



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İMARET-İ ATİK CAMİİ'NDE KULLANILAN OSMANLI-BİZANS DÖNEMİ  
HARÇ VE SIVALARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mesut İŞ**

**Anabilim Dalı: Mimarlık  
Kültürel Mirasın Korunması ve Yönetimi Programı**

**NİSAN 2019**





**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İMARET-İ ATİK CAMİİ'NDE KULLANILAN OSMANLI-BİZANS DÖNEMİ  
HARÇ VE SIVALARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mesut İŞ  
(160203003)**

**(DÜZELTİLMİŞ TEZ)**

**Mimarlık Anabilim Dalı  
Kültürel Mirasın Korunması ve Yönetimi Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI  
Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ferhat PAKDAMAR**

**Teslim Tarihi: 29 Mart 2019**

## DÜZELTME METNİ

1. Çalışma kapsamında, yapının mimari niteliklerinin anlatıldığı 2. bölüm olan “İmaret-i Atik Camii” başlığı tümüyle elden geçirilmiş ve çeşitli eklemelerle geliştirilmiştir.
2. Laboratuvar çalışmaları bölümüne puzolanik aktivite deneyleri eklenmiştir.
3. Dönem değerlendirmesi bölümünde bulunan elek analizi başlıklarına ideal boyut dağılımı ile analiz sonuçlarını içeren granülometri grafiği eklenmiştir.
4. Tezin 4. bölümün alt başlıklarından biri olan “Analiz Sonuçlarının Bulanık mantık Yöntemiyle Değerlendirilmesi” bölümü geliştirilmiş ve yeni başlıklar eklenmiştir.
5. Farklı kaynaklar taranmış ve kaynakça bölümü genişletilmiştir.
6. Çalışma genel olarak kontrol edilmiş, imla hataları giderilmiş ve tez yazım kılavuzuna göre düzenlenmiştir.

FSMVÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün Mimarlık Anabilim Dalı, Kültürel Mirasın Korunması ve Yönetimi Yüksek Lisans Öğrencisi 160203003 numaralı Mesut İŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İMARET-İ ATİK CAMİİ'NDE KULLANILAN OSMANLI-BİZANS DÖNEMİ HARÇ VE SIVALARININ İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI** .....  
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

**Eş Danışman :** **Dr. Öğr. Üyesi Ferhat PAKDAMAR** .....  
Gebze Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Zeynep AYGEN** .....  
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Alidost ERTUĞRUL** .....  
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Mine ESMER** .....  
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : **29 Mart 2019**

**Savunma Tarihi** : **29 Nisan 2019**



*Kıymetli Ailem ve Sevgili Eşime,*



## ÖNSÖZ

Tez çalışmalarımın her aşamasında bana destek olan, konuya dair tüm bilgisini esirgmeden paylaşan, önerileriyle bana yol gösteren ve motivasyonumu üst düzeyde tutan saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI'ya...

Beni sürekli motive eden, çalışmalarımın her aşamasında desteğini esirgemeyen, tez çalışmalarına farklı bir bakış açısı kazandıran ve büyük katkı sağlayan eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ferhat PAKDARMAR'a...

Tarihi yapı malzemeleri konusunda her dönem desteğini gördüğüm, bilgisini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Ahmet GÜLEÇ'e...

Tez çalışmalarım esnasında özellikle yapının çizimleri konusunda yardımcı olan, Mim. Restoratör Kemal PAMPAL'a...

Tüm yaşantım boyunca bana destek olan annem Aysun İŞ'e, babam Selahattin İŞ'e ve kardeşim Ali İŞ'e...

Özellikle tez aşamasında birlikte geçireceğimiz zamandan çokça fedakârlık eden, motivasyonumun azalmasına asla izin vermeyen kıymetli hayat arkadaşım Jeoloji Mühendisi Özden ALP İŞ'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Nisan 2019

Mesut İŞ  
(Jeoloji Mühendisi)



# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY .....	xxi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Amaç .....	2
1.2 Kapsam.....	2
1.3 Yöntem .....	2
1.4 Literatür Araştırması .....	2
<b>2. İMARET-İ ATİK CAMİİ.....</b>	<b>3</b>
2.1 Tarihçe.....	3
2.1.1 Bizans Dönemi .....	3
2.1.2 Osmanlı Dönemi .....	3
2.1.3 Yapının Geçirdiği Onarımlar .....	4
2.2 Mimari .....	8
2.3 Malzeme ve Yapım Tekniği .....	10
2.3.1 Harim (Naos).....	13
2.3.2 Son Cemaat (Narteks) .....	14
2.3.3 Dış Son Cemaat (Dış Narteks) .....	14
<b>3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>15</b>
3.1 Örnek Tanımları .....	15
3.2 Kimyevi Özellikler .....	22
3.2.1 Asit Kaybı Deneyi.....	22
3.2.2 Kızdırma Kaybı (Kalsinasyon) Deneyi .....	23
3.2.3 Suda Çözünebilir Tuz İçeriği .....	26
3.2.4 Organik Madde İçeriği .....	27
3.2.5 Puzolanik Aktivite.....	29
3.3 Petrografik Özellikler .....	31
3.4 Fiziki Özellikler.....	34
3.4.1 Agregat .....	34
3.4.1.1 Agregat Tipi .....	34
3.4.1.2 Dane Boyutu Dağılımı .....	34
3.4.2 Bağlayıcı ve Bağlayıcı-Agregat Oranları.....	36
3.4.3 Boşlukluluk .....	38
3.4.4 Birim Hacim Ağırlık .....	38
3.5 Mekanik Özellikler.....	39
<b>4. DÖNEM DEĞERLENDİRMESİ VE KARŞILAŞTIRMA.....</b>	<b>41</b>
4.1 Harçlar .....	41

4.1.1 Asit Kaybı .....	41
4.1.2 Kızdırma Kaybı (Kalsinasyon) .....	41
4.1.3 Elek Analizi.....	43
4.1.4 Puzolanik Aktivite.....	47
4.2 Sıvalar.....	48
4.2.1 Asit Kaybı .....	48
4.2.2 Kızdırma Kaybı (Kalsinasyon) .....	49
4.2.3 Elek Analizi.....	50
4.3 Sonuçların İstatistikî Değerlendirmesi .....	52
4.4 Analiz Sonuçlarının Bulanık Mantık Yöntemiyle Değerlendirilmesi .....	57
4.4.1 Bulanık Küme ve Mantık Kavramı .....	57
4.4.2 Değişkenlerin Bulanık Mantıkla Tanımlanması .....	58
4.4.3 Bizans Dönemi Harç Değişkenlerinin Bulanıklaştırılması .....	59
4.4.4 Bulanık Mantıkla Dönem Tespiti.....	62
4.4.5 Modelin Test Edilmesi .....	65
<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>69</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>71</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>76</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>101</b>

## **KISALTMALAR**

<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials
<b>BZN</b>	: Bizans Dönemi
<b>CH</b>	: Kalsiyum Hidroksit
<b>GA</b>	: Güven Aralığı
<b>KURAM</b>	: Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma Uygulama ve Araştırma Merkezi
<b>OSM</b>	: Osmanlı Dönemi
<b>SEM-EDS</b>	: Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Dağılım Spektrometresi
<b>SS</b>	: Standart Sapma
<b>TS</b>	: Türk Standartları
<b>VGM</b>	: Vakıflar Genel Müdürlüğü



## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1: Yapıdan alınan örneklerin tanımları.....	21
Çizelge 3.2: Kızdırma kaybı ve asit kaybı analizi .....	25
Çizelge 3.3: Suda çözünebilir tuzlar ve organik madde analizi.....	28
Çizelge 3.4: Puzolanik aktivite analizi elektrik iletkenlik değerleri.....	29
Çizelge 3.5: TS 25’de verilen kimyasal gereklilikler .....	30
Çizelge 3.6: 1 nolu örneğin EDS analizinde tespit edilen element ve oksitler .....	30
Çizelge 3.7: 25 nolu örneğin EDS analizinde tespit edilen element ve oksitler .....	31
Çizelge 3.8: Petrografi analizi yaklaşık bağlayıcı-agrega oranları (alan itibariyle) ..	33
Çizelge 3.9: Elek analizi sonuçları (%) .....	35
Çizelge 3.10: Bağlayıcı-agrega oranları (hacimce) .....	37
Çizelge 3.11: Boşlukluluk ve birim hacim ağırlık değerleri.....	38
Çizelge 3.12: Boşlukluluk ve birim hacim ağırlık değerleri.....	39
Çizelge 3.13: Nokta yükü dayanım indeksi sonuçları .....	39
Çizelge 3.14: Nokta yükü dayanım indeksi sonuçları .....	40
Çizelge 4.1: Harçların max. agrega boyu ve iletkenliklerinin istatistikî değerleri ....	53
Çizelge 4.2: Sıvaların max. agrega boyu ve iletkenliklerinin istatistikî değerleri.....	53
Çizelge 4.3: Harçların elek analizi sonuçlarının istatistikî değerleri.....	54
Çizelge 4.4: Sıvaların elek analizi sonuçlarının istatistikî değerleri.....	54
Çizelge 4.5: Harçların asitle muamele ve kalsinasyon deneyi sonuçlarının istatistikî	55
Çizelge 4.6: Sıvaların asitle muamele ve kalsinasyon deneyi sonuçlarının istatistikî.	55
Çizelge 4.7: Harç örneklerinin bağlayıcı/agrega oranlarının istatistikleri.....	56
Çizelge 4.8: Sıva örneklerinin bağlayıcı/agrega oranlarının istatistikleri .....	56
Çizelge 4.9: Harç örneklerinin istatistikî verileri .....	63
Çizelge 4.10: Modelde kullanılan kurallar .....	65



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Yapının ilk rölövesi (Pulgher, 1878, PL. XIII) .....	4
Şekil 2.2: Güneydoğu cephesi genel görünüm, 1940 (Mathews, 1976, s.64) .....	5
Şekil 2.3: Güney cephe, değiştirilen kemerler, 1970’li yıllar (VGM Arşivi).....	7
Şekil 2.4: Restorasyon öncesi görülen kalem işi bezemeler (Ebersolt, 1913, s.76) ....	7
Şekil 2.5: Eski İmaret Camii Planı (Ebersolt, 1913) .....	8
Şekil 2.6: Caminin güneydoğudan görünüşü (Emiroğlu, 1960) .....	9
Şekil 2.7: Eski İmaret Camii (Van Millingen, 1912).....	9
Şekil 2.8: Eski İmaret Camii (Kırımtayf, 2001) .....	10
Şekil 2.9: Güney cepheye yakın köşedeki duvar örgüsü .....	11
Şekil 2.10: Güney cephedeki kemerde gizli tuğla tekniği .....	11
Şekil 2.11: Tuğla malzemede yapılan boyut ölçümü .....	12
Şekil 2.12: Doğu cephesinde kullanılan od taşı bloklar .....	12
Şekil 2.13: Güney cephe pvc doğrama ve demir parmaklıklar (Birer, 2014).....	13
Şekil 3.1: Çeker ocak içerisinde asitle muameleye giren örnekler (KURAM Lab.) .	22
Şekil 3.2: Toz haline getirilmiş numune ve kül fırını (KURAM Laboratuvarı).....	23
Şekil 3.3: Isıl işleme tabi tutulan kroze içerisindeki örnekler (KURAM Lab.).....	24
Şekil 3.4: Isıl işlem sonrası yapılan tartım (KURAM Laboratuvarı) .....	24
Şekil 3.5: Tuz testi için hazırlanmış örnekler (KURAM Laboratuvarı).....	26
Şekil 3.6: Protein analizi (KURAM Laboratuvarı).....	27
Şekil 3.7: 1 nolu örnek (tuğla kırığı) EDS spektrumu .....	30
Şekil 3.8: 25 nolu örnek (tuğla kırığı) EDS spektrumu .....	31
Şekil 3.9: Stereo mikroskop analizi (KURAM Laboratuvarı).....	32
Şekil 3.10: Polarizan mikroskop (ince kesit) analizi (KURAM Laboratuvarı).....	32
Şekil 3.11: Elek seti ve sarsma cihazı (KURAM Laboratuvarı) .....	36
Şekil 3.12: Nokta yük dayanımı deneyi (KURAM) .....	40
Şekil 4.1: Asitle muamele analizi sonuçları (% kayıp) .....	42
Şekil 4.2: Kızdırma kaybı sonu tespit edilen % CaCO <sub>3</sub> miktarı.....	42

Şekil 4.3: Kalsinasyon deneyi sonucu tespit edilen CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O değerleri.....	43
Şekil 4.4: En büyük tuğla kırığı boyutları.....	44
Şekil 4.5: En büyük kireçtaşı kırığı boyutları .....	44
Şekil 4.6: Harçlarda 125µ elek altında kalan malzeme .....	45
Şekil 4.7: Harçlarda kullanılan silikatlı agregaların granülometri grafiği .....	46
Şekil 4.8: Referans değerler ve incelenen harçların ortalama granülometri eğrisi ....	46
Şekil 4.9: Puzolanik aktivite elektrik iletkenlik ölçümleri .....	47
Şekil 4.10: Bizans ve Osmanlı harçlarının ortalama elektrik iletkenlik değerleri .....	47
Şekil 4.11: Asitle muamele deneyi sonuçları (% kayıp).....	48
Şekil 4.12: Kızdırma kaybı sonucu tespit edilen % CaCO <sub>3</sub> miktarları .....	49
Şekil 4.13: Kalsinasyon deneyi sonucu tespit edilen CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O değerleri.....	49
Şekil 4.14: En büyük tuğla kırığı boyutları.....	50
Şekil 4.15: En büyük kireçtaşı kırığı boyutları .....	50
Şekil 4.16: Sıvaların 125µ elek altında kalan malzeme miktarı (%) .....	51
Şekil 4.17: Sıvaların granülometri eğrisi .....	51
Şekil 4.18: Referans değerler ve ortalama granülometri .....	52
Şekil 4.19: Agregasyon boyutu değişkeninin bulanık küme gösterimi.....	59
Şekil 4.20: Elektrik iletkenliği değişkeninin bulanık küme gösterimi.....	60
Şekil 4.21: Elek analizi değişkeninin bulanık küme gösterimi.....	60
Şekil 4.22: Molekül suyu ve organik madde değişkeninin bulanık küme gösterimi .	61
Şekil 4.23: CaCO <sub>3</sub> içeriği değişkeninin bulanık küme gösterimi .....	61
Şekil 4.24: Asitle kayıp değişkeninin bulanık küme gösterimi .....	62
Şekil 4.25: Harç dönemi bulanık tespit modelinin genel girdi çıktı görünümü.....	63
Şekil 4.26: Modelin Max Agregasyon Boyutu girdisinin bulanık küme grafik gösterimi	64
Şekil 4.27: Modelin CaCO <sub>3</sub> miktarı girdisinin bulanık küme grafik gösterimi.....	64
Şekil 4.28: Modelin Asit Kaybı girdisinin bulanık küme grafik gösterimi .....	64
Şekil 4.29: Harç özelliklerine bağlı olarak Osmanlı Döneminin model karşılığı.....	66
Şekil 4.30: Harç özelliklerine bağlı olarak Bizans Döneminin model karşılığı .....	66
Şekil 4.31: Harç özelliğine bağlı olarak Osmanlı Dönemi'ne ait olma derecesi.....	67
Şekil A.1: Örnek konumları (1, 25, 26, 38, 39, 40 ve 43 nolu örnekler).....	78
Şekil A.2: Örnek konumları (2, 3, 6, 27, 28, 41 ve 42 nolu örnekler).....	79
Şekil A.3: Örnek konumu (4 nolu örnek) .....	80
Şekil A.4: Örnek konumları (5, 7 ve 29 nolu örnekler).....	81
Şekil A.5: Örnek konumları (8, 9, 10, 44, 30 ve 31 nolu örnekler).....	82

<b>Şekil A.6:</b> Örnek konumları (11, 12, 13 ve 32 nolu örnekler).....	83
<b>Şekil A.7:</b> Örnek konumları (14, 15, 16, 17, 22 ve 23 nolu örnekler).....	84
<b>Şekil A.8:</b> Örnek konumları (18, 19, 20, 34, 35, 36 ve 45 nolu örnekler).....	85
<b>Şekil A.9:</b> Örnek konumları (21, 23 ve 24 nolu örnekler).....	86
<b>Şekil A.10:</b> Örnek konumu (37 nolu örnek) .....	87
<b>Şekil B.1:</b> 1 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop .....	89
<b>Şekil B.2:</b> 2 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop .....	89
<b>Şekil B.3:</b> 3 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop .....	89
<b>Şekil B.4:</b> 4 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop .....	89
<b>Şekil B.5:</b> 5 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop .....	90
<b>Şekil B.6:</b> 6 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop .....	90
<b>Şekil B.7:</b> 7 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop .....	90
<b>Şekil B.8:</b> 8 nolu örnek ait; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop....	90
<b>Şekil B.9:</b> 9 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop .....	91
<b>Şekil B.10:</b> 10 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	91
<b>Şekil B.11:</b> 11 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	91
<b>Şekil B.12:</b> 12 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	91
<b>Şekil B.13:</b> 13 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	92
<b>Şekil B.14:</b> 14 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	92
<b>Şekil B.15:</b> 15 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	92
<b>Şekil B.16:</b> 16 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	92
<b>Şekil B.17:</b> 17 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	93
<b>Şekil B.18:</b> 18 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	93
<b>Şekil B.19:</b> 19 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	93
<b>Şekil B. 20:</b> 20 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop....	93
<b>Şekil B.21:</b> 21 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	94
<b>Şekil B.22:</b> 22 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	94
<b>Şekil B.23:</b> 23 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	94
<b>Şekil B.24:</b> 24 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	94
<b>Şekil B.25:</b> 25 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	95
<b>Şekil B.26:</b> 26 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	95
<b>Şekil B.27:</b> 27 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	95
<b>Şekil B.28:</b> 28 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	95
<b>Şekil B.29:</b> 29 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	96

<b>Şekil B.30:</b>	30 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	96
<b>Şekil B.31:</b>	31 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	96
<b>Şekil B.32:</b>	32 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	96
<b>Şekil B.33:</b>	33 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	97
<b>Şekil B.34:</b>	34 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	97
<b>Şekil B.35:</b>	35 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	97
<b>Şekil B.36:</b>	36 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	97
<b>Şekil B.37:</b>	37 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	98
<b>Şekil B.38:</b>	38 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	98
<b>Şekil B.39:</b>	39 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	98
<b>Şekil B.40:</b>	40 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	98
<b>Şekil B.41:</b>	41 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	99
<b>Şekil B.42:</b>	42 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	99
<b>Şekil B.43:</b>	43 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	99
<b>Şekil B.44:</b>	44 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop.....	99
<b>Şekil B.45:</b>	45 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop...	100

# İMARET-İ ATİK CAMİİ'NDE KULLANILAN OSMANLI-BİZANS DÖNEMİ HARÇ VE SIVALARININ İNCELENMESİ

## ÖZET

Anadolu coğrafyası, binlerce yıldır her yönden bu bölgeye gelen toplulukların, kültürlerin ve uygarlıkların geride bıraktığı izlerle zenginleşmiş, farklılıkların harmanlandığı bir coğrafya olmuştur. Özellikle Bizans ve Osmanlı İmparatorluğu döneminde yapılan ve günümüzde hala varlığını sürdüren birçok yapıya da ev sahipliği yapmaktadır.

Bu denli kültürel ve mimari zenginliğe sahip coğrafyada geçmiş ve geleceği kenetleyecek olan mimari mirasın, anıtsal değeri olan eserlerin diğer bir deyişle taşınmaz kültür varlıklarının gelecek nesillere özgünlüğünü koruyarak aktarılması ve sürdürülebilir şekilde yaşatılması önemli bir gerekliliktir. Gelecek nesillere ve diğer dünya topluluklarına kendi geçmişimizi ve coğrafyamız üzerinde sahip olduğumuz kültürel mirası tanıtmaya açısından anıtsal değeri olan eserlerimizi iyi anlamak, iyi analiz etmek ve bu doğrultuda çalışmalar yapmak büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla ülkemizde taşınmaz kültür varlıklarının özgün niteliklerini belirlemek üzere kurulmuş çeşitli üniversitelere bağlı araştırma merkezleri ve kamu kuruluşları faaliyetlerine devam etmektedir.

Tarihi yapılar üzerinde onarım çalışmalarına başlamadan önce yapıda kullanılan harç, sıva, ahşap vb. yapı malzemelerinin karakteristik özelliklerinin ve kronolojisinin belirlenmesi yapım tarihine ve restorasyon önerilerine önemli ölçüde ışık tutmaktadır.

Restorasyon çalışmaları esnasında verilecek kararlar için harç terkiplerine, harçların fiziki ve kimyevi özelliklerine, ayrıca harç ve sıvaların çevre etkilerinden ne derece etkilendiği hususuna vakıf olmak, onarımda kullanılacak harç ve sıvaların özgün malzemenin özelliklerine benzer nitelikte olması, başarılı uygulamalar açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul ili, Fatih ilçesinde bulunan fetih sonrası kiliseden camiye çevrilmiş olan İmaret-i Atik Camii'nde Bizans ve Osmanlı İmparatorluğu dönemlerinde kullanılan harç ve sıvaların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Tezin birinci bölümünde, çalışmanın amacı, kapsamı ve yönteminden, ikinci bölümünde, yapının tarihçesi, mimari özellikleri ile malzeme ve yapım tekniğinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde laboratuvar çalışmaları ele alınmış ve deneylerden

elde edilen sonuçlar verilmiştir. Dördüncü bölümde ise laboratuvar çalışmalarında elde edilen sonuçlar ‘Bulanık Mantık’ yöntemiyle analiz edilerek malzemelerin dönemleri arasında karşılaştırmalı dönem değerlendirmesi yapılmıştır.

# **A RESARCH ON OTTOMAN–BYZANTINE PERIOD MORTARS AND PLASTERS USED IN IMARET-I ATIK MOSQUE**

## **SUMMARY**

Anatolian geography has been enriched with the traces left behind by the communities, cultures and civilizations that have come to this region for thousands of years and has been a geography where differences are blended. It is also home to many buildings built during the Byzantine and Ottoman Empire periods, which still exist today.

In this geography with such cultural and architectural richness, it is an important requirement that the architectural heritage, which will interlock the past and the future, the monuments of monumental value, in other words, the immovable cultural assets to be transferred to the future generations while preserving their authenticity and sustaining them in a sustainable manner. In order to introduce our own past and the cultural heritage we have on our geography to future generations and other world communities, it is of great importance to understand, analyze and work on our monumental works. For this purpose, research centers and public institutions affiliated to various universities have been established in order to determine the original characteristics of immovable cultural assets in our country and they continue their activities.

Determination of the characteristic properties and chronology of mortar, plaster, wood, etc. used in the building before starting the repair works on the historical buildings sheds significant light on the construction date and restoration proposals.

In order for the restoration works to be successful, it is important to be aware of the mortar compositions, the physical and chemical properties of the mortars, and to what extent the mortars and plasters are affected by the environmental effects, and that the mortars and plasters to be used in the repair are similar to the characteristics of the original material.

In this study, it is aimed to determine the characteristics of mortars and plasters used in the Byzantine and Ottoman Empire periods in Imaret-i Atik Mosque in Fatih district of Istanbul which was converted from church to mosque after conquest.

In the first chapter of the thesis, the purpose, scope and method of the study are explained. In the second chapter, the history of the building, its architectural features, materials and construction techniques are mentioned. In the third chapter, laboratory studies and the results obtained from the tests are given. In the fourth chapter, the results obtained in the laboratory studies were analyzed by ‘Fuzzy Logic’ method and comparison and evaluation of the period between the periods were given.



## 1. GİRİŞ

1946 yılında Türkiye'nin de içinde bulunduğu yirmi ülkenin onamasıyla yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu (UNESCO) tarafından kabul edilen Venedik Sözleşmesi (1964) ile tarihi yapıların sadece birer mimari eser olmadığı aynı zamanda ait oldukları uygarlığın, kültürün, geleneğin; önemli bir gelişmenin, tarihi bir olayın tanıklığını yapan özgün belgeler oldukları bu sebeple sadece bir sanat eseri olarak değil tarihi bir belge olarak da korunmaları gerektiği ortaya konulmuş ve dünya devletleri tarafından kabul görmüştür.

Özellikle geçmiş yıllarda gerçekleştirilen birçok restorasyon uygulaması, bazı istisnalar haricinde, yapıların, koruma amacından uzak bir yaklaşımla bilinçsizce tahrip edilmelerine sebep olmuştur. Hızla devam eden bu restorasyonlar, bir taraftan yapıların tarihi belge değerlerini yok ederken, bir taraftan da geçmiş teknolojilerin önemli bilgi kaynaklarından biri olan tarihi yapı malzemelerine de zarar vermektedir. Söz konusu restorasyonlardan dolayı oluşan tahriplerin en önemli nedenlerinden birisi, yeterli araştırma yapılmadan kullanılan, tarihi yapı bünyesine uyumsuz onarım malzemeleridir (Earl & Saint, 2015; Feilden, 2007; Jokilehto, 2007).

Harç ve sıvalar, tuğla ya da taş ile inşa edilen yapılarda malzemeleri birbirine bağlamak, derzleme yapmak ya da oluşan yüzeyleri korumak amacıyla kimi zaman da dekoratif olarak kullanılan, çeşitli tür bağlayıcılara uygun katkı maddeleri veya ince agregalar eklenmesi ile elde edilen karışımlardır (Davey, 1961). Bağlayıcı ve agrega türleri, bağlayıcı/agrega oranları, agrega dane boyutları vb. özellikler, geleneksel harç ve sıvaların karakterizasyonunda önemli parametrelerdir.

Uygun bir onarım için, yapının özgün bölümleri ve varsa nitelikli dönem eki olarak nitelendirilen kısımlarında kullanılan yapı malzemeleri üzerinde detaylı araştırmalar yapılmalı, malzemelerin fiziki, kimyevi ve mekanik özellikleri tüm yönleriyle analiz edilerek ortaya çıkarılmalıdır. Yapılan bu tez çalışmasıyla literatürde fazla yer bulamayan bir tarihi yapıdaki özgün ve nitelikli onarım harç ve sıvalarının karakteristik özellikleri ortaya çıkarılacaktır.

## **1.1 Amaç**

Bu tezin amacı, İmaret-i Atik Camii'nde kullanılan Bizans ve Osmanlı Dönemi harç ve sıvalarının karakterize edilerek bu malzemelerin niteliklerinin ortaya çıkarılmasıdır. Çalışmanın hem bu yapıya hem de benzer dönemlere ait tarihi yapıların onarım çalışmalarına da katkı sağlaması hedeflenmiştir.

## **1.2 Kapsam**

Bu çalışma, İstanbul ili, Fatih ilçesinde yer alan İmaret-i Atik Camii'nde kullanılan harç ve sıvaları kapsamaktadır. Yapı üzerinde ilk inşa döneminden başlayarak yakın dönem onarımlarına kadar farklı harç ve sıvalar bulunmaktadır. Çalışma Bizans ve Osmanlı dönemlerine tarihlenen harç ve sıvalar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

## **1.3 Yöntem**

Çalışma kapsamında yapıdaki dönemleri dikkate alarak belirlenen noktalardan küçük el aletleri yardımıyla alınan harç ve sıva örneklerinin değerlendirilmesinde laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deney ve analizlerden faydalanılmıştır. Bu deneyler asit kaybı, kızdırma kaybı, tuz ve organik madde analizleri, fiziki özelliklerin tayini, petrografi analizi, puzolanik aktivite deneyi ve nokta yükleme deneyidir.

## **1.4 Literatür Araştırması**

Eski İmaret Camii bazı araştırmalara konu edilmiş olsa da genellikle mimari belgelemeye ağırlık verilmiş, yapıda kullanılan malzemeler üzerinde ayrıntılı olarak durulmamıştır.

Pantepoptes Manastırı Kilisesi: Eski İmaret Camii isimli yüksek lisans tezinde caminin mimari özellikleri üzerinde durulmuş, malzeme konusuna pek değinilmemiştir (Yalaman, 1990).

Eski İmaret Camii (Pantepoptes Manastırı Kilisesi) Koruma Projesi isimli yüksek lisans tezinde caminin koruma projesi hazırlanmış, malzeme niteliklerine ayrıntılı olarak değinilmemiştir (Birer, 2014).

## 2. İMARET-İ ATİK CAMİİ

Bu bölümde yapının tarihçesi, mimarisi ile yapım tekniği ve malzeme özellikleri irdelenmiştir. Tez kapsamında yapıdaki Bizans ve Osmanlı dönemi malzemeleri ele alındığından bu kısımda yapının Bizans ve Osmanlı dönemi tarihi ile yapının günümüze kadar geçirmiş olduğu onarımlardan bahsedilecektir.

### 2.1 Tarihçe

Pantepoptes Manastırı Kilisesi, I.Alexios Komnenos'un annesi Anna Dalassena tarafından inşa ettirildiği ve Anna Dalassena'nın 1 Kasım 1102 tarihinde öldüğü bilinmektedir (Treadgold, 1997). Bu sebeple kilisenin de bu tarihten önce inşa edilmiş olabileceği düşünülmektedir. Aynı bölgede bulunan Havariyyun Kilisesi'nin yakınında bulunmaktadır (Müller-Wiener, 2001).

