiyle şehir içinde toplanan diğer üç açık sarnıçtan ayrılmaktadır (Eyice, 1994b, s. 318).

3. MERYEMLİK'TEKİ SU YAPILARININ DUVAR YAPIM TEKNİKLERİ

Antik dönemde Kilikya bölgesi Adana ilini, batıda Mersin ve Antalya ile Isparta illerinin bir bölümünü, kuzey yönünde Konya, Karaman, Niğde, Kayseri illerini, doğu yönünde Osmaniye, Hatay, Kahramanmaraş, Gaziantep ve Şanlıurfa'nın büyük bir bölümünü içeren geniş bir coğrafyayı içine almaktadır (Ünal ve Girginer, 2007, s. 15). Cilicia (Kilikya) batıda Pamphylia'dan Melas Nehri (Manavgat), doğuda Suriye'den Amanos Dağları (Nur Dağları) ile ayrılmaktadır ve kuzey sınırlarını Toros Dağları oluşturmaktadır. Klasik dönemde Kilikya'nın iki bölgeye ayrıldığı düşünülmüştür. Daha zengin ve popüler olan doğu bölgesi Kilikya Ovası'nı içermektedir ve Cilicia Pedias olarak bilinmektedir. Kilikya'nın batı bölümü ise dağlık bir bölgedir ve Toros etekleri ile Akdeniz arasında yer alan bu yer Cilicia Tracheia (Taşlık Kilikya) olarak bilinmektedir (Hill, 1996, s. 3).

Taşlık Kilikya bölgesindeki tek önemli nehir, kuzeybatı yönünden gelen Kalykadnos (Göksu)'tur. Yıllar boyunca yer altında bulunan nehrin suyu, zaman içinde vadinin çökmesine sebep olarak yüksek kanyonlar meydana getirmiştir. Nehir suları ile taşınan toprak, nehrin ağız kısmında bölgede tarım için bereketli olan tek ovayı oluşturmuştur. Ovanın içinde yer aldığı kent ise Kilikia Seleukeiası (Silifke)'dır (Lloyd, 1998, s. 217). Silifke, coğrafi konumu sebebiyle Dağlık Kilikya'nın merkezi olmuştur (Mansel, 1943, s. 4).

Aya Tekla (Meryemlik) Ören Yeri'nin kalıntıları Silifke'nin 2 km güneyinde yer almaktadır (Hill, 1996, s. 208). Paul'un öğrencisi olan ve hıristiyanlığı yayma konusunda etkili olan Aya Tekla, 5. yy'da hıristiyan aleminde önemli bir azize konumuna gelmiştir (Mansel, 1943, ss. 12-13). Meryemlik, erken hıristiyanlık döneminde bölgedeki en popüler hac merkezlerinden biri olmuş, Anadolu ve Akdeniz dünyasının her yerinden hacılar tarafından ziyaret edilmiştir (Herzfeld ve Guyer, 1930; Davis, 2008, s. 36). Silifke'den Aya Tekla'ya doğru açılan kayadan oyulmuş antik yolun izleri günümüzde de okunabilmektedir (Polat, 2004, s. 6). Bu yol günümüzde trafik yolu olarak kullanılmaktadır ve ören yerinin güneyine doğru devam ederek

yerleşimi ikiye bölmektedir. Yerleşimde kiliseler, sarnıçlar ve bir hamam yapısı ile birlikte nekropoller bulunmaktadır.

Tekla'nın hikayesi ilk olarak 2. yüzyılın sonlarına tarihlenen ve yazarı bilinmeyen Acts of Paul and Thecla isimli yapıtta yer almaktadır (Ayteş Canevello, 2004, ss. 260; Davis, 2008, s. 6). Havarilerden Paul'un kaçarak Iconium (Konya)'a gelmesi ile başlayan hikayede, Paul'un verdiği bir vaaz esnasında Tekla da buradaki dinleyicilerden biridir. Paul'un konuşmalarından çok etkilenen Tekla, Paul ile birlikte birçok kente gider. En son Silifke'ye gelerek burada senelerce halka vaazler verdikten sonra sonsuz bir uykuya dalmaktadır (Ayteş Canevello, 2004, s. 262; Eyice, 1962, ss. 1-6). Tekla efsanesinin bazı Yunanca versiyonlarında ise Tekla'nın gerçekleştirdiği mucizevi tedavilerden rahatsız olan bazı hekimler, Tekla'nın peşine adamlar gönderir. Tekla, bu adamların eline geçmek üzereyken mağaradaki kayanın yarılması ile birlikte yerin derinliklerinde kaybolur (Eyice, 1962, s. 6).

Tekla'nın Meryemlik'teki mağarada yaşadığı dönemde mucizevi tedaviler gerçekleştirdiği bilinmektedir (Eyice, 1962, ss. 15-16). Seleucia (Silifke) piskoposu Basilios tarafından yazılmış olabileceği düşünülen, İsa'nın Azize ve Martyri, Thecla'nın Yaşamı ve Mucizeleri isimli eserde, Aya Tekla tarafından gerçekleştirilen kırk altı tane mucizeden bahsedilmektedir (Ayteş Canevello, 2004, ss. 261-265). Farklı yerlerden gelen hasta ve üzgün kişiler, Tekla sayesinde şifa bulmuş, hastalıklardan kurtulmuş ve buradan sağlıklı bir şekilde ayrılmıştır (Taşkıran, n.d., s. 187). Tekla'nın şifalı mucizevi su kullanarak insanları ve hayvanları iyileştirmesi ile birlikte, su bölgede temel yaşam kaynağı olmanın yanında şifa kültünün de önemli bir bileşeni haline gelmiştir (Almaç, 2017, s. 59; Ayteş Canevello, 2004, ss. 265-266). Bölgede bulunan sarnıçlar bu durumun bir göstergesidir (Mansel, 1943, s. 15).

Kendisi de bir hacı olan Egeria, M.S. 4. yüzyılda bölgeyi ziyaret etmiştir. Egeria, günlüğünde tepe üzerine kurulmuş olan bir kiliseden ve bu kilisenin içinde Tekla'nın mezarının yer aldığından bahsetmektedir (Ayteş Canevello, 2004, s. 263). Yerleşim, Egeria'nın tasvirine dayanarak 4. yy'a tarihlendirilmiştir (Hill, 1996, s. 208). 1907 senesinde Meryemlik'e gelerek çalışmalarda bulunan Herzfeld ve Guyer, bölgedeki pekçok yapının dönemini 5. yüzyıl olarak belirtmiştir (Herzfeld ve Guyer, 1930).

Günümüzde sadece apsis bölümünün güney yarısının bir kısmı ayakta kalan Aya Tekla Bazilikası Meryemlik alanına hakim durumdadır. Bazilika, 5. yüzyılın ikinci yarısında

Yer Altı Kilisesi'nin üzerine inşa edilmiştir. Herzfeld ve Guyer tarafından 1907 senesinde kazı çalışmaları yapılmış olan bazilika bu dönemde yağmacılıktan büyük ölçekte muzdarip bir durumdadır (Hill, 1996, s. 217). Yapının en dikkat çekici özelliği

81 m x 43 m olarak ölçülmüş boyutlarıdır (Hill, 1996, s. 220). Hill, burada daha önce 4. yüzyıla tarihlenen başka bir Aya Tekla Kilisesi olduğundan, daha sonra onun yerine yapılan 5. yüzyıl bazilikasının ise İmparator Zeno'nun Meryemlik'e bağışının bir parçası olduğundan bahsetmektedir (Hill, 1996, s. 35).

Yer Altı Kilisesi, 5. yy yapısı olan Aya Tekla Bazilikası'nın güney koridorunun doğu yarısının altında yer almaktadır (Hill, 1996, s. 214). Herzfeld ve Guyer, kiliseyi 4. yüzyıla tarihlendirmiştir (Herzfeld ve Guyer, 1930). Hill, Yer Altı Kilisesi'nin 4. yüzyıl kilisesinin olduğu dönem bu kilisenin zemininden görünebilen bir kripta olarak kullanılmış olması gerektiğini belirtmiştir (Hill, 1996, s. 215). Üç adet dorik sütunla nef ve koridorlara ayrılan kilise 12 m x 18 m ölçülerine sahiptir (Polat, 2004, s. 7). Herzfeld ve Guyer, bu sütunların helenistik bir yapıdan gelmiş olduğunu düşünmüştür (Herzfeld ve Guyer, 1930). Aya Tekla efsanesinde Tekla'nın Meryemlik'teki en eski yapı olan bu mağarada yaşadığı ve toprağın derinliklerine doğru burada kaybolduğu anlatılmaktadır (Eyice, 1962, ss. 15-16).

Yerleşimde yer alan diğer bir kilise Kubbeli Kilise'dir. Yapı 78 x 35 m ölçülerindedir (Hill, 1996, s. 226). Bazilikal plan şemasına sahip olan ve içeride 3 neften oluşan kilisede, ana nef karakter ve boyut olarak birbirinden farklı iki bölüme ayrılmıştır (Herzfeld ve Guyer, 1930). Kompleksin batı ucunda yarı dairesel bir ön avlu bulunmaktadır (Hill, 1996, s. 227). Kilisenin yapımında kireçtaşı bloklar kullanılmıştır. Bölgede bulunan kalıntılar, Kubbeli Kilise'nin de en az Aya Tekla Bazilikası kadar zengin bir şekilde dekore edildiğine işaret etmektedir (Herzfeld ve Guyer, 1930). Kilisenin nasıl bir örtü sistemine sahip olduğu üzerine farklı görüşler bulunmaktadır (Hill, 1996, s. 214). Herzfeld ve Guyer, kilisede herhangi bir tuğla kalıntı bulunmaması sebebiyle tüm tonoz ve kubbelerin kireçtaşı bloklardan yapıldığını düşünmüştür (Herzfeld ve Guyer, 1930).

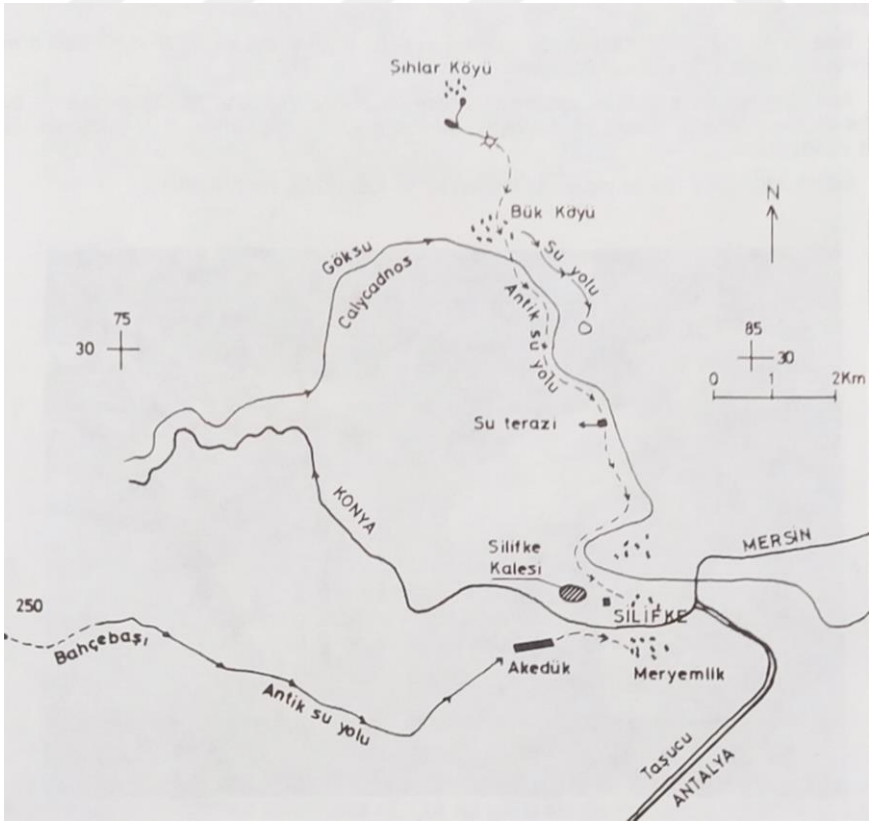
Yerleşimde bulunan diğer kilise Kuzey Kilise'dir. Günümüzde izleri oldukça zor okunan kilise, Silifke'den gelen yolun yüksekliğe ulaştığı noktada, alanın kuzey ucunda yer almaktadır. Herzfeld ve Guyer, bazilikal plana sahip olan kilisenin 5.

yüzyılda Kubbeli Kilise'nin yapımından biraz sonra yapılmış olabileceğini düşünmüş ve yapının 60 m x 30 m ölçülerinde olduğunu belirtmiştir (Herzfeld ve Guyer, 1930).

Kubbeli Kilise'nin hemen batısında bir hamam yapısı yer almaktadır. Hill, bu yapının kilise ile aynı zamanda yapılmış olabileceğini düşünmüş ve yığma kubbesi olduğunu belirtmiştir (Hill, 1996, ss. 15-226).

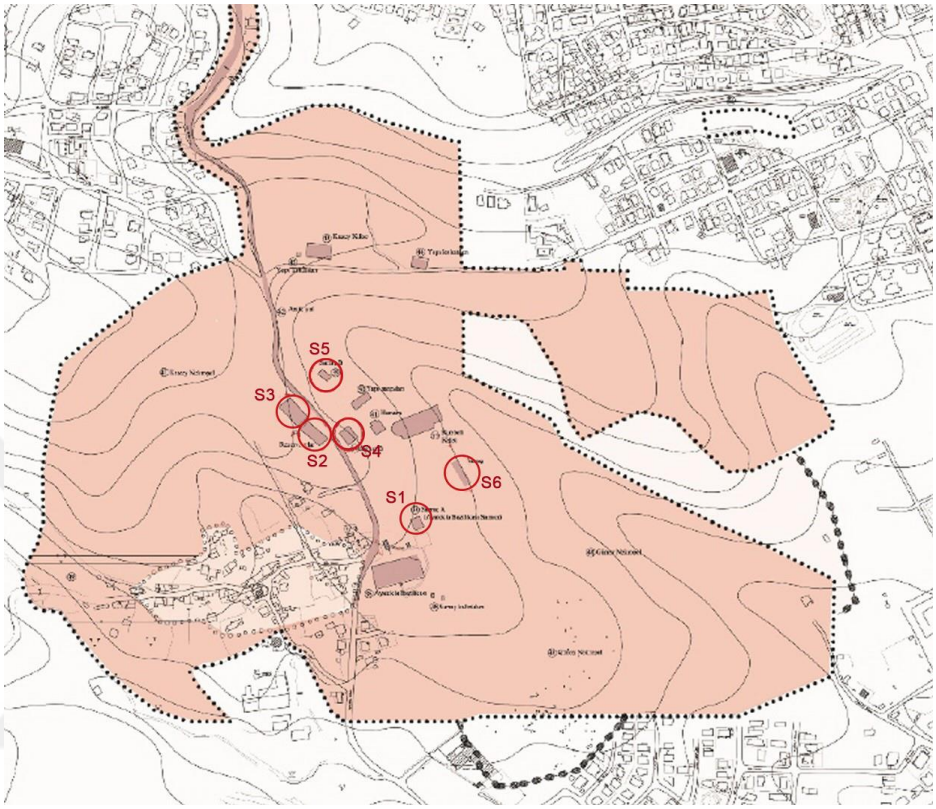
Yerleşimin kuzey ve güneyinde iki nekropol bulunmaktadır. Kuzey nekropol Aya Tekla Bazilikası apsisinin yaklaşık 300 m kuzeybatısında yer almaktadır. Güney nekropol ise apsisin 200 m doğu-güneydoğusundan başlayarak ören yerinin güneyine doğru uzanmaktadır. Ana kayacın oyularak oluşturulduğu mezarların bulunduğu güney nekropolde toplam 70 mezar yeri tespit edilmiştir (Almaç ve diğ, 2020, ss. 138-139).

İki önemli tarihi su yolu Silifke'ye su taşımaktadır. Bunlardan ilki Seleucos Krallığı veya Roma Dönemi'nden kalan ve Göksu Nehri'nden su taşıyan Taşdöşeme Suyolu'dur. İkincisi ise Bizans Dönemi'nden kalan ve hat boyunca akedük ve kanal kalıntıları bulunan Bahçebaşı Suyolu'dur. Tekir Anbarı ve Meryemlik, Bahçebaşı Suyolu ile gelen suyla beslenmektedir (Şekil 3.1) (Bildirici, 1994, ss. 411-413).



Şekil 3.1 : Silifke kenti tarihi su yolları

Yerleşimde tez kapsamında incelenen 6 sarnıç bulunmaktadır. Bunların dört tanesi kapalı sarnıç olup (S1, S4, S5 ve S6) alanı ikiye bölen yolun doğusunda yer almaktadır. Diğer ikisi ise açık sarnıçlar olup (S2 ve S3) yolun batısında konumlanmıştır[2] (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Ayatekla (Meryemlik) arkeolojik sit alanında yer alan su yapıları (Ayatekla (Meryemlik) Yüzey Araştırması arşivi).

3.1 Kapalı Sarnıçlar

Yerleşimin doğusunda yer alan kapalı su sarnıçları zaman içinde pek çok hasar görmüştür fakat bu yapılarla ilgili duvar yapım tekniği, malzeme ve strüktür konusunda gözlem yapmak mümkündür.

Kapalı su sarnıçlarından günümüze en iyi durumda ulaşmış olanı Aya Tekla Bazilikası'nın hemen kuzeydoğusunda yer alan Aya Tekla Bazilikası Sarnıcı'dır (S1 Sarnıcı). Beden duvarları, kolonları ve üst örtüsü ile günümüze ulaşabilmiş olan yapıya dair pekçok detay okunabilmektedir. Asfalt yolun hemen kenarında yer alan S4 Sarnıcı

[2] Ayatekla Ören Yeri su yapıları isimlendirilirken 2009 senesinde Ina Eichner ve Vasiliki Tsamakda editörlüğünde yayınlanmış olan *Syrien und seine Nachbarn von der Spatantike bis in die islamische Zeit* kitabında yer alan ve Urs Peschlow tarafından yazılmış olan "Die Zisternen von Meriamlik. Fragen zu Bau- und Mauertechnik im Bezirk von Ayatekla" başlıklı yazı referans alınmıştır.

bir önceki sarnıç kadar iyi durumda olmamakla birlikte beden duvarları ve günümüze ulaşmış kolonları ile birlikte yapım sistemine dair bilgiler sunmaktadır. Yerleşimin kuzeyinde yer alan ve S4 Sarnıcı'nın da kuzeyinde konumlanan S5 Sarnıcı yerleşimdeki en küçük ölçülere sahip olan sarnıçtır. Örtüsü yıkılmış olan sarnıcın duvar yapım sistemi okunabilmektedir. Son kapalı sarnıç olan S6 Sarnıcı Kubbeli Kilise'nin güneydoğusunda konumlanmıştır. İnce uzun dikdörtgen bir plan şemasına sahip olan sarnıçta diğer su sarnıçlarından farklı bir duvar örgü tekniği kullanılmıştır.

3.1.1 S1 sarnıcı

S1 Sarnıcı ören yerini ikiye bölen asfalt yol üzerinden girişin 45 m ilerisinde, Aya Tekla Bazilikası'nın kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 3.2). Sit içerisinde üst örtüsüyle birlikte günümüze en iyi durumda ulaşabilmiş olan sarnıçtır (Şekil 3.3). Yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş olan sarnıçta çift cidarlı duvar örgü sistemi uygulanmıştır. Yapı iç mekanda yaklaşık 12,19 m x 14,10 m ölçülerinde dikdörtgen plan şemasına sahiptir (Polat, 2004, s. 21). Uzun kenarlar kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda konumlanmıştır ve bu kenarlara paralel iki sıra halinde dizilmiş dörder sütun mekanı üç nefe ayırmaktadır (Şekil 3.4). Her bir nef kesme taş tonoz ile örtülüdür (Şekil 3.4). İç mekanda oluşan toprak dolgu sebebiyle özgün zemin kotu bilinmemektedir.



Şekil 3.3 :S1 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017).



Şekil 3.4 :S1 Sarnıcı batı nefinin güneyden görünüşü.

Aya Tekla Bazilikası Sarnıcı'nda kullanılan ana malzeme taştır. Işıl Polat tarafından hazırlanan yüksek lisans tezi kapsamında alınan örneklerin incelenmesi sonucunda yapıda kullanılmış olan duvar, tonoz, sütun ve kemer taşlarının kireç taşı olduğu tespit edilmiştir. Taş örnekleri bölgede sıklıkla karşılaşılan Miyosen yaşlı kireç taşlarına ait olmakla birlikte, boşluk oranları, içerdikleri fosil, kil ve kayaç parçaları oranları arasında farklılıklar bulunmaktadır (Polat, 2004, s. 24).

Yapının doğu cephesi vadiye doğru bakmaktadır (Şekil 3.5). Duvarın toprak kotu altında kalan bölümünde çift cidarlı olduğu görülmektedir (Şekil A1, Şekil A2, Şekil A3). Yaklaşık 60 cm kalınlığındaki iç cidarı oluşturan tuğla örgülü duvar, dış cidarı oluşturan blok taş duvara bitişik konumlandırılmıştır (Şekil 3.6). İç cidar tuğla ve iyi dayanımlı, beyaz bir örgü harcı ile örülmüştür (Şekil 3.7). Kullanılan tuğlalar yaklaşık

35 cm x 16 cm boyutlarında ve 4 cm kalınlığındadır ve derz kalınlıkları ile tuğla kalınlıkları birbirine eşittir (Polat, 2004, s. 25). İç cidarda duvar içine gömülü olan üçer ayak üzerine yerleşen 4 adet kemer bulunmaktadır ve bu kemerlerin araları da tuğla ve örgü harcı ile örülmüştür. Tuğla duvar örgüsünün bittiği kotta bu duvara yerleşmiş olan kemerlere ait kemer taşı bulunmaktadır. Kemer taşının üzerinde yer alan silmeyi ise kesme taş tonoz örtü takip etmektedir (Şekil 3.8). Tonozları oluşturan kesme taş örgü ile dış cidarı oluşturan kesme taş blokların arası, +4.22 kotundan itibaren tonozun üst noktasına kadar moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek ile doldurulmuştur (Şekil 3.9). Dolgu üzerine oturan taş bloklarla birlikte yapı üzerinde düz bir çatı elde edilmiştir. +4.90 kotunda bu duvarın kalınlığı yaklaşık 165 cm'dir. Tonoz örtüye ait kesme taş 60 cm, çekirdek bölümü yaklaşık 55 cm ve iri kesme taş bloklardan meydana gelen dış cidar 40 cm kalınlığındadır. Aralarında örgü harcı bulunan kesme taşların yüksekliği 40-45 cm arasında, genişlikleri ise 45-105 cm arasında değişkenlik göstermektedir. İki cidar arasında yer alan çekirdek bölümünde ise moloz taş ile birlikte dayanımı çok yüksek, beyaz renkli ve iri agregalı bir harç kullanılmıştır. Doğu cephesinin kuzey bölümünde iç duvar yüzeyine silmenin başladığı kota kadar tuğla kırıklı, 2 katmanlı ve yüksek dayanımlı horasan sıva uygulanmıştır (Şekil 3.7). Toplamda 3.5 cm kalınlığında olan sıva tabakasında duvar yüzeyine uygulanan ilk sıva 2.5 cm, ikinci sıva ise 1 cm kalınlığındadır.

En çok bozulmaya uğramış olan güney cephesinin batı bölümü tamamen yıkılmıştır (Şekil 3.10). Orta ve doğu nefe bakan bölümlerde ise duvarın dış cidarına ait iri blok taşlar parça parça görünmekteyken çekirdek katmanı ise yok olmuştur. 75 cm kalınlığındaki iç cidar, yıkılmış olan tonoza ait kemer izinin bulunduğu kota kadar tuğla ve örgü harcından oluşmaktadır (Şekil 3.11). Tuğla genişlikleri 32-40 cm arasında farklılık göstermektedir. Tuğla yükseklikleri 4 cm olup, derz yüksekliği ile aynıdır. Duvar yüzeyinde doğu cephesinin güney bölümünde olduğu gibi 4 katmanlı tuğla kırıklı ve toplamda 6 cm kalınlığında olan horasan sıva bulunmaktadır. Birinci sıva tabakası 3 cm, geri kalanlar 1 cm kalınlığındadır. İlk iki sıva katmanı son iki sıva katmanına kıyasla daha yüksek dayanımlıdır. İkinci sıva tabakasının yüzeyinin üst sıvaya daha iyi tutunması için pürüzlendirildiği görülmektedir (Polat, 2004, s. 26) (Şekil 3.12, Şekil A.4, Şekil A.5).



Şekil 3.5 :S1 Sarnıcı doğu cephesi.



Şekil 3.6 :S1 Sarnıcı doğu cephesinde toprak kotu altındaki duvar katmanları.



Şekil 3.7 :S1 Sarnıcı doğu iç duvarının kuzey bölümü.



Şekil 3.8 :S1 Sarnıcı doğu nefini örten kesme taş tonoz örtü.



Şekil 3.9 :S1 Sarnıcı doğu cephesinde toprak kotu üzerindeki duvar katmanları.



Şekil 3.10 :S1 Sarnıcı güney cephesi.



Şekil 3.11 :S1 Sarnıcı güney iç duvarının doğu bölümü.

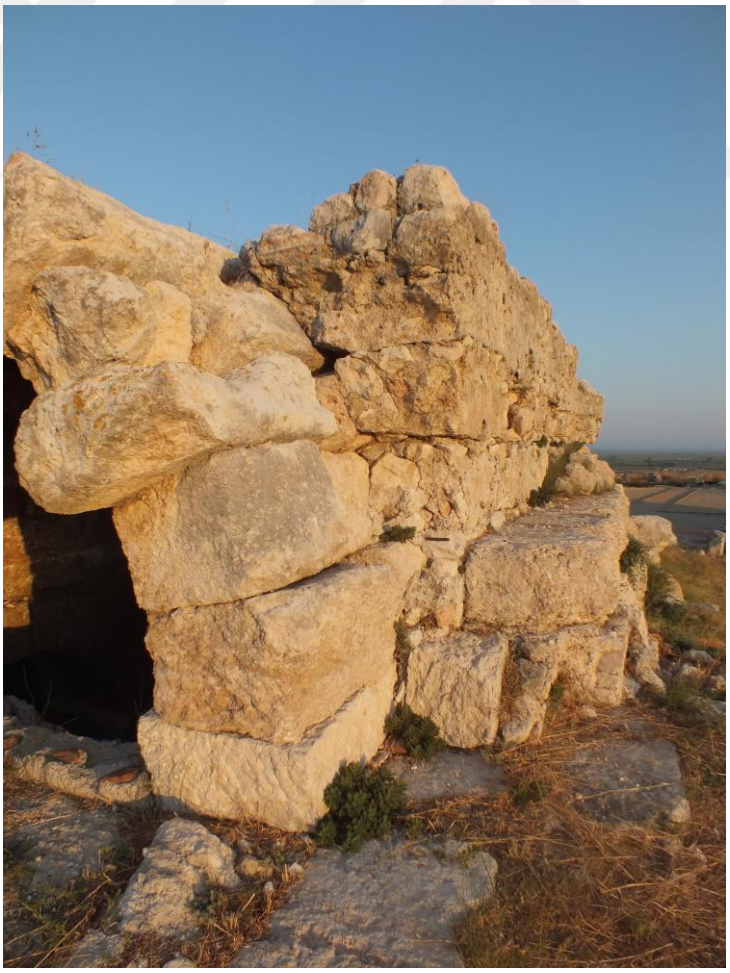


Şekil 3.12 :S1 Sarnıcı güney iç duvar yüzeyindeki sıva katmanları.

Batı cephesinde 65 cm kalınlığındaki dış cidarı oluşturan kesme taş bloklar doğu cephesindeki gibi zemin seviyesine yakın alt kotlarda korunmuştur (Şekil 3.13). Cephenin üst kotlarında kesme taş bloklardan sonra moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek bölümü görülmektedir (Şekil 3.14). Tuğla ve örgü harcından oluşan iç cidar 70 cm kalınlığındadır. Duvara gömülü olan ve taş kullanılarak oluşturulan kemerlerin arasında tuğla örgünün yanısıra yer yer tuğla taş almaşık örgü kullanıldığı da görülmektedir (Şekil 3.15). İç cidar yüzeyinde tuğla kırıklı horasan sıva uygulanmış fakat büyük oranda yok olmuştur (Şekil 3.16).



Şekil 3.13 :S1 Sarnıcı batı cephesi.



Şekil 3.14 :S1 Sarnıcı batı cephesindeki duvar katmanları.



Şekil 3.15 :S1 Sarnıcı batı iç duvarındaki tuğla taş almaşık örgü.



Şekil 3.16 :S1 Sarnıcı batı iç duvarı.

Kuzey cephesinde dış cidarı oluşturan kesme taş blok örgü büyük oranda kaybolmuştur, cephenin orta ve batı nefe bakan bölümünde toprak kotunda izi görülmektedir (Şekil 3.17). İç cidarda tuğla örgü bulunmaktadır ve duvar yüzeyine tuğla kırıklı horasan sıva uygulanmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.17 :S1 Sarnıcı kuzey cephesi.



Şekil 3.18 :S1 Sarnıcı kuzey iç duvarının orta nefe bakan bölümü.

3.1.2 S4 sarnıcı

Kubbeli Kilise'nin batısında yer alan S4 Sarnıcı, bölgedeki kapalı sarnıçların en büyüğüdür. Alanı ikiye bölen asfalt yolun hemen yakınında, açık sarnıçların 15 m doğusunda yer almaktadır. Sarnıç, 3 sütun dizisiyle oluşan 4 nefli bir düzene sahiptir

ve 11 m x 18 m ölçülerinde dikdörtgen planlıdır (Almaç, 2015, s. 291) (Şekil 3.19). Uzun duvarlar kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda konumlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.19 :S4 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017).

Yapı eğimli bir arazide konumlanması sebebiyle yapım esnasında ana kayaç oyulmuş ve duvar örgüsü bu kayaç üzerine oturtulmuştur. Yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş olan sarnıçta çift cidar örgüsü bulunmaktadır. Batı duvar kalıntısının gözlemlenebildiği üst kota yakın bir seviyede olan toprak kotu yapının doğu cephesine doğru azalmaktadır.

Yapının kuzey cephesinde çift cidarlı bir örgü sistemi bulunmaktadır ve duvarın toplam kalınlığı 180 cm'dir. Tuğla ve örgü harcından oluşan iç cidar yaklaşık 131 cm yüksekliğindeki bölümü görülen ana kayaç üzerine oturmaktadır ve katman kalınlığı yaklaşık 65 cm'dir (Şekil 3.20). 60 cm kalınlığındaki dış cidar, iri kesme taş bloklar ve bu bloklar arasında yer alan beyaz-krem renkli örgü harcından oluşmaktadır (Şekil 3.21). İç ve dış cidar arasında ise moloz taş ve iri agregalı harçtan oluşan ve 55 cm kalınlığında olan çekirdek bulunmaktadır (Şekil 3.22). Cephenin hemen dışında farklı boyutlardaki moloz taşlar toprak kotunda yığılmış haldedir (Şekil 3.21, Şekil A.6, Şekil A.7).

Yapının vadiye doğru bakan doğu cephesinde dış cidarı oluşturan iri kesme taş bloklar neredeyse tamamen yok olmuş, doğu-kuzey cephelerinin kesiştiği noktada kısmen bir bölümü günümüze ulaşabilmiştir (Şekil 3.23). Kesme taş blok örgünün bittiği noktada

duvar örgüsüne bitişik bir şekilde konumlanan moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek katmanının bir bölümü yer almaktadır (Şekil 3.24). İç cidar iç mekana bakan duvar yüzeyinde +4.10 m kotuna kadar tuğla ve örgü harcından oluşmaktadır (Şekil 3.25). Duvarda kullanılan tuğlalar kare şeklinde ve 4 cm kalınlığındadır, boyutları ise 37 ve 39 cm arasında değişmektedir. İki tuğla arasındaki derz harcı genişliği yatayda 3-6 cm arasında değişirken bazı bölümlerde tuğlaların birbirine bitişik konumlandığı görülmektedir. Düşey derz harç aralığı ise 6-10 cm arasındadır. Tuğla örgünün bittiği kotta duvarın iç mekana bakan bölümü 3 sıra kaba yonu taş ve örgü harcından oluşan örgü ile devam etmektedir. Kaba yonu taş örgü dizisinin bittiği bölümde yeniden tuğla örgü kullanılmıştır. İç cidarın cepheye bakan bölümünde ise tuğla örgünün bittiği noktada duvarın en üst kot seviyesine kadar kaba yonu taş ve örgü harcı ile devam ettiği, sadece sol üst bölümünün bir kısmında 3 sıra halinde tuğla kullanıldığı görülmektedir (Şekil 3.26). İç ve dış yüzeylere bakan iki kaba yonu taş örgü katmanı arasında ise moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek yer almaktadır. İç duvar örgüsünün yüzeyinde 3 katmanlı tuğla kırıklı horasan sıva bulunmaktadır (Şekil 3.27). Birbirine sağlam bağlanmış olan 2 alt sıva tabakasında (C4_P_EW01 ve C4_P_EW02) iki katman da 1.5 cm kalınlığında olup toplamda 3 cm kalınlığındadır. Toplamda 4 cm kalınlığındaki sıva katmanlarının en üstünde yer alan son sıva katmanı (C4_P_EW03) ise 1 cm kalınlığındadır (Şekil A.8). Duvarın özellikle alt kotlarında meydana gelmiş olan kesit kayıpları duvar bütünlüğünün korunabilmesi açısından risk taşımaktadır (Almaç, 2015, ss. 291-292). Zaman içinde meydana gelen hasarlar sonucu cephenin güney ucunda kalan bölümü ise devrilmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.20 :S4 Sarnıcı kuzey duvarı.



Şekil 3.21 :S4 Sarnıcı kuzey cephesi.



Şekil 3.22 :S4 Sarnıcı kuzey cephesindeki duvar örgüsü katmanları.



Şekil 3.23 :S4 Sarnıcı kuzey yönünden görünüşü.



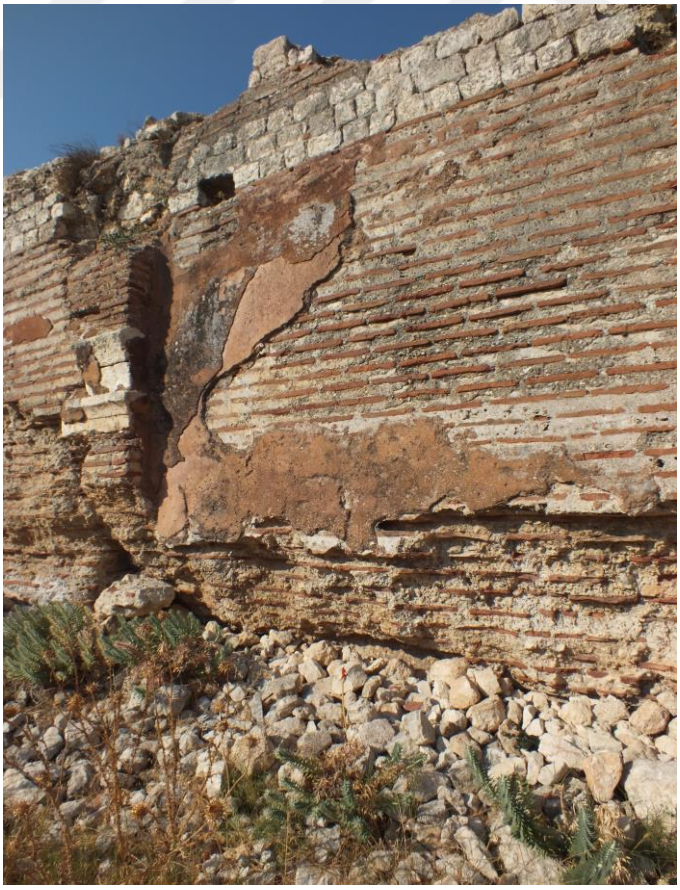
Şekil 3.24 :S4 Sarnıcı doğu cephesinde yer alan çekirdek katmanı.



Şekil 3.25 :S4 Sarnıcı doğu iç duvarı.



Şekil 3.26 :S4 Sarnıcı doğu cephesi.



Şekil 3.27 :S4 Sarnıcı doğu duvarı yüzeyinde yer alan sıva katmanları.



Şekil 3.28 :S4 Sarnıcı doğu cephesinin güney bölümünde devrilen duvar parçası.

Sarnıcın güney cephesi büyük ölçüde yok olmuştur. Doğu cephesi ile aynı örgü sistemine sahip olduğu gözlemlenen duvar iç mekana doğru devrilmiştir (Şekil 3.29). Tuğla ve örgü harcı ile belli bir kota kadar devam eden örgünün dışa bakan yüzeyi kaba yonu taş örgü ile devam ederken, iç mekana bakan yüzeyi tuğla örgüden oluşmaktadır. İki katman arasında ise moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek yer almaktadır (Şekil 3.30).



Şekil 3.29 :S4 Sarnıcı güney iç duvar görünüşü.



Şekil 3.30 :S4 Sarnıcı güney duvarı.

Yapının batı duvarının da çok büyük oranda yok olduğu görülmektedir. İç cidar katmanından günümüze kuzey duvarı ile birleştiği köşede tuğla ve örgü harcından oluşan küçük bir bölüm ulaşabilmiştir (Şekil 3.31). Tuğla duvar örgüsünün kuzey cephesinde olduğu gibi ana kayaç üzerine oturduğu görülmektedir. Duvarın geri kalan bölümünde ise cephe hattı boyunca devam eden ana kayaç üzerinde toprak kotuna kadar çeşitli boyutlarda moloz taşlar birikmiş haldedir (Şekil 3.32).



Şekil 3.31 :S4 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü.



Şekil 3.32 :S4 Sarnıcı batı duvarı boyunca devam eden moloz taş yığını.

Yapının üst örtüsü tamamen yok olmuştur. Üst örtüyü taşıyan taş konsollar yapının doğu duvarındaki tuğla örgüde görülmektedir. Tonoz yükünü zemine ileten taş sütunların 5 tanesi günümüze ulaşabilmiştir. Bu sütunlarda malzeme olarak kireçtaşı kullanılmıştır (Almaç, 2015, s. 291). Almaç (2015), yapılan araştırmalar sonucu sarnıcın üst örtüsünü oluşturan tonozların 3 sütun dizisi ile taşındığını ve yapıda toplam 9 sütun bulunduğunu belirtmiştir.

3.1.3 S5 sarnıcı

S5 Sarnıcı S4 Sarnıcı'nın 67 m kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 3.2). Yapı, iç mekanda 4.60 m x 8.75 m ölçülerinde ve dikdörtgen planlıdır (Şekil 3.33). Uzun duvarlar kuzey-güney doğrultusunda konumlanmıştır. Yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş olan sarnıç çift cidarlı duvar örgü sistemine sahiptir. Batı duvarının gözlemlenebildiği üst kota yakın bir seviyede olan toprak kotu yapının doğu cephesine doğru azalmaktadır. Yapının üst örtüsü günümüze ulaşamamıştır (Şekil 3.34). Sarnıcın doğu ve batı cephesindeki uzun duvarlarda beşer adet taş konsol yer almaktadır (Şekil 3.35, 3.36). Bu taş konsolların üst örtünün parçası olan kemerleri taşıdığı düşünülmektedir. İç mekan toprak ve çeşitli moloz taşlarla dolduğu ve bu bölümde yoğun bitkilenme oluştuğu için yapının özgün zemin kotuna ait kesin bir bilgi elde

edilememektedir.



Şekil 3.33 :S5 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017).



Şekil 3.34 :S5 Sarnıcı güneybatı yönünden görünüşü.



Şekil 3.35 :S5 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü.



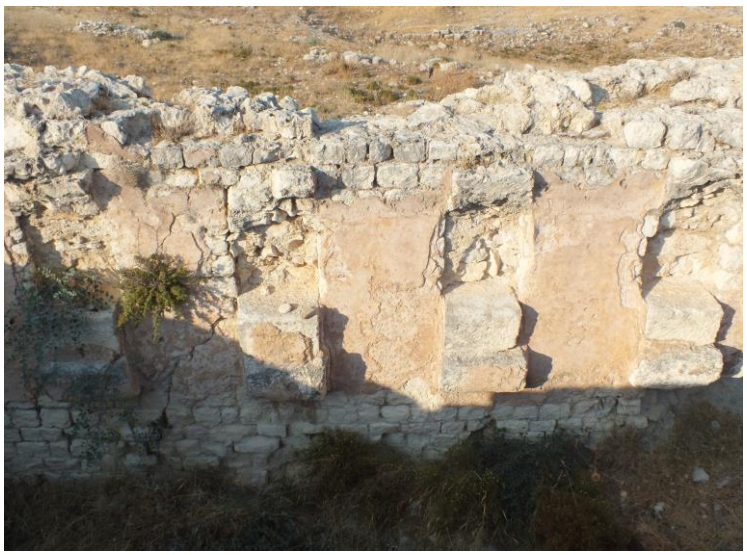
Şekil 3.36 :S5 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü.

Yapının vadiye bakan doğu cephesinde çift cidarlı olan duvarın kalınlığı yaklaşık 160 cm'dir. Dış cidarda yer alan iri kireçtaşı kesme taş bloklar yaklaşık 50 cm derinliğindedir. Yükseklikleri 35-55 cm arasında, genişlikleri ise 40-100 cm arasında değişmektedir (Şekil 3.37). Kesme taş bloklar arasında beyaz-krem renkli ve yüksek dayanımlı örgü harcı kullanılmıştır. İç ve dış cidar arasında yer alan çekirdek katmanı moloz taş ve krem renkli yüksek dayanımlı örgü harcından oluşmaktadır. Yaklaşık 90

cm kalınlığında olan katmanda yer alan moloz taşlar çeşitli boyutlarda olmakla birlikte tespit edilebilen en büyük moloz taş genişliği 33 cm'dir. Duvarın iç cidarı kaba yonu taşlar ve kirli beyaz renkli yüksek dayanımlı örgü harcından oluşmaktadır ve cidar 20 cm kalınlığındadır (Şekil 3.38). Kaba yonu taş genişlikleri 10-35 cm arasında, yükseklikleri ise 12-15 cm arasında değişmektedir. Taşlar arasındaki derz genişlikleri yatayda 1-4 cm arasında, düşeyde 1-3 cm arasında değişmektedir. İç cidar duvar yüzeyinde 3 katmanlı ve toplamda 4.5 cm kalınlığında olan tuğla kırıklı horasan sıva bulunmaktadır (C5_P_EW01, C5_P_EW02 ve C5_P_EW03) (Şekil 3.39). Uygulanan ilk sıva katmanı 2 cm, ikinci sıva katmanı 1.5 cm ve üçüncü sıva katmanı 1.5 cm kalınlığındadır (Şekil A.9, Şekil A.10).



Şekil 3.37 :S5 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü.



Şekil 3.38 :S5 Sarnıcı doğu duvarı iç cidar ve çekirdek katmanı.



Şekil 3.39 :S5 Sarnıcı doğu duvarı yüzeyindeki horasan sıva katmanları.

Sarnıcın güney duvarı büyük ölçüde yıkılmış durumdadır (Şekil 3.40). Günümüze ulaşan kalıntıdan duvarın doğu duvarında olduğu gibi dış cidarda iri kesme taş blok, iç cidarda kaba yonu taş ve iki cidar arasında moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek katmanından oluştuğu gözlemlenmektedir (Şekil 3.41). En üst kotta toplamda 65 cm ölçülen duvar kalıntısında iç cidar 20 cm, çekirdek ise 45 cm kalınlığındadır.



Şekil 3.40 :S5 Sarnıcının yıkılmış olan güney duvarı.



Şekil 3.41 :S5 Sarnıcı güney cephesi görünüşü.

Sarnıcın batı cephesinin sağında 540 cm uzunluğunda devam eden duvar 125 cm kalınlığındadır ve iki cidarlı örgü sisteminden oluşmaktadır. Diğer duvarlardan farklı olarak hem iç hem dış cidarda kaba yonu taş kullanılmıştır ve iki katman da 25 cm kalınlığındadır (Şekil 3.42). Dış cidar duvar örgüsü büyük ölçüde toprak kotu altındadır. Toprak kotu üzerinde kalan 2 sıra kaba yonu taş örgüde taşlar arasında örgü harcı kullanıldığı gözlemlenmektedir. İki cidar arasında yer alan ve moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek katmanı 75 cm kalınlığındadır. İç cidar kaba yonu taş ve örgü harcından oluşmaktadır ve duvar yüzeyinde diğer duvarlarda olduğu gibi 3 katmanlı tuğla kırıklı horasan sıva bulunmaktadır (Şekil 3.36).



Şekil 3.42 :S5 Sarnıcı batı cephesinin güney bölümü.

Batı cephesinin sol bölümünde ise 25 cm kalınlığındaki iç cidar katmanının ardında 40 cm kalınlığındaki moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek katmanı yer almaktadır. Çekirdek katmanının hemen ardında ise sırasıyla derinliği 25 cm civarında olan kaba yonu taş dizisi, 15 cm moloz taş ve örgü harcından oluşan bir tabaka ve derinliği 22 civarında olan bir diğer kaba yonu taş örgü dizisi bulunmaktadır (Şekil 3.43).



Şekil 3.43 :S5 Sarnıcı batı cephesinin kuzey bölümü.

Sarnıcın kuzey cephesinde çift cidarlı olan duvarın kalınlığı 115 cm'dir. Alt kotlarda 5 sıra halinde yer alan ve iri kesme taş bloklardan oluşan dış cidar kalınlığı 55 cm'dir (Şekil 3.44). Genişlikleri 30-105 cm arasında değişen blok taşların yükseklikleri yaklaşık 40 cm'dir. Taşlar arasında pembe renkli, tuğla kırıklı ve iyi dayanımlı bir örgü harcı kullanılmıştır. Derz genişlikleri 1-3 cm arasında değişmektedir. İç ve dış cidar arasında yer alan ve moloz taş ve örgü harcından oluşan çekirdek katmanı 35 cm kalınlığındadır. İç cidar 25 cm kalınlığındadır ve yapının diğer duvarlarında olduğu gibi kaba yonu taş ve örgü harcından oluşmaktadır. Duvar yüzeyine 3 katmanlı, tuğla kırıklı horasan sıva uygulanmıştır (Şekil 3.45).



Şekil 3.44 :S5 Sarnıcı kuzey cephesi görünüşü.



Şekil 3.45 :S5 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü.

3.1.4 S6 sarnıcı

Arkeolojik sit alanındaki son kapalı tipteki su sarnıcı olan S6 Sarnıcı, Aya Tekla Bazilikası'nın 90 metre kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 3.2). Dikdörtgen plan şemasındaki sarnıç yaklaşık 4.80 x 19.90 m ölçülerindedir ve uzun duvarlar kuzey-güney doğrultusunda konumlanmıştır (Şekil 3.46). Batı duvar kalıntısının gözlemlenebildiği üst kota yakın bir seviyede bulunan toprak kotu, vadiye bakan doğu cephesine doğru azalmaktadır. Yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş olan sarnıçta çift

cidarlı duvar örgü sistemi bulunmaktadır. Diğer kapalı tipteki sarnıçlardan farklı olarak dış katmanda küçük kaba yonu taşlar, köşelerde ise iri kireçtaşı bloklar kullanılmıştır. Sarnıcın üst örtüsü tamamen kaybolmuştur (Şekil 3.47).



Şekil 3.46 :S6 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017).



Şekil 3.47 :S6 Sarnıcı kuzeybatı yönünden görünüşü.

Yapının vadiye bakan doğu cephesinin orta bölümü yok olmuştur (Şekil 3.48). Cephenin kuzeyinde yer alan çift cidarlı duvar yaklaşık 90 cm kalınlığındadır. İç ve dış cidarı oluşturan kaba yonu taş duvar örgüsü 25 cm kalınlığında olup, iki katman arasında yer alan ve moloz taş ile örgü harcından oluşan çekirdek katmanı yaklaşık 40 cm kalınlığındadır. Duvarın dış yüzeyine bitişik bir şekilde sonraki dönemlerde çekirdek ve kaba yonu taştan oluşan ve toplamda 60 cm kalınlığı olan iki katmanın

daha ilave edildiği ve duvarın toplamda 150 cm kalınlığa ulaştığı görülmektedir. Bu bölümün diğer duvarlardan daha kalın olmasının sebebi yapı içinde biriken suyun uyguladığı yanal basınçtır. Dış cidara dayanmakta olan çekirdeğin kalınlığı bir önceki çekirdek katmanı ile aynı olup 40 cm'dir. En dışta kalan katmanın ise 20 cm kalınlığındaki kaba yonu taşlardan örüldüğü görülmektedir. Cephenin en üst noktası toprak seviyesinden yaklaşık 160 cm yüksektedir ve toprak kotu üzerinde 13 sıra kaba yonu taş dizisi görünmektedir (Şekil 3.49). Yapıda meydana gelen bozunmalar sonucu cepheden gözlemlenebilen dış cidarda yer alan kaba yonu taş yükseklikleri 13-18 cm arasında, genişlikleri 15-30 cm arasında, taşların arasındaki yatay derz genişlikleri ise 2-3.5 cm arasında değişmektedir (Şekil 3.50). Dış cidar ve daha sonra gelen dış katmanı oluşturan kaba yonu taşlar arasında açılı bir şekilde uygulanmış olan farklı bir derzleme tekniği uygulanmıştır (Şekil 3.51). Doğu cephesinin bu bölümünde iki payanda bulunmaktadır (Şekil 3.52). İç mekanda toprak seviyesinden yaklaşık 155 cm yüksekliğinde olan iç cidarda ise 10 sıra kaba yonu taş dizisi okunmaktadır (Şekil 3.53). Yüksekliği 10-20 cm, genişliği 15-35 cm arasında değişen bu taşlar arasında beyazımsı renkte bir örgü harcı kullanılmıştır. Derz kalınlıkları düşeyde yaklaşık 1.5 cm, yatayda ise yaklaşık 2 cm'dir. Duvar yüzeyi 1 cm kalınlığında ve tek katmanlı olan tuğla kırıklı pembe renkli horasan sıva (C6_P_EW01) ile kaplanmıştır (Şekil A.11, Şekil A.12).



Şekil 3.48 :S6 Sarnıcı doğu cephesinin yıkılmış olan orta bölümü.



Şekil 3.49 :S6 Sarnıcı doğu cephesinin kuzey bölümü.



Şekil 3.50 :S6 Sarnıcı doğu cephesinin duvar katmanları.



Şekil 3.51 :S6 Sarnıcı doğu cephesinde dış cidar kaba yonu taş yüzeyindeki derzleme tekniği.



Şekil 3.52 :S6 Sarnıcı doğu cephesinde yer alan payandalar.



Şekil 3.53 :S6 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü.

Vadiye bakan doğu cephesinin güney bölümünde de iki cidarlı duvar örgü sistemi bulunmaktadır (Şekil 3.54). Dış ve iç cidar kaba yonu taşlardan oluşurken, iki cidar arası moloz taş ve örgü harcı ile doldurulmuştur. Dış cidarda toprak kotundan duvar kalıntısının korunabilmiş en yüksek seviyesine olan yükseklik 2 m'dir ve 13 sıra kaba yonu taş dizisi bulunmaktadır (Şekil 3.55). Cephenin diğer bölümünde görülen açılı derzleme tekniği duvarın bu bölümünde de mevcuttur. Dış cidarda kullanılmış olan kaba yonu taşların derinliği yaklaşık 20 cm, iç cidardakilerin ise yaklaşık 25 cm'dir. Duvar kalınlığı yaklaşık 145 cm olup, iki cidar arasında yer alan çekirdek yaklaşık 100 cm kalınlığındadır. İç mekandaki duvar yüzeyinde 1 cm kalınlığında, tuğla kırığı içeren, pembe renkli ve tek katmanlı horasan sıva bulunmaktadır (Şekil 3.56). Kaba yonu taşlar arasındaki derz kalınlığı düşeyde 2-2.5 cm, yatayda ise 1-1.5 cm arasında değişmektedir (Şekil A.13). Cephenin sol alt bölümündeki duvar parçası muhtemelen yasadışı yöntemlerle boşaltılmıştır (Şekil 3.57).

Doğu cephesi ile güney cephesinin birleştiği noktada köşeye iri dikdörtgen bloklar yerleştirilmiştir (Şekil 3.58). Güney cephesinin bulunduğu noktada iç mekanın toprak ve moloz taş yığınıyla dolması sonucu duvarın sadece 60 cm kalınlığındaki bölümü gözlemlenebilmektedir. Bu bölüm cephede kaba yonu taş ve çekirdek dolgusunu oluşturan moloz taş ve örgü harcından oluşmaktadır (Şekil 3.59). Cephenin köşe blok taşlarıyla birleştiği ve toprak kotunun en alt seviyede bulunduğu noktada 8 sıra kaba yonu taş dizisi okunmaktadır (Şekil 3.60).



Şekil 3.54 :S6 Sarnıcı doğu cephesinin iki cidarlı olan güney bölümü.



Şekil 3.55 :S6 Sarnıcı doğu cephesinin iki cidarlı olan güney bölümünün görünüşü.



Şekil 3.56 :S6 Sarnıcı doğu cephesinin iki cidarlı olan güney bölümünün iç duvar görünüşü.



Şekil 3.57 :S6 Sarnıcı doğu cephesindeki boşaltılmış olan duvar bölümü.



Şekil 3.58 :S6 Sarnıcı güneydoğu köşesindeki blok taşlar.



Şekil 3.59 :S6 Sarnıcı güney cephesi duvar örgüsü.



Şekil 3.60 :S6 Sarnıcı güney cephesi görünüşü.

Batı cephesinin güney bölümü toprak kotu seviyesinin altında kalmıştır. Bu sebeple yapının bu hattı cephenin kuzeye doğru yaklaşık 10 m kadar uzanan bölümünden daha iyi okunabilmektedir. Yaklaşık 50 cm kalınlığındaki duvarın bu bölümünde iç cidar kaba yonu taşlardan oluşmakta, örgünün arkasında ise yaklaşık 35 cm kalınlığında moloz taş ve harçtan oluşan çekirdek katmanı yer almaktadır (Şekil 3.61). İç mekanda kaba yonu taş örgünün en üst seviyesinin toprak kotundan yüksekliği yaklaşık 180 cm'dir ve bu noktada 11 sıra kaba yonu taş dizisi yer almaktadır (Şekil 3.62). İç duvar yüzeyinde 1 cm kalınlığında pembe renkli horasan sıva (C6_P_WW01) uygulanmıştır ve bu sıvanın döküldüğü yerlerde ortaya çıkmış olan kaba yonu taşların arasındaki derz kalınlığı 1.5 cm ile 2 cm arasında değişmektedir. Çekirdek katmanının ardında 14 cm'lik bir boşluk bulunmaktadır ve çekirdeğin boşluğa bakan bu yüzeyine 1 cm kalınlığında harç uygulanmıştır. Harç yüzeyinde izler görünmektedir (Şekil 3.63). Bu boşluktan sonra 34 cm yüksekliğinde ve kalınlığında, toprak kotuna oturan iki adet iri blok taş yer almaktadır (Şekil 3.64).



Şekil 3.61 :S6 Sarnıcı batı cephesi duvar örgüsü.



Şekil 3.62 :S6 Sarnıcı batı iç duvar görünüşü.



Şekil 3.63 :S6 Sarnıcı batı duvarı çekirdek dolgusu yüzeyindeki harç izleri.



Şekil 3.64 :S6 Sarnıcı batı cephesi dış cidarında yer alan blok taşlar.

Yapının kuzey duvarı gözlemlenebildiği kadarıyla büyük ölçüde yıkılmıştır (Şekil 3.65). Sarnıcın bu noktasında iç mekan moloz taş yığınıyla dolmuştur. Duvar kalıntısının batı cephesiyle birleştiği noktada günümüze ulaşabilmiş kısmından duvarın çift cidarlı olduğu tespit edilmektedir. İç ve dış cidarda kaba yonu taşlar kullanılmıştır, iki cidar arası ise moloz taş ve harç ile doldurulmuştur. İç cidar yüzeyinde küçük bir horasan sıva tabakası yer almaktadır (Şekil 3.66). Yapının bu cephesinde derz harçları çoğunlukla bozunmaya uğradığından doğu ve güney cephelerinde görülen açılı derzleme tekniği burada tespit edilmemiştir (Şekil 3.67).



Şekil 3.65 :S6 Sarnıcı kuzey duvarına doğru iç mekandan görünüş.



Şekil 3.66 :S6 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü.



Şekil 3.67 :S6 Sarnıcı kuzey cephesi görünüşü.

İç mekanın toprak ve bitkilerle kaplanması ve kuzey ve güney uçlarında moloz taşların birikmesi sebebiyle sarnıcın özgün zemin kotu anlaşılmamaktadır. Yapının çeşitli noktalarında yapı malzemesi kaybı gözlemlenmektedir. Üst örtüsünü kaybederek dış iklim koşullarına karşı savunmasız kalan sarnıcın iç duvar örgü yüzeyine uygulanmış olan sıva tabakasının da büyük oranda kaybolduğu görülmektedir.

3.2 Açık Sarnıçlar

Ören yerinin ortasından geçen yolun batısında birbirine bitişik konumlanmış iki açık sarnıç bulunmaktadır. Birbirine yakın ölçülerde ve dikdörtgen planlı olan bu sarnıçlar kısa kenarları birbirine paralel olacak şekilde konumlanmıştır (Şekil 3.68). Yapıların uzun kenarları kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanmaktadır. İki sarnıçta da kaya yüzeyine yerleştirilmiş olan massif duvar ile yapıların su geçirimsizliği sağlanmaya çalışılmıştır (Almaç ve diğ, 2020, s. 140).



Şekil 3.68 :S3 (sol) ve S2 (sağ) açık su rezervuarlarının drone görüntüsü (Altan, 2017).

Yerleşimdeki açık sarnıçların ikisi de ana kayanın oyulması ile oluşturulmuştur. Çift cidarlı duvar sistemine sahip olan yapılardan kuzeydeki sarnıcın iç cidar duvar örgüsünde kaba yonu taş kullanılırken, güneydeki sarnıçta kaba yonu taş ve tuğlanın birlikte kullanılması yapıların farklı zamanlara tarihlenmesi yönünde bir ihtimal yaratmaktadır (Almaç ve diğ, 2019, s. 13).

3.2.1 S2 sarnıcı

Açık sarnıçlardan güneyde konumlanmış olan S2 sarnıcı kısmen ana kaya oyularak inşa edilmiştir ve çift cidarlı duvar yapım tekniği uygulanmıştır. Dikdörtgen planlı olan sarnıç günümüzdeki haliyle iç mekanda yaklaşık 32x18 m ölçülerindedir (Şekil 3.69). İçeride oluşan bitkilenme ve moloz taş ile toprak birikmesi sonucu sarnıcın özgün zemin kotu anlaşılamamaktadır.



Şekil 3.69 : S2 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017).

Sarnıcın güney duvarı eğimli bir arazide konumlanması sebebiyle ana kayaç üzerinde yükseltilerek inşa edilmiştir ve yaklaşık 330 cm kalınlığındadır. İç cidarda yükseklikleri 15-18 cm arasında değişen kaba yonu taş örgü kullanılmıştır (Şekil 3.70). Örgüdeki taşlar arasında ise pembe renkli horasan harcı bulunmaktadır (Almaç ve diğ, 2020, s. 141). Toprak kotundan yaklaşık +1.00 kotuna kadar duvarın bu bölümünü oluşturan kaba yonu taş örgü yok olmuştur. +1.00 kotundan +1.70 kotuna kadar kaba yonu taş dizisi görülen duvarda bu kottan itibaren 30 cm yüksekliğinde geçen ve 3 tuğla dizisinden oluşan tuğla hatıl bulunmaktadır (Şekil 3.71). Tuğlalar yaklaşık 4 cm yüksekliğinde, tuğla arası derzler ise yaklaşık 5 cm yüksekliğindedir. Yaklaşık +2.00 kotundan itibaren kaba yonu taş örgü tuğla hatıl üzerinde devam etmektedir. Duvar yüzeyine su geçirimsizliğini sağlayan pembe renkli ve tuğla kırıklı horasan sıva uygulanmıştır (Şekil 3.71). Tek katmanlı olan sıva 2 cm kalınlığındadır. İki cidar arasında yer alan ve ana kayaca dayanmış olan çekirdek bölümü moloz taş ve çok iyi dayanımlı, beyaz renkli örgü harcından oluşmaktadır (Şekil 3.72). Dış cidarda ise ana kayaç üzerinde yükselen ve toprak kotu üzerinde kalan büyük kesme taş bloklar yer almaktadır (Şekil 3.73). Yaklaşık 40 cm yüksekliğindeki bu bloklar çok iyi dayanımlı kirli beyaz renkli örgü harcı kullanılarak inşa edilmiştir. Bloklar arasındaki düşey ve yatay derzlerde üzerinde krem renkli çok ince bir bitirme yüzeyi olan tuğla kırıklı pembe renkli bir harç kullanılmıştır (Şekil A.14, Şekil A.15). Derzin dışına doğru taşan bu derz sıvasının (C2_J_WW01) yüzeyinde el aleti kullanılarak çift çizgi şeklinde devam eden dekoratif bir hat oluşturulmuştur (Şekil 3.74). Güney duvarı ile batı

duvarının kesiştiği köşede farklı boyutlarda moloz taşların yer aldığı görülmektedir (Şekil 3.75).



Şekil 3.70 : S2 Sarnıcı gümney iç duvar görünüşü.



Şekil 3.71 : S2 Sarnıcı güney duvarında yer alan tuğla hatıl ve kaba yonu taş örgü yüzeyindeki horasan sıva.



Şekil 3.72 : S2 Sarnıcı güney duvarında iki cidar arasında yer alan çekirdek dolgu.



Şekil 3.73 : S2 Sarnıcı güney cephe görünüşü.



Şekil 3.74 : S2 Sarnıcı güney cephesinde blok taş örgü yüzeyindeki derz sıvası.



Şekil 3.75 : S2 Sarnıcı güneybatı köşesinde yer alan farklı boyuttaki moloz taşlar.

Aynı şekilde çift cidarlı olan batı duvarı, ortofoto verilerinden güney duvarına kıyasla daha kalın görünmekle birlikte daha fazla bozunmaya uğramıştır. Duvarın güney ucuna doğru iç cidar ve çekirdek bölümünde büyük bir boşalma olduğu görülmektedir. İç cidarda yer alan kaba yonu taş örgü yüzeyinde yer yer pembe renkli horasan sıva bulunmaktadır. Güney duvarında görülen tuğla hatıl burada da aynı hat boyunca devam etmekle birlikte duvarın alt kotlarında 3 sıra tuğladan oluşan ikinci bir tuğla hatıl dizisi daha bulunmaktadır (Şekil 3.76, 3.77). İki cidar arasında yer alan çekirdek,

moloz taş ve örgü harcından oluşmaktadır. Duvarın güney ucunda dış cidarı oluşturan ve toprak kotunun üstünde kalan büyük blok taşlar bulunmaktadır (Şekil 3.78). Bu blok taşlar arasında tuğla kırıklı, pembemsi bir örgü harcı kullanılmıştır. Güney cephesinde görülen çift çizgili dekoratif derz sıvası batı duvarındaki blok taşların arasındaki derzlerde de bulunmaktadır (Şekil 3.79). Duvarın kuzey ucuna doğru giderek yükselen toprak kotu, sarnıç duvarının en üst kotunu yakalamaktadır.



Şekil 3.76 : S2 Sarnıcı güney ve batı duvarı boyunca devam eden tuğla hatıl.



Şekil 3.77 : S2 Sarnıcı batı duvarında farklı kotlarda yer alan tuğla hatıl dizileri.



Şekil 3.78 : S2 Sarnıcı batı cephesi.



Şekil 3.79 : S2 Sarnıcı batı cephesi dış cidarındaki blok taş örgü yüzeyindeki derz sıvası.

Sarnıcın en yüksek oranda kayıp yaşadığı bölümleri kuzey ve doğu duvarlarıdır (Şekil 3.80, Şekil 3.81). Duvarlarda iç cidar ve çekirdek bölümlerinin yok olması sonucu oyularak içine yerleşilen kayaç yüzeyi gözlemlenebilmektedir. Kuzey duvarı iç cidarına ait olan küçük bir kaba yonu taş örgü parçası iç mekana doğru devrilmiş durumdadır. Ören yerini ikiye bölen yolun kenarında yer alan doğu duvarının dayandığı kayaçta da bozunmalar meydana gelmiş, bu kayaçtan kopan bir parça iç mekana doğru yıkılmıştır.



Şekil 3.80 : S2 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü.



Şekil 3.81 : S2 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü.

3.2.2 S3 sarnıcı

Açık sarnıçlardan kuzeyde konumlanmış olan S3 sarnıcı ana kayaç oyularak inşa edilmiştir. Dikdörtgen planlı olan yapı iç mekanda yaklaşık 35x20 m ölçülerindedir (Şekil 3.82). Ana kayaca bitişen çekirdek dolgu ve iç cidarda kaba yonu taş kullanılarak uygulanmış bir duvar örgü tekniği bulunmaktadır. İçi moloz taş, toprak ve bitkilerle dolan sarnıcın özgün zemin kotu bilinmemektedir (Şekil 3.83).



Şekil 3.82 : S3 Sarnıcı drone görüntüsü (Altan, 2017).



Şekil 3.83 : S3 Sarnıcı güneybatı köşesinden görünüş.

Sarnıcın güney duvarında oyularak içine yerleşilen ana kayaç en üst kot seviyesinde görünmektedir (Şekil 3.84). Kayaca bitişen ve yaklaşık 160 cm kalınlığında olan çekirdek dolgu moloz taş ve beyaz renkli örgü harcı ile oluşturulmuştur. İç cidarda kullanılmış olan çeşitli uzunluktaki kaba yonu taşların yüksekliği 25-40 cm arasında değişmektedir ve taşların arasındaki düşey derzler şaşırtılmıştır (Almaç ve diğ, 2020, s. 140) (Şekil 3.85). Düşey derz kalınlıkları 1-4 cm arasında, yatay derz kalınlıkları ise 1-2 cm arasında değişmektedir (Şekil A.16, Şekil A.17). Derz harcı olarak pembe renkli horasan harcı kullanılmıştır. S2 sarnıcından farklı olarak, S3 sarnıcında iç cidar

yüzeyinde yer alan herhangi bir sıva tabakası tespit edilmemiştir. Duvar örgüsü özellikle üst kotlarda büyük hasara uğramıştır (Şekil 3.86).



Şekil 3.84 : S3 Sarnıcı güney duvarı dış cidarındaki kayaç.



Şekil 3.85 : S3 Sarnıcı güney duvarı iç cidarındaki kaba yonu taş örgüsü.



Şekil 3.86 : S3 Sarnıcı güney iç duvar görünüşü.

Batı duvar örgüsünün güney ucunda alt kota erişimi sağlayan bir merdiven bulunmaktadır (Şekil 3.87). Merdivenin yer aldığı bu noktada, yapının içine yerleştiği ana kayaçtan bir bölüm görünmektedir. Batı duvarında da ana kayaca bitişen çekirdek dolgu ve iç cidarda kullanılan kaba yonu taş örgü uygulanmıştır. Duvarın kuzey ucuna doğru dış cidarı oluşturan kayaç ile çekirdek dolgunun toprak kotunun altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 3.87 : S3 Sarnıcı batı duvarında yer alan basamaklar ve çekirdek dolgusunun bitiştiği ana kayaç.

Yapının kuzey duvarında ana kayaç ve çekirdek dolgusu çoğunlukla toprak kotu altında kalmıştır. Bu sebeple daha çok iç cidarı oluşturan kaba yonu taş örgü gözlemlenebilmektedir (Şekil 3.88). İç mekandaki toprak dolgu sebebiyle tüm duvar yüzeyi görünmemekle birlikte, duvarın gözlemlenebilen en alt kotundan itibaren 19 kaba yonu taş sırası bulunmaktadır.



Şekil 3.88 : S3 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü.

Doğu duvarı ören yerini ikiye bölen yolun hemen yanındadır. Bu bölümde ana kayaç içine yerleşen duvar örgüsü çoğunlukla kaybolmuştur (Şekil 3.89). Duvarın kuzey ve güney uçlarında kayaca bitişen çekirdek dolgu ile iç cidardaki kaba yonu taş örgüye ait birer duvar parçası bulunmaktadır (Şekil 3.90, Şekil 3.91). Duvarın orta bölümlerinde bir duvar parçası da iç mekana doğru devrilmiş durumdadır (Şekil 3.89).



Şekil 3.89 : S3 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü.



Şekil 3.90 : S3 Sarnıcı doğu duvarının kuzeyindeki duvar parçası.



Şekil 3.91 : S3 Sarnıcı doğu duvarının güneyindeki duvar parçası.

3.3 Duvar Yapım Tekniklerinin Değerlendirilmesi

Meryemlik'te yer alan su yapıları zaman içerisinde oldukça fazla hasar görmüş olmasına rağmen, yapıların günümüze ulaşmayı başarmış olan kalıntılarından duvar yapım sistemini incelemek mümkün olmaktadır. Yerleşimdeki su yapılarında yığma yapım tekniği uygulanmış ve ana malzeme olarak kireç taşı kullanılmıştır. Çift cidarlı örgü sistemi bulunan yapılar konumlandırılırken arazi yapısı göz önünde tutulmuş ve eğimli noktalarda ana kayaç duvar örgü sistemine dahil edilmiş, böylece arazinin kendi yapısından faydalanmak mümkün olmuştur.

Duvar yapım tekniği çeşitleri incelendiğinde çift cidarlı örgü sistemine sahip olan yapıların kendi içlerinde çekirdekli duvar örgüsü ve çekirdeksiz duvar örgüsü olmak üzere iki gruba ayrıldığı gözlemlenmiştir. Çekirdekli duvar örgüsüne sahip olan sarnıçlar (S2, S3, S4, S5 ve S6 Sarnıcı) iç cidar ve dış cidardan oluşan çift cidarlı bir sisteme ve bu iki katman arasında yer alan bir çekirdek dolgusuna sahiptir. Çekirdeksiz duvar örgüsüne sahip olan sarnıçlarda (S1 ve S4 Sarnıcı) ise bu dolgu bulunmamaktadır.

Kapalı sarnıçlardan S1 Sarnıcı, çekirdek içermemektedir ve iç cidarı oluşturan tuğla duvar örgüsü dış cidarı oluşturan blok taş örgüye bitişik bir şekilde konumlandırılmıştır. Tuğla duvar örgüsü güney cephesinde daha kalınken, tonoz taşların oturduğu ve belli bir kottan sonra ara dolgu olarak çekirdek kullanılan doğu duvarında daha ince tutulmuştur.

S4 Sarnıcı'nda ana kayacın tuğla duvar örgüsüne katıldığı kuzey cephesinde iç cidarı oluşturan tuğla duvar örgüsü ile dış cidarı oluşturan blok taş örgü arasında moloz taştan oluşan çekirdek katmanı bulunmaktadır. Yapının vadiye bakan doğu cephesinde ise iç cidarı oluşturan tuğla duvar örgüsünün kuzey cephesindeki tuğla duvar örgü kalınlığının 2 katı kalınlığında olduğu göze çarpmaktadır. Cephenin bu bölümünde duvara bitişik bir çekirdek katmanının tespit edilmemiş olması ve cephenin vadiye açık bir şekilde konumlanması, daha kalın bir duvara ihtiyaç duyulması nedeniyle olmalıdır.

S5 kapalı sarnıcının vadiye bakan doğu cephesinde iç cidarı oluşturan kaba yonu taş örgü ile dış cidarı oluşturan blok taş örgü arasında moloz taş örgüden oluşan bir çekirdek katmanı yer almaktadır. Yapıda diğer su yapılarına kıyasla dış cidarda kalınlığı daha az olan blok taşlar bulunmakla birlikte, kaba yonu taşlardan oluşan iç

cidar katmanı da daha incedir. Yapının çekirdek katmanı ise diğer kapalı sarnıçlara kıyasla daha kalındır.

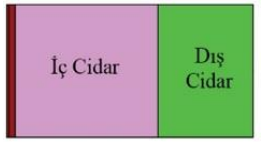
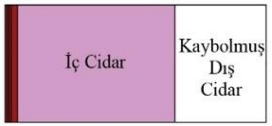
S6 kapalı sarnıcının doğu cephesinin kuzey ve güney uçlarında farklılıklar görülmektedir. Yapıda diğer sarnıçlardan farklı olarak hem iç hem dış cidarda kaba yonu taş kullanılmıştır. İki cidar arasında yer alan ve moloz taş örgüden oluşan çekirdek katmanı güney bölümde kuzeydeki çekirdek katmanının 2.5 katıdır. Kuzeyde bulunan duvar örgüsüne daha sonra ilave edilmiş olan çekirdek ve kaba yonu taş örgüsüyle birlikte iki bölümdeki duvar kalınlıkları eşitlenmiştir.

Açık sarnıçlardandan kuzeyde konumlanmış olan S3 sarnıcında iç cidarı oluşturan kaba yonu taş örgü ve hemen ardından gelen çekirdek katmanı ana kayaca bitişik bir şekilde yerleştirilmiştir. Yapının hemen güneyinde konumlanmış olan S2 Sarnıcı'nda ise iç cidarı oluşturan kaba yonu taş ve tuğla hatıl örgü ile iç cidarı oluşturan blok taş örgü arasında moloz taş örgüden oluşan bir çekirdek katmanı yer almaktadır ve bu katman kuzeydeki S3 Sarnıcı'nın çekirdek katmanından çok daha kalındır. Yapının bu cephesinde arazinin eğiminden dolayı dış cidarda blok taşlardan faydalanma ihtiyacı doğduğu, çekirdek katmanının ise yapıda daha yüksek bir stabilite sağlamak için daha kalın tutulduğu düşünülmektedir. Açık sarnıçların arazide konumlanış şekli itibariyle kuzeyde yer alan S3 Sarnıcı'nın tamamen ana kayacın oyularak içine yerleştirilmesi ve güneydeki S2 Sarnıcı'nın güney cephesinin araziye açık bir şekilde konumlanması ise bölgede ilk olarak S3 sarnıcının inşa edilmiş olabileceği ihtimalini doğurmaktadır.

Yapılarda su geçirimsizliğini sağlamak için kullanılmış olan iç sıvalarda katman sayısı ve kalınlığı çeşitlilik göstermektedir. Açık sarnıçlardan S2 Sarnıcı'nda tek katmanlı iç sıva bulunurken, S3 Sarnıcı'nda herhangi bir sıva katmanı izinin tespit edilmemiş olması dikkat çekici bir durumdur. Kapalı sarnıçlarda ise sıva katmanı sayısı 1-4 arasında değişkenlik göstermekle birlikte, katmanlardan bazılarının daha sonraki dönemlerde uygulanmış olan onarım sıvası olabileceği düşünülmektedir. Duvar yüzeyine uygulanmış olan ilk sıva katmanlarının tüm yapılarda daha sonra gelen sıva katmanlarından daha kalın olduğu gözlemlenmiştir.

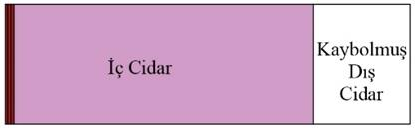
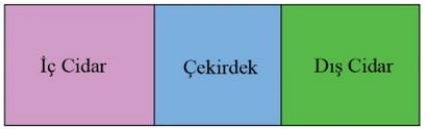
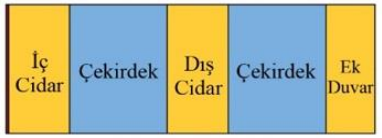
Su yapılarının duvar yapım tekniklerinin genel değerlendirilmesi Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1: Su yapılarının duvar yapım tekniklerinin değerlendirilmesi.

Sarnıç	Cephe	Katman Kalınlığı & Malzemesi				İç Sıva Katmanları				Duvar Yapım Sistemi
		İç Cidar	Çekirdek	Dış Cidar	Eklemeler	1. Katman	2. Katman	3. Katman	4. Katman	
S1	Doğu	Tuğla 60 cm	-	Blok Taş 40 cm	-	2.5 cm	1 cm	-	-	
S1	Güney	Tuğla 75 cm	-	?	-	3 cm	1 cm	1 cm	1 cm	
S2	Güney	Kaba Yonu Taş + Tuğla 20 cm	Moloz Taş 255 cm	Blok Taş 60 cm	-	2 cm	-	-	-	
S3	Güney	Kaba Yonu Taş 20 cm	Moloz Taş 150 cm	Kayaç 50 cm	-	-	-	-	-	

Kaba yonu taş | Kaba yonu taş + Tuğla | Tuğla | Moloz taş | Blok taş | Kayaç | Sıva

Çizelge 3.1 (devam): Su yapılarının duvar yapım tekniklerinin değerlendirilmesi.

Sarnıç	Cephe	Katman Kalınlığı & Malzemesi				İç Sıva Katmanları				Duvar Yapım Sistemi
		İç Cidar	Çekirdek	Dış Cidar	Eklemeler	1. Katman	2. Katman	3. Katman	4. Katman	
S4	Doğu	Tuğla 135 cm	?	?	-	1.5 cm	1.5 cm	1 cm	-	
S4	Kuzey	Tuğla 65 cm	Moloz Taş 55 cm	Blok Taş 60 cm	-	-	-	-	-	
S5	Doğu	Kaba Yonu Taş 20 cm	Moloz Taş 90 cm	Blok Taş 45 cm	-	2 cm	1.5 cm	1.5 cm	-	
S6	Doğu	Kaba Yonu Taş 25 cm	Moloz Taş 40 cm	Kaba Yonu Taş 25 cm	Moloz Taş 40 cm + Kaba Yonu Taş 20 cm	1 cm	-	-	-	
S6	Doğu	Kaba Yonu Taş 25 cm	Moloz Taş 100 cm	Kaba Yonu Taş 25 cm	-	1 cm	-	-	-	

Kaba yonu taş | Kaba yonu taş + Tuğla | Tuğla | Moloz taş | Blok taş | Kayaç | Sıva

4. MERYEMLİK'TEKİ SU YAPILARINDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN ÖZELLİKLERİ

4.1 Örnek Alınan Noktalar

Tarihi harçlar, bağlayıcı, agrega ve katkı maddesi içeren kompozit malzemelerdir. Onlarca yüzyıl çeşitli mekanik ve çevresel yük altında işlevini sürdüren bu malzemelerin karakterizasyonu, çeşitli analiz yöntemlerinin sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle gerçekleştirilebilir (Moropoulou ve diğ, 2000, ss. 45-46).

Tez kapsamında Meryemlik'te yer alan kapalı ve açık sarmıçların farklı noktalarında farklı işlevlerle kullanılmış olan harç (örgü harcı, derz harcı) ve sıvaların (iç sıva, derz sıvası) fiziksel, kimyasal, minerolojik ve petrografik özelliklerinin tespit edilmesini sağlayacak analiz yöntemleri seçilmiştir. Harç ve sıva örneklerinin karakterizasyonunun tanımlanması için uygulanması planlanan analiz yöntemleri uluslararası literatür taranarak ve bilimsel çalışmalar incelenerek belirlenmiştir. Görsel analizler ile başlayan çalışmalar, kimyasal analizlerle devam ettirilmiş, ileri analiz yöntemleri kullanılarak daha kapsamlı ve detaylı bulgular elde edilmiştir.

Görsel analizler ile incelenen örneklerin hammadde kompozisyonlarının belirlenmesi için kimyasal deneyler uygulanmıştır. Asit kaybı deneyi ile agrega ve bağlayıcıların ayrılması sağlandıktan sonra, agregalar stereo-mikroskop altında gözlemlenmiş, agrega boyut dağılımı belirlenmiştir. Kimyasal analizler kızdırma kaybı analizi ile devam etmiştir.

Örneklerden elde edilen kalın ve ince kesitler stereo-mikroskop ve polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Stereo-mikroskop incelemeleri sonucu örneklere dair agrega cinsi, boşluk, çatlak, homojenlik, kireç topakları üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Petrgorafik analizler için polarizan mikroskop kullanılmıştır.

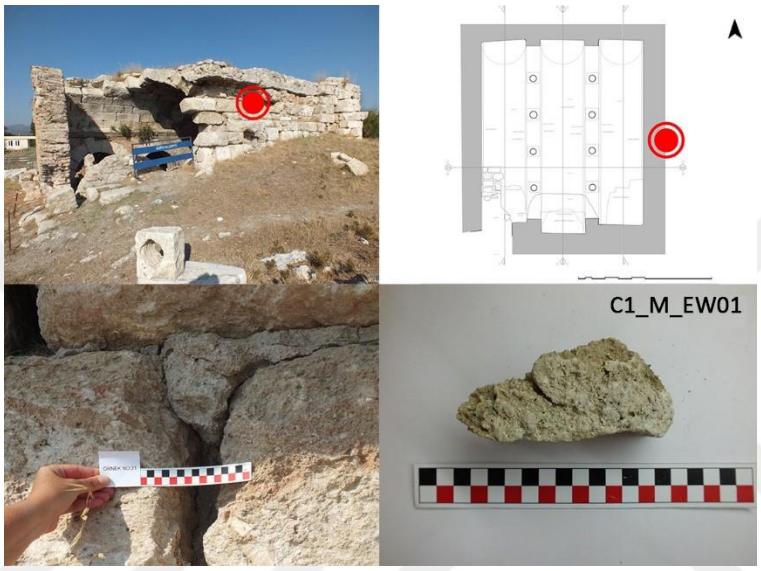
Kimyasal, minerolojik ve petrografik özelliklerin belirlenmesi için basit analiz yöntemlerine ilave olarak X-Işını Difraksiyonu (XRD), TGA-DSC Termal Analizi ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) gibi ileri analiz yöntemleri uygulanmıştır. Tuz testi ile örneklerin içermiş oldukları tuz cinsi ve miktarı belirlenmiştir.

4.1.1 Kapalı sarnıçlar

Meryemlik'te yer alan kapalı sarnıçlardan incelenmek üzere 2'si derz harcı olmak üzere 11 örgü harcı ve 14 iç sıva örneği alınmıştır.

4.1.1.1 S1 sarnıcı

S1 Sarnıcı'nın doğu cephesi orta bölümü üst kotunda bulunan tonoz kesme taşları üzerinden moloz taş örgü harcı örneği (C1_M_EW01) alınmıştır (Şekil 4.1).



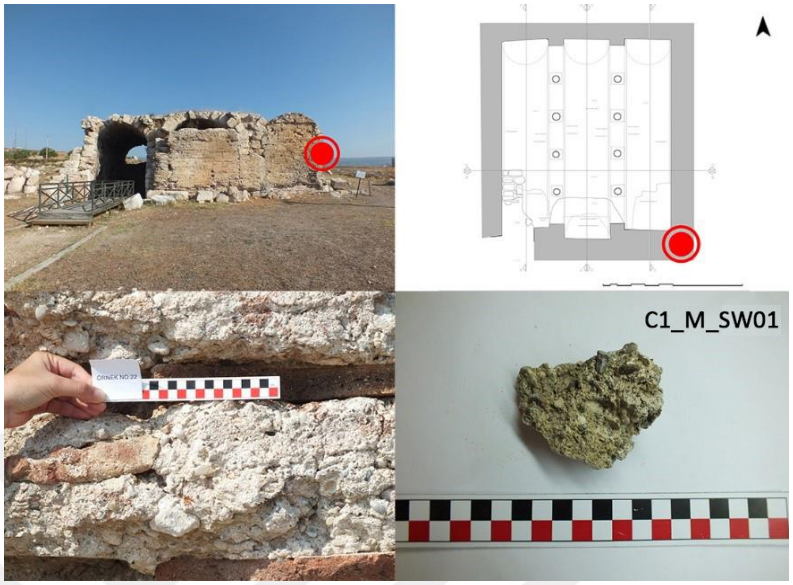
Şekil 4.1 : S1 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ve C1_M_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

Yapının güney cephesinde doğu kenarı üst kotundan iç cidarı oluşturan tuğla duvar örgüsünün doğu cephesine bakan bölümünden örgü harcı örneği (C1_M_SW01) alınmıştır (Şekil 4.2).

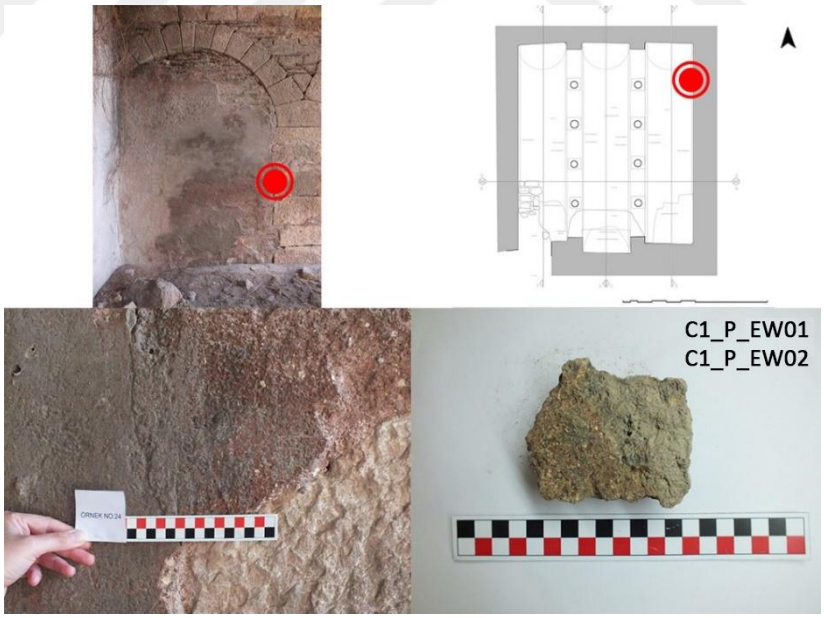
Yapının doğu duvarında iç cidarı oluşturan tuğla duvar örgüsünün batı kenarı alt kotundan iç sıva örneği (C1_P_EW01 ve C1_P_EW02) alınmıştır (Şekil 4.3). Duvarın kuzeyinde yer alan kemer üzerine uygulanmış olan 2.5 cm kalınlığındaki sıva tabakası iki katmanlıdır.

Yapının güney duvarında iç cidarı oluşturan tuğla duvar örgüsünün doğu nefine bakan bölümünden iç sıva örneği (C1_P_SW01, C1_P_SW02, C1_P_SW03 ve C1_P_SW04) alınmıştır. Bu yüzeye uygulanmış olan iç sıva iki katmanlıdır ve bu katmanlar da kendi içinde iki tabakadan oluşmaktadır. En altta yer alan iç sıva katmanı örneği (C1_P_SW01 ve C1_P_SW02) yapının bu yüzeyinde doğu kenarında alt kot seviyesinden alınmıştır (Şekil 4.4). İki katmanın birlikte bulunduğu numunede üst

katman 1.1 cm ve alt katman 1.4 cm kalınlığında olmak üzere toplam kalınlık 2.5 cm'dir. Sıvayı oluşturan katmanlar C1_P_SW01 ve C1_P_SW02 olmak üzere ayrı olarak da alınmıştır (Şekil 4.5).



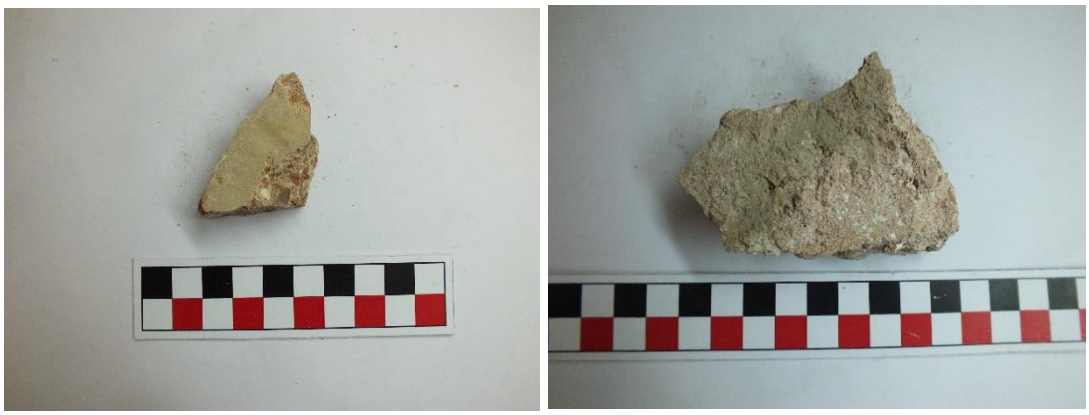
Şekil 4.2 : S1 Sarnıcı güney cephesi görünüşü ve C1_M_SW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).



Şekil 4.3 : S1 Sarnıcı doğu cephesi iç duvar görünüşü ve C1_P_EW01 ve C1_P_EW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

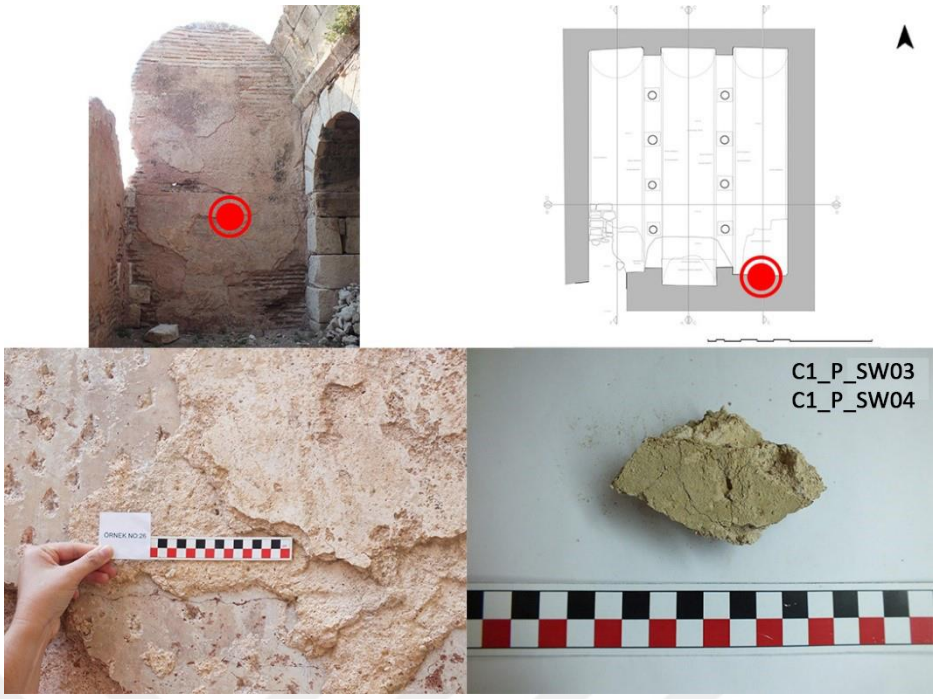


Şekil 4.4 : S1 Sarnıcı güney cephesi iç duvar görünüşü ve C1_P_SW01 ve C1_P_SW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

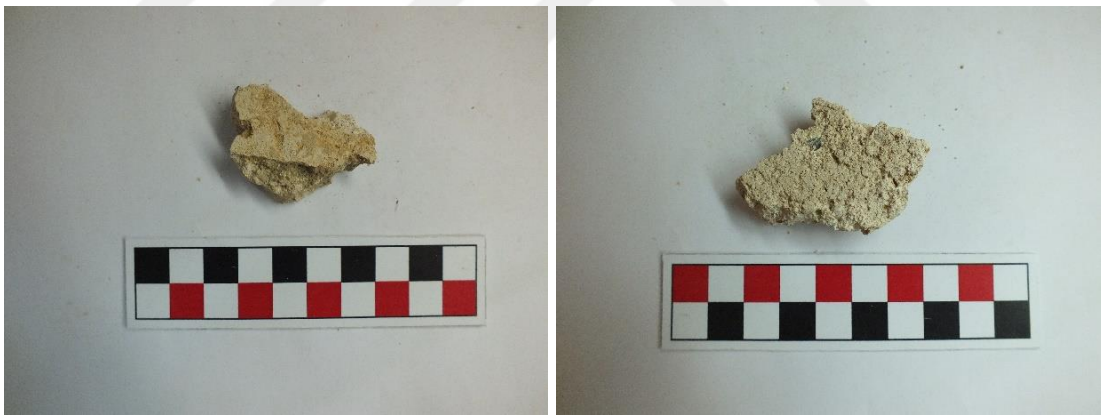


Şekil 4.5 : C1_P_SW02 nolu örneğin görünüşü (sol), C1_P_SW01 nolu örneğin görünüşü (sağ).

Direkt tuğla örgü yüzeyine uygulanan C1_P_SW01 ve C1_P_SW02 sıvalarının üzerine uygulanmış olan iç sıva katmanları (C1_P_SW03 ve C1_P_SW04) ise yapının aynı yüzeyinde orta bölümde biraz daha üst kottan alınmıştır (Şekil 4.6). Bu iç sıva örneği de iki katmandan oluşmaktadır. İki katmanın birlikte bulunduğu numunenin kalınlığı 2.5 cm'dir. Sıvayı oluşturan katmanlar ayrı parçalar halinde de alınmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.6 : S1 Sarnıcı güney cephesi iç duvar görünüşü ve C1_P_SW03 ve C1_P_SW04 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Polat, 2004), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).



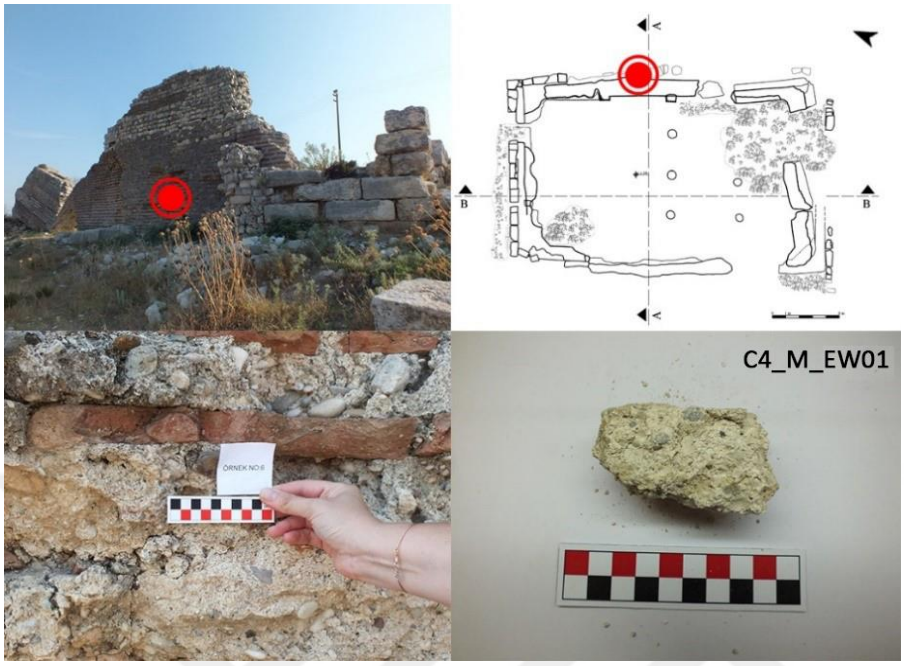
Şekil 4.7 : C1_P_SW04 nolu örneğin görünüşü (sol), C1_P_SW03 nolu örneğin görünüşü (sağ).

4.1.1.2 S4 sarnıcı

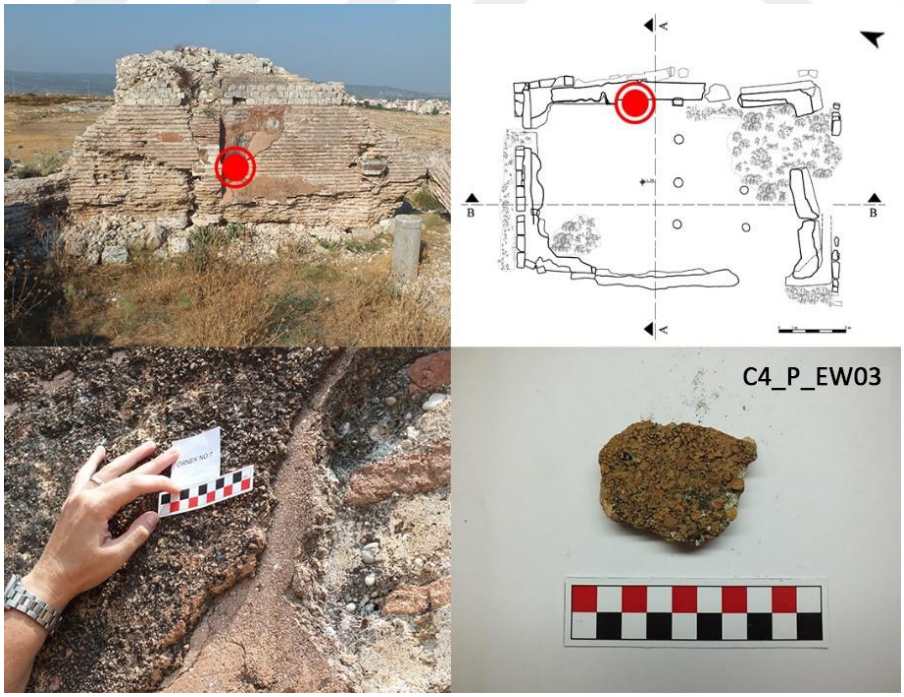
S4 Sarnıcı'nın doğu cephesindeki tuğla duvar örgüsü alt kotundaki orta bölümden örgü harcı örneği (C4_M_EW01) alınmıştır (Şekil 4.8). Kirli beyaz renkte olan ve iri agregalar içeren harç yüksek dayanımlıdır.

Yapının doğu duvarını oluşturan tuğla duvar örgüsünden iç sıva örneği (C4_P_EW01, C4_P_EW02 ve C4_P_EW03) alınmıştır (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). Direkt tuğla yüzeye uygulanmış olan C4_P_EW01 ve C4_P_EW02 sıva katmanları birlikte alınmıştır.

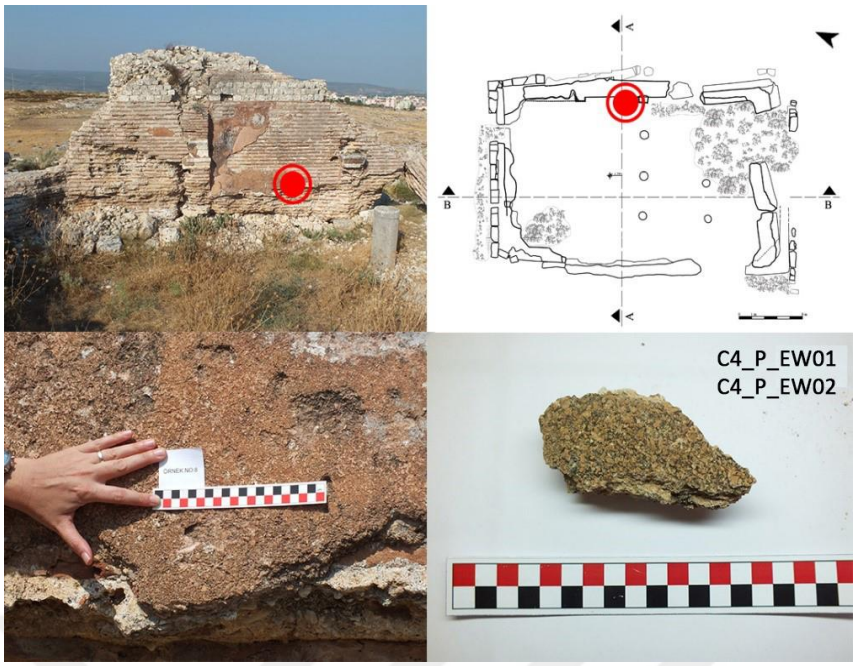
Duvarın orta kot seviyesinden alınan C4_P_EW03 nolu örnek ise yüzeydeki en dış sıva tabakasıdır.



Şekil 4.8 : S4 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ve C4_M_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç, 2015), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

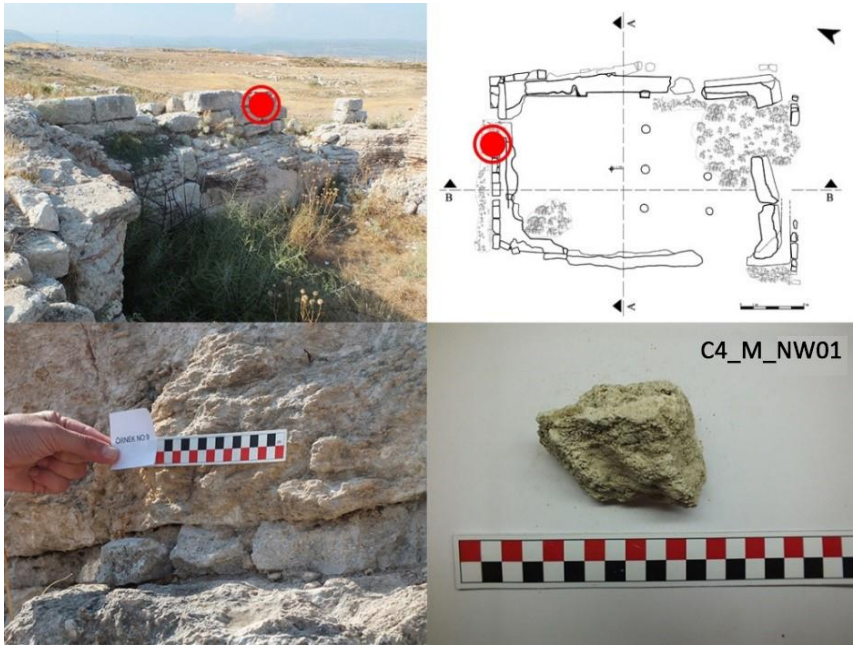


Şekil 4.9 : S4 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C4_P_EW03 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç, 2015), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).



Şekil 4.10 : S4 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C4_P_EW01 ve C4_P_EW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç, 2015), örneğin alındığu yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

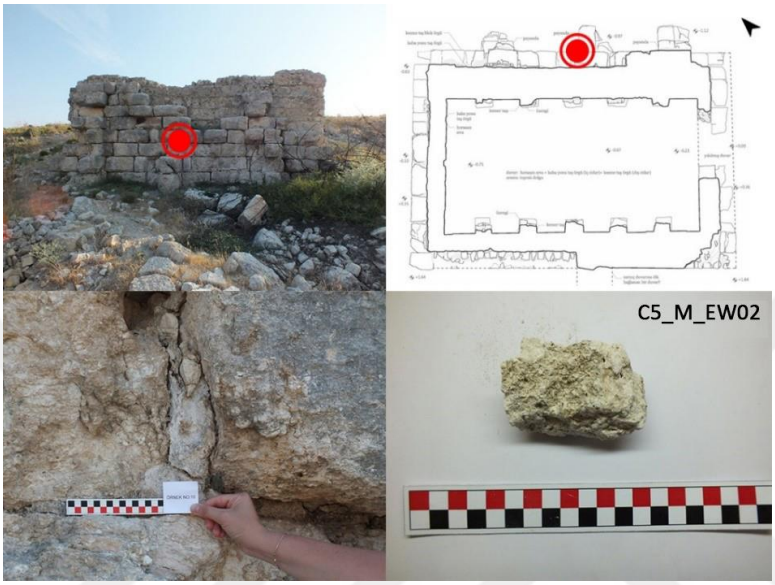
Sarnıcın kuzey duvarında dış cidarı oluşturan iri taş blokların arasından örgü harcı örneği (C4_M_NW01) alınmıştır (Şekil 4.11). Beyaz-krem renkte olan harcın dayanımı oldukça iyidir.



Şekil 4.11 : S4 Sarnıcı kuzey iç duvar görünüşü ve C4_M_NW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç, 2015), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

4.1.1.3 S5 sarnıcı

S5 Sarnıcı'nın doğu cephesinde payanda işlevi gören iri blok taşlardan ortadakinin hemen üzerindeki kottan, dış cidarı oluşturan iri blok taşlar arasından örgü harcı örneği (C5_M_EW02) alınmıştır (Şekil 4.12). Beyaz-krem renkli olan harç çok iyi bir dayanıma sahiptir.

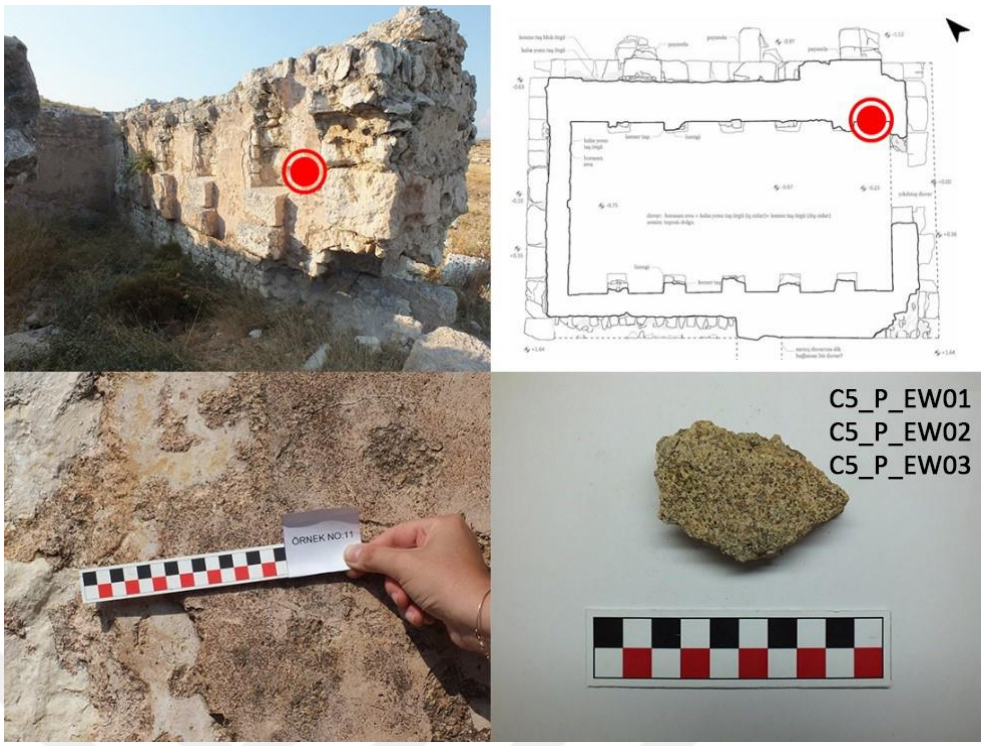


Şekil 4.12 : S5 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C5_M_EW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

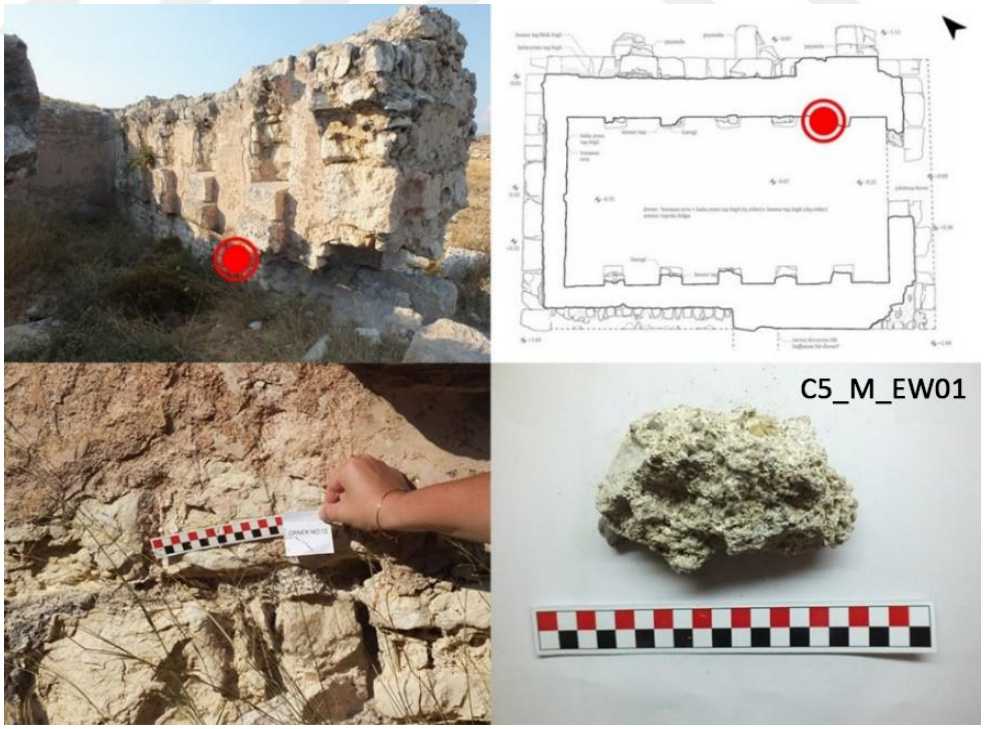
Sarnıcın doğu duvarında en sağda yer alan taş konsol ile güney duvarı arasında kalan bölümün orta kotundan iç cidar yüzeyine uygulanmış olan horasan sıva örneği (C5_P_EW01, C5_P_EW02 ve C5_P_EW03) alınmıştır (Şekil 4.13). Pembe renkli olan ve 3 tabakadan oluşan sıva düşük bir dayanıma sahiptir.

İç mekanda doğu duvarının sağında yer alan iki taş konsol arasındaki bölümde alt kotta sıvanın döküldüğü yüzeyde açığa çıkan kaba yonu taş örgüden örgü harcı örneği (C5_M_EW01) alınmıştır (Şekil 4.14). Kirli beyaz renkte olan bu harç iri agregalar içermektedir ve çok iyi bir dayanıma sahiptir.

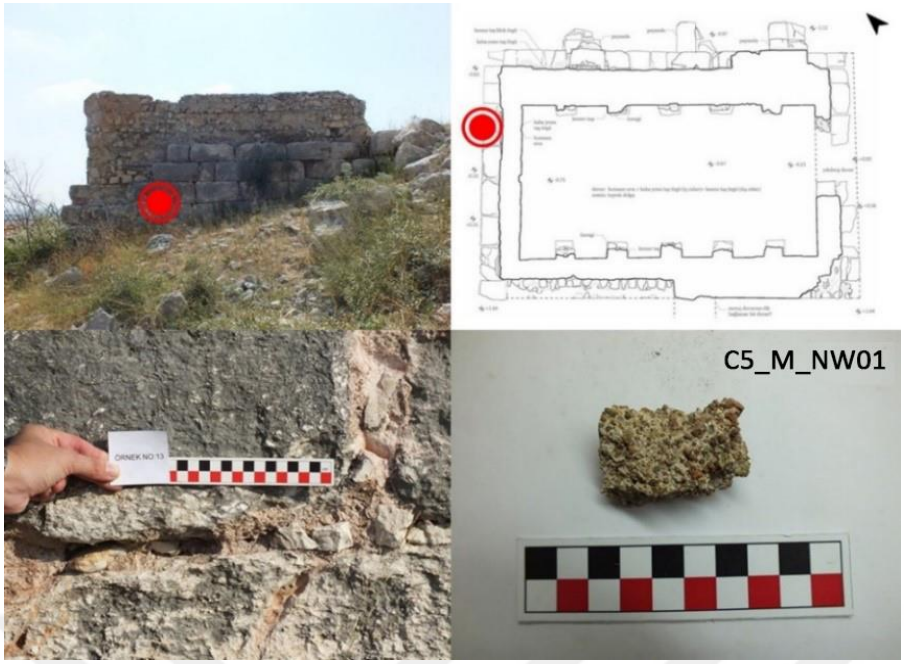
Yapının kuzey duvarında dış cidarı oluşturan iri blokların arasından derz harcı örneği (C5_M_NW01) alınmıştır (Şekil 4.15). Cephenin sol alt kotundan alınan örnek tuğla kırığı içeren, pembe renkli bir harçtır ve iyi bir dayanıma sahiptir.



Şekil 4.13 : S5 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C5_P_EW01, C5_P_EW02 ve C5_P_EW03 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

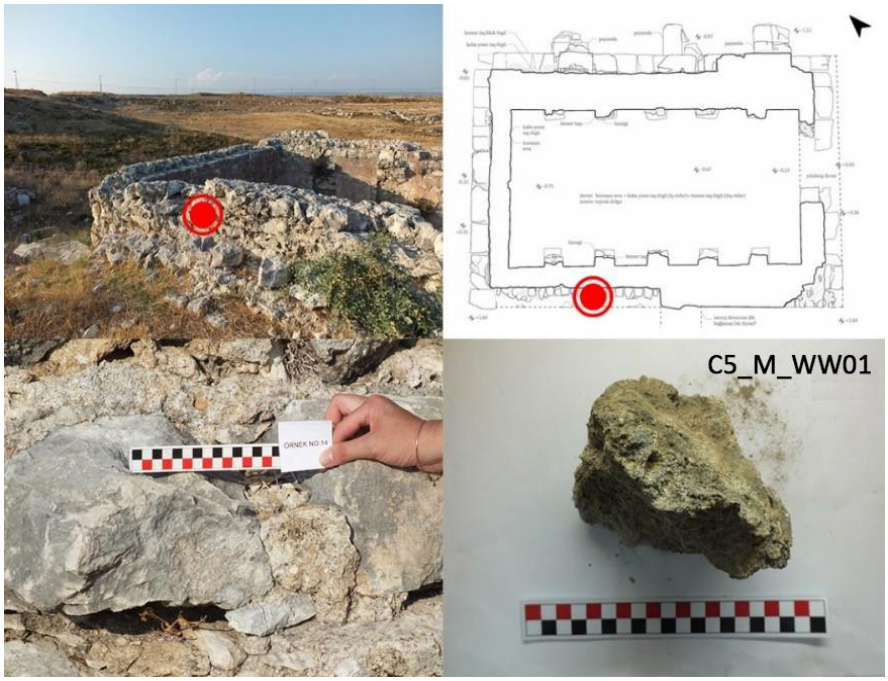


Şekil 4.14 : S5 Sarnıcı doğu iç duvar görünüşü ve C5_M_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).



Şekil 4.15 : S5 Sarnıcı kuzey cephesi görünüşü ve C5_M_NW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

Yapıdan alınan son örnek batı duvarındaki çekirdek bölümü oluşturan moloz taş örgüdeki harç örneğidir (C5_M_WW01), (Şekil 4.16). Cephenin sol tarafından alınan krem-kahve rengindeki bu harç çok iyi bir dayanıma sahiptir.

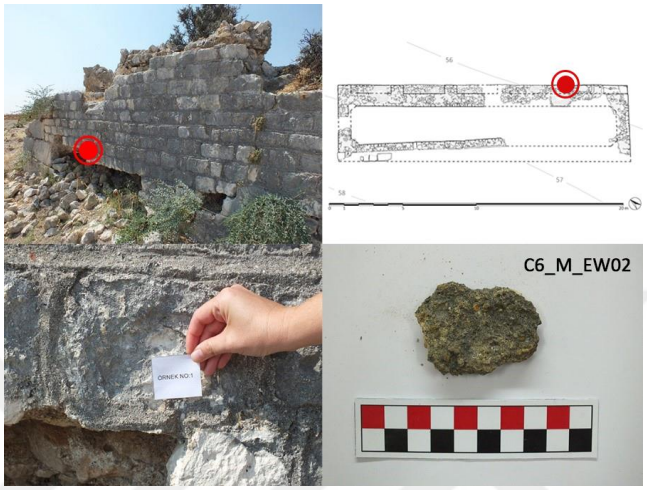


Şekil 4.16 : S5 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C5_M_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve diğ, 2017), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

4.1.1.4 S6 sarnıcı

S6 Sarnıcı'ndan 1'i derz harcı olmak üzere 3 örgü harcı ve 2 iç sıva örneği alınmıştır.

Sarnıcın doğu cephesinin güney bölümünde dış cidarı oluşturan kaba yonu taş örgü duvarın orta kotlarından derz harcı örneği (C6_M_EW02) alınmıştır (Şekil 4.17). Duvar yüzeyine farklı bir teknikle uygulanmış olan harç iyi bir dayanıma sahiptir[3].



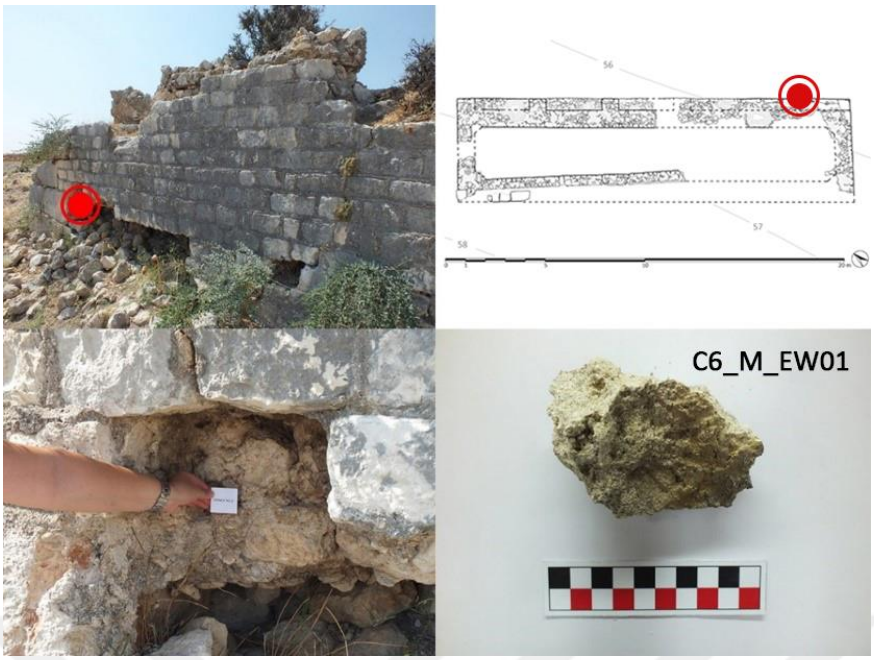
Şekil 4.17 : S6 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ne C6_M_EW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

Sarnıcın doğu cephesindeki aynı bölümde, kaba yonu taşların kaybolması sonucu alt kotta ortaya çıkmış olan çekirdek katmanından moloz taş örgüye ait örgü harcı örneği (C6_M_EW01) alınmıştır (Şekil 4.18). Kirli beyaz renkteki bu harç düşük bir dayanıma sahiptir.

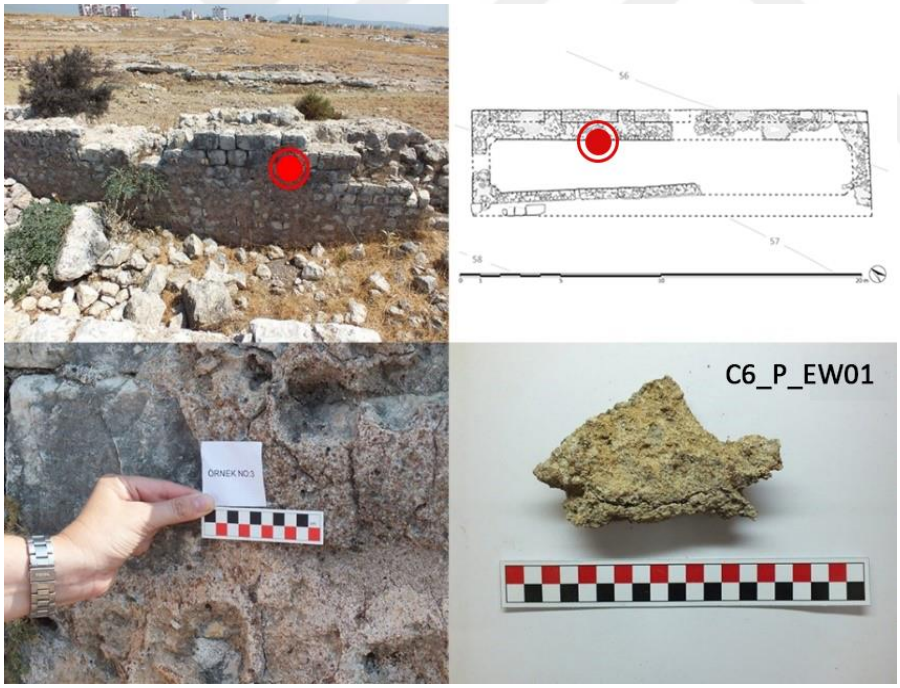
Doğu duvarının kuzey bölümünde, iç cidarı oluşturan kaba yonu taş örgü duvarın üst kotundan iç sıva örneği (C6_P_EW01) alınmıştır (Şekil 4.19). Seyrek miktarda tuğla kırığı içeren horasan sıva örneği iyi bir dayanıma sahiptir ve tek katmanlıdır.

Sarnıcın batı duvarının sağ bölümünde iç cidarı oluşturan kaba yonu taş örgü yüzeyine uygulanmış olan iç sıvadan örnek (C6_P_WW01) alınmıştır (Şekil 4.20). Duvarın orta kotundan alınmış olan örnek seyrek miktarda tuğla kırığı dışında tek tük kum agrega ve taş kırıkları da içermektedir ve orta dayanıma sahiptir.

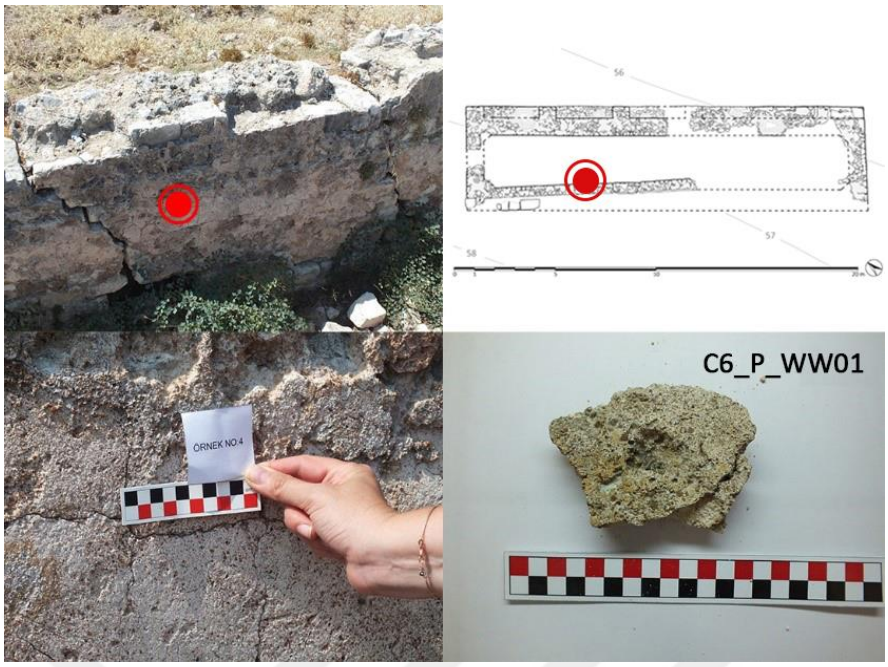
[3] İlgili planlar 24. Bizans Çalışmaları Kongresi'nde Umut Almaç ve Mustafa Sayan tarafından hazırlanan ve sunulan "The Water Supply and Distribution System of St. Thecla Pilgrimage Site (Ayatekla/Meryemlik)" balkıklı sunumdan alınmıştır.



Şekil 4.18 : S6 Sarnıcı doğu cephesi görünüşü ve C6_M_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

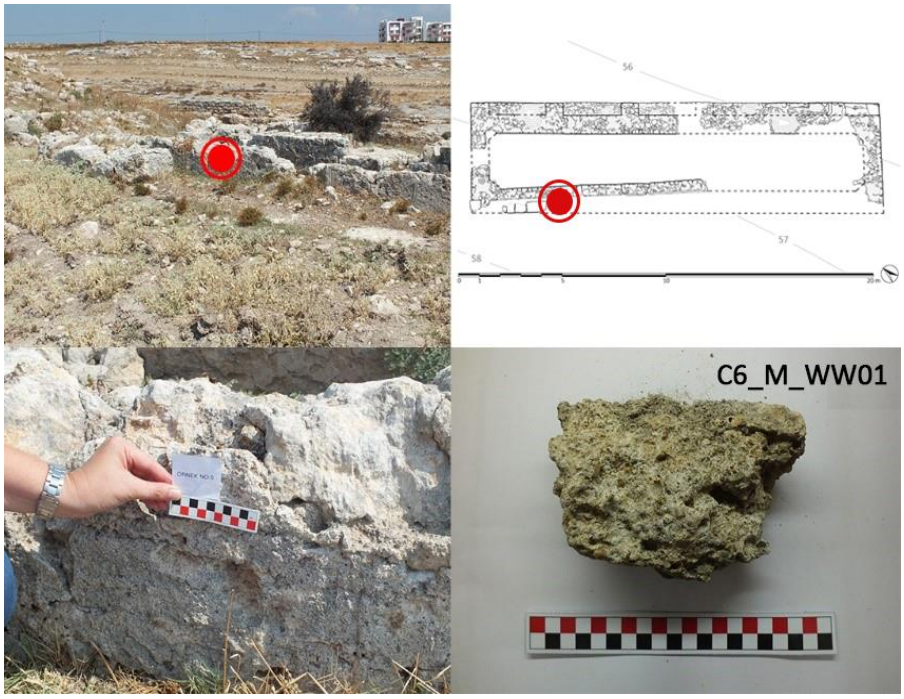


Şekil 4.19 : S6 Sarnıcı doğu duvarı görünüşü ve C6_P_EW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).