#### 2.1.1 Bizans Dönemi

Bizans döneminde bu bölge üzerinde birçok kilise ve manastır kurulmuştur. Şehrin haçlılar tarafından işgalinin ardından yapının 1206 yılında Benedikten tarikatına verildiği ve 1261'den sonra tekrar Bizanslıların kullanımına geçtiği belirtilmektedir (Talbot, 1991). Yapının günümüzdeki bölümlerine bakıldığında, ilk inşa edildiği dönemde naos ve narteksten oluşan yapının, sonradan eklenen dış narteksin inşa tarihinin 31 Ağustos 1293 olabileceği düşünülmektedir (Kidonopoulos, 1994).

#### 2.1.2 Osmanlı Dönemi

Pantepoptes Manastırı Kilisesi, Fatih Sultan Mehmed'in İstanbul'u fethinden sonra belirli bir süre imaret olarak işlev görmüş ve sonrasında camiye dönüştürülerek Ayasofya Vakfı'na alınmıştır (Ayvansarayi, 2001). Fatih'in vakfiyesinde bu eser için, *"Biri dahi Eski İmaret tesmiye olunca kenîsedir, bu dahi Dârüssaltanati'l-aliyye mahmiyye-i Konstantiniyye dâhilinde Eski İmaret ismiyle mevsûme olan mahalde vâkidir; şarkan taraf-ı saltanat için ihlâ ve ibkâ olunan arz-ı hâlîye,*

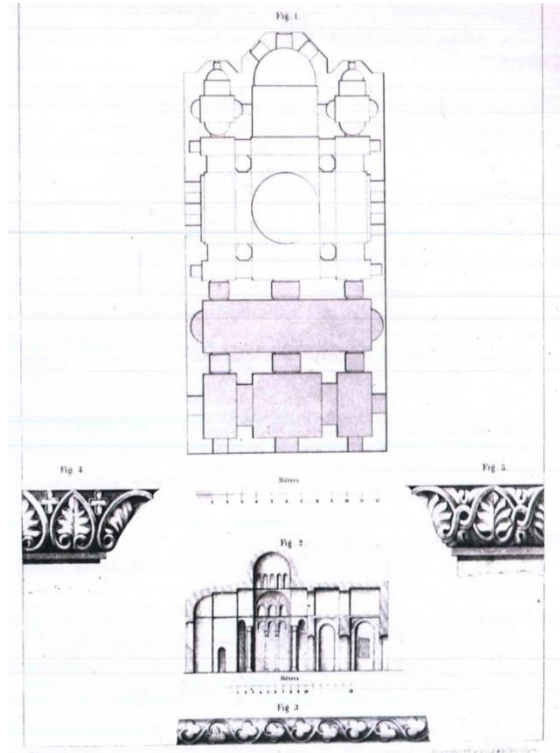
*kibleten ve şimâlen Eski İmaret odaları demekle mâruf hüçürât ve garben hucurât-ı mezkûre beyninde vâki sahn-ı hâlîye müntehîdir”* denilmektedir (Eyice, 1994).

Vakfiyeden anlaşıldığı üzere caminin kuzey ve batı yönünde eski manastırın bölümleri bulunmaktadır. Manastırın 35 hücreli medrese öğrencilerinin yatakhane, şapel bölümüyse dersane olarak kullanılmıştır. Fatih Camisi'nin ve medresesinin inşasından sonra şapel kısmı cami, 35 hücreli papaz odaları imaret olmuştur (Ayverdi, 1953). Yapının Fatih Semaniye Medreseleri bitinceye kadar Ayasofya'dan sonra İstanbul'un ikinci medresesi olarak faaliyet gösterdiği bilinmektedir (Demir ve Çokdaş, 1991).

“İmaret” isminin Bizans döneminde bulunan yapılar topluluğunun karşılığı olarak kullanıldığı, aşevi olarak kullanılmadığı da ileri sürülmüştür (Ergin, 1939). Caminin adı bu kullanımdan dolayı İmaret olarak anılmıştır.

### 2.1.3 Yapının Geçirdiği Onarımlar

Pulgher, Eski İmaret Camii'ne ait, 1878 tarihli ilk rölöveyi çizmiştir (Şekil 2.1). Yapının güney cephesinde yer alan Geç Bizans dönemine ait madalyon içindeki haç motifinden dış narteksin yapıya geç Bizans döneminde eklendiğini göstermektedir.



Şekil 2.1: Yapının ilk rölövesi (Pulgher, 1878, PL. XIII)

Yapının camiye dönüştürülmesine müteakip, çeşitli zamanlarda minare, mihrap ve minber gibi ekler getirilmiştir. Hadikat'ül Cevami'de yapı şöyle tanımlanmaktadır: “Ayasofya vakfına mülhaktır. Minberini Şeyhü'l-islâm İshâk Efendizâde Ahmed Efendi vaz' eylemiştir ki, Selânik kâdîsı iken feth-i Belgrad târihlerinde vefât eylemiştir (M.1739/H.1152)” (Ayvansarayî, 2001). Ayvansarayî ve Evliya Çelebi'nin yazılarında, yapının genel tanımı dışında detaylı bir bilgi yoktur.

İstanbul'da birçok kârgir bina 1894 depreminde ağır hasar almış ve en çok hasar da sur içi bölgesinde olmuştur. İmrahor Camii, Mihrimah Camii ve Sokullu Mehmet Paşa Camii'nde çeşitli hasarlar oluşmuş, Fatih Camii'nin iki minaresi ve Kariye Camii'nin minaresinin yarısı yıkılmış, birçok cami, ev, medrese, han, okul vb. yapılar büyük zararlar görmüştür (Genç ve Mazak, 2000).

Eski İmaret Camii, Haliç kıyılarından başlayıp Fatih semtine doğru uzanan yangınlarda zarar görmüştür. Nitekim Hadikatü'l-Cevâmi'nin yazma nüshalarının birindeki notta caminin yanmış olduğu ve o sırada Haremeyn Haziresi'nden masrafları karşılanarak tamir edildiği bildirilir (Eyice, 1994). 1918 yılındaki yangında hasara uğrayan yapı 1935 yılında bir tamir görmüştür (Ayverdi 1953), (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2:** Güneydoğu cephesi genel görünüm, 1940 (Mathews, 1976, s.64)

İBB Encümen Arşivi'nde bulunan, 19.10.2001 gün ve 720-12410409 sayılı yazıdan, Eski İmaret Cami'nin, 02.07.1987 gün ve 3452 sayılı karar ile tescil edildiği tespit edilmiştir. Dosyada yer alan 25.12.1967 tarihli Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu Encümeni tarafından verilmiş bir başka belgede, yapının tarihi önemi dolayısıyla onarımının yapılmasına ve harap durumdaki minaresinin hazırlanacak projeye göre yeniden inşasına karar verilmiş, ancak bu hususta gereklerin yapılmadığı, yapının daha da kötü duruma düştüğü belirtilmiş ve bu konuda gerekli önlemlerin hızlıca alınması için istekte bulunulmuştur. 1970'li yıllarda binanın dış ve iç cephelerinde bir onarım yapılmıştır. Yapının daha önceki restorasyonlarında yağmur suyunu önlemek amacıyla yapıldığı düşünülen düz çatı sisteminden vazgeçilmiş, içerideki tonozların dışarıya aksettiği kavisli kemerler özgün olduğu düşünülen biçimleriyle yeniden yapılmıştır (Şekil 2.3). Bunun dışında onarım esnasında, pencerelerin içlerinde bazı mozaik kalıntılarına rastlanmıştır (Eyice, 1990).

1990 yılında yapı üzerinde projesi olmayan ve onayı alınmamış bir onarım çalışması yapılmıştır ki, bu onarımlara ilişkin Encümen Arşivi'nde bulunan 26.06.1990 tarihli, İstanbul 1 Nolu Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Büro Müdürlüğü'ne yazılan bir dilekçede, yapıda zemin tesviye çalışmaları yapılmakta olduğu, minare kalıntısının yıkılarak sadece izinin bırakıldığı, caminin iç kısmında boya çalışmalarının olduğu, bu çalışmaların İstanbul Arkeoloji Müzesi elemanlarının kontrolünde yapılması gerektiği bildirilmiştir. Yerinde yapılan incelemelerle birlikte, müze müdürlüğü raporunda, çalışmaların zemin tesviyesi niteliğinden çıkıp kazıya dönüştüğü, minare kalıntısının yıkılıp sadece kaidesinin kaldığı, iç kısımda ise badana boya işlerinin bittiği bildirilmiştir<sup>1</sup>. İzinsiz onarım sırasında bazı iç duvarlar ve tonozlar tekrar sıvanmıştır. Tüm iç yüzey, ince bezemeye sahip olan kornişler/silmeler de dâhil olmak üzere, kalın bir sarı boya ile boyanmıştır. Bu

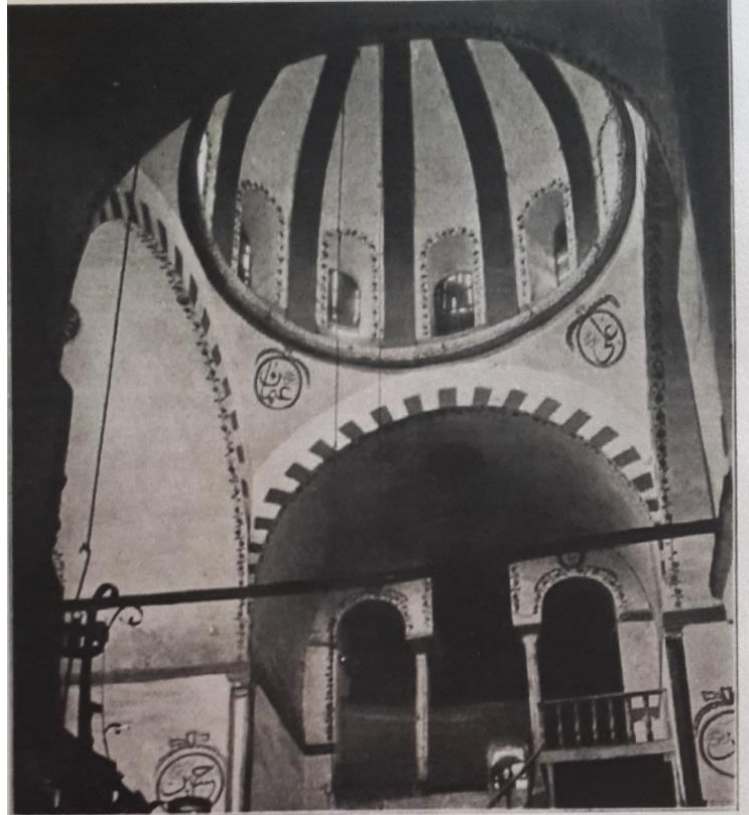
---

<sup>1</sup> 19.09.1990 tarihli, İstanbul 1 nolu Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu kararında, Eski İmaret Cami'nde ve çevresinde yapılan izinsiz onarımlar konusunun, ilgili belediyesi ve Vakıflar Bölge Müdürlüğü'nden sorulmasına, izinsiz onarım yapan ve yaptırnanlar hakkında yasal soruşturma açılmasına karar verildiği yazılıdır.

bakımdan, önceki bezemelerin çalışılabilmesi artık Eberslot, Mathews gibi araştırmacıların fotoğraflarından mümkün olabilmektedir (Ousterhout, 1992), (Şekil 2.4).



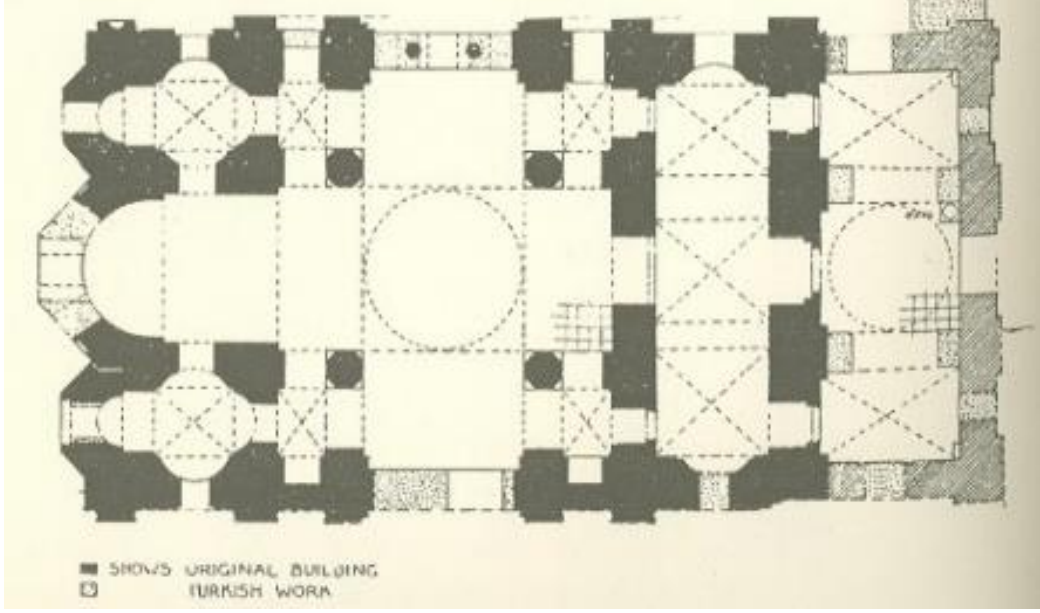
Şekil 2.3: Güney cephe, değiştirilen kemerler, 1970’li yıllar (VGM Arşivi)



Şekil 2.4: Restorasyon öncesi görölen kalem işi bezemeler (Ebersolt, 1913, s.76)

## 2.2 Mimari

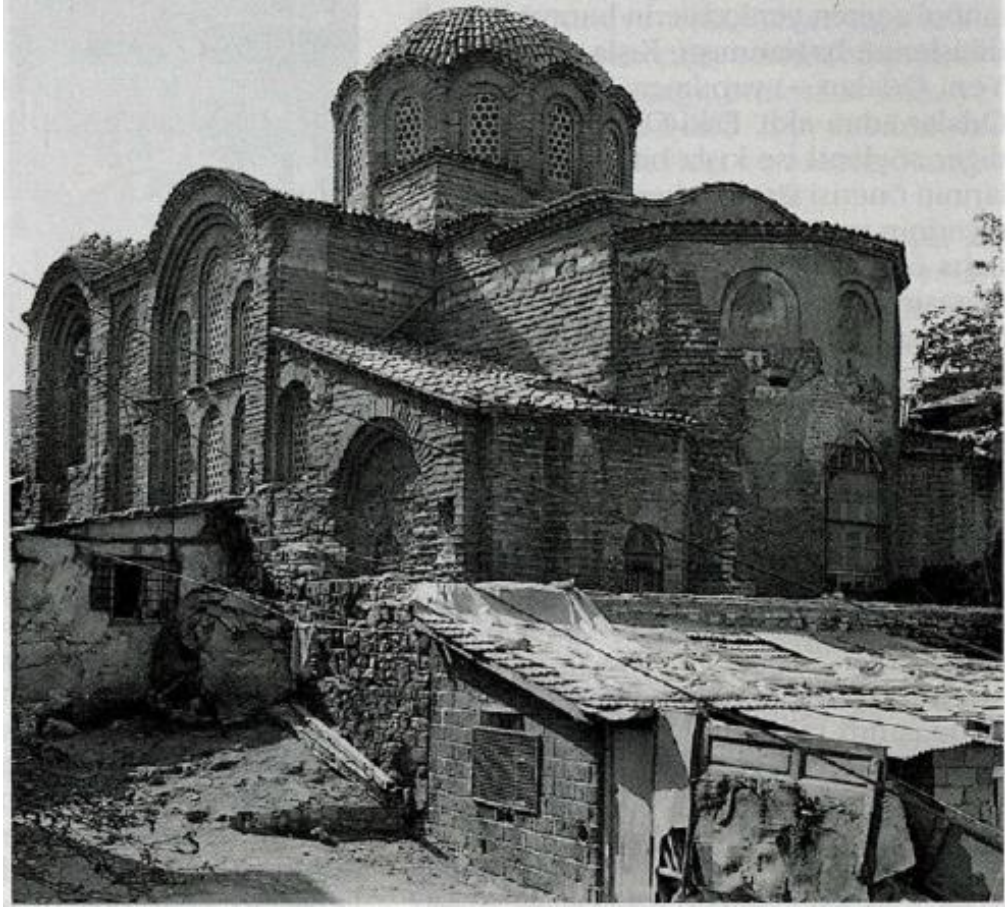
Yapı, Orta Bizans Dönemi'nin tipik kilise plan biçimi olan, “dört sütunlu kapalı haç planına” (cross-in-square plan) sahiptir (Eyice, 1963). Bu tipte, planda görüldüğü üzere, bir karenin içine yerleştirilmiş eşit kollu bir haç bulunmaktadır (Şekil 2.5).



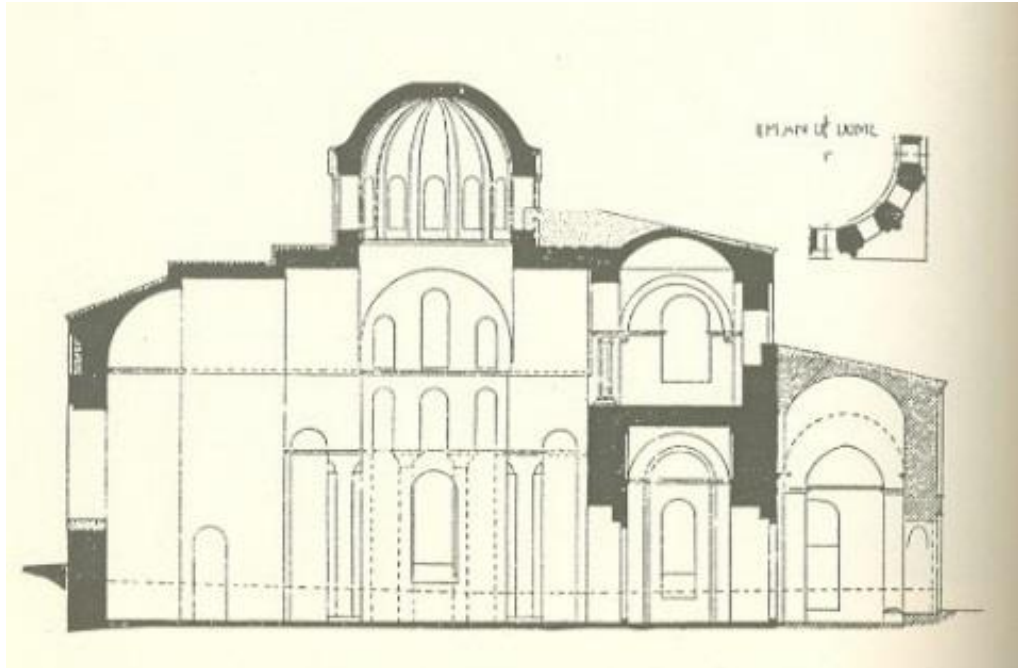
**Şekil 2.5:** Eski İmaret Camii Planı (Ebersolt, 1913)

Dış narteks üç bölümden oluşmaktadır. Ortadaki bölüm kubbe ile yan bölümler çapraz tonoz ile örtülüdür. Dış narteksten mermer kapı ile iç nartekse geçilir. İç narteks üç bölümden oluşmaktadır ve mermer lentolu bir kapı ile naosa geçilmektedir; üç nefli naos, doğu cephesinde ana nefte dışarı taşkın apsis, yan neflerde, dışarı hafif taşkın olan “pastoforion” hücreleri ile son bulur. Narteksin güney yönünden naosa girişte bir merdiven ile “gynekaion” bölümüne çıkış yapılmaktadır (Şekil 2.6 ve Şekil 2.7).

Yapının, Osmanlı döneminden, minare kaidesi kalıntıları dışında, özgün bir eki bulunmamaktadır. Yapının geçirmiş olduğu yangında Osmanlı ekleri ve desteklerinin yok olduğu bilinmektedir (Eyice, 1994). Naosun güneydoğu köşesinde duvarla bitişik halde bulunan minber, M.1739/H.1152 yılında Şeyhülislam İshak Efendizâde Ahmed Efendi tarafından yerleştirilen özgün minber değildir (Koçu, 1958).



**Şekil 2.6:** Caminin güneydoğudan görünüşü (Emiroğlu, 1960)



**Şekil 2.7:** Eski İmaret Camii (Van Millingen, 1912)

### 2.3 Malzeme ve Yapım Tekniği

Bu bölümde yapının inşasında kullanılan malzemelerin özellikleri ve yapım tekniği irdelenmiştir.

Yapının tüm dış cepheleri sıvasız olmakla birlikte, yer yer almaşık, yer yer de tuğla örgülüdür (Şekil 2.8).



**Şekil 2.8:** Eski İmaret Camii (Kırımtayıf, 2001)

Duvar örgüsünde yoğunlukla geleneksel harman tuğla kullanıldığı görülmekte, bazı bölümlerde doğal taş da kullanılmıştır (Şekil 2.9). Özellikle duvarların zemine yakın bölümleri almaşık örgülüdür. Kemer ve duvarlarda yer yer gizli tuğla tekniğinde rastlanır (Şekil 2.10). Doğal taş blokların uzunluklarında farklılıklar olmakla beraber yüksekliklerinin 20 – 30 cm arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2.9).

Ayrıca kilisenin camiye çevrildiği dönemde doğu cephesindeki apsinin kapatılması için od taşı kullanıldığı görülmektedir (Şekil 2.12).



**Şekil 2.9:** Güney cepheye yakın köşedeki duvar örgüsü



**Şekil 2.10:** Güney cephedeki kemerde gizli tuğla tekniği

Tuğla boyutları üretildikleri döneme göre değişiklik gösterirler. Yapının güney ve doğu cephelerinin zemine yakın kısımlarındaki tuğlalarda sık rastlanan ölçüler 35 x 5 cm ve

40 x 5,5cm'dir (Şekil 2.11). Gizli tuğla örgüde iç kısımda kalan tuğlalarda ise en sık rastlanan ölçüler 25 x 2,5-3 cm'dir (KURAM, 2018).



**Şekil 2.11:** Tuğla malzemedeki yapılan boyut ölçümü



**Şekil 2.12:** Doğu cephesinde kullanılan od taşı bloklar

### 2.3.1 Harim (Naos)

Harim (naos), 9,07x10,67m iç ölçülerinde yaklaşık kare planlıdır. Merkez kubbeyi aralarındaki mesafe 4,45m olan sekizgen biçimli dört ayak taşımaktadır. Ayakların kenar ölçüleri 41-45cm aralığındadır. Ayakların arasında, sütun başlığı üzerinde metal gergiler bulunmaktadır. Kubbeyi kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde genişlikleri yaklaşık 2,25m olan dört tonoz taşımaktadır. Kare planın köşelerde kalan mekanları çapraz tonozla örtülüdür ve plan ölçüleri yaklaşık ölçüleri 1,3x1,8 m'dir. Dairesel kasnaklı dilimli kubbenin kasnak çapı 4,48 metredir ve yerden yüksekliği 15,87m olarak ölçülmektedir.

Kuzeye bakan duvarda sivri kemerli bir pencere yer almakta ve benzer bir pencere güney duvarda da bulunmaktadır. Bu pencerenin iki tarafında Bizans dönemi cephe düzenine ait sütunlar olduğu düşünülen silindirik çıkıntılar yer almaktadır. Günümüzde pencere açıklıkları, olması gereken özgün malzemelerin dışında modern malzeme olan çimentolu harçla özgün örgüye birleştirilmiş ve yine modern pencerelerde kullanılan pvc doğramalı ve demir parmaklıklar kullanılmıştır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Güney cephe pvc doğrama ve demir parmaklıklar (Birer, 2014)

### **2.3.2 Son Cemaat (Narteks)**

İç son cemaat (narteks) bölümü, 10,05x3,18m boyutlarında dikdörtgen planlı, üç adet çapraz tonozla örtülüdür. Yerden 4,0m yükseklikte yer alan bezemeli taş kornişin üzerinde başlayan iki kemer mekânı yaklaşık üç kareye böler. Tonoz üst noktaları yerden 5,80m yüksekliğindedir. Narteksin kuzeyinde, içi sonradan doldurulmuş taş söveli bir açıklık bulunmaktadır. Güneyinde yarım daire planlı nişin içinde, günümüzde demir doğramalı bir kapı bulunan açıklık yer almaktadır.

### **2.3.3 Dış Son Cemaat (Dış Narteks)**

Yapıya Paleologos Döneminde; ilk yapım tarihinden sonra eklendiği anlaşılan dış narteks ortada kubbe, güneyde ve kuzeyde çapraz tonozla örtülü üç bölümden oluşmaktadır (İmaret-i Atik Camii Sanat Tarihi Raporu, 2014). 3,93mx10,63m boyutlarında dikdörtgen planlıdır. Osmanlı döneminde iç mekânda ayaklarda kesit genişletmesi yapıldığı ve Bizans dönemi kornişlerinin duvara gömüldüğü izlerden takip edilmektedir.

Batı cephesine açılan kuzey ve güneyde iki kemerli pencere vardır. Kuzeyde ve güneyde kapatıldıkları anlaşılan kapı açıklıkları görülmektedir (İmaret-i Atik Camii Sanat Tarihi Raporu, 2014).

### 3. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bu bölümde, yapıdan alınan harç ve sıva örnekleri üzerinde laboratuvar ortamında yürütülen deneysel çalışmalar ele alınmıştır. Söz konusu çalışmalar, örnek tanımları, kimyevi özellikler, petrografik özellikler, fiziki özellikler ve mekanik özellikler şeklinde sınıflandırılmıştır.

#### 3.1 Örnek Tanımları

İmarat-i Atik Camii'ni tümüyle karakterize edecek şekilde, yapının farklı bölümlerinden ve zarar vermeyecek şekilde ufak el aletleri yardımıyla alınan örneklerin tanımları bu başlıkta verilmiştir. Örnek konumlarının titizlikle kayda alınması, rölöve üzerinde işaretlenmesi ve fotoğraflanması, örnekler üzerinde gerçekleştirilen analiz sonuçlarının onarım esnasında yapının ilgili bölümlerine doğru olarak uygulanabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Her bir örneğin alındığı yerlerin plan ve görünüş üzerinde işaretlenmiş olduğu çizimler EK-A'da, örnek görüntüleri EK-B'de verilmiştir<sup>2</sup>. Ayrıca bu kısımda verilmiş olan bilgiler bölüm sonunda **Çizelge 3.1**'de özetlenmiştir.

**Örnek 1:** Mihrabın karşısında bulunan ayağın güneydoğu yüzünden alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 12 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 2:** Harimin kuzey cephesinde ana kubbe eksenindeki pencere kemerinden alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 12 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

---

<sup>2</sup> VGM arşivinden alınan, Göze Üner Mimarlık tarafından hazırlanmış rölöveden yararlanılmıştır

**Örnek 3:** Ana kubbenin doğusundaki tonozun alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 12 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 4:** Ana kubbenin kuzeybatı kaburgasından alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 12 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 5:** Harim kuzey cephesinde 1. ve 2. sıra pencerelerinin arasından alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 6:** Ana kubbenin kuzeybatı ayağı ile kuzey cephesini bağlayan 2. sıra kemerinin üzengi seviyesinden alınan, pembe renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 7:** Harim kuzey cephesi 1. ve 2. sıra pencerelerinin arasından alınan, pembe renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 8:** Dış narteksin minare tarafındaki köşesinin iç yüzeyinden alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 12 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 9:** Dış narteksin batı duvarının kuzeyinde bulunan pencerenin üst seviyesinden alınan, pembe renkli, içeriğinde 12 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 10:** Dış narteks kuzey duvarında dış köşeye yakın kısımdan alınan, koyu pembe renkli, içinde 10 mm boyuta kadar agregaları ve beyaz kütleleri bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 11:** Apsisin dış cephesinde ilk sıra pencere kemerinin üzengi seviyesinden alınan, çok açık pembe renkli, içeriğinde 12 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 12:** Apsisin dış cephesinin pencere alt seviyesinden alınan, pembe renkli, içeriğinde 10 mm'ye kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 13:** Apsisin dış cephesinin pencere alt seviyesinden alınan, açık krem renkli, içeriğinde 10 mm'ye kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 14:** Güney cephede, güneydoğu köşeye yakın ilk sıra penceresinin üzengi seviyesinden alınan, beyaz renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 15:** Harimin güneydoğu köşesindeki hücrenin dış cephesinde ilk sıra pencere kemerinden alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan oldukça sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 16:** Harimin güneydoğu köşesindeki hücrenin güney cephesinde pencerenin alt seviyesinden alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan, oldukça sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 17:** Güney cephede doğudan ikinci pencere açıklığına ait kemerden alınan, krem renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları ve kırıkları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 18:** Güney cephede iç narteks ile harimin ilk penceresi arasındaki ayaktan alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 19:** Güney cephede iç narteksin ilk sıra penceresine ait kemerin üzengisinden alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 20:** Güney cephe iç narteks ile dış narteks arasındaki ayaktan alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 10 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 21:** Caminin altındaki altyapıya (sarnıç) iç narteksin güney döşemesi ortasından açılan giriş açıklığından görülen tonozun alnından alınan, pembe renkli,

içeriğinde 12 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 22:** Güney cephede doğudan ikinci pencere açıklığına ait kemerden alınan, açık krem renkli, içeriğinde 0,5 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, orta sağlamlıkta sıva örneğidir.