Şekil 4.20 : S6 Sarnıcı batı duvarı görünüşü ve C6_P_WW01 nolu örneğin alındığu yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

Batı cephesinin kuzey bölümünde, moloz taş örgüden oluşan çekirdek katmanının bittiği yüzeyden örgü harcı örneği (C6_M_WW01) alınmıştır (Şekil 4.21). Yoğun miktarda taş kırıkları ve kum agrega içeren örnek çok iyi bir dayanıma sahiptir.



Şekil 4.21 : S6 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C6_M_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst) (Almaç ve Sayan, 2022), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

4.1.2 Açık sarnıçlar

Meryemlik'te yer alan açık sarnıçlardan incelenmek üzere 1'i derz harcı olmak üzere 4 örgü harcı, 1 iç sıva ve 1 derz sıvası örneği alınmıştır.

4.1.2.1 S2 sarnıcı

S2 Sarnıcı'ndan 2 örgü harcı, 1 iç sıva ve 1 derz sıvası olmak üzere toplam 4 örnek alınmıştır.

Sarnıcın batı cephesinin güney bölümünde dış cidarı oluşturan blok taş örgü duvarın üst kotundan örgü harcı örneği (C2_M_WW02) alınmıştır (Şekil 4.22). Kirli beyaz renkteki bu harç çok iyi bir dayanıma sahiptir.



Şekil 4.22 : S2 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C2_M_WW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

Sarnıcın batı cephesinin güney bölümünde dış cidarı oluşturan blok taş örgünün yatay ve düşey derzleri üzerinde yer alan ve dışarıya doğru taşarak dekoratif bir hat oluşturan derz sıvası örneğinden (C2_J_WW01) alınmıştır (Şekil 4.23). Dış yüzeyinde çok ince krem renkli tabakanın altında, tuğla kırıklı pembe renkli sıva bulunmaktadır. Numune çok düşük bir dayanıma sahiptir.

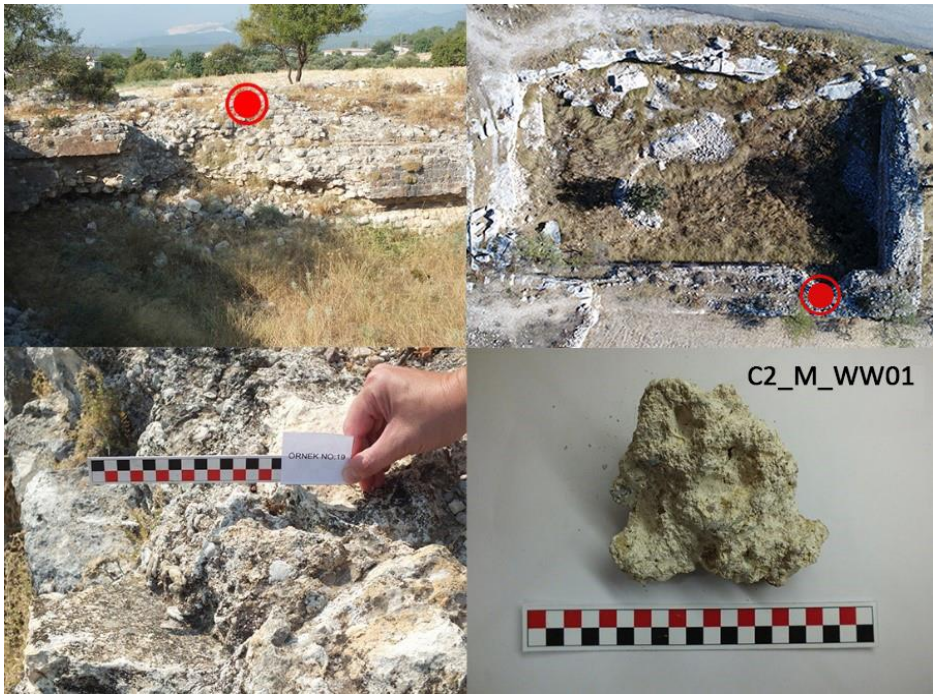
Sarnıcın batı cephesinin güney bölümünde moloz taş örgüden oluşan çekirdek katmanına ait örgü harcı örneği (C2_M_WW01) alınmıştır (Şekil 4.24). Beyaz renkli olan harç çok iyi bir dayanıma sahiptir.

Sarnıcın güney cephesinde iç cidarı oluşturan kaba yonu taş örgünün doğu tarafındaki orta kotlardan yüzeye uygulanmış olan iç sıva örneği (C2_P_SW01) alınmıştır (Şekil

4.25). Tek katmanlı olan sıva örneği 2 cm kalınlığındadır ve çok iyi bir dayanıma sahiptir.



Şekil 4.23 : S2 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C2_J_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).



Şekil 4.24 : S2 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C2_M_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).



Şekil 4.25 : S2 Sarnıcı güney cephesi görünüşü ve C2_P_SW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

4.1.2.2 S3 sarnıcı

S3 Sarnıcı'ndan 1 örgü harcı ve 1 derz harcı olmak üzere toplam 2 örnek alınmıştır.

Sarnıcın batı cephesinin güney bölümünde çekirdeği oluşturan moloz taş örgüden örgü harcı örneği (C3_M_WW02) alınmıştır (Şekil 4.26). Kirli beyaz renkteki örnek iyi dayanıma sahiptir.



Şekil 4.26 : S3 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C3_M_WW02 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

Sarnıcın batı cephesinin güney bölümünde iç cidarı oluşturan kaba yonu taş duvar örgüsüne ait derz harcı örneği (C3_M_WW01) alınmıştır (Şekil 4.27). Seyrek miktarda tuğla kırığı içeren ve pembe renkli olan harç çok iyi bir dayanıma sahiptir.



Şekil 4.27 : S3 Sarnıcı batı cephesi görünüşü ve C3_M_WW01 nolu örneğin alındığı yer (sol üst), plan üzerinde örneğin alındığı yer (sağ üst), örneğin alındığı yerin yakın görünüşü (sol alt), örneğin görünüşü (sağ alt).

4.2 Deneysel Çalışmalar

Tarihi harçlar, bağlayıcı, agrega ve katkı maddesi içeren kompozit malzemelerdir. Onlarca yüzyıl çeşitli mekanik ve çevresel yük altında işlevini sürdüren bu malzemelerin karakterizasyonu, çeşitli analiz yöntemlerinin sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle gerçekleştirilebilir (Moropoulou ve diğ, 2000, ss. 45-46).

Tez kapsamında Meryemlik'te yer alan kapalı ve açık sarnıçların farklı noktalarında farklı işlevlerde kullanılmış olan harç (örgü harcı, derz harcı) ve sıvaların (iç sıva, derz sıvası) fiziksel, kimyasal, minerolojik ve petrografik özelliklerinin tespit edilmesini sağlayacak analiz yöntemleri seçilmiştir. Harç ve sıva örneklerinin karakterizasyonunun tanımlanması için uygulanması planlanan analiz yöntemleri uluslararası literatür taranarak ve bilimsel çalışmalar incelenerek belirlenmiştir. Görsel analizler ile başlayan çalışmalar, kimyasal analizlerle devam ettirilmiş, ileri analiz yöntemleri kullanılarak daha kapsamlı ve detaylı bulgular elde edilmiştir.

Görsel analizler ile incelenen örneklerin hammadde kompozisyonlarının belirlenmesi için kimyasal deneyler uygulanmıştır. Asit kaybı deneyi ile agrega ve bağlayıcıların ayrılması sağlandıktan sonra, agregalar stereo-mikroskop altında gözlemlenmiş, agrega boyut dağılımı belirlenmiştir. Kimyasal analizler kızdırma kaybı analizi ile devam etmiştir. Kantitatif mikroskopik yöntemlerden bağlayıcı/agrega oranlarının belirlenmesinde faydalanılmıştır.

Örneklerden elde edilen kalın ve ince kesitler stereo-mikroskop ve polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Stereo-mikroskop incelemeleri sonucu örneklere dair agrega cinsi, boşluk, çatlak, homojenlik, kireç topakları üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Petrgorafik analizler için polarizan mikroskop kullanılmıştır.

Kimyasal, minerolojik ve petrografik özelliklerin belirlenmesi için basit analiz yöntemlerine ilave olarak X-Işını Difraksiyonu (XRD), TGA-DSC Termal Analizi ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) gibi ileri analiz yöntemleri uygulanmıştır.

Tuz testi ile örneklerin içermiş oldukları tuz cinsi ve miktarı belirlenmiş, protein ve yağ analizleri ile ise içermiş oldukları organik katkılara yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur.

4.2.1 Görsel analizler

Görsel analiz, tahribatsız bir tekniktir ve laboratuvar analizlerinden önce mümkün olduğu kadar çok kullanılmalıdır (Hughes ve Callebaut, 2002, s. 72). Bu nedenle su yapılarından alınan örneklerin incelenmesine ilk olarak görsel analizler ile başlanmış ve ilk veriler elde edilmiştir. Harç ve sıva örneklerinde hamurun rengi, agregaların cins, renk, şekil ve boyutları detaylı olarak gözlemlenmiştir. Sıva örneklerinde katman sayıları ve katmanların kalınlıkları tespit edilmiştir. Örneklerin dayanım durumları incelenmiş, gözlemlenen organik katkı ve kireç topakları belirtilmiştir.

Örnekler üzerinde yapılan makroskopik gözlemler sonucunda hamurun rengi ve agregaların cins, renk, şekil ve boyutları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de tanımlanmıştır. Gözlemlenen saman, lif gibi organik katkılar belirtilmiş, kireç topakları bulundukları miktara göre yoğun veya seyrek olmak üzere ifade edilmiştir. Örneklerin dayanımları birbirleriyle karşılaştırmış ve 1 değeri el ile kolayca parçalanabilen ve 5 değeri bir alet kullanılarak zor parçalanan örnekleri ifade edecek şekilde 1 (çok zayıf) – 5 (çok iyi) arasında değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1: Harçların görsel özelliklerinin değerlendirilmesi.

Yapı	Örnek	Konum	Tür	Katmanlaşma/ Kalınlık	Bağlayıcı Renk	Agrega Cins/Renk/Şekil/Boyut	Organik Katkı	Kireç Topakları	Dayanım
S1	C1_M_EW01	duvar-moloz taş örgü	örgü harcı	yok	kirli beyaz	çakıl/krem/yuvarlak/4 mm ile 2 mm arası (seyrek) kum agrega/krem/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun) kuvars/parlak beyaz/köşeli/7 mm ve altı (seyrek)	saman, lif, pamukçuk	var (yoğun)	çok iyi
S1	C1_M_SW01	duvar-tuğla örgü	örgü harcı	yok	beyaz	çakıl/açık-koyu gri, siyah, krem, kırmızı, yeşil/yuvarlak/12 mm ile 2 mm arası (yoğun) kum agrega/açık-koyu gri, siyah, krem, kırmızı, yeşil/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	-	var (yoğun)	iyi
S2	C2_M_WW01	duvar-moloz taş örgü	örgü harcı	yok	beyaz	çakıl/açık-koyu gri, krem, siyah/yuvarlak/20 mm ile 2 mm arası (yoğun) kum agrega/açık-koyu gri, krem, siyah/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	-	var (yoğun)	çok iyi
S2	C2_M_WW02	duvar-blok taş örgü	örgü harcı	yok	kirli beyaz-krem	çakıl/krem, siyah/yuvarlak/4 mm ile 2 mm arası (tek tük) kum agrega/krem, siyah/yuvarlak/2 mm ve altı (tek tük) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/8 mm ve altı (seyrek)	lif	var (seyrek)	çok iyi
S3	C3_M_WW01	duvar-kaba yonu taş örgü	derz harcı	yok	pembe	çakıl/açık gri/yuvarlak/4 mm ile 2mm arası (seyrek) kum agrega/açık gri/yuvarlak/2 mm ve altı (seyrek) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/ince (seyrek)	-	var (seyrek)	çok iyi
S3	C3_M_WW02	duvar-moloz taş örgü	örgü harcı	yok	kirli beyaz	çakıl/açık-koyu gri, siyah/yuvarlak/7 mm ile 2 mm arası (yoğun), bir tane 47 mm gri kum agrega/açık-koyu gri, siyah/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	saman	-	iyi
S4	C4_M_EW01	duvar-tuğla örgü	örgü harcı	yok	kirli beyaz	çakıl/siyah, açık-koyu gri, krem, pembe/yuvarlak/15 mm ile 2 mm arası (yoğun) kum agrega/siyah, açık-koyu gri, krem, pembe/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	-	-	çok iyi
S4	C4_M_NW01	duvar-blok taş örgü	örgü harcı	yok	beyaz-krem	çakıl/beyaz, krem, koyu gri/yuvarlak/5 mm ile 2 mm arası (seyrek) kum agrega/beyaz, krem, koyu gri/yuvarlak/2 mm ve altı (seyrek) kuvars/parlak beyaz/köşeli/2 mm ve altı (seyrek)	lif	var (seyrek)	çok iyi
S5	C5_M_EW01	duvar-kaba yonu taş örgü	örgü harcı	yok	kirli beyaz	çakıl/krem, açık-koyu gri, siyah, kahverengi, sarı/yuvarlak/22 mm ile 2 mm arası (yoğun) kum agrega/krem, açık-koyu gri, siyah, kahverengi, sarı/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	lif	-	çok iyi
S5	C5_M_EW02	duvar-blok taş örgü	örgü harcı	yok	beyaz-krem	kum agrega/koyu gri/yuvarlak/2 mm ve altı (seyrek) tuğla kırığı/turuncu/köşeli/4 mm ve altı (seyrek)	lif	-	çok iyi

Çizelge 4.1 (devam) : Harçların görsel özelliklerinin değerlendirilmesi.

Yapı	Örnek	Konum	Tür	Katmanlaşma/ Kalınlık	Bağlayıcı Renk	Agrega Cins/Renk/Şekil/Boyut	Organik Katkı	Kireç Topakları	Dayanım
S5	C5_M_NW01	duvar-blok taş örgü	derz harcı	yok	pembe	çakıl/beyaz, koyu gri/yuvarlak/15 mm ile 2 mm arası (tek tük) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/5 mm ve altı (yoğun)	-	var (seyrek)	iyi
S5	C5_M_WW01	duvar-moloz taş örgü	örgü harcı	yok	krem-kahve	çakıl/krem, açık-koyu gri, siyah, kahverengi/yuvarlak/10 mm ile 2 mm arası (yoğun) kum agrega/krem, açık-koyu gri, siyah, kahverengi/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	saman, lif	var (seyrek)	çok iyi
S6	C6_M_EW01	duvar-moloz taş örgü	örgü harcı	yok	kirli beyaz	çakıl/gri, açık gri, kahverengi/yuvarlak/8 mm ile 2 mm arası (seyrek) kum agrega/gri, açık gri, kahverengi/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	-	-	zayıf
S6	C6_M_EW02	duvar-kaba yonu taş örgü	derz harcı	yok	kahve-krem	çakıl/siyah, açık-koyu gri, krem, kahverengi, bordo/yuvarlak/4 mm ile 2 mm arası (seyrek) kum agrega/siyah, açık-koyu gri, krem, kahverengi, bordo/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	-	-	iyi
S6	C6_M_WW01	duvar-moloz taş örgü	örgü harcı	yok	kirli beyaz-krem	çakıl/beyaz, açık-koyu gri, siyah, sarı, krem/yuvarlak/10 mm ile 2 mm arası (yoğun) kum agrega/beyaz, açık-koyu gri, siyah, sarı, krem/yuvarlak/2 mm ve altı (yoğun)	-	-	çok iyi

Çizelge 4.2: Sıvaların görsel özelliklerinin değerlendirilmesi.

Yapı	Örnek	Konum	Tür	Katmanlaşma/ Kalınlık	Bağlayıcı Renk	Agrega Cins/Renk/Şekil/Boyut	Organik Katkı	Kireç Topakları	Dayanım
S1	C1_P_EW01 & C1_P_EW02	duvar-tuğla örgü	iç sıva	2 katman üst – 1 cm alt – 2.5 cm	pembe	Üst - tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/4 mm ve altı (yoğun) Alt - tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/4 mm ve altı (yoğun)	-	var (seyrek)	çok iyi
S1	C1_P_SW01 & C1_P_SW02	duvar-tuğla örgü	iç sıva	2 katman üst – 1 cm alt - 3 cm	pembe	Üst – çakıl/yuvarlak/koyu gri/5 mm (bir tane) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/7 mm ve altı (yoğun) Alt – tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/6 mm ve altı (yoğun)	-	var (seyrek)	-
S1	C1_P_SW01	duvar-tuğla örgü	iç sıva	3 cm	pembe	çakıl/gri/yuvarlak/12 mm (bir tane) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/5 mm ve altı (yoğun)	-	var (seyrek)	iyi
S1	C1_P_SW02	duvar-tuğla örgü	iç sıva	1 cm	pembe	tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/5 mm ve altı (yoğun)	-	var (seyrek)	çok zayıf
S1	C1_P_SW03 & C1_P_SW04	duvar-tuğla örgü	iç sıva	2 katman üst - 1 cm alt - 1 cm	pembe	Üst – tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/2 mm ve altı (seyrek) Alt – tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/3 mm ve altı (seyrek)	-	var (seyrek)	-
S1	C1_P_SW03	duvar-tuğla örgü	iç sıva	1 cm	pembe	çakıl/krem, gri, koyu gri/yuvarlak/5 mm ile 2 mm arası (tek tük) kum agrega/krem, gri, koyu gri/yuvarlak/2 mm ve altı (tek tük) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/4 mm ve altı (seyrek)	-	-	çok zayıf
S1	C1_P_SW04	duvar-tuğla örgü	iç sıva	1 cm	pembe	tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/2 mm ve altı (seyrek)	-	var (seyrek)	çok zayıf
S2	C2_P_SW01	duvar-kaba yonu taş örgü	iç sıva	1 katman 1 cm	pembe	tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/4 mm ve altı (seyrek)	-	var (seyrek)	çok iyi
S4	C4_P_EW01 & C4_P_EW02	duvar-tuğla örgü	iç sıva	2 katman üst – 1.5 cm alt - 1.5 cm	pembe	Üst – tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/4 mm ve altı (yoğun) Alt – tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/12 mm ve altı (yoğun)	-	Üst k. - var (seyrek) Alt k. – var (seyrek)	çok iyi

Çizelge 4.2 (devam) : Sıvaların görsel özelliklerinin değerlendirilmesi.

Yapı	Örnek	Konum	Tür	Katmanlaşma/Kalınlık	Bağlayıcı Renk	Agrega Cins/Renk/Şekil/Boyut	Organik Katkı	Kireç Topakları	Dayanım
S4	C4_P_EW03	duvar-tuğla örgü	iç sıva	1 katman 1 cm	pembe	tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/6 mm ve altı (yoğun)	-	-	çok zayıf
S5	C5_P_EW01 & C5_P_EW02 & C5_P_EW03	duvar-kaba yonu taş örgü	iç sıva	3 katman üst - 1.5 cm orta – 1.5 cm alt - 2 cm	pembe	Üst – tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/2 mm ve altı (seyrek) Orta - kum agrega/açık-koyu gri/yuvarlak/2 mm ve altı (seyrek) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/2 mm ve altı (seyrek) Alt – kum agrega/gri, koyu gri/yuvarlak/2 mm ve altı (seyrek) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/3 mm ve altı (seyrek)	-	Üst k.– var (seyrek) Orta k.– var (seyrek) Alt k. – var (yoğun)	
S6	C6_P_EW01	duvar-kaba yonu taş örgü	iç sıva	1 katman 1 cm	pembe	tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/5 mm ve altı (seyrek)	-	-	iyi
S6	C6_P_WW01	duvar-kaba yonu taş örgü	iç sıva	1 katman 1 cm	pembe	çakıl/krem, beyaz, siyah, koyu gri/yuvarlak/4 mm ile 2 mm arası (tek tük) kum agrega/krem, beyaz, siyah, koyu gri/yuvarlak/2 mm ve altı (tek tük) tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/5 mm ve altı (seyrek)	-	-	orta
S2	C2_J_WW01	duvar-blok taş örgü	derz sıvası	2 katman üst - ince alt – 0.5 cm	üst-krem alt-pembe	Üst katman - agrega yok Alt - tuğla kırığı/kırmızı/köşeli/4 mm ve altı (seyrek)	-	-	çok zayıf

Örgü harçları genellikle beyaz, kirli beyaz, krem renklerindedir. Tüm harç örnekleri taş kırıkları ve kum agrega içermekte, birkaç örnekte ise seyrek miktarda kuvars (C1_M_EW01), birkaç örnekte de seyrek miktarda tuğla kırığı (C5_M_EW02) mevcuttur (Şekil 4.28). Agregalar genellikle krem, kahverengi, gri, siyah, beyaz renktedir. C1_M_SW01 diğerlerinden farklı olarak kırmızı ve yeşil, C5_M_EW01 ve C6_M_WW01 ise sarı renkli agregalar da içermektedir.



Şekil 4.28 : İçinde kuvars bulunan örgü harcı C1_M_EW01 (sol) ve tuğla kırığı bulunan örgü harcı C5_M_EW02 (sağ).

Tuğla duvardan alınan ve yoğun miktarda ve büyük boyutlu taş kırıkları içeren harç örneklerinde (C4_M_EW01) agrega dağılımı homojen olmayan bir görünümdedir (Şekil 4.29). Moloz taş örgüde kullanılan tüm harçlarda yoğun miktarda agrega bulunmakla birlikte, taş kırığı boyutu ve miktarı farklılaşmakta ve homojenlik durumu değişkenlik göstermektedir. Yoğun ve büyük taş kırıklı örnekler (C2_M_WW01) olmakla birlikte küçük ve seyrek miktarda taş kırığı içeren ve daha homojen yapıda olan (C1_M_EW01) örgü harçları da bulunmaktadır (Şekil 4.28, Şekil 4.29). Blok taşlardan alınan harçlar seyrek miktarda kum agrega ve taş kırığı içermektedir ve tuğla duvar örgüsünde kullanılan harçlara kıyasla daha homojendir. S5 kapalı sarnıcı kaba yonu taş örgüsünden alınan örgü harcı örneği (C5_M_EW01) ise yoğun miktarda kum agrega ve taş kırığı içermektedir (Şekil 4.30).

Sıva örneklerinin içinde tuğla kırığı bulunmaktadır ve hamur rengi pembedir. Tuğla kırıklarının miktarı ve boyutları katmanlar arasında farklılık göstermektedir. S1 sarnıcı güney duvarına uygulanmış olan 4 katmanlı sıvadan, duvar yüzeyine uygulanan ilk 2 sıva katmanı daha büyük boyutlu ve yoğun tuğla kırığı içerirken (C1_P_SW01 ve C1_P_SW02), en üste uygulanmış olan 2 sıva katmanı (C1_P_SW03 ve C1_P_SW04) daha küçük ve seyrek miktarda tuğla kırığı içermektedir (Şekil 4.31). Bir tek duvar

yüzeyine uygulanan ilk sıva katmanı (C1_P_SW01) iyi dayanımlı olup, diğer katmanların dayanımı ise çok zayıftır.



Şekil 4.29 : Homojen görünümde olmayan tuğla duvar örgü harcı örneği C4_M_EW01 (sol) ve moloz taş örgü harcı C2_M_WW01 (sağ).



Şekil 4.30 : Yoğun kum agrega ve taş kırıkları içeren kaba yonu taş duvar örgü harcı C5_M_EW01.



Şekil 4.31 : Büyük ve yoğun tuğla kırıklı iç sıva örneği C1_P_SW02 (sol) ve küçük ve seyrek tuğla kırıklı iç sıva örneği C1_P_SW04 (sağ).

Sıva katmanlarının dayanım derecesi değişkenlik göstermektedir. S4 sarnıcı doğu duvarına uygulanmış olan ve yoğun miktarda tuğla kırığı içeren 3 katmanlı sıvada yüzeydeki ilk 2 katman (C4_P_EW01 ve C4_P_EW02) birbirine iyi tutunmuştur ve çok iyi dayanımlıdır. Bunların üzerine uygulanmış olan son katmanın (C4_P_EW03) ise el ile çok kolay parçalanabildiği, dayanım özelliğinin çok zayıf olduğu görülmektedir (Şekil 4.32). Bir diğer 3 katmanlı olan ve S5 sarnıcı doğu duvarında yer alan sıva örneğinin tüm katmanları (C5_P_EW01, C5_P_EW02 ve C5_P_EW03) seyrek miktarda tuğla kırığı içermektedir ve çok zayıf dayanımlıdır.



Şekil 4.32 : İyi dayanımlı 2 katmanlı iç sıva örneği C4_P_EW01 ve C4_P_EW02 (sol) ve çok zayıf dayanımlı iç sıva C4_P_EW03 (sağ).

S6 sarnıcının doğu (C6_P_EW01) ve batı (C6_P_WW01) duvarlarından alınan tek katmanlı sıvalar iyi dayanımlıdır ve seyrek miktarda tuğla içermektedir. Açık sarnıçlardan bir tek S2 sarnıcında bulunan ve tek katmanlı olan sıva örneğinin (C2_P_SW01) ise seyrek miktarda tuğla kırığı içermesine rağmen çok iyi dayanımlı olduğu görülmektedir. S1 sarnıcı doğu duvarında yer alan 2 katmanlı sıvada (C1_P_EW01 ve C1_P_EW02) iki katman da yoğun miktarda tuğla kırığı içermekte ve çok iyi dayanım özelliği göstermektedir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33 : Çok iyi dayanımlı iç sıva örneklerinden seyrek tuğla kırıklı C2_P_SW01 (sol) ve yoğun tuğla kırıklı C1_P_EW01 ve C1_P_EW02 (sağ).

Derz harçlarından C5_M_NW01 (yoğun tuğla kırıklı) ve C3_M_WW01 (seyrek tuğla kırıklı) örneklerinde örgü harçlarından farklı olarak tuğla kırığı bulunması sebebiyle hamur rengi pembedir (Şekil 4.34). Tuğla kırığı içermeyen derz harcı C6_M_EW02'de hamur rengi kahve-kremdir. Tüm derz harçlarının oldukça iyi dayanımlı olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.34 : Pembe renkli derz harçlarından yoğun tuğla kırıklı C5_M_NW01 (sol) ve seyrek tuğla kırıklı C3_M_WW01 (sağ).

Derz sıvası örneği olan C2_J_WW01'in dış bölümünde çok ince ve krem renkli, agregasız bir bitirme yüzeyi yer almaktadır. Bitirme yüzeyinin altında ise 5 mm kalınlığında seyrek miktarda tuğla kırığı içeren pembe renkli sıva bulunmaktadır (Şekil 4.35). Örnek çok kolay parçalanabilecek seviyede zayıf dayanım göstermektedir.



Şekil 4.35 : Çok zayıf dayanımlı derz sıvası C2_J_WW01.

Örneklerin bir kısmında kireç topakları bulunmaktadır (C1_M_EW01 ve C1_P_SW02). Makroskopik gözlemler sonucu sıva örneklerinde organik katkı

gözlemlenmemiş olup, bazı harç örneklerinin lif, saman gibi organik katkı içerdiği tespit edilmiştir.

4.2.2 Hammadde kompozisyonlarının belirlenmesi

4.2.2.1 Asit kaybı analizi

Asit kaybı analizi, tarihi bir harcın üç temel bileşeninin oranlarını belirlemek için uygulanan bir yöntemdir. Bu bileşenler: $CaCO_3$ gibi asitte çözünen bağlayıcı, kil gibi ince taneler ve kum gibi agregalardır. Analizle elde edilen sonuçlar yaklaşık değerler olması sebebiyle daha doğru veri elde edilebilmesi için mineralojik ve mikroskobik analizlerle birlikte değerlendirilmelidir (Teutonico, 1988, s. 113). Asit çözünmesinden elde edilen bağlayıcı:agrega oranının belirlenmesindeki en önemli varsayım, bağlayıcı asit tarafından çözünürken, silikatlı agregaların asitten etkilenmeyerek çözünmemesidir (Middendorf ve diğ, 2005b, s. 772).

Deneye yaklaşık 30 gr. ağırlığında örnek alınarak başlanmış, bu örnekler beherlerle birlikte 60 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutularak işlem bitince tartılmıştır (M1). Beher içine yerleştirilen örnekler %10'luk HCl çözeltisi içinde bekletilmiş ve bağlayıcı tamamen çözünüp tepkime tamamlanıncaya kadar cam baget ile karıştırılmıştır. Ağırlığı ölçülmüş olan filtre kağıtları (F1) balon jojeler içindeki hunilere yerleştirildikten sonra, sıvı bölüm filtre kağıdından süzülmeye başlanmıştır. Beherler içinde çözünmeden kalan agregalar her seferinde distile su ile yıkanmış, asitten tamamen arınana ve sıvı bölüm berraklaşana kadar süzme işlemi tekrarlanmıştır. İşlem tamamlanınca beher içindeki agregalar ve üzerinde çok ince agregaların biriktiği filtre kağıtları 60 °C'de 24 saat kurutulmuş ve kurutma işlemi tamamlanınca agregalar (M2) ve filtre kağıtları (F2) tartılmıştır.

Jedrzejevska, yapmış olduğu çalışmada asitle reaksiyona giren ve reaksiyona girmeyen bölümlerin oranını şu şekilde hesaplamıştır (Polat Pekmezci, 2012'de atıfta bulunulduğu gibi; 4.1-4.3):

$$(M3) = M2 + (F2 - F1) \tag{4.1}$$

$$\%A = \left(\frac{M3}{M1}\right) \times 100 \tag{4.2}$$

$$\%B = 100 - \%A \tag{4.3}$$

M1: Örneğin kuru ağırlığı (g)

M2: Asitle reaksiyona girmeyen kısmın kuru ağırlığı (g)

F1: Filtre kağıdının kuru ağırlığı (g)

F2: Filtre kağıdı ve üzerinde kalan ince agregaların kuru ağırlığı (g)

A: Asit ile reksiyona girmeyen kısmın yüzdesi (%)

B: Asit ile reaksiyona giren kısmın yüzdesi (%)

Asit kaybı analizi, eğer asitte çözünen agrega varsa bağlayıcının agregaya oranını belirlemek için doğru sonuç vermeyecek ve yanıltıcı bir oran elde edilmesine sebep olacaktır (Middendorf ve diğ, 2005b, s. 773; Teutonico, 1988, s. 115). Harç agregası kısmen veya tamamen kalkerli olduğunda, ince kesitlerde petrografik analiz veya X-Işını kırınımı analizi kullanılarak bağlayıcı, agrega ve harcın diğer bileşenleriyle ilgili veri elde etmek mümkündür (Middendorf ve diğ, 2005b, s. 773).

4.2.2.2 Kızdırma kaybı analizi

Kızdırma kaybı analizi, nem, molekül suyu (bağıl su) ve organik madde miktarının belirlenmesiyle CO_2 kaybından CO_3 miktarını, malzemede meydana gelen devamlı sıcaklık artışı sebebiyle oluşan ağırlık değişimi aracılığıyla tespit eden bir yöntemdir (Güleç, 2013, s. 112). Kızdırma kaybı analizi ile örneklerin 120 °C'den düşük sıcaklıktaki kütle kayıpları ile higroskopik su, 200-600 °C'deki kütle kayıpları ile bağıl su, 600 °C'den büyük sıcaklıktaki kütle kayıpları ile karbondioksit (CO_2) ve kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) miktarları elde edilmektedir (Bakolas ve diğ, 1998, s. 153).

Asit kaybı deneyi öncesinde sabit ağırlığa kadar kurutulmuş olan örneklerden yaklaşık 25-30 gr. kızdırma kaybı deneyinde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Havana yerleştirilen örnekler agregalara zarar vermeyecek şekilde dikkatlice öğütüldükten sonra, bağlayıcı kısmından yaklaşık 1.5 gr. alınmıştır. Kurutulan krozeler etüvden çıkarılıp desikatöre yerleştrilmiş ve soğuduktan sonra tartılmıştır (W_d). Alınan bağlayıcı daha önce kurutulmuş olan krozelerin içine yerleştirilerek ağırlığı ölçülmüştür (W_0). Krozeler 105 °C'de 2 saat kurutulmak üzere etüve yerleştirilmiştir. Etüvden çıkarılan krozeler desikatörde soğumaya bırakıldıktan sonra 0.0001 hassaslıkta ağırlığı ölçülmüştür (W_1). Krozeler sonraki aşamada 550 °C'de kurutulmak üzere 1 saatliğine kül fırınına yerleştirilmiş ve işlem tamamlandıktan sonra aynı şekilde tartılmıştır (W_2). Son aşamada 1050 °C'de 30 dakikalığına kurutulan örneklerin ağırlıkları ölçülmüştür (W_3).

Örneklerin içerdiği nem (higroskopik su), bağıl su, organik katkı ve kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) miktarları aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (KUDEB, 2011, ss. 62-64, 4.4-4.6):

$$\%\ Nem\ (higroskopik\ su) = \frac{W0-W1}{W1-Wd} \times 100 \quad (4.4)$$

$$\%\ Molekül\ Suyu\ ve\ Organik\ Madde = \frac{W1-W2}{W1-Wd} \times 100 \quad (4.5)$$

$$\%\ CaCO3 = \frac{[(W0-W3)\times 100]\ /\ 44}{W0-Wd} \times 100 \quad (4.6)$$

W_d: Kuru krozenin ağırlığı

W_0: Wd + Örnek

W_1: 105 °C'de kurutulmuş örneğin ağırlığı

W_2: 550 °C'de kurutulmuş örneğin ağırlığı

W_3: 1050 °C'de kurutulmuş örneğin ağırlığı

4.2.2.3 Bağlayıcı / agrega oranının belirlenmesi

Asit kaybı analizi sonucunda örneklerin asitte çözünen bağlayıcı kısmı ve asitte çözünmeyen silikatlı agrega bölümleri yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. Kızdırma kaybı analizi sonucunda örneklerin higroskopik su, bağıl su, $CaCO_3$ değerleri yüzde olarak belirtilmiştir. Asit kaybı ve kızdırma kaybı analiz sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi sonucunda örneklerin içerdikleri karbonatlı agrega yüzdeleri belirlenmiştir. Asit kaybı sonucu çözünen bağlayıcı yüzdesi fazla, kızdırma kaybı sonucu belirlenen $CaCO_3$ yüzdesi az olan örnekler daha yüksek oranda karbonatlı agrega içermektedir. Karbonatlı agrega içeren sıva örneği sayısının karbonatlı agrega içeren harç örneği sayısından daha çok olduğu tespit edilmiştir. Sıvalarda bu oran %5-20 arasında değişirken, harçlarda ise %5-15 arasında veya %45 oranındadır.

Bağlayıcı/agrega oranı asit kaybı ve kızdırma kaybı analizi sonucuna göre ifade edilmiştir. Harçlarda bağlayıcı:agrega oranının çoğunlukla 1:1, 2:1, 3:1 olduğu görülmektedir. Sıvalarda ise örneklerin yarısından fazlasında bu oranın 1:1 olduğu, bunun dışındaki örneklerde ise 2:1, 3:1 oranlarının da bulunduğu görülmektedir. Birkaç örnekte ise agrega oranı bağlayıcı oranından daha fazladır.

Harçların asit kaybı ve kızdırma kaybı analizi sonuçları Çizelge 4.3'te, sıvaların ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3: Harçların asit kaybı ve kızdırma kaybı analizi sonucu[4].

Örnek	Tür	Asit Kaybı (%)	Kızdırma Kaybı (%)				
		Çözünen (%)	Higroskopik Su 105 °C	Bağıl Su 550 °C	$CaCO_3$ 1050 °C	Karbonatlı Agrega (%)	Bağlayıcı:Agrega Oranı
C1_M_EW01	örgü harcı	50	16.46	6.98	5.9	45	1 : 19
C1_M_SW01	örgü harcı	60	0.35	2.74	65.1	-	1.5 : 1
C2_M_WW01	örgü harcı	70	0.86	2.98	69.7	-	2.5 : 1
C2_M_WW02	örgü harcı	75	0.32	3.21	78.6	-	3 : 1
C3_M_WW01	derz harcı	55	2.05	5.39	54.5	-	1 : 1
C3_M_WW02	örgü harcı	85	0.23	2.80	72.4	15	2.5 : 1
C4_M_EW01	örgü harcı	75	0.10	1.65	80.9	-	3 : 1
C4_M_NW01	örgü harcı	-	15.90	6.33	6.7	ölçülemedi	1 : 19
C5_M_EW01	örgü harcı	70	2.29	6.55	61.7	10	1.5 : 1
C5_M_EW02	örgü harcı	50	17.42	6.24	4.7	45	1 : 19
C5_M_NW01	derz harcı	55	2.37	8.72	49.8	5	1 : 1
C5_M_WW01	örgü harcı	90	0.60	2.27	90.9	-	9 : 1
C6_M_EW01	örgü harcı	75	0.32	3.06	69.5	5	2.5 : 1
C6_M_EW02	derz harcı	70	0.23	2.63	72.5	-	3 : 1
C6_M_WW01	örgü harcı	65	0.15	2.06	72.7	-	2 : 1

[4] Diğer örneklerden farklı değerler sergileyen ve bağlayıcılarının özellikleri üzerine ileri analiz çalışmaları gerektiren C1_M_EW01, C4_M_NW01 ve C5_M_EW02 örneklerinin bağlayıcı:agrega oranları asit kaybı ve kızdırma kaybı analizlerine bağlı olarak bu tabloda belirtilmemiştir.

Çizelge 4.4: Sıvaların asit kaybı ve kızdırma kaybı analizi sonucu.

Örnek	Tür	Asit Kaybı (%)	Kızdırma Kaybı (%)			Karbonatlı Agrega (%)	Bağlayıcı:Agrega Oranı
		Çözünen (%)	Higroskopik Su 105 °C	Bağıl Su 550 °C	$CaCO_3$ 1050 °C		
C1_P_EW01	iç sıva	55	6.61	14.93	34.6	20	1 : 2
C1_P_EW02	iç sıva	60	5.24	12.49	38	20	1 : 1.5
C1_P_SW01	iç sıva	55	3.52	6.14	45.1	10	1 : 1
C1_P_SW02	iç sıva	60	3.55	6.22	42.9	15	1 : 1
C1_P_SW03	iç sıva	60	2.25	8.25	49.1	10	1 : 1
C1_P_SW04	iç sıva	65	2.55	8.12	48.2	15	1 : 1
C2_P_SW01	iç sıva	60	1.24	4.66	54.4	5	1 : 1
C4_P_EW01	iç sıva	50	0.16	1.94	65.4	-	1 : 1
C4_P_EW02	iç sıva	50	0.18	3.54	43.4	5	1 : 1
C4_P_EW03	iç sıva	40	0.17	3.61	37.1	-	1 : 1.5
C5_P_EW01	iç sıva	65	5.25	5.42	54.5	10	1 : 1
C5_P_EW02	iç sıva	60	0.50	5.14	55.0	5	1 : 1
C5_P_EW03	iç sıva	55	1.58	5.71	46.4	10	1 : 1
C6_P_EW01	iç sıva	70	0.32	4.37	71.6	-	2.5 : 1
C6_P_WW01	iç sıva	75	0.46	4.29	74.8	-	3 : 1
C2_J_WW01	derz sıvası	60	0.68	4.34	78.9	-	1.5 : 1

4.2.2.4 Agrega boyut dağılımının belirlenmesi

Asit kaybı deneyi sonrasında asitte çözünmeden kalan ve 60 °C'de 24 saat kurutulan agregalar için elek analizi uygulanmıştır. Agregalar, Endecotts elek seti ve sarsma cihazının (BS 410-1) 5 dakika kullanılması ile 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.63 mm boyutlu eleklerden geçirilmiştir. Elek üzerinde kalan parçaların ağırlıkları ölçülmüş ve boyutlarına göre paketlenmiştir. Agrega-boyut dağılımları yüzde (%) olarak hesaplanarak agrega boyut dağılım eğrileriyle gösterilmiştir (TS-EN 933-1; Middendorf ve diğ, 2005b, s. 777).

Asit kaybı analizi sonucu elde edilen silikatlı agregaların elek analizi ile birlikte agrega boyut dağılım yüzdeleri belirlenmiş ve harçlar için Çizelge 4.5'te, sıvalar için ise Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde farklı sarnıçlardan alınmış olan moloz taş çekirdek dolgusuna ait C6_M_WW01 ve iç cidar tuğla duvar örgüsüne ait C4_M_EW01 örgü harçlarının agrega boyutlarının 8 mm üzerine çıktığı görülmektedir. Sıvalarda ise bu durum sadece 3 katmanlı iç sıva örneğinin 2. katmanı olan C4_P_EW01 örneğinde görülmektedir. Bunun dışındaki harç ve sıva örneklerinde agregalar genellikle 4 mm elek altında kalmakta, birkaç örneğin 2 mm altında kaldığı görülmektedir.

Alınan harç örneklerinde kil boyutlu agrega oranı %30-55 arasında değişmektedir. Kaba yonu taş örgüden alınan C5_M_EW01 örgü harcı örneğinde bu oran %25 seviyesindedir. Tuğla duvar örgüden alınan örgü harcı örneklerinde kil boyutlu agrega oranının %30-35 seviyesinde olduğu görülmektedir. Blok taş örgüden alınan örgü harcı örneklerinden C2_M_WW02 ve derz harçlarından C6_M_EW02'de bu oran örneğin neredeyse yarısını kapsayacak şekilde %45 seviyesindedir. Moloz taş örgüden alınan örgü harcı örneklerinin çoğunda bu oran %30 seviyesinin üzerinde olup, C5_M_WW01'te % 55 seviyesine ulaşmıştır. Birkaç örnekte ise %10-20 seviyesindedir.

Alınan sıva örneklerinde kil boyutlu agrega oranı %10 - %25 arasında değişmektedir. Bundan farklı olarak açık sarnıç duvarında dış cidarı oluşturan blok taş örgü yüzeyinden alınmış olan derz sıvası C2_J_WW01'de kil boyutlu agrega oranı %45 seviyesindedir.

Çizelge 4.5: Harçların agrega boyut dağılım yüzdeleri.

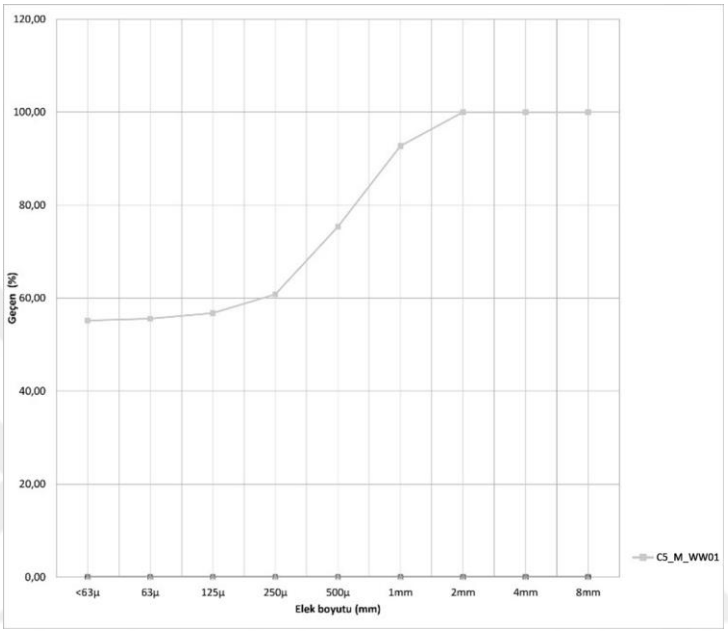
Örnek	Agrega %	Elek Üzerine Kalan %								
		>8mm	8 mm -4mm	4 mm -2mm	2 mm -1mm	1 mm - 500µ	500µ - 250µ	250µ - 125µ	125µ - 63µ	<63µ
C1_M_EW01	52.89	0	11.22	26.42	14.98	12.27	11	7.52	4.53	12.05
C1_M_SW01	38.80	0	16.34	13.58	12.74	12.74	6.69	3.54	3.47	30.89
C2_M_WW01	28.07	0	24.44	19.51	18.27	12.11	4.37	1.68	0.45	19.17
C2_M_WW02	23.25	0	4.53	16.15	15.49	9.92	5.57	2.27	0.66	45.42
C3_M_WW01	43.18	0	15.98	26.89	14.89	8.25	4.44	1.9”6	0.63	29.95
C3_M_WW02	14.17	0	5.94	29.45	18.05	8.55	5.46	1.90	0.24	30.40
C4_M_EW01	27.09	12.62	16.39	9.75	9.92	7.62	4.43	2.62	1.07	35.57
C5_M_EW01	30.02	0	5.06	11.54	21.15	19.53	10.12	4.96	2.33	25.30
C5_M_EW02	49.79	0	0.55	12.02	17.20	15.12	12.91	9.88	6.98	25.35
C5_M_NW01	42.68	0	4.09	29.79	22.20	13.43	7.59	2.92	0.58	19.39
C5_M_WW01	7.65	0	0	7.27	17.37	14.54	4.04	1.21	0.40	55.17
C6_M_EW01	25.52	0	5.78	13.71	14.22	11.12	8.45	3.45	0.86	42.41
C6_M_EW02	28.51	0	9.63	4.11	6.06	9.63	15.04	8.55	2.16	44.81
C6_M_WW01	34.78	12.93	9.63	10.12	9.28	9.07	9.98	5.62	1.55	31.83

Çizelge 4.6: Sıvaların agrega boyut dağılım yüzdeleri.

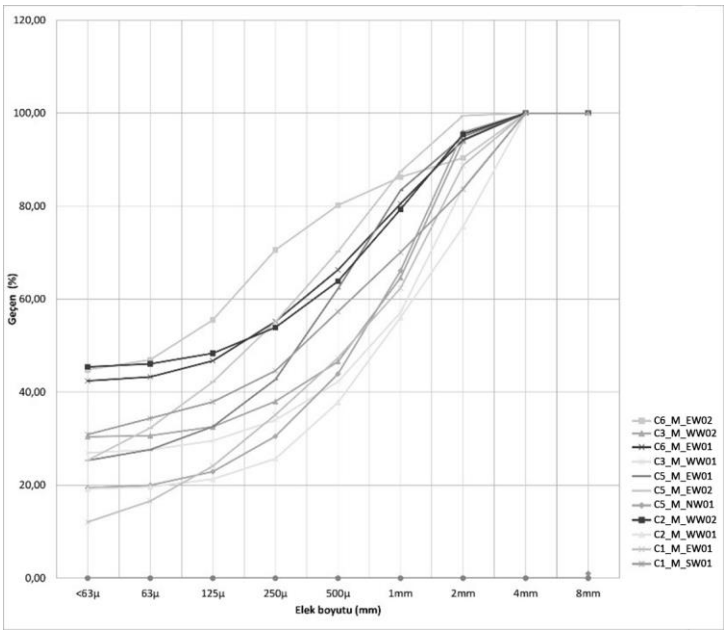
Örnek	Agrega %	Elek Üzerine Kalan %								
		>8mm	8 mm -4mm	4 mm -2mm	2 mm -1mm	1 mm - 500µ	500µ -250µ	250µ - 125µ	125µ - 63µ	<63µ
C1_P_EW01	43.73	0	1.97	32.32	24.60	14.90	7.90	3.77	1.44	13.11
C1_P_EW02	42.27	0	10.92	28.02	20.98	12.07	7.90	4.60	2.73	12.79
C1_P_SW01	46.79	0	11.17	34.56	23.01	12.41	6.53	2.94	1.04	8.33
C1_P_SW02	38.06	0	7.03	23.57	24.01	18.16	9.66	4.25	1.76	11.57
C1_P_SW03	38.19	0	2.74	20.48	23.58	16.64	10.24	3.84	1.65	20.84
C1_P_SW04	37.22	0	9.40	24.11	23.05	14.72	8.16	3.19	1.06	16.31
C2_P_SW01	42.01	0	2.60	20.45	26.69	17.33	10.14	4.77	1.73	16.29
C4_P_EW01	51.41	16.62	47.71	10.17	6.30	4.58	2.58	1.72	1.15	9.17
C4_P_EW02	49.85	0	12.74	16.94	20.24	14.39	8.40	5.25	3.45	18.59
C4_P_EW03	62.45	0	5.31	37.48	22.15	12.44	7.13	3.49	1.82	10.17
C5_P_EW01	33	0	0	16.10	27.80	17.56	9.27	3.90	1.46	23.90
C5_P_EW02	37.45	0	2.26	22.57	31.38	15.80	7.45	3.16	1.13	16.25
C5_P_EW03	44.76	0	0.40	22.64	29.96	16.38	8.52	4.13	1.86	16.11
C6_P_EW01	27.26	0	2.65	27.03	21.06	12.27	5.97	2.99	1.16	26.87
C6_P_WW01	24.44	0	4.92	32.60	20.37	10.19	4.92	2.38	1.02	23.60
C2_J_WW01	40.84	0	0	17.57	14.05	10.54	7.03	3.51	1.62	45.68

Agrega boyut dağılımı eğrileri oluşturulurken harç ve sıvalara ait veriler hem kendi aralarında hem de birbirleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Örnekler içerdikleri en büyük agreganın boyutuna göre sınıflandırılmıştır.

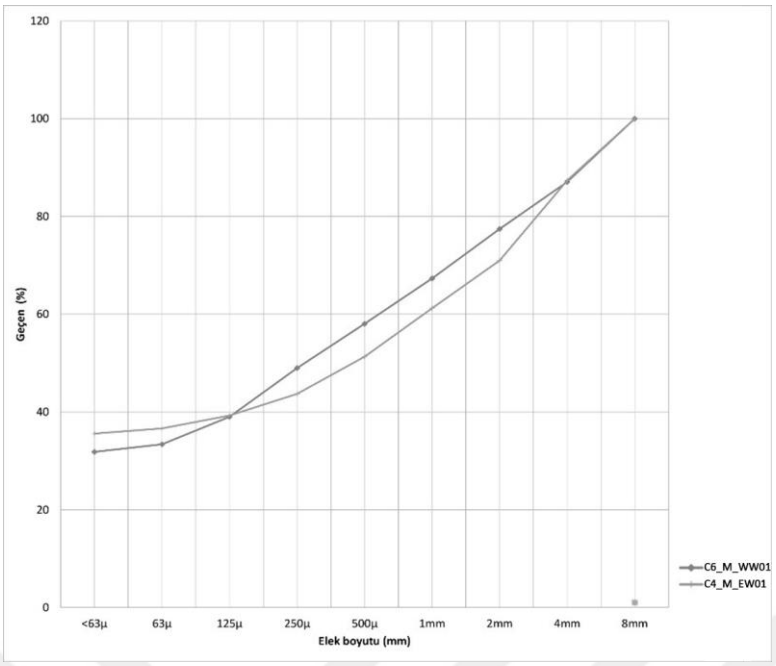
En büyük agregaları 2 mm ile 4 mm, 4 mm ile 8 mm ve agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinden başlayan harçların agrega boyut dağılımları Şekil 4.36 – Şekil 4.38 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.36 : En büyük agregaları 4 mm ile 2 mm arasında kalan harçların agrega boyut dağılım eğrileri.

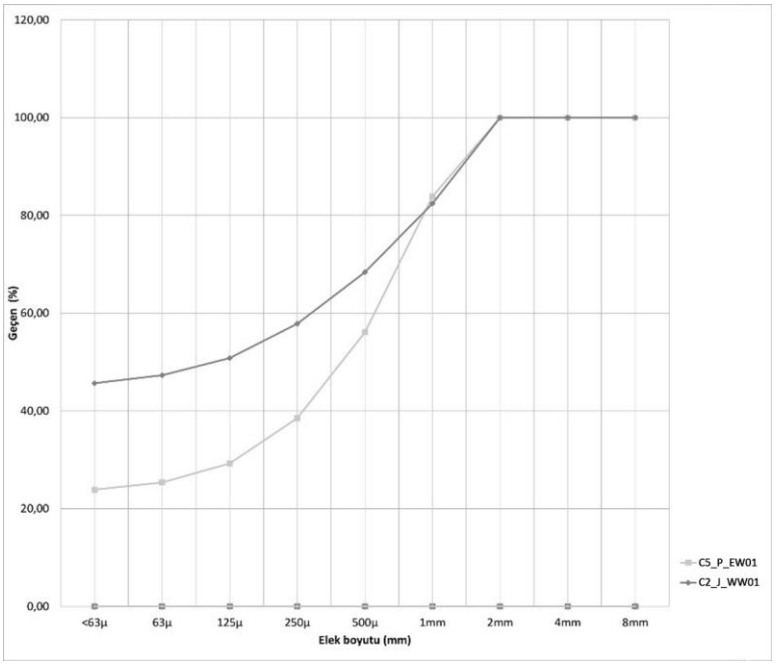


Şekil 4.37 : En büyük agregaları 8 mm ile 4 mm arasında kalan harçların agrega boyut dağılım eğrileri.

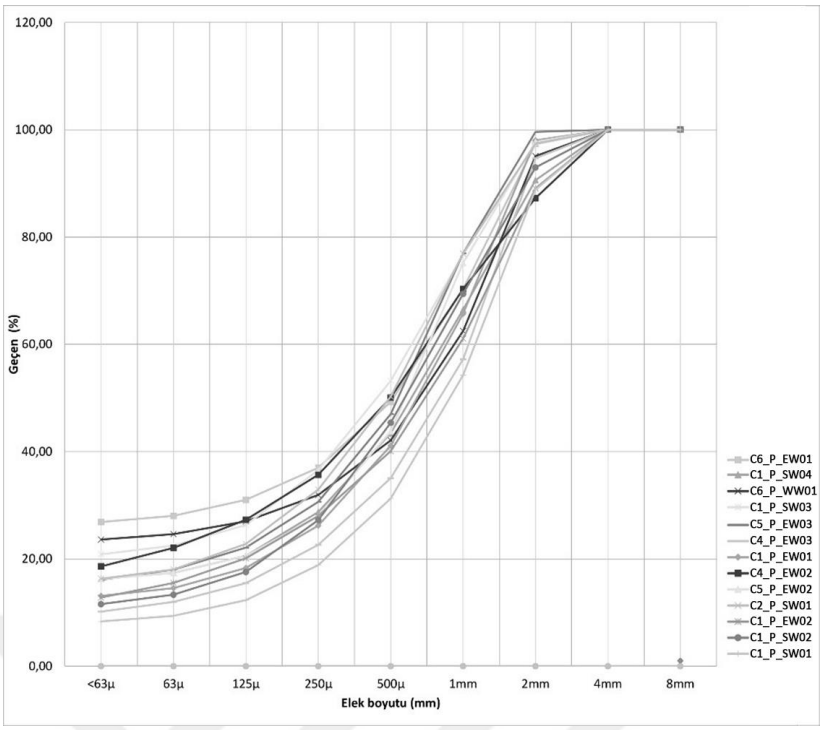


Şekil 4.38 : Agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinden başlayan harçların boyut dağılım eğrileri.

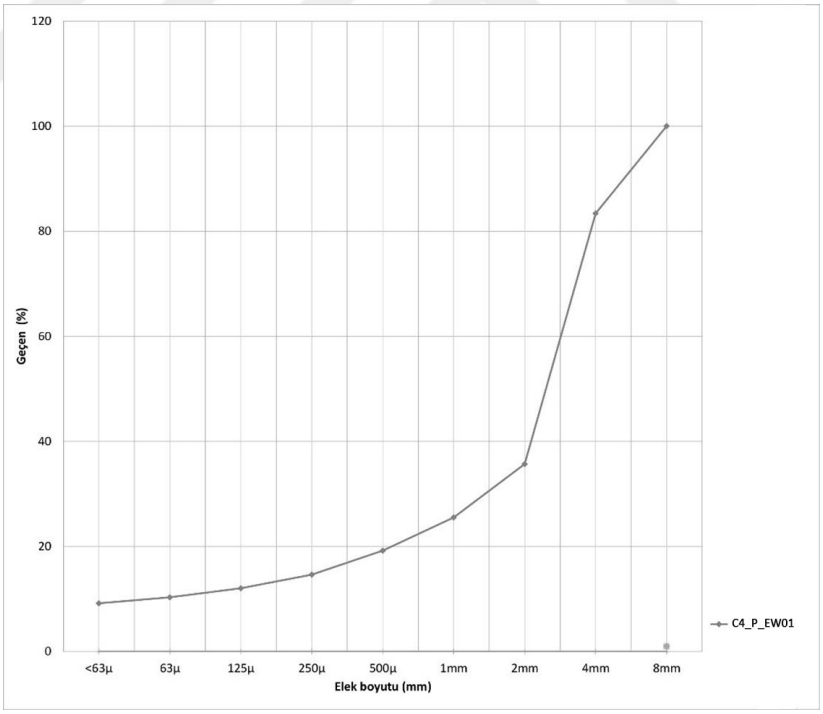
En büyük agregaları 2 mm ile 4 mm, 4 mm ile 8 mm ve agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinden başlayan sıvaların agrega boyut dağılımları Şekil 4.39 – Şekil 4.41 ile gösterilmiştir. En büyük agregaları 4 mm ile 8 mm arasında kalan sıvaların agrega boyut dağılımlarının birbiri ile benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.39 : En büyük agregaları 4 mm ile 2 mm arasında kalan sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri.

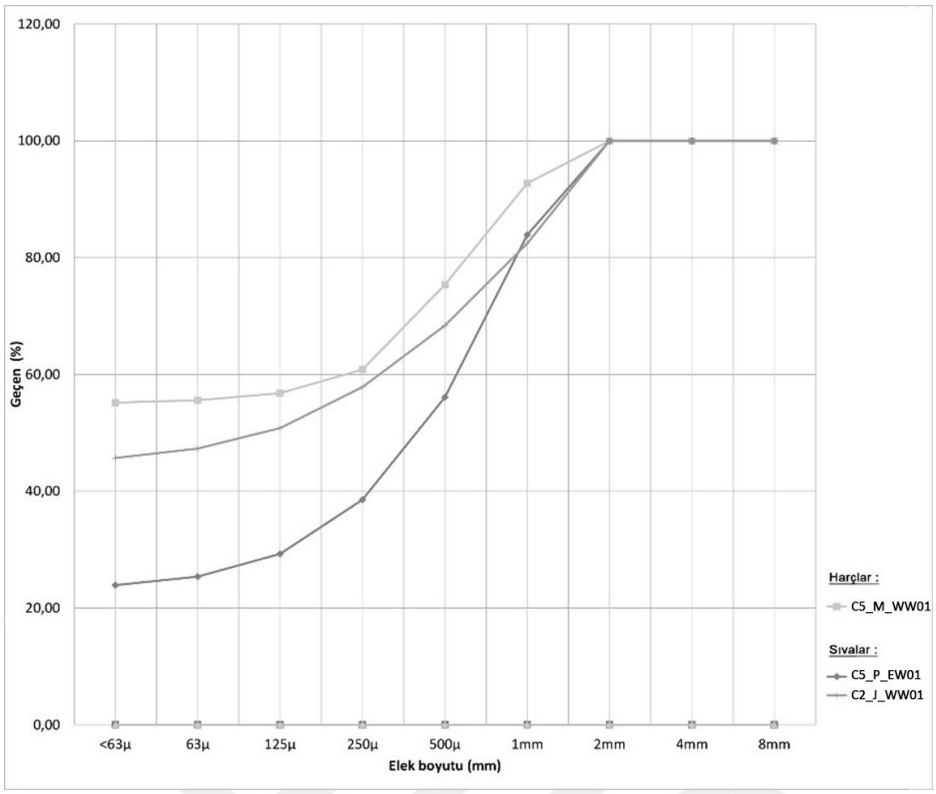


Şekil 4.40 : En büyük agregaları 8 mm ile 4 mm arasında kalan sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri.

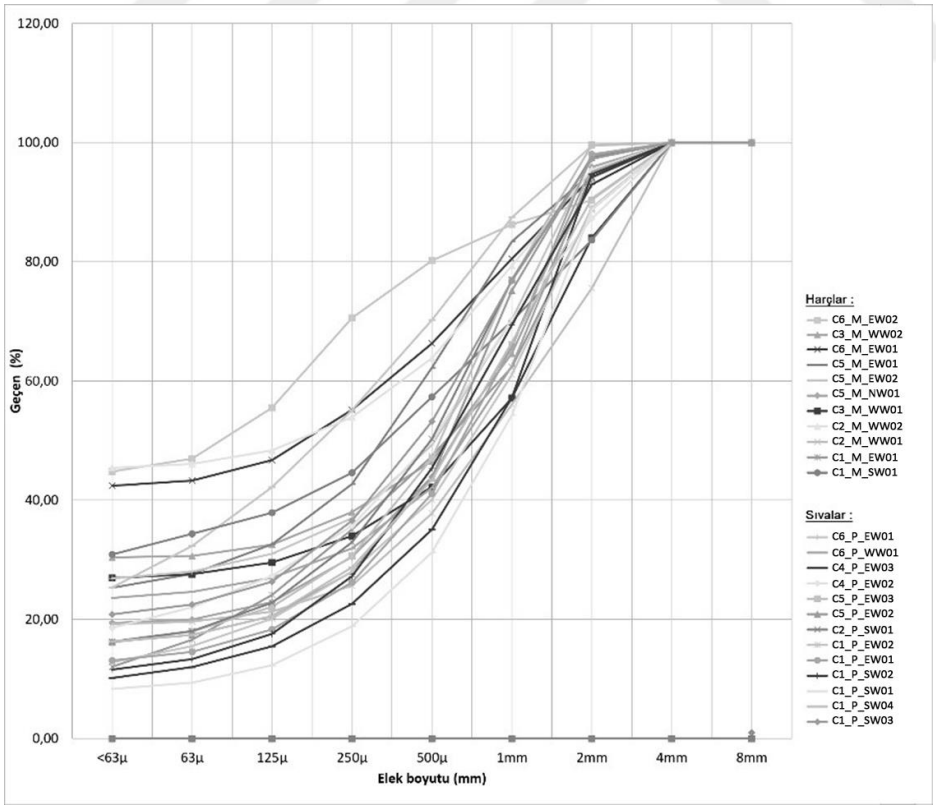


Şekil 4.41 : Agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinden başlayan sıvaların boyut dağılım eğrileri.