**Örnek 23:** Caminin altındaki altyapının (sarnıç) iç narteksin batı duvarı altında yer alan duvarın iç yüzeyinde su izinin altındaki seviyeden alınan, pembe renkli, içeriğinde 6 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Örnek 24:** Caminin altındaki altyapının (sarnıç) iç narteksin batı duvarı altında yer alan duvarın iç yüzeyinde su izinin üstündeki seviyeden alınan, pembe renkli, içeriğinde 6 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Örnek 25:** Mihraptan alınan, pembe renkli, içeriğinde 6 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 26:** Harimin kuzeydoğusundaki hücrenin (prothesis) kuzey penceresinin alt köşesinden alınan, pembe renkli, içeriğinde 4 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 27:** Galeri katındaki güney açıklığın çapraz tonozundan alınan, pembe renkli, içeriğinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları ve kıtıkları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 28:** Ana kubbenin doğusundaki tonozun alınan açık pembe renkli, içeriğinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri bulunan sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 29:** Harimin güney cephesindeki pencere açıklığında görülen sütunun kenarından alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları bulunan sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 30:** Dış narteks girişinin güneyinde yer alan doğu-batı doğrultusundaki kemerden alınan, pembe renkli, içinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 31:** Dış narteks girişinin kuzeyinde yer alan doğu-batı doğrultusundaki kemerden alınan pembe renkli, içinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 32:** Doğu cephesinde, güneydoğu köşeye yakın bir bölgede zemine yakın seviyeden alınan, pembe renkli, içeriğinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 33:** Güney cephenin ortasında bulunan büyük pencere kemerinin alt seviyesinden alınan, pembe renkli, içeriğinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 34:** Güney cephenin ortasında bulunan büyük pencere kemerinin alt seviyesinden alınan, pembe renkli, içeriğinde 4 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 35:** Güney cephenin ortasında bulunan pencere kemerinin üzengi seviyesinden alınan, pembe renkli, içeriğinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 36:** Güney cephede iç narteks ile harimin ilk penceresi arasındaki ayaktan alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda örgü harcı örneğidir.

**Örnek 37:** Minare kaidesindeki girişten alınan, kahverengimsi pembe renkli, içeriğinde 8 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, orta sağlamlıkta örgü harcı örneğidir.

**Örnek 38:** Harimde, mihrabın karşısındaki (kuzeydoğu) ayağından alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 4 mm'ye kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları bulunan sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Örnek 39:** Mihrabın güneybatısındaki nişten alınan, açık pembe renkli, içinde 4 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları ve kırıkları bulunan sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Örnek 40:** Mihrabın güneybatısındaki nişten örnek 39'un üstündeki katmandan alınan, beyaz renkli, içeriğinde 0,5 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, kırıkları bulunan sağlam yapıda nefaset sıvası örneğidir.

**Örnek 41:** Ana kubbenin batısındaki tonozun kuzey tarafı iç yüzeyinden alınan, açık pembe renkli, içinde 4 mm'ye kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları ve kırık bulunan sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Örnek 42:** Galeri katındaki güney açıklığın çapraz tonozundan alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 4 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Örnek 43:** Mihrap nişinin iç yüzeyinden alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 2 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve kırıkları bulunan, sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Örnek 44:** Dış narteks kuzey duvarında dış köşeye yakın kısımdan alınan, pembe renkli, içinde 4 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri ve siyah cürufları bulunan, sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Örnek 45:** Güney cephede iç narteksin ilk sıra penceresine ait kemerin üzengisinden alınan, açık pembe renkli, içeriğinde 4 mm boyuta kadar agregaları görülebilen, beyaz kütleleri, siyah cürufları ve kırıkları bulunan, sağlam yapıda sıva örneğidir.

**Çizelge 3.1:** Yapıdan alınan örneklerin tanımları

Örnek No	Cins	Renk	Maks. Agregat Boyutu (mm)	Beyaz Kütle	Siyah Cüruf	Durum
1	Harç	Açık Pembe	12	Var	Var	Sağlam
2	Harç	Açık Pembe	12	Var	Yok	Sağlam
3	Harç	Açık Pembe	12	Var	Yok	Sağlam
4	Harç	Açık Pembe	12	Var	Yok	Sağlam
5	Harç	Açık Pembe	10	Var	Var	Sağlam
6	Harç	Pembe	10	Var	Var	Sağlam
7	Harç	Pembe	8	Var	Var	Sağlam
8	Harç	Açık Pembe	12	Var	Var	Sağlam
9	Harç	Pembe	12	Var	Yok	Sağlam
10	Harç	Koyu Pembe	10	Var	Yok	Sağlam
11	Harç	Açık Pembe	12	Var	Var	Sağlam
12	Harç	Pembe	10	Var	Yok	Sağlam
13	Harç	Açık Krem	10	Var	Yok	Sağlam
14	Harç	Beyaz	10	Var	Var	Sağlam
15	Harç	Açık Pembe	8	Var	Yok	Sağlam
16	Harç	Açık Pembe	10	Var	Yok	Sağlam
17	Harç	Krem	10	Var	Var	Sağlam
18	Harç	Açık Pembe	8	Var	Var	Sağlam
19	Harç	Açık Pembe	10	Var	Yok	Sağlam
20	Harç	Açık Pembe	10	Var	Var	Sağlam
21	Harç	Pembe	12	Var	Var	Sağlam
22	Sıva	Açık Krem	1	Yok	Yok	Sağlam
23	Sıva	Pembe	5	Var	Var	Sağlam
24	Sıva	Pembe	5	Var	Var	Sağlam
25	Harç	Pembe	6	Var	Var	Sağlam
26	Harç	Pembe	4	Var	Var	Sağlam
27	Harç	Pembe	8	Var	Var	Sağlam
28	Harç	Pembe	8	Var	Yok	Sağlam
29	Harç	Açık Pembe	8	Var	Var	Sağlam
30	Harç	Pembe	8	Var	Var	Sağlam
31	Harç	Pembe	8	Var	Var	Sağlam
32	Harç	Pembe	8	Var	Var	Sağlam
33	Harç	Pembe	8	Var	Var	Sağlam
34	Harç	Pembe	4	Var	Var	Sağlam
35	Harç	Pembe	8	Var	Var	Sağlam
36	Harç	Açık Pembe	8	Var	Var	Sağlam
37	Harç	Pembe	8	Var	Var	Sağlam
38	Sıva	Açık Pembe	2	Var	Var	Sağlam
39	Sıva	Açık Pembe	2	Var	Var	Sağlam
40	Sıva	Beyaz	1	Yok	Yok	Sağlam
41	Sıva	Açık Pembe	2	Var	Var	Sağlam
42	Sıva	Pembe	2	Var	Var	Sağlam
43	Sıva	Açık Pembe	2	Var	Yok	Sağlam
44	Sıva	Krem	5	Var	Yok	Sağlam
45	Sıva	Açık Pembe	2	Var	Var	Sağlam

### 3.2 Kimyevi Özellikler

Harç ve sıvaların kimyevi özelliklerini belirlemek malzemeyi tanımak açısından oldukça önemlidir. Yapıdan alınmış örnekler üzerinde Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi bünyesindeki Vakıf Kültür Varlıklarını Koruma Uygulama ve Araştırma Merkezi (KURAM) laboratuvarında yürütülmüş olan asit-kızdırma kaybı, tuz ve organik madde içeriği sonuçları bu başlık altında verilmiştir.

#### 3.2.1 Asit Kaybı Deneyi

Asit kaybı deneyi, örnek içerisinde bulunabilecek karbonatlı ( $\text{CaCO}_3$ ) agregaların ve kireç esaslı bağlayıcıların ağırlıkça oranını belirlemek için, örneklerin %10'luk HCl (*hidroklorik asit*) ile muamele edilmesi işlemidir (Şekil 3.1). Kalsiyumoksit ( $\text{CaO}$ ) kökenli bağlayıcı ve  $\text{CaCO}_3$  kökenli agregalar %10'luk HCl içerisinde reaksiyona girerek kaybolacak ve geriye kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) ve kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) içermeyen (silikatlı vb.) malzemeler kalacaktır. Asitle muamele sonucunda kaybolan ve kaybolmadan kalan kısımların oranı Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Çeker ocak içerisinde asitle muameleye giren örnekler (KURAM Lab.)

### 3.2.2 Kızdırma Kaybı (Kalsinasyon) Deneyi

Kızdırma kaybı, agat havanda dövülerek toz haline getirilmiş olan numunelerin kül fırını (Şekil 3.2) içerisinde 105°C'den 550°C ve 1050°C'ye kadar yükselen sıcaklığa bağlı olarak sırasıyla nem (higroskopik su), organik madde, molekül suyu ve karbondioksit kaybının ağırlıkça belirlenmesinden ibarettir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4).



Şekil 3.2: Toz haline getirilmiş numune ve kül fırını (KURAM Laboratuvarı)

Deneyde tespit edilen molekül suyu (H<sub>2</sub>O) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) kaybindan CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı ile puzolanik aktivite, diğer bilinenlerden CaCO<sub>3</sub> miktarı hesaplanmakta ve bu sayede malzemenin içerisindeki bağlayıcı-karbonatlı agrega oranı belirlenebilmektedir (Dabanlı, 2016). CaCO<sub>3</sub> miktarı, toz örneğin içerisinde bulunduğu kroze (yüksek ısıya dayanıklı porselen kap) ağırlığı ve sırasıyla 105°C, 550°C ve 1050°C'de ısıl işleme tutulan kroze içindeki örnek ağırlıklarının yardımıyla 
$$\left[ \frac{(550C-1050C) \times 10000}{(1050C - \text{Kroze}) \times 44} \right]$$
 şeklindeki ampirik formül ile hesaplanarak bulunur. Kızdırma kaybı deneyinden elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.



**Şekil 3.3:** Isıl işleme tabi tutulan kroze içerisindeki örnekler (KURAM Lab.)



**Şekil 3.4:** Isıl işlem sonrası yapılan tartım (KURAM Laboratuvarı)

**Çizelge 3.2:** Kızdırma kaybı ve asit kaybı analizi

Örnek No	Cins	Kızdırma Kaybı (%)				Asitle Muamele (%)	
		Nem (105 °C)	550 °C	CaCO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O	Kayıp	Kalan
1	Harç	8,92	6,03	50,27	3,67	52,03	47,97
2	Harç	0,96	4,04	52,30	5,70	47,08	52,92
3	Harç	3,51	5,85	50,64	3,81	52,83	47,17
4	Harç	1,75	3,06	47,72	6,86	47,41	52,59
5	Harç	4,93	6,29	50,88	3,56	53,45	46,55
6	Harç	4,08	6,02	50,60	3,70	48,71	51,29
7	Harç	1,29	1,93	42,44	9,74	51,56	48,44
8	Harç	0,76	2,42	46,40	7,70	55,64	44,36
9	Harç	2,89	5,51	45,14	3,61	54,68	45,32
10	Harç	7,6	3,79	40,58	4,72	48,79	51,21
11	Harç	1,01	3,2	47,08	9,26	47,04	52,96
12	Harç	2,59	4,6	45,68	3,41	52,91	47,09
13	Harç	1,41	2,48	48,35	5,03	52,10	47,9
14	Harç	1,17	2,59	52,38	8,90	50,30	49,7
15	Harç	5,03	6,13	47,46	2,69	53,62	46,38
16	Harç	2,87	6,16	50,23	5,02	49,88	50,12
17	Harç	4,35	5,73	45,55	4,27	56,61	43,39
18	Harç	1,86	5,17	49,51	5,07	56,98	43,02
19	Harç	3,61	6,18	44,19	3,15	54,38	45,62
20	Harç	2,16	6,37	45,75	3,16	49,57	50,43
21	Harç	2,43	4,33	43,93	4,47	54,66	45,34
22	Sıva	3,88	5,92	81,52	6,06	97,38	2,62
23	Sıva	1,01	2,37	47,4	8,81	57,01	42,99
24	Sıva	1,15	2,78	51,03	8,59	53,97	46,03
25	Harç	1,06	3,53	65,69	8,21	65,52	34,48
26	Harç	13,99	3,8	61,55	6,21	63,33	36,67
27	Harç	12,56	4,59	61,62	4,94	68,80	31,2
28	Harç	4,6	7,11	57,21	2,31	64,47	35,53
29	Harç	2,17	4,94	63,42	5,66	62,19	37,81
30	Harç	2,28	4,17	55,99	5,93	60,11	39,89
31	Harç	1,63	3,42	54,51	7,03	60,45	39,55
32	Harç	2,46	6,33	54,75	3,81	65,92	34,08
33	Harç	4,28	7,64	57,06	2,71	62,53	37,47
34	Harç	2,12	5,98	61,73	4,65	63,00	37
35	Harç	4,41	6,78	59,04	3,18	59,90	40,1
36	Harç	2,06	6,34	53,70	3,04	59,14	40,86
37	Harç	1,59	7,66	54,45	3,56	60,73	39,27
38	Sıva	5,23	4,35	61,55	4,64	63,97	36,03
39	Sıva	1,48	3,87	59,29	6,76	62,34	37,66
40	Sıva	1,94	1,68	88,63	23,27	97,04	2,96
41	Sıva	2,20	4,69	58,50	4,47	61,92	38,08
42	Sıva	3,95	4,27	55,98	5,79	61,08	38,92
43	Sıva	1,13	4,87	60,32	5,45	65,07	34,93
44	Sıva	0,85	2,76	60,94	9,77	68,91	31,09
45	Sıva	3,00	6,24	61,39	4,33	72,11	27,89

### 3.2.3 Suda Çözünebilir Tuz İçeriği

Suda çözülebilir tuzlar, yapı elemanlarına fazlasıyla zarar veren etmenlerdir. Bu tuzlar özellikle ıslanma kuruma bölgelerinde ve yoğun su teması olan bölgelerde yoğunlaşır yapı elemanlarına zarar vermektedirler. Taşınmaz kültür varlıklarında sıkça karşılaşılan çözünebilir tuzlar klorür ( $Cl^-$ ), sülfat ( $SO_4^{2-}$ ), karbonat ( $CO_3^{2-}$ ) ve nitrat ( $NO_3^-$ ) tuzlarıdır (Güleç, 1992). Bu tuzların yapıda bulunup bulunmadığı, bulunuyor ise hangi oranlarda olduğunun tespiti, onarım esnasında yapılacak müdahalelerin belirlenmesinde büyük önem arz etmektedir.

Yapıdan alınan örneklerde bulunabilecek suda çözünebilir tuzların niteliklerini (klorür, sülfat, karbonat ve nitrat tuzları) ve miktarlarını belirleyebilmek üzere KURAM laboratuvarında 1 gram örneğe 100 ml saf su olacak şekilde hazırlanmış çözeltiler (Şekil 3.5) üzerinde basit spot testler yapılmış ve ilgili analiz sonuçları Çizelge 3.3’de verilmiştir. Tuz miktarlarının analizi için yapılan iletkenlik ölçümünde Hanna HI-8633 iletkenlik cihazı kullanılmıştır.

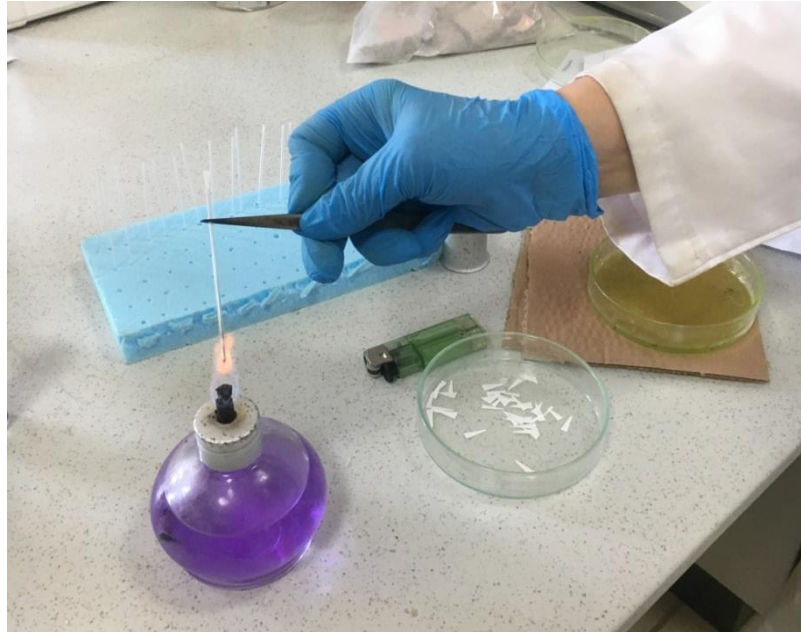


Şekil 3.5: Tuz testi için hazırlanmış örnekler (KURAM Laboratuvarı)

### 3.2.4 Organik Madde İçeriği

Yapıdan alınan örneklerde bulunabilecek yağ ve protein gibi organik katkı maddelerinin varlığını anlayabilmek üzere KURAM laboratuvarında basit spot testler yapılmış ve ilgili analiz sonuçları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Protein tespiti için, bir ucu kapalı olan kapiler tüpe yaklaşık 3 cm yüksekliğinde olacak şekilde toz haline getirilmiş örnek doldurulmuştur. Sonrasında çok ince kesilmiş süzgeç kâğıdının tüpün içine girecek kısmına, yoğunlaştırılmış HCl (hidroklorik asit) içerisine %5 oranında paradiaminobenzaldehit katılarak elde edilmiş çözelti emdirilerek tüpe yerleştirilmiş ve kapiler tüp kapalı kısmından ispirto ocağı yardımıyla ısıtılmıştır. Bu işlem sonucunda süzgeç kağıdının ucunda renk değişimleri gözlenmiştir (Şekil 3.6). Süzgeç kâğıdının renginde herhangi bir değişim yok ise örneğin protein içermediği, pembe-mor renk var ise örneğin protein içerdiği tespit edilir (Oğuz vd., 2015). Yağ analizinde ise, bir miktar toz numune alınarak cam levha üzerine konulur, üzerine birkaç adet kristal formunda bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ) eklenerek karıştırılır. Bu karışım üzerine bir-iki damla hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) eklenir. Son olarak bu karışım üzerine amonyak ( $\text{NH}_3$ ) damlatılır. Amonyak ilavesinden yaklaşık 20 dk sonra malzemede sabun kabarcıkları yok ise yağ olmadığı, sabun kabarcıkları var ise numunede yağ varlığı tespit edilmiş olur (Oğuz vd., 2015).



Şekil 3.6: Protein analizi (KURAM Laboratuvarı)

**Çizelge 3.3:** Suda çözünebilir tuzlar ve organik madde analizi

Örnek No	Suda Çözünebilir Tuzlar				İletkenlik (µS)	Organik Madde	
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Protein	Yağ
1	++	-	-	++	627	-	-
2	+	-	-	-	171	-	-
3	++	-	-	++	424	-	-
4	+	+	-	+	306	+	-
5	++	-	-	++	480	-	-
6	++	-	-	++	473	-	-
7	+	-	-	-	153	-	-
8	+	-	-	-	106	-	-
9	++	+	-	+	462	-	-
10	+	-	-	+	225	-	-
11	+	-	-	+	211	-	-
12	+	+	-	++	480	-	-
13	+	+	-	+	400	-	-
14	-	++	-	+	414	-	-
15	++	-	-	+++	752	+	-
16	+	++	-	++	720	-	-
17	+	+	-	+++	690	-	-
18	+	+	-	-	363	+	-
19	+	-	-	++	538	-	-
20	+	+	-	-	282	+	-
21	+	-	-	-	110	-	-
22	+	++	-	+++	822	-	-
23	+	-	-	-	147	+	-
24	+	-	-	-	115	+	-
25	+	-	-	-	139	+	-
26	+	-	-	-	155	-	-
27	+	-	-	+	226	+	-
28	+++	-	-	+	460	-	-
29	++	-	-	+	320	-	-
30	++	-	-	+	290	-	-
31	+	-	-	-	110	+	-
32	+	-	-	+	348	+	-
33	+	++	-	+++	842	-	-
34	-	+++	-	-	480	+	-
35	+	+	-	++	873	-	-
36	-	+	-	+	326	+	-
37	+	-	-	-	156	+	-
38	++	-	-	+	397	-	-
39	+	-	-	-	148	+	-
40	++	+	-	-	396	+	-
41	+	-	-	-	227	-	-
42	+	++	-	+	644	+	-
43	+	-	-	+	208	+	-
44	+	-	-	-	127	+	-
45	+	+	-	+++	662	-	-

### 3.2.5 Puzolanik Aktivite

Puzolan, kendi başına bağlayıcılık özelliği göstermeyen ve fakat kireç ile karıştırıldığına bağlayıcılığı arttıran toz haldeki yapı malzemelerine verilen genel isimdir (TS 25, 2008). Bir maddenin puzolanik aktivitesinin belirlenebilmesi için uygulanan tekniklerden biri de puzolan ile kalsiyum hidroksit  $[Ca(OH)_2]$  (CH olarak bahsedilecektir) arasındaki puzolanik reaksiyonun elektriksel iletkenlik değerlerinden yararlanmaktır. Elektriksel iletkenlik yöntemi Luxan vd. (1989) tarafından puzolanik aktiviteyi karakterize etmek için önerilmiş ve daha sonra puzolanlar üzerinde yapılan birçok çalışmada da uygulanmıştır. Puzolan/CH solüsyonunun elektrik iletkenliği ilk dakikalar içerisinde değişmektedir. Ölçümler genellikle 0,5-1 dakikadan bir saate kadar yapılabilmekle (Wansom vd., 2009) beraber, 48/60 saat (Trusilewicz vd., 2012) ve 3, 7, 28 gün gibi daha uzun süreli ölçümlerin yapıldığı çalışmalar da (McCarter ve Tran, 1996) bulunmaktadır.

Bu teknikte ilk aşamada CH çözeltisi hazırlanarak bu çözeltinin elektrik iletkenliği belirlenmiş, daha sonra yapıdan alınan harç ve sıvalardaki içerisindeki tuğla kırığı agregalar belirli bir inceliğe (0,125mm elek altı) getirilerek çözeltiliye karıştırılmış ve solüsyonun iletkenliği tekrar ölçülmüştür. Bu işlem 24 saat aralıklarla (toplam 96 saat) tekrarlanarak elde edilen sonuçlar **Çizelge 3.4**'te verilmiştir.

**Çizelge 3.4:** Puzolanik aktivite analizi elektrik iletkenlik değerleri

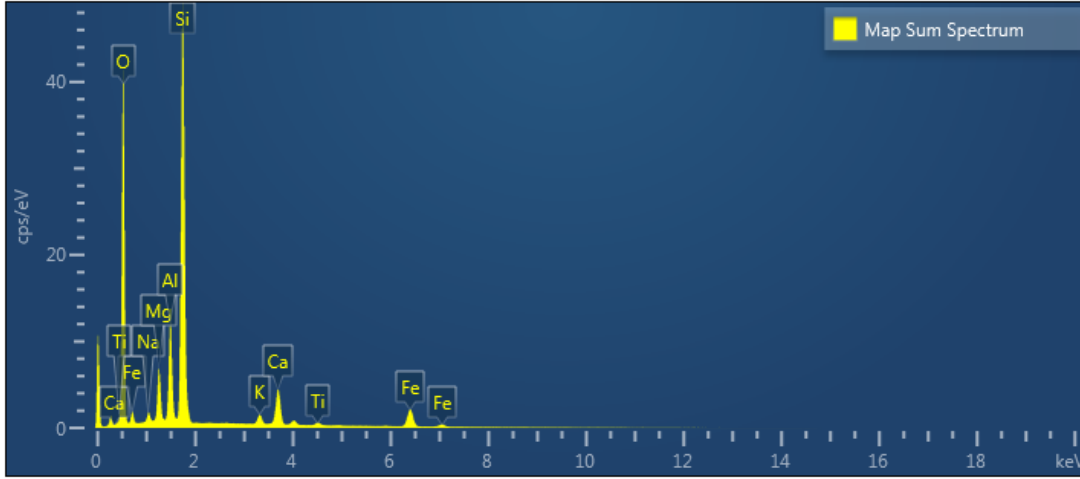
Örnek No	Elektrik İletkenlik (mS/cm)				
	CH Çözeltisi	CH + Puzolan (24 Saat)	CH + Puzolan (48 Saat)	CH + Puzolan (72 Saat)	CH + Puzolan (96 Saat)
1	8,9	7,6	7,0	6,1	4,7
2	8,8	7,4	6,8	5,8	4,5
3	8,6	7,5	7,0	5,7	4,5
4	8,9	7,7	6,9	5,8	4,8
5	8,7	7,9	6,8	5,6	4,6
6	8,8	8,0	7,1	5,8	4,7
25	9,4	9,0	8,2	6,5	4,9
26	9,5	8,9	8,0	6,9	5,3
27	9,4	8,9	8,1	6,8	5,2
28	9,4	8,8	8,0	7,0	5,0
29	9,1	8,6	7,9	6,8	4,9
30	9,2	8,6	7,8	6,7	5,1

TS 25 (Doğal puzolan (Tras) - Çimento ve betonda kullanılan - Tarifler, gerekler ve uygunluk kriterleri) standardına göre bir malzemenin puzolan olarak anılabilmesi için bazı kimyasal kriterleri sağlaması gereklidir (Çizelge 3.5).

**Çizelge 3.5:** TS 25’de verilen kimyasal gereklilikler

Kimyasal Özellik	Parametre	Kütlece (%)
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	En Az	70,0
$\text{SO}_3$	En Çok	3,0

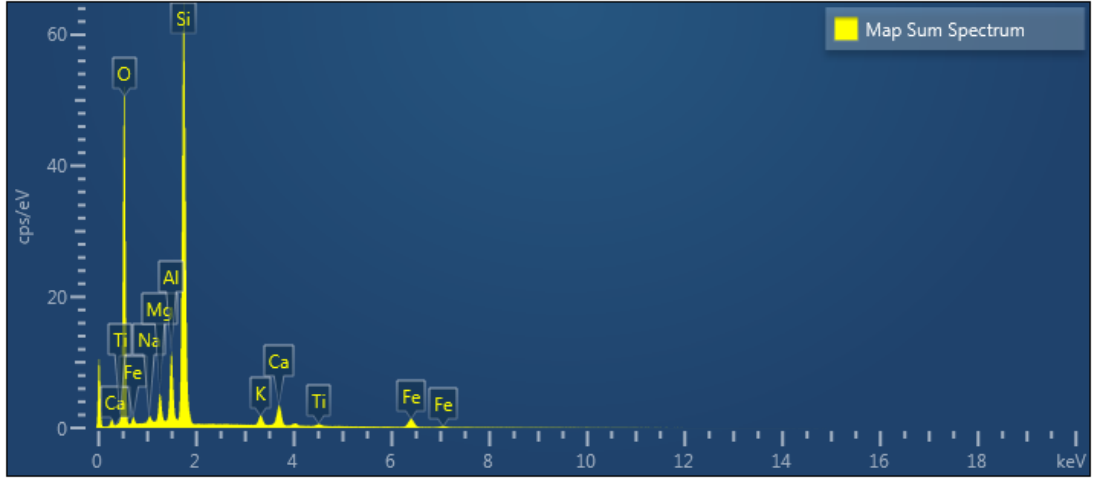
1 ve 25 numaralı örneklerden alınan tuğla agregalar üzerinde gerçekleştirilen SEM-EDS (Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Dağılım Spektrometresi) analizi sonucunda (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8) örneklerin kimyevi bakımdan puzolanik nitelik gösterdiği görülmüştür (Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7).