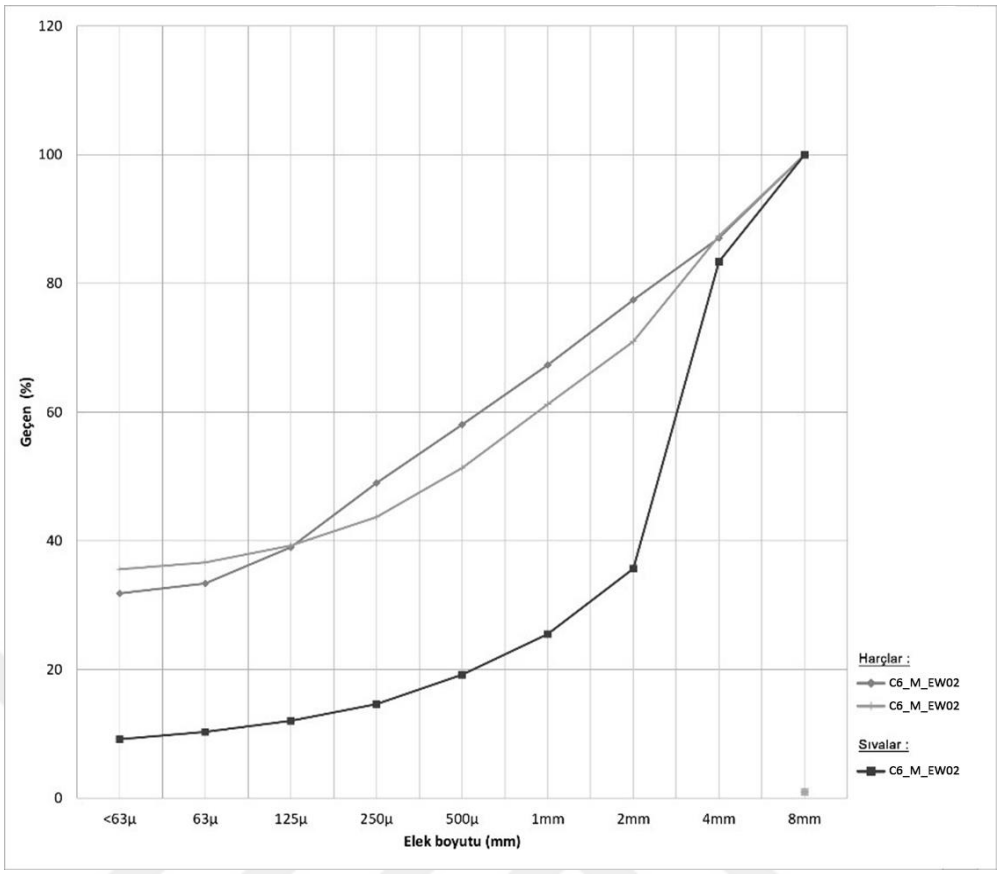
En büyük agregaları 2 mm ile 4 mm, 4 mm ile 8 mm ve agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinden başlayan harç ve sıvaların agrega boyut dağılımları Şekil 4.42 – Şekil 4.44 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.42 : En büyük agregaları 4 mm ile 2 mm arasında kalan harç ve sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri.



Şekil 4.43 : En büyük agregaları 8 mm ile 4 mm arasında kalan harç ve sıvaların agrega boyut dağılım eğrileri.



Şekil 4.44 : Agrega boyut dağılımları 8 mm üzerinden başlayan harç ve sıvaların boyut dağılım eğrileri.

4.2.2.5 Agregaların stereo-mikroskop altında incelenmesi

Elek analizi sonrasında boyutlarına göre ayrılmış olan agregalar stereomikroskop altında incelenmiştir. Agregaların türleri tanımlanmış ve bulundukları grup içindeki payları yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

Elek analizi sonrasında boyutlarına göre ayrılan agregalar stereo-mikroskop altında gözlemlenerek agrega yüzdeleri (%), agrega türleri ve içerdikleri katkılar tespit edilmiştir. Gözlemler sonucu elde edilen veriler harçlar için Çizelge 4.7'de, sıvalar için ise Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Harçların agregaları genellikle volkanik kayaç, kuvars, feldspat ve tuğladan oluşmaktadır. Örneklerin genelinde büyük boyutlu agregalarda volkanik kayaç en büyük yüzdeye sahip olmakla birlikte bu oran %75-%100 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.7: Harçlara ait agregaların stereo-mikroskop altında belirlenen yüzdeleri.

Örnek	Agrega Cinsleri	Elek Üzerinde Kalan %								
		> 8 mm	8 mm–4 mm	4 mm–2 mm	2 mm–1 mm	1 mm–500 µ	500 µ-250 µ	250 µ-125 µ	125 µ-63 µ	< 63 µ
C1_M_EW01	Tuğla, Kuvars, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	95 SP, 5 K	90 SP, 10 K	90 SP, 10 K	90 SP, 10 K	95 SP, 15 K	80 SP, 10 K, 5 T, 5 OK	80 SP, 10 K, 5 T, 5 OK	80 SP, 10 K, 5 T, 5 OK
C1_M_SW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	100 VK	50 SP, 35 VK, 10 K, 5 T	75 SP, 15 VK, 5 K, 5 T	70 SP, 15 VK, 10 K, 5 T	65 SP, 10 VK, 10 K, 10 T, 5 OK	80 SP, 10 T, 5 VK, 5 OK	80 SP, 10 T, 5 K, 5 OK	60 SP, 35 T, 5 OK
C2_M_WW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	90 VK, 10 SP	65 VK, 30 SP, 5 K	55 VK, 30 SP, 10 T, 5 K	50 VK, 30 SP, 15 T, 5 K	40 VK, 40 SP, 10 T, 5 K, 5 OK	45 SP, 35 VK, 10 T, 5 K, 5 OK	50 SP, 30 VK, 10 T, 5 K, 5 OK	50 SP, 30 VK, 10 T, 5 K, 5 OK
C2_M_WW02	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü, Lif	-	75 T, 25 VK	90 T, 5 SP, 5 VK	45 SP, 40 T, 10 K, 5 VK	50 SP, 40 T, 10 K	25 SP, 40 T, 5 K, 5 OK + L	45 T, 40 SP, 5 VK, 5 OK, 5 L	60 SP, 30 T, 5 OK, 5 L	60 SP, 30 T, 5 OK, 5 L
C3_M_WW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	80 SP, 10 VK, 10 T	80 SP, 15 T, 5 VK	70 SP, 15 T, 5 VK, 5 K, 5 OK	90 SP, 5 VK, 5 T	80 SP, 15 T, 5 VK	80 SP, 10 T, 5 VK, 5 OK	80 SP, 15 T, 5 OK	80 SP, 15 T, 5 OK
C3_M_WW02	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Feldspat, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	50 VK, 50 T	75 VK, 10 T, 5 K, 5 F, 5 SP	60 VK, 20 SP, 10 T, 10 K	40 VK, 40 SP, 10 T, 10 K	40 SP, 35 VK, 10 T, 10 K, 5 OK	45 SP, 30 VK, 10 T, 10 K, 5 OK	45 SP, 25 VK, 10 T, 10 K, 10 OK	45 SP, 25 VK, 10 T, 10 K, 10 OK
C4_M_EW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Silikatlaşmış Parça, Odun Kömürü	100 VK	100 VK	75 VK, 10 K, 5 SP	65 VK, 20 SP, 10 K, 5 T	45 VK, 40 SP, 10 K, 5 T	50 VK, 35 SP, 10 K, 5 T	50 VK, 35 SP, 10 K, 5 T	40 VK, 40 SP, 10 K, 5 T, 5 OK	40 VK, 40 SP, 10 K, 5 T, 5 OK
C5_M_EW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Feldspat, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	50 VK, 25 F, 25 SP	75 VK, 15 F, 10 SP	50 VK, 30 SP, 10 K, 5 T, 5 F	45 VK, 30 SP, 15 K, 5 T, 5 OK	35 SP, 30 VK, 25 K, 5 T, 5 OK	50 SP, 25 VK, 15 K, 5 T, 5 OK	50 SP, 30 VK, 10 K, 5 T, 5 OK	50 SP, 30 VK, 10 K, 5 T, 5 OK
C5_M_EW02	Tuğla, Kuvars, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	100 SP	95 SP, 5 K	85 SP, 10 K, 5 T	85 SP, 10 K, 5 OK	80 SP, 10 K, 5 T, 5 OK	85 SP, 5 T, 5 K, 5 OK	85 SP, 5 T, 5 K, 5 OK	85 SP, 5 T, 5 K, 5 OK

VK: Volkanik Kayaç, T: Tuğla, F: Feldspat, K: Kuvars, SP: Silikatlaşmış Parça, OK: Odun Kömürü, L: Lif, HK: Hayvan Kılı

Çizelge 4.7 (devam) : Harçlara ait agregaların stereo-mikroskop altında belirlenen yüzdeleri.

Örnek	Agrega Cinsleri	Elek Üzerinde Kalan %								
		> 8 mm	8 mm–4 mm	4 mm–2 mm	2 mm–1 mm	1 mm–500 µ	500 µ-250 µ	250 µ-125 µ	125 µ-63 µ	< 63 µ
C5_M_NW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Feldspat, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	100 VK	80 T, 20 SP	55 T, 40 SP, 5 VK	55 SP, 40 T, 5 F	55 SP, 40 T, 5 OK	55 SP, 40 T, 5 OK	60 SP, 35 T, 5 OK	50 T, 40 SP, 5 K, 5 OK
C5_M_WW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-	-	95 VK, 5 T	90 VK, 10 K	60 VK, 30 K, 5 T, 5 SP	55 VK, 30 K, 5 T, 5 SP, 5 OP	45 VK, 30 K, 10 T, 10 OK, 5 SP	50 VK, 30 K, 10 OK, 5 T, 5 SP	50 K, 35 VK, 10 OK, 5 T
C6_M_EW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Feldspat, Silikatlaşmış Parça, Odun Kömürü	-	75 VK, 25 T	50 SP, 30 VK, 10 F, 10 T	70 SP, 20 VK, 5 T, 5 K	70 SP, 20 VK, 5 T, 5 K	75 SP, 15 VK, 5 T, 5 K	80 SP, 10 T, 5 K, 5 OK	80 SP, 10 T, 5 K, 5 OK	75 SP, 10 T, 5 OK
C6_M_EW02	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Feldspat, Silikatlaşmış Parçalar, Odun Kömürü	-		40 VK, 40 F, 10 K, 10 T	50 VK, 20 K, 20 F, 10 T	60 VK, 25 K, 10 F, 5 T	60 VK, 25 K, 10 T, 5 F	40 K, 30 VK, 15 SP, 10 T, 5 F	50 K, 20 SP, 15 VK, 10 T, 5 OK	60 VK, 25 K, 10 T, 5 F
C6_M_WW01	Volkanik Kayaç, Tuğla, Kuvars, Feldspat, Odun Kömürü	100 VK	60 VK, 30 F	70 VK, 20 F, 10 T	80 VK, 10 F, 5 T, 5 K	70 VK, 10 F, 10 T, 10 K	60 VK, 25 K, 10 T, 5 F	60 VK, 20 K, 10 T, 5 F, 5 OK	45 VK, 30 K, 20 T, 5 OK	40 K, 35 VK, 20 T, 5 OK

VK: Volkanik Kayaç, T: Tuğla, F: Feldspat, K: Kuvars, SP: Silikatlaşmış Parça, OK: Odun Kömürü, L: Lif, HK: Hayvan Kılı

Çizelge 4.8: Sıvalara ait agregaların stereo-mikroskop altında belirlenen yüzdeleri.

Örnek	Agrega Cinsleri	Elek Üzerinde Kalan %								
		> 8 mm	8 mm–4 mm	4 mm–2 mm	2 mm–1 mm	1 mm–500 µ	500 µ-250 µ	250 µ-125 µ	125 µ-63 µ	< 63 µ
C1_P_EW01	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	100 SP	85 T, 10 SP, 5 VK	60 T, 30 SP, 5 F, 5 VK	55 SP, 35 T, 5 F, 5 VK	60 SP, 30 T, 5 F, 5 VK	55 SP, 30 T, 5 F, 5 VK, 5 OK	50 SP, 35 T, 5 F, 5 VK, 5 OK + HK	45 SP, 45 T, 5 F, 5 VK + HK
C1_P_EW02	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat	-	80 T, 20 SP	85 T, 10 SP, 5 VK	60 SP, 30 T, 5 F, 5 VK	60 SP, 30 T, 5 F, 5 VK	60 SP, 25 T, 10 F, 5 VK	50 SP, 40 T, 5 F, 5 VK	55 SP, 35 T, 5 F, 5 VK	45 SP, 45 T, 5 F, 5 VK
C1_P_SW01	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Kuvars, Feldspat, Odun Kömürü	-	90 T, 10 SP	70 T, 25 SP, 5 VK	70 T, 20 SP, 5 F, 5 VK	50 T, 35 SP, 5 F, 5 VK, 5 OK	45 T, 40 SP, 5 F, 5 VK, 5 OK	50 SP, 40 T, 5 VK, 5 OK	50 SP, 35 T, 5 K, 5 VK, 5 OK	50 SP, 40 T, 5 K, 5 OK
C1_P_SW02	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Kuvars, Feldspat, Odun Kömürü	-	100 T	95 T, 5 VK	85 T, 5 SP, 5 K, 5 VK	75 T, 10 SP, 5 F, 5 VK, 5 OK	75 T, 10 SP, 5 K, 5 VK, 5 OK + HK	80 T, 10 SP, 5 K, 5 OK + HK	75 T, 15 SP, 5 K, 5 OK + HK	70 T, 20 SP, 5 K, 5 OK + HK
C1_P_SW03	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	70 T, 30 SP	50 SP, 40 T, 10 VK	50 SP, 35 T, 10 VK, 5 F	45 SP, 40 T, 5 VK, 5 F, 5 OK	60 SP, 30 T, 5 VK, 5 F	60 SP, 25 T, 10 F, 5 VK	50 SP, 30 T, 10 F, 5 VK, 5 OK + HK	55 SP, 25 T, 10 F, 5 VK, 5 OK + HK
C1_P_SW04	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Kuvars, Odun Kömürü	-	100 T	80 T, 15 SP, 5 VK	60 SP, 35 T, 5 OK	60 SP, 40 T, 5 VK, 5 OK + HK	70 SP, 25 T, 5 OK	50 SP, 40 T, 5 K, 5 OK	50 SP, 40 T, 5 K, 5 OK + HK	50 SP, 40 T, 5 K, 5 OK + HK
C2_P_SW01	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	80 T, 20 SP	50 T, 30 SP, 10 F, 5 VK, 5 OK	50 T, 35 SP, 10 F, 5 VK	45 T, 40 SP, 5 F, 5 VK, 5 OK	50 SP, 35 T, 5 F, 5 VK, 5 OK	50 SP, 30 T, 10 F, 5 VK, 5 OK	45 SP, 35 T, 10 F, 5 VK, 5 OK + HK	50 SP, 30 T, 10 F, 5 VK, 5 OK + HK
C4_P_EW01	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Kuvars, Feldspat, Odun Kömürü	100 T	100 T	75 T, 20 SP, 5 VK	65 T, 20 SP, 10 VK, 5 F	60 T, 20 SP, 15 F, 5 VK	50 T, 25 SP, 15 F, 5 VK, 5 K	55 T, 20 SP, 15 F, 5 K, 5 OK	40 T, 35 SP, 15 F, 5 K, 5 OK	40 T, 35 SP, 15 F, 5 K, 5 OK
C4_P_EW02	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	90 T, 10 VK	90 T, 5 SP, 5 VK	75 T, 10 SP, 10 VK, 5 F	70 T, 10 SP, 10 VK, 10 F	60 T, 15 SP, 15 F, 10 VK	50 T, 20 SP, 10 F, 10 VK, 5 OK	50 T, 25 SP, 15 F, 10 VK	45 T, 30 SP, 15 F, 10 VK
C4_P_EW03	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	100 T	95 T, 5 SP	95 T, 5 SP	75 T, 15 SP, 5 VK, 5 F	65 T, 25 SP, 5 VK, 5 F	60 T, 25 SP, 5 VK, 5 F, 5 OK	45 T, 40 SP, 5 VK, 5 F, 5 OK	45 T, 40 SP, 5 VK, 5 F, 5 OK + HK

VK: Volkanik Kayaç, T: Tuğla, F: Feldspat, K: Kuvars, SP: Silikatlaşmış Parça, OK: Odun Kömürü, L: Lif, HK: Hayvan Kılı

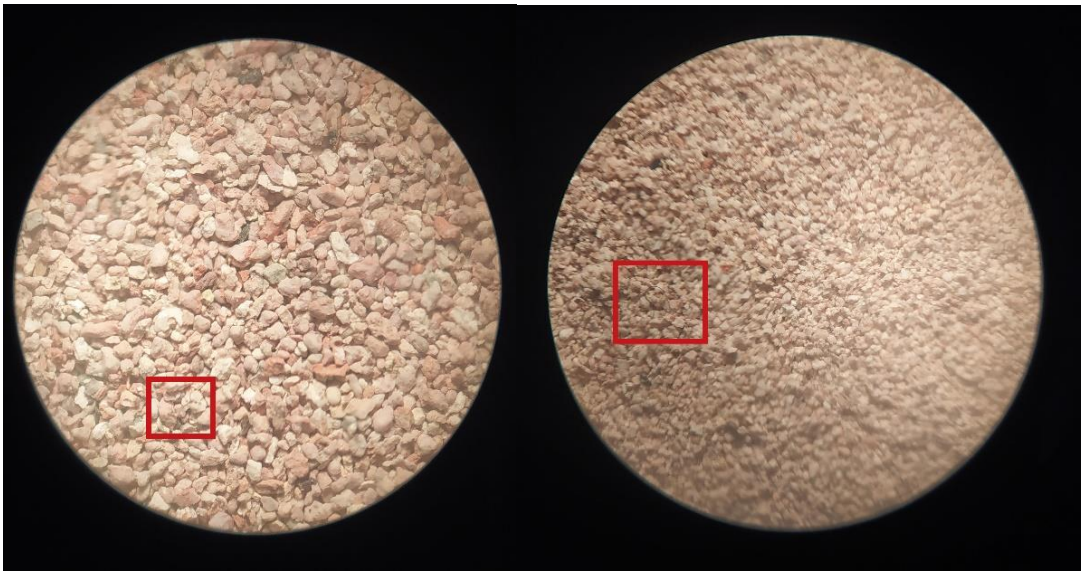
Çizelge 4.8 (devam): Sıvalara ait agregaların stereo-mikroskop altında belirlenen yüzdeleri.

Örnek	Agrega Cinsleri	Elek Üzerinde Kalan %								
		> 8 mm	8 mm–4 mm	4 mm–2 mm	2 mm–1 mm	1 mm–500 µ	500 µ-250 µ	250 µ-125 µ	125 µ-63 µ	< 63 µ
C5_P_EW01	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	-	70 T, 20 SP, 10 VK	70 T, 20 SP, 10 VK	55 T, 35 SP, 5 F, 5 OK	40 SP, 35 T, 10 VK, 10 F, 5 OK	40 SP, 35 T, 10 VK, 10 F, 5 OK	45 SP, 30 T, 10 VK, 10 F, 5 OK	40 SP, 35 T, 10 VK, 10 F, 5 OK
C5_P_EW02	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	100 SP	60 SP, 35 T, 5 VK	60 SP, 30 T, 10 VK	60 SP, 30 T, 10 VK	50 SP, 30 T, 10 VK, 5 F, 5 OK	60 SP, 30 T, 5 F, 5 OK	55 SP, 35 T, 10 OK	55 SP, 35 T, 10 OK
C5_P_EW03	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	100 T	60 T, 35 SP, 5 VK	55 T, 35 SP, 10 VK	50 T, 35 SP, 10 VK, 5 F	50 T, 35 SP, 5 VK, 5 F, 5 OK	45 T, 40 SP, 5 VK, 5 F, 5 OK	50 SP, 40 T, 5 VK, 5 OK + HK	50 SP, 45 T, 5 OK
C6_P_EW01	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Feldspat, Odun Kömürü	-	75 SP, 25 T	60 T, 30 SP, 10 VK	65 T, 30 SP, 5 VK	60 T, 30 SP, 5 VK, 5 F	55 T, 35 SP, 5 VK, 5 F	40 T, 40 SP, 10 F, 5 VK, 5 OK	45 SP, 35 T, 10 F, 5 VK, 5 OK	50 SP, 30 T, 10 F, 5 VK, 5 OK + HK
C6_P_WW01	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Kuvars, Odun Kömürü	-	100 SP	65 SP, 35 T	70 SP, 30 T	75 SP, 25 T	50 T, 50 SP	50 SP, 45 T, 5 OK + HK	50 SP, 45 T, 5 OK + HK	50 SP, 40 T, 5 K, 5 OK + HK
C2_J_WW01	Tuğla, Silikatlaşmış Parça, Volkanik Kayaç, Kuvars, Odun Kömürü	-	-	100 T	85 T, 15 SP	50 SP, 40 T, 5 VK, 5 OK	55 SP, 35 T, 5 VK, 5 OK	50 SP, 45 T, 5 OK	50 T, 40 SP, 5 K, 5 OK	50 T, 40 SP, 5 K, 5 OK

VK: Volkanik Kayaç, T: Tuğla, F: Feldspat, K: Kuvars, SP: Silikatlaşmış Parça, OK: Odun Kömürü, L: Lif, HK: Hayvan Kılı

Sıvaların agregaları da harçlarda olduğu gibi genellikle tuğla, volkanik kayaç, feldspat ve kuvarstan oluşmaktadır. Örneklerin çoğunda en yüksek yüzdeye sahip olan agrega çeşidi büyük boyutlularda tuğla olmakla birlikte bu oran %70 - %100 arasında değişmektedir.

Bazı örneklerde ise mikroskop gözlemleri sonucu lif bulunduğu gözlemlenmiştir. Harçlardan C2_M_WW02, sıvalardan ise C6_P_EW01, C6_P_WW01, C4_P_EW03, C5_P_EW03, C2_P_SW01, C1_P_EW01, C1_P_SW02, C1_P_SW04 ve C1_P_SW03 lif tespit edilen örneklerdendir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45 : Stereo-mikroskop altında C2_M_WW02 harç örneğinin 125µ görüntüsü ile içerdiği lif katkısı (sol) ve C2_M_WW02 sıva örneğinin 250µ görüntüsü ile içerdiği lif katkısı (sağ).

4.2.3 Petrografik ve minerolojik analizler

Tez kapsamında su yapılarından alınan harç ve sıva örneklerinin karakterizasyonunun bütüncül bir şekilde tanımlanabilmesi için laboratuvar ortamında yürütülen kimyasal analizler petrografik ve minerolojik analizlerle desteklenmiştir. Bu kapsamda bağlayıcı ve agregası hakkında daha ileri analiz çalışmaları yapılmasına karar verilen örneklerde optik mikroskopi, X-Işınları difraksiyonu (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX) ve termogravimetrik analizler (TGA-DSC) gerçekleştirilmiştir.

4.2.3.1 Petrografik analizler

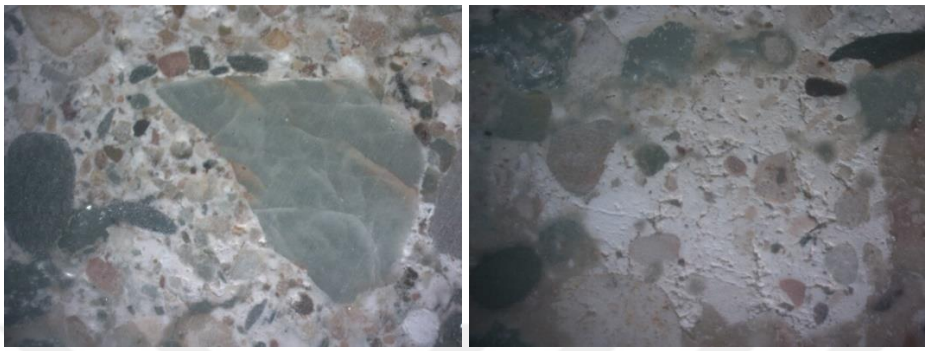
Optik mikroskobik yöntemler, malzemenin ince kesitlerini incelemek için bir polarize petrografik mikroskop kullanılarak uygulanmaktadır. İnce kesitler, şeffaf, düz cam lamlar üzerine uygulanan ve numune boyunca iki boyutlu enine kesitler olan çok ince malzeme dilimleridir. Malzemenin kalınlığının azaltılması, ışığın kristal veya amorf malzemelerden geçmesini ve harcın bileşenlerinin ayrıntılı tanımlanmasını sağlamaktadır (Middendorf ve diğ, 2005a, s. 764).

Petrografik mikroskopla ince kesitlerin incelenmesi, harcın yapısı ve bileşenlerinin dağılımına yönelik harç dokusunun analizini sağlamaktadır. Bu analiz mevcut bağ, bağlayıcı ve agrega türü ve kısmen priz alma işlemi ve harcın nasıl uygulandığı hakkında veri sunabilmektedir. Mikroskobik analizler, bileşenlerin oranlarının tanımlanmasına ve hatta ölçülmesine imkan sağlamaktadır ve fiziksel ve kimyasal araştırma yöntemlerini tamamlayıcı niteliktedir. Bağlayıcı bölümü çoğunlukla çok ince olmasına rağmen, bağlayıcı tipinin (alçıtaşı, kireç, doğal hidrolik kireç, çimento) tanımlanması çoğunlukla mümkündür. Formları ve renkleri nedeniyle, agrega parçacıkları polarize ışık kullanılarak da görüntülenip incelenebilmektedir. Agreganın yapısı ve agrega parçacıklarının karşılıklı konumu ve boyutu dokusal bir özellik olarak tanımlanabilmektedir. Harçta saç, saman gibi organik lifler veya tüf, tuğla tozu gibi puzolanik reaktif malzemeler bulunuyorsa, bunlar genellikle petrografik mikroskop kullanılarak saptanabilmektedir. Hava boşluklarının ve çatlakların içeriği ve şekli, harcın mekanik özellikleri ve uygulandığı andaki nem içeriği hakkında niteliksel olarak veri sunmaktadır (Middendorf ve diğ, 2005a, ss. 762-764).

Örnekler boşluklu yapıda olması durumunda dağılma riski taşıyabilmektedir. Bu sebeple kalın kesit için ayrılan örnekler öncelikle Resinin Mote Epoksi Reçine içine yerleştirilmiştir. Epoksi reçinenin katılaşmasının ardından, örnekler Metkon Geofom ince kesit cihazı kullanılarak kesilmiştir. Kesim işlemi esnasında ıslanan örnekler kuruduktan sonra cam lamlar üzerine yapıştırılmış ve ince kesit hazırlama cihazında 400 µ kalınlığına getirilerek kalın kesit hazırlanmıştır. Hazırlanan kalın kesit yüzeyleri stereo mikroskop altında gözlemlenerek agrega türleri, agregaların dağılımı ve agrega bağlayıcı arakesitindeki ilişkiler incelenmiş ve kesitlerin dijital görüntüsü alınmıştır.

Su yapılarında çekirdeği oluşturan moloz taş örgülerinden alınan örneklerden C6_M_WW01 örneği açık ve koyu renkte ve çapı 2 mm'ye kadar çıkan agregalar

içermektedir. Yer yer tuğla kırıkları da bulunan örnek yoğun agrega dokusuna sahiptir. Bir diğer örnek C5_M_WW01 de benzer türde ve boyutta agregalar içermektedir. Diğer örneğe kıyasla daha seyrek miktarda agrega içermesi sebebiyle hamur yapısı daha iyi incelenebilmektedir. Örneğin hamur dokusunda yoğun çatlaklar bulunmaktadır (Şekil 4.46).



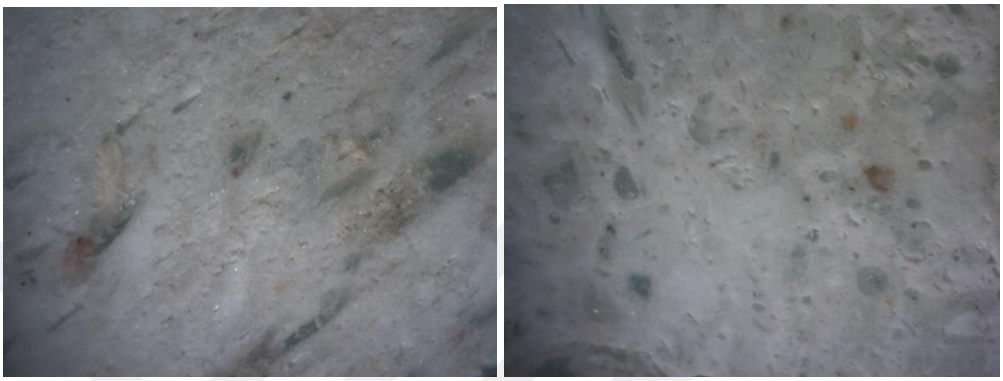
Şekil 4.46 : Çekirdeği oluşturan moloz taş örgülerinden alınan örgü harcı örnekleri C6_M_WW01 (sol) ve C5_M_WW01'in (sağ) stereomikroskop görüntüleri.

Tuğla duvar örgülerinden alınan örgü harçlarından C4_M_EW01 örneğinde açık ve koyu agregalar bulunmaktadır. Agregaların boyutları değişmekle birlikte çapları 2 mm'ye kadar çeşitlilik göstermektedir. Yer yer kuvars ve tuğla kırığı tespit edilmiştir. Kirli beyaz renkte olan hamur dokusunda yoğun çatlaklar bulunmaktadır. Bir diğer tuğla duvar örgü harcı olan C1_M_SW01 örneği de aynı şekilde çapı 2 mm'ye kadar değişen yoğun miktarda agrega içermektedir . Örnek yer yer tuğla kırığı ve az miktarda kuvars içermektedir. Agrega dokusu C4_M_EW01 örneğine göre daha yoğun olmakla birlikte, beyaz renkli hamur dokusu iyi gözlemlenebilmektedir. Hamurunda yer yer çatlaklar bulunmaktadır (Şekil 4.47).



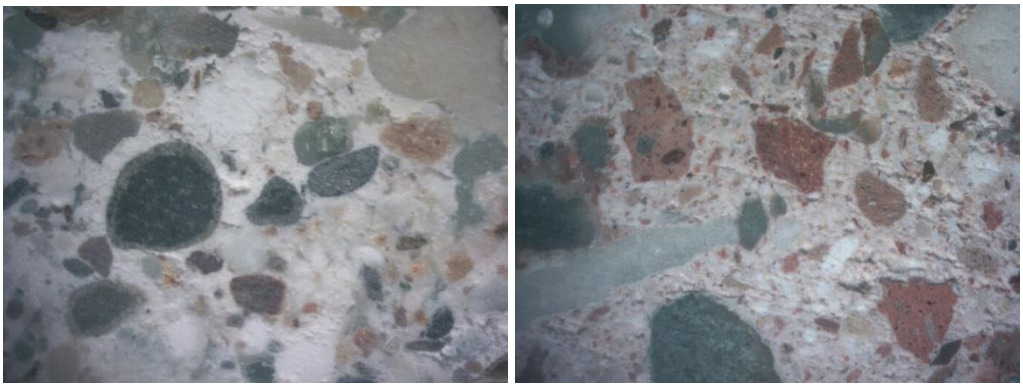
Şekil 4.47 : Tuğla duvar örgülerinden alınan örgü harcı örnekleri C4_M_EW01 (sol) ve C1_M_SW01'in (sağ) stereomikroskop görüntüleri.

Blok taş örgülerinden alınan örgü harçlarından C4_M_NW01 ve C5_M_EW02 örnekleri diğer örgü harçlarından farklılaşmaktadır. C4_M_NW01 örneği seyrek miktarda ve ince agregalar içermekle birlikte örnekte yer yer kuvars gözlemlenmiştir. C5_M_EW02 örneği seyrek miktarda ve genellikle çapı 2 mm ve altında olan kum agrega ve tuğla kırığı içermektedir ve seyrek miktarda kuvars bulunmaktadır. Beyaz renkli hamuru olan iki örnekte de agregalar diğer örneklere göre daha homojen bir dağılım göstermektedir (Şekil 4.48).



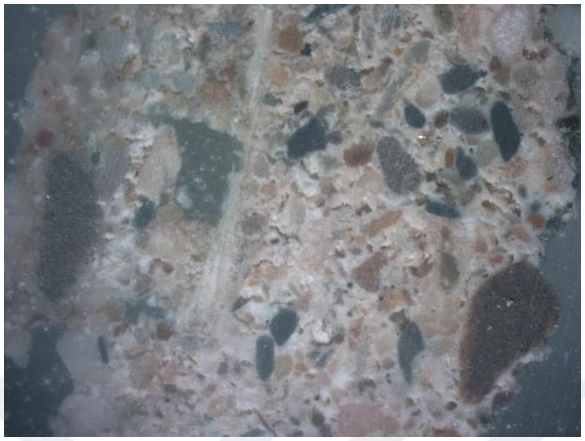
Şekil 4.48 : Blok taş duvar örgülerinden alınan örgü harcı örnekleri C4_M_NW01 (sol) ve C5_M_EW02'nin (sağ) stereomikroskop görüntüleri.

İç cidarı oluşturan kaba yonu taş örgülerinden alınan örgü harcı örneklerinden kapalı sarnıca ait olan C5_M_EW01, yoğun miktarda iri ve ince agrega içermektedir. Yer yer kuvars ve ince tuğla kırığı bulunmaktadır. Örneğin beyaz renkli hamur dokusunda çatlaklar gözlemlenmiştir. Açık sarnıçlardan alınan C3_M_WW01 örneği de yoğun miktarda iri agrega içermekle birlikte dokusunda C5_M_EW01 örneğine kıyasla daha çok ince agrega ve daha büyük tuğla kırıkları bulunmaktadır. Örneğin pembe renkli hamurunda çatlaklar ve boşluklu bir hamur dokusu gözlemlenmektedir. İki örnekte de agrega dağılımları heterojendir (Şekil 4.49).



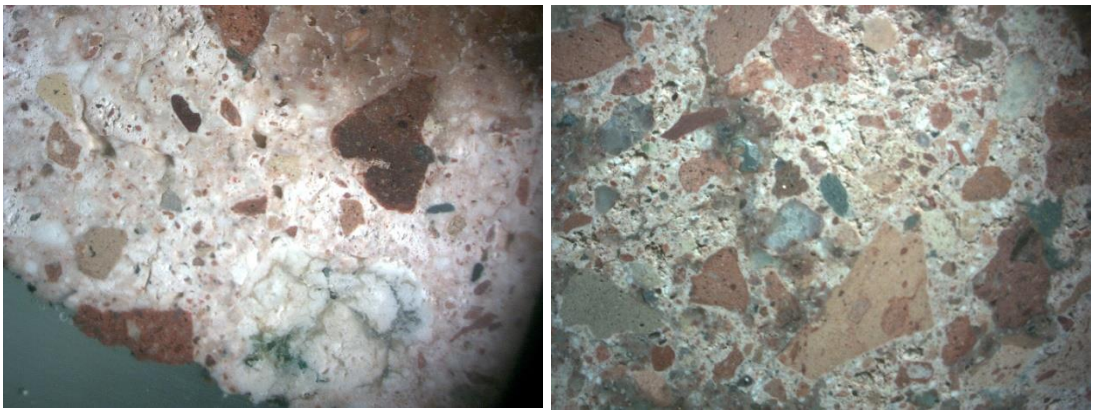
Şekil 4.49 : Kaba yonu taş duvar örgülerinden alınan örgü harcı örnekleri C5_M_EW01 (sol) ve C3_M_WW01'in (sağ) stereomikroskop görüntüleri.

Derz harcı örneği olan C6_M_EW02, yoğun miktarda ve açık ve koyu renkte agregalar içermektedir ve seyrek miktarda çağı 4 mm'yi geçmeyen iri agregalar bulunmaktadır. Kahve-krem renkli hamuru olan örnek yoğun agrega dokusuna sahiptir ve agregaların dağılımı homojen değildir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50 : Derz harcı örneği C6_M_EW02'nin stereomikroskop görüntüsü.

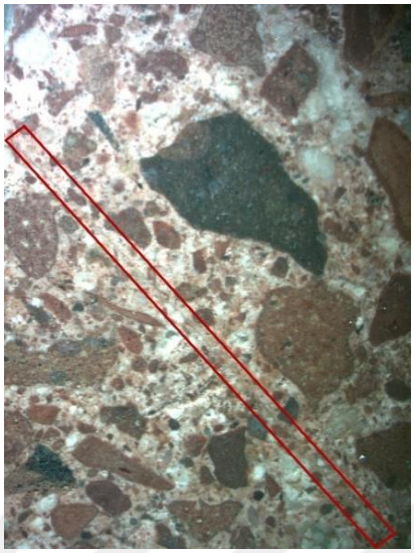
Tek katmanlı sıva örneklerinden kapalı su sarnıcından alınan C6_P_EW01 seyrek miktarda iri ve ince agregalar içermektedir. Örnekte çoğunlukla tuğla kırığı bulunmakla birlikte tek tük kum agrega da yer almaktadır. Pembe renkli hamur dokusunda yer yer çatlaklar bulunmakta ve boşluklar gözlemlenmektedir. Açık sarnıçlardan alınan C2_P_SW01 örneği ise daha yoğun miktarda agrega içermektedir. Örnekte ağırlıklı olarak çapı 4 mm ve altında olan tuğla kırıkları bulunmaktadır ve seyrek miktarda kum agrega da içermektedir. Agrega dağılımı heterojen olan örneğin pembe renkli hamurunda yer yer çatlaklar ve boşluklar bulunmaktadır (Şekil 4.51).



Şekil 4.51 : Tek katmanlı iç sıva örnekleri C6_P_EW01 (sol) ve C2_P_SW01'in (sağ) stereomikroskop görüntüleri.

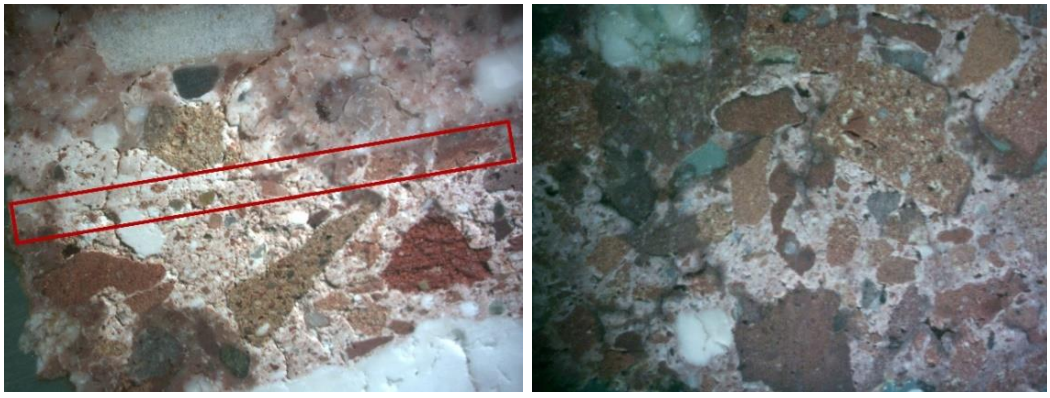
Kapalı sarnıçtan alınan ve iki katmanlı olan iç sıva örnekleri C1_P_EW02 ve C1_P_EW01 birbirine oldukça benzemekle birlikte, üstte yer alan C1_P_EW02

örneğinde daha iri agregaların yer aldığı gözlemlenmektedir. İki örnekte de yoğun miktarda tuğla kırığı bulunmaktadır. Örneklerin agrega dağılımları heterojen yapıdadır (Şekil 4.52).



Şekil 4.52 : İki katmanlı iç sıva örnekleri C1_P_EW02 (üstte) ve C1_P_EW01'in (altta) stereomikroskop görüntüleri.

Üst üste uygulanmış olan iç sıvalardan C4_P_EW02 ve C4_P_EW01 örneklerinin ikisi de yoğun miktarda tuğla kırığı içermektedir. Örneklerin pembe renkli hamurunda çatlaklar ve boşluklar gözlemlenmektedir. Büyük boyutlu tuğla kırıklarında da yer yer boşluklar bulunmaktadır. En üste uygulanmış olan C4_P_EW03 katmanı ise diğer iki katmana göre daha iri ve yoğun miktarda tuğla kırığı içermektedir. Örneğin pembe renkli hamurunda yer yer çatlaklar bulunmaktadır. Katmanların üçünde de agregalar heterojen bir dağılım göstermektedir (Şekil 4.53).



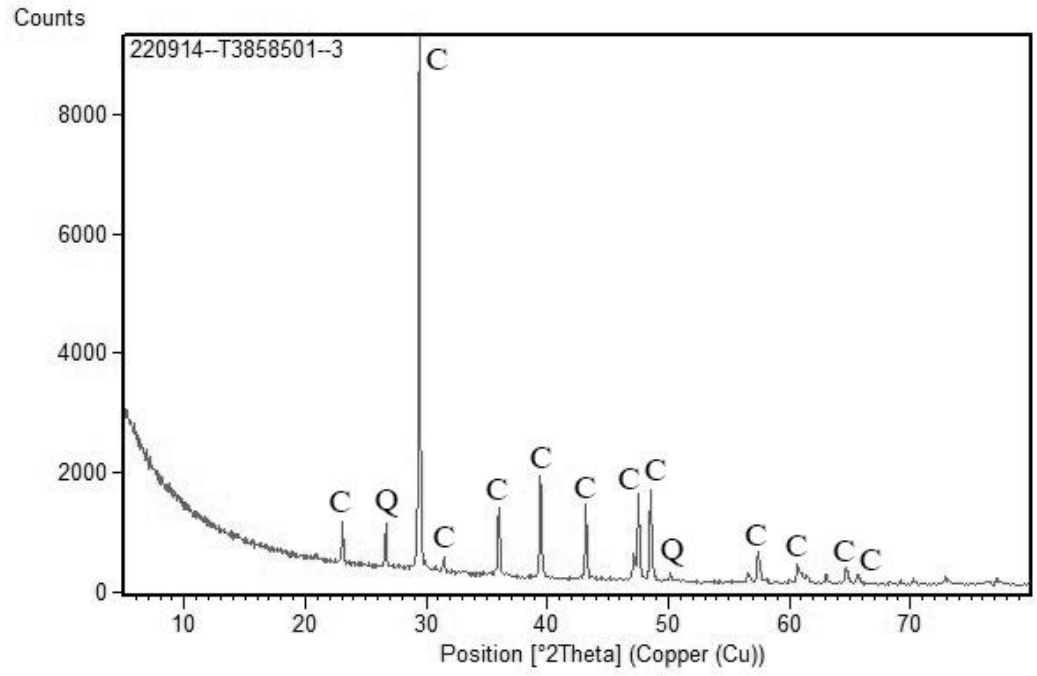
Şekil 4.53 : Üç katmanlı iç sıva örneklerinin ilk iki katmanı solda C4_P_EW02 (üst) ve C4_P_EW01 (alt) ve sağda en üstteki katman C4_P_EW03'ün stereomikroskop görüntüleri.

4.2.3.2 X-Işınları difraksiyonu (kırınımı) analizleri (XRD)

X ışını kırınımı (XRD) analizi, kimyasal ve mikroskobik analizlere ek olarak, kristalli olmaları durumunda, bir harç içindeki bağlayıcıların ve agrega türlerinin tanımlanmasını sağlamaktadır. Yalnızca karbonatlaşma ve priz almadan kaynaklanan fazların kristal olması durumunda başarılı sonuç alınabilen XRD analizi ile, agregadaki karbonat ile bağlayıcıdan oluşan kireç hamurundaki karbonat ayırt edilememektedir (Middendorf ve diğ, 2005a, s. 762).

Harç ve sıvaların içerdiği kristal fazdaki mineralleri belirlemek için ince toz haline getirilmiş harç ve sıva örneklerinde XRD analizi yapılarak bağlayıcı ve agrega içindeki kristalli yapılar incelenmiştir. Harç ve sıva örneklerinin toplu değerlendirilmesi Çizelge 4.9'da verilmiştir.

XRD analizleri sonucu, hem harç hem sıva örneklerinin bağlayıcı kısımlarını oluşturan başlıca bileşiğin kalsit olduğu görülmektedir (Şekil 4.54, Şekil 4.55, Şekil 4.56). Kapalı su sarnıçlarından alınan dış cidar blok taş örgü harçlarından C4_M_NW01 ve C5_M_EW02 örneklerinin ise diğer örneklerden farklı olarak alçı-kireç karışık bağlayıcılı olduğu görülmüştür (Şekil 4.57, Şekil 4.58).



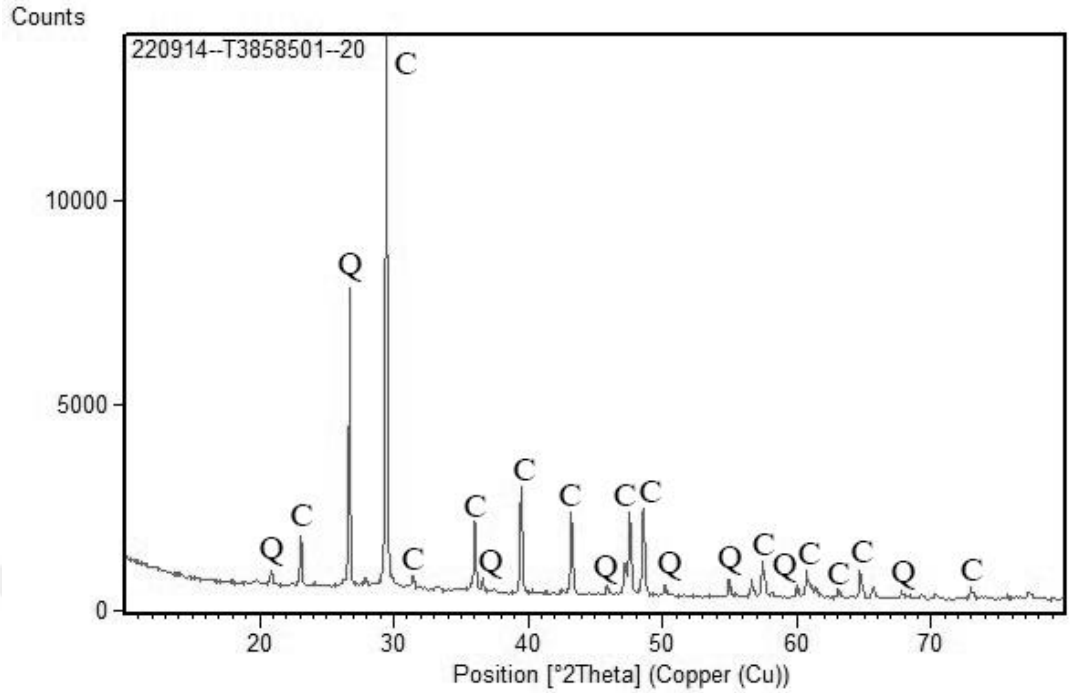
Şekil 4.54 : C6_P_EW01 örneğinin XRD grafiği (C: Kalsit, Q: Kuvars).

Çizelge 4.9: XRD analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.

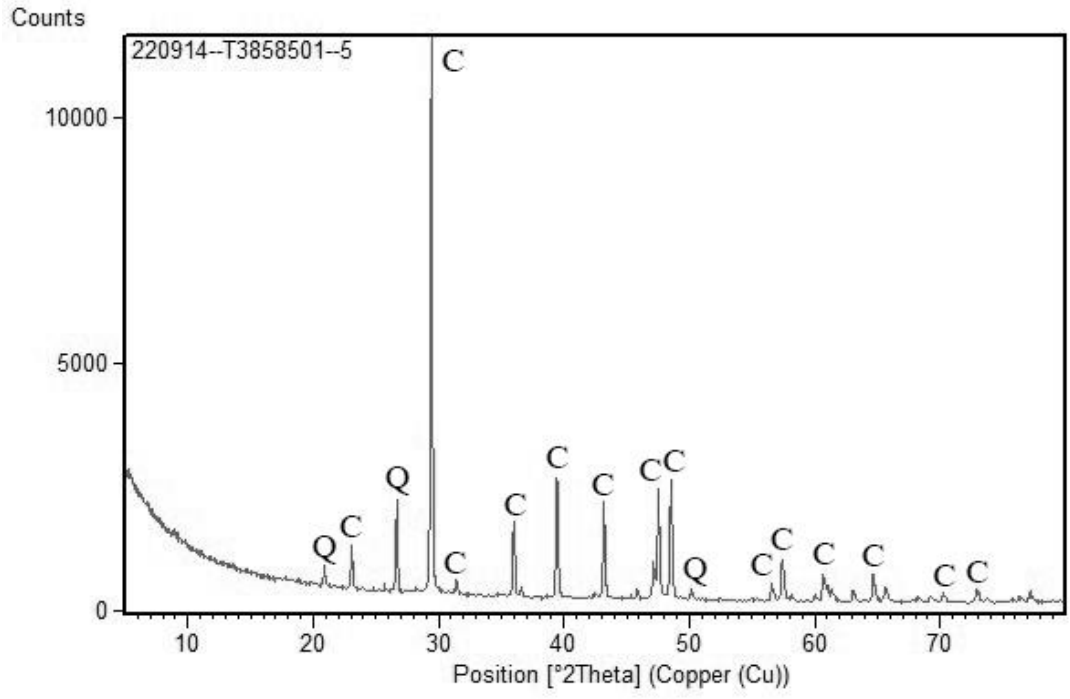
Örnekler	Kalsit	Kuvars	Alçı	Periklaz	Koezit	Dolomit	Diopsid	Andradit	Akermanit	Silvin
C1_P_SW03	+ + +	+ +			+			+		
C2_P_SW01	+ + + +	+ +						+		
C4_P_EW02	+ + +	+ +				+ +	+ +			+ +
C4_P_EW03	+ + +	+ + +					+ +	+		+ +
C5_P_EW03	+ + +	+ + +	+	+	+					
C6_P_EW01	+ + + +	+ +					+			
C2_J_WW01	+ + + +	+ +	+						+	
C2_M_WW01	+ + +	+		+	+					
C3_M_WW01	+ + + +	+ +						+		
C4_M_NW01	+ +		+ + +			+			+	
C5_M_EW01	+ + + +	+ + +							+	
C5_M_EW02	+		+ + + +	+ +		+			+	
C5_M_WW01	+ + +			+ +	+					
C6_M_EW02	+ + + +	+ +			+		+			+
C6_M_WW01	+ + + +	+ +		+ +						
			+ : % 5-20	+ + : % 20-25		+ + + : % 50-75	+ + + + : > % 75			

Çizelge 4.9 (devam): XRD analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.

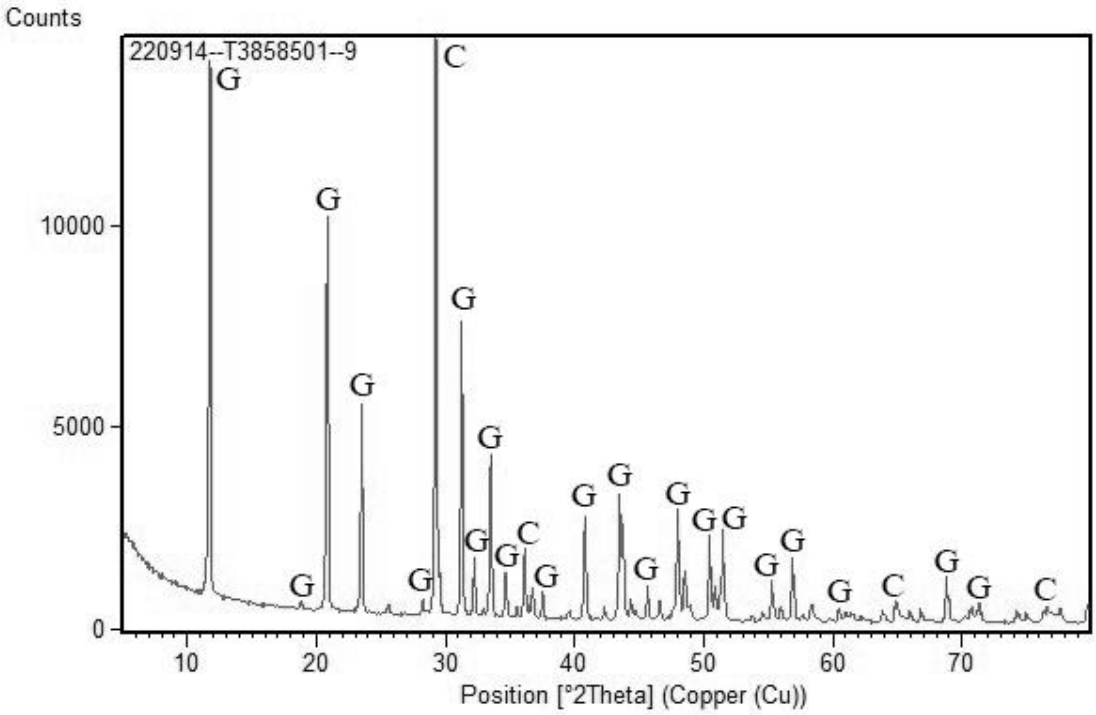
Örnekler	Kalsiyum karbonat	Enstatit	Halit	Hedenbergit	Demir	Kireç	Arcanite	Kristobalit	Tridimit
C1_P_SW03									
C2_P_SW01									
C4_P_EW02		+ +		+ +			+		
C4_P_EW03		+ +						+	
C5_P_EW03	+ +								
C6_P_EW01									
C2_J_WW01									
C2_M_WW01									
C3_M_WW01									
C4_M_NW01					+ +				
C5_M_EW01	+ +		+ +						
C5_M_EW02									+
C5_M_WW01						+			
C6_M_EW02									
C6_M_WW01									
		+ : % 5-20		+ + : % 20-25	+ + + : % 50-75		+ + + + : > % 75		



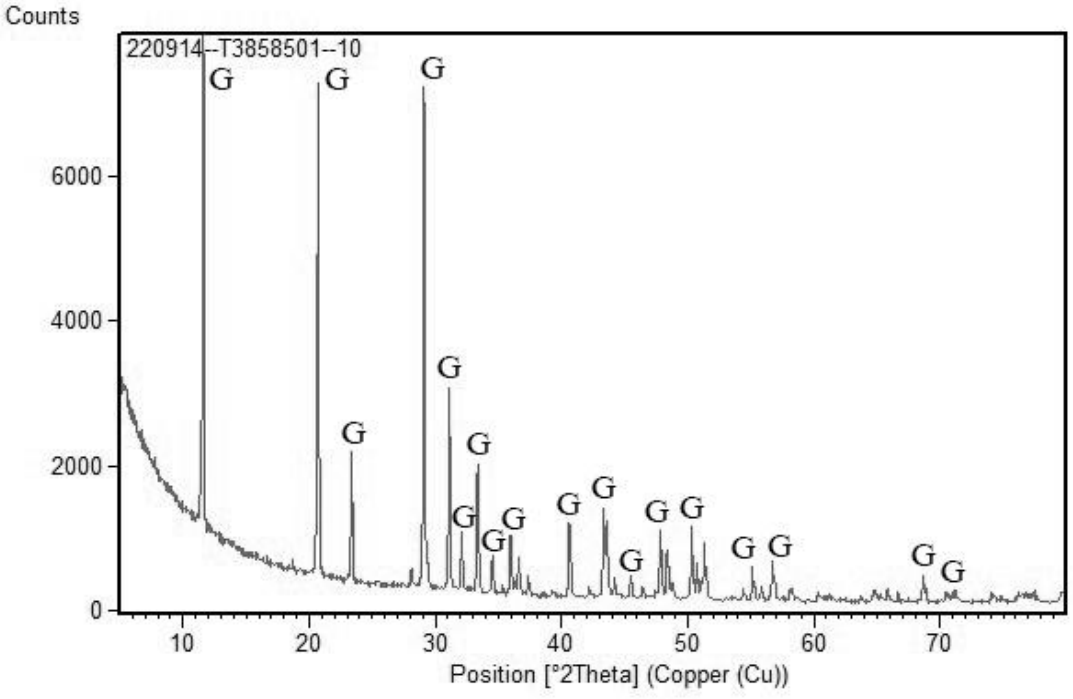
Şekil 4.55 : C2_P_SW01 örneğinin XRD grafiği (C: Kalsit, Q: Kuvars).



Şekil 4.56 : C6_M_WW01 örneğinin XRD grafiği (C: Kalsit, Q: Kuvars).



Şekil 4.57 : C4_M_NW01 örneğinin XRD grafiği (C: Kalsit, G: Alçı).



Şekil 4.58 : C5_M_EW02 örneğinin XRD grafiği (G: Alçı).

Kuvars, dolomit ve kristobalit gibi minerallerin agrega kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kuvars, iç sıva örneklerinde görülmekle birlikte, çekirdek ve iç cidar katmanını oluşturan örgü harçlarında bulunurken, dış cidarı oluşturan blok taş duvar örgü harçalrında bulunmamaktadır. Harç ve sıva örneklerinde kuvarsın (SiO_2) tespiti, bu numunelerde kum kullanıldığını göstermektedir. Kum agrega kullanımı muhtemelen harcın mekanik direncini arttırma ihtiyacından kaynaklanmaktadır (Rampazzi ve diğ, 2015, s. 121).

Örneklerde XRD analizi sonucunda biyotit ve muskovit gibi mika grubu mineraller tespit edilmemiştir. Kalsiyum silikat hidratların ve kalsiyum alüminat hidratların tespit edilmesi, arayüz reaksiyonlarının ve/veya hidrolik kirecin varlığını göstermektedir (Moropoulou ve diğ, 2000, s. 50). XRD analizleri sonucu örneklerde hidrolik kireç kullanıldığını düşündürecek bu tip bileşiklerin izine rastlanmamıştır.

C5_M_EW01 örneğinde görülen halit (kaya tuzu) bozulma ürünlerindendir ve yapının deniz kıyısına olan yakınlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.3.3 Taramalı elektron mikroskobu ve SEM-EDX analizi

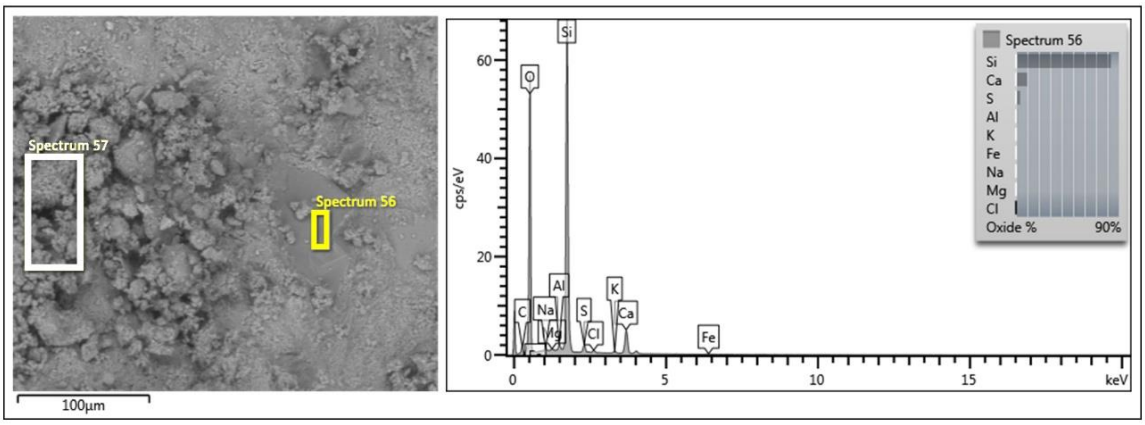
SEM kullanılarak bir harcın yapısı, harcın yapısal bileşenlerini doğrudan görselleştirmek için yüksek büyütme oranlarında ve pürüzlü, kırık yüzeylerde üç boyutlu olarak analiz edilebilmektedir. SEM bir X-Işını dedektörü (EDX gibi) ile donatılması durumunda, numunenin bileşenleri içindeki kimyasal elementlerin kalitatif tespiti mümkün olabilmektedir. SEM analizi, çok ince taneli hidrolik harçların karakterizasyonu için önemlidir. Çimento veya hidrolik kireç harçlarındaki hidrolik fazlar çoğunlukla geleneksel petrografik mikroskop ile tanımlanamayacak kadar incedir ve bu fazların çoğu daha az kristal veya amorf olduğundan XRD ile tanımlanamaz. SEM-EDX gibi daha yüksek büyütmelerdeki analizler, bu tür hidrolik fazların mikro yapısının tanınmasını sağlamaktadır (Middendorf ve diğ, 2005a, s. 765).

SEM-EDX analizleri sonucuna göre, harç ve sıva örneklerine ait agregaların büyük oranda silisyum ve alüminyum içerdiği görülmektedir. Sıva örneklerinde, harç örneklerinden farklı olarak içerdikleri yoğun tuğla kırığı sebebiyle yüksek oranda demir bulunmaktadır (Şekil 4.59, Şekil 4.60 ve Şekil 4.61).

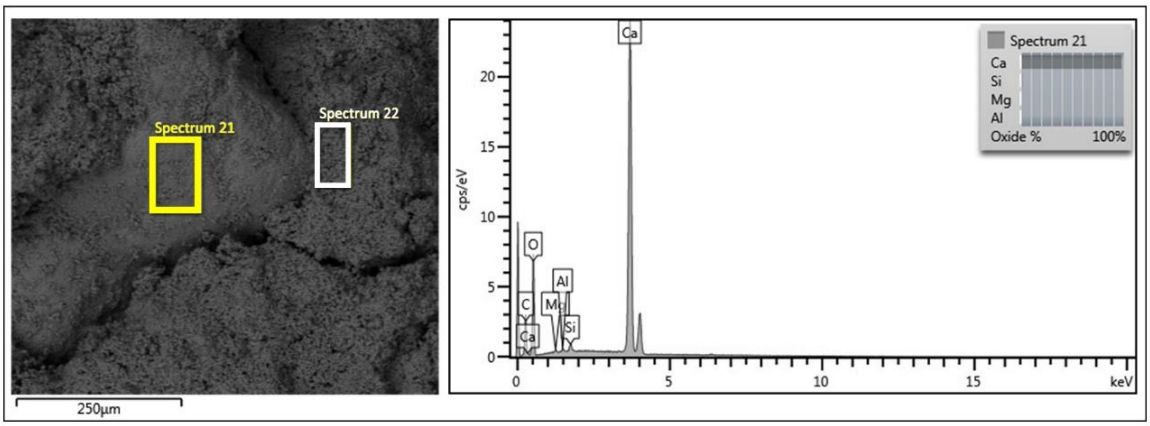
Örgü harçlarının ağırlıklı olarak karbonatlı agrega içerdiği görülmektedir. Bu örneklerde C6_M_EW02 derz harcı, diğerlerinden farklı olarak yoğun miktarda

silikatlı agrega içermektedir. Sıvalarda ise bu durum değişkenlik göstermektedir. Aynı iç duvar yüzeyine uygulanmış olan sıva katmanlarında bile kimi örneklerde karbonatlı agrega miktarı, kimi örneklerde ise silikatlı agrega miktarı yüksektir. Sıvalarda iç duvar yüzeyine tek katman şeklinde uygulanmış olan C6_P_EW01 diğerlerinden farklı olarak yüksek oranda magnezyum içermektedir.

Agregaların % oksit cinsinden elemental kompozisyonu Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre su yapılarında kullanılmış olan yapısal harçlar ağırlıklı olarak karbonatlı agrega içermekteyken, sıvaların üretiminde ağırlıklı olarak silikatlı agregalar kullanılmıştır. Detaylı sonuçlar Ek B'de verilmiştir.



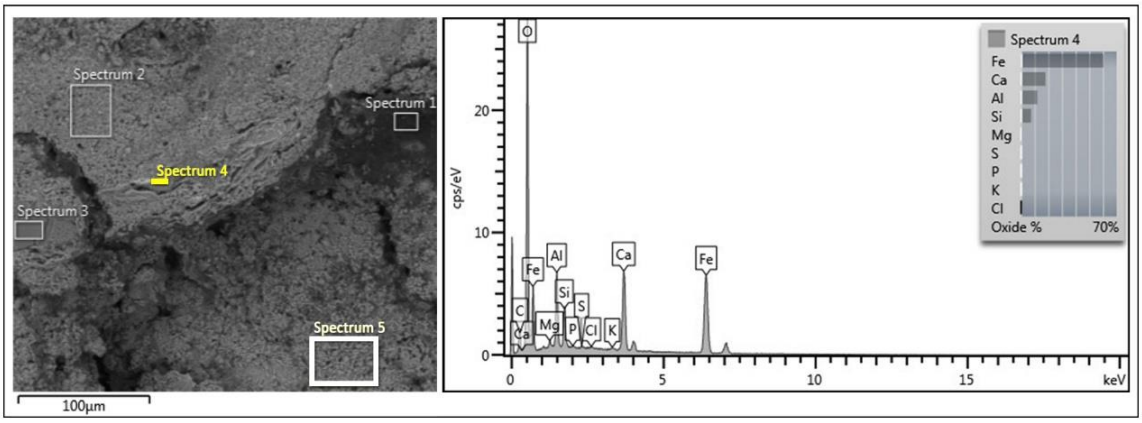
Şekil 4.59 : C1_P_EW02 örneğinde kalsiyum, magnezyum ve yüksek oranda silisyum içeren agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.1).



Şekil 4.60 : C5_M_WW01 örneğinde silisyum, magnezyum ve yüksek oranda kalsiyum içeren agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.2).

Çizelge 4.10: Agregaların % oksit cinsinden elemental kompozisyonu.

Örnek	CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	K_2O	FeO	Na_2O	SO_3	TiO_2	P_2O_5
C1_P_EW01	18.35	56.12	6.88	3.17	2.65	3.52	2.67	2.79	0.24	
C1_P_EW02	9.89	83.09	1.18	0.26	0.58	0.39	0.38	3.70		
C1_P_SW01	52.06	27.56	8.30	2.73	1.17	4.13	0.77	2.77		
C1_P_SW02	7.65	43.19	21.82	3.40	2.54	18.73	0.70	0.81	0.96	
C1_P_SW03	13.84	19.34	49.56	3.17	1.02	11.56	0.71		0.79	
C1_P_SW04	17.92	7.39	11.96	1.07	0.33	60.47		0.40		0.33
C2_P_SW01	29.11	8.03	2.50	0.43	0.43	59.04		0.46		
C4_P_EW01	19.22	35.22	20.81	2.10	3.77	17.40	0.52		0.96	
C4_P_EW02	88.95	6.24	2.23	1.22		1.37				
C4_P_EW03	18.15	16.63	23.45	4.82	1.09	34.63	0.90			
C5_P_EW01	17.98	11.88	6.56	1.21	0.44	61.60	0.33			
C5_P_EW02	80.03	11.13	3.57	1.06	0.54	0.93	0.25	2.30		
C5_P_EW03	11.38	50.68	18.29	5.42	2.98	9.61	0.73		0.92	
C6_P_EW01	23.94	37.28	6.00	21.57	0.78	9.63		0.65		
C2_J_WW01	63.99	23.26	6.35	1.82	0.90	2.32	0.49	0.69		
C3_M_WW01	60.04	27.80	7.45	1.90	1.43	1.37				
C4_M_NW01	57.35	1.46	0.32	0.05		4.37		36.45		
C5_M_EW01	65.47	21.43	2.75	0.72	1.83		2.10	1.75		
C5_M_EW02	40.82	0.32	0.04			0.06	0.32	58.43		
C5_M_WW01	97.79	1.43	0.36	0.42						
C6_M_EW02	17.20	79.28	1.36	1.00	0.36		0.19	0.61		
C6_M_WW01	96.57	2.26	0.71	0.46						



Şekil 4.61 : C1_P_SW04 örneğinde kalsiyum, silisyum, magnezyum ve yüksek oranda demir içeren agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.3).

Bağlayıcıların hidrolik özellikleri, bilimsel ve deneysel varsayımlara dayanan *bağlayıcılık endeksi* (CI) teorisine göre değerlendirilmektedir. Bu teoriye göre, hidrolik özellikler silika, alümina ve demir ile kalsiyum ve magnezyum bileşiklerinin oluşumuyla verilmektedir. Silika, kireçle moleküler olarak birleşerek trikalsiyum silikat oluştururken, alümina, dikalsiyum alüminat oluşturmak için kireçle birleşmektedir. Magnezyum, moleküler olarak kireç ile aynı şekilde ancak daha düşük bir hızda reaksiyona girmektedir. Demir oksit, alümina ile aynı eşdeğer moleküler reaksiyona sahiptir (Boynton, 1980, s. 312). Bağlayıcılık endeksi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (4.7):

$$\mathrm{CI} = \frac{2.8 \times \%\ \mathrm{SiO_2} + 1.1 \times \%\mathrm{Al_2O_3} + 0.7 \times \%\mathrm{Fe_2O_3}}{\%\ \mathrm{CaO} + 1.4\ \mathrm{x}\ \%\mathrm{MgO}} \qquad (4.7)$$

Kireçlerin hidroliklik derecesi oldukça değişkendir. Bu nedenle zayıf hidrolik kireç, orta dereceli hidrolik kireç ve güçlü hidrolik kireç olmak üzere 3 başlıkta sınıflanmaktadır (Boynton, 1980, s. 312) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11: Hidrolik kireçlerin bağlayıcılık endeksine göre sınıflandırılması.

Zayıf hidrolik kireç	0.30-0.50
Orta hidrolik kireç	0.50-0.70
Güçlü hidrolik kireç	0.70-1.10

Harç ve sıva örneklerine ait bağlayıcıların % oksit cinsinden elemental kompozisyonu ve CI değerleri Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'te gösterilmiştir (Ek B).

Çizelge 4.12: Sıvalara ait bağlayıcıların % oksit cinsinden elemental kompozisyonu.

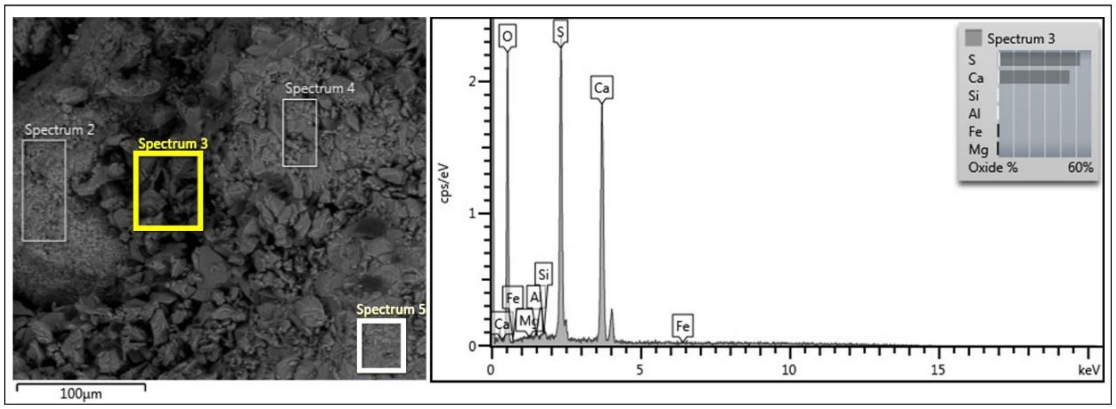
Örnek	CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	K_2O	FeO	Na_2O	SO_3	TiO_2	P_2O_5	N2O5	CI	Hidroliklik Derecesi
C1_P_EW01	35.15	14.01	4,46	1,29	3.92	2,19	2.89	2.46			28.92	1.23	
C1_P_EW02	41,71	13,72	4,71	1,03	2.26	1,47	2.23	6.43			23.71	1.03	Güçlü
C1_P_SW01	83,18	9,27	2,46	1,66	0.65	1,44		0.93				0.34	Zayıf
C1_P_SW02	61,01	19,23	6,40	3,56	1.43	4,94	0.61	2.16				0.97	Güçlü
C1_P_SW03	72.69	16.05	5.30	1.28	1.15	1.50	0.58	1.20				0.69	Orta
C1_P_SW04	74,99	14,41	4,94	0,80	0.87	1,72	0.62	0.65		0.70		0.61	Orta
C2_P_SW01	69.98	19.90	5.72	1.19	1.08	2.02	0.10					0.88	Güçlü
C4_P_EW01	79,71	11,53	4,20	1,14	0.67	2,43	0.31					0.47	Zayıf
C4_P_EW02	20,29	43,37	18,49	4,46	2.28	8,87	1.24		1.01			5.57	
C4_P_EW03	36,93	29,34	15,64	0,65	3.78	13,65						2.87	
C5_P_EW01	47,99	28,88	15,35	1,34	1.02	4,93	0.50					2.02	
C5_P_EW02	48,67	32,65	9,84	2,04	1.70	3,23	0.38	1.29				2.02	
C5_P_EW03	38,85	34,57	12,10	4,52	1.73	6,32	0.42	0.63	0.62			2.53	
C6_P_EW01	78,91	11,18	3,34	0,94	0.67	0,79		3.17		0.61		0.44	Zayıf
C2_J_WW01	82,75	10,70	2,60	0,89	0.45	1,61	0.26	0.74				0.40	Zayıf

Çizelge 4.13: Harçlara ait bağlayıcıların % oksit cinsinden elemental kompozisyonu.

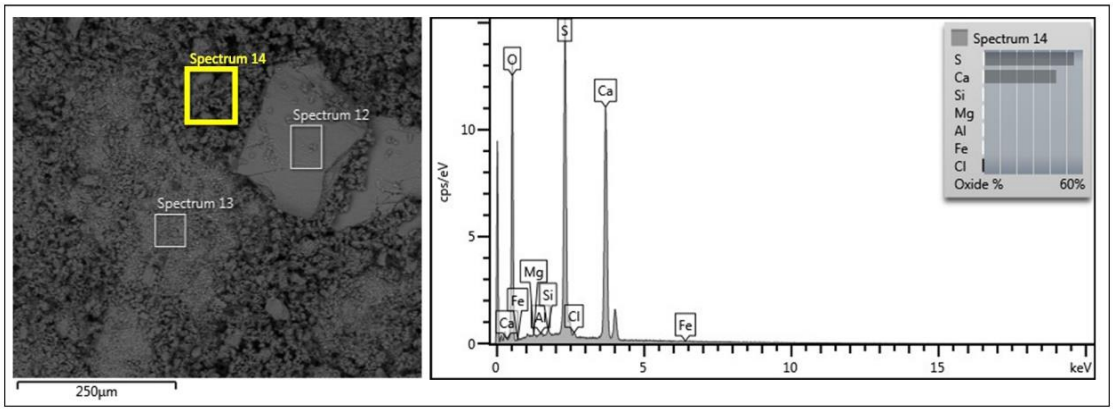
Örnek	CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	K_2O	FeO	Na_2O	SO_3	TiO_2	P_2O_5	N2O5	CI	Hidroliklik Derecesi
C3_M_WW01	49,72	35,61	8,32	1,41	1.80	1,82	0.37	0.95				2.13	
C4_M_NW01	45,96	0,67	0,37	0,09		0,22		52.69				0.05	
C5_M_EW01	25,92	50,68	3,57	2,21	3.60		2.41	2.49				5.02	
C5_M_EW02	43,92	0,58	0,15	0,18		0,00		54.68				0.04	
C5_M_WW01	96,21	2,58	0,59	0,63								0.08	
C6_M_EW02	53,46	37,50	4,23	1,35	1.24	0,79	0.47	0.97				1.99	
C6_M_WW01	85.52	11.54	1.58	0.17		0.72		0.49				0.40	Zayıf

Bağlayıcılık endeksine göre sıva örneklerinin çoğunun bağlayıcısı hidrolik özellik gösterirken, harçlarda tek bir örnekte (C6_M_WW01) hidrolik özellikli bağlayıcı görülmektedir. Güçlü hidrolik özellik gösteren iç sıva örneklerinin SEM görüntüsü ve EDX analizi sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

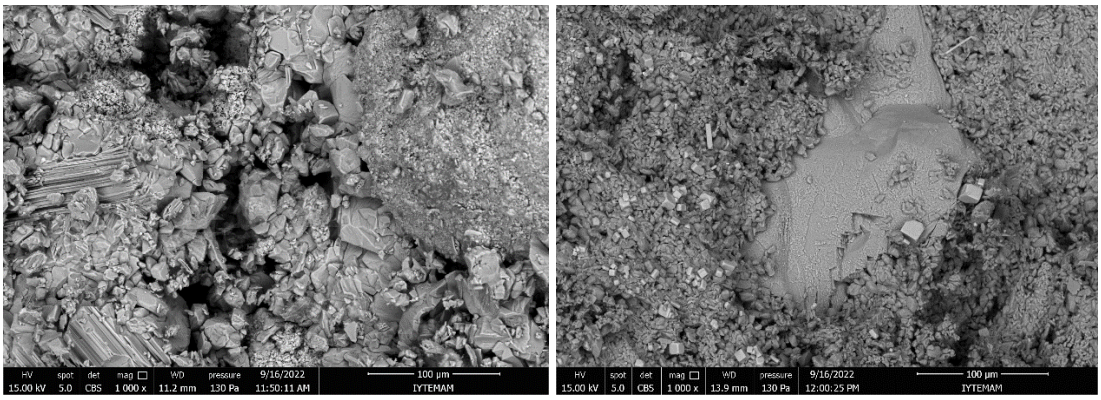
Harç ve sıva örneklerin çoğunun bağlayıcısının kireç esaslı olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.15). Bununla birlikte diğer örneklerden farklı olarak dış cidar örgü harçlarından olan C4_M_NW01 ve C5_M_EW02 örneklerinin kireç ve alçı karışık bağlayıcılı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.62, Şekil 4.63, Şekil 4.64). Yapıların duvar örgülerinde kullanılmış olan örgü harçlarından sadece dış cidar katmanında yer alan örgü harçlarının alçı katkılı olması dikkat çekici bir konudur.



Şekil 4.62 : Bağlayıcısında alçı ve kireç tespit edilen C4_M_NW01 örneğinin SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.4).

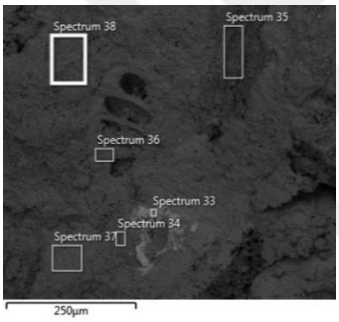
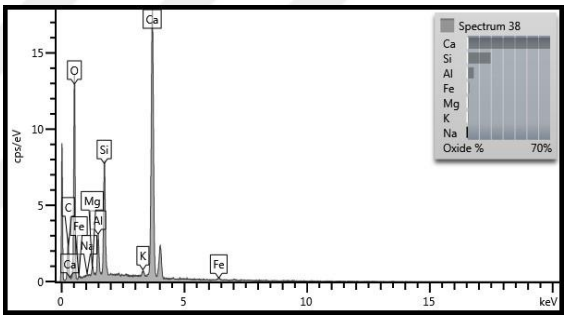
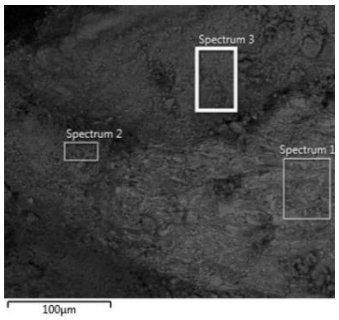
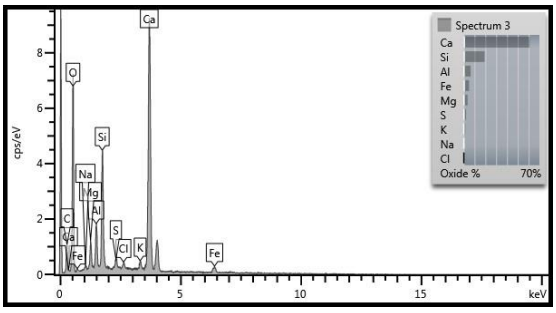
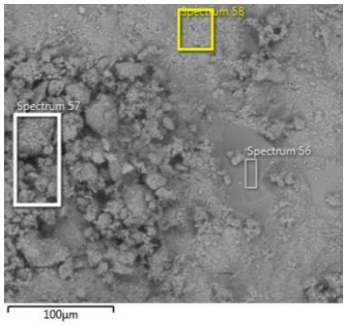
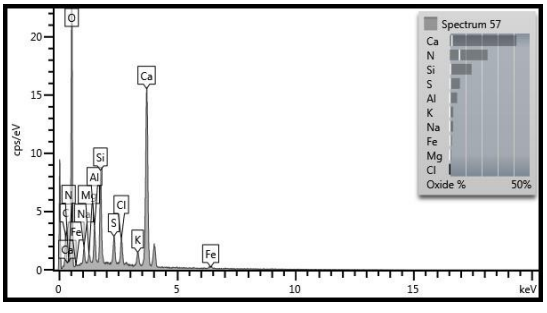


Şekil 4.63 : Bağlayıcısında alçı ve kireç tespit edilen C5_M_EW02 örneğinin SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.5).

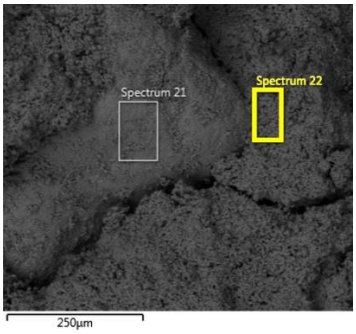
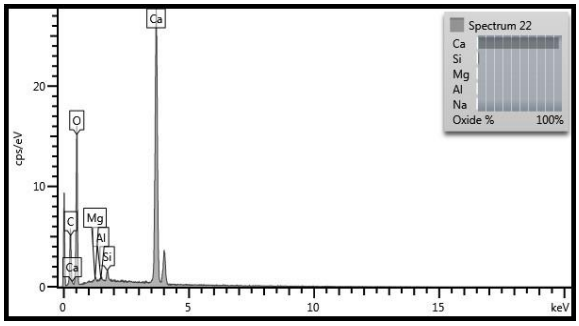
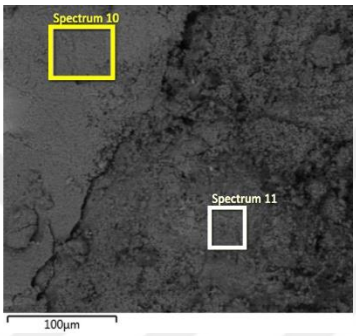
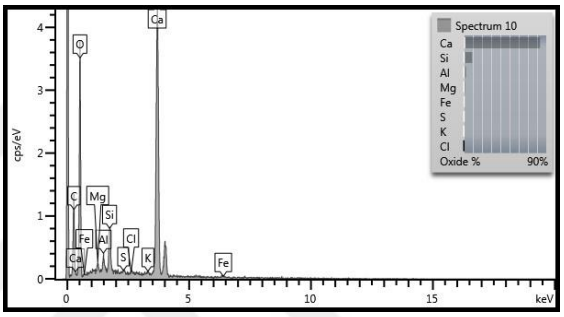
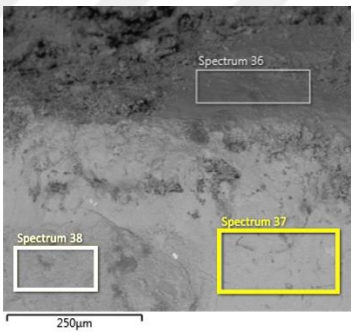
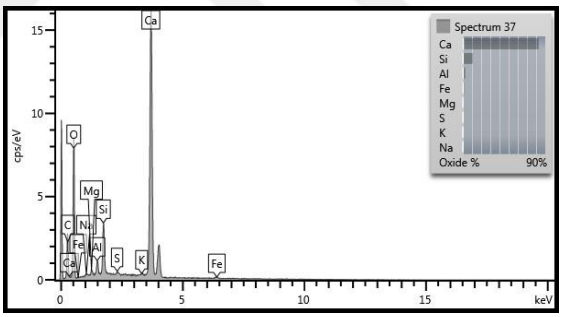
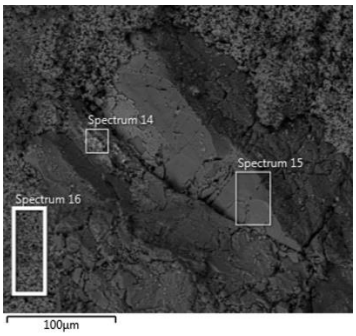
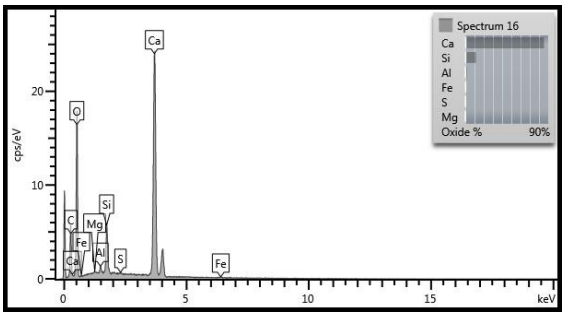


Şekil 4.64 : C4_M_NW01 (sol) ve C5_M_EW02 (sağ) örneklerinin mikro ölçekli SEM görüntüleri (Şekil B.4, Şekil B.5).

Çizelge 4.14: Bağlayıcılık endeksine göre bağlayıcısı güçlü hidrolik özellik gösteren iç sıva örneklerinin SEM görüntüsü ve EDX analizi (Şekil B.10, Şekil B.11, Şekil B.12).

Örnek	SEM Görüntüsü	EDX Spektrumu
C2_P_SW01		
C1_P_SW02		
C1_P_EW02		

Çizelge 4.15: Bağlayıcısında kalsit tespit edilen örneklerin SEM görüntüleri ve EDX analizleri (Şekil B.6, Şekil B.7, Şekil B.8, Şekil B.9).

Örnek	SEM Görüntüsü	EDX Spektrumu
C5_M_WW01		
C1_P_SW01		
C2_J_WW01		
C6_M_WW01		

4.2.3.4 Termogravimetrik analizler (TGA-DSC)

Diferansiyel Termal Analiz (DTA) veya Termogravimetrik yöntemler (TG) gibi termal yöntemler, bağlayıcılar, agregalar ve katkıların analiz edilerek tanımlanmasını sağlamaktadır (Middendorf ve diğ, 2005a, s. 766).

TG-DTA analizi ile örneklerde belli sıcaklıklarda meydana gelen kütle kayıpları incelenmektedir. 25-120 °C'deki kütle kayıpları higroskopik su, 120-200 °C'deki kütle kayıpları hidratlı tuzların kristalize su miktarını, 200-600 °C'deki kütle kayıpları bağıl su miktarını ve 600-900 °C'deki kütle kayıpları karbondioksit (CO_2) ve kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) miktarını vermektedir (Borsoi ve diğ, 2019, ss. 599-600).

Genel olarak, kireç harçlarının (veya hidrolik olmayan harçların) tipik olarak hidrolik bileşenlerin %3'ten az bağıl su ve yüksek CO_2 miktarı ile karakterize edildiği varsayılırken, yüksek miktarda bağıl su ve orantılı olarak az miktarda CO_2 içeren harçlar hidrolik olarak kabul edilmektedir (Borsoi ve diğ, 2019, s. 600).

Harç ve sıva örneklerinin TGA analizi sonuçları Çizelge 4.16'da gösterilmiştir.

120-200 °C sıcaklık aralığında hidratlı tuzun kristalizasyon suyuna atfedilen ağırlık kaybı C6_P_EW01, C4_P_EW03, C4_P_EW02, C6_M_WW01, C5_M_EW01 ve C5_M_WW01 örneklerinde %1'den az olmuştur. Bu tür alçıtaşı miktarının, karbonat bileşeninin sülfatlanmasıyla veya sülfatlar açısından zengin duvarlarda çözünebilir tuzların birikmesiyle ilgili olması daha olasıdır. Alçının varlığı, düşük miktarlarda iken bağlayıcı olarak mümkün görünmemektedir (Bakolas ve diğ, 1998, s. 157).

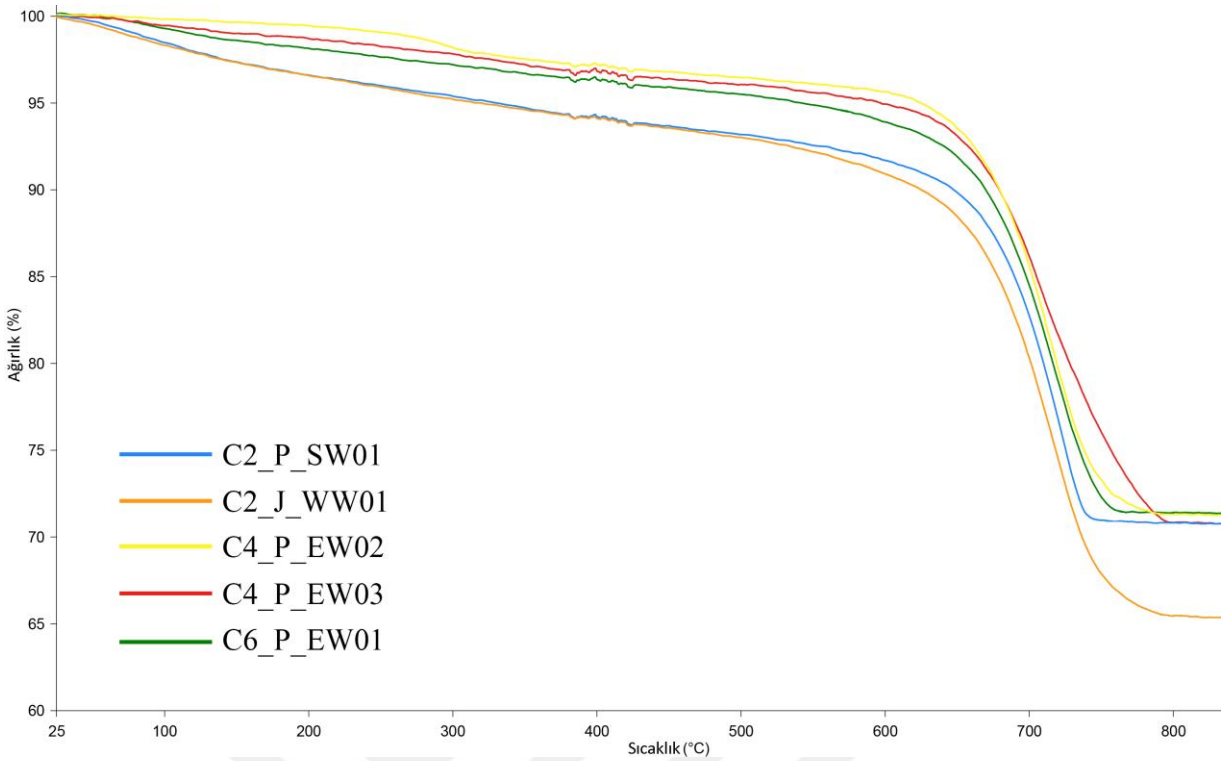
CO_2'nin bir kısmı, sertleştirilmiş harçta bulunan ve CO_2 ile yavaş yavaş reaksiyona giren ve böylece $CaCO_3$ oluşturan kalsiyum siliko alüminat hidratların karbonasyon sürecinden türetilebilir, oysa silika ve alümina amorf halde ayrılmaktadır (Bakolas ve diğ, 1998, ss. 158-159). Önemli miktarlarda CO_2 varlığı, yüksek miktarlarda karbonatla birlikte görülmektedir (Bakolas ve diğ, 1995, s. 822).

Örneklerin TGA grafikleri incelendiğinde, yapı içinde aynı işlevi gören örneklerin benzer TGA eğrileri gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.65, Şekil 4.66, Şekil 4.67, Şekil 4.68). Dış cidar blok taş örgüden alınmış olsn C4_M_NW01 ve C5_M_EW02 örneklerinde XRD analizi sonucu gözlemlenen alçı, bu fazın kristalize su kaybına bağlı olarak 100-200 °C'de net bir sıçramanın mevcut olduğu TGA analizi sonucu ile de uyumlu görünmektedir (Şekil 4.67).

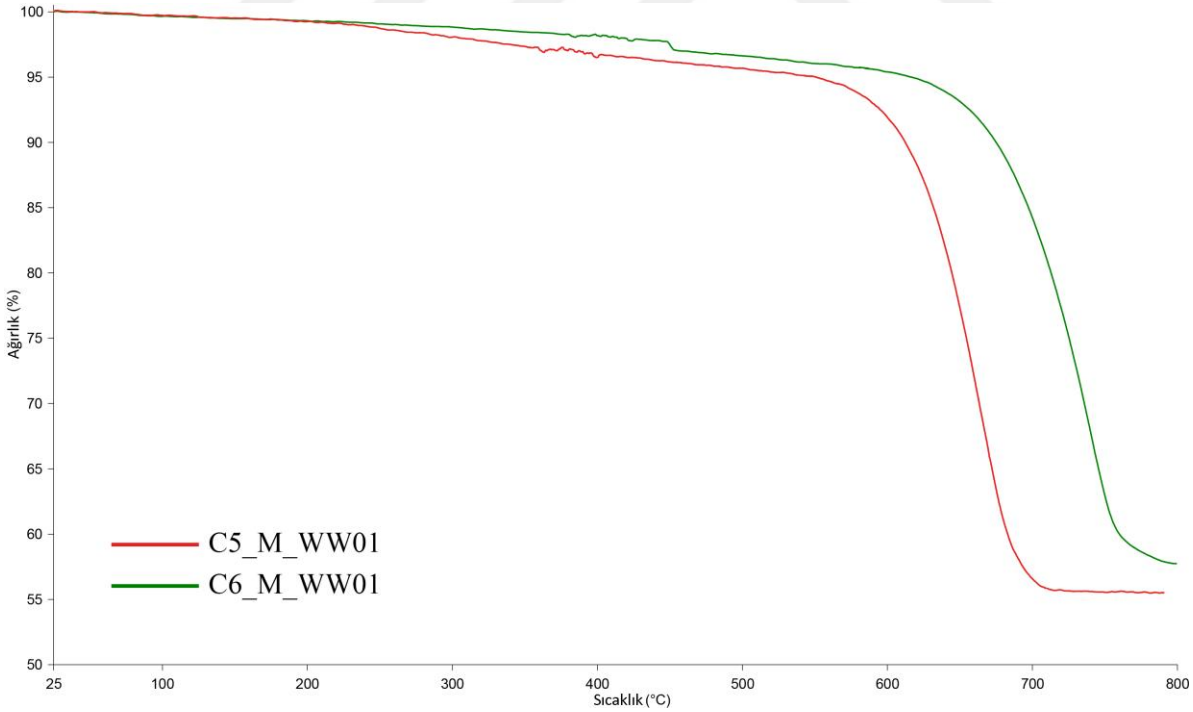
Çizelge 4.16: Örneklerin TGA analizi sonuçları.

Örnek	Tür/Konum	< 120 °C	120-200 °C	200-600 °C	600-800 °C	CO_2 / H_2O
C2_P_SW01	İç sıva	1.80	1.53	4.81	21.12	4.39
C4_P_EW02	İç sıva	0.19	0.29	3.27	21.45	6.55
C4_P_EW03	İç sıva	0.49	0.46	2.73	18.19	6.66
C6_P_EW01	İç sıva	0.88	0.90	4.06	22.77	5.60
C2_J_WW01	Derz sıvası / dış cidar	1.90	1.41	5.49	25.66	4.67
C3_M_WW01	Derz harcı / iç cidar	2.38	1.98	5.78	21.81	3.77
C4_M_NW01	Örgü harcı / dış cidar	1.32	18.28	1.64	1.66	1.01
C5_M_EW01	Örgü harcı / iç cidar	1.62	0.54	6.89	26.98	3.91
C5_M_EW02	Örgü harcı / dış cidar	0.53	19.71	1.75	1.08	0.61
C5_M_WW01	Örgü harcı / çekirdek	0.28	0.39	4.57	39.26	8.59
C6_M_WW01	Örgü harcı / çekirdek	0.38	0.29	3.74	37.68	10.07

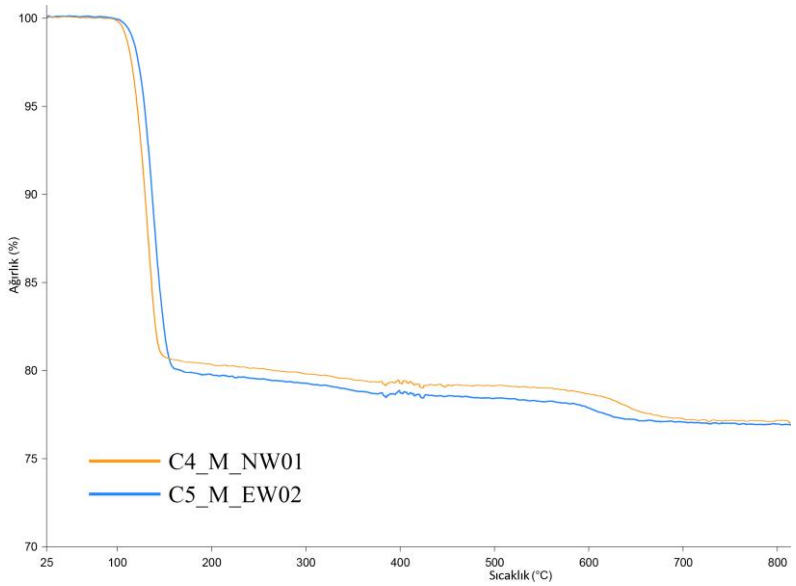
Kalorimetrik eğrilerin (DSC) endotermik tepe noktaları, TGA eğrilerinde ağırlık kayıplarının gözlemlendiği sıcaklıklarla çakışmaktadır. DSC eğrilerinde alçı içeren örneklerde alçının dehidrasyonuna bağlı olarak 100-200 °C arasında endotermik keskin bir zirve gözlemlenmiştir (Şekil 4.69).



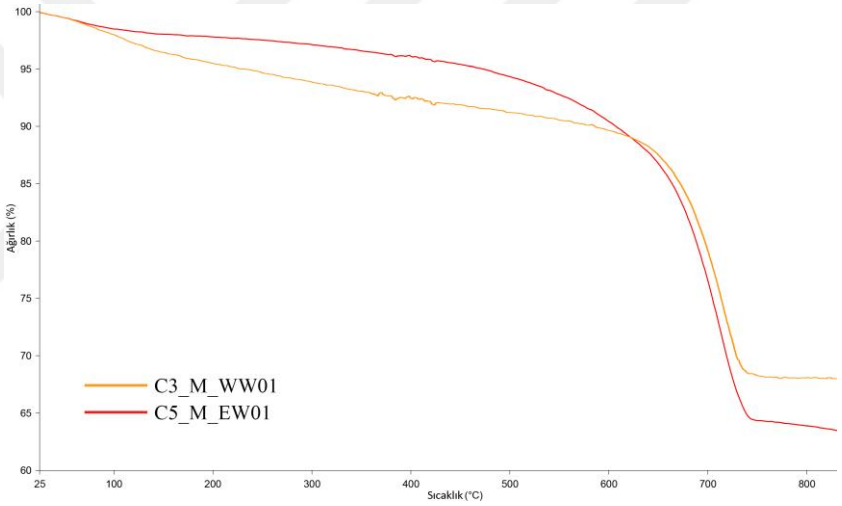
Şekil 4.65 : Sıvaların TGA grafiği.



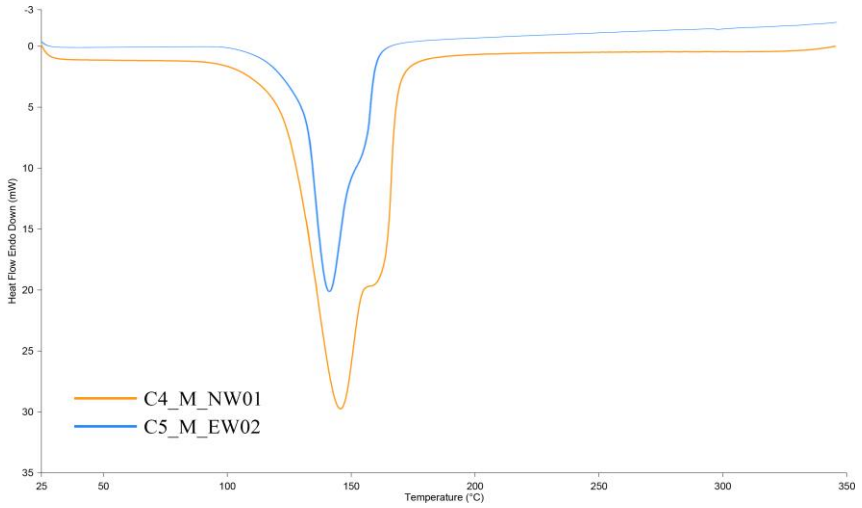
Şekil 4.66 : Çekirdekten alınan örgü harçlarının TGA grafiği.



Şekil 4.67 : Dış cidardan alınan örgü harçlarının TGA grafiği.



Şekil 4.68 : İç cidardan alınan örgü harçlarının TGA grafiği.



Şekil 4.69 : Dış cidar blok taş örgüsünden alınan harçların DSC grafiği.

4.2.4 Suda çözünebilir tuzların analizi

Duvar yapımında kullanılmış olan malzemenin kendisi, su ve suda veya atmosferde bulunan kirletici bileşenlerin arasındaki reaksiyondan kaynaklanan bozulma ürünleri başlıca klorürler, sülfatlar ve nitratlar olmak üzere suda çözünebilir tuzlardır. Kalsiyum karbonat genellikle yüzey kabuğu şeklinde görünen bir bozulma ürünü olarak ortaya çıkabilmektedir (Teutonico, 1988, s. 58).

Klorür tuzları (özellikle sodyum klorür (NaCl) ve kalsiyum klorür ($CaCl_2$) asıl olarak deniz suyu etkisiyle duvar üzerinde birikmektedir. Klorürler ayrıca harç ve sıvaları hazırlamak için kullanılan malzemelerdeki (özellikle kumdaki) yabancı maddelerin sonucu olarak da ortaya çıkabilmektedir. Tarım arazilerinde bulunan sülfatlar ise kılcal hareket yoluyla duvara girebilmektedir. Deniz suyu da klorürlere ek olarak sülfat içermektedir. Harç ve sıvaların hazırlanmasında kullanılan malzemeler az miktarda sülfat içermeleri durumunda, yığma duvarda bulunan suda çözünerek çiçeklenme olarak yüzeye çıkabilmektedir. Sülfatlar mikrobiyolojik kökenli olabilmektedir fakat en önemli kaynağı atmosfer kirliliğidir. Nitrat tuzları tarım bölgelerinde topraktan gelebileceği gibi aynı zamanda atmosfer kirliliği sonucunda da oluşabilmektedir. Hem kalkerli taşların hem de harçların normal bir bileşeni olan kalsiyum karbonat, diğer tuzlardan farklı olarak normal koşullarda suda çözünmemektedir fakat, su yüksek miktarda karbon dioksit (CO_2) içerdiğinde bikarbonat olarak çözünebilmektedir (Teutonico, 1988, ss. 59-61).

Harçlarda Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+} gibi suda çözünebilir tuzların yer alması, harç üzerinde bozucu bir etki yaratmaktadır. Bu sebeple bu tuzların miktarları kalorimetre ve iletkenlik ölçümleriyle tespit edilmelidir (Tabasso ve Sammuri, 1984, s. 108). Çözünür tuzların kalitatif analizi ise numunede bulunan iyon türleri hakkında bilgi vermektedir (Teutonico, 1988, s. 58). Bu kapsamda İTÜ Mimarlık Fakültesi Mimari Koruma Laboratuvarı'nda alınan örnekler üzerinde tuz testleri yapılmıştır. Harç ve sıva örnekleri toz haline getirildikten sonra 1'er gram alınarak 100 ml saf su ile karışımları hazırlanmaktadır. 48 saat bekletilen karışımın iletkenliği kondaktometre ile ölçülmektedir ve çözeltideki suda çözünebilir tuzların analizi gerçekleştirilmektedir. Nitrik asit (HNO_3) ve gümüş nitrat ($AgNO_3$) kullanılarak klorür (Cl^{-}) tuzları, baryum klorür ($BaCl_2$) ve santrifüj cihazı kullanılarak sülfat (SO_4^{2-}) tuzu, hidroklorik asit (HCl) kullanılarak karbonat (CO_3^{2-}) tuzu ve difenilamin kullanılarak nitrat (NO_3^{-}) tuzu tespit edilmektedir (KUDEB, 2011, ss. 58-62).

Örneklerin suda çözünebilir tuz analizi sonuçları harçlar için Çizelge 4.17'de, sıvalar için Çizelge 4.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17: Harçların suda çözünebilir tuz analizi sonuçları.

Örnek	Klor (Cl^-)	Sülfat (SO_4^{-2})	Karbonat (CO_3^{-2})	Nitrat (NO_3^-)	İletkenlik
C1_M_EW01	+ +	+ +	+	+ + +	4.96 mS
C1_M_SW01	-	-	-	-	403 µS
C2_M_WW01	-	-	-	-	460 µS
C2_M_WW02	-	-	-	-	330 µS
C3_M_WW01	-	-	-	+	306 µS
C3_M_WW02	-	-	-	-	542 µS
C4_M_EW01	-	-	-	-	347 µS
C4_M_NW01	-	+ +	-	-	4.66 mS
C5_M_EW01	+ + +	-	-	+ +	1091 µS
C5_M_EW02	+ +	+ +	-	+	5.05 mS
C5_M_NW01	-	-	-	-	253 µS
C5_M_WW01	-	-	-	-	471 µS
C6_M_EW01	+	-	-	+ + +	850 µS
C6_M_EW02	-	-	-	-	248 µS
C6_M_WW01	-	-	-	-	462 µS

Çizelge 4.18: Sıvaların suda çözünebilir tuz analizi sonuçları.

Örnek	Klor (Cl^-)	Sülfat (SO_4^{-2})	Karbonat (CO_3^{-2})	Nitrat (NO_3^-)	İletkenlik
C1_P_EW01	+ + +	-	-	+ + + + +	4.20 mS
C1_P_EW02	+ + +	-	-	+ + + + +	4.82 mS
C1_P_SW01	+ +	-	-	+ + +	1003 µS
C1_P_SW02	+ +	-	-	+ + +	1315 µS
C1_P_SW03	+ +	-	+	+ +	1342 µS
C1_P_SW04	+	-	-	+ +	412 µS
C2_P_SW01	-	-	-	-	430 µS
C4_P_EW01	-	-	-	-	235 µS
C4_P_EW02	-	-	-	-	248 µS
C4_P_EW03	-	-	+	-	319 µS
C5_P_EW01	-	-	-	-	305 µS
C5_P_EW02	-	-	-	+	290 µS
C5_P_EW03	-	-	-	-	301 µS
C6_P_EW01	+	+	-	-	375 µS
C6_P_WW01	-	-	-	-	265 µS
C2_J_WW01	-	-	-	-	306 µS

4.3 Malzeme Analizi Sonuçları

Su yapılarında kullanılan harç ve sıva örnekleri üzerinde uygulanmış olan basit ve ileri analiz yöntemleri bütüncül bir şekilde değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde örneklerde büyük oranda bağlayıcı olarak kireç kullanıldığı, dış cidarı oluşturan kesme taş örgü arasında kullanılan harçlarda ise bağlayıcının kireç-alçı karışımından oluştuğu görülmektedir. Harçlar ağırlıklı olarak karbonatlı agrega içerirken, sıvalarda ise hem karbonat hem silikat esaslı agregalar bulunmaktadır. Yürütülen asit kaybı ve kızdırma kaybı analizleri sonucunda harçlarda

bağlayıcı:agrega oranının çoğunlukla 1:1, 2:1 ve 3:1 olduğu görülmüştür. Sıvalarda ise örneklerin yarısından fazlasında bu oran 1:1 iken, diğer örneklerde 2:1 ve 3:1 şeklindedir.

Bölge kireçtaşı kaynağı açısından zengin olması sebebiyle, örneklerde kireçtaşı kırığı yoğun olarak kullanılmış, bunlara ilave olarak dere ve ocak kumlarından da yararlanılmıştır. XRD analizi sonucuna göre örneklerin çoğu yüksek miktarda kuvars içermektedir. Su ile doğrudan temas eden sıvalarda hidrolik özelliği arttırması amacıyla daha yoğun ve iri tuğla kırıkları kullanılırken, harçlarda ise daha ince ve seyrek miktarda tuğla kırığı kullanılmıştır. Agrega boyutları büyük oranda 8 mm altında kalmaktadır. Bununla birlikte, sadece çekirdek ve iç cidar örgüsüne ait bir kaç harç ve bir sıva örneğinde 8 mm üzerine çıkmaktadır. Diğer tüm örneklerde agregalar genellikle 4 mm altında kalırken, bir kaç örneğin ise 2 mm altında kaldığı görülmektedir. Harçlarda kil boyutlu agrega oranı çoğunlukla %30-55 arasında değişirken, sıvalarda ise bu oran çoğunlukla %10-25 şeklindedir.

SEM-EDX analizi sonuçlarına göre su yapılarında kullanılmış olan harçlardaki agrega yapısının, harcın yapıdaki işlevine göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Yapısal harçlar ağırlıklı olarak karbonatlı agrega içermekteyken, sıva harçlarının üretiminde hidrolik özellik kazandırmak için çoğunlukla silikatlı agregalar ve tuğla kırıkları kullanılmıştır.

Örneklerin hidrolik özelliklerinin tespit edilebilmesi için farklı analizlerden faydalanılmıştır. SEM-EDX analizi sonucunda elde edilen verilerle bağlayıcılık endeksi (CI) hesaplanmış ve hidrolik özellik gösteren bağlayıcısı olan örnekler tespit edilmiştir. Bağlayıcılık endekslerine göre incelenen harç örneklerinin bağlayıcıları hidrolik özellik göstermezken, sıvaların çoğunda bağlayıcılar hidrolik özellik taşımaktadır. Sıva örneklerinin genelinde, yüzeye uygulanmış olan ikinci katmanın ilk katmana kıyasla daha güçlü hidrolik özellik taşıdığı görülmektedir. TGA analizi sonucunda elde edilen verilerle hesaplanan CO_2/H_2O oranı ile örneklerin hidrolik özellikleri ile ilgili bilgi alınabilmektedir. Örneklerin karbonatlı agrega içermesi, CO_2/H_20 oranından örneklerin hidrolik özelliklerine yönelik çok doğru bir yaklaşımda bulunmayı engellemektedir (Polat Pekmezci, 2012, s. 171). Bununla birlikte, SEM-EDX analizi sonucunda harç ve sıva örneklerinin çoğunda hidrolik özellik göstermeyen kireç kullanıldığı fakat örneklere hidrolik özellik kazandırmak için özellikle doğrudan su ile temas halinde olan iç sıvalara tuğla kırığı ve tozu gibi yapay

puzolan ilave edildiği görülmektedir. Harçların yüksek dayanımlı olması, hidrolik özellik taşımamasına rağmen bölgede bulunan kirecin yüksek kalitede olduğuna işaret etmektedir.

Harç ve sıva örneklerine uygulanan tuz testleri sonucunda genel olarak klor, sülfat ve nitrat tuzlarına rastlanmış, bazı örneklerin yüksek miktarda tuz içerdiği gözlemlenmiştir. Yapılarda dış cidarı oluşturan blok taş örgü harçlarından C4_M_NW01 ve C5_M_EW02 örneklerinde ağırlıklı olarak sülfat tespit edilmiş ve örneklerin iletkenlik değerlerinin 4.5-5.0 mS civarında olduğu görülmüştür. C6_M_EW01 ve C1_M_EW01 gibi çekirdek katmanında yer alan örgü harçlarında ağırlıklı olarak nitrat tuzu tespit edilmiştir. C1_M_EW01 örneğinde nitrat tuzu dışında klor, sülfat, karbonat tuzları da bulunmakla birlikte iletkenlik değerinin 4.96 mS olduğu görülmüşütr. S2 Sarnıcı'nda yer alan tüm sıva katmanlarında başlıca nitrat ve klor olmak üzere yoğun miktarda tuz tespit edilmiş, iletkenlik değerleri yüksek çıkmıştır. Klor tuzu denizden spreyleme şeklinde gelebileceği gibi harç ve sıva hazırlamak için kullanılan malzemenin kendisinden de kaynaklanabilmektedir. Sülfat ve nitrat tuzlarının ise yapıya toprak aracılığıyla geçtiği, bazı durumlarda ise atmosfer kirliliği sonucunda oluştuğu bilinmektedir.

Laboratuvarda yürütülen basit ve ileri analiz sonuçları ile aynı zamanda su yapılarında farklı işlevlerde kullanılan harç örnekleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. S2, S5 ve S6 sarnıçlarının çekirdek katmanlarından alınan örgü harçları incelendiğinde üç örneğin de kireç esaslı bağlayıcıdan oluştuğu, yoğun taş kırıkları ve kum içerdiği, çok iyi dayanımlı olduğu ve karbonatlı agrega içerdiği görülmektedir. Bununla birlikte harçlara daha yüksek dayanım kazandıran kuvars S2 ve S6 sarnıçlarında bulunurken, S5 sarnıcındaki örgü harcında bulunmamaktadır. Örneklerin arasında içerdikleri en büyük agrega boyutu farklılık göstermektedir (Çizelge 4.19).

Farklı su yapılarının dış cidar katmanlarından alınan örgü harçları Çizelge 4.20'de karşılaştırılmıştır. Buna göre S4 ve S5 sarnıçlarının dış cidarını oluşturan blok taş örgülerden alınan örgü harçlarının birbirine çok benzediği görülmektedir. İki örneğin de bağlayıcısında diğer örgü harçlarından farklı olarak kireç ile birlikte alçı kullanılmıştır. Karbonatlı agrega içeren örneklerde kuvars bulunmamaktadır. Çok yüksek dayanımlı olan örneklerin bağlayıcısı hidrolik özellik göstermemektedir. İki örnekte de yoğun miktarda tuz problemi gözlemlenmiştir (Çizelge 4.20)

Çizelge 4.19: Farklı çekirdek katmanlarına ait örgü harçlarının değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C2_M_WW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcı Yoğun çakıl + kum agrega Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım	Kuvars var Agregalar 8-4 mm arası
C5_M_WW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcı Yoğun çakıl + kum agrega Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım	Kuvars yok Agregalar 4-2 mm arası
C6_M_WW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcı Yoğun çakıl + kum agrega Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım	Kuvars var Agregalar 8 mm üzeri Zayıf hidrolik bağlayıcı

S3 ve S5 sarmıçlarının iç cidar katmanlarındaki örgü harçlarının ikisinin de bağlayıcısı kireç esaslıdır ve hidrolik özellik göstermemektedir. Karbonatlı agrega ve kuvars içeren örnekler çok yüksek dayanımlıdır ve en büyük boyutlu agregaları 8-4 mm arasında başlamaktadır. Farklı olarak S5 kapalı sarnıcından alınan örgü harcı örneği yoğun taş kırıkları ve kum agrega içerirken, S3 açık sarnıcından alınan örgü harcı daha seyrek taş kırıkları ve kum agrega ile birlikte tuğla kırığı içermektedir (Çizelge 4.21).

S5 sarnıcının iç cidar, çekirdek ve dış cidar örgüsünde yer alan ve yapı içinde farklı işlevlerde kullanılmış olan örgü harçlarının karşılaştırmalı değerlendirmesi Çizelge 4.22'de verilmiştir. Üç örgü harcı da çok yüksek dayanımlıdır, karbonatlı agrega içermektedir ve bağlayıcıları hidrolik özellikte değildir. Bununla birlikte iç cidar ve çekirdekteki örgü harcı kireç esaslı bağlayıcı içerirken, dış cidarı oluşturan örgü harcındaki bağlayıcının kireç ve alçı esaslı olduğu görülmüştür. İç cidar ve çekirdekte kullanılan örgü harçlarında yoğun miktarda agrega kullanılırken, dış cidar örgü harcında ise seyrek miktarda agrega kullanılmıştır. İç cidarı oluşturan örgü harcındaki agregaların daha büyük boyutlu olduğu görülmektedir. Çevresel koşullara daha açık

olan iç cidar ve dış cidar örgü harçlarında tuz problemi bulunurken, çekirdeği oluşturan örgü harcında ise tuz problemi tespit edilmemiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.20: Farklı dış cidar katmanlarına ait örgü harçlarının değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C4_M_NW01		Tuğla + Çekirdek + Blok taş	Kireç + alçı bağlayıcılı Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Kuvars yok Bağlayıcı hidrolik değil Yüksek miktarda tuz problemi var	-
C5_M_EW02		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç + alçı bağlayıcı Seyrek kum + seyrek tuğla Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Kuvars yok Agregalar 4-2 mm arası Bağlayıcı hidrolik değil Yüksek miktarda tuz problemi var	-

Çizelge 4.21: Farklı iç cidar katmanlarına ait örgü harçlarının değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C5_M_EW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Kuvars var Agregalar 8-4 mm arasında Bağlayıcı hidrolik değil Tuz problemi var	Yoğun çakıl + kum agrega
C3_M_WW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Kayaç	Kireç bağlayıcılı Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Kuvars var Agregalar 8-4 mm arasında Bağlayıcı hidrolik değil Tuz problemi var	Seyrek çakıl + kum agrega + tuğla

Çizelge 4.22: Aynı duvar katmanına ait olan örgü harçlarının değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C5_M_EW01		**Kaba yonu taş** + Çekirdek + Blok taş	Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Bağlayıcı hidrolik değil	Kireç bağlayıcılı Yoğun çakıl + kum agrega Kuvars var Agregalar 8-4 mm arasında Tuz problemi var
C5_M_WW01		Kaba yonu taş + **Çekirdek** + Blok taş	Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Bağlayıcı hidrolik değil	Kireç bağlayıcılı Yoğun çakıl + kum agrega Kuvars yok Agregalar 4-2 mm arasında Tuz problemi yok
C5_M_EW02		Kaba yonu taş + Çekirdek + **Blok taş**	Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Bağlayıcı hidrolik değil	Kireç + alçı bağlayıcılı Seyrek kum + tuğla Kuvars yok Agregalar 4-2 mm arası Yoğun tuz problemi var

S6 Sarnıcı'nda yer alan çekirdek katmanının örgü harcı (C6_M_WW01) ve dış cidarı oluşturan kaba yonu taş yüzeyindeki derz harcı (C6_M_EW02) incelendiğinde ise, iki örneğin de bağlayıcısının kireç esaslı olduğu, örneklerin kuvars içerdiği görülmektedir. İki harç örneğinde de tuz problemi tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, örgü harcının derz harcına kıyasla daha yoğun ve büyük boyutlu agrega içerdiği gözlemlenmektedir. Örgü harcının dayanımı çok daha iyi olmakla birlikte, bağlayıcısı hidrolik özellik göstermektedir. Örgü harcı ağırlıklı olarak karbonatlı agrega içerirken, derz harcının ise ağırlıklı olarak silikatlı agrega içerdiği görülmüştür (Çizelge 4.23).

Su yapılarından alınmış olan sıva katmanları da kendi içlerinde karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. S2 açık sarnıcı ve S6 kapalı sarnıcından alınmış olan tek katmanlı sıva örnekleri incelendiğinde iki örneğin de bağlayıcısının kireç esaslı olduğu, seyrek miktarda tuğla içerdiği ve kuvars bulundurduğu görülmektedir. İki örnekte de tuz problemi tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, açık sarnıçlardan alınan örneğin

bağlayıcısının kapalı sarnıçtan alınan sıva örneğine kıyasla daha güçlü hidrolik özellik gösterdiği ve daha yüksek dayanıma sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.24)

Çizelge 4.23: S6 Sarnıcı'ndan alınan örgü harcı ve derz harcının değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C6_M_WW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Kaba yonu taş	Kireç bağlayıcılı Kuvars var Tuz problemi yok	Yoğun çakıl + kum agrega Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Agregalar 8 mm üstü Zayıf hidrolik bağlayıcı Bağlayıcı/agrega = 2:1
C6_M_EW02		Kaba yonu taş + Çekirdek + Kaba yonu taş	Kireç bağlayıcılı Kuvars var Tuz problemi yok	Seyrek çakıl + Yoğun kum agrega Silikatlı agrega İyi dayanım Agregalar 8-4 mm arasında Bağlayıcı hidrolik değil Bağlayıcı/agrega = 3:1

Çizelge 4.24: Tek katmanlı sıvaların değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C6_P_EW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Kaba yonu taş	Kireç bağlayıcılı Seyrek tuğla Kuvars var Agregalar 8-4 mm arası Tuz problemi yok	Silikatlı agrega İyi dayanım Bağlayıcı/agrega = 2.5:1 Zayıf hidrolik bağlayıcı
C2_P_SW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Kaba yonu taş	Kireç bağlayıcılı Seyrek tuğla Kuvars var Agregalar 8-4 mm arası Tuz problemi yok	Karbonatlı agrega Çok iyi dayanım Bağlayıcı/agrega = 1:1 Güçlü hidrolik bağlayıcı

S1 Sarnıcı doğu duvarına uygulanmış olan 2 tabakalı sıva örneğinin katmanları karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.25'te incelenmiştir. İki örneğin de bağlayıcısı kireç esaslıdır. Silikatlı agrega ve yoğun miktarda tuğla içeren örnekler çok iyi dayanımlıdır. Katmanların agrega-boyut dağılımı birbirine benzemektedir. İki örnekte de yoğun tuz problemi mevcuttur. Birbirinden farklı olarak, duvar yüzeyine uygulanmış olan ilk sıva tabakasının bağlayıcısı hidrolik özellik göstermezken, ikinci sıva tabakası ise güçlü hidrolik özellik göstermektedir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25: İki katmanlı sıvaların değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C1_P_EW01		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Yoğun tuğla Silikatlı agrega Çok iyi dayanım Agregalar 8-4 mm arası Yoğun tuz problemi	Bağlayıcı/agrega = 1:2 Bağlayıcı hidrolik değil
C1_P_EW02		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Yoğun tuğla Silikatlı agrega Çok iyi dayanım Agregalar 8-4 mm arası Yoğun tuz problemi	Bağlayıcı/agrega = 1:1.5 Güçlü hidrolik bağlayıcı

S4 kapalı sarnıcının doğu duvarında yer alan 3 katmanlı sıva örnekleri Çizelge 4.26'da karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Üç katmanın da bağlayıcısı kireç esaslıdır ve yoğun tuğla içermektedir. Örneklerin hiçbirinde tuz problemi tespit edilmemiştir. Bununla birlikte duvar yüzeyine uygulanan ilk sıva katmanının diğerlerinden daha büyük boyutlu agrega içerdiği görülmektedir. İlk katmanın bağlayıcısı hidrolik özellik gösterirken, üzerine uygulanan diğer örneklerin bağlayıcıları hidrolik özellik göstermemektedir. İlk iki katman silikatlı agrega içerirken, son uygulanan katman ise karbonatlı agrega içermektedir (Çizelge 4.26).

S5 kapalı sarnıcının doğu duvarında yer alan 3 katmanlı sıva örnekleri Çizelge 4.27'de karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Üç katmanın da bağlayıcısı kireç esaslıdır ve hidrolik özellik göstermemektedir. Seyrek miktarda agrega içeren örneklerin dayanımları çok zayıftır. Katmanların hiçbirinde tuz problemi görülmemiştir. Bununla

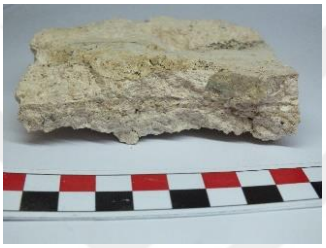
birlikte, duvar yüzeyine uygulanan son iki sıva katmanı ilk katmana kıyasla daha büyük boyutlu agregalar içermektedir. Yüzeye uygulanmış olan ilk iki sıva katmanı ağırlıklı olarak karbonatlı agrega içerirken, son katman silikatlı agrega içermektedir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.26: S4 Sarnıcı'nda yer alan üç katmanlı sıvaların değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C4_P_EW01		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Yoğun tuğla Tuz problemi yok	Silikatlı agrega Agregalar 8 mm üstü Zayıf hidrolik bağlayıcı Bağlayıcı/agrega = 1:1
C4_P_EW02		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Yoğun tuğla Tuz problemi yok	Silikatlı agrega Agregalar 8-4 mm arası Bağlayıcı hidrolik değil Bağlayıcı/agrega = 1:1
C4_P_EW03		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Yoğun tuğla Tuz problemi yok	Karbonatlı agrega Agregalar 8-4 mm arası Bağlayıcı hidrolik değil Bağlayıcı/agrega = 1:1.5

S1 kapalı sarnıcının güney duvarında yer alan 4 katmanlı sıva örnekleri Çizelge 4.28'de karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Buna göre katmanlar bağlayıcı türü, dayanım, agrega-boyut dağılımı, bağlayıcı:agrega oranı gibi konularda benzer özellikler göstermektedir ve tüm katmanlarda yoğun miktarda tuz problemi bulunmaktadır. Bununla birlikte örnekler içerdikleri agrega miktarı ve bağlayıcının hidrolik derecesine göre farklılıklar göstermektedir. Duvar yüzeyine uygulanmış olan son iki katman ilk iki katmana kıyasla daha yoğun tuğla içermektedir. Son katmanın bağlayıcısı aynı zamanda diğer katmanlara göre daha zayıf hidrolik özellik göstermektedir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.27: S5 Sarnıcı'nda yer alan üç katmanlı sıvaların değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C5_P_EW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Seyrek kum + tuğla Çok zayıf dayanım Bağlayıcı hidrolik değil Bağlayıcı/agrega = 1:1 Tuz problemi yok	Karbonatlı agrega Agregalar 4-2 mm arası
C5_P_EW02		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Seyrek kum + tuğla Çok zayıf dayanım Bağlayıcı hidrolik değil Bağlayıcı/agrega = 1:1 Tuz problemi yok	Karbonatlı agrega Agregalar 8-4 mm arası
C5_P_EW03		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Seyrek tuğla Çok zayıf dayanım Bağlayıcı hidrolik değil Bağlayıcı/agrega = 1:1 Tuz problemi yok	Silikatlı agrega Agregalar 8-4 mm arası

S2 açık sarnıcının iç cidar yüzeyine uygulanmış olan iç sıva ve dış cidar yüzeyine uygulanmış olan derz sıvası örneğinin bağlayıcı ve agrega türü açısından benzer özellikler gösterdiği ve tuz problemi taşımadığı görülmektedir. Farklı olarak, iç sıva örneği derz sıvasına göre daha iyi dayanıma sahip olmakla birlikte bağlayıcısı daha yüksek hidrolik özellik göstermektedir ve içerdiği agregaların boyutları daha büyüktür (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.28: S1 Sarnıcı'nda yer alan dört katmanlı sıvaların değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C1_P_SW01		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Çok zayıf dayanım Agregalar 8-4 mm arası Bağlayıcı/agrega = 1:1 Yoğun tuz problemi var	Seyrek tuğla Karbonatlı agrega Orta derece hidrolik bağlayıcı
C1_P_SW02		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Çok zayıf dayanım Agregalar 8-4 mm arası Bağlayıcı/agrega = 1:1 Yoğun tuz problemi var	Seyrek çakıl + kum + tuğla Silikatlı agrega Orta derece hidrolik bağlayıcı
C1_P_SW03		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Çok zayıf dayanım Agregalar 8-4 mm arası Bağlayıcı/agrega = 1:1 Yoğun tuz problemi var	Yoğun tuğla Silikatlı agrega Güçlü hidrolik bağlayıcı
C1_P_SW04		Tuğla örgü + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Çok zayıf dayanım Agregalar 8-4 mm arası Bağlayıcı/agrega = 1:1 Yoğun tuz problemi var	Yoğun tuğla Karbonatlı agrega Zayıf hidrolik bağlayıcı

Çizelge 4.29: S2 Sarnıcı'nda yer alan iç sıva ve derz sıvasının değerlendirilmesi.