**Şekil 3.7:** 1 nolu örnek (tuğla kırığı) EDS spektrumu

**Çizelge 3.6:** 1 nolu örneğin EDS analizinde tespit edilen element ve oksitler

Element	Tip	Ağırlık %	Ağırlık SS (%)	Atom %	Oksit	Oksit %	Oksit SS (%)
<b>O</b>	K series	45.12	0.07	61.84			
<b>Mg</b>	K series	3.46	0.02	3.12	MgO	5.74	0.04
<b>Al</b>	K series	6.19	0.03	5.03	$\text{Al}_2\text{O}_3$	11.69	0.06
<b>Si</b>	K series	27.66	0.05	21.60	$\text{SiO}_2$	59.18	0.12
<b>K</b>	K series	1.23	0.02	0.69	$\text{K}_2\text{O}$	1.49	0.03
<b>Ca</b>	K series	5.32	0.03	2.91	CaO	7.44	0.05
<b>Fe</b>	K series	9.60	0.07	3.77	FeO	12.35	0.09
<b>Na</b>	K series	0.78	0.02	0.75	$\text{Na}_2\text{O}$	1.06	0.03
<b>Ti</b>	K series	0.63	0.03	0.29	$\text{TiO}_2$	1.05	0.04
<b>Total</b>		100.00		100.00		100.00	



Şekil 3.8: 25 nolu örnek (tuğla kırığı) EDS spektrumu

Çizelge 3.7: 25 nolu örneğin EDS analizinde tespit edilen element ve oksitler

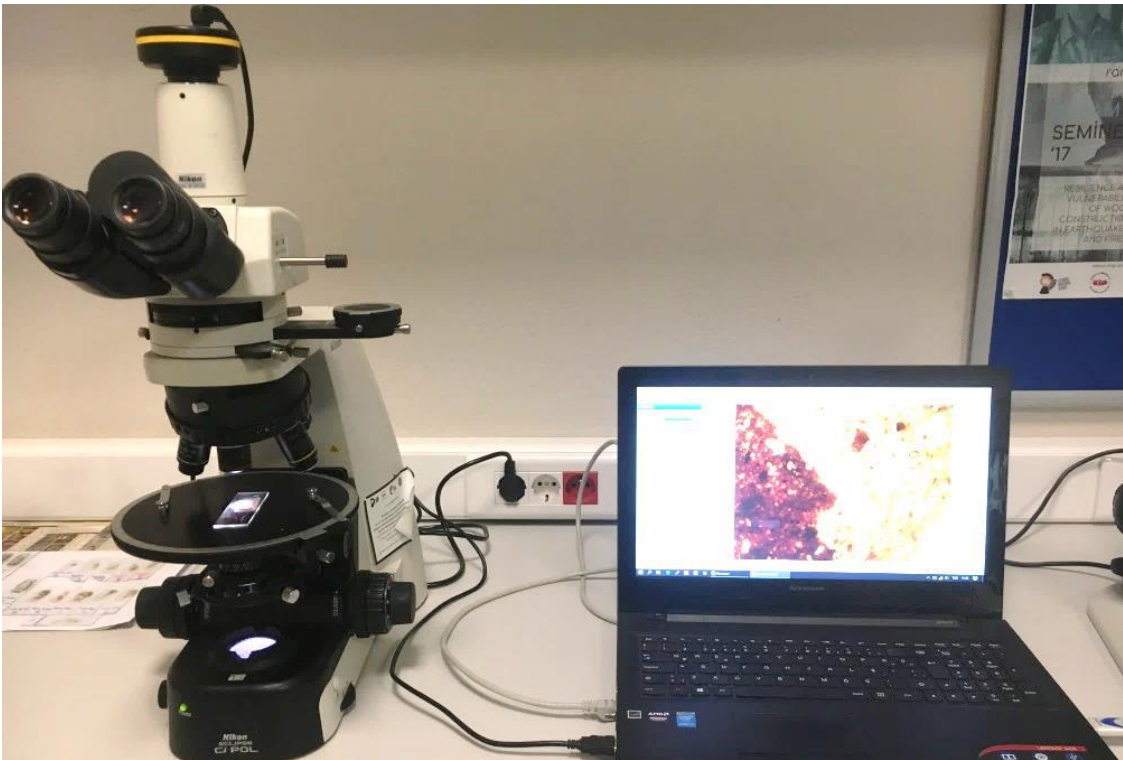
Element	Tip	Ağırlık %	Ağırlık SS (%)	Atom %	Oksit	Oksit %	Oksit SS (%)
<b>O</b>	K series	47.54	0.09	63.24			
<b>Mg</b>	K series	2.22	0.03	1.94	MgO	3.67	0.05
<b>Al</b>	K series	5.15	0.04	4.07	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.74	0.07
<b>Si</b>	K series	32.87	0.08	24.91	SiO <sub>2</sub>	70.32	0.17
<b>K</b>	K series	1.60	0.03	0.87	K <sub>2</sub> O	1.93	0.04
<b>Ca</b>	K series	3.79	0.04	2.01	CaO	5.31	0.06
<b>Fe</b>	K series	5.65	0.08	2.15	FeO	7.27	0.11
<b>Na</b>	K series	0.61	0.03	0.56	Na <sub>2</sub> O	0.82	0.04
<b>Ti</b>	K series	0.57	0.03	0.25	TiO <sub>2</sub>	0.94	0.06
<b>Total</b>		100.00		100.00		100.00	

### 3.3 Petrografik Özellikler

Petrografi analizinde, harç ve sıva örnekleri mikroskobik ölçeklerde incelenmiştir. Epoksiye alınan örneklerden kaba kesitler hazırlanarak genel doku özellikleri, alan itibariyle bağlayıcı miktarı, agrega miktarı ve türleri stereo mikroskop altında incelenmiştir (Şekil 3.9). Ayrıca örneklerin hazırlanan ince kesitleri polarizan mikroskop ile incelenerek (Şekil 3.10) petrografi analizleri yapılmıştır (Dabanlı, 2016). Yapılan inceleme sonucunda örneğin bağlayıcı ve bağlayıcı-agrega oranları alan itibariyle yaklaşık olarak hesaplanmıştır. İnceleme sonucu Çizelge 3.7’de, stereo ve ince kesit görüntüleri EK-B’de verilmiştir.



**Şekil 3.9:** Stereo mikroskop analizi (KURAM Laboratuvarı)



**Şekil 3.10:** Polarizan mikroskop (ince kesit) analizi (KURAM Laboratuvarı)

**Çizelge 3.8:** Petrografi analizi yaklaşık bağlayıcı-agrega oranları (alan itibariyle)

Örnek No	Bağlayıcı Oranı (%)	Agrega Oranları (%)	
		Tuğla Kırığı	Kireçtaşı Kırığı
1	30-35	45-50	15-20
2	30-35	45-50	15-20
3	30-35	45-50	15-20
4	30-35	45-50	15-20
5	30-35	45-50	15-20
6	30-35	40-45	20-25
7	30-35	45-50	15-20
8	30-35	45-50	15-20
9	30-35	45-50	15-20
10	30-35	45-50	15-20
11	30-35	45-50	15-20
12	30-35	45-50	15-20
13	30-35	45-50	15-20
14	30-35	45-50	15-20
15	30-35	45-50	15-20
16	30-35	40-45	20-25
17	30-35	40-45	20-25
18	30-35	40-45	20-25
19	30-35	45-50	15-20
20	30-35	40-45	20-25
21	30-35	45-50	15-20
22	50-55	-	45-50
23	30-35	45-50	15-20
24	30-35	45-50	15-20
25	30-35	30-35	30-35
26	30-35	30-35	30-35
27	30-35	30-35	30-35
28	30-35	30-35	30-35
29	30-35	30-35	30-35
30	30-35	30-35	30-35
31	30-35	30-35	30-35
32	30-35	30-35	30-35
33	30-35	30-35	30-35
34	30-35	25-30	35-40
35	30-35	35-40	25-30
36	30-35	40-45	20-25
37	30-35	30-35	30-35
38	30-35	30-35	30-35
39	30-35	30-35	30-35
40	50-55	-	45-50
41	30-35	30-35	30-35
42	30-35	30-35	30-35
43	30-35	30-35	30-35
44	30-35	30-35	30-35
45	30-35	20-25	40-45

### 3.4 Fiziki Özellikler

Çalışma kapsamında yapıdan alınmış olan örneklerin bağlayıcı-agrega özellikleri ile boşlukluluk ve birim hacim ağırlık nitelikleri laboratuvar deneyleriyle belirlenmiştir.

#### 3.4.1 Agregası

Agregası, harç ve sıva gibi karışımlarda bağlayıcı ile birlikte dolgu malzemesi kullanılan çeşitli cins ve ebatlarda olabilen yapı malzemesidir. Yapıdan alınan örneklerin asitle muamele sonucu bağlayıcı kısmının ve eğer var ise karbonatlı agregalarının reaksiyonu sonrası kalan malzemeler incelenmiş, karbonatlı agregaların oranı asitle muamele-kızdırma kaybı deneyi ve mikroskop altında görsel inceleme ile belirlenmiş olup alt başlıklarda ilgili sonuçlar verilmiştir.

##### 3.4.1.1 Agregası Tipi

Agregası niteliği kullanılan malzemenin kökenine bağlı olarak değişmektedir. Tarihi yapılarda genellikle tuğla kırığı ve tozu, kireçtaşı kırığı ve tozu ile kumun çeşitli oranlarda, hepsinin kullanılmasıyla veya isteğe bağlı olarak seçilen malzemelerin kullanılmasıyla uygulandığı bilinmektedir (Güleç, 1992).

Yapıdan alınan tüm harç ve sıvalarda kullanılan ve laboratuvar deneyleriyle tespit edilen agregaların *tuğla kırığı ve tozu ile kireçtaşı kırığı ve tozu* olduğu tespit edilmiştir. Sadece bitim sıvası olarak yapılmış 22 ve 40 numaralı sıva örneklerinde agregası olarak kireçtaşı kırığı ve tozu kullanıldığı tespit edilmiştir.

##### 3.4.1.2 Dane Boyutu Dağılımı

Dane boyutu dağılımı, asitle muamele sonucu reaksiyona girmeden kalmış olan agregaların elek analizi yöntemiyle (Şekil 3.11), karbonatlı agregaların ebatlarının mikroskop altında görsel analiz ile belirlenmesinden ibarettir. Bir önceki başlıkta nitelikleri verilen agregaların boyut dağılımı Çizelge 3.8'de verilmiştir.

**Çizelge 3.9:** Elek analizi sonuçları (%)

Örnek No	> 8.0 mm	> 5.6 mm	> 4.0 mm	> 2.0 mm	> 1.0 mm	> 500 µ	> 250 µ	> 125 µ	> 63 µ	< 63 µ
1	40,01	11,35	8,88	9,38	9,58	7,42	5,77	3,93	2,09	1,59
2	25,42	16,09	9,91	14,13	8,71	8,98	5,91	5,07	2,98	2,80
3	41,58	19,02	3,23	7,67	3,76	7,97	6,47	4,66	3,01	2,63
4	59,94	2,52	7,97	10,27	3,67	5,35	4,30	3,04	1,68	1,26
5	22,19	10,32	11,23	12,77	9,16	9,55	7,87	8,65	4,65	3,61
6	4,38	3,70	5,21	8,40	7,39	18,99	12,27	21,09	11,01	7,56
7	6,18	18,53	17,53	11,55	6,77	9,16	9,56	9,76	5,98	4,98
8	29,00	14,00	12,95	11,38	8,23	9,12	6,19	4,46	2,52	2,15
9	10,89	12,46	10,98	13,44	9,01	13,37	8,80	10,42	5,84	4,79
10	3,93	5,83	5,35	13,49	13,79	18,23	12,52	10,94	8,51	7,41
11	68,22	4,49	4,80	3,43	4,06	7,92	2,59	2,06	1,37	1,06
12	6,16	6,09	6,47	13,21	16,53	25,12	7,40	6,65	6,47	5,90
13	39,75	0,00	9,28	19,53	2,63	8,59	8,59	6,37	2,91	2,35
14	27,60	7,33	15,62	11,39	9,40	14,50	4,75	3,97	3,02	2,42
15	7,13	11,28	12,98	17,01	17,07	13,81	8,06	6,07	3,71	2,88
16	13,27	21,89	10,06	15,62	7,81	12,19	8,28	5,44	2,84	2,60
17	39,99	11,11	3,68	8,35	7,59	9,66	7,36	5,44	3,60	3,22
18	12,47	17,60	13,25	14,37	8,80	17,48	5,01	4,34	4,01	2,67
19	21,93	10,40	12,68	12,32	12,61	11,89	8,19	5,20	2,64	2,14
20	16,15	11,95	13,29	12,05	8,24	13,18	10,20	7,83	3,81	3,30
21	33,34	10,65	8,46	7,85	3,49	9,69	8,64	7,33	4,97	5,58
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,78	36,96	10,87	17,39
23	0,00	0,00	20,93	11,24	3,23	7,30	13,34	18,54	11,52	13,90
24	0,00	0,00	15,31	15,73	11,26	11,69	12,43	12,43	10,31	10,84
25	0,00	0,00	5,20	10,69	14,55	14,88	19,96	19,18	9,15	6,39
26	0,00	0,00	0,00	6,55	21,04	19,95	19,58	17,03	9,02	6,83
27	0,00	8,86	9,58	20,49	15,40	9,91	11,57	11,70	6,48	6,01
28	0,00	5,32	4,99	16,94	20,11	23,24	8,26	7,42	7,09	6,63
29	0,00	14,54	21,86	10,85	9,04	11,50	12,49	11,75	4,77	3,20
30	0,00	12,43	11,90	12,43	11,24	10,86	12,21	15,59	7,43	5,91
31	0,00	4,71	12,64	13,79	13,48	13,58	13,79	15,05	7,00	5,96
32	0,00	16,20	6,60	16,49	9,07	21,75	7,11	9,07	7,63	6,08
33	0,00	13,29	6,91	11,04	5,59	9,44	14,76	22,61	9,18	7,18
34	0,00	0,00	0,00	4,80	11,56	21,43	19,35	18,31	11,95	12,60
35	0,00	20,16	15,56	11,21	5,08	8,87	12,34	16,05	5,65	5,08
36	0,00	7,62	17,50	13,62	16,06	17,96	10,88	7,91	4,64	3,81
37	0,00	16,95	14,54	11,34	13,51	16,01	6,51	8,13	7,19	5,82
38	0,00	0,00	0,00	28,73	7,97	9,03	15,17	22,58	9,60	6,92
39	0,00	0,00	0,00	12,94	9,52	13,83	20,18	23,58	11,56	8,39
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,54	57,69	26,92	3,85
41	0,00	0,00	0,00	12,05	9,22	12,68	27,76	25,72	8,01	4,56
42	0,00	0,00	0,00	44,59	13,96	8,69	10,26	10,61	6,55	5,34
43	0,00	0,00	0,00	0,00	12,39	16,99	21,35	26,22	12,55	10,50
44	0,00	0,00	0,00	56,73	23,76	9,94	4,79	2,90	1,02	0,86
45	0,00	0,00	0,00	24,76	7,05	14,58	6,74	13,64	15,83	17,40



**Şekil 3.11:** Elek seti ve sarsma cihazı (KURAM Laboratuvarı)

### **3.4.2 Bağlayıcı ve Bağlayıcı-Agrega Oranları**

Yapıdan alınan malzemeler üzerinde yapılan deney ve incelemeler sonucunda, örneklerin tamamında bağlayıcı olarak söndürülmüş kaymak kireç olarak da bilinen hava kirecinin kullanılmış olduğu belirlenmiştir. Deney ve gözlem sonuçlarına göre, harçların bağlayıcı ve agrega oranları ile agregalarının dağılımı hacimce yaklaşık olarak belirlenmiş ve Çizelge 3.9’da verilmiştir.

**Çizelge 3.10: Bağlayıcı-agrega oranları (hacimce)**

Örnek No	Bağlayıcı (Kaymak Kireç)	Agrega		
		Agrega Oranı	Tuğla Kırığı	Kireçtaşı Kırığı
1	1,00	3,00	2,25	0,75
2	1,00	3,00	2,25	0,75
3	1,00	3,00	2,25	0,75
4	1,00	3,00	2,25	0,75
5	1,00	3,00	2,25	0,75
6	1,00	3,00	2,00	1,00
7	1,00	3,00	2,25	0,75
8	1,00	3,00	2,25	0,75
9	1,00	3,00	2,25	0,75
10	1,00	3,00	2,25	0,75
11	1,00	3,00	2,25	0,75
12	1,00	3,00	2,25	0,75
13	1,00	3,00	2,25	0,75
14	1,00	3,00	2,25	0,75
15	1,00	3,00	2,25	0,75
16	1,00	3,00	2,00	1,00
17	1,00	3,00	2,00	1,00
18	1,00	3,00	2,00	1,00
19	1,00	3,00	2,25	0,75
20	1,00	3,00	2,00	1,00
21	1,00	3,00	2,25	0,75
22	1,00	2,25	-	2,25
23	1,00	3,00	2,25	0,75
24	1,00	3,00	2,25	0,75
25	1,00	3,00	1,50	1,50
26	1,00	3,00	1,50	1,50
27	1,00	3,00	1,50	1,50
28	1,00	3,00	1,50	1,50
29	1,00	3,00	1,50	1,50
30	1,00	3,00	1,50	1,50
31	1,00	3,00	1,50	1,50
32	1,00	3,00	1,50	1,50
33	1,00	3,00	1,50	1,50
34	1,00	3,00	1,25	1,75
35	1,00	3,00	1,75	1,25
36	1,00	3,00	1,75	1,25
37	1,00	3,00	1,50	1,50
38	1,00	3,00	1,50	1,50
39	1,00	3,00	1,50	1,50
40	1,00	2,25	-	2,25
41	1,00	3,00	1,50	1,50
42	1,00	3,00	1,50	1,50
43	1,00	3,00	1,50	1,50
44	1,00	3,00	1,50	1,50
45	1,00	3,00	1,00	2,00

### 3.4.3 Boşlukluluk

Boşlukluluk analizi, yapıdan alınan harç ve sıva örnekleri üzerinde TS EN 12390-7 (Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş Beton Yoğunluğunun Tayini) standardına göre yapılmıştır. Boşlukluluk analizi örneğin saf su ile yeterince<sup>3</sup> doyurulmuş ağırlığı ve 105±5 °C'de yeterince kurutulmuş ağırlıklarının farkının örneğin hacmine oranıyla tespit edilmiş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12'de verilmiştir.

### 3.4.4 Birim Hacim Ağırlık

Birim hacim ağırlık deneyi, yapıdan alınan harç ve sıva örnekleri üzerinde TS EN 1015-10 (Kâgir Harcı - Deney Metotları - Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini) standardına göre yeterli ebatlara sahip örnekler üzerinde doymuş ve kuru birim hacim ağırlıklarının tespit edilmesi amacıyla yapılmış olup elde edilen sonuçlar Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12'de verilmiştir.

**Çizelge 3.11:** Boşlukluluk ve birim hacim ağırlık değerleri

Örnek No	Kuru Ağırlık (g)	Doymuş Ağırlık (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Doymuş Birim Hacim Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Boşlukluluk (%)
1-1	332,89	376,33	172,26	1,93	2,18	25,22
1-2	338,36	381,21	174,13	1,94	2,19	24,61
1-3	334,01	381,59	172,26	1,94	2,22	27,62
4-1	333,36	380,94	171,38	1,95	2,22	27,76
4-2	341,02	385,51	173,42	1,97	2,22	25,65
4-3	332,09	377,03	171,23	1,94	2,20	26,24
<b>Ortalama</b>				<b>1,95</b>	<b>2,21</b>	<b>26,18</b>
<b>Standart Sapma</b>				0,01	0,02	1,28
<b>Varyasyon Katsayısı</b>				0,01	0,01	0,05

<sup>3</sup> 24 saatlik periyodik tartımlar arasındaki fark max. %0,1 olduğunda.

**Çizelge 3.12: Boşluktuluk ve birim hacim ağırlık değerleri**

Örnek No	Kuru Ağırlık (g)	Doygun Ağırlık (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Doygun Birim Hacim Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Boşluktuluk (%)
27-1	276,18	307,66	154,61	1,79	1,99	20,36
27-2	265,39	298,43	151,04	1,76	1,98	21,87
27-3	272,22	302,17	152,11	1,79	1,99	19,69
32-1	260,46	288,76	148,26	1,76	1,95	19,09
32-2	258,13	285,90	146,58	1,76	1,95	18,95
32-3	252,70	280,24	141,19	1,76	1,98	19,51
<b>Ortalama</b>				<b>1,77</b>	<b>1,97</b>	<b>19,91</b>
<b>Standart Sapma</b>				0,02	0,02	1,08
<b>Varyasyon Katsayısı</b>				0,01	0,01	0,05

### 3.5 Mekanik Özellikler

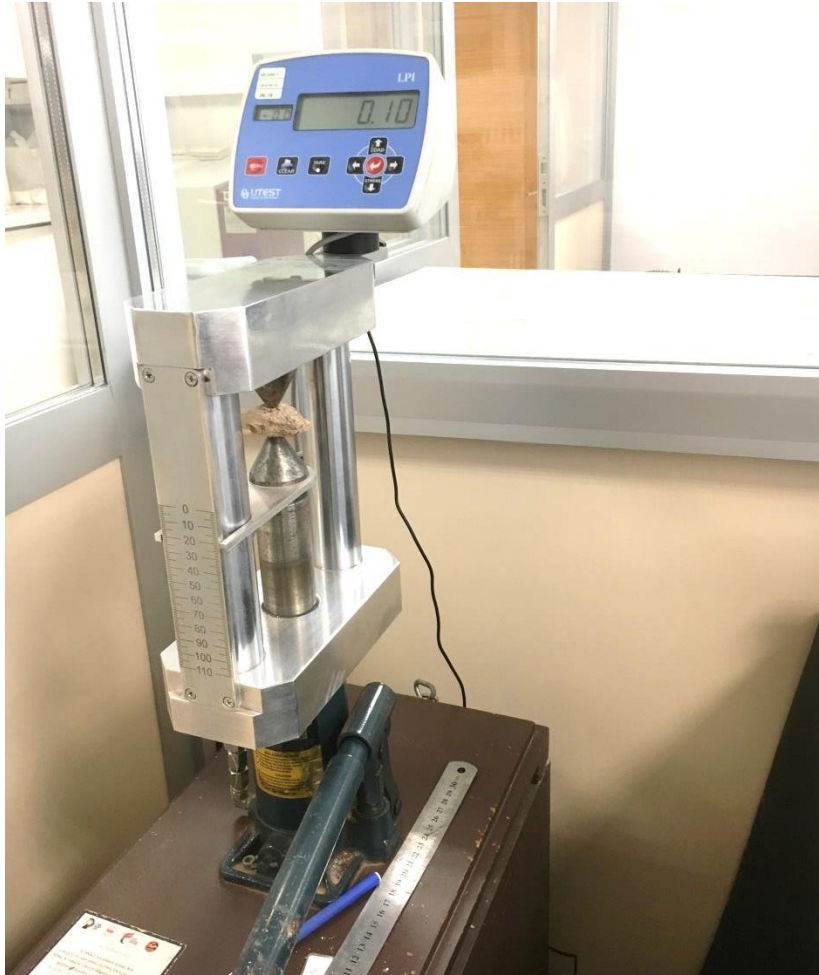
Yapıdan alınan malzemeler üzerinde nokta yükü dayanım indeksi deneyi ASTM C1245M/C1245M-12 [Standard Test Method for Determining Relative Bond Strength Between Hardened Roller Compacted Concrete Lifts (Point Load Test)] standardına göre gerçekleştirilmiş (Şekil 3.12) ve deney sonucu Çizelge 3.12 ve Çizelge 3.13’de verilmiştir. Ayrıca deney numunelerinden elde edilen sonuçlar eşdeğer karot çapı değerlerine göre belirli katsayı (K) ile çarpılarak, yaklaşık eşdeğer tek eksenli basınç dayanımı değeri ( $\sigma_c$ ) elde edilmiştir.

**Çizelge 3.13: Nokta yükü dayanım indeksi sonuçları**

Örnek No	W (mm)	D (mm)	P (kN)	I <sub>s(50)</sub> (MPa)	Katsayı (K)	$\sigma_c$ (MPa)
1-1	30,26	22,49	0,13	0,11	18	2,02
1-2	32,17	24,65	0,15	0,11	18	2,07
1-3	30,39	21,70	0,14	0,12	18	2,22
4-1	29,40	20,19	0,11	0,11	18	1,90
4-2	32,83	22,43	0,14	0,11	18	2,04
4-3	31,51	24,18	0,16	0,13	18	2,27
<b>Ortalama</b>				<b>0,12</b>	<b>18</b>	<b>2,09</b>
<b>Standart Sapma</b>				0,01	0,00	0,14
<b>Varyasyon Katsayısı</b>				0,07	0,00	0,07

**Çizelge 3.14:** Nokta yükü dayanım indeksi sonuçları

Örnek No	W (mm)	D (mm)	P (kN)	$I_{s(50)}$ (MPa)	Katsayı (K)	$\sigma_c$ (MPa)
27-1	25,95	19,44	0,09	0,10	18	1,76
27-2	29,61	22,51	0,10	0,09	18	1,58
27-3	28,44	20,17	0,11	0,11	18	1,95
32-1	30,21	22,43	0,11	0,10	18	1,71
32-2	29,04	21,46	0,10	0,09	18	1,66
32-3	30,29	24,71	0,11	0,09	18	1,58
<b>Ortalama</b>				<b>0,09</b>	<b>18</b>	<b>1,71</b>
<b>Standart Sapma</b>				0,01	0,00	0,14
<b>Varyasyon Katsayısı</b>				0,08	0,00	0,08



**Şekil 3.12:** Nokta yük dayanımı deneyi (KURAM)

## 4. DÖNEM DEĞERLENDİRMESİ VE KARŞILAŞTIRMA

Yapıdan alınan malzemeler üzerinde yürütülen çalışmalara ait bulgular deneysel çalışmalar başlığında ele alınmıştır. Örneklerin asit kaybı, kızdırma kaybı, agrega boyutları vb. verilere bakıldığında birbirine benzer sonuç gösteren iki farklı seri olduğu açıkça görülmektedir. Analizler sonucunda elde edilmiş olan verilerden yararlanılarak harç ve sıvalar arasındaki ilişkiler karşılaştırmalı olarak verilmiş (seri 1 ve seri 2) ve geçmişten günümüze ulaşan dönemlerin harç ve sıva bilgileri temel alınarak örneklerin dönem değerlendirmesi yapılmıştır.

### 4.1 Harçlar

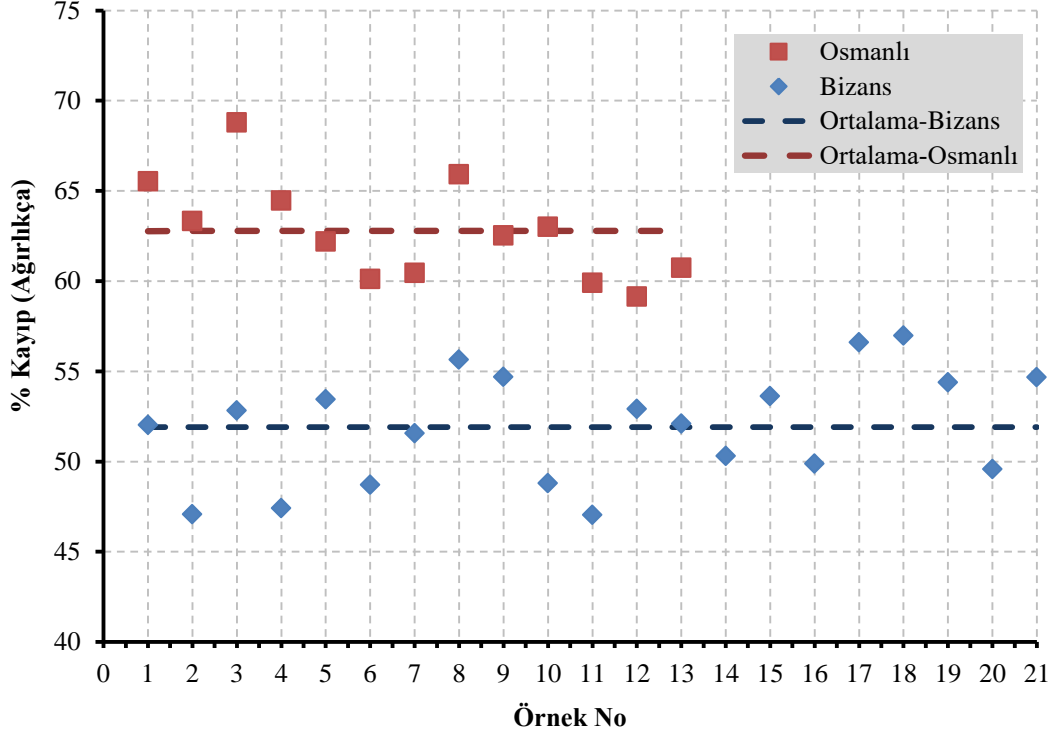
Harç örnekleri üzerinde yürütülen analiz çalışmalarından elde edilen veriler ile (seri 1 ve seri 2) grafikler oluşturulmuş ve açıklamalarıyla birlikte verilmiştir. Karşılaştırmalı grafiklerde verilen çeşitli kimyevi ve fiziki özellikler ile örneklerin yapıdan alındıkları konumlar göz önüne alındığında “**Seri 1**” olarak nitelendirilen örneklerin “**Bizans**”, “**Seri 2**” olarak nitelendirilen örneklerin ise “**Osmanlı**” dönemi harçlarıdır.