Örnek	Fotoğraf	Duvar Örgü Sistemi	Benzer Özellikler	Farklı Özellikler
C2_P_SW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Seyrek tuğla Karbonatlı agrega Kuvars var Tuz problemi yok	Çok iyi dayanım Agregalar 8-4 mm arası Güçlü hidrolik bağlayıcı Bağlayıcı/agrega = 1:1
C2_J_WW01		Kaba yonu taş + Çekirdek + Blok taş	Kireç bağlayıcılı Seyrek tuğla Karbonatlı agrega Kuvars var Tuz problemi yok	Zayıf dayanım Agregalar 4-2 mm arası Zayıf hidrolik bağlayıcı Bağlayıcı/agrega = 1.5:1

5. SARNIÇLARDA GÖRÜLEN HASARLAR VE KORUMA ÖNERİLERİ

Yapı malzemeleri farklı bozulmalar sergilerler. Bozulma süreçleri, yapı malzemeleri üzerinde belirli koşullar altında veya belirli bir süre sonra hasara yol açan bir durum oluşturmaktadır ve bu hasar hem estetik hem de işlevsel olarak problem yaratabilmektedir (Van Hees ve diğ, 2004, s. 645).

Tarihi yapıların çoğunda bulunan kireç esaslı yapı malzemeleri, doğal süreçlerden veya insan kaynaklı çeşitli durumlardan zarar görebilmektedir. Kireç teknolojisi ve bununla bağlantılı bozulmalar hakkında elde edilen bilgiler, tarihi binaların durumunu ve koruma gereksinimlerini anlamak için çok önemlidir. Onarım kararlarının doğru bir şekilde ele alınabilmesi için bozulma nedenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bozulma nedenlerinin anlaşılmaması, oluşan durumun erken tekrarlanmasına ve duvarın daha hızlı bozulmasına yol açabilmektedir (Ingham, 2009, ss. 59-78).

Harçlarda oluşan bozulmalar suda çözünen tuzların donma-çözülme gibi fiziksel nedenler, çimento, hidrolik kireç veya kireç-puzzolan esaslı harçlarda bulunan sülfat tuzları ile hidratlı kalsiyum silikatlar veya alüminatların reaksiyonu sonucu oluşan kimyasal nedenler ve alg, liken ve mantar oluşumunda olduğu gibi biyolojik nedenlerden kaynaklanabilmektedir (Van Hees ve diğ, 2004, s. 644).

Bozulma süreçlerini etkileyen önemli faktörler: çevre, malzemeler, tasarım, işçilik ve yapım işlemleri ve bakım eksikliği şeklindedir. Çevresel etkenler nem, tuz, hava kirliliği, sıcaklık, dinamik yükler, diferansiyel oturmalar şeklinde görülebilmektedir. Malzeme kaynaklı bozulmalar harç bileşimindeki bağlayıcı türü, kalitesi, tane boyut dağılımından veya tuğla, taş gibi yapı malzemelerinin gözeneklilik, kılcal taşıma, adezyon özelliklerinden ortaya çıkabilir. Malzeme kombinasyonundaki uyumsuzluklar veya yapının özgün tasarımına uygun olmayan onarım yöntemlerinin seçilmesi tasarımdan kaynaklanan problemler yaratmaktadır. Yapım sürecinde kullanılacak olan malzemelerin uygulama kalitesindeki yeterizlikler ve geleneksel işçilik konusundaki bilgi eksikliği de bozulma sürecini hızlandırmaktadır. Uygun

olmayan bakım programlarının uygulanması veya bakım eksikliğinin oluşması da yapı malzemesi üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır (Van Hees ve diğ, 2004, s. 644).

5.1 Bozulma Nedenleri

Tez kapsamında incelenen sarnıçlarda çeşitli çevresel etkenlere maruz kalınması ve sit alanında yürütülen düzenli bir bakım programının olmaması sebebiyle farklı koruma problemleri tespit edilmiştir. Alan çalışması esnasında yapılan gözlemler sonucunda tespit edilen bu bozulmalar strüktürel, malzeme ve insan kaynaklı bozulmalar olmak üzere üç başlık altında ele alınmıştır. Yapılarda benzer problemlerin meydana geldiği görülmekle birlikte bozulma türleri her bir yapı özelinle ele alınmalı ve üzerinde uzmanlar tarafından kapsamlı araştırmalar gerçekleştirilmelidir.

5.1.1 Strüktürel bozulmalar

Sit alanında tez kapsamında incelenmiş olan su yapılarında en acil müdahale edilmesi gereken problemlerin başında strüktürel bozulmalar gelmektedir. Zaman içinde oluşan çeşitli yükler, çevresel etkenler ve malzeme bozulmaları sonucunda oluşan strüktürel çatlaklar sebebiyle duvar parçaları birbirinden ayrılmaktadır (Şekil 5.1). Duvarların özellikle alt ve üst kotlarında görülen malzeme ve kesit kayıpları duvar örgü sistemini ve yapıların bütünlüğünü büyük oranda risk altında bırakmaktadır (Şekil 5.2). İncelenmiş olan bazı yapılarda oluşan strüktürel bozulmalar sebebiyle iç mekana doğru devrilen duvar parçaları görülmektedir.



Şekil 5.1 : S6 Sarnıcı batı duvarında görülen strüktürel çatlaklar.



Şekil 5.2 : S4 Sarnıcı doğu duvarının özellikle alt kotlarında görülen malzeme ve kesit kayıpları.

Cephelerde dış cidarı oluşturan blok taşların yok olduğu kimi yerlerde çekirdek katmanının dış çevresel etkilere açık hale geldiği görülmektedir. Bu sebeple bazı noktalarda eriyen çekirden katmanı yapının strüktürel bütünlüğü açısından tehlike yaratmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : S1 Sarnıcı doğu duvarında zaman içinde kaybolan çekirdek katmanı.

5.1.2 Malzeme bozulmaları

Yapıların dış cidarını oluşturan yapı malzemelerinde uzun süre çevresel etkenlere maruz kalınması sonucunda aşınma meydana gelmiştir. İç cidarı oluşturan duvar örgülerinde de benzer koşullar sonucunda duvar yüzeyinde koruyuculuk görevi gören sıva tabakaları zamanla dökülmüş, buradaki yapı malzemesi dış koşullara açık hale gelmiştir. Bunun sonucunda iç cidarı oluşturan yapı malzemelerinde de büyük oranda yüzey aşınması oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : S5 Sarnıcı doğu duvarında dökülmüş olan sıva tabakasının ardındaki kaba yonu taş dizisinde görülen aşınma.

Yapılarda zaman içinde organik büyümeye uygun koşulların oluşması sonucunda biyolojik oluşumlar meydana gelmiştir. Su yapılarının hasar görmüş duvar örgülerinin üst kotlarında, duvar yüzeyinin çeşitli noktalarında, duvar ile toprak kotunun kesişim bölgesinde ve yapıların iç mekanlarında yoğun bir şekilde bitkilenme görülmektedir (Şekil 5.5). Oluşan bu bitkiler kökleri aracılığıyla yapılara hasar vermekte, bulundukları yüzeyin uzun süre nemli kalmasına sebep olarak yapı malzemesinde bozulmalara yol açmaktadır.



Şekil 5.5 : S3 Sarnıcı duvar yüzeyinde ve iç mekanda görülen bitkilenme problemi.

Yapıların malzeme dokusuna zarar veren bir diğer durum ise zaman içinde üst örtüsünü kaybeden yapıların hem iç duvar yüzeylerinde hem de cephelerinde oluşan yüzey kirliliğidir (Şekil 5.6). Oluşan bu kir tabakası aynı zamanda yapıların estetik bütünlüğüne zarar vermektedir.



Şekil 5.6 : S6 Sarnıcı doğu cephesinde kaba yonu taş dizisindeki yüzey kirliliği.

Çeşitli yağmur, don olayları, duvardaki nem hareketleri, biyolojik bozulmalar sebebiyle yapı malzemelerinin birbirine tutunmasını sağlayan derz harçlarında boşalmalar oluşmuştur. Bu bozunmaların özellikle iç cidarda sıva tabakalarının döküldüğü noktalarda ve üst kotlarda, dış cidarda ise yapının çevresel koşullara en çok maruz kaldığı noktalarda oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 : S6 Sarnıcı batı duvarında kaba yonu taş dizisindeki derz harçlarında boşalma.

Yapıların zaman içinde üst örtülerini kaybetmesi ve çevresel etkilere açık bir duruma gelmesi sonucu iç cidar duvar örgüsü üzerindeki sıva tabakalarında da çeşitli bozulmaların oluştuğu görülmüştür. Bu katmanlarda oluşan başlıca problemler yüzey kirliliği, çatlaklar, sıva tabakalarının dökülmesi, tabakaların birbirinden ayrılması ve tuz problemi şeklindedir (Şekil 5.8, Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11). Yağmur, kar, don olaylarına en çok maruz kalan üst kotlardaki sıva tabakalarının yoğunluklu olarak bozulmaya uğradığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5.8 : S4 Sarnıcı doğu duvarındaki sıva tabakasında görülen yüzey kirliliği.



Şekil 5.9 : S6 Sarnıcı batı duvarındaki sıva tabakasında görülen çatlaklar.



Şekil 5.10 : S1 Sarnıcı güney duvarındaki sıva tabakalarında dökülme problemi.



Şekil 5.11 : S5 Sarnıcı doğu duvarındaki sıva tabakalarının birbirinden ayrılması.

5.1.3 İnsan kaynaklı bozulmalar

Yapıların arkeolojik alanda bulunması sonucu bölgede görülen bir diğer problem ise vandalizmdir. Bölgeye giriş çıkışların kontrollü bir şekilde yapılmaması, buradaki yapıları duvar örgülerine yönelik doğrudan gelen bu tür müdahalelere karşı açık bir hale getirmektedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 : S6 Sarnıcı doğu duvarında vandalizm sonucu oluşan malzeme ve kesit kaybı.

Bölgenin yerel halk tarafından hayvancılık için kullanılması ve sürülerin kalıntıların arasında kontrolsüz bir şekilde dolaşması, istenmeyen kullanım durumları sonucu yapılar için risk oluşturmaktadır. Bölgede yeterli aydınlatma biriminin olmaması ise güvenlik problemi yaratmaktadır.

5.2 Koruma Önerileri

Tez kapsamında çalışılan yapılar için koruma kararları geliştirilirken yapılara yönelik müdahalenin minimum seviyede tutulmasına dikkat edilmiştir. Yapıların ve arkeolojik sit alanının tarihsel bütünlüğü ve kültürel miras kimliği göz önünde tutularak mevcut durumun iyileştirilerek korunması ve onarımlarda özgün malzeme ile uyumlu malzemelerin kullanılması esas alınmıştır. Belirtilen müdahale yöntemlerinin geri dönüştürülebilir olmasına özen gösterilmiştir.

5.2.1 Malzeme ve yüzey temizliği

Cephelerde oluşan kabukların, mikroorganizmaların ve kir tabakalarının temizlenmesi için öncelikle yapıda kullanılan malzemelerin minerolojik, petrgorafik, fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmalı, kirli yüzeylerden alınan örnekler laboratuvar ortamında incelenmelidir. Kirli yüzeylere uygulanan farklı temizleme teknikleri ve malzemeleri sonucunda yüzeye zarar vermeyen ve en etkili sonucun alındığı yöntem seçilmelidir. Sıva katmanlarının temizlenmesinde müdahale ölçeğinin minimumda tutulmasına ve malzeme kaybının yaşanmamasına dikkat edilmelidir.

Bu doğrultuda seçilen yöntem öncelikli olarak duvar yüzeyinin belli bir bölümüne uygulanmalı, yapılan gözlemler sonucunda olumlu sonuç alınması halinde yüzeyin bütününe uygulanmalıdır. Öncelikli olarak basit/kuru mekanik temizleme yöntemleri (yumuşak fırça, ihtiyaç duyulması halinde bisturi ile) seçilmeli, gerekli görülen yerlerde kimyasal temizleme yöntemleri uygulanmalıdır. Temizleme işlemi ilgili uzmanlar tarafından kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

Yapıların taşıyıcı duvarlarına ait tüm katmanlarında nemlenme ve bakımsızlık sonucu yer yer bitkilenme oluştuğu gözlemlenmektedir. İç cidar yüzeyindeki sıva katmanlarının dökülmesi bu yüzeyleri bitki oluşumu için daha elverişli bir hale getirmektedir.

Duvar örgüsünde görülen bu biyolojik oluşumlar yapı malzemelerine zarar vermeden mekanik olarak temizlenmelidir. Bitkisel oluşumlardan otsu olanlar için biyosit, odunsu yapıda olanlar için ise herbisit kullanılması tavsiye edilmektedir. İlerleyen zamanlarda benzer pronlemlerin oluşmaması için yapılarda periyodik olarak temizlik yapılmalıdır.

5.2.2 Sağlamlaştırma

Meryemlik'te çalışılan su yapılarında uygulanması gereken müdahalelerin başında sağlamlaştırma gelmektedir. Kimi yapılarda iç ve dış cidarı oluşturan yapı malzemelerinin kaybolması sonucu çekirdek katmanını oluşturan moloz taş ve kireç harcı dış etkilere karşı savunmasız kalmıştır. Cephede gerekli görülen yerlerde ve çekirdek katmanının üst kotlarında uygun karışımlar kullanılarak sağlamlaştırma işlemi gerçekleştirilmelidir.

Bölgedeki yapıların çoğunda derz boşalması görülmektedir. Gerçekleştirilmiş olan harç analizi sonuçlarına uygun karışımlar hazırlanmalı ve bu derzlerde enjeksiyon yöntemi ile derz sağlamlaştırılması yapılmalıdır.

5.2.3 Bütünleme

Yapılarda çeşitli çevresel etkenler sonucu yüzey kaybına uğramış ve strüktürel bütünlüğün zarar gördüğü yerlerde uygun tekniklerle bütünleme yapılmalıdır. İşlem yapılmadan önce yapıda kullanılmış olan taş ve tuğlanın karakterizasyonu gerekli analiz yöntemleri kullanılarak tespit edilmeli, kullanılacak olan yeni malzemenin mevcuttakiyle uyumlu olmasına dikkat edilmelidir.

Sarnıçların özellikle alt kotlarında görülen malzeme ve kesit kayıpları yapılar için tehlike oluşturmaktadır. Bu noktalarda özgün taş ve tuğla malzemelerinin boyutlarına ve özgün derz kalınlıklarına dikkat edilerek gerekli görülen yerlerde bütünleme yapılmalıdır.

Özgün malzemenin söz konusu kültür varlığının estetik ve tarihi bütünlüğü içindeki önemi uluslararası kuruluşlar tarafından dile getirilmiştir. ICOMOS (International Council of Monuments and Sites) kültür varlığının onarımı söz konusu olduğunda özgün malzemenin temel alınmasını önermektedir (ICOMOS Venedik Tüzüğü, 1964; ICOMOS Nara Bildirgesi, 1994).

5.2.4 Harç ve sıvaların onarımı

Yapıların üst kotlarında ve sıva katmanının döküldüğü bölgelerdeki derzlerinde hava koşullarına maruz kalması sonucu derzlerde boşalmalar görülmektedir. Bununla birlikte dış cidar yapı malzemesinin kaybolduğu noktalarda çekirdek katmanının zaman içinde eridiği gözlemlenmiştir. Bozulmanın şekli ve süreci göz önünde

tutularak yapı için uygun onarım harcı üretilmeli ve gerekli onarımlar gerçekleştirilmelidir.

Onarım harçları için içerik ve karışım oranlarının seçimi dikkatli bir değerlendirme gerektirmektedir. Göz önünde bulundurulması gereken faktörler arasında özgün malzemenin fiziksel, kimyasal, estetik özelliklerinin uyuşması, maruz kaldığı etkenler ve yapının korunma durumu yer almaktadır. Uyumlu onarım malzemeleri, önceden var olan malzemeyle tam veya yakın bir eşleşme sağlamak veya bir bütün olarak yapının dayanıklılığından ve estetik özelliklerinden ödün vermeyecek şekilde seçilebilmektedir (Ingham, 2009, ss. 77-78). Dayanıklı olduğu kanıtlanan bazı onarım harçları özgün harç ile uyumlu olmayabilir. Bu durum sonucunda onarım harcı zarar görmese bile yeni problemler oluşabilmektedir. Bu sebeple üretilen onarım harçlarının dayanıklı olduğu kadar mevcuttaki özgün harç ile uyumlu olması önemlidir (Van Hees, 2012, s. 1296).

Harçların hasar tespiti, maruz kaldığı olumsuz etkiler, malzeme karakterizasyonu ve bozulma mekanizmasının tespit edilmesiyle birlikte yapılan değerlendirmeler sonucunda harçlara odaklanan birtakım kararlar alınmalıdır. Hangi malzemenin tutulacağı veya değiştirileceği, harç karışımı için teknik gereksinimler, konsepte ve gereksinimlere uygun harç karışımı ve uygun hammaddelerin seçimi üzerinde özenle durulması gereken konulardandır (Van Hees, 2012, ss. 1296-1297). Yeni ve eski harç arasındaki uyumluluk için belirlenmesi gereken teknik özellikler: yüzey özellikleri (renk, doku, yüzey kalitesi), bileşim (bağlayıcı türü, agrega türü, tane boyut dağılımı), mukavemet, elastikiyet ve gözeneklilik özellikleridir (Van Balen ve diğ, 2005, ss. 783-784).

Tez kapsamında yürütülen analiz çalışmalarından elde edilen veriler doğrultusunda, sarnıçlarda yer alan çekirdek katmanındaki örgü harçları için 1,5 kısım kaymak kireç ile 1 kısım 8 mm elek altı kireç taşı kırığı karışımının kullanılması önerilmektedir.

Sıvalarda görülen problemler zayıf işçilik, yanlış kürleme, nem ve strüktürel problemlerden kaynaklanabilmektedir. Bazı onarımlarda sadece küçük bir sıva bölümünün kaldırılmasıyla işlem yapmak mümkündür. Ancak nem probleminden kaynaklanan sıva bozulmalarında bu katmanın kaldırılarak müdahale edilmesi gerekebilmektedir. Kılcak çatlaklar, alttaki sıva iyi durumda olduğu sürece ciddi bir endişe nedeni değildir ve uygun malzeme ile kolay bir şekilde doldurulabilmektedir.

Çatlakların yapısal hareketler sebebiyle daha büyük olduğu durumlarda ise sıva onarılmadan önce yapısal sistemde onarım yapılması gerekmektedir (MacDonald, 1989, s. 7). Bu bağlamda, su yapılarında iç sıva katmanlarında gereken onarım yöntemi ve tekniği belirlenmeden önce sorunun kaynağı doğru bir şekilde tespit edilmelidir.

Sıva katmanları arasındaki ve sıva katmanı ile duvar yüzeyi arasındaki boşlukları doldurmak için doğal hidrolik kireç ile puzolan, silica ve yapay puzolanlar içeren, akışkan ve tarihi malzemelerle uyumluluğu bilinen bir hidrolik harcın (örneğin Ledan TB1) kullanılması önerilmektedir. Bu hidrolik harç enjeksiyon ile gerekli görülen yerlerde uygulanmalıdır. İğnenin gireceği delikler basit bir el matkabı ile açılarak sıvı harcın dışarı aktığı deliklerde pamuk kullanılmalıdır (Roby, 1995, s. 46). İşlem esnasında alt kottan başlayarak kademeli olarak üst kotlara doğru çıkılmalı ve duvarların yüzeyden desteklenmesine dikkat edilmelidir. Tüm bu işlemler alanında uzman kişilerin kararı doğrultusunda sistemli bir şekilde uygulanmalıdır.

İç mekanda uygulanmış olan sıva tabakaları, özellikle yapıların üst örtülerini kaybetmesi durumunda rüzgar, yağmur, sıcaklık gibi çeşitli dış etkenlere maruz kalmakta ve bu durum bozulma süreçlerini hızlandırarak sıva katmanlarının zamanla dökülmesine sebep olmaktadır. Özgün sıva parçalarının dökülmesini engellemek ve sabitlenmesini sağlamak için sıva kenarları boyunca bu noktaların trikloretan içinde %10 Paraloid B72 film ile ince bir kaplama şeklinde uygulanarak korunması önerilmektedir.

5.2.5 Bakım

Yapıların iklim koşulları ve biyolojik oluşumlardan korunması için antik duvarların üzerinde sıvama işlemi yapılarak capping uygulanması önerilmektedir. İşlem için uygun sıva malzemesi üretilirken duvarda kullanılmış olan taşların özellikleri dikkate alınmalıdır. Capping uygulanmadan önce duvarların temizlenmesi gerekmekte, işlem yapıldıktan sonra ise belli periyotlarla kontrol sağlanmasına özen gösterilmelidir.

Yapıların duvar örgü sisteminin ve kullanılan geleneksel harç ve sıvaların korunması için düzenli bakım ve onarım gerekmektedir. Yapıya zarar verme ihtimali olan riskli durumların önceden tespit edilerek gerekli önlemlerin alınması, ekonomik sürdürülebilirlik ve zaman yönetimi açısından da önemlidir.

6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Mimari koruma çalışmalarının doğru ve sürdürülebilir bir şekilde uygulanabilmesi, söz konusu yapıların tarihi ve kültürel değerinin incelenmesi ile birlikte malzeme, strüktür, yapım tekniği gibi unsurların iyi analiz edilmesi ile mümkündür. Arkeolojik alanlar uzun süre bakımsız kalmaları sonucunda yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu sebeple arkeolojik alanlarda yürütülen belgeleme ve yapı malzemesi karakterizasyonu çalışmaları alandaki mimari kalıntıların koruma projelerinde uygun kararlar alabilmek adına önemlidir. Antik dönem yapılarında kullanılan harç kompozisyonu yapının fonksiyonu ve konumuna göre farklılık gösterebilmekte ve dönemin teknolojisini yansıtan önemli veriler sunmaktadır.

Sarnıçların kullanımı Neolitik döneme kadar uzanmaktadır. Suyun depolanmasını sağlayan bu yapılarda su ile doğrudan temas halinde olunması sebebiyle kullanılan malzemelerin dayanıklı olması önemlidir. Bu durum sonucunda, sarnıçlarda kullanılan harç ve sıvaların karakterizasyonu ve üretim teknolojisinde diğer yapılara göre farklılıklar oluşmuştur.

Geç Antik Dönem yerleşimlerinden biri olan ve erken Hristiyanlık döneminde bölgedeki en önemli hac merkezlerinden biri olan Meryemlik, su yapıları açısından zengin bir yerleşimdir. Tez kapsamında Ayatekla (Meryemlik) Ören Yeri'nde yer alan kapalı ve açık sarnıçların duvar yapım teknikleri belgelenmiş ve sarnıçların farklı noktalarında kullanılmış olan harç (örgü harcı, derz harcı) ve sıvalar (iç sıva, derz sıvası) üzerinde analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yerinde inceleme ve belgeleme çalışmaları sonucunda, yapıların duvarlarında yığma yapım tekniğinin uygulandığı ve ana malzeme olarak kireç taşının kullanıldığı gözlemlenmiştir. Çift cidarlı duvar örgü sistemi kullanılan yapılar çekirdekli ve çekirdeksiz olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Yapılar konumlandırılırken arazinin eğimli yapısından yararlanılarak yer yer ana kayaç duvar örgü sistemine dahil edilmiştir. Su geçirimsizliğini sağlamak için iç duvar yüzeyine uygulanmış olan sıva katmanlarının sayısı ve kalınlıkları çeşitlilik göstermektedir.

Yapılarda kullanılmış olan harç ve sıvaların fiziksel, minerolojik-petrgorafik ve kimyasal karakterizasyonu çeşitli basit ve ileri analiz yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir. Örneklerin analiz sonuçları yapı içinde kullanıldığı yere ve taşıdığı işleve göre bütüncül bir şekilde değerlendirilmiştir.

Yapıların uzun yıllar çevresel etkenlere maruz kalması ve bölgede düzenli bir bakım programının olmaması sebebiyle incelenmiş olan su yapılarında çeşitli koruma sorunları gözlemlenmiştir. Tespit edilen problemlere yönelik yapı bazlı koruma kararları geliştirilirken uygulanacak olan müdahalenin minimum seviyede tutulmasına ve yapıların özgün duvar yapım tekniği ve malzemelerinin korunmasına özen gösterilmiştir. Her bir yapı özelinde alınacak olan koruma kararlarının ilgili uzmanlar tarafından kapsamlı araştırmalar sonucunda uygulanmasına dikkat edilmelidir. Gerekli onarımlar gerçekleştirildikten sonra ise belli periyotlarla bu onarımların kontrolü sağlanmalıdır.

Ayatekla (Meryemlik) Ören Yeri, Hristiyanlık tarihinde önemli bir hac merkezi olması sebebiyle pek çok kişi tarafından ziyaret edilmekte, özellikle sit alanında bulunan Yeraltı Kilisesi oldukça ilgi görmektedir. Bununla birlikte sit alanı içinde bulunan diğer kalıntılar, sarnıçlar, hamam ve kiliselerin de bölgeye gelen kişiler tarafından rahatlıkla algılanabilmesi ve deneyime dahil edilmesi, bölgenin bütüncül bir şekilde kavranabilmesi açısından önemlidir. Bu sebeple sit alanının girişinde ziyaretçilerin karşılandığı noktaya gerekli bilgilendirme ve yönlendirme işaretleri yerleştirilmelidir. Bu noktadan başlayan ve başlıca Yeraltı Kilisesi olmak üzere alandaki su yapıları ve diğer kalıntıları da içeren bir rota belirlenerek, hafif bir yürüyüş platformunun kurgulanması önerilmektedir. Güvenliği sağlamak adına yeterli sayıda aydınlatma birimi kullanılmalı, ziyaret edilen yapıların bulunduğu noktaya yapıyı tanıtan bilgilendirme panoları yerleştirilmelidir.

Sit alanı içerisinde halkın sürülerini diledikleri gibi dolaştırması, gece oluşan aydınlanma problem sonucu alanın ıssızlaşması, yapılara yasal olmayan müdahalelerde bulunulması ören yerinde görülen başlıca problemlerdir. Bölgenin daha iyi korunabilmesi için gereken güvenlik önemleri alınmalı ve bunların sürekliliği sağlanmalıdır.

Son yıllarda alternatif bir turizm biçimi olarak öne çıkan inanç turizmi, günümüzde diğer kültür turizmi çeşitleriyle birleşerek bir rotaya dahil edilen belirli özel bölgelerin ziyaret edilmesi şeklinde biçimlenmektedir. Bu şekilde kişiler önemli dini merkezleri ziyaret ederek, inançlarının tarihiyle ilgili bilgi ve deneyim kazanmaktadır. Kilikya Bölgesi, Hristiyanlık tarihinde önemli hac noktaları ve dini merkezler barındırması açısından inanç turizmi açısından önemli bir potansiyele sahiptir (Sarıkaya Levent ve Uçar, 2018, ss. 321-325). Bu bağlamda Ayatekla Ören Yeri'nin de içinde yer aldığı Mersin İnanç Rotası'nın oluşturulması önerilmektedir. Tarsus'ta yer alan St. Paul Kuyusu ile başlayan rota bir sonraki adımda St. Paul Kilisesi, Eshab'I Kehf (Yedi Uyurlar) Mağarası, Cennet Cehennem Ören Yeri, Zeus Tapınağı ve Kilise, Olba ANtik Kenti, Uzuncaburç, Ayatekla Ören Yeri şeklinde devam ederek Mut ilçesinde yer alan Alahan Manastırı ile sonlanmaktadır. Oluşturulan bu güzergah ile Mersin ili içinde Hrısitiyanlık tarihinde önemli yeri olan dini noktaların ziyaretçiler tarafından belirli bir amaçla ve planlı olarak ziyaret edilmesi amaçlanmıştır.

Tarihi yapıların özgün duvar yapım sistemlerinin belgelenmesi ve kullanılan harç ve sıvaların karakterizasyonunun tespit edilmesi, mimari koruma çalışmalarında özgün teknik ve malzemeye dair veri elde edilmesi ve doğru koruma kararlarının alınabilmesi için önemlidir. Çalışmanın gelecekteki mimari koruma çalışmalarına ışık tutması ve benzer döneme tarihlenen farklı arkeolojik alanlardaki diğer çalışmalara yardımcı olması umulmaktadır.

KAYNAKLAR

Adam, J. P. (2005). *Roman Building Materials and Techniques.* Londra ve New York.

Ahunbay, Z. (2021). Kültür Mirasını Koruma İlk eve Teknikleri. İstanbul: YEM Yayın.

Almaç, U. (2015). Mersin, Silifke, Ayatekla (Meryemlik) Ören Yeri Yüzey Araştırma ve Belgeleme Çalışması, *33. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, Cilt II, (s. 289-300). Erzurum.

Almaç, U. (2017). Mardin-Dara ve Mersin-Silifke-Ayatekla (Meryemlik) Ören Yerlerinde Su Yapılarına İlişkin 2013-2014 Yıllarında Yürütülen Çalışmalar. İçinde T. Saner, B. Ar, G. Mater (Editörler), *Metin Ahunbay'ın İzinden Ayatekla, Binbirkilise ve Dara/Anastasiopolis Araştırmalarından Özel Konular* (ss. 57-74). İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları.

Almaç, U., Bilge, A. C. ve Solmaz, F. (2017). Hagia Thekla (Meryemlik) Archaeological Site Survey, 2016. *ANMED News Bulletin on Archaeology from Mediterranean Anatolia, 15.* 127-132. Retrieved from https://akmedmedia.ku.edu.tr/ANMED/ANMED_15.pdf

Almaç, U. ve Sayan, M. (2022). The Water Supply and Distribution Systems of St. Thecla Pilgrimage Site (Ayatekla/Meryemlik). 24th International Congress of Byzantine Studies, Venice and Padua, 22-27 August 2022. Proceedings – Abstracts of the Free Communications, Thematic Sessions, Round Tables and Posters, Edizioni Ca'Foscari, Venice.

Almaç, U., Özügül, A. ve Semiz, N. (2019). Hagia Thekla (Meryemlik) Archaeological Site Survey, 2018 / Ayatekla (Meryemlik) Ören Yeri Yüzey Araştırması, 2018. *ANMED, 17*, 10-15.

Almaç, U., Özügül, A. ve Semiz, N. (2020). Ayatekla (Meryemlik) Yüzey Araştırması 2018. İçinde C. Keskin (Yayına hazırlayan). *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü 37. Araştırma Sonuçları Toplantısı,* Cilt 3, (s. 137-149). Ankara.

Apostol, T. M. (2004). The Tunnel of Samos. *Engineering and Science, 67* (1), 30-40.

Altuğ, K. (2013). *İstanbul'da bizans dönemi sarnıçlarının mimari özellikleri ve kentin tarihsel topografyasındaki dağılımı.* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ayteş Canevello, S. (2004). Iconiumlu Azize Thecla Yaşamı ve Mucizeleri. *OLBA Dergisi, 10* (251-271).

Bakolas, A., Biscontin, G., Contardi, V., Franceschi, E, Moropoulou, A., Palazzi, D. & Zendri, E. (1995). Thermoanalytical research on traditional mortars in venice, *Thermochimica Acta, 269-270*, 817-828.

Bakolas, A., Biscontin, G., Moropoulou, A. & Zendri, E. (1998). Characterization of Structural Byzantine Mortars by Thermogravimetric Analysis, *Thermochimica Acta, 321(1),* 151-160. doi: 10.1016/S0040-6031(98)00454-7

Bildirici, M. (1994). *Tarihi Su Yapıları: Konya, Karaman, Niğde, Aksaray, Yalvaç, Side, Mut, Silifke.* Ankara: T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayını.

Bono, P., Crow, J. & Bayliss, R. (2001). The water supply of Constantinople: archaeology and hydrogeology of an Early Medieval city. *Environmental Geology*, *40* (11-12), 1325-1333. https://doi.org/10.1007/s002540100365.

Borsoi, G., Santos Silva, A., Menezes, P., Candeias, A. & Mirao, J. (2019). Analytical characterization of ancient mortars from the archaeological roman site of Pisões (Beja, Portugal). *Construction and Building Materials, 204(1),* 597-608. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.233

Boynton, R. S. (1980). Chemistry and technology of lime and limestone. New York: Wiley.

Crow, J., Bardill, J. & Bayliss, R. A. (2008). The Water Supply of Byzantine Constantinople. *Journal of Roman Studies Monograph, 11,* Londra.

Çeçen, K. (1996). *Roma Suyollarının En Uzunu*. İstanbul: Aksoy Matbaası.

Davey, N. (1961). *A History of Building Materials*. London, Phoenix House.

Davis, S. J. (2008). *The Cult of Saint Thecla: A Tradition of Women's Piety in Late Antiquity.* Oxford: Oxford University Press.

De Feo, G., De Gisi, S. & Malvano, C. (2010). The Greatest Water Reservoirs in the Ancient Roman World and the "Piscina Mirabilis" in Misenum. *Water Science & Technology Water Supply, 10* (3), 350-358.

Dipasquale, L., Rovero, L. & Fratini, F. (2016). In Harries, K.A. & Sharma, B. (Eds.), Ancient stone masonry constructions. In Nonconventional and Vernacular Construction Materials. Characterisation, Properties and Applications (pp. 301-332). Kidlington: Elsevier.

Elsen, J., Balen, K. V. & Mertens, G. (2012). Hydraulicity in Historic Lime Mortars: A Review.

Eyice, S. (1962). Aya Thekla Efsanesi ve Sanat Tarihinde Aya Thekla. *Anıt Dergisi, 30,* 1-24.

Eyice, S. (1994a). Aeitos Sarnıcı. *İstanbul Ansiklopedisi* (Cilt 1, s. 86), İstanbul: Ana Basım AŞ.

Eyice, S. (1994b). Binbirdirek Sarnıcı. *İstanbul Ansiklopedisi* (Cilt 2, s. 232), İstanbul: Ana Basım AŞ.

Eyice, S. (1994c). Fildamı. *İstanbul Ansiklopedisi* (Cilt 3, s. 318), İstanbul: Ana Basım AŞ.

Eyice, S. (1994d). Mokios Sarnıcı. *İstanbul Ansiklopedisi* (Cilt 5, ss. 482-483), İstanbul: Ana Basım AŞ.

Eyice, S. (1994e). Sarnıçlar. *İstanbul Ansiklopedisi* (Cilt 6, ss. 469-472), İstanbul: Ana Basım AŞ.

Eyice, S. (1994f). Yerebatan Sarnıcı. *İstanbul Ansiklopedisi* (Cilt 7, ss. 502-503), İstanbul: Ana Basım AŞ.

Fahlbusch, H. (1987). Municipal water supply in antiquity. *International Symposium on Water for the Future*, (ss. 113-123). Nisan 6-11.

Frontinus. (2004). *De Aquaeductu Urbis Romae*, R. H. Rodgers (Ed.). Cambridge.

Güleç, A. (2013). Fatih Camii, I. Mahmut Kütüphanesi Harç ve Sıvaların Karakterizasyonu. *Vakıf Restorasyon Yıllığı, 7*, 109-118.

Güngör, S. S. (2017). Tarihi Yarımada'daki Roma ve Bizans Dönemi Sarnıçları. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1 (2) , 37-72 . DOI: 10.30692/sisad.362702

Hendry, A. W. & Khalaf, F. M. (2001). *Masonry Wall Construction*. London, Spon Press.

Herzfeld, E. & Guyer, S. (1930). *Meriamlik und Korykos. Monumenta Asiae Minoris Antiqua,* Vol II. The Manchester University Press.

Hill, S. (1996). *The Early Byzantine Churches of Cilicia and Isauria, Birmingham Byzantine and Ottoman Monographs,* Vol I. Hampshire: Ashgate Publishing Limited.

Hodge, A. T. (2002). *Roman Aqueducts & Water Supply*. London: Duckworth.

Hughes, J. J. & Callebaut, K. (2002). In-situ visual analysis and practical sampling of historic mortars. *Materials and Structures. 35(2),* 70-75. doi: 10.1007/BF02482103

ICOMOS. (1964). International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (The Venice Charter).

ICOMOS. (1994). The Nara Document on Authenticity.

Ingham, J.P. (2009). Diagnosing Defects in Lime-Based Construction Materials. *Journal of Architectural Conservation, 15(3),* 59-80.

Jansen, M. (1989). Water supply and sewage disposal at Mohenjo-Daro. *World Archaeology*, *21* (2), 177-192. doi: 10.1080/00438243.1989.9980100.

Koutsoyiannis, D., Zarkadoulas, N., Angelakis, A. N., & Tchobanoglous, G. (2008). Urban Water Management in Ancient Greece: Legacies and Lessons. *Journal of Water Resources Planning & Management, 134* (1), 45-54. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9496(2008)134:1(45).

KUDEB. (2011). *Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarları.* İstanbul: Şan Matbaası.

Lloyd, S. (1998). *Türkiye'nin Tarihi - Bir Gezginin Gözüyle Anadolu Uygarlıkları* (E. Varinlioğlu, Çev.). Ankara: Nurol Matbaacılık

Mansel, A. M. (1943). *Silifke Kılavuzu.* İstanbul: Maarif Matbaası.

Mays, L. W. (2014). Use of cisterns during in the Mediterranean region for water resources sustainability. *Water Science and Technology: Water Supply, 14* (1), 38-47.

Mays, L., Antoniou, G. P. & Angelakis, A. (2013). History of Water Cisterns: Legacies and Lessons, *Water*, 5(4), 1616-1940. DOI:10.3390/w5041916

Mays, L. W., Koutsoyiannis, D., & Angelakis, A. N. (2007). A Brief History of Urban Water Supply in Antiquity. *Water Science & Technology: Water Supply, 7*, (1), 1-12. doi: 10.2166/ws.2007.001.

Middendorf, B., Hughes, J. J., Callebaut, K., Baronio, G. & Papayianni, I. (2005a). Investigative methods for the characterisation of historic mortars – Part 1: Mineralogical characterisation. *Materials and Structures, 38(8),* 761-769. doi: 10.1007/BF02479289

Middendorf, B., Hughes, J. J., Callebaut, K., Baronio, G. & Papayianni, I. (2005b). Investigative methods for the characterisation of historic mortars – Part 2: Chemical characterisation. *Materials and Structures, 38(8),* 771-780. doi: 10.1007/BF02479290

Moriconi, G., Castellano, M. G. & Collepardi, M. (1994). Mortar deterioration of the masonry walls in historic buildings. A case history: Vanvitelli's Mole in Ancona. *Materials and Structures, 27,* 408-414.

Moropoulou, A., Bakolas, A. & Bisbikou, K. (2000). Investigation of the technology of historic mortars. *Journal of Cultural Heritage, 1(1),* 45-58.

Öziş, Ü. (1982). Outlook on Ancient Cisterns in Anatolia, Turkey. In F. N. Fujimura (Ed.), International Conference on Rain Water Cistern Systems, (ss. 9-15). Amerika Birleşik Devletleri: Hawaii Üniversitesi, Haziran 15-17.

Peschlow, U. (2009). Die Zisternen von Meriamlik. Fragen zu Bau- und Mauertechnik im Bezirk von Ayatekla. In E. Eichner, V. Tsamakda (Eds), *Syrien und seine Nachbarn von der Spatantike bis in die islamische Zeit* (pp. 57-80). Germany: Memminger MedienCentrum AG.

Polat, I. (2004). *Silifke Aya Tekla Bazilikası Sarnıcı Restorasyon Projesi.* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Polat Pekmezci, I. (2012). *Çukurova Bölgesindeki (Kilikya) Bazı Tarihi Yapılarda Kullanılan Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçları için Öneriler* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ponce-Anton, G., Zuluaga, M. C., Ortega, L. A. & Mauleon, J. A. (2020). Petrographic and Chemical-Mineralogical Characterization of Mortars from the Cistern at Amaiur Castle (Navarre, Spain). *Minerals, 10(4):311.* doi: 10.3390/min10040311

Rampazzi, L., Colombini, M. P., Conti, C., Corti, C., Lluveras-Tenorio, A. Sansonetti, A. & Zanaboni, M. (2015). Technology of Medieval Mortars: An Investigation into the Use of Organic Additives, *Archaeometry 58(1).* doi: 10.1111/arcm.12155 12155

Roby, Thomas C. (1995). Site conservation during excavation: treatment of masonry, wall plaster and floor mosaic remains of a Byzantine church in Petra, Jordan. *Conservation and Management of Archaeological Sites, 1(1),* 43-57. DOI: 10.1179/135050395793137180

Rossi-Doria, P. R. (1990). Report on the RILEM Workshop 'Ancient Mortars and Mortars for Restoration'. *Materials and Structures, 23*, 235-238.

Sarıkaya Levent, Y. & Uçar, M (2018). Kültürel Rotalar Bağlamında Mersin İlinin İnanç Turizmi Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *I. Uluslararası Akdeniz Sempozyumu,* (s. 321-325). Mersin.

Savaş, M. (2009). *Bakırköy Fildamı Sarnıcı Koruma Sorunları.* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Stefanidou, M., Pachta, V., Konopissi, S., Karkadelidou, F. & Papayianni, I. (2014). Analysis and characterization of hydraulic mortars from ancient cisterns and baths in Greece, *Materials and Structures, 47(4),* 571-580. doi:10.1617/s11527-013-0080-y

Souza, E. (2020). How were the Walls of Roman Buildings were Constructed? *https://archdaily.com*. Retrieved May 18, 2022, from https://archdaily.com/935423/how-were-the-walls-of-roman-buildings-constructed?ad_medium=gallery

Tabasso, M. L. & Sammuri, P. (1984). Evaluation of Mortars for Use in Conservation from the Standpoint of the Release of Soluble Salts. *7th Triennial Meeting,* ICOM Committee for Conservation. Copenhagen, September 10-14.

Tassios, T. P. (2007). Water supply of ancient Greek cities. *Water Science and Technology: Water Supply, 7* (1), 165-172. doi: 10.2166/ws.2007.019.

Taşkıran, C. (n.d.). *Silifke (Seleucia on Calycadnus) and Environs.* SİM Matbaacılık

Teutonico, J. M. (1988). A Laboratory Manual for Architectural Conservators, ICCROM, Rome.

Ünal, A. ve Girginer, K. S. (2007). *Kilikya-Çukurova İlk Çağlardan Osmanlılar Dönemi'ne Kadar Kilikya'da Tarihi Coğrafya, Tarih ve Arkeoloji.* İstanbul: Homer Kitabevi.

Van Balen, K., Papayianni, I., Van Hees, R., Binda, L. & Waldum, A. (2005). Introduction to requirements for and functions and properties of repair mortars. *Materials and Structures, 38,* 781-785.

Van Hees, R. (2012). Repair mortars for historic masonry. From problem to intervention: a decision process. *Materials and Structures, 45,* 1295-1302.

Van Hees, R. P. J., Binda, L., Papayianni, I. & Toumbakari, E. (2004). RILEM TC 167-COM: Characterisation of old mortars with respect to their repair. Characterisation and damage analysis of old mortars. *Materials and Structures, 37,* 644-648.

Vitruvius. (2021). *Mimarlık Üzerine On Kitap*, Çev. Çiğdem Dürüşken. İstanbul.

Wilkinson, P. (2019). Gerçekten Bilmeniz Gereken 50 Mimarlık Fikri. (Volkan Atmaca, Çev.). İstanbul: Bkz Yayıncılık.

Yücel, E. (1967). İstanbul'da Bizans Sarnıçları, *Arkitekt,* **325**, 16-20.

Url-1<https://www.serefiyesarnici.istanbul/tr/galeri>, erişim tarihi 22.05.2022.

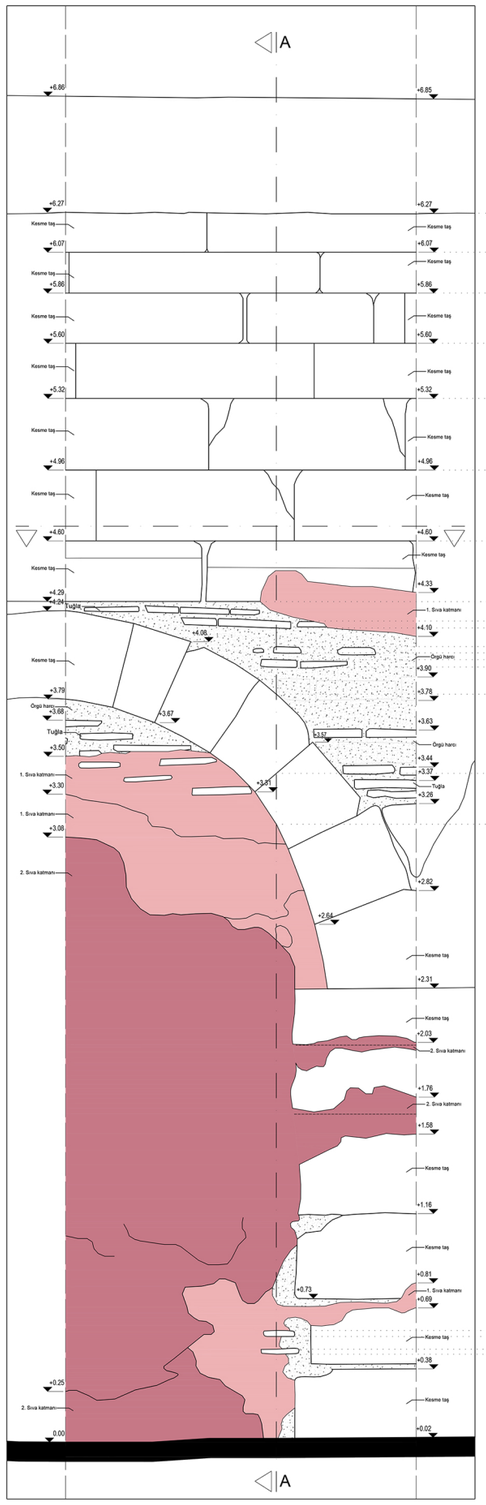
Url-2<https://www.yerebatan.com/tr/galeri>, erişim tarihi 22.05.2022.

Ayatekla (Meryemlik) Yüzey Araştırması Arşivi.

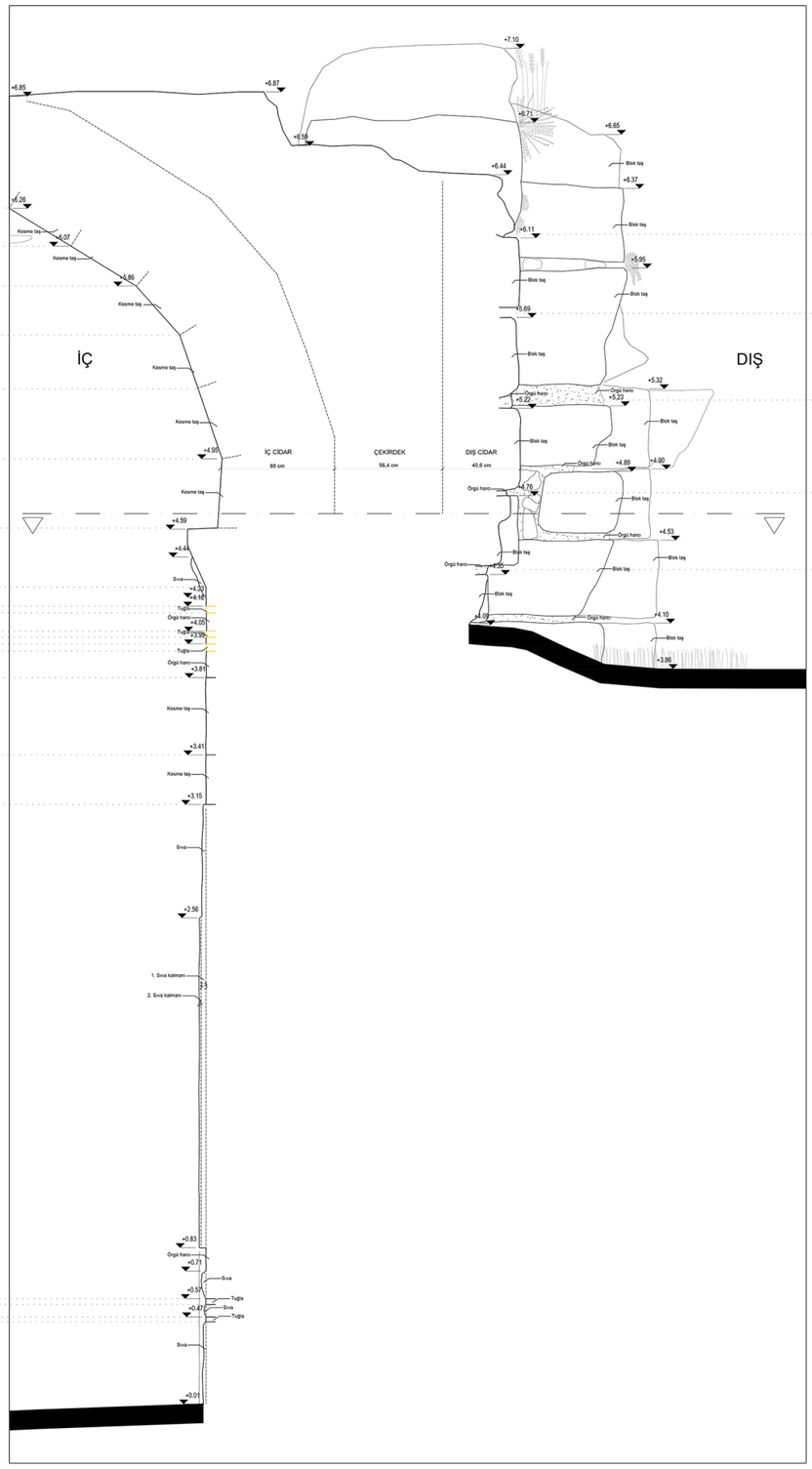
EKLER

EK A: Ayatekla (Meryemlik) Su Yapılarının Rölöve Çizimleri
EK B: SEM-EDX Sonuçları

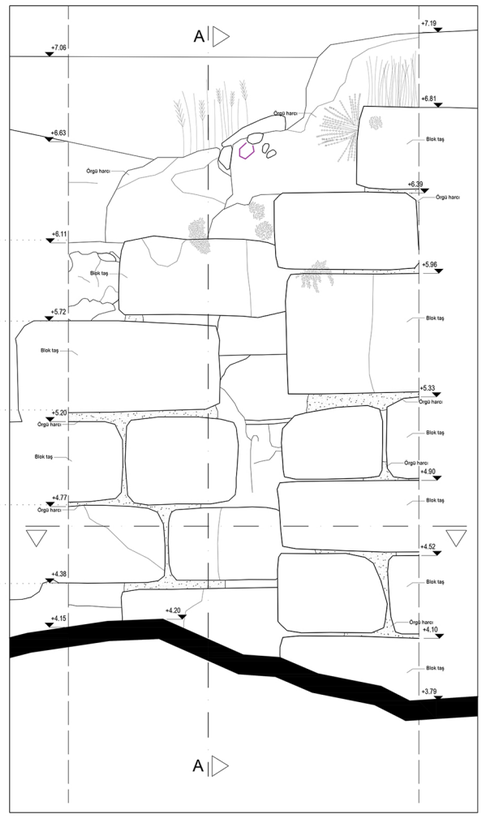
EK A: Ayatekla (Meryemlik) Su Yapılarının Rölöve Çizimleri



S1 SARNICI DOĞU KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ



S1 SARNICI KISMİ A-A KESİTİ

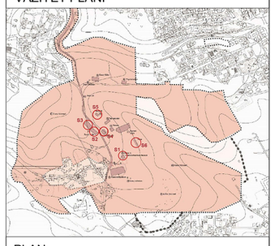


S1 SARNICI DOĞU KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

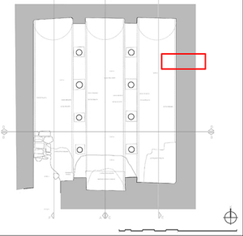
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S1 SARNICI

VAZİYET PLANI



PLAN



LEJANT

Örgü Harcı
1. Sıva Katmanı
2. Sıva Katmanı

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm



RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10

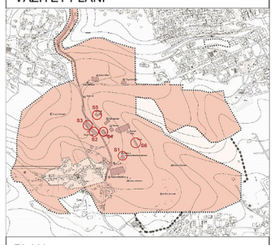
ŞEKİL A.1

PAFTA NO: 01

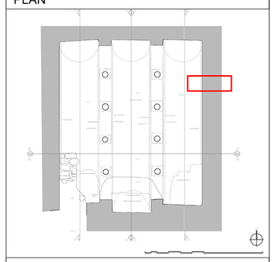
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN
BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN
HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S1 SARNICI

VAZİYET PLANI



PLAN

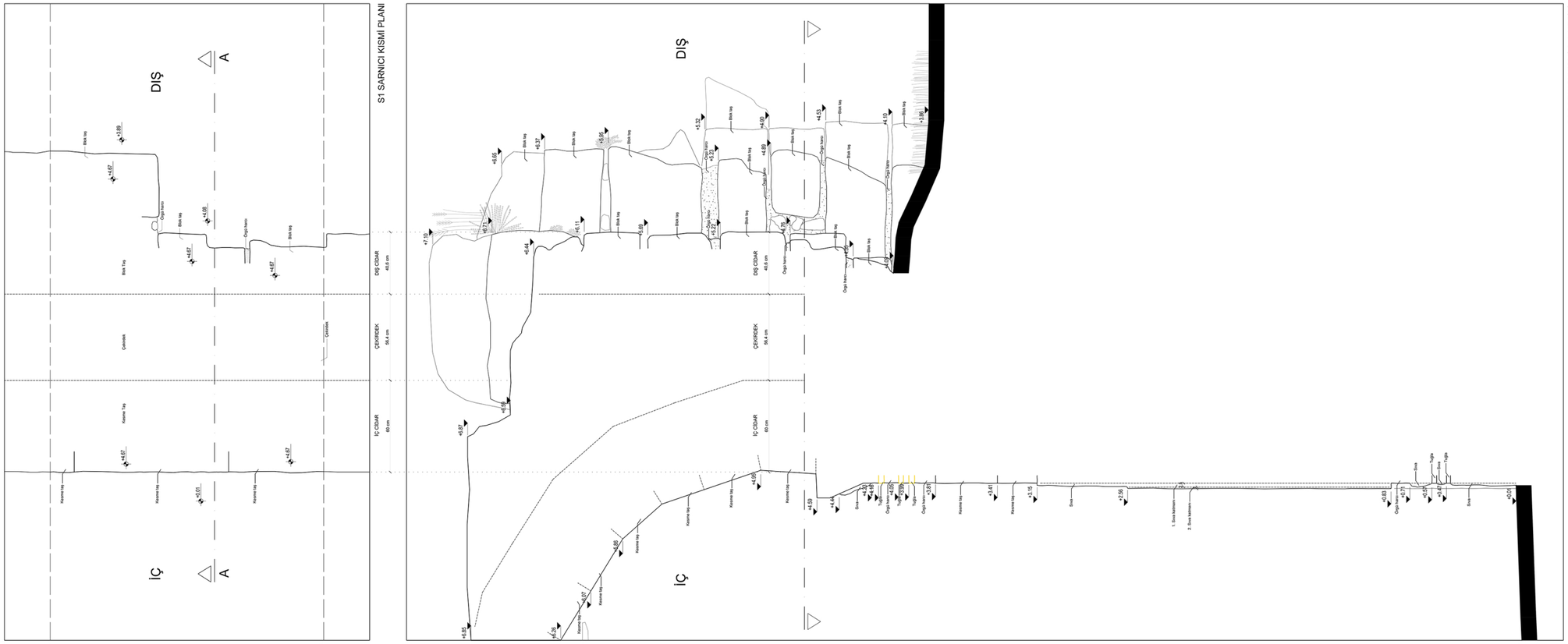


LEJANT

Örgü Harcı

S1 SARNICI KISMİ PLANI

S1 SARNICI KISMİ A-A KESİTİ



0 10 20 30 40 50 cm 100 cm

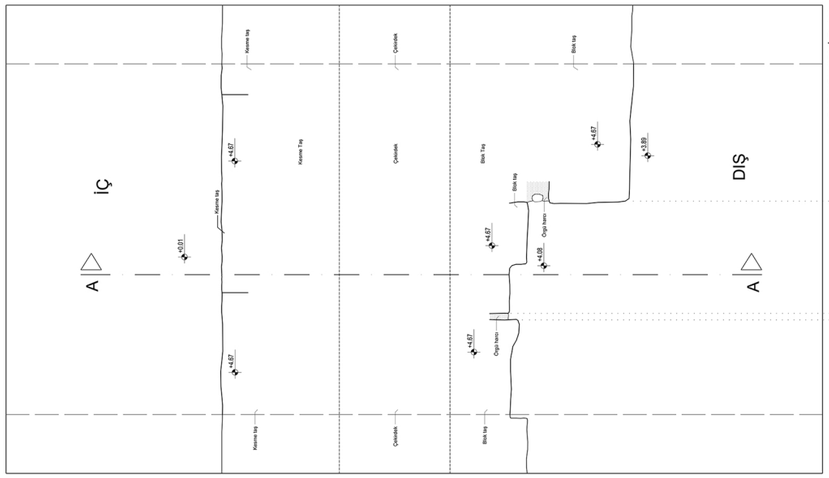


RÖLÖVE

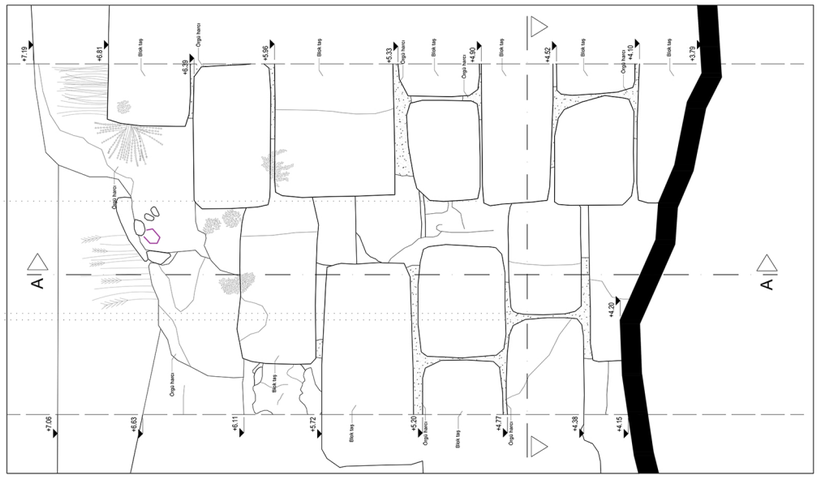
ÖLÇEK: 1/10

ŞEKİL A.2

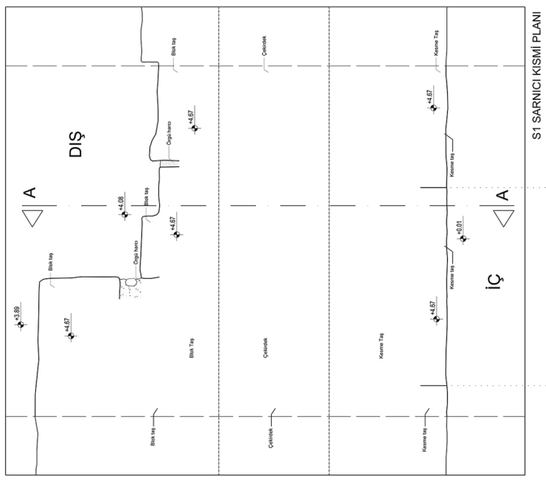
PAFTA NO: 02



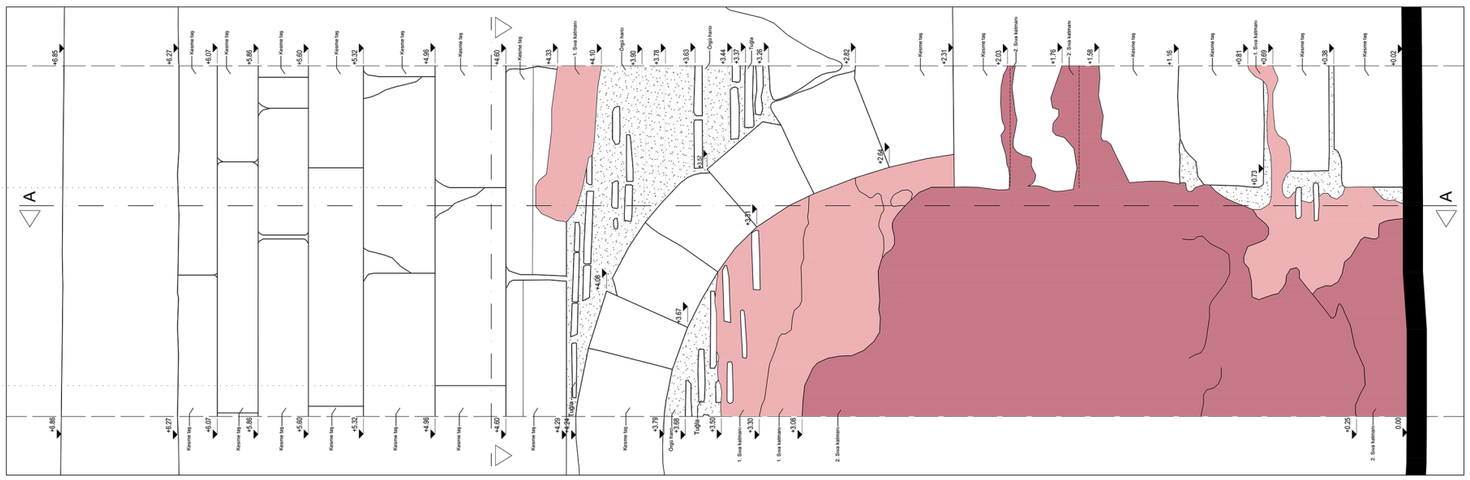
S1 SARNICI KISMİ PLANI



S1 SARNICI DOĞU KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ



S1 SARNICI KISMİ PLANI

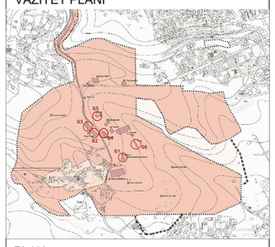


S1 SARNICI DOĞU KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ

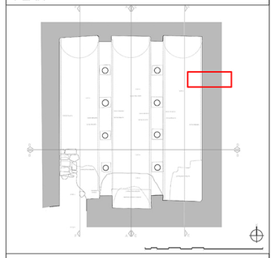
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN
BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN
HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S1 SARNICI