#### 4.1.1 Asit Kaybı

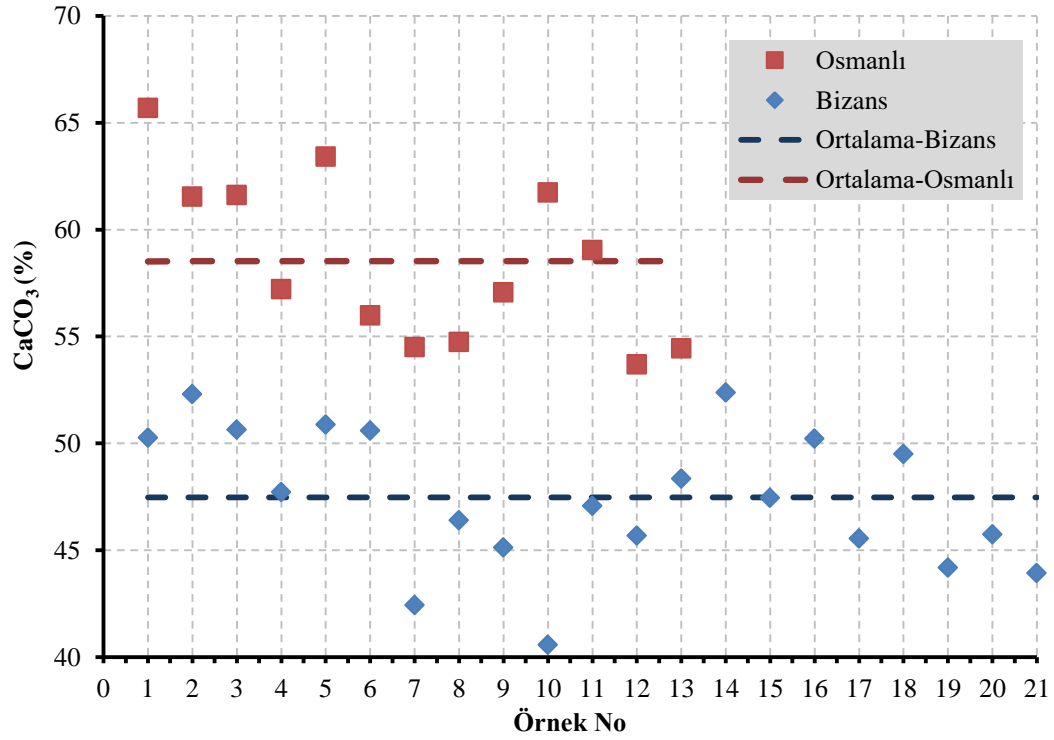
Asit kaybı değerlerine bakıldığında Bizans dönemi harçlarındaki kaybın ortalama %51,91 (min. %47,04, max. %56,98) olduğu, Osmanlı dönemi harçlarında ise ortalama %62,78 (min. %59,14, max. %68,80) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

#### 4.1.2 Kızdırma Kaybı (Kalsinasyon)

Kızdırma kaybı (kalsinasyon) deneyinden elde edilen %CaCO<sub>3</sub> değerleri incelendiğinde Bizans dönemi harçlarının ortalama %CaCO<sub>3</sub> miktarının %47,48 (min. %40,58, max. %52,38) olduğu, Osmanlı dönemi harçlarında ise ortalama %58,52 (min. %53,70, max. %65,69) olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).

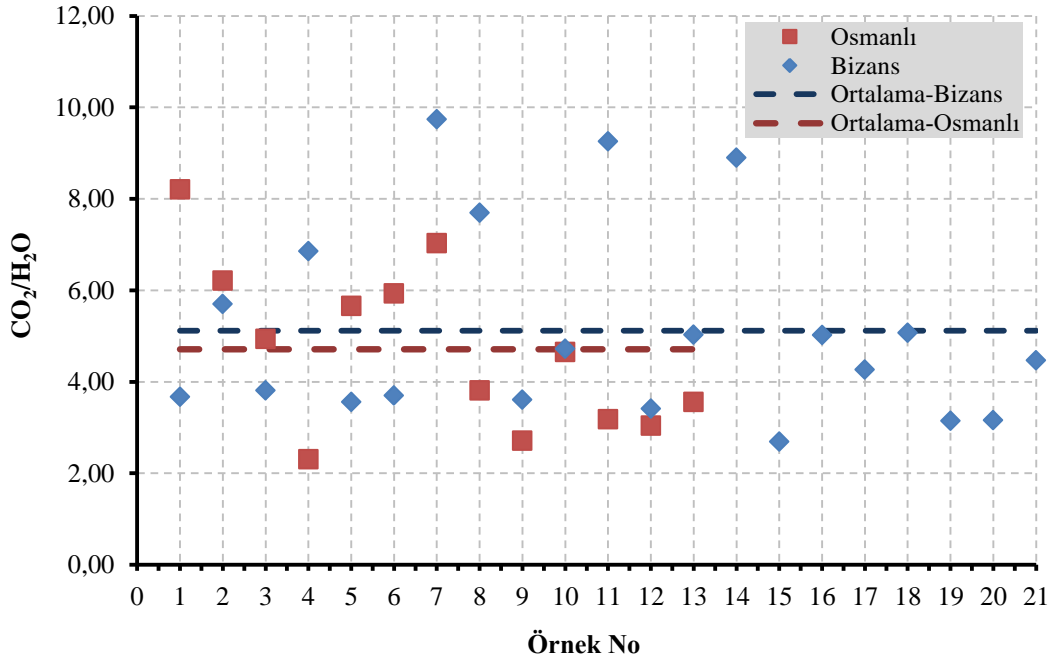


Şekil 4.1: Asitle muamele analizi sonuçları (% kayıp)



Şekil 4.2: Kızdırma kaybı sonu tespit edilen % CaCO<sub>3</sub> miktarı

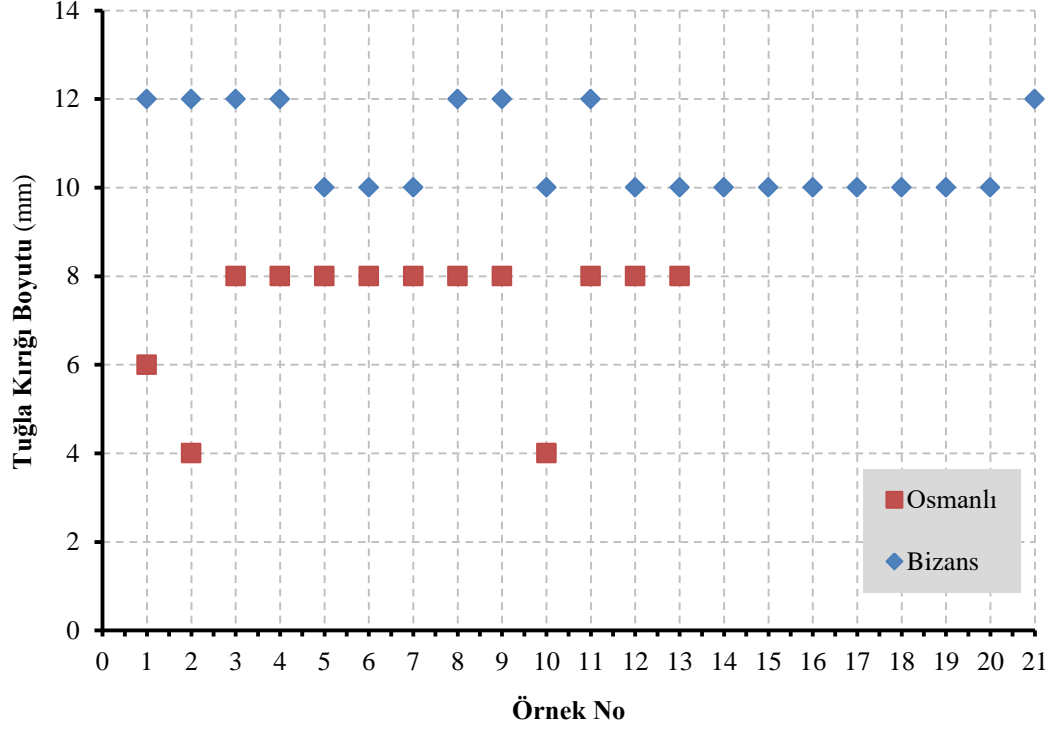
Kızdırma kaybı (kalsinasyon) deneyinden elde edilen CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O değeri incelendiğinde Bizans dönemi harçlarının ortalama 5,12 (min. 2,69, max. 9,74) olduğu, Osmanlı dönemi harçlarının ortalama 4,71 (min. 2,31, max. 8,21) olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Kızdırma kaybı deneyinde tespit edilen molekül suyu ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) oranı yardımı ile harçların puzolanik özellikleri belirlenebilmektedir. İlgili oran 1-10 aralığındaysa harcın puzolanik özellik gösterdiği, oran 10'dan büyük ise puzolanik özellik göstermediği kabul edilir (Uğurlu & Böke, 2010).



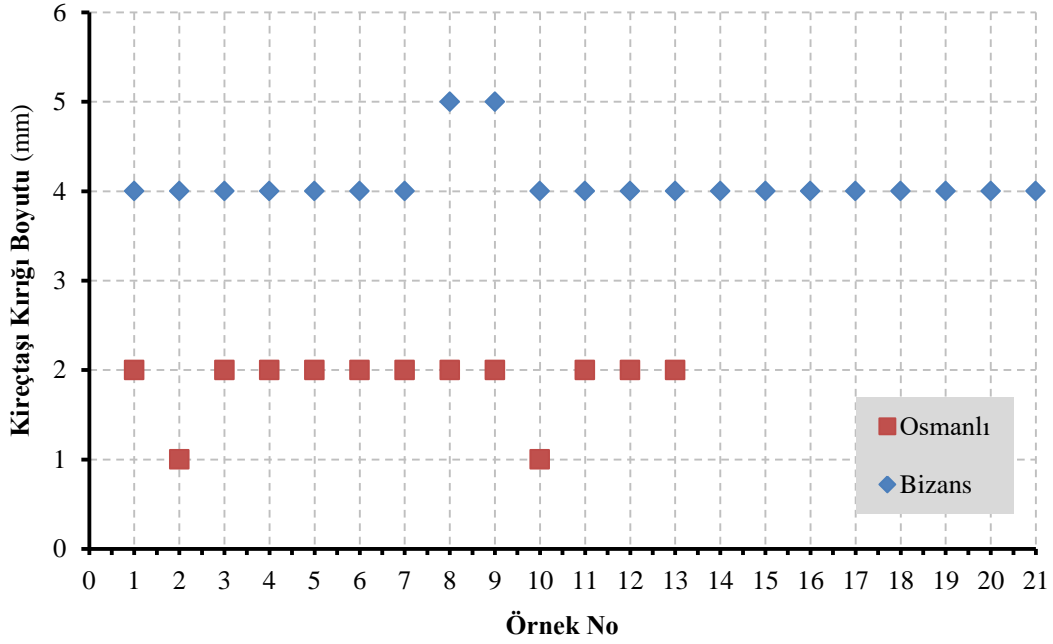
Şekil 4.3: Kalsinasyon deneyi sonucu tespit edilen CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O değerleri

#### 4.1.3 Elek Analizi

İncelenen yapı malzemeleri üzerinde asitle muamele analizi sonrası gerçekleştirilmiş elek analizi sonucunda en büyük tuğla kırığı boyutları belirlenmiştir. Bizans dönemi harçlarında ortalama 10,76 mm (min. 10,00 mm, max. 12,00 mm), Osmanlı dönemi harçlarının ortalama 7,20 mm (min. 4,00 mm, max. 8,00mm) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Ayrıca petrografi analizi yardımıyla en büyük kireçtaşı boyutu belirlenmiş olup Bizans dönemi harçları için ortalama 4,10 mm (min. 4,00 mm, max. 5,00 mm), Osmanlı dönemi harçlarında ise ortalama 1,80 mm (min. 1,00 mm, max. 2,00 mm) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

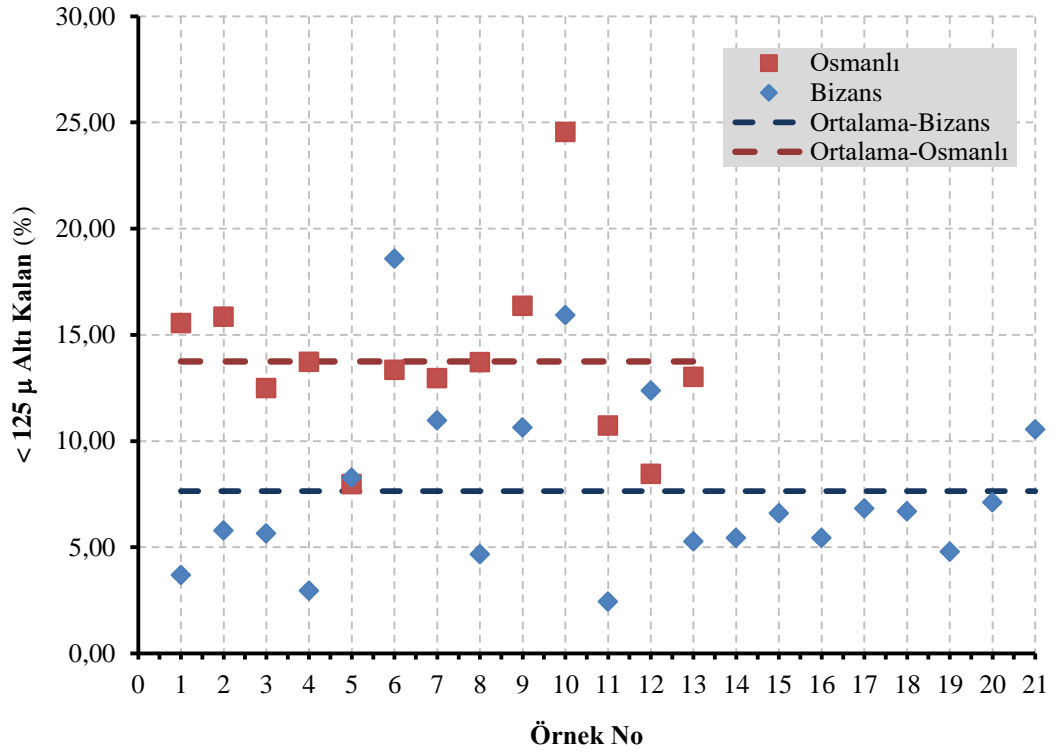


Şekil 4.4: En büyük tuğla kırığı boyutları



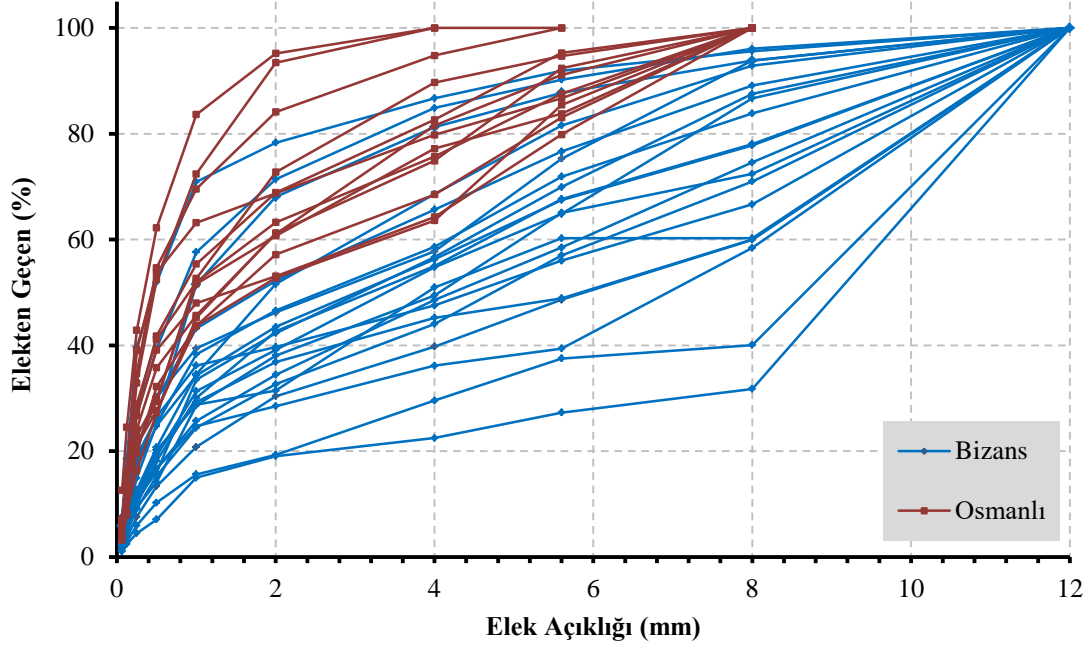
Şekil 4.5: En büyük kireçtaşı kırığı boyutları

Bağlayıcı olarak söndürülmüş kaymak kireç ve agrega olarak tuğla kırığı ve tozu ile kireçtaşı kırığı ve tozu kullanılan harçların rengini belirleyen en önemli etmenlerden biri asitle muamele sonrasında yapılan elek analizinde 125 $\mu$  açıklığındaki elek altında kalan tuğla tozu miktarıdır. Bu toz boyutlu malzeme harcı kendi rengine boyamaktadır. Bizans dönemi harçlarının ortalama %7,64 (min. %2,43 max. %15,92), Osmanlı dönemi harçlarının ise ortalama % 13,74 (min. %7,97 max. 24,55) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Örneklerin renklerine bakıldığında Osmanlı dönemi örneklerinin genelde pembe renkli, Bizans dönemi örneklerinin ise krem renkli olduğu görülmüştür. Bu renk değişiminin nedeni Şekil 4.6 da verilen grafikte ve EK-B'deki örnek fotoğraflarında görülmektedir.



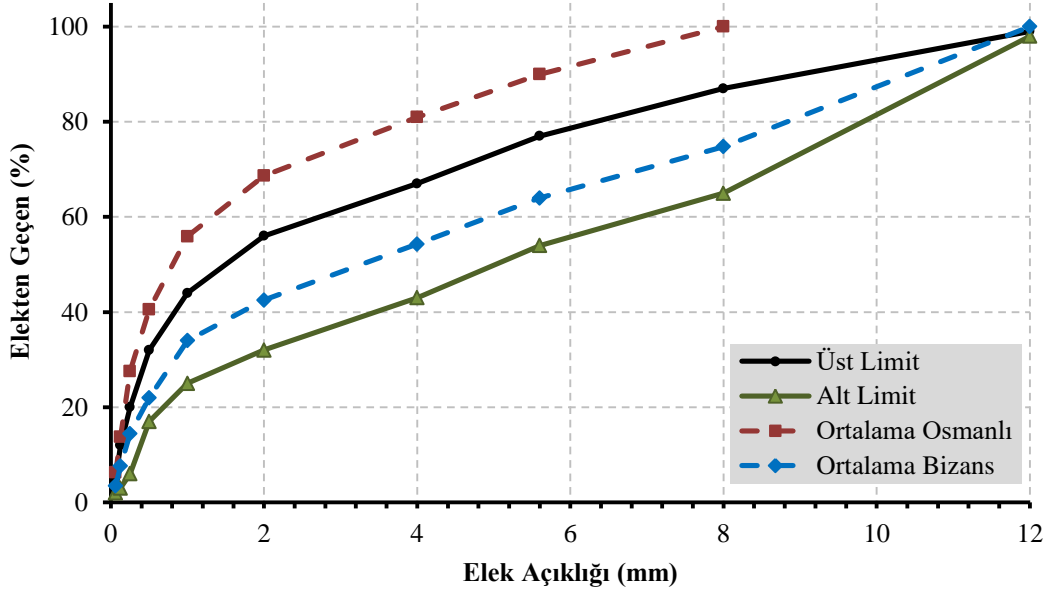
Şekil 4.6: Harçlarda 125 $\mu$  elek altında kalan malzeme

Numunelerin asitle muamele sonrasında kalan malzemelerine yapılan elek analizinde, elekten geçen yüzde değerleri esas alınarak granülometri eğrisi oluşturulmuş (Şekil 4.7) ve örneklerin tane büyüklüğü dağılımı grafiğinden elde edilen ortalama veriler, TS 802 (Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları) standardında bulunan alt-üst limit değerler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.7: Harçlarda kullanılan silikathı agregaların granülometri grafiği

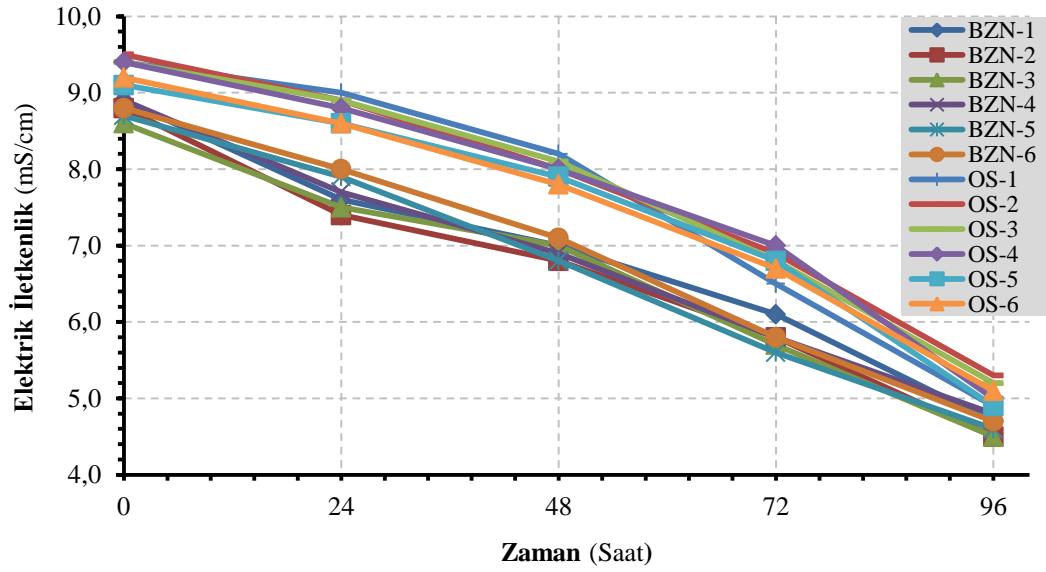
Şekil 4.8'de verilmiş olan grafikte Bizans dönemi harçlarının alt-üst limit bölgesi içerisinde (orta bölgeye yakın konumda) kaldığı ve iyi bir boylanma ve dağılım gösterdiği, Osmanlı dönemi harçlarının ise daha ince taneli olduğu tespit edilmiştir.



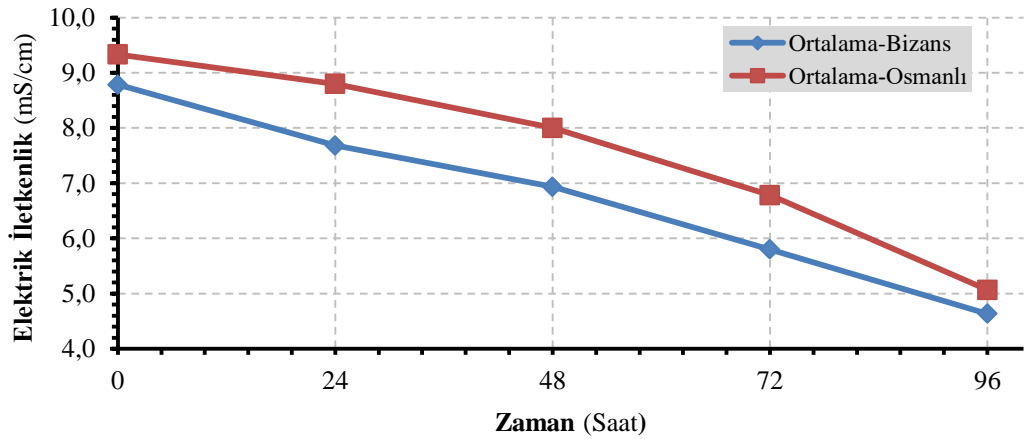
Şekil 4.8: Referans değerler ve incelenen harçların ortalama granülometri eğrisi

#### 4.1.4 Puzolanik Aktivite

Puzolanik aktivite deneyinden elde edilen sonuçlar Şekil 4.9’da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. İlgili analizde CH çözeltisi ve puzolan eklenmiş CH çözeltisi arasındaki elektrik iletkenlik değerleri arasındaki farkın 0,4 mS/cm’den büyük olması o maddenin puzolanik özellik taşıdığına, 1,2 mS/cm’den büyük olması ise iyi bir puzolanik özellik gösterdiğine işaret etmektedir (Çizer, 2004, Böke, 2006). Yapılan analiz sonucunda elektrik iletkenlik ölçümüyle elde edilen verilere bakıldığında Bizans ve Osmanlı dönemi harçlarında agrega olarak kullanılan tuğla kırıklarının oldukça iyi bir puzolanik özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.9: Puzolanik aktivite elektrik iletkenlik ölçümleri



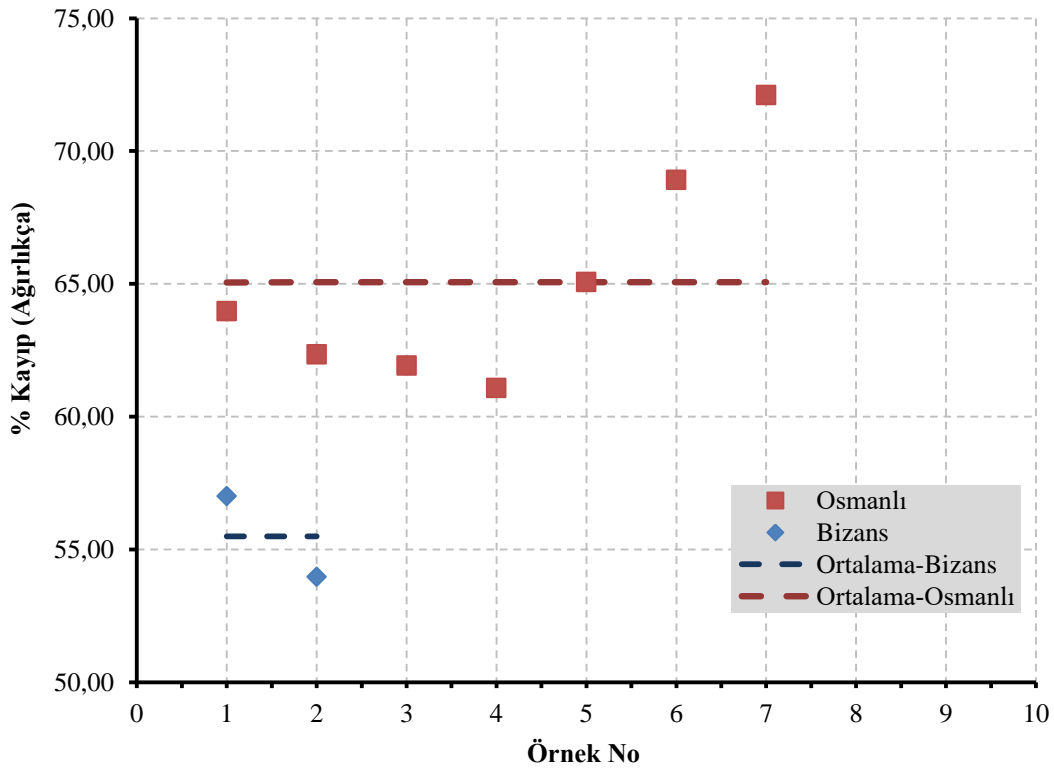
Şekil 4.10: Bizans ve Osmanlı harçlarının ortalama elektrik iletkenlik değerleri

## 4.2 Sıvalar

Çalışmada incelenen sıva örnekleri üzerinde yürütülen deneysel çalışmalardan elde edilen veriler ile oluşturulmuş (seri 1 ve seri 2) grafikler sırasıyla verilmiştir. Karşılaştırmalı grafiklerde verilen çeşitli kimyevi ve fiziki özellikler ile örneklerin yapıdan alındıkları bölgeler göz önüne alındığında “Seri 1” olarak nitelendirilen örneklerin “Bizans”, “Seri 2” olarak nitelendirilen örneklerin ise “Osmanlı” dönemi sıvalarıdır. 22 ve 40 numaralı örnekler bitim sıvası niteliğinde olduğundan istatistiki verilere dâhil edilmemiştir.

### 4.2.1 Asit Kaybı

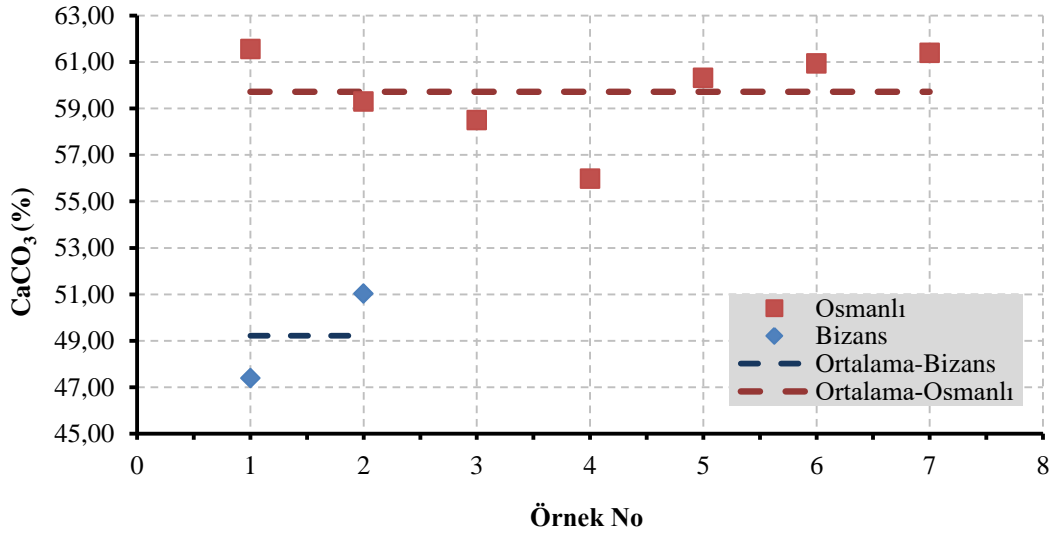
Yapıdan alınan sıva örneklerinin asit kaybı değerleri incelendiğinde Bizans dönemi sıvalarının kayıplarının ortalama %55,49 (min. %53,97, max. %57,01) olduğu, Osmanlı dönemi sıvalarının ise ortalama %65,06 (min. %61,08, max. %72,11) oranında olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Asitle muamele deneyi sonuçları (% kayıp)

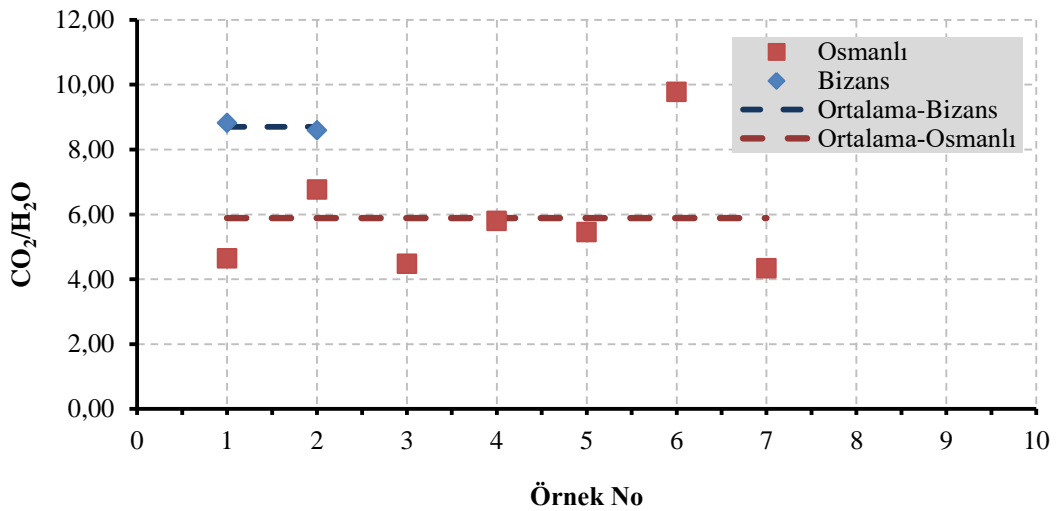
#### 4.2.2 Kızdırma Kaybı (Kalsinasyon)

İncelenen numunelerin kızdırma kaybı (kalsinasyon) deneyinden elde edilen kalsiyum karbonat (%CaCO<sub>3</sub>) değerlerine bakıldığında Bizans dönemi sıvalarının ortalama %49,22 (min. %47,40, max. %51,03), Osmanlı dönemi sıvalarının ortalama %59,71 (min. %55,98, max. %61,55) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: Kızdırma kaybı sonucu tespit edilen % CaCO<sub>3</sub> miktarları

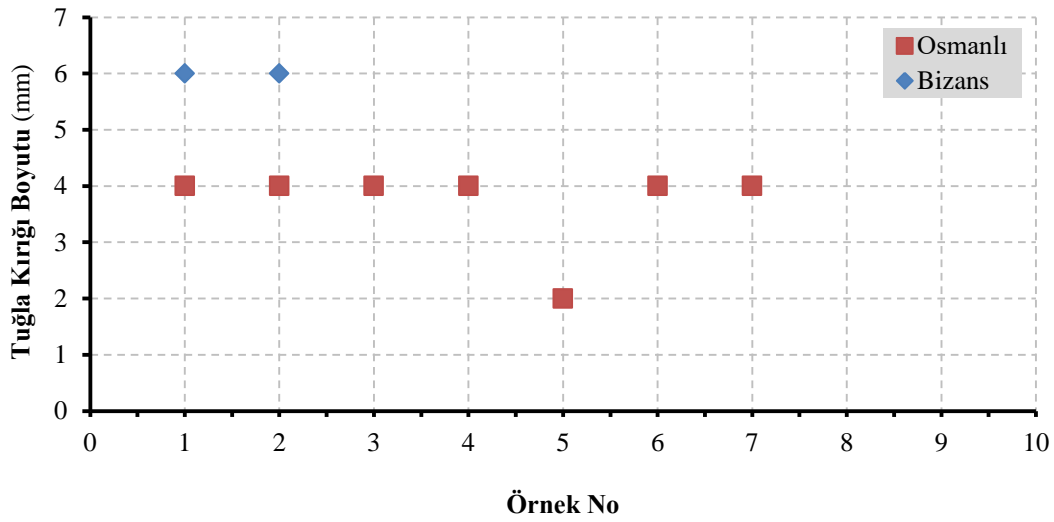
Kızdırma kaybı (kalsinasyon) deneyinden elde edilen CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O değerleri incelendiğinde Bizans dönemi sıvalarındaki oranın ortalama 8,70 (min. 8,59, max. 8,81), Osmanlı dönemi sıvalarındaki oran ise ortalama 5,89 (min. 4,33, max. 9,77) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13).



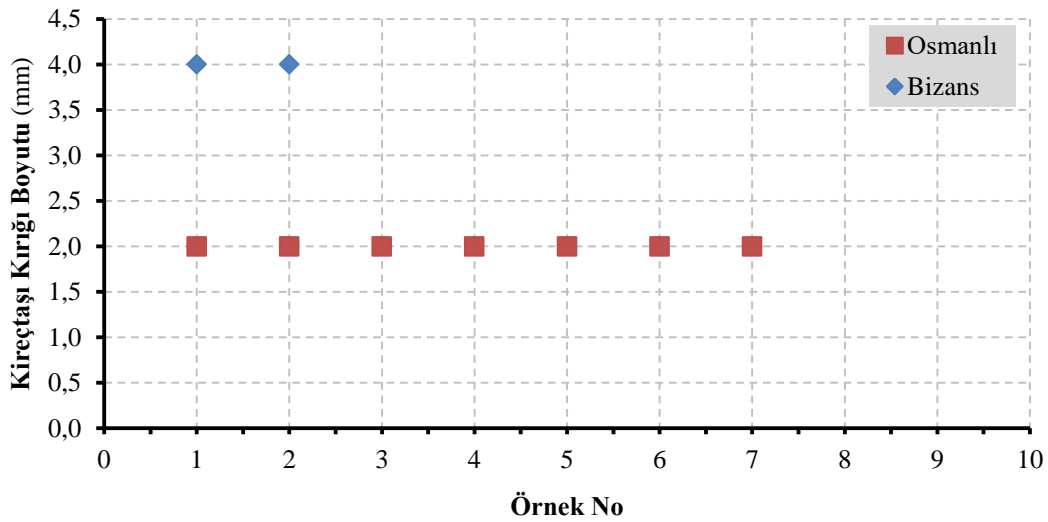
Şekil 4.13: Kalsinasyon deneyi sonucu tespit edilen CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O değerleri

### 4.2.3 Elek Analizi

Sıva örnekleri üzerinde asitle muamele sonrası gerçekleştirilmiş elek analizi sonucunda en büyük tuğla kırığı boyutlarının Bizans dönemi sıvaları için ortalama 6,0 mm (min. 6,0 mm, max. 6,0 mm), Osmanlı dönemi sıvalarının ortalama 3,71 mm (min. 2,0 mm, max. 4,0mm) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.14). Ayrıca petrografi analizi yardımıyla max. kireçtaşı boyutu belirlenmiş, Bizans dönemi sıvaları için ortalama 4,0 mm (min. 4,0 mm, max. 4,0 mm), Osmanlı dönemi sıvalarının ise ortalama 2,0 mm (min. 2,0 mm, max. 2,0 mm) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.15).

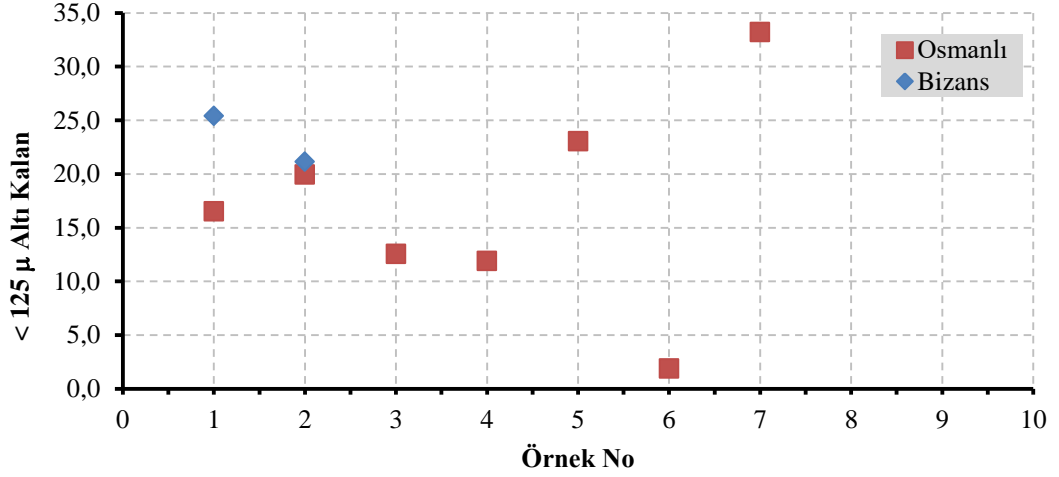


Şekil 4.14: En büyük tuğla kırığı boyutları



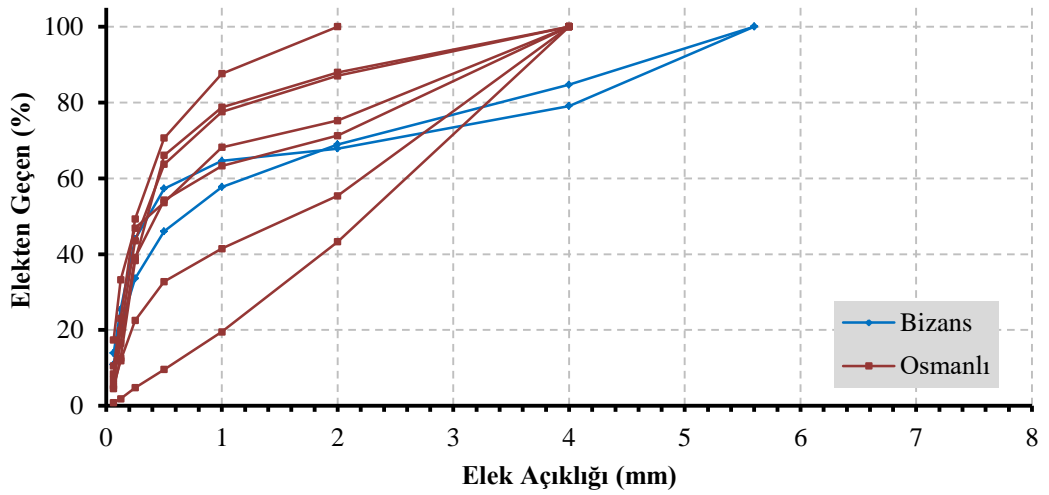
Şekil 4.15: En büyük kireçtaşı kırığı boyutları

Sıvaların asit sonrasında kalan toz boyutlu malzeme oranına bakıldığında ( $125\mu$  elek altı) Bizans dönemi sıvalarında ortalama %23,29 (min. %21,15, max. %25,42), Osmanlı dönemi sıvalarında ise ortalama %17,01 (min. %1,88, max. %33,23) oranında toz boyutlu malzeme bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.16).

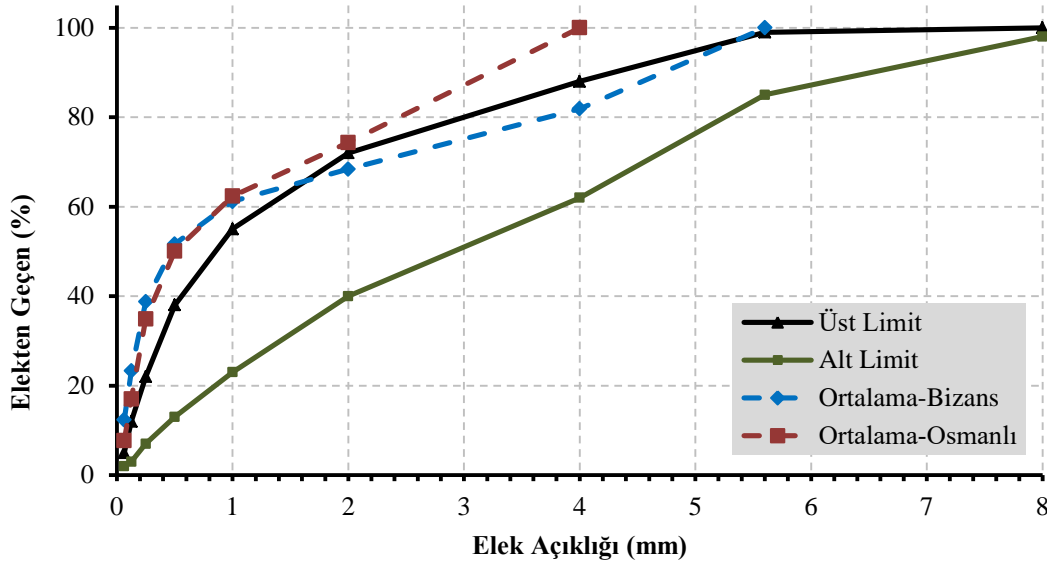


Şekil 4.16: Sıvaların  $125\mu$  elek altında kalan malzeme miktarı (%)

Numunelerin elekten geçen yüzde değerleri esas alınarak granülometri eğrisi oluşturulmuş (Şekil 4.17) ve örneklerin tane büyüklüğü dağılımı grafiğinden elde edilen ortalama veriler, TS 802 (Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları) standardında bulunan alt-üst limit değerler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.17: Sıvaların granülometri eğrisi



**Şekil 4.18:** Referans değerler ve ortalama granülometri

Şekil 4.18’de verilmiş olan grafikte Bizans dönemi sıvalarının alt-üst limit bölgesi içerisinde kısmen yer aldığı, Osmanlı dönemi sıvalarının ise daha ince taneli olduğu tespit edilmiştir.

### 4.3 Sonuçların İstatistikî Değerlendirmesi

Bu tezin “Deneysel Çalışmalar” bölümünde tablolar halinde verilen deney sonuçları için istatistikî bir değerlendirme yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.1 – Çizelge 4.8’de verilmiştir. Analiz edilen değişkenler max. agrega boyutu, iletkenlik, % CaCO<sub>3</sub> oranı, % asit kaybı ve elek analizi değişkenleri olarak >8.0 mm, >5.6 mm, >4.0 mm, >2.0 mm, >1.0 mm, >500 $\mu$ , >250 $\mu$ , >125 $\mu$ , >63 $\mu$ , <63 $\mu$ ; tane boyutlarına göre tasnif edilmiş tuğla kırığı miktarı ve kireçtaşı miktarıdır. Tablolarda harç ve sıvalar için örneklem olarak incelenen her bir değişkenin aritmetik ortalama ve standart sapması hesaplanmış ve örneklerin normal dağılım gösterdiği varsayılmıştır. Pek çok mühendislik probleminde olduğu gibi %10 hata kabul edilmiş ve örneklem güven aralığı (GA) %90 olacak şekilde normal dağılım Z değerleri normal dağılım tablolarından okunmuş, istenilen güven aralığındaki normal dağılım standart sapma değerlerinin +1.28 ve -1.28’e karşılık geldiği görülmüştür. Bu değerler ortalama değere eklenip çıkarılarak makul güvenlik aralığındaki alt ve üst sınırlar elde

edilmiştir. Tablolarda “%90 GA + SS” ile üst sınır, “%90 GA – SS” ile alt sınır ifade edilmiştir.

Bizans dönemi harç ve sıvalarında, Osmanlı dönemi harç ve sıvalarına göre agrega boyutunun çok daha büyük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1 - Çizelge 4.2). Bizans döneminde kullanılan tuğla çakılları bu durumun oluşmasında temel etkindir. Bizans dönemi harç ve sıvaları ile Osmanlı dönemi harç ve sıvalarının iletkenlik değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu, ancak Bizans dönemi sıvalarının (2 örnek) iletkenliğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.1:** Harçların max. agrega boyu ve iletkenliklerinin istatistiki değerleri

Dönem	İstatistik	Max. Agrega Boyutu (mm)	İletkenlik (mS/cm)
Bizans-Harç	Ortalama	10,76	399
	Standart Sapma	1,00	197
	% 90 GA + SS	12,04	652
	% 90 GA - SS	9,49	147
Osmanlı-Harç	Ortalama	7,23	363
	Standart Sapma	1,54	248
	% 90 GA + SS	9,20	681
	% 90 GA - SS	5,26	45

**Çizelge 4.2:** Sıvaların max. agrega boyu ve iletkenliklerinin istatistiki değerleri

Dönem	İstatistik	Max. Agrega Boyutu (mm)	İletkenlik (mS/cm)
Bizans-Sıva	Ortalama	6,00	131
	Standart Sapma	0,00	23
	% 90 GA + SS	6,00	160
	% 90 GA - SS	6,00	102
Osmanlı-Sıva	Ortalama	3,71	345
	Standart Sapma	0,76	228
	% 90 GA + SS	4,68	636
	% 90 GA - SS	2,75	53

Elek analizi sonuçları incelendiğinde de max. agrega boyutunda olduğu gibi Bizans dönemi malzemelerinde kullanılan tuğla çakılı faktörü öne çıkmaktadır. Ayrıca Bizans dönemi harçlarında 125 $\mu$  elek altı boyutlu malzemenin az olması bu malzemelerin Osmanlı harçlarına göre daha açık renkli olmasına sebep olmaktadır (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.3:** Harçların elek analizi sonuçlarının istatistikî değerleri

Dönem	İstatistik	> 8.0 mm	> 5.6 mm	> 4.0 mm	> 2.0 mm	> 1.0 mm	> 500 $\mu$	> 250 $\mu$	> 125 $\mu$	> 63 $\mu$	< 63 $\mu$
Bizans-Harç	Ortalama	25,22	10,79	9,71	11,79	8,49	12,01	7,56	6,80	4,17	3,47
	Standart Sapma	18,18	5,81	3,96	3,59	3,98	4,77	2,47	4,04	2,34	1,87
	% 90 GA + SS	48,49	18,22	14,77	16,38	13,58	18,11	10,71	11,97	7,17	5,86
	% 90 GA - SS	1,95	3,36	4,64	7,20	3,40	5,91	4,40	1,62	1,18	1,08
Osmanlı-Harç	Ortalama	0,00	9,24	9,79	12,33	12,75	15,34	12,99	13,83	7,48	6,27
	Standart Sapma	0,00	6,93	6,63	4,16	4,88	5,11	4,50	4,88	2,01	2,21
	% 90 GA + SS	0,00	18,11	18,28	17,65	19,00	21,88	18,74	20,08	10,04	9,10
	% 90 GA - SS	0,00	0,36	1,30	7,00	6,50	8,80	7,23	7,59	4,91	3,44

**Çizelge 4.4:** Sıvaların elek analizi sonuçlarının istatistikî değerleri

Dönem	İstatistik	> 8.0 mm	> 5.6 mm	> 4.0 mm	> 2.0 mm	> 1.0 mm	> 500 $\mu$	> 250 $\mu$	> 125 $\mu$	> 63 $\mu$	< 63 $\mu$
Bizans-Sıva	Ortalama	0,00	0,00	18,12	13,49	7,25	9,50	12,89	15,49	10,92	12,37
	Standart Sapma	0,00	0,00	3,97	3,17	5,68	3,10	0,64	4,32	0,86	2,16
	% 90 GA + SS	0,00	0,00	23,21	17,55	14,51	13,47	13,71	21,02	12,01	15,14
	% 90 GA - SS	0,00	0,00	13,03	9,42	-0,02	5,52	12,06	9,95	9,82	9,60
Osmanlı-Sıva	Ortalama	0,00	0,00	0,00	25,69	11,98	12,25	15,18	17,89	9,30	7,71
	Standart Sapma	0,00	0,00	0,00	19,75	5,73	3,13	8,41	8,95	4,76	5,25
	% 90 GA + SS	0,00	0,00	0,00	50,96	19,31	16,26	25,95	29,35	15,40	14,43
	% 90 GA - SS	0,00	0,00	0,00	0,41	4,65	8,24	4,41	6,43	3,20	0,99

Bizans dönemi malzemelerinin asitle kayıp ve %CaCO<sub>3</sub> içeriği değerlerinin, Osmanlı dönemi harç ve sıvalarına göre daha düşük olduğu (~%10) Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da görülmektedir. Bu durum, Bizans dönemi malzemelerine Osmanlı dönemi malzemelerine göre daha az oranda kireçtaşı kırığı, daha fazla oranda tuğla kırığı ve çakılı karıştırılarak hazırlanmasıyla açıklanabilir (Güleç, 1992). Molekül suyu ve organik madde miktarı yaklaşık eşit miktarda tespit edilmiştir. Bu durum iki farklı dönemde de katkı olarak aynı malzemenin kullanıldığını göstermektedir.

**Çizelge 4.5:** Harçların asitle muamele ve kalsinasyon deneyi sonuçlarının istatistiği

Dönem	İstatistik	Nem (105 °C)	Molekül Suyu ve Organik Madde (550 °C)	CaCO <sub>3</sub> (1050 °C)	Asitle Kayıp (%)
Bizans-Harç	Ortalama	3,10	4,66	47,48	51,92
	Standart Sapma	2,16	1,53	3,26	3,08
	% 90 GA + SS	5,87	6,62	51,65	55,86
	% 90 GA - SS	0,34	2,70	43,31	47,97
Osmanlı-Harç	Ortalama	4,25	5,56	58,52	62,78
	Standart Sapma	4,17	1,56	3,93	2,82
	% 90 GA + SS	9,59	7,55	63,54	66,39
	% 90 GA - SS	-1,09	3,57	53,49	59,16

**Çizelge 4.6:** Sıvaların asitle muamele ve kalsinasyon deneyi sonuçlarının istatistiği

Dönem	İstatistik	Nem (105 °C)	Molekül Suyu ve Organik Madde (550 °C)	CaCO <sub>3</sub> (1050 °C)	Asitle Kayıp (%)
Bizans-Sıva	Ortalama	1,08	2,58	49,22	55,49
	Standart Sapma	0,10	0,29	2,57	2,15
	% 90 GA + SS	1,21	2,95	52,50	58,24
	% 90 GA - SS	0,95	2,20	45,93	52,74
Osmanlı-Sıva	Ortalama	2,55	4,44	59,71	65,06
	Standart Sapma	1,61	1,05	1,99	4,06
	% 90 GA + SS	4,61	5,79	62,25	70,25
	% 90 GA - SS	0,49	3,09	57,17	59,86

Bağlayıcı-agrega oranları harç ve sıvaların niteliğini etkileyen esas parametrelerdendir. İki farklı dönemde de bağlayıcı/agrega oranının 1/3 olduğu, agrega oranının kendi içerisinde değişiklik gösterdiği Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de görülmektedir. Bu değişiklik Osmanlı harç ve sıvalarında Bizans dönemine göre daha fazla oranda kireçtaşı kırığının kullanılmasına bağlı olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.7:** Harç örneklerinin bağlayıcı/agrega oranlarının istatistikleri

Dönem	İstatistik	Bağlayıcı	Tuğla Kırığı	Kireçtaşı Kırığı
Bizans-Harç	Ortalama	1,00	2,19	0,81
	Standart Sapma	0,00	0,11	0,11
	% 90 GA + SS	1,00	2,33	0,95
	% 90 GA - SS	1,00	2,05	0,67
Osmanlı-Harç	Ortalama	1,00	1,52	1,48
	Standart Sapma	0,00	0,12	0,12
	% 90 GA + SS	1,00	1,68	1,64
	% 90 GA - SS	1,00	1,36	1,32

**Çizelge 4.8:** Sıva örneklerinin bağlayıcı/agrega oranlarının istatistikleri

Dönem	İstatistik	Bağlayıcı	Tuğla Kırığı	Kireçtaşı Kırığı
Bizans-Sıva	Ortalama	1,00	2,25	0,75
	Standart Sapma	0,00	0,00	0,00
	% 90 GA + SS	1,00	2,25	0,75
	% 90 GA - SS	1,00	2,25	0,75
Osmanlı-Sıva	Ortalama	1,00	1,43	1,57
	Standart Sapma	0,00	0,19	0,19
	% 90 GA + SS	1,00	1,67	1,81
	% 90 GA - SS	1,00	1,19	1,33

#### **4.4 Analiz Sonuçlarının Bulanık Mantık Yöntemiyle Değerlendirilmesi**

Gündelik hayatta kesinlik belirtmeyen, göreceli durumlarla sıklıkla karşılaşıyoruz ‘Su soğuk’, ‘hava sıcak’, ‘alçak bina’, ‘kısa adam’ gibi betimlemeler kişiden kişiye ya da içinde bulunulan bölgenin şartlarına göre değişebilen yargılar olmakla birlikte bu yargıları doğru ya da yanlış olarak sınıflandırmak hatalı bir yaklaşım olacaktır, bu noktada bazı varsayımlar kullanılarak ifadeleri bulanıklaştırma yoluna gidilerek ‘su biraz soğuk, hava biraz sıcak, adam epey kısa’ gibi ifadeler kullanmak durumunda kalırız, farkında olmadan sıkça kullandığımız bu mantık yaklaşımı, literatürde bulanık mantık olarak adlandırılmaktadır (Pakdamar ve Okbaz, 2018). Bu bağlamda bulanık mantık için, gerek sözel gerek simgesel ifadelerle insan bilgi ve tecrübelerinden yararlanılarak bunları işleyip sonuçlar çıkarma metodudur denilebilir ve bu açıdan bulanık mantık ilkeleri sadece sosyal bilimler, ekonomi, yer bilimleri ve mühendislik gibi uzmanlık isteyen konularda değil, faydalı bilgiler üretmek isteyen herkesin kullanabileceği bir araçtır (Şen, 2009). Günümüzde bulanık mantık metroların işleyişinden fotoğraf makinesinin odaklamasına, bulaşık makinelerinden iklimlendirme sistemlerine kadar pek çok farklı alanda kullanılmaktadır (Pakdamar ve Okbaz, 2018).

##### **4.4.1 Bulanık Küme ve Mantık Kavramı**

Uzunca zamandır bilimin üzerine kurulduğu mantık sisteminde (Aristoteles mantığı) önermeler çok katı ve keskindir. Aristoteles mantığına (klasik mantık) göre bir önerme ya tamamen doğrudur ya da tamamen yanlış iken, ikili mantıkta bütün önermeler akıl ile sorgulanmadan doğrudan kabul edilebilir değildir ve bazı önermeler paradoks oluşturabilir, bununla birlikte bulanık mantıkta önermeler kısmen doğru veya kısmen yanlış olabilir (Prior, 1958,s 262, Mert ve Yılmaz, 2009, s169).

Kesin olmayan, göreceli veya sözel bilgiler ile tutarlı sonuçlar çıkarılması gereken problemlerde bulanık küme kavramını kullanmak kimi zaman tek çözüm yöntemi olabilmektedir. İnsan belleğinde tecrübe ve bilgi sonucu ortaya çıkan anlam, yorum ve değerlendirmelerden meydana gelen çok sayıda sözel kural grupları vardır, akımın devreden geçip geçmediğini bir işaret olarak vermektense başka bir yeteneği olmayan bilgisayarlar devrelerinden geçen akımı bildirmek dışında bir muhakeme yetisine

sahip değildirler ve bilgisayarların insan gibi muhakeme edebilmesi ancak benzeştirme ile mümkün olabilmektedir (Pakdamar ve Okbaz, 2018). Bulanık mantık ile bilgisayarlara aktarılan veriler kurallar dizisi şeklinde olmalıdır ve mantıksal operatörlerle ifade edilmelidir. Bir başka deyişle “ve, veya...” gibi ifadelerle ilişkilendirilmiş “eğer ve ise” ifadeleriyle bağlanmış cümleler bulanık mantık sistemiyle çok rahat bir şekilde modellenebilir, “eğer bu böyle ve şu da şöyle ise onu şöyle yap” gibi sözel kuralların matematiksel karşılığı bahsedilen bulanık kümelerin birbirleriyle uygun şekilde bağlanması ile oluşturulabilmekte ve oluşturulan bu sisteme bulanık çıkarım sistemi denmektedir (Ross, 2010, s.442, Mert ve Yılmaz, 2009, s.169, Pakdamar ve Okbaz, 2018).