VAZİYET PLANI



PLAN



LEJANT

- Örgü Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- 2. Sıva Katmanı

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm



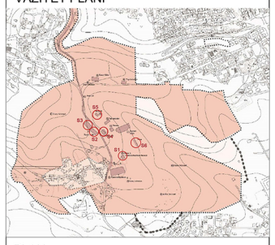
RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10	PAFTA NO: 03
ŞEKİL A.3	

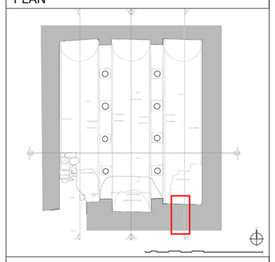
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S1 SARNICI

VAZİYET PLANI



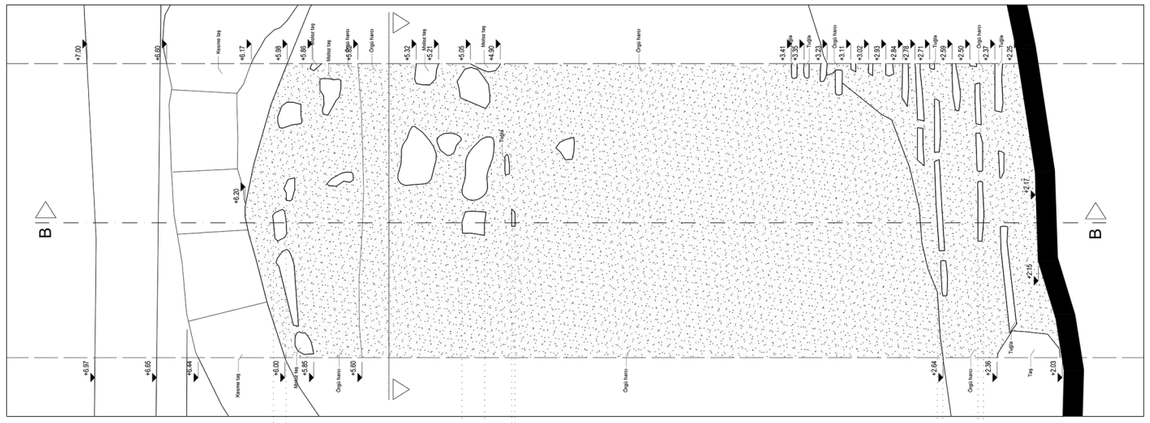
PLAN



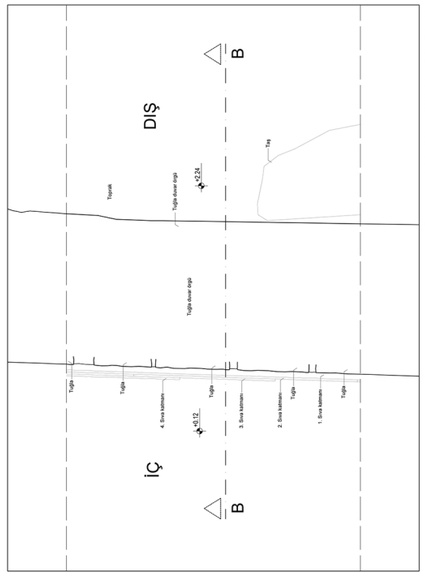
LEJANT

- Örgü Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- 2. Sıva Katmanı
- 3. Sıva Katmanı
- 4. Sıva Katmanı

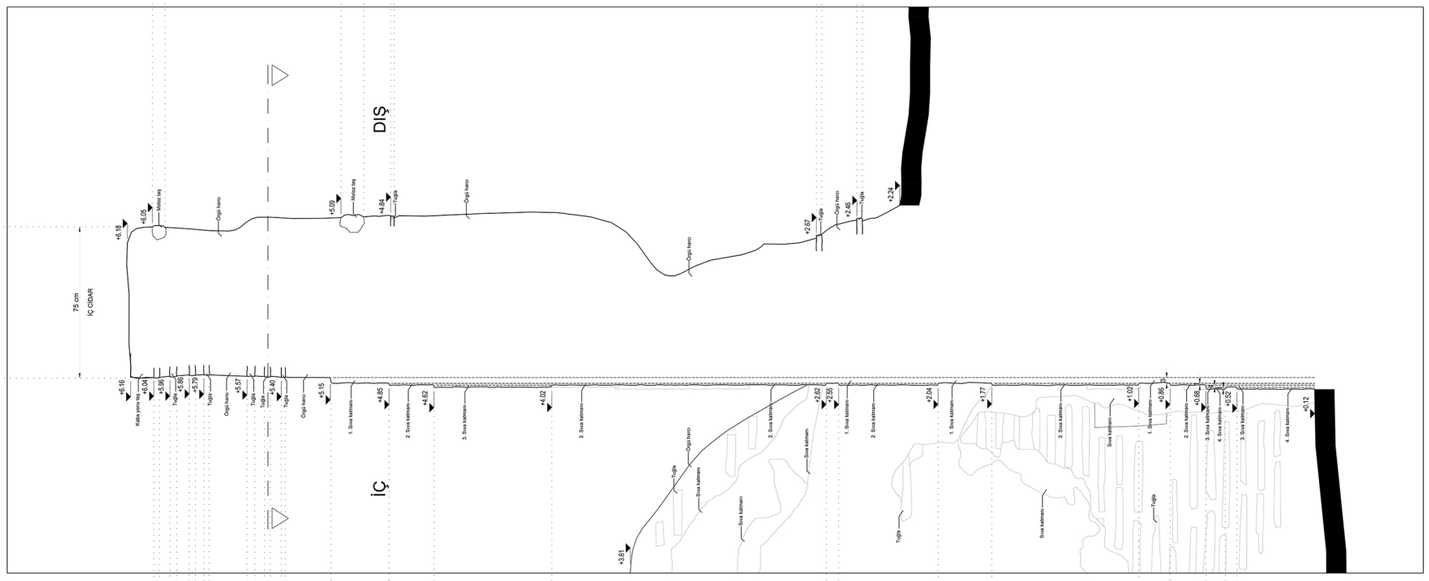
S1 SARNICI GÜNEY KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ



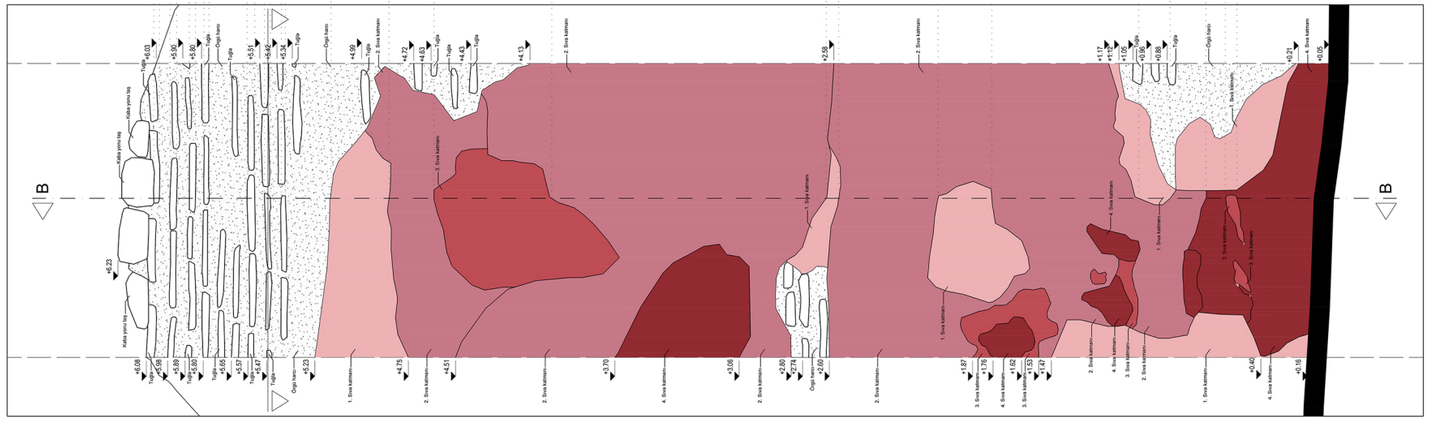
S1 SARNICI GÜNEY KISMİ PLANI



S1 SARNICI KISMİ B-B KESİTİ



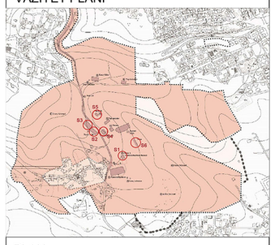
S1 SARNICI GÜNEY KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ


B
B
+6.20
Kalkı yanı taş
Kalkı yanı taş
+6.03
Tuğla
+5.96
+5.89
Tuğla
Örgü harcı
Tuğla
+5.53
+5.46
+5.34
Tuğla
Örgü harcı
+4.99
Tuğla
2. Sıva katmanı
+4.72
+4.63
Tuğla
+4.43
Tuğla
+4.13
2. Sıva katmanı
+2.58
2. Sıva katmanı
+1.17
+1.12
+1.05
Tuğla
+0.98
+0.90
Tuğla
Örgü harcı
Sıva katmanı
+0.24
4. Sıva katmanı
+0.05
+0.20
Kalkı yanı taş
Kalkı yanı taş
+0.09
Tuğla
+0.06
+0.00
Tuğla
+0.00
+0.00
Tuğla
+0.00
+0.00
Tuğla
+0.00

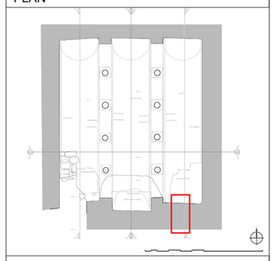
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S1 SARNICI

VAZİYET PLANI



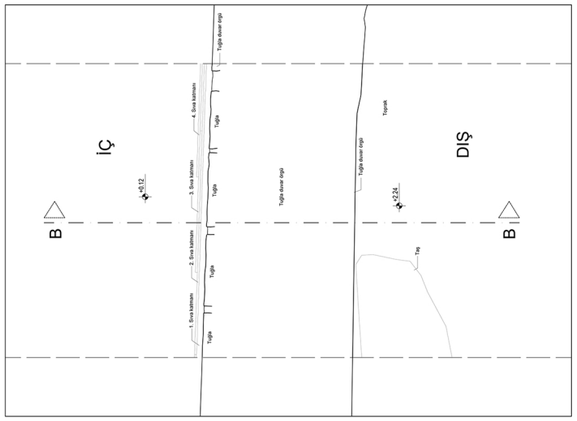
PLAN



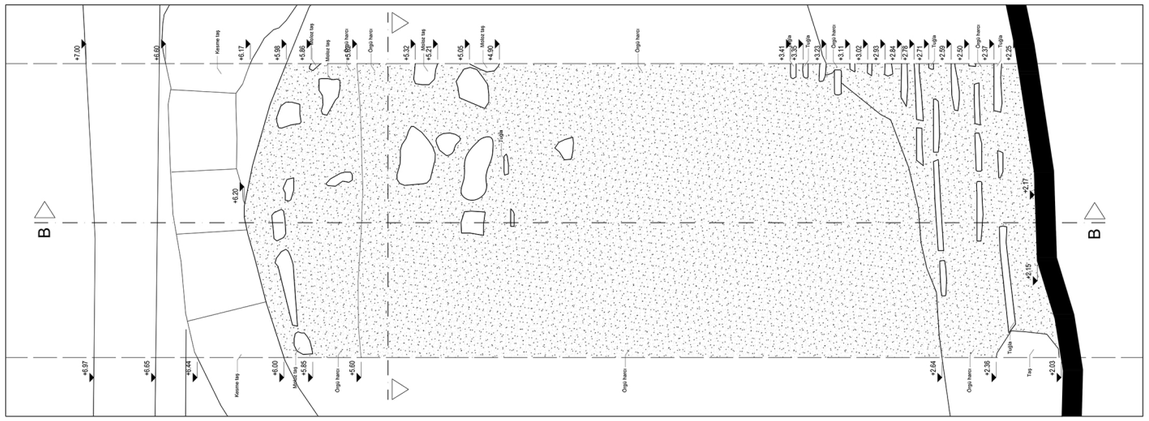
LEJANT

- Örgü Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- 2. Sıva Katmanı
- 3. Sıva Katmanı
- 4. Sıva Katmanı

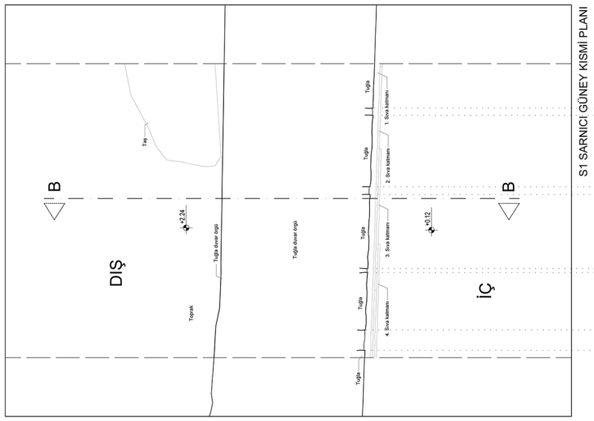
S1 SARNICI GÜNEY KISMİ PLANI



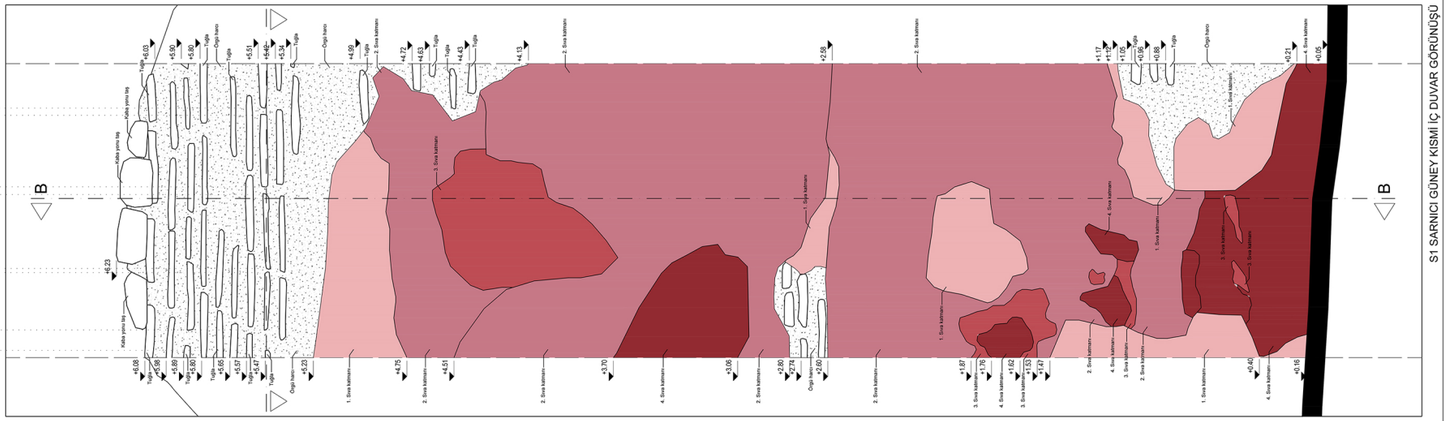
S1 SARNICI GÜNEY KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ



S1 SARNICI GÜNEY KISMİ PLANI



S1 SARNICI GÜNEY KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ



0 10 20 30 40 50 cm 100 cm



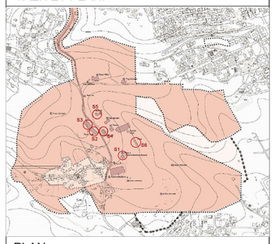
RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10	PAFTA NO: 05
ŞEKİL A.5	

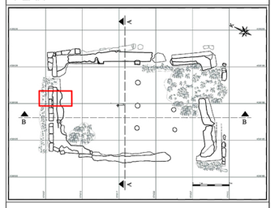
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

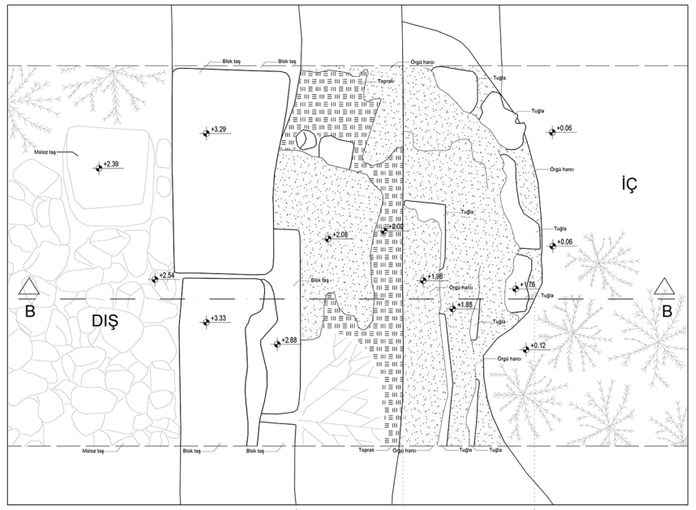
S4 SARNICI

VAZİYET PLANI

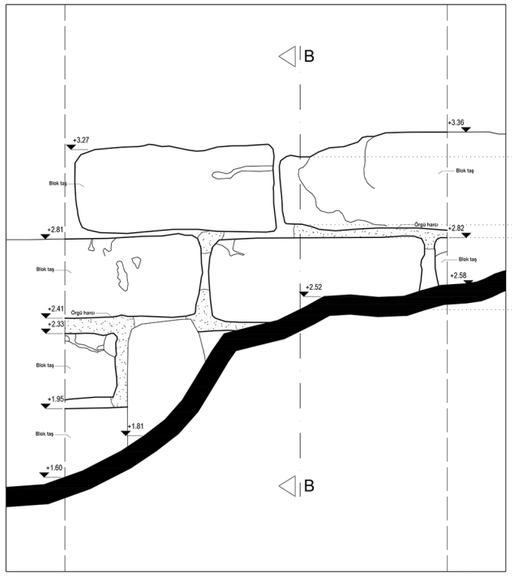


PLAN

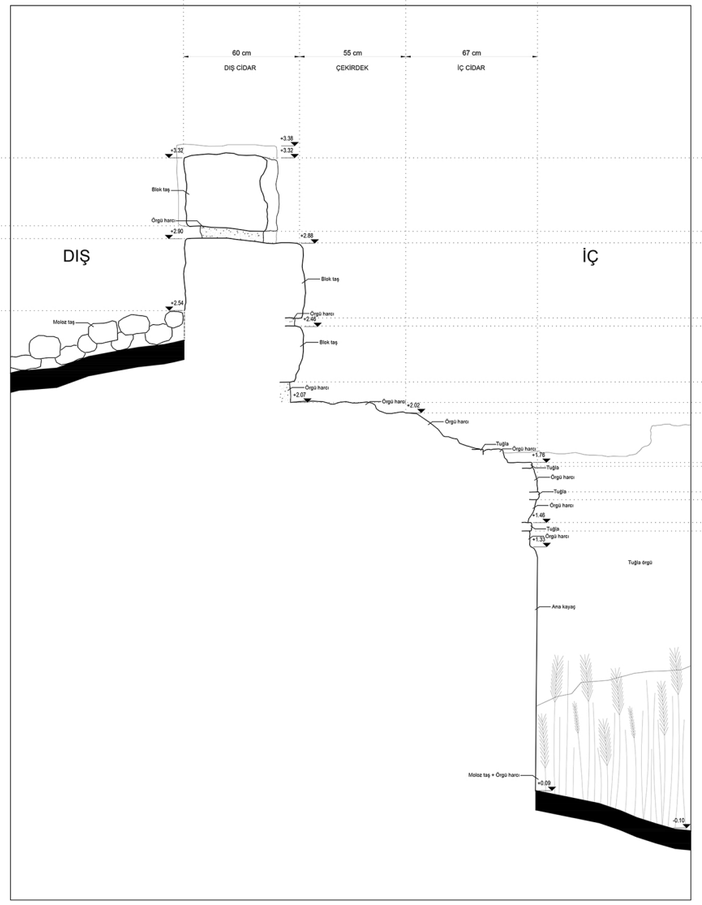




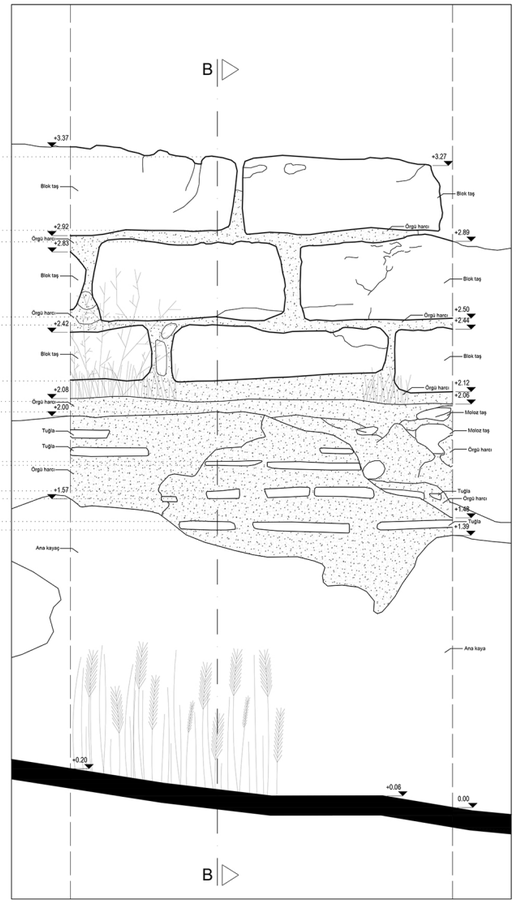
S4 SARNICI KISMİ PLANI



S4 SARNICI KUZEY KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ



S4 SARNICI KISMİ B-B KESİTİ



S4 SARNICI KUZEY KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ

LEJANT

Örgü Harcı

Toprak

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm



RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10

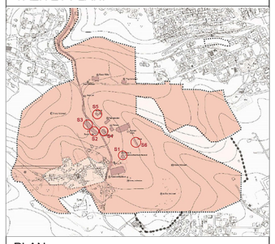
ŞEKİL A.6

PAFTA NO: 06

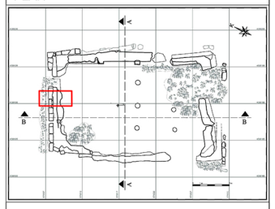
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN
BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN
HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S4 SARNICI

VAZİYET PLANI



PLAN

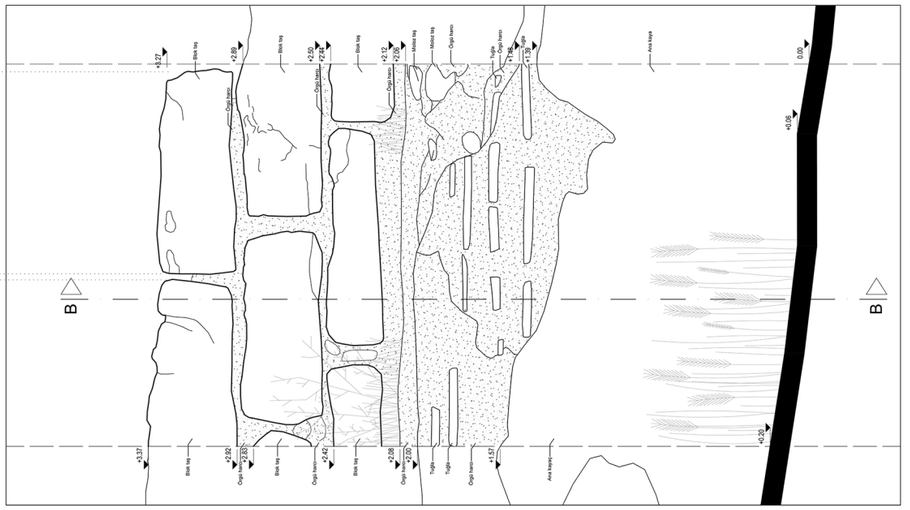


LEJANT

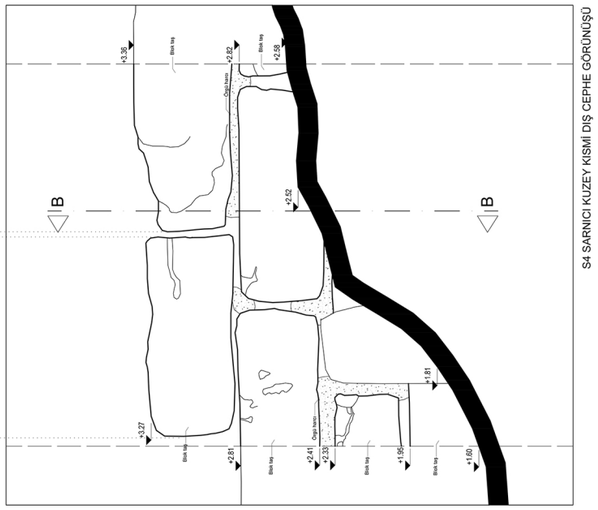
Örgü Harcı

Toprak











RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10

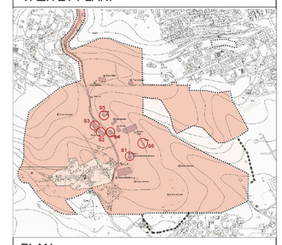
ŞEKİL A.7

PAFTA NO: 07

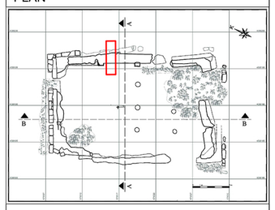
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN
BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN
HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S4 SARNICI

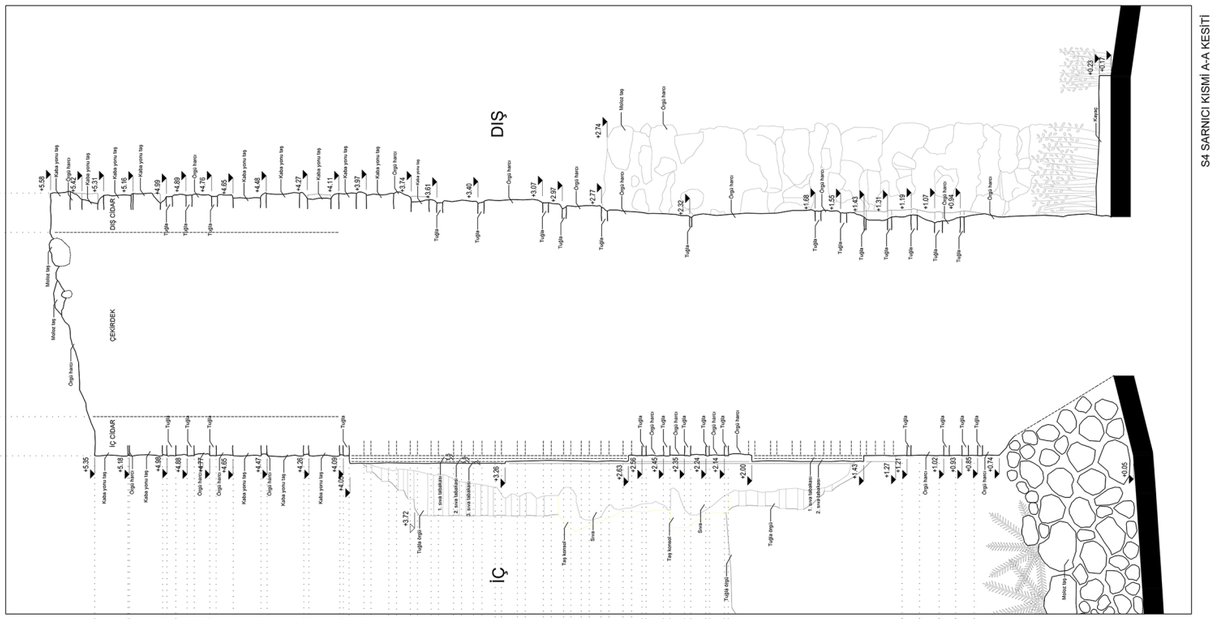
VAZİYET PLANI

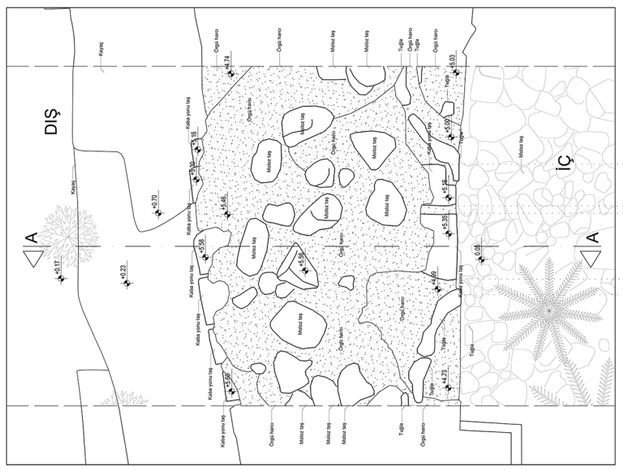


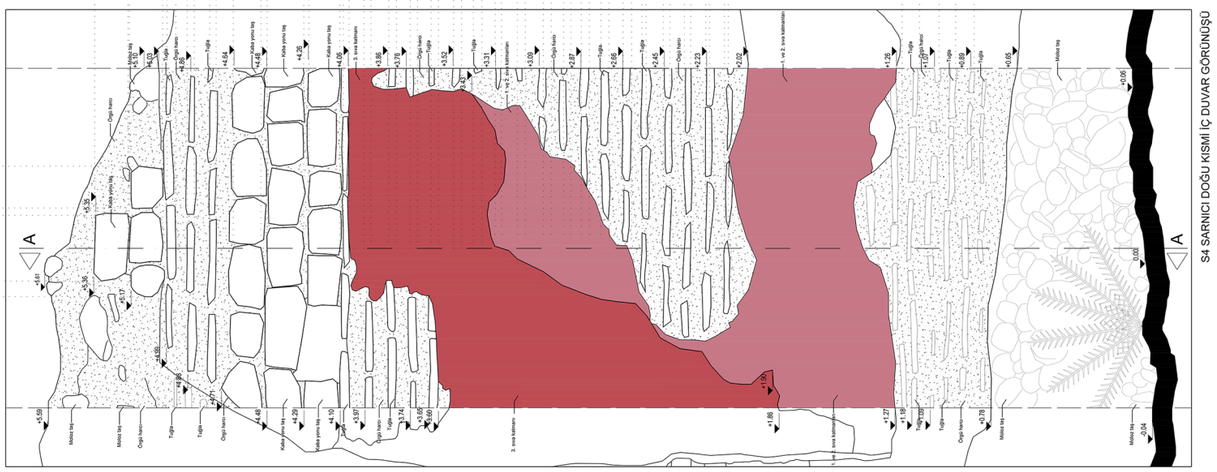
PLAN











LEJANT

- Örgü Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- 2. Sıva Katmanı
- 3. Sıva Katmanı

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm

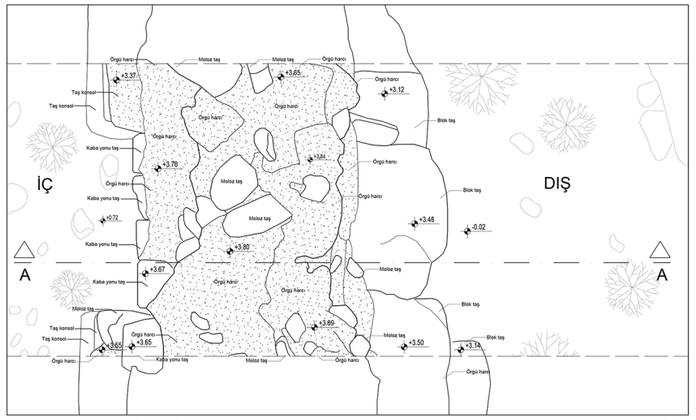


RÖLÖVE

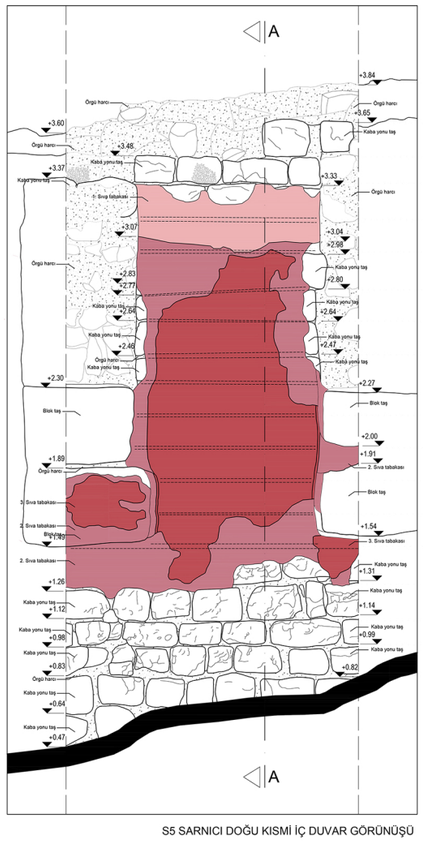
ÖLÇEK: 1/10	PAFTA NO: 08
ŞEKİL A.8	

AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN
BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN
HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

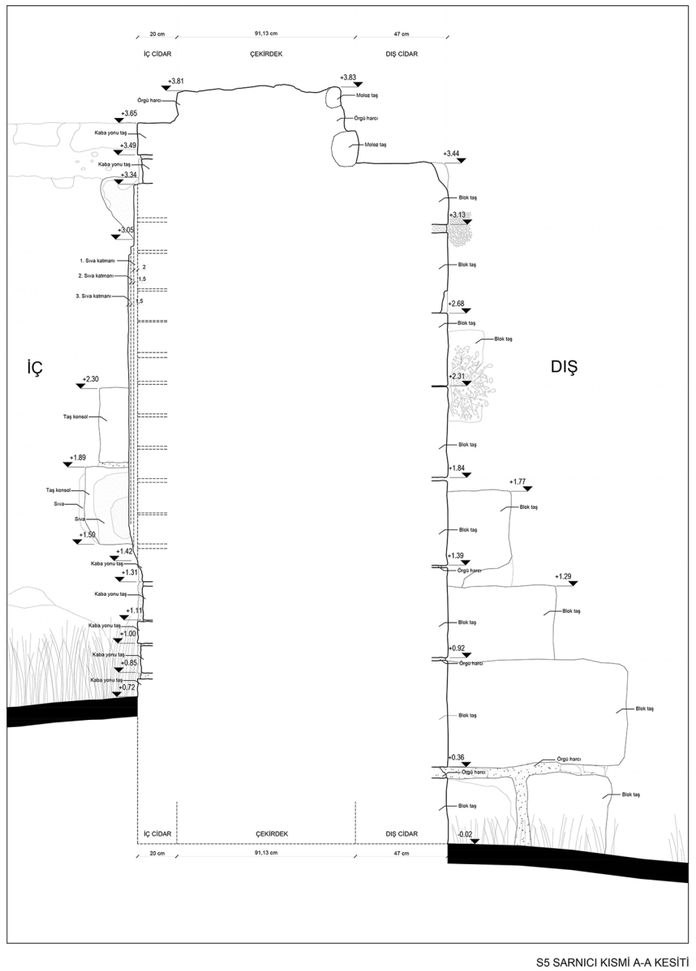
S5 SARNICI



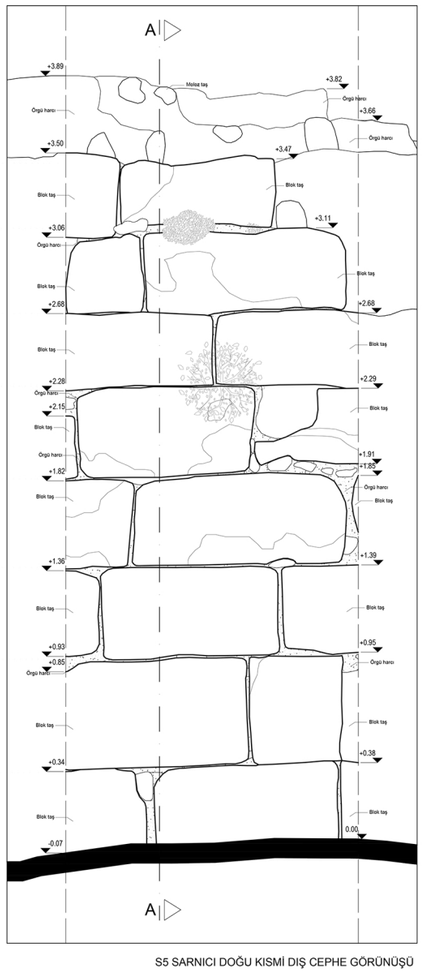
S5 SARNICI KISMİ PLANI



S5 SARNICI DOĞU KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ

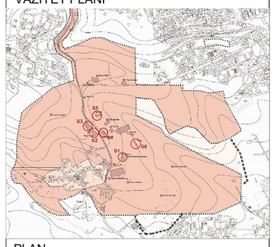


S5 SARNICI KISMİ A-A KESİTİ

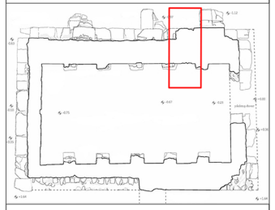


S5 SARNICI DOĞU KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

VAZİYET PLANI



PLAN



LEJANT

- Örgü Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- 2. Sıva Katmanı
- 3. Sıva Katmanı

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm



RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10

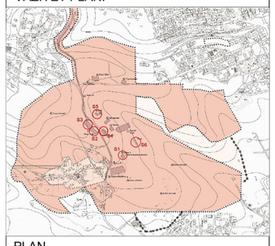
ŞEKİL A.9

PAFTA NO: 09

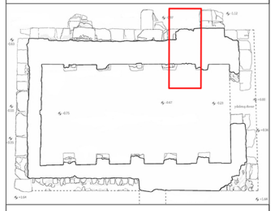
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN
BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN
HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S5 SARNICI

VAZİYET PLANI



PLAN



LEJANT

- Örgü Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- 2. Sıva Katmanı
- 3. Sıva Katmanı

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm

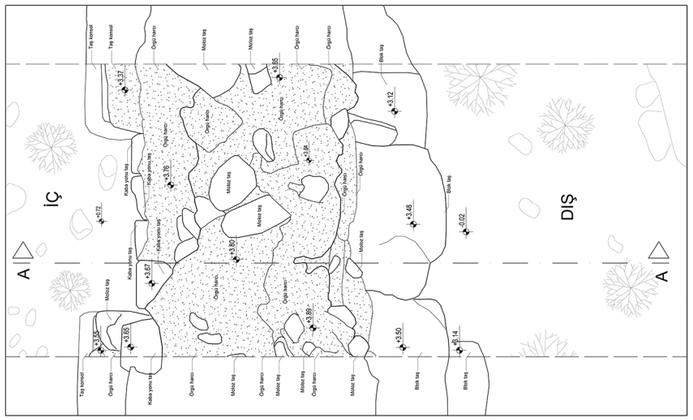


RÖLÖVE

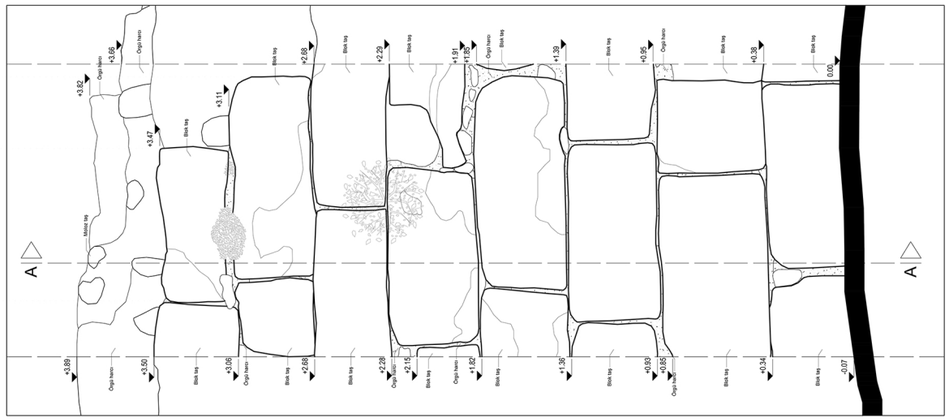
ÖLÇEK: 1/10

ŞEKİL A.10

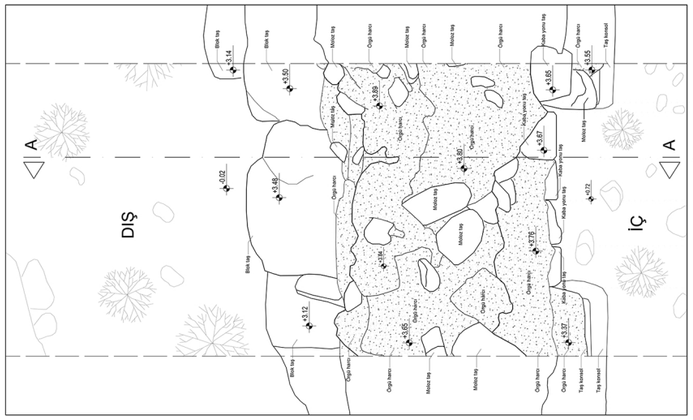
PAFTA NO: 10



S5 SARNICI KISMİ PLANI



S5 SARNICI DOĞU KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ



S5 SARNICI KISMİ PLANI

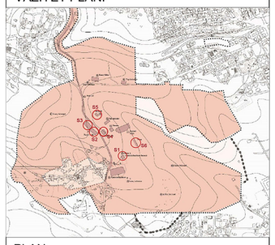


S5 SARNICI DOĞU KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ

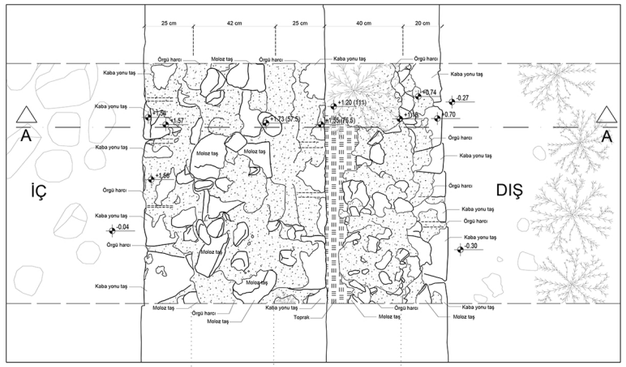
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S6 SARNICI

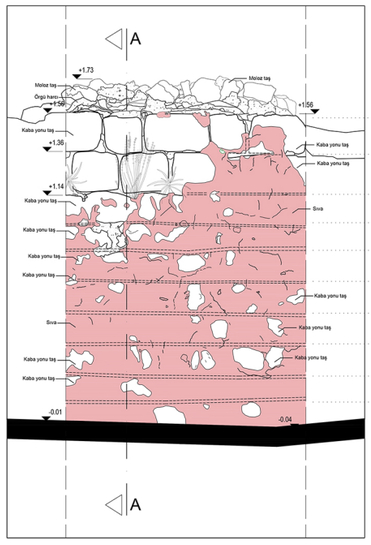
VAZİYET PLANI



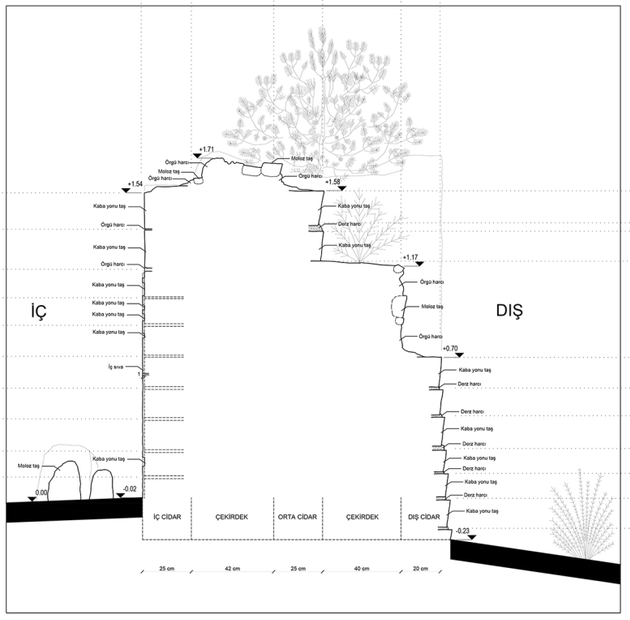
PLAN



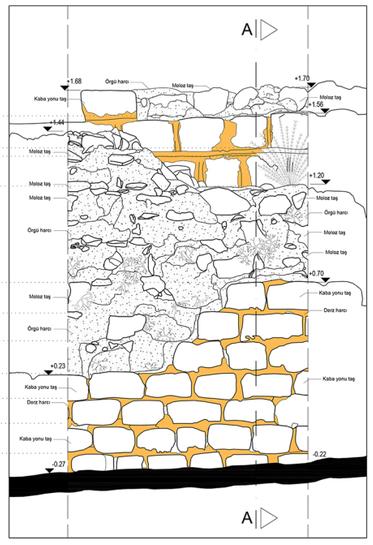
S6 SARNICI KISMİ PLANI



S6 SARNICI DOĞU KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ



S6 SARNICI KISMİ A-A KESİTİ



S6 SARNICI DOĞU KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

LEJANT

- Örgü Harcı
- Derz Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- Toprak

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm

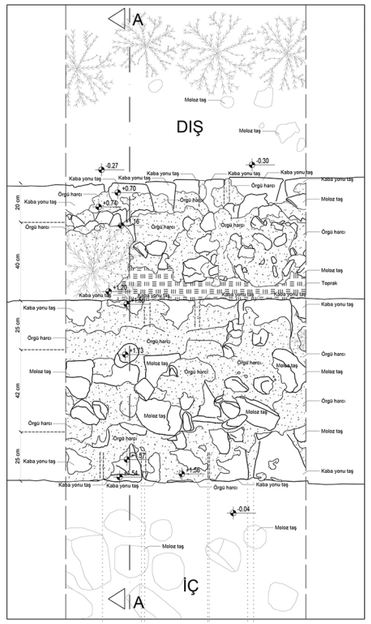


RÖLÖVE

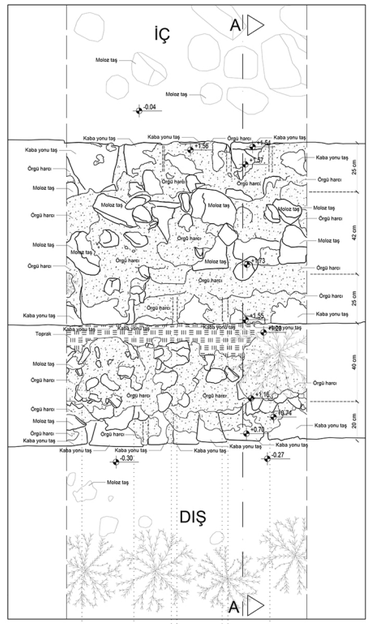
ÖLÇEK: 1/10

ŞEKİL A.11

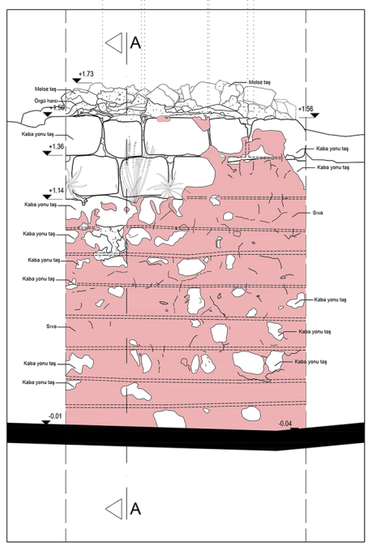
PAFTA NO: 11



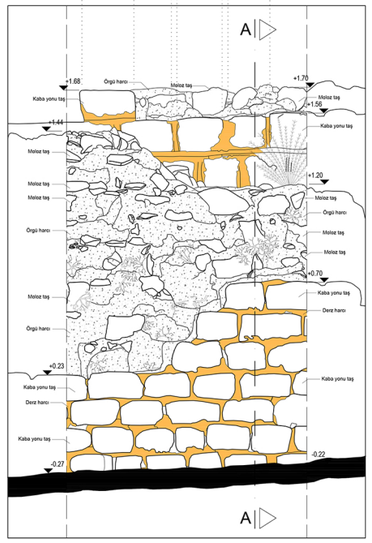
S6 SARNICI KISMİ PLANI



S6 SARNICI KISMİ PLANI



S6 SARNICI DOĞU KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ

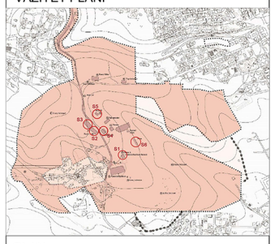


S6 SARNICI DOĞU KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

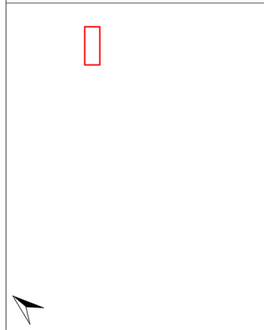
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S6 SARNICI

VAZİYET PLANI



PLAN



LEJANT

- Örgü Harcı
- Derz Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- Toprak

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm

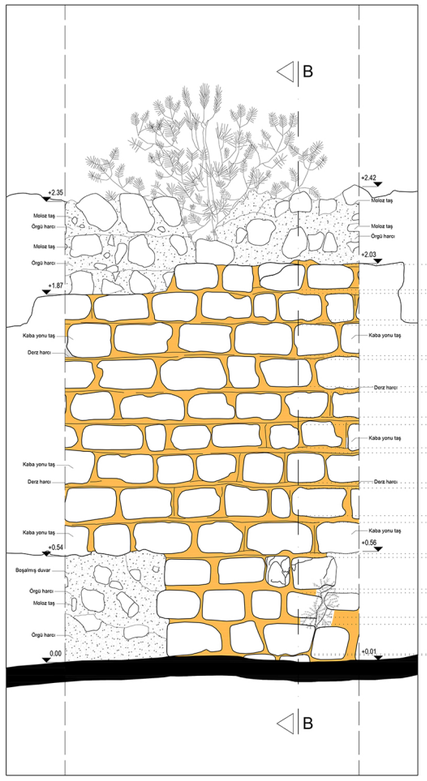


RÖLÖVE

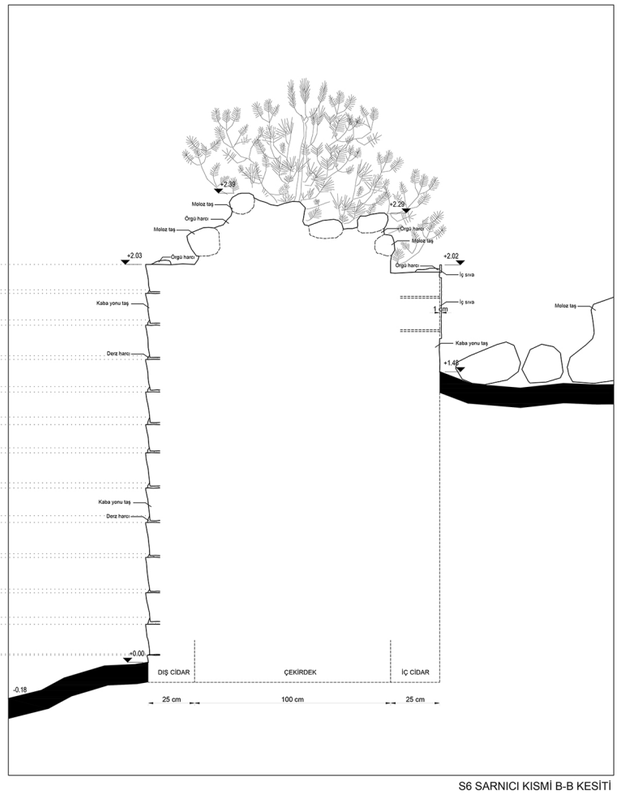
ÖLÇEK: 1/10

ŞEKİL A.12

PAFTA NO: 12



S6 SARNICI DOĞU KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ

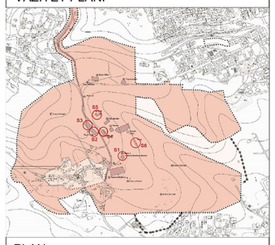


S6 SARNICI KISMİ B-B KESİTİ

AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S6 SARNICI

VAZİYET PLANI



PLAN

LEJANT

Örgü Harcı
Derz Harcı

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm



RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10

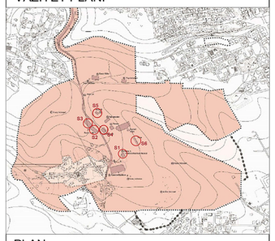
ŞEKİL A.13

PAFTA NO: 13

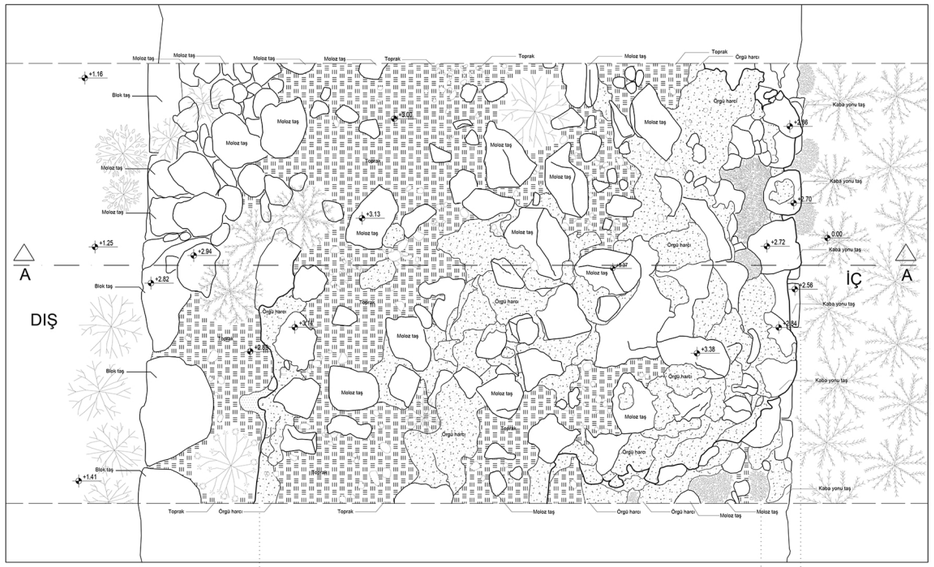
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S2 SARNICI

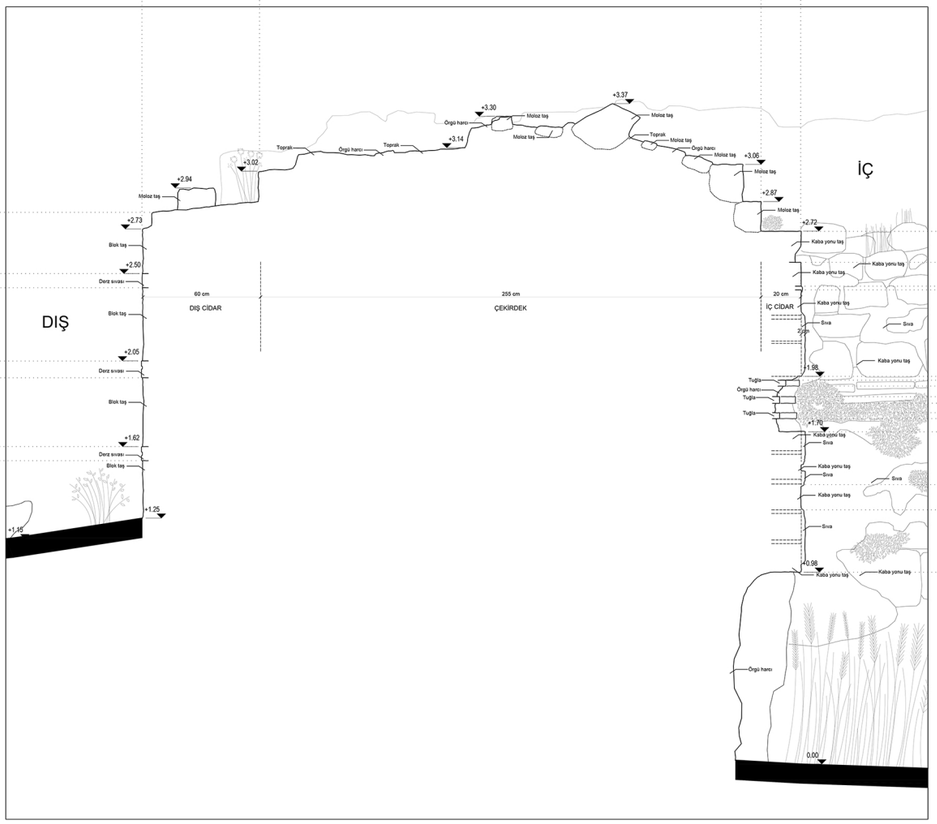
VAZİYET PLANI



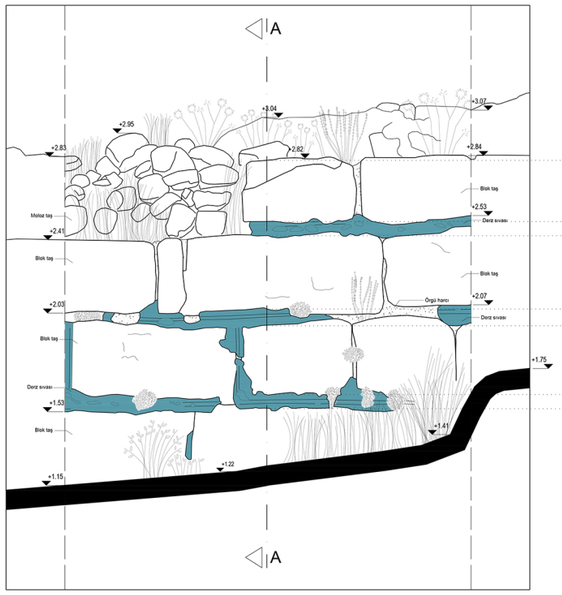
PLAN



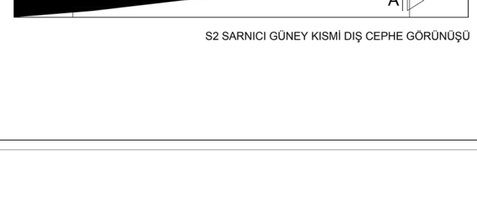
S2 SARNICI KISMİ PLANI



S2 SARNICI KISMİ A-A KESİTİ



S2 SARNICI GÜNEY KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ



S2 SARNICI GÜNEY KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

LEJANT

- Örgü Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- Derz Sıvası
- Toprak

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm



RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10

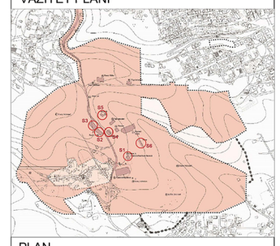
ŞEKİL A.14

PAFTA NO: 14

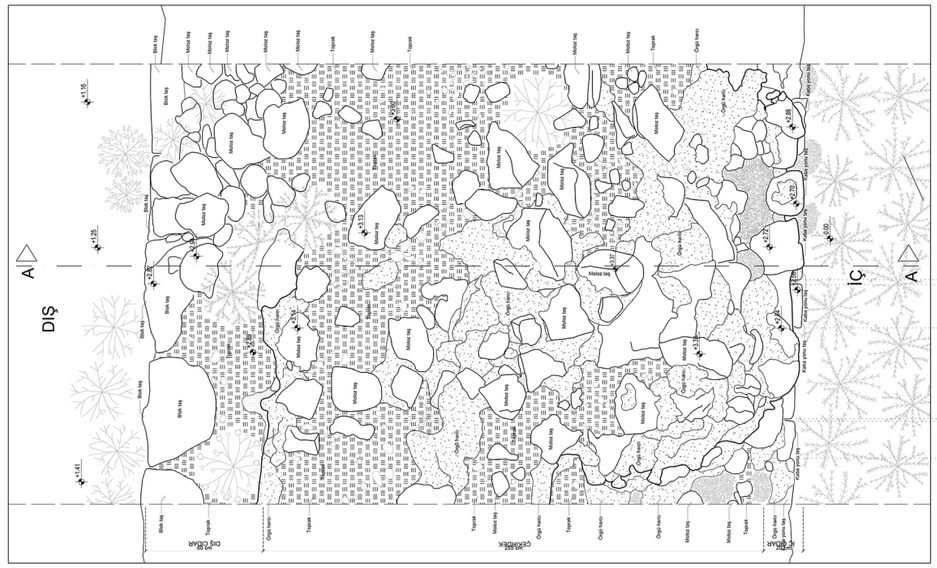
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN
BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN
HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S2 SARNICI