#### **4.4.2 Değişkenlerin Bulanık Mantıkla Tanımlanması**

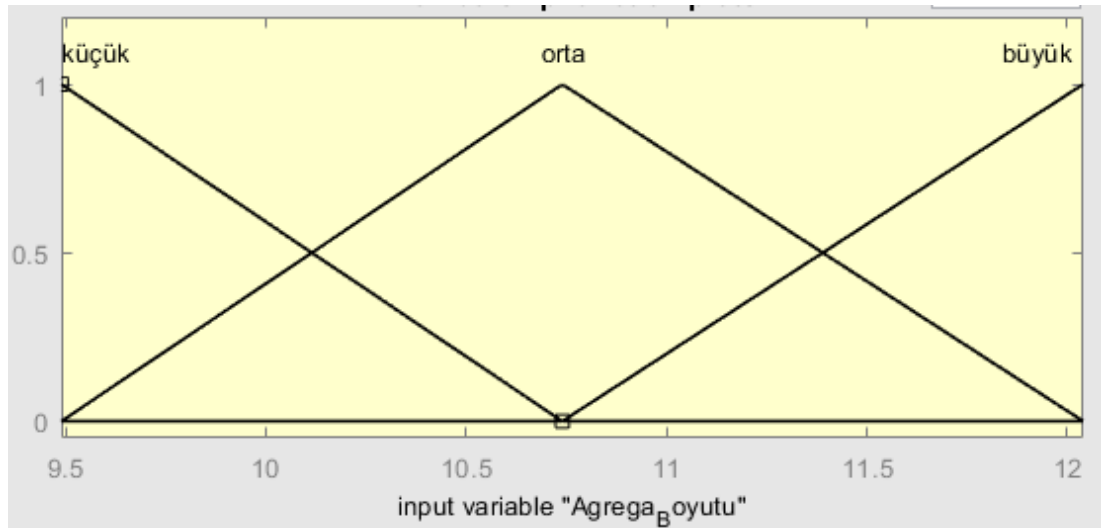
Harç ve sıva değerlendirmede kullanılan değişkenlerin nicel ve nitel değişkenlerden oluşması bu değişkenlerin hepsinin birlikte düşünülerek karar verilmesi gerektiği durumlarda mutlaka insan karar verme sistemi ve insan müdahalesinin gerektiği açıktır, hâlbuki içinde bulunduğumuz çağın gereği her veri bir bulut ortamında toplanıyor ve insan gibi düşünen makinalar ve sistemler tarafından değerlendirilerek sonuçlar üretilmektedir (Şen, 2009).

Bu çalışmada esas olarak alınan harç ve sıva deneylerindeki agrega boyutu, iletkenlik, molekül suyu miktarı, CaCO<sub>3</sub> oranı, asitle kayıp ve elek analizi değişkenleri olarak >8.0 mm, >5.6 mm, >4.0 mm, >2.0 mm, >1.0 mm. >500µ, >250µ, >125µ, >63µ, <63µ, tuğla kırığı miktarı ve kireçtaşı miktarı gibi değişkenlerin birlikte kullanılarak makine ve sistemler tarafından karar verilebilir hale getirilmesi için yapay zeka tekniklerine adaptasyonu gerekmektedir. Sözel verileri de sayısal verilerle beraber işleme kabiliyetine sahip bir yapay zekâ karar verme tekniği olan bulanık mantık bu noktada kullanılacak uygun bir yöntem olarak görülmüştür (Pakdamar ve Güler, 2012).

Çalışmanın bir sonraki kısmında yukarıdaki paragrafta verilen değişkenlerin bulanıklaştırılması gerçekleştirilecektir.

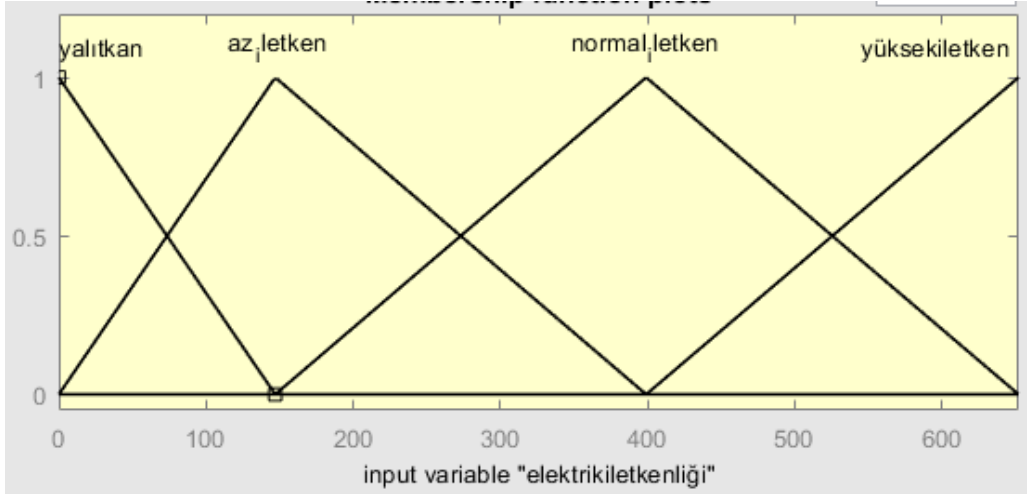
#### 4.4.3 Bizans Dönemi Harç Değişkenlerinin Bulanıklaştırılması

Harç ve siva ayrı ve bağımsız değişkenler olduğu için küme modellerinin de ayrı oluşturulması gerekir. Eğer siva ve harç için ortak değişkenler kullanılacaksa bir önceki bölümde verilen istatistiki değerlerin birleştirilmesi gerekir. Bu sebep-sonuç, girdi-çıkı problemleri kurulurken geçerli olacak bir durumdur. Bu çalışmada ise Bizans dönemi harç değişkenleri bulanıklaştırılacaktır. Bulanıklaştırma işlemi grafik yöntem kullanılarak yapılacaktır. İlk olarak Agregat boyutu (mm) değişkeni bulanıklaştırılmış ve Şekil 4.19'da bulanık kümesi verilmiştir. Çizelge 4.1'den de görüleceği üzere harç için agregat boyutunun ortalama değeri 10,76 mm ve %90 güven aralığında alt ve üst sınır değerleri 9,49 mm ve 12,04 mm'dir. Bu istatistikten faydalanılarak agregat boyutu kümesi küçük, orta, ve büyük olarak üç alt kümeye ayrılabilir. Küçük kümesinin aldığı en büyük üyelik değeri 9,49 mm, orta kümesinin aldığı en büyük üyelik değeri 10,76 mm ve büyük kümesinin aldığı en büyük üyelik değeri 12,04 mm olacağı üçgen üyelik fonksiyonlarının tepe noktalarından görülebilmektedir. Bulanıklaştırma işlemi üçgen üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kümelerin agregat boyutu değişkeni için oluşturduğu küme şekli Şekil 4.19'da verilmiştir. Grafiğin dikey eksen yataydaki herhangi bir değer için ona karşılık gelen alt kümeye (bu örnek için küçük, orta ve büyük kümelerine) ait olma oranını temsil eder. Bu değerlerden 1,0 değeri %100 ait olmayı, 0,5 değeri %50 ait olmayı ve 0 değeri %0 aidiyeti gösterir.



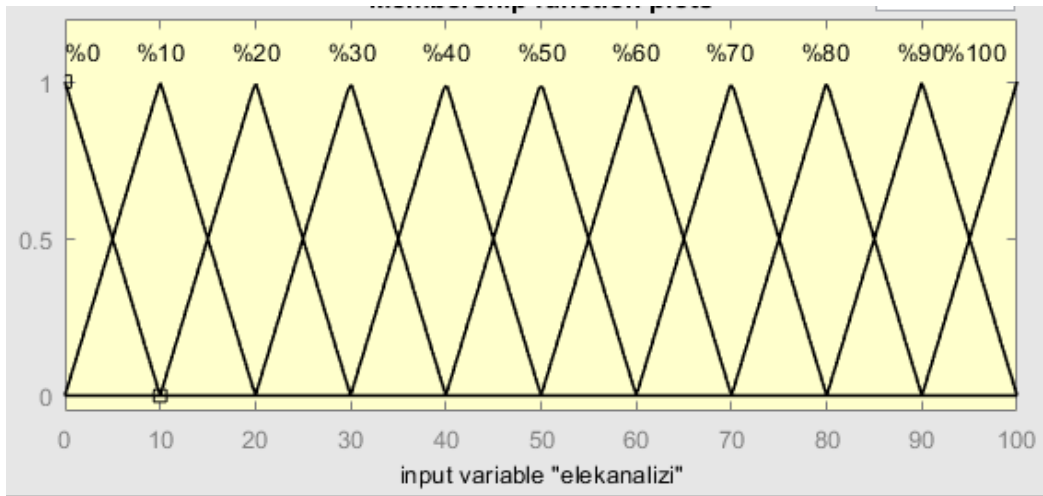
Şekil 4.19: Agregat boyutu değişkeninin bulanık küme gösterimi

Elektrik iletkenliği değişkeni bulanıklaştırılıp Yalıtkan, Az iletken, Normal iletken, Yüksek iletken şeklinde sıralı değişken olarak bulanıklaştırılırsa Şekil 4.20’de verildiği gibi bir grafik elde edilir. Çizelge 4.1’den de görüleceği üzere harç için elektrik iletkenliği ortalama değeri 399 mS/cm ve %90 güven aralığında alt ve üst sınır değerleri 147 mS/cm ve 652 mS/cm’dir. Bu istatistikten faydalanılarak ve elektrik iletkenliği sıralı nicel bir değişken olduğu için yalıtkan, az iletken, normal iletken ve yüksek iletken olarak  alt kümeye ayrılabilir.



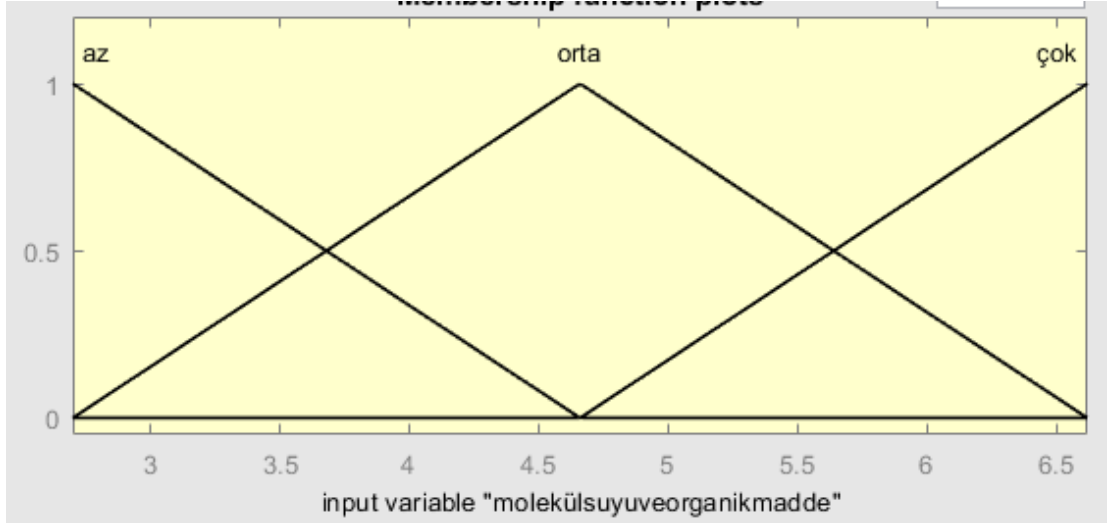
**Şekil 4.20:** Elektrik iletkenliği değişkeninin bulanık küme gösterimi

Elek analizi değişkeni altındaki her bir elek aralığı için aynı bulanık küme kullanılabilir. Elek altında kalan miktar yüzde (%) olarak yatay eksende verilmiş ve on alt kümeye bölünmüştür. Daha hassas işlem gerektiren durumlarda daha fazla alt kümeye bölünebilir. Bulanıklaştırılmış küme Şekil 4.21’de verilmiştir.



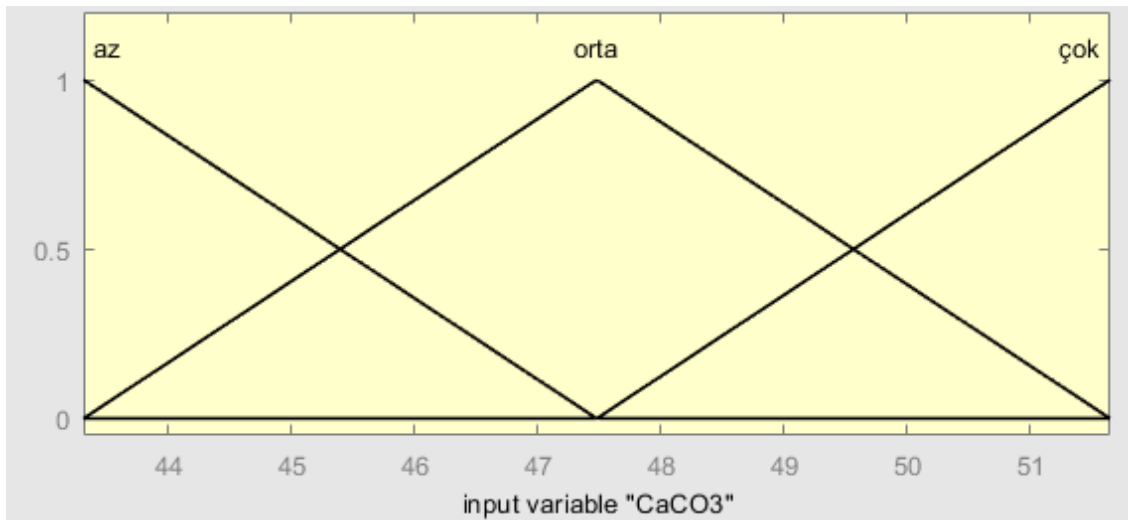
**Şekil 4.21:** Elek analizi değişkeninin bulanık küme gösterimi

Molekül suyu ve organik madde değişkeni bulanıklaştırılıp az, orta ve çok şeklinde sıralı değişken olarak bulanıklaştırılmış ve Şekil 4.22’de verilen grafik elde edilmiştir. Çizelge 4.5’den de görüleceği üzere harç için molekül suyu ve organik madde miktarı ortalama değeri 4,66 ve %90 güven aralığında alt ve üst sınır değerleri %2,70 ve %6,62’dir.



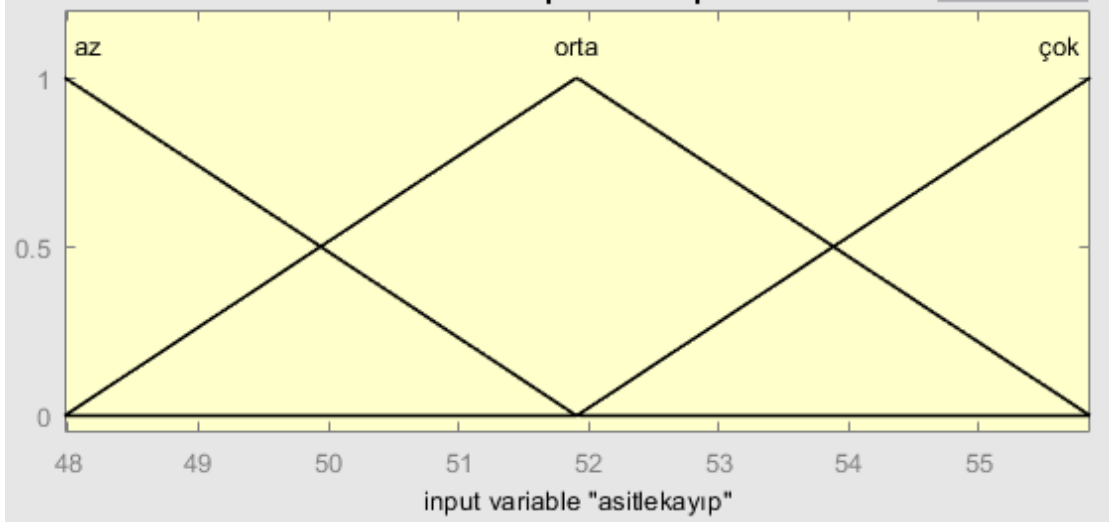
**Şekil 4.22:** Molekül suyu ve organik madde değişkeninin bulanık küme gösterimi

CaCO<sub>3</sub> içeriği değişkeni bulanıklaştırılıp az, orta ve çok şeklinde sıralı değişken olarak bulanıklaştırılırsa Şekil 4.23’de verilen grafik elde edilir. Çizelge 4.5’den de görüleceği üzere harç için ortalama CaCO<sub>3</sub> değeri 47,48 ve %90 güven aralığında alt ve üst sınır değerleri %43,31 ve %51,65’dir.



**Şekil 4.23:** CaCO<sub>3</sub> içeriği değişkeninin bulanık küme gösterimi

Asit kaybı değişkeni bulanıklaştırılıp az, orta ve çok şeklinde sıralı değişken olarak bulanıklaştırılırsa Şekil 4.24'te verilen grafik elde edilir. Çizelge 4.5'den de görüleceği üzere harç için asit kaybının ortalama değeri 51,92 ve %90 güven aralığında alt ve üst sınır değerleri %47,97 ve %55,86'dır.



Şekil 4.24: Asitle kayıp değişkeninin bulanık küme gösterimi

#### 4.4.4 Bulanık Mantıkla Dönem Tespiti

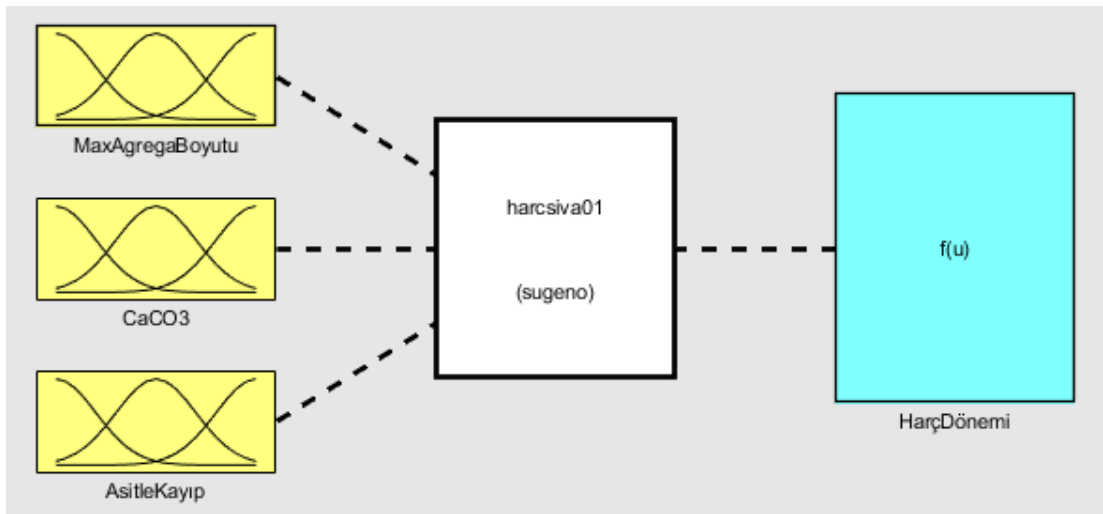
Bizans ve Osmanlı dönemi harçları üzerinde gerçekleştirilen analiz ve incelemeler sonucunda elde edilen verilerden yola çıkarak analiz sonuçlarına bağlı harç döneminin tespiti bu bölümde anlatılmaktadır.

Osmanlı ve Bizans dönemi harç örneklerinin analiz sonuçlarına bakıldığında (Çizelge 4.9), yapıdan sonraki dönemde alınacak harç örneklerinin analiz sonuçlarına göre; agrega boyutu göz önüne alındığında 9,50-12,04mm aralığında ise Bizans, 5,26-9,20mm aralığında ise Osmanlı dönemi,  $CaCO_3$  miktarı göz önüne alındığında %43,31-51,65 aralığındaysa Bizans, 53,49-63,54 aralığında ise Osmanlı dönemi, max. agrega boyutu 9,49-12,04mm aralığındaysa Bizans, 5,26-9,20mm aralığında ise Osmanlı dönemine ait olabileceği söylenebilir. Görüldüğü üzere parametre sınırları keskin değil ve birbirine girişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla parametrelerin değerleri arasındaki geçişliliğin kolay bir şekilde ifade edilebileceği bir yöntem olan “Bulanık Mantık” harçların dönem belirlenmesinde uygulanabilir.

**Çizelge 4.9:** Harç örneklerinin istatistiki verileri

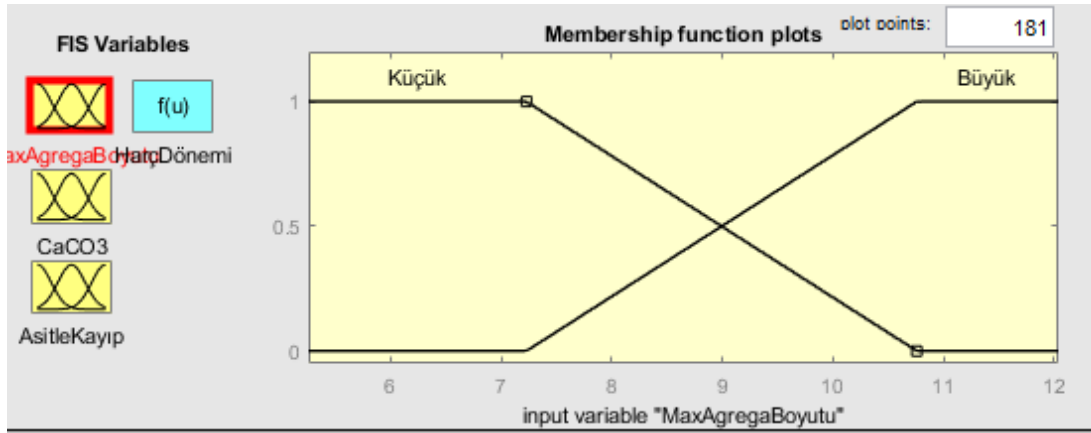
Dönem	İstatistik	Max. Agregasyon Boyutu (mm)	CaCO <sub>3</sub> Miktarı	Asit Kaybı (%)
Bizans	Ortalama	10,76	47,48	51,92
	% 90 GA + SS	12,04	51,65	55,86
	% 90 GA - SS	9,49	43,31	47,97
Osmanlı	Ortalama	7,23	58,52	62,78
	% 90 GA + SS	9,20	63,54	66,39
	% 90 GA - SS	5,26	53,49	59,16

Söz konusu bu üç parametreye bağlı olarak bir harcın Bizans veya Osmanlı dönemi olduğu kararına varabilmek için oluşturulan Bulanık modelin girdi parametreleri Max. Agregasyon Boyutu (mm) , %CaCO<sub>3</sub> miktarı ve Asit Kaybı (%); çıktı parametresi ise harç dönemidir. Matlab Fuzzy Toolbox'taki Fuzzy Modülü kullanılarak oluşturulan modelin genel girdi çıktı durumu Şekil 4.25'de görüldüğü gibidir.

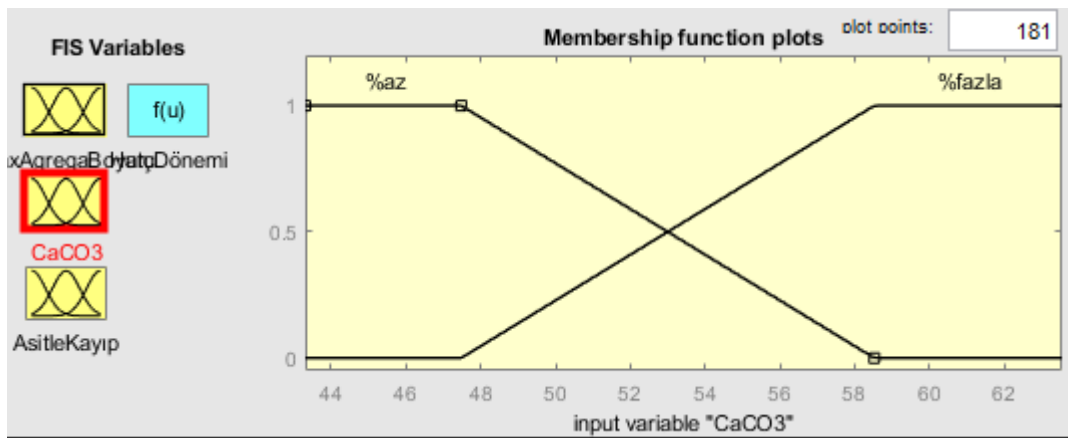


**Şekil 4.25:** Harç dönemi bulanık tespit modelinin genel girdi çıktı görünümü

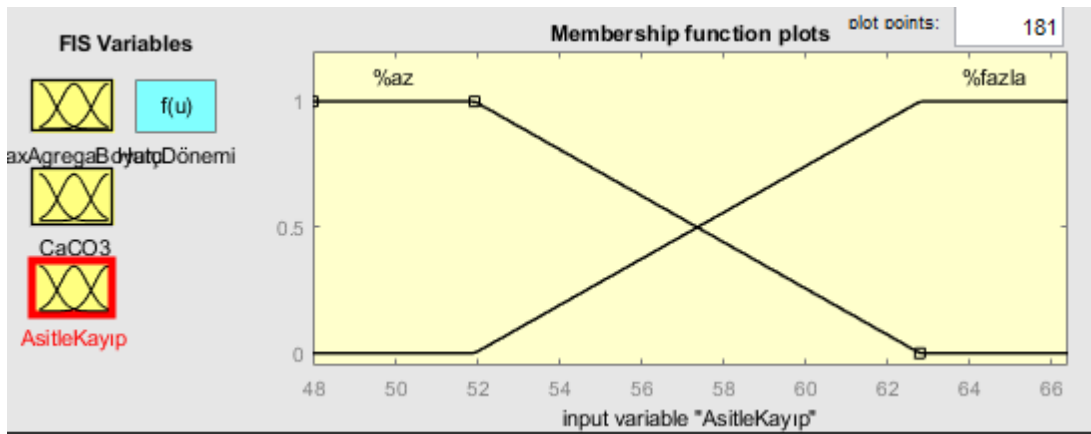
Bu amaçla hazırlanan Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de ise bulanık modelde kullanılan girdi kümelerinin bulanık grafik gösterimleri mevcuttur. Modelin karmaşık bir hal almaması için Aristo mantığı ile ifade edilen iki değer (Az, Çok) bulanık modele olduğu gibi uyarlanmış daha fazla alt kümeye ayrılmamıştır. Burada oluşturulan model bir öncü modeldir olup geliştirilmeye açıktır. Eldeki deneysel veriler arttığında ve bu veriler ile sonuç arasındaki ilişkiler daha belirgin hale geldiğinde modelde küçük revizyonlar yapılarak güncelleme yapmak mümkündür.



Şekil 4.26: Modelin Max Agrega Boyutu girdisinin bulanık küme grafik gösterimi



Şekil 4.27: Modelin CaCO<sub>3</sub> miktarı girdisinin bulanık küme grafik gösterimi



Şekil 4.28: Modelin Asit Kaybı girdisinin bulanık küme grafik gösterimi

Model girdileri ayrık parametreler olduğu için kural tanımları “veya” bağlacı ile bağlanmıştır. Sistem iki kural ile tanımlanabilmiştir. Oluşturulan kurallar Çizelge 4.10’da verilmiştir

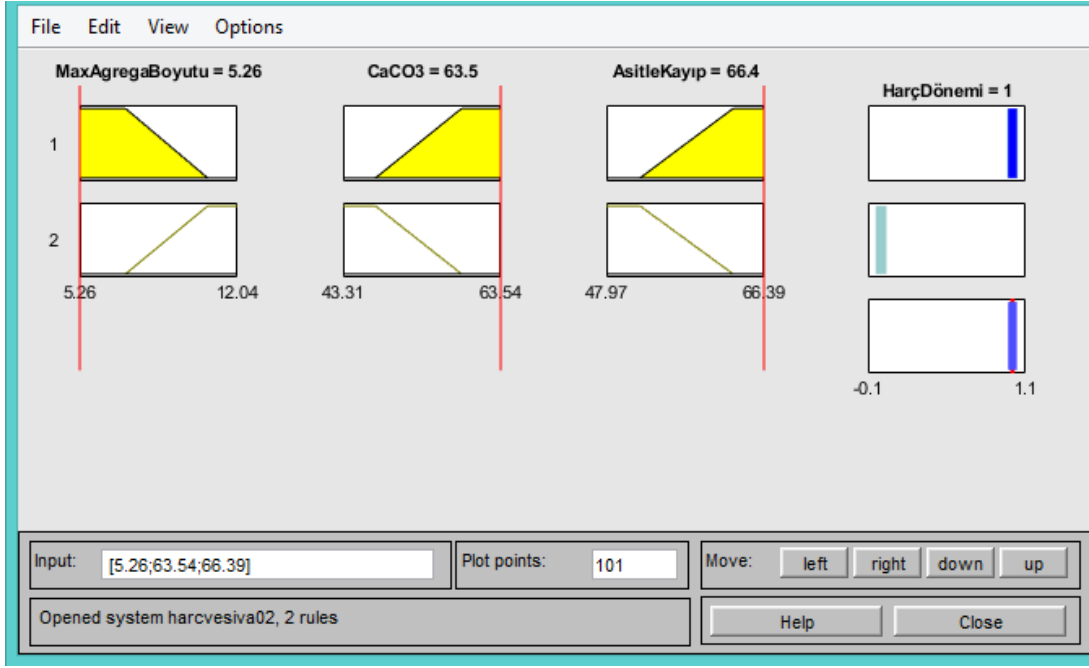
**Çizelge 4.10:** Modelde kullanılan kurallar

No	Kurallar
1	EĞER Max. agreg a boyutu küçük “veya” CaCO <sub>3</sub> miktarı fazla “veya” asit kaybı fazla ise harç <u>Osmanlı</u> dönemine aittir.
2	EĞER Max. agreg a boyutu büyük “veya” CaCO <sub>3</sub> miktarı az “veya” asit kaybı az ise harç <u>Bizans</u> dönemine aittir.