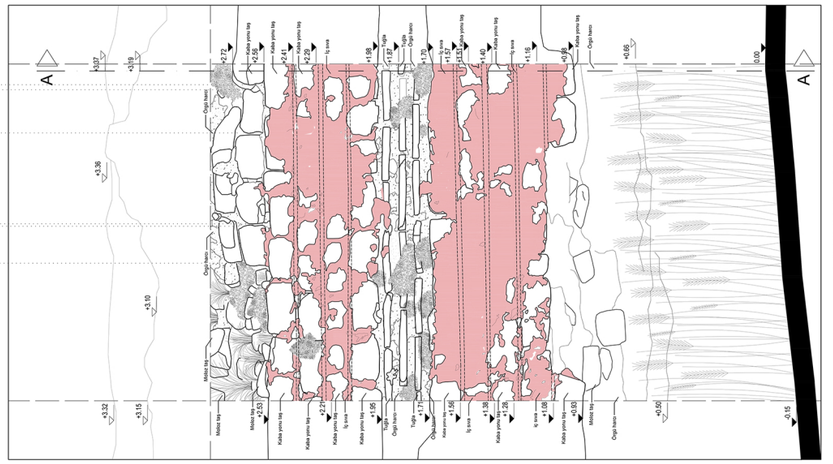
VAZİYET PLANI



PLAN



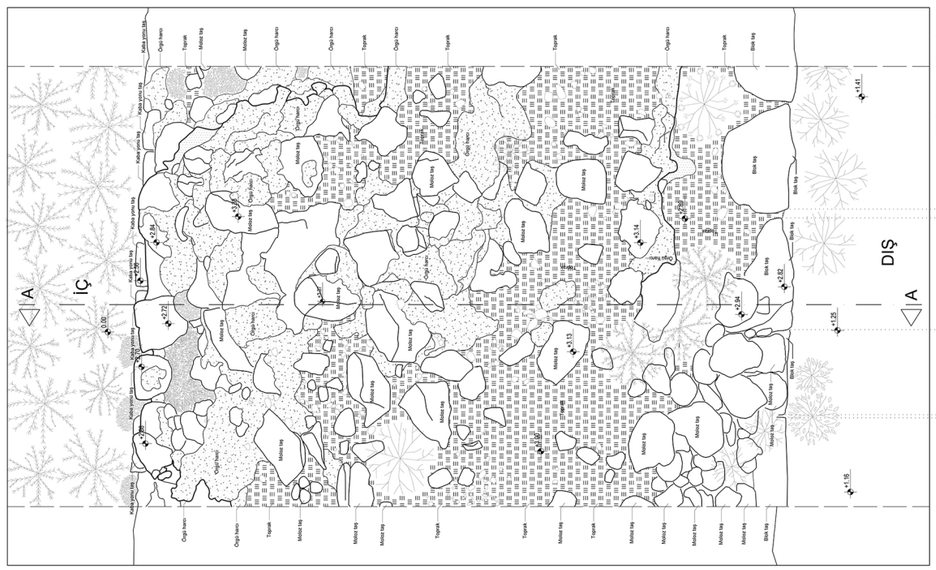
S2 SARNICI KISMİ PLANI



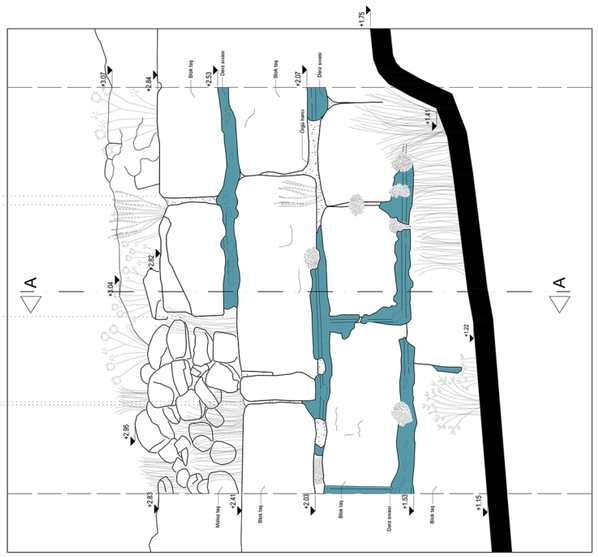
S2 SARNICI GÜNEY KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

LEJANT

- Örgü Harcı
- 1. Sıva Katmanı
- Derz Sıvası
- Toprak



S2 SARNICI KISMİ PLANI



S2 SARNICI GÜNEY KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm



RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10

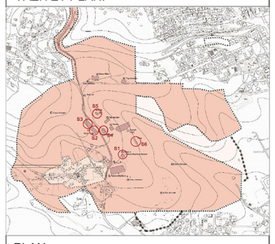
ŞEKİL A.15

PAFTA NO: 15

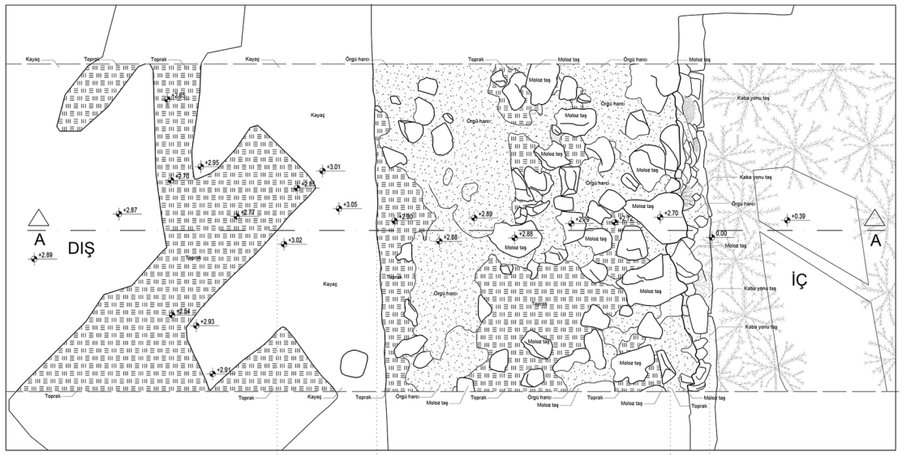
AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S3 SARNICI

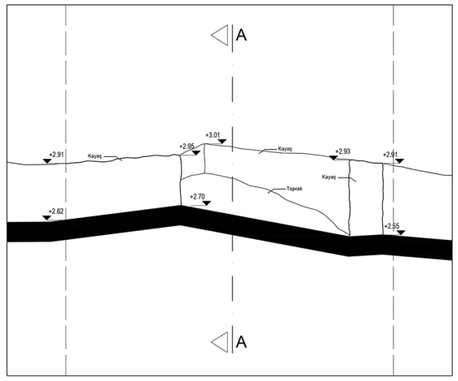
VAZİYET PLANI



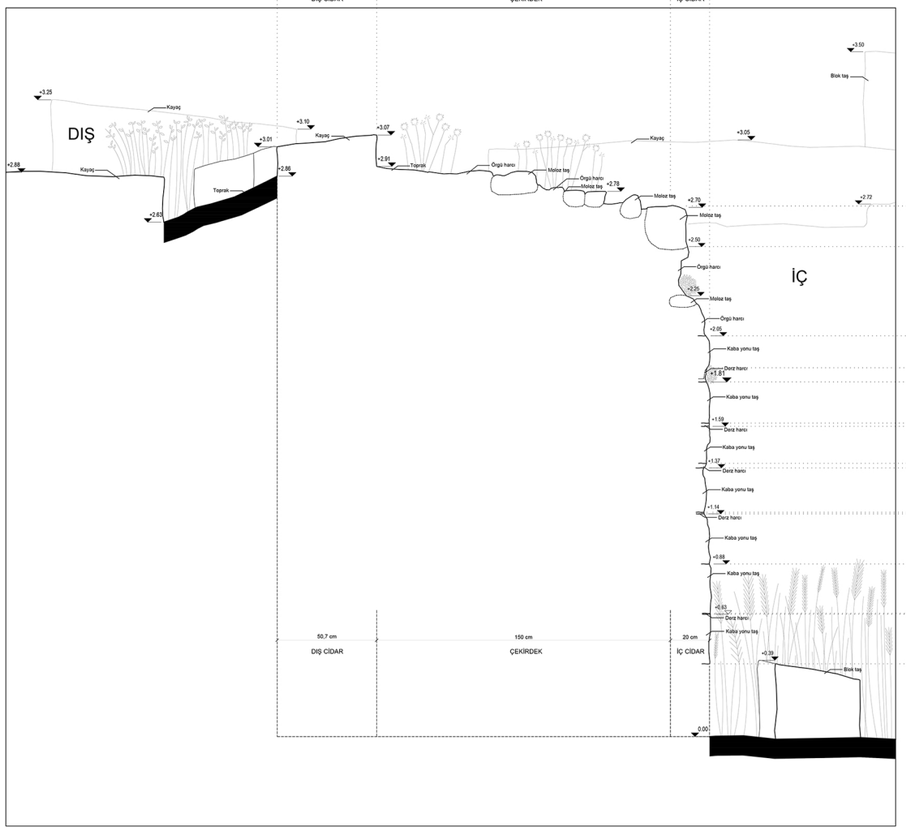
PLAN



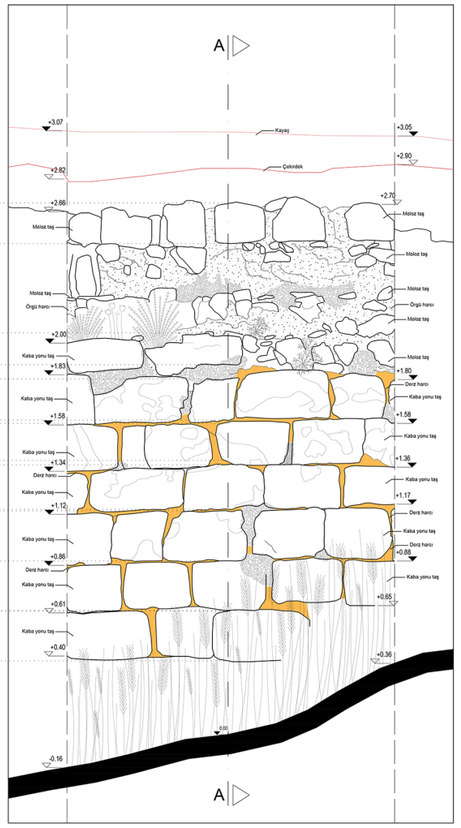
S3 SARNICI KISMİ PLANI



S3 SARNICI GÜNEY KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ



S3 SARNICI KISMİ A-A KESİTİ



S3 SARNICI GÜNEY KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

LEJANT

- Örgü Harcı
- Derz Harcı
- Toprak

0 10 20 30 40 50 cm 100 cm

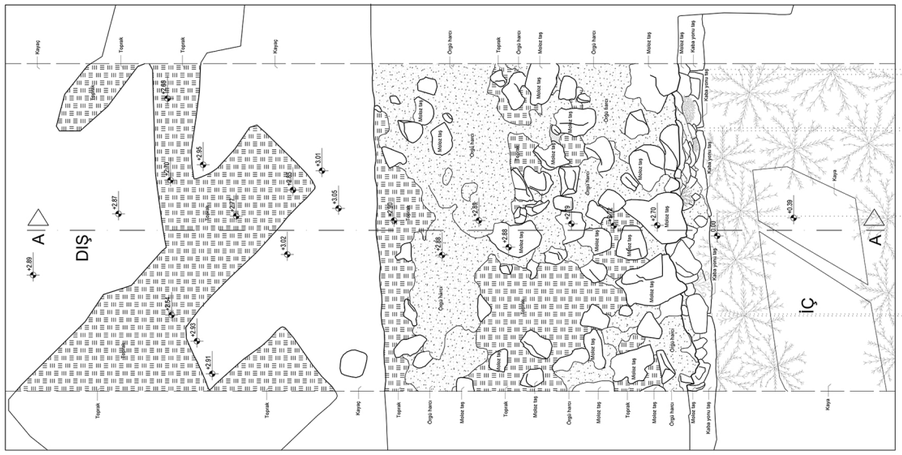


RÖLÖVE

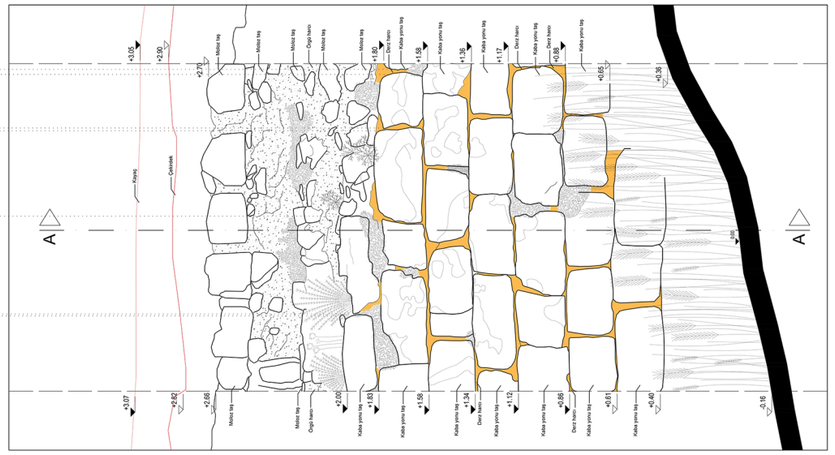
ÖLÇEK: 1/10

ŞEKİL A.16

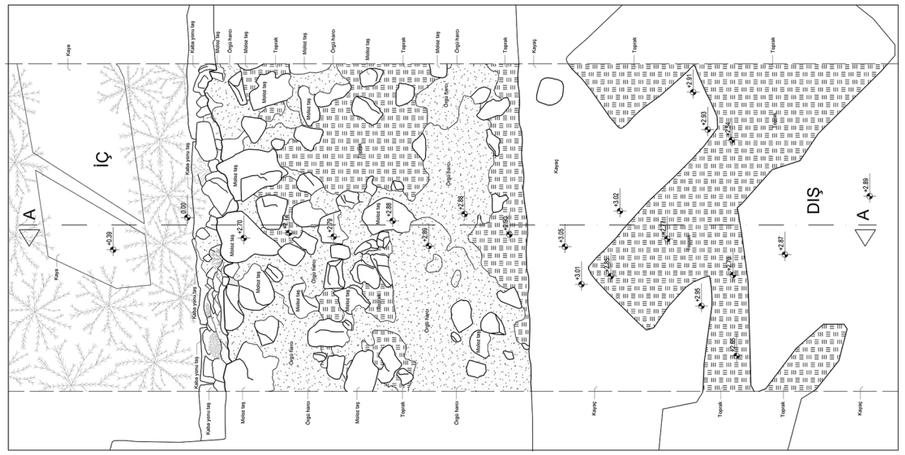
PAFTA NO: 16



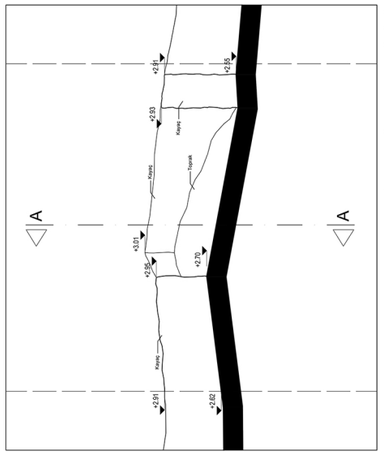
S3 SARNICI KISMİ PLANI



S3 SARNICI GÜNEY KISMİ DIŞ CEPHE GÖRÜNÜŞÜ



S3 SARNICI KISMİ PLANI

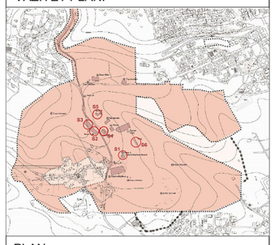


S3 SARNICI GÜNEY KISMİ İÇ DUVAR GÖRÜNÜŞÜ

AYATEKLA (MERYEMLİK) ÖRENYERİ
SU YAPILARININ DUVAR ÖRGÜ TEKNİKLERİNİN
BELGELENMESİ VE YAPILARDA KULLANILAN
HARÇ VE SIVALARIN KARAKTERİZASYONU

S3 SARNICI

VAZİYET PLANI



PLAN

LEJANT

- Örgü Harcı
- Derz Harcı
- Toprak



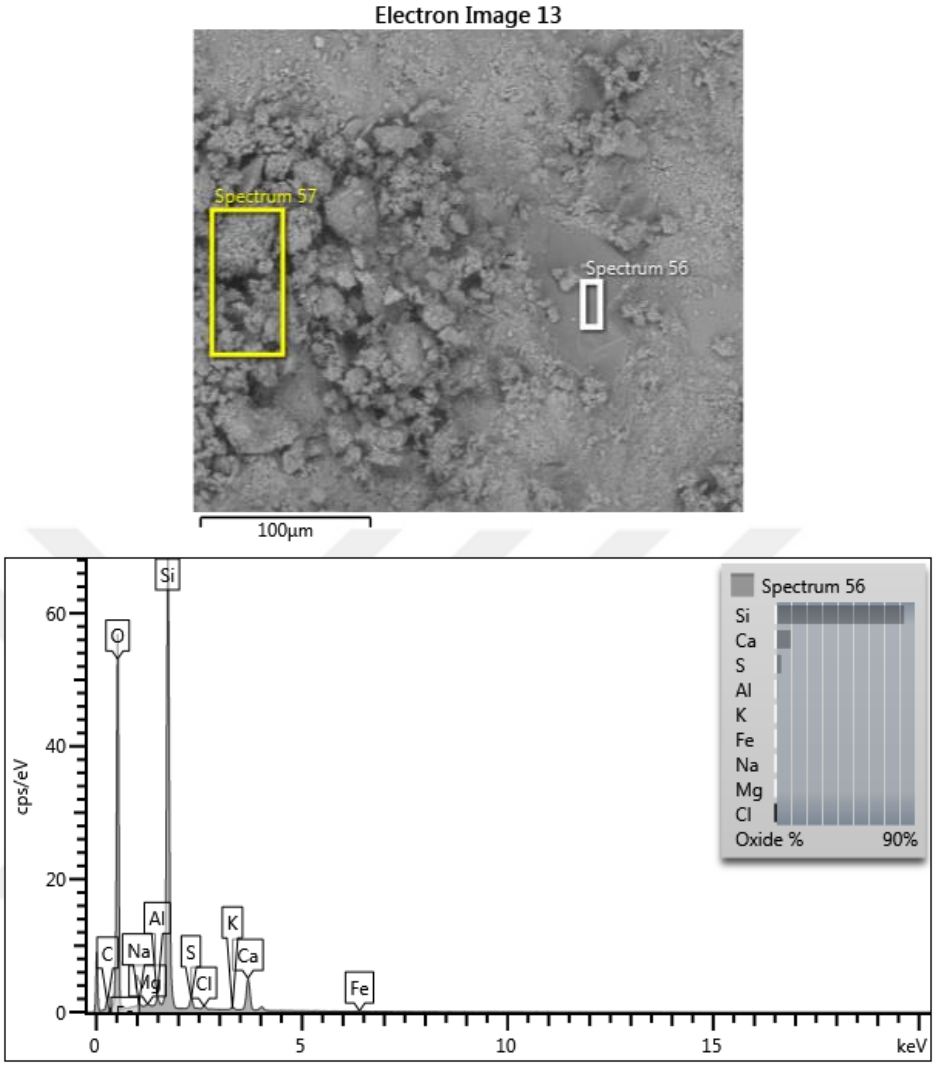
RÖLÖVE

ÖLÇEK: 1/10

ŞEKİL A.17

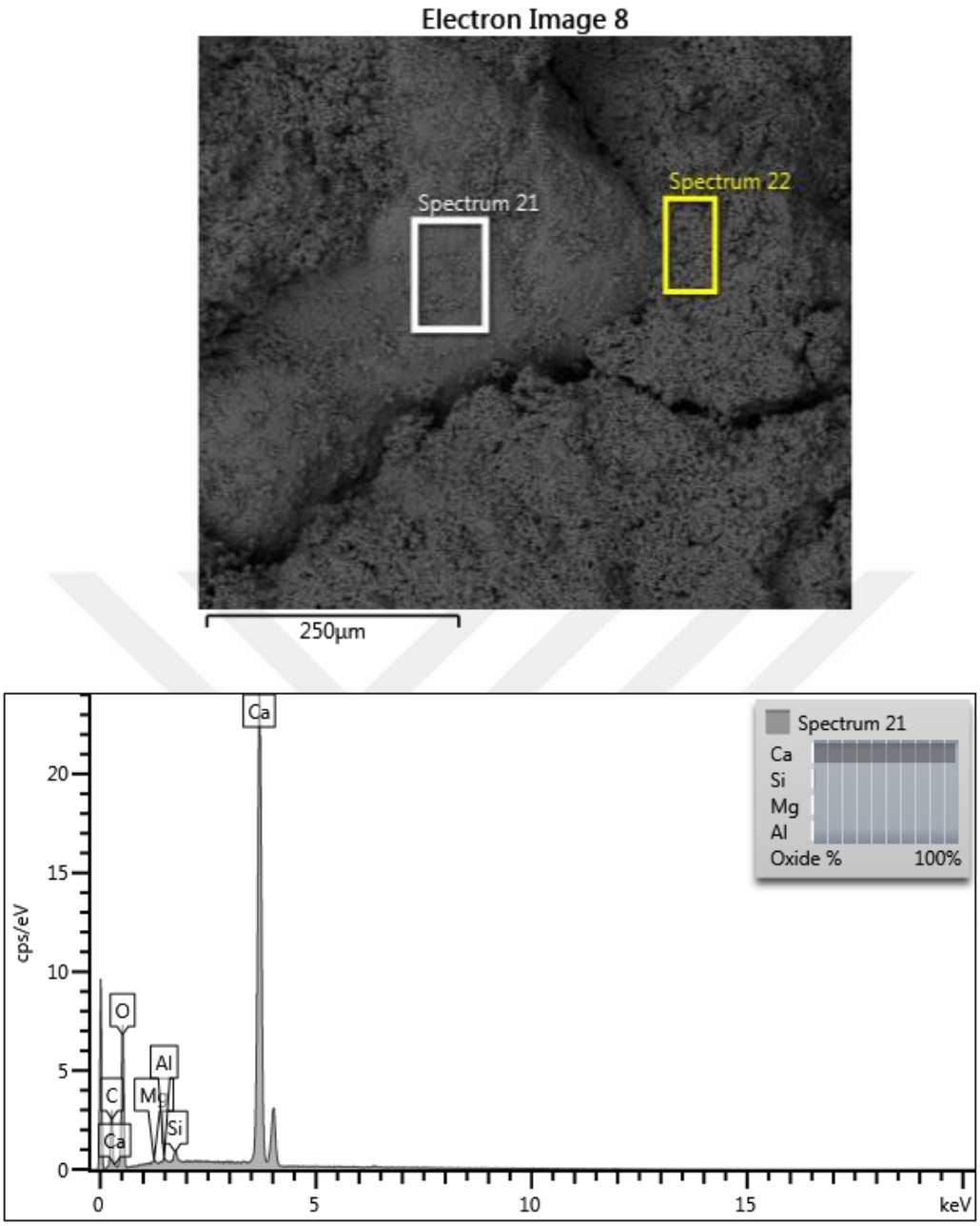
PAFTA NO: 17

EK B: SEM-EDX Sonuçları



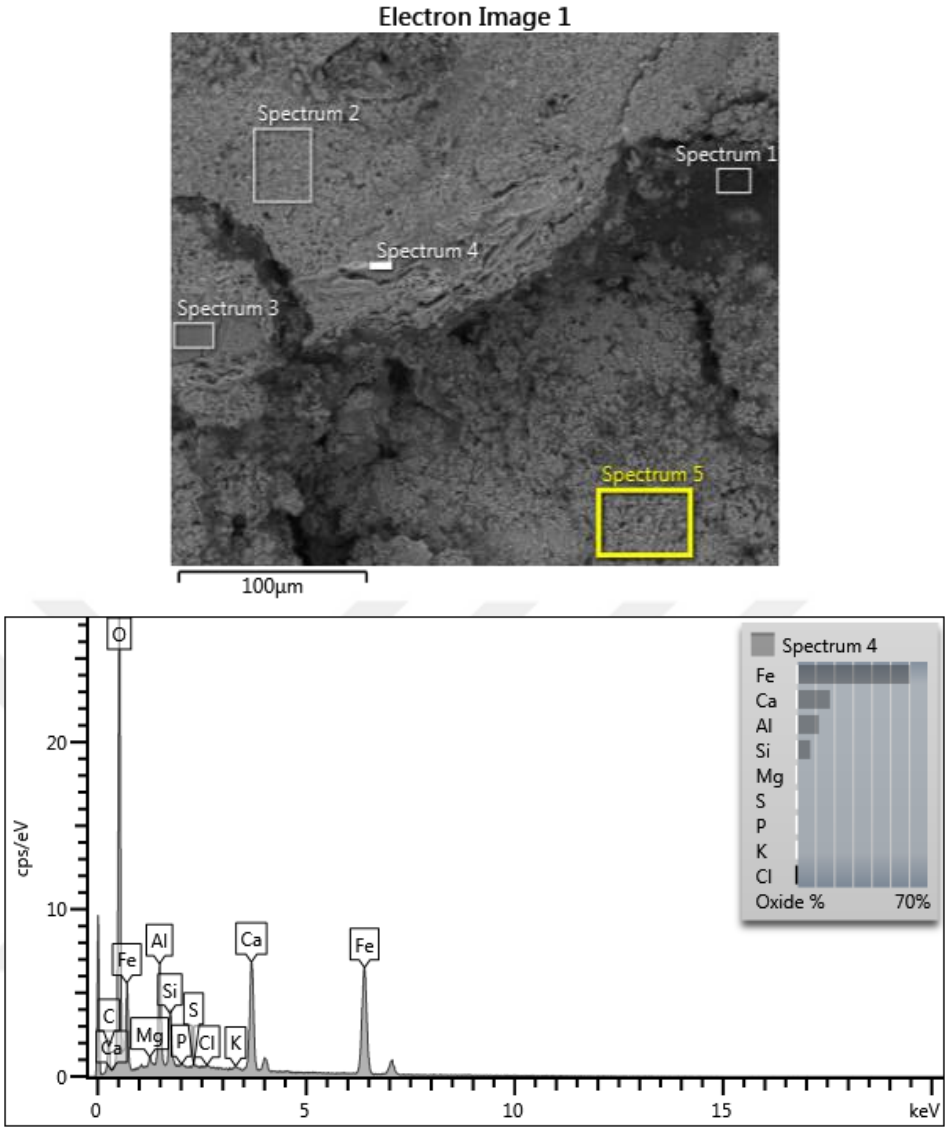
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	50.23	65.14		
Na	0.28	0.26	Na2O	0.38
Mg	0.15	0.13	MgO	0.26
Al	0.63	0.48	Al2O3	1.18
Si	38.84	28.69	SiO2	83.09
S	1.48	0.96	SO3	3.70
Cl	0.53	0.31		0.00
K	0.48	0.25	K2O	0.58
Ca	7.07	3.66	CaO	9.89
Fe	0.30	0.11	FeO	0.39
Total:	100.00	100.00		99.47

Şekil B.1 : C1_P_EW02 nolu örneğin agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi.



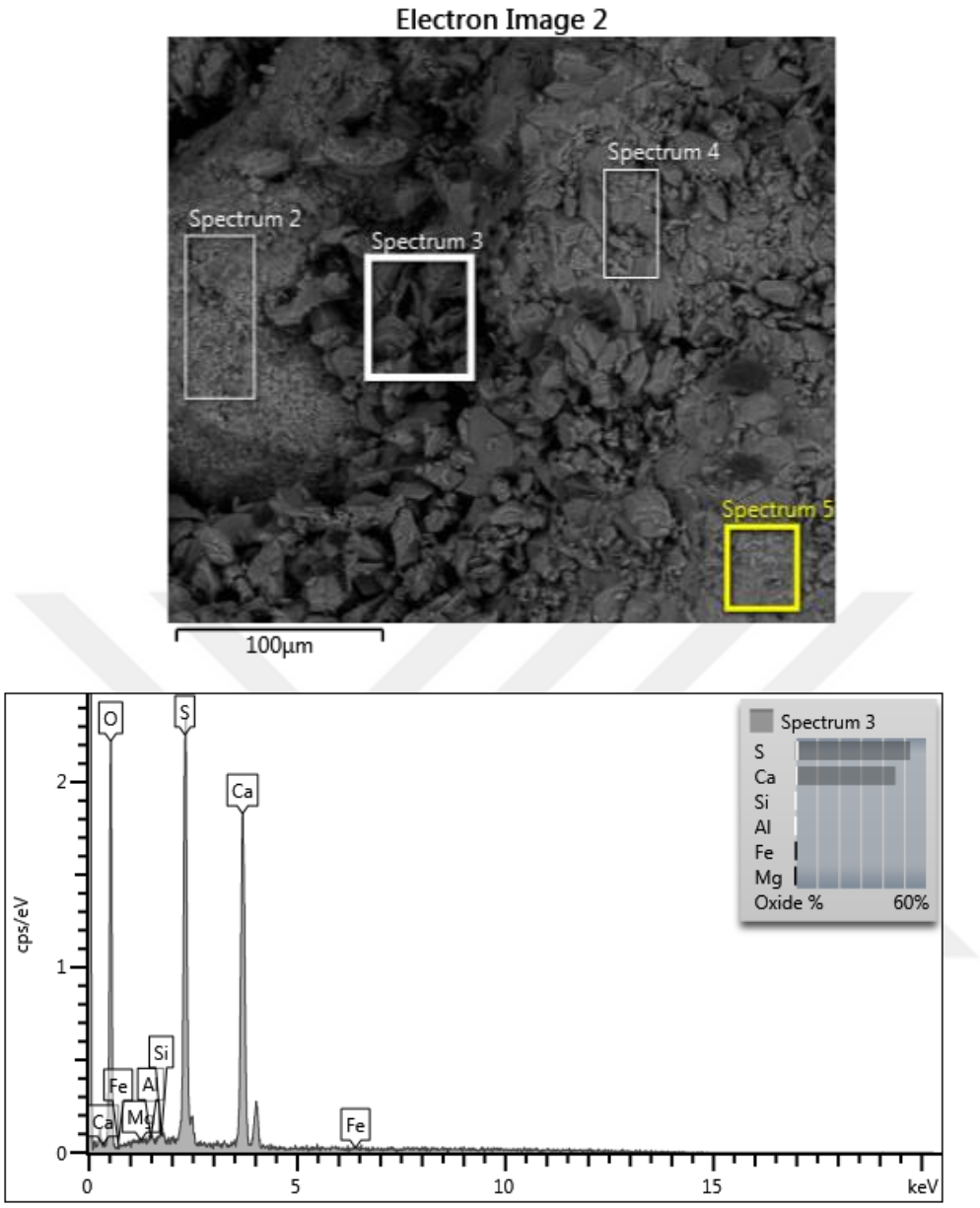
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	29.00	50.38		
Mg	0.25	0.29	MgO	0.42
Al	0.19	0.20	Al2O3	0.36
Si	0.67	0.66	SiO2	1.43
Ca	69.89	48.47	CaO	97.79
Total:	100.00	100.00		100.00

Şekil B.2 : C5_M_WW01 nolu örneğin agrege SEM görüntüsü ve EDX analizi.



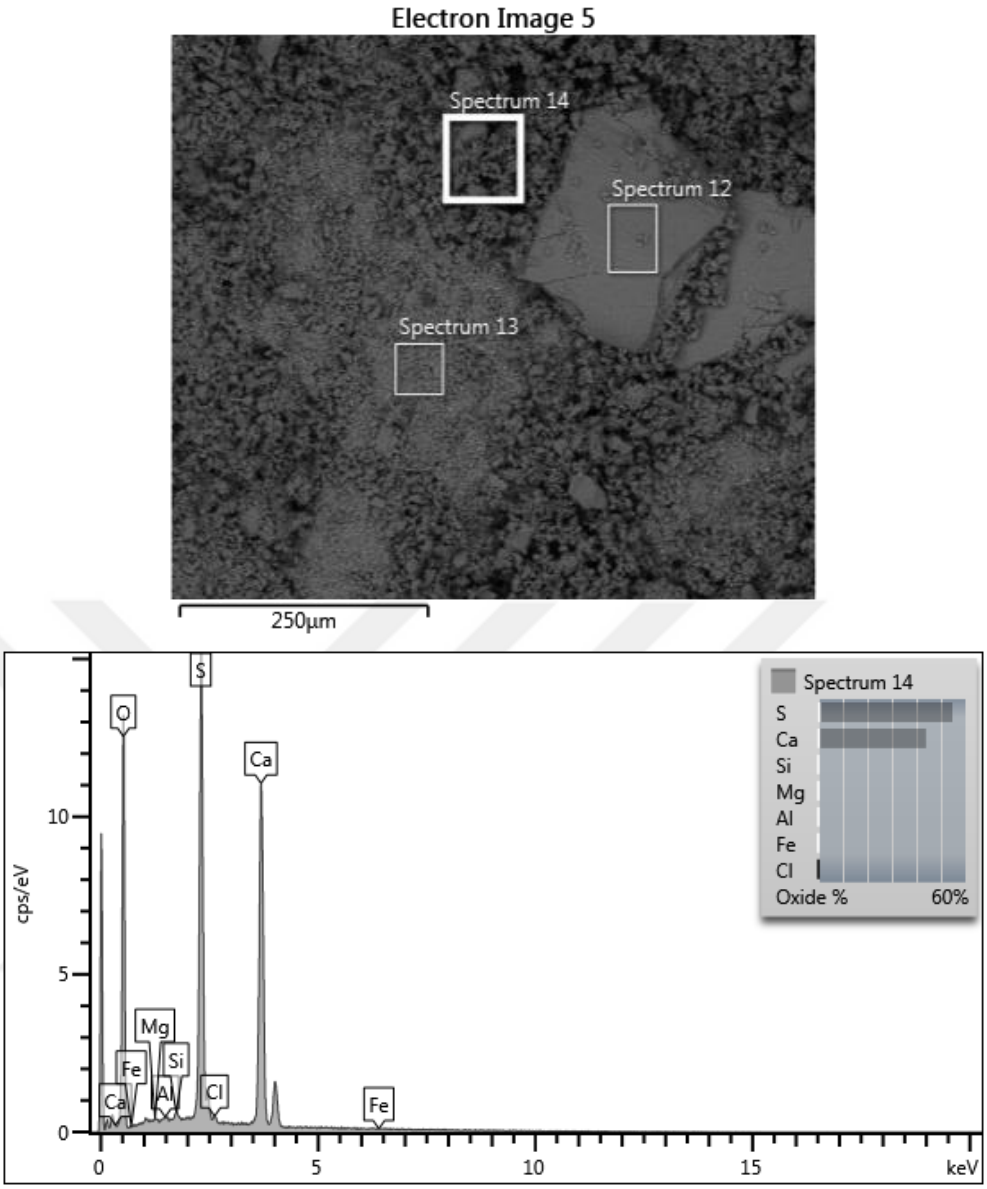
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	29.05	53.70		
Mg	0.65	0.79	MgO	1.07
Al	6.33	6.94	Al2O3	11.96
Si	3.46	3.64	SiO2	7.39
P	0.14	0.14	P2O5	0.33
S	0.16	0.15	SO3	0.40
Cl	0.13	0.11		0.00
K	0.27	0.20	K2O	0.33
Ca	12.81	9.45	CaO	17.92
Fe	47.00	24.89	FeO	60.47
Total:	100.00	100.00		99.87

Şekil B.3 : C1_P_SW04 nolu örneğin agrega SEM görüntüsü ve EDX analizi.



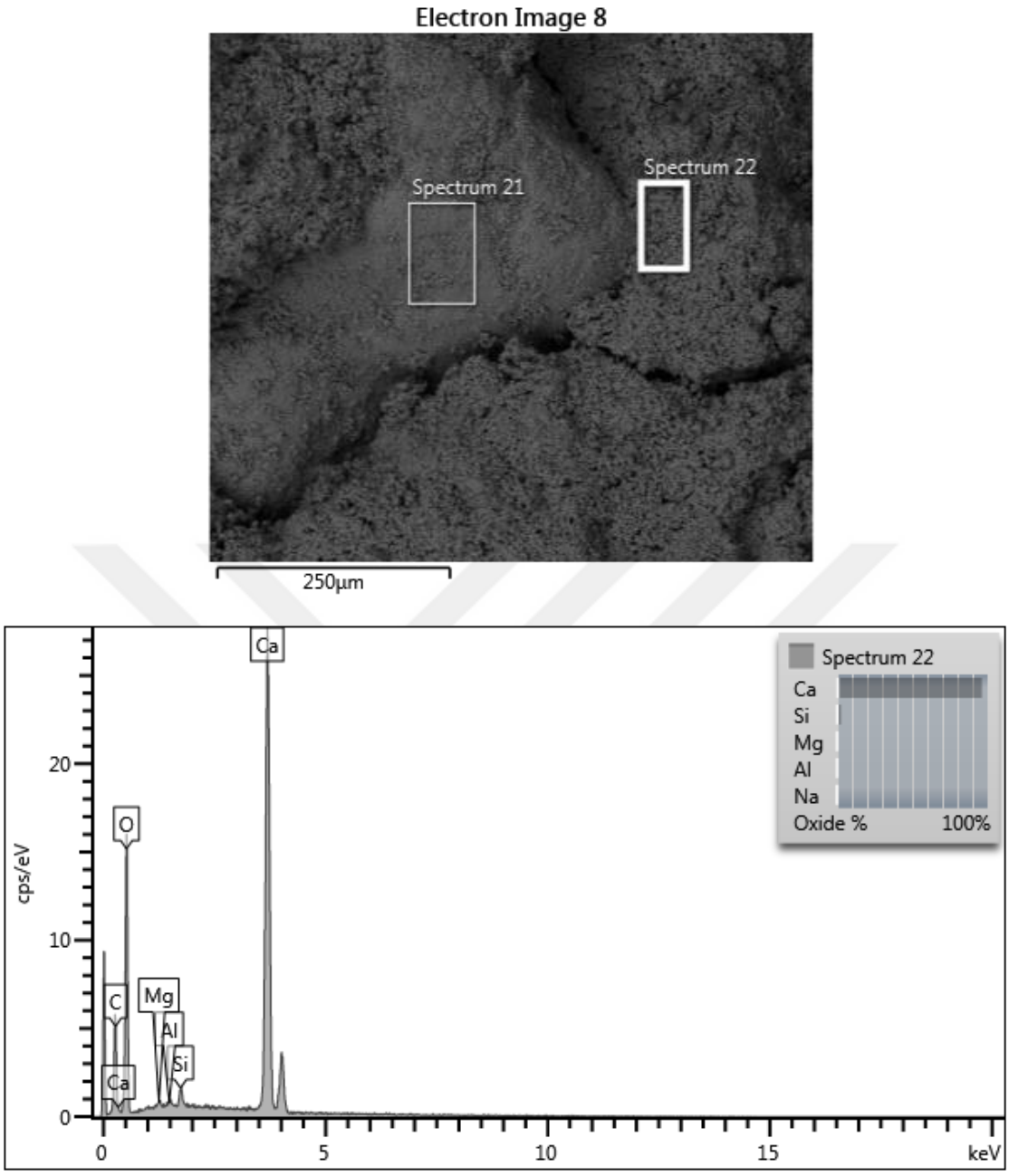
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	45.31	65.35		
Mg	0.06	0.05	MgO	0.09
Al	0.19	0.17	Al2O3	0.37
Si	0.31	0.26	SiO2	0.67
S	21.10	15.18	SO3	52.69
Ca	32.85	18.91	CaO	45.96
Fe	0.17	0.07	FeO	0.22
Total:	100.00	100.00		100.00

Şekil B.4 : C4_M_NW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.



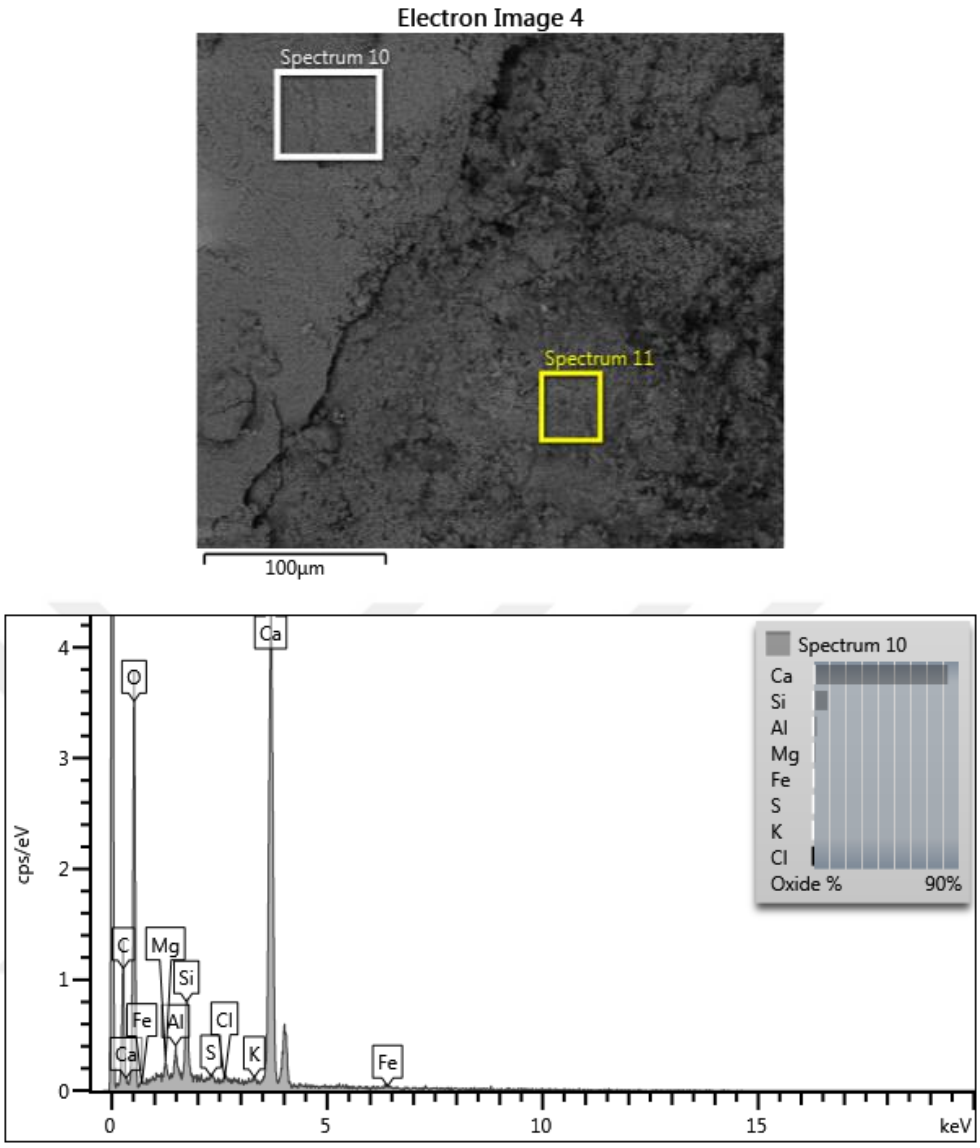
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	45.76	65.64		
Mg	0.11	0.10	MgO	0.18
Al	0.08	0.07	Al2O3	0.15
Si	0.27	0.22	SiO2	0.58
S	21.90	15.67	SO3	54.68
Cl	0.49	0.32		0.00
Ca	31.39	17.97	CaO	43.92
Fe	0.00	0.00	FeO	0.00
Total:	100.00	100.00		99.51

Şekil B.5 : C5_M_EW02 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.



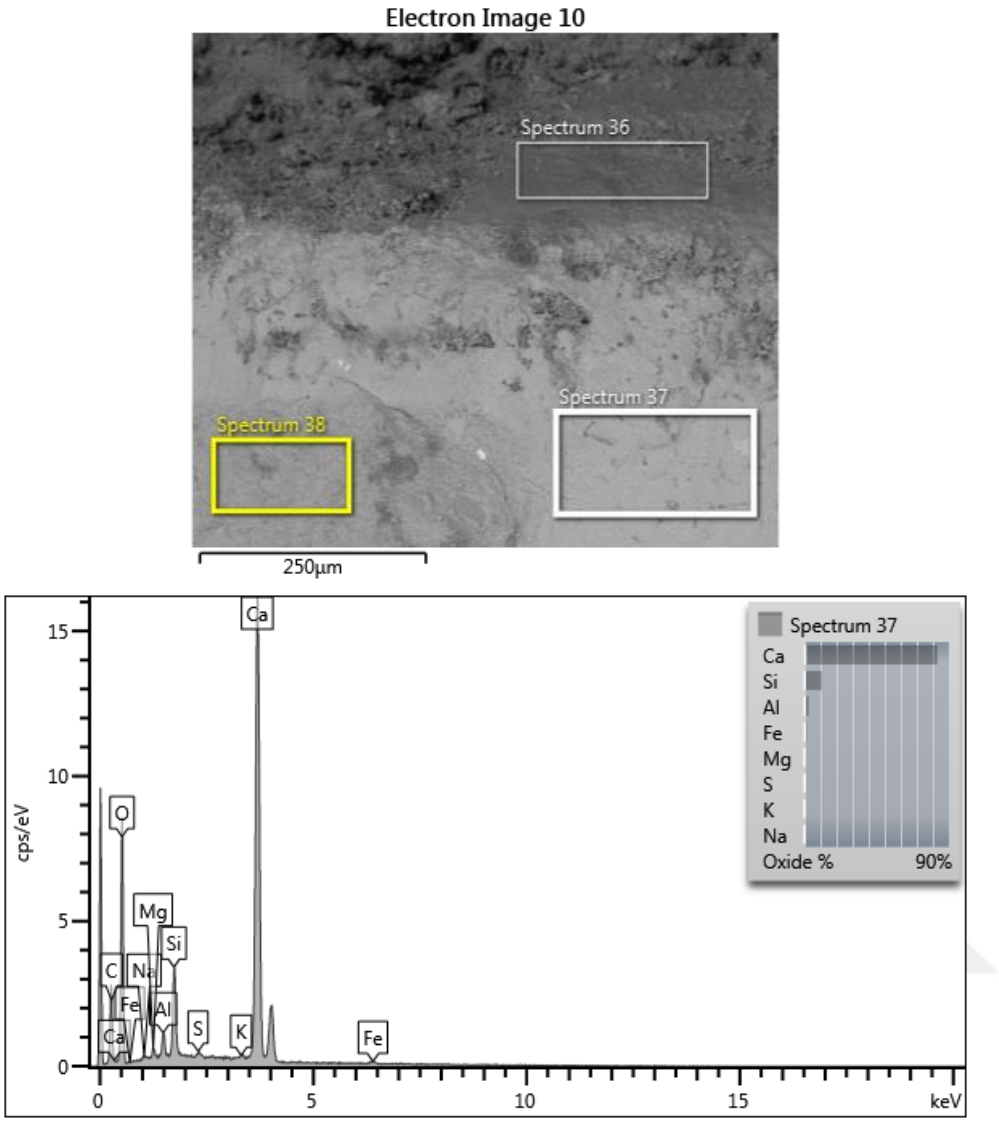
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	29.35	50.67		
Na	0.00	0.00	Na2O	0.00
Mg	0.38	0.43	MgO	0.63
Al	0.31	0.32	Al2O3	0.59
Si	1.20	1.19	SiO2	2.58
Ca	68.76	47.39	CaO	96.21
Total:	100.00	100.00		100.00

Şekil B.6 : C5_M_WW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.



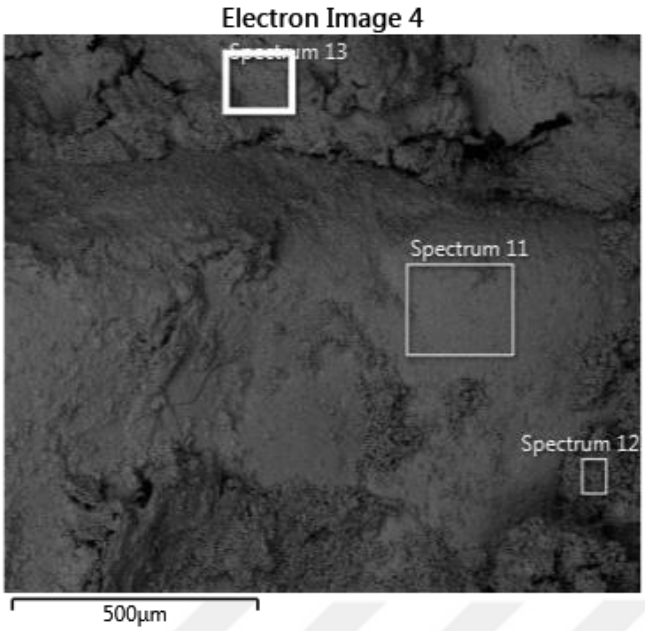
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	31.47	52.44		
Mg	1.00	1.10	MgO	1.66
Al	1.30	1.28	Al2O3	2.46
Si	4.33	4.11	SiO2	9.27
S	0.37	0.31	SO3	0.93
Cl	0.42	0.32		0.00
K	0.54	0.37	K2O	0.65
Ca	59.45	39.54	CaO	83.18
Fe	1.12	0.54	FeO	1.44
Total:	100.00	100.00		99.58

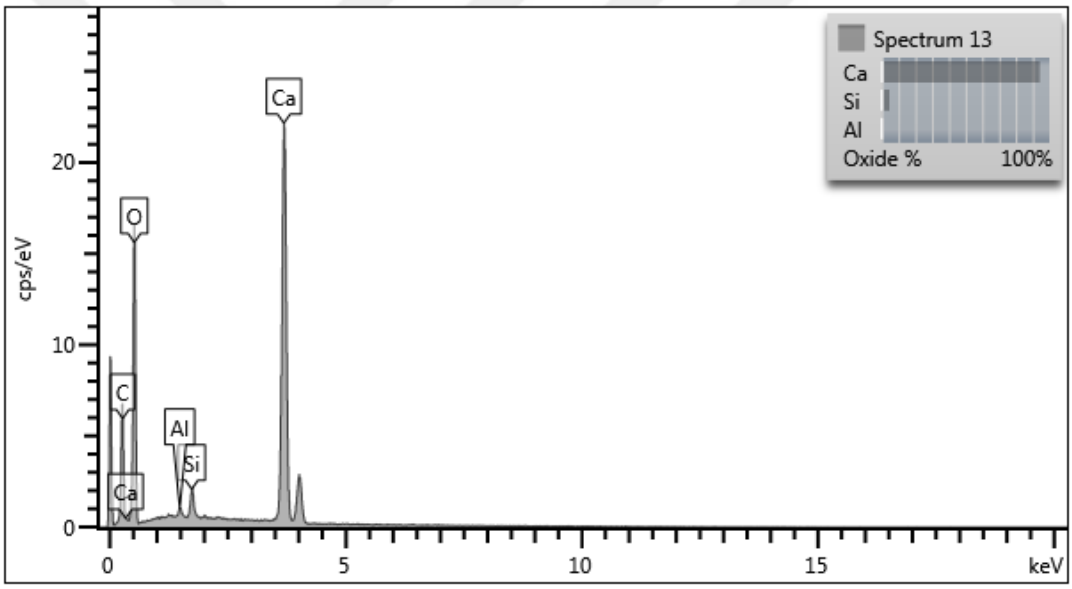
Şekil B.7 : C1_P_SW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.



Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	31.83	52.83		
Na	0.20	0.23	Na2O	0.26
Mg	0.54	0.58	MgO	0.89
Al	1.38	1.36	Al2O3	2.60
Si	5.00	4.73	SiO2	10.70
S	0.30	0.25	SO3	0.74
K	0.37	0.25	K2O	0.45
Ca	59.14	39.18	CaO	82.75
Fe	1.25	0.60	FeO	1.61
Total:	100.00	100.00		100.00

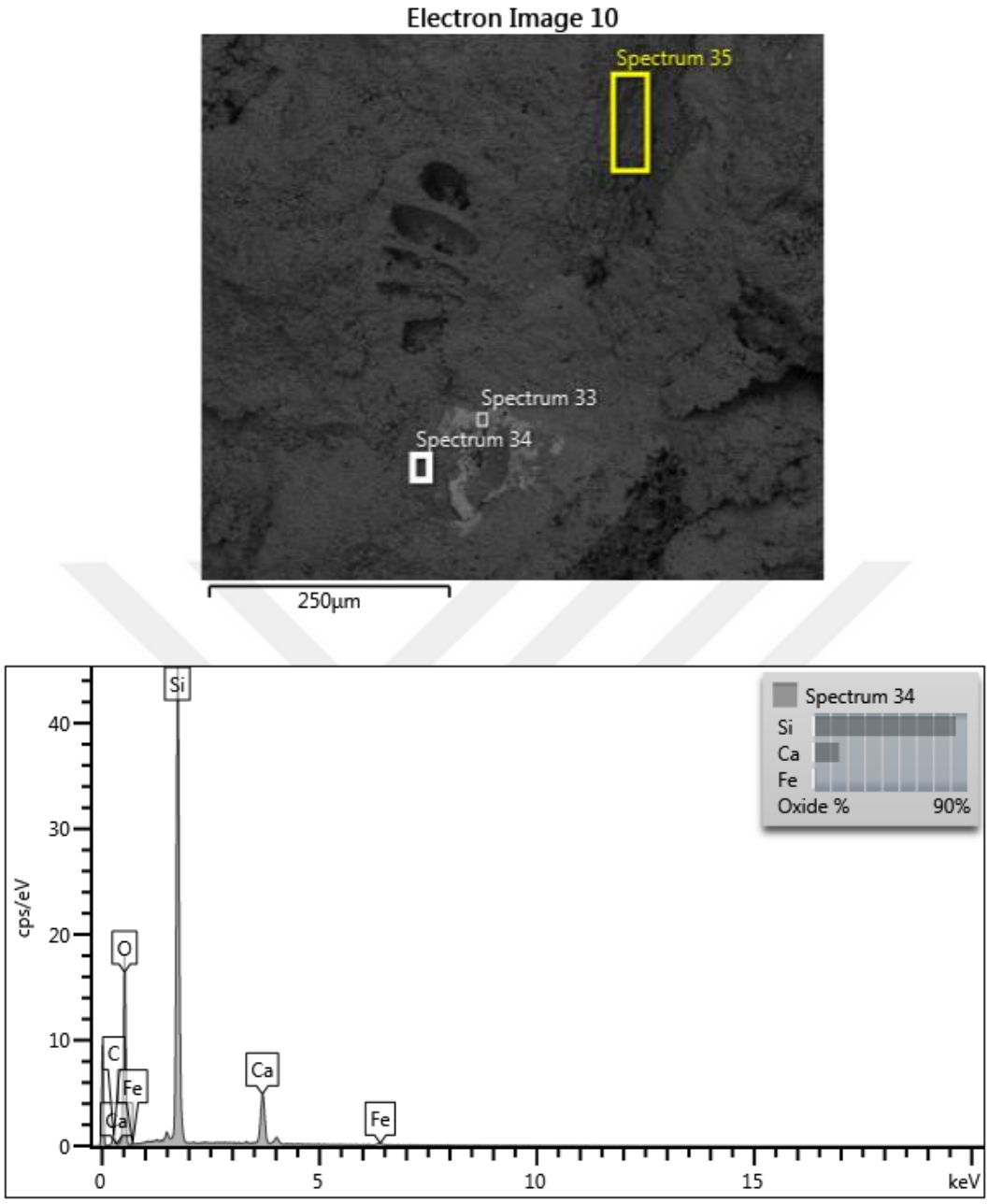
Şekil B.8 : C2_J_WW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.





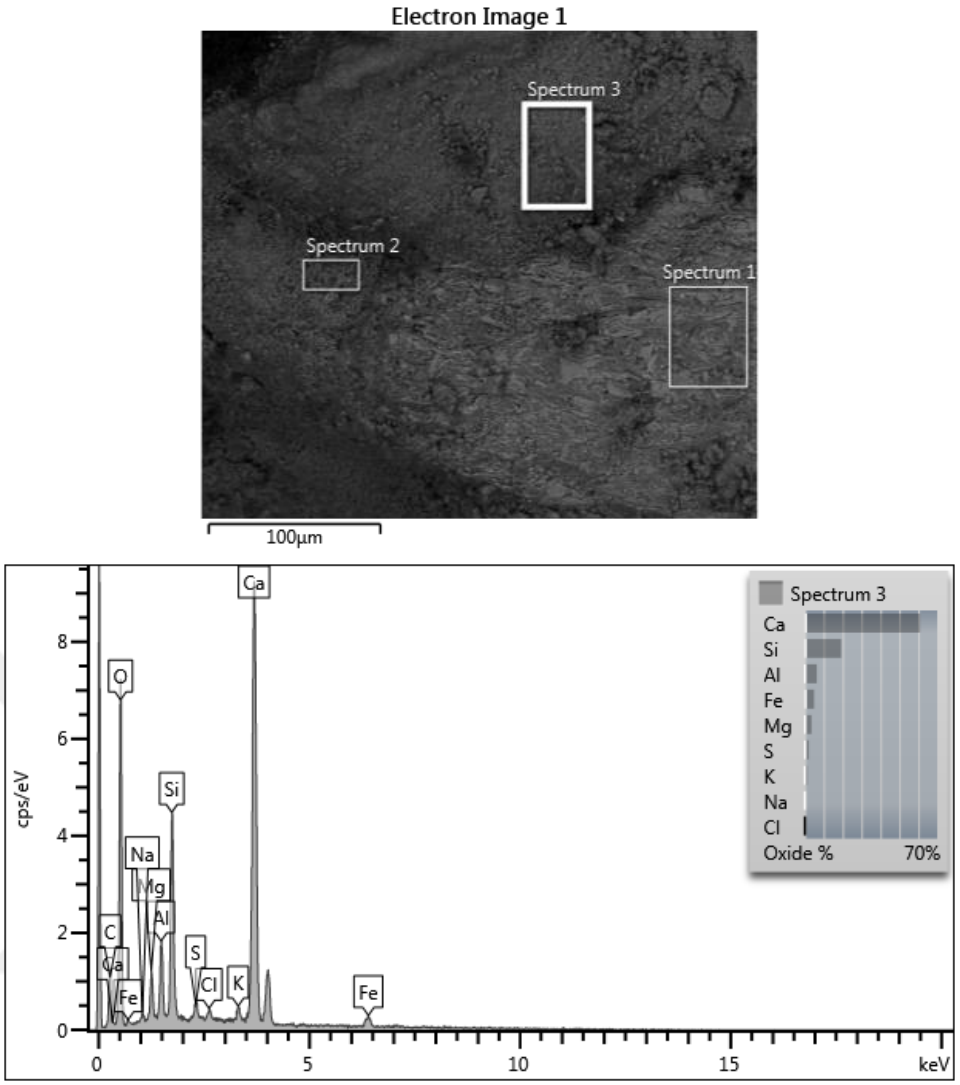
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	29.87	51.19		
Al	0.67	0.68	Al2O3	1.26
Si	2.10	2.05	SiO2	4.49
Ca	67.36	46.08	CaO	94.25
Total:	100.00	100.00		100.00

Şekil B.9 : C6_M_WW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.



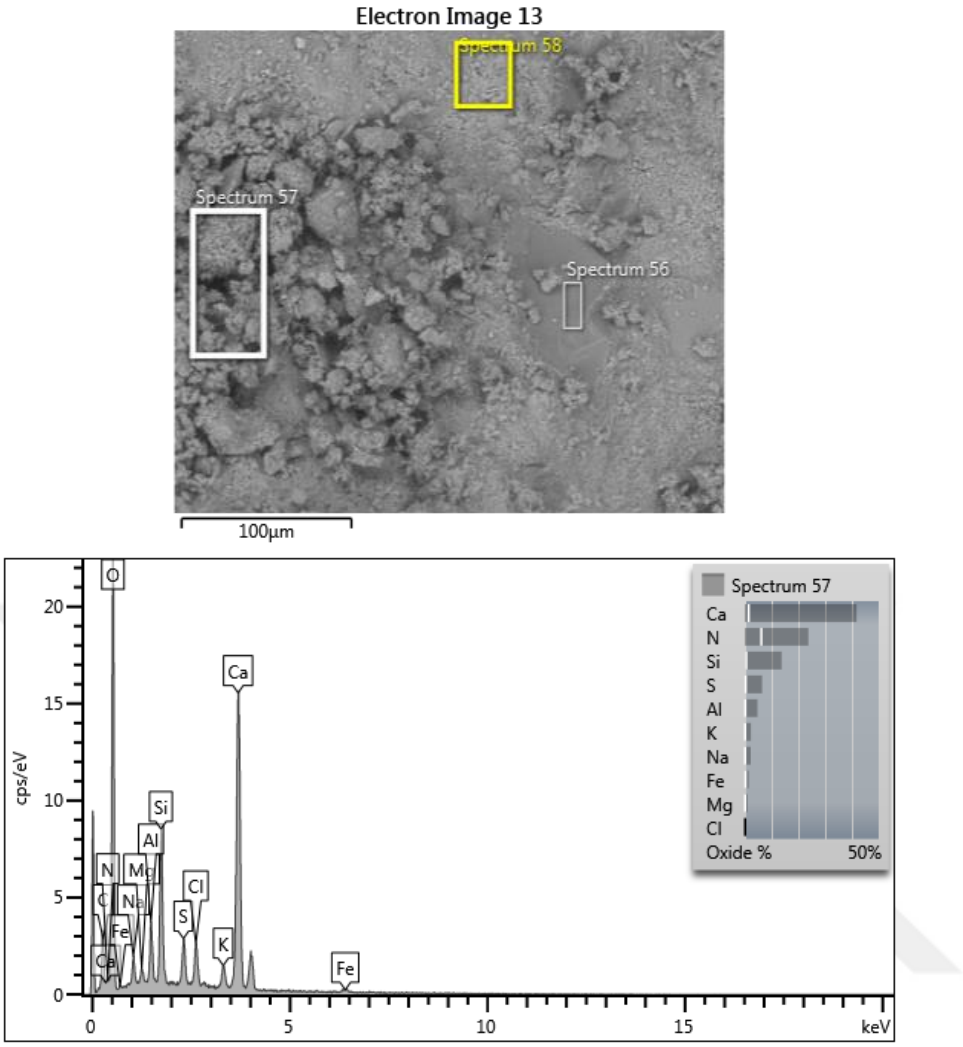
Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	49.02	64.61		
Si	38.92	29.23	SiO2	83.27
Ca	10.83	5.70	CaO	15.16
Fe	1.22	0.46	FeO	1.57
Total:	100.00	100.00		100.00

Şekil B.10 : C2_P_SW01 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.



Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
O	34.87	54.96		
Na	0.45	0.49	Na2O	0.61
Mg	2.15	2.23	MgO	3.56
Al	3.39	3.17	Al2O3	6.40
Si	8.99	8.07	SiO2	19.23
S	0.86	0.68	SO3	2.16
Cl	0.67	0.47		0.00
K	1.19	0.77	K2O	1.43
Ca	43.60	27.43	CaO	61.01
Fe	3.84	1.73	FeO	4.94
Total:	100.00	100.00		99.33

Şekil B.11 : C1_P_SW02 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.



Element	Wt%	Atomic %	Oxide	Oxide %
N	6.15	9.52	N2O5	23.71
O	44.53	60.37		
Na	1.65	1.56	Na2O	2.23
Mg	0.62	0.55	MgO	1.03
Al	2.49	2.00	Al2O3	4.71
Si	6.41	4.95	SiO2	13.72
S	2.58	1.74	SO3	6.43
Cl	2.74	1.67		0.00
K	1.88	1.04	K2O	2.26
Ca	29.81	16.13	CaO	41.71
Fe	1.14	0.44	FeO	1.47
Total:	100.00	100.00		97.26

Şekil B.12 : C1_P_EW02 nolu örneğin bağlayıcı kısım SEM görüntüsü ve EDX analizi.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad **: Merve ÖZTÜRK**

Doğum Tarihi ve Yeri **:**

E-posta **:**

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yükseklisans** **:** 2022, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Restorasyon Programu