Modellemede Sugeno tipi bulanık model kullanılmış ve durulaştırma yöntemi olarak “ağırlıklı ortalama” metodu öngörölmüştür. Ağırlıklı ortalama yöntemi her bir kural ile elde edilen küme üyelik değerlerinin ağırlıklı ortalama ile birleştirilerek tek bir sonuç elde edilmesidir. Modelden elde edilen sonuçların deneysel verilerdeki değerlere uygun sonuçlar verip vermediği modelin test edilmesi başlığında verilmiştir.

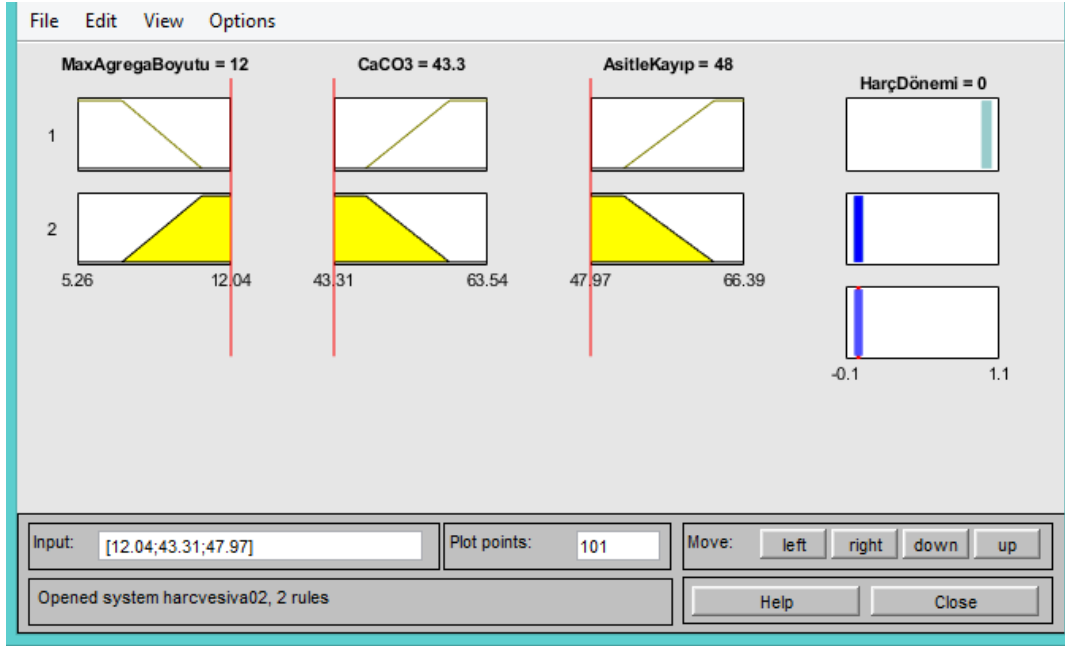
#### 4.4.5 Modelin Test Edilmesi

Bu çalışma kapsamındaki Bizans ve Osmanlı dönemi harçları üzerinde gerçekleştirilen analiz ve incelemeler sonucunda elde edilen verilerden yola çıkarak analiz sonuçlarına bağlı harç döneminin tespitinin bulanık modellenmesi işlemi tamamlanmış ve sistemin çalışıp çalışmadığını kontrol aşamasına gelinmiştir. Bu aşamada Matlab Fuzzy Toolbox ile görselleştirilen sistemin çıktı değerlendirmeleri Şekil 4.29’da verilmiştir. Deneme amaçlı sisteme verilen ilk veriler şöyledir. Max agreg a boyutu küçük, CaCO<sub>3</sub> miktarı fazla, asit kaybı fazla ise harcın Osmanlı Dönemine ait olması gerekmektedir. Şekil 4.29’da görüldüğü üzere model Harç Dönemi=1 olarak sonuç vermektedir. Bu Harcın %100 olarak Osmanlı dönemine ait olduğunu ifade etmektedir.



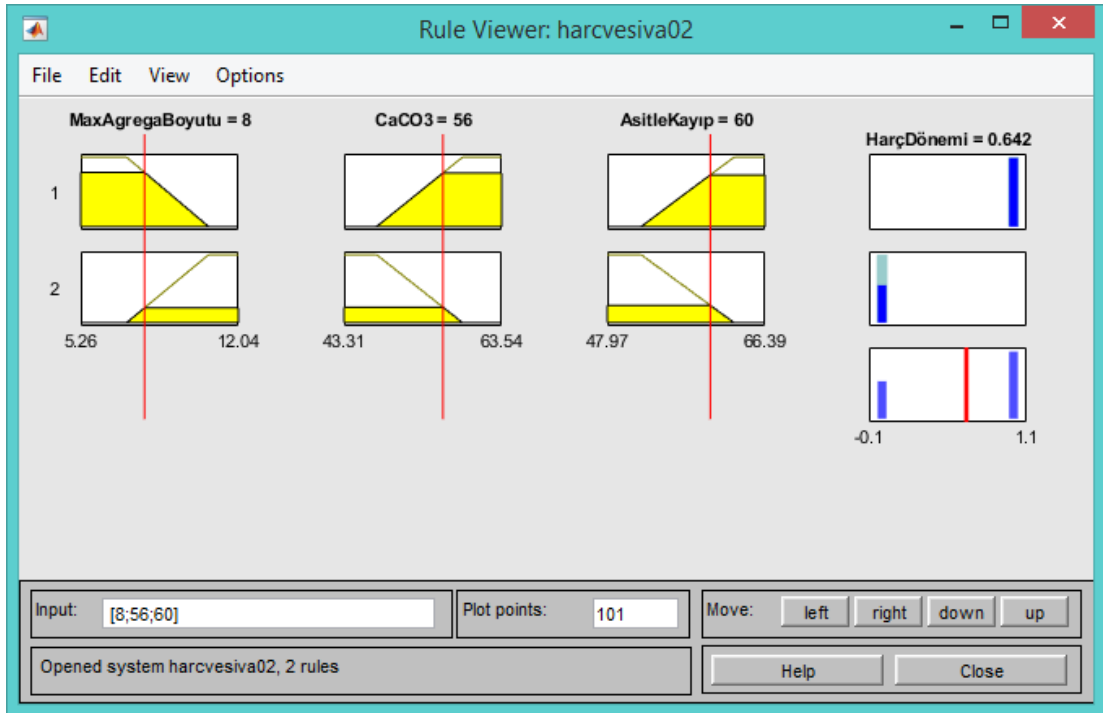
**Şekil 4.29:** Harç özelliklerine bağlı olarak Osmanlı Döneminin model karşılığı

Deneme amaçlı sisteme verilen ikinci veriler ise max agrega boyutu büyük,  $\text{CaCO}_3$  miktarı az, asit kaybı az ise harcın Osmanlı Dönemine ait olmaması, Bizans Dönemine ait olması gerekliliğini sorgulamak içindir. Şekil 4.30'da görüldüğü üzere modelde Harç Dönemi=0 olarak sonuç vermektedir. Bu harcın %0 olarak Osmanlı Dönemine ait olmadığını yani Bizans Dönemine ait harç olduğunu ifade etmektedir.



**Şekil 4.30:** Harç özelliklerine bağlı olarak Bizans Döneminin model karşılığı

Yukarıdaki iki örnek harcın Osmanlı veya Bizans dönemine ait olduğu ayrımının çok bariz yapılabildiği durumlar için normalde de kullanılan Aristoteles mantığına karşı gelen ifadelerin modeldeki işleyişini göstermektedir. Şekil 4.33’de verilen örnek ise Bulanık Mantık modelinin tam olarak işlediği durumu gösteren bir örnektir. Bu örnekteki girdi değerleri rastgele alınmıştır. Max agrega boyutu 8 mm,  $\text{CaCO}_3$  miktarı: %56, Asit Kaybı: %60 ise harcın Osmanlı veya Bizans Dönemine ait olması durumu çelişkilidir. Şekil 4.31’de görüldüğü üzere model bu durum için Harç Dönemi=0.642 olarak sonucu vermektedir. Bu değer, harcın % 64.2 oranında Osmanlı Dönemi’ne ait olduğunu ifade etmektedir. Görüldüğü üzere bulanık mantıkla oluşturulmuş olan tarihi yapı harçlarında dönem tespitini sağlayan model analiz verileriyle ve mantıkla uyumlu sonuçlar vermektedir.



Şekil 4.31: Harç özelliğine bağlı olarak Osmanlı Dönemi’ne ait olma derecesi



## SONUÇLAR

İmaret-i Atik Camii'nden alınan örnekler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda;

- Osmanlı ve Bizans dönemine ait harç ve sıvalarında bağlayıcı olarak söndürülmüş kaymak kireç (hava kireci) kullanıldığı tespit edilmiştir.
- Her iki dönem harç ve sıvalarının, bağlayıcı agrega oranlarının 1/3 olduğu tespit edilmiştir.
- Osmanlı dönemi malzemelerinde tuğla kırığı ve kireçtaşı agrega oranlarının yaklaşık eşit, Bizans dönemi malzemelerinde ise bu oranının 2 kısım tuğla kırığı, 1 kısım kireçtaşı kırığı olduğu belirlenmiştir.
- Bizans dönemi malzemelerinin asit kaybı (Bzn: 51,92 - Osm: 62,78) ve  $\text{CaCO}_3$  miktarı (Bzn: 47,48 - Osm: 58,52) miktarlarının Osmanlı dönemi malzemelerine göre daha düşük oranda olduğu ve bu duruma Bizans dönemi harçlarında daha fazla miktarda bulunan tuğla kırığı agregaların sebep olduğu belirlenmiştir.
- Bizans dönemi malzemelerinin ~12,0mm ebatlarında tuğla çakılları içermesinden kaynaklı, Osmanlı dönemi malzemelerine (~8,0mm) göre çok daha büyük boyutlarda olduğu tespit edilmiştir.
- Osmanlı ve Bizans dönemine ait harç ve sıvaların kireçtaşı agregalarının boyutlarının yaklaşık eşit olduğu tespit edilmiştir.
- Suda çözünebilir tuz oranları ve organik maddeler dış etmenlerle direkt bağlantılı olup, zaman içerisinde sürekli olarak değişkenlik gösterdiğinden, Osmanlı ve Bizans dönemi malzemeleri arasında herhangi bir ayırt edici özellik durum içermediği belirlenmiştir.
- Boşlukluk deneyinde, Bizans dönemi harçlarının (%26,18), Osmanlı dönemi harçlarına göre (%19,91) daha fazla boşluk içerdiği, tespit edilmiştir.

- Mekanik özelliklere bakıldığında Osmanlı ve Bizans dönemi harçlarının eşdeğer tek eksenli basınç mukavemeti değerlerinin birbirine yakın (Bizans harçları 2,09 MPa, Osmanlı harçları 1,71 MPa) olduğu tespit edilmiştir.
- Puzolanik özellikler açısından Bizans ve Osmanlı harçlarında kullanılan tuğla örneklerinin iyi derecede puzolanik özellik gösterdiği, Osmanlı harcında kullanılan tuğla kırığı eklenmiş çözeltilerde iletkenlik farkının 4,5 mS/cm, Bizans harcında kullanılan tuğla kırığı eklenmiş çözeltilerde iletkenlik farkının 4,2 mS/cm olduğu ve sonuç olarak Osmanlı dönemi tuğlalarının Bizans dönemi tuğlalarına göre puzolanik aktivitesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Tespit edilen veriler ışığında istatistikî kümeler oluşturulmuş, bu kümeler üzerinde bulanık mantık yöntemi uygulanmış ve ilerleyen dönemlerde yapıdan alınacak harç örneklerinin analiz sonuçlarına göre bilgisayar yardımıyla sınıflandırılması sağlanmıştır.
- Bulanık mantık modeli test edilmiş, modelin Osmanlı ve Bizans dönemi harçları için tam doğrulukla çalıştığı tespit edilmiştir.
- Oluşturulan “Harç dönemi bulanık tahmin modeli” çeşitli durumlar için test edilerek sonuçlar değerlendirilmiş ve mevcut verilerle tutarlı sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Böylelikle harç ve sıva dönemi tahmini yapılan işlerde sözel değişkenlere sahip, uzman görüşü gerektiren ve insan faktörünün etkin olduğu karar verme durumlarının bilgisayar ortamına aktarılabilmesi bu çalışmayla birlikte ülkemizde ilk defa gerçekleştirilmiştir.

## KAYNAKLAR

**ASTM C1245/C1245M-12, (2012).** “Standard Test Method for Determining Relative Bond Strength Between Hardened Roller Compacted Concrete Lifts (Point Load Test)”, ASTM International, West Conshohocken, PA.

**Ayvansarayi, H., (2001).** “Hadikatü'l Cevami / İstanbul Camileri ve Diğer Dini-Sivil Mimari Yapılar”, C.1, s.67.

**Ayverdi, E. H., (1953).** “Fatih Devri Mimarisi”, İstanbul Fetih Cemiyeti Neşriyatı, s.29.

**Birer, M., (2014).** “Eski İmaret Camii(Pantepoptes Manastırı Kilisesi) Koruma Projesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B. ve Uğurlu, E., (2006).** “Characteristics Of Brick Used As Aggregate İn Historic Brick-Lime Mortars And Plasters”, Cement and Concrete Research, 1115–1122.

**Charter, V., (1964).** “International Charter For The Conservation And Restoration Of Monuments And Sites”. Venice, Italy.

**Çizer, Ö., Böke, H. İpekoğlu, B., (2004).** “Bazı Osmanlı Dönemi Hamam Yapıları Kubbe Ve Duvarlarında Kullanılan Kireç Harçlarının Özellikleri”, 2.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İTÜ, İstanbul, 469-481, 6-8.

**Dabanlı, Ö., (2016).** “Nur-U Osmaniye Camii'nin Deprem Performansının Belirlenmesi Ve Koruma Önerileri”, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

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

**Demir, A.H. ve Çokdaş, R., (1991).** “Fatih Camileri ve Diğer Tarihi Eserler”, Türkiye Diyanet Vakfı-Fatih Şubesi, İstanbul, s.134.

**Earl, J., & Saint, A., (2015).** “Building conservation philosophy”, Routledge.

- Ebersolt, J., Thiers A., (1913).** “Les ęglises de Constantinople”, Paris 1913, s. 18
- Emiroğlu E., (1958).** ”Eski İmaret Camii”, İstanbul Ansiklopedisi.
- Ergin, O., (1939).** “Türk Şehirlerinde İmaret Sistemi”, Cumhuriyet Matbaası, İstanbul, s.8-11.
- Eyice S., (1963).** “Son Devir Bizans Mimarisi”, İstanbul, s.80.
- Eyice S., (1990).** “İstanbul’da Kiliseden Çevrilmiş Cami ve Mescidler ve Bunların Restorasyonu”, VII. Vakıf Haftası, Vakıf Mevzuatının Aksayan Yönleri, Kıbrıs Vakıf İdaresi Çalışmaları ve Türk Vakıf Medeniyetinde Vakıf Eski Eserlerinin Restorasyonu Seminerleri Ankara, 5-7 Aralık 1989, Ankara, s.283.
- Eyice, S., (1994).** “Eski İmaret Camii”, Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi, Vol. III. İstanbul: Kültür Bakanlığı ve Tarih Vakfı Yayını, p. 203.
- Feilden, B. ,(2007).** “Conservation of historic buildings”, Routledge.
- Genç, M. ve Mazak, M., (2000).** “İstanbul Depremleri: Fotoğraf ve Belgelerde 1894 Depremi”, İGDAŞ, İstanbul, s.21
- Güleç, A. (1992),** “Bazı Tarihi Anıt Harç Ve Sıvalarının İncelenmesi”. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güleç, A., Tulun, T., (1997).** “Physico-Chemical and Petrographical Studies Of Old Mortars And Plasters Of Anatolia”. Cement and Concrete Research, Vol.27 (No.2), 227-234.
- Göze Üner Mimarlık (2014).** “Zeyrek İmaretı Atık Camisi Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projesi, VGM Arşivi”.
- Jokilehto, J., (2007).** “History of architectural conservation”, Routledge.
- Keleş, Ö., (2014).** “Zeyrek İmaretı Atık Camisi Rölöve, Restitüsyon ve Restorasyon Projeleri Sanat Tarihi Raporu”.
- Kidonopoulos, V., (1994).** “Bauten in Konstantinopel 1204-1328 Verfall und Zerstörung, Restaurierung, Umbau und Neubau von Profan und Sakralbauten”, Wiesbaden, s.30.

**Kırımtayf, S., (2001).** “Converted Byzantine Churches in Istanbul”, Ege Publications.

**Koçu, R. E., (1958).** ”Eski İmaret Camii”, İstanbul Ansiklopedisi, C.10, s.5287.

**Luxan, M.P., Madruga, F. ve Saavedra, J., (1989).** “Rapid Evaluation Of Pozzolanic Activity Of Natural Products By Conductivity Measurement”, Cem. Concr. Res., 19, 63–68.

**Mathews, T. F. (1976).** “The Byzantine Churches of Istanbul”, London, s. 172

**McCarter, W.J. ve Tran, D., (1996).** “Monitoring pozzolanic activity by direct activation with calcium hydroxide”, Constr. Build. Mater, 10(3), 179-184.

**Mert, Z.G., Yılmaz S., (2009).** “Kocaeli Mahalleleri Donatı Yeterliliğinin Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt: XXII, Sayı 3:167-183

**Müller-Wiener, W., (2001).** “İstanbul’un Tarihsel Topografyası”, YKY, İstanbul, s:120.

**Ousterhout, R., (1992).** “Some Notes on the Construction of Christos Ho Pantepoptes (Eski İmaret Camii) in Istanbul”, Deltion tes Hristianikis Arhaiologikos Etaireias, s.47.

**Oğuz, C., Türker F., ve KOÇKAL, N. U., (2015).** “Andriake Limanı’nda Roma, Bizans ve Selçuklu Dönemi Harçların Özellikleri”, İMO Teknik Dergi, 6993-7013, Yazı: 429.

**Pakdamar, F. ve Güler, K., (2012).** “Evaluation of Flexible Performance of Reinforced Concrete Structures Using A Nonlinear Static Procedure Provided by Fuzzy Logic”, Advances in Structural Engineering, 15(12), 2173-2190.

**Pakdamar, F. ve Tuğrul Okbaz, F., (2018).** “Yüksek Yapıların Çevresel Etkileri Bağlamında Yapılabilirliğinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi”, Uluslararası Hakemli Tasarım Ve Mimarlık Dergisi, No:15, 2148-8142.

**Prior, A.N., (1958).** Epimenides the Cretan. Journal of Symbolic Logic, 23, no. 3:261-266. Doi: 10.2307/2964285.

**Ross, J.T., (2010).** Fuzzy Logic with Engineering Applications, John Wiley&Sons, Ltd, ss.1-585.

**Şen, Z., (2009).** “Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri”, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

**Talbot, A. M., (1991).** “Pantepoptes Monastery”, ODB, C:III, New York-Oxford, s.1574.

**Treadgold, W., (1997).** “A History of The Byzantine State and Society”, Stanford University Press, s.613.

**Trusilewicz, L., Fernández-Martínez, F., Rahhal, V.ve Talero, R., (2012).** “TEM and SAED Characterization of Metakaolin. Pozzolanic Activity”, Journal of the American Ceramic Society, Special Issue: BIO2011, 9, 2989–2996.

**TS 25, (2008).** “Doğal puzolan (Tras) - Çimento ve betonda kullanılan - Tarifler, gerekler ve uygunluk kriterleri” Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

**TS 802, (2009).** “Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları” Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

**TS EN 12390-7, (2010).** “Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş Beton Yoğunluğunun Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

**TS EN 1015-10, (2001).** “Kâgir Harcı - Deney Metotları - Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

**Uğurlu, E., Böke, H., (2006).** “Osmanlı Dönemi Hamam Yapılarında Kullanılan Horasan Sıvaların Özellikleri”, 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi (s.585-596), TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, İstanbul.

**Van Millingen, A. (1912).** Byzantine Churches in Constantinople: Their History and Architecture, Macmillan and CO. Limited, London.

**Wansom, S., Janjaturapan, S. ve Sinthupinyo, S., (2009).** “Pozzolanic Activity of Rice Husk Ash: Comparison of Various Electrical Methods”, Journal of Metals, Materials and Minerals, 19, 2, 1-7.

**Yalaman, Y. (1990).** “Pantepoptes Manastırı Kilisesi: Eski İmaret Camii”, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

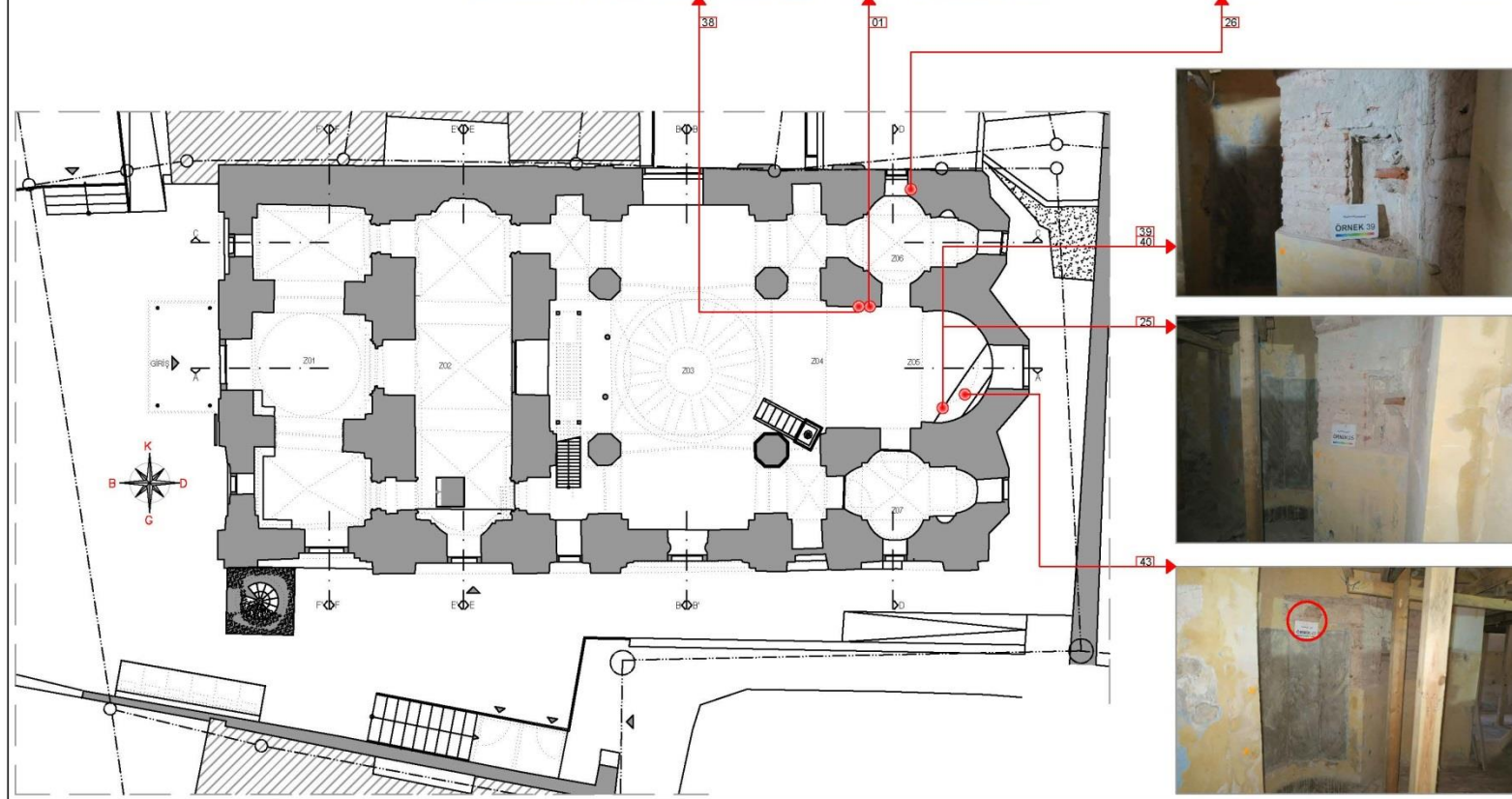
## **EKLER**

**EK A:** Örnek Konumları

**EK B:** Numunelerin Mikroskop Görüntüleri

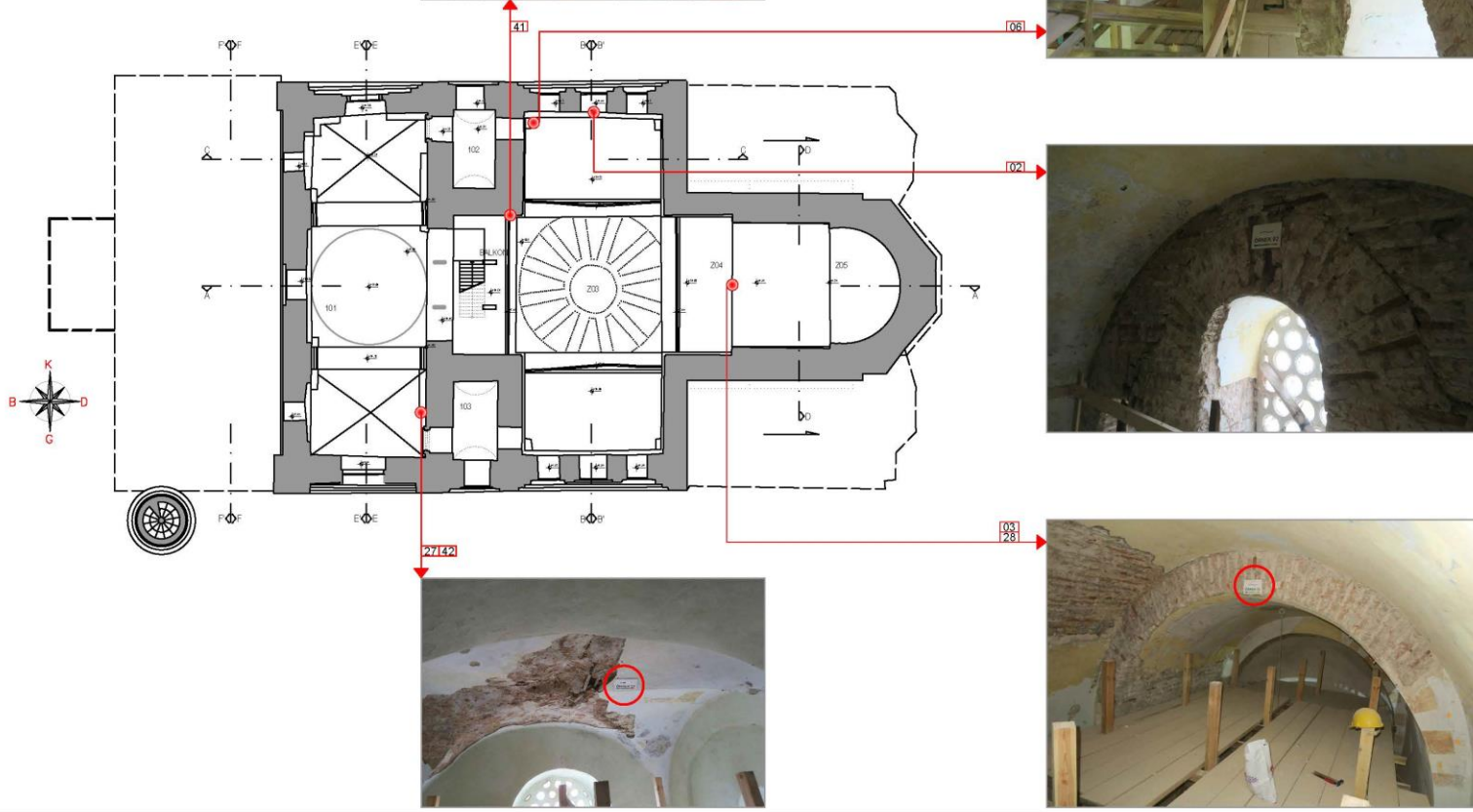
## **EK A: ÖRNEK KONUMLARI**

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMİİ
ÖRNEK NO	1, 25, 26, 38, 39, 40, 43
+2.45 KOTU ÖRNEK KONUMLARI	



Şekil A.1: Örnek konumları (1, 25, 26, 38, 39, 40 ve 43 nolu örnekler)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMII
ÖRNEK NO	2, 3, 28, 6, 41, 27, 42
+8.20 KOTU TAVANI ÖRNEK KONUMLARI	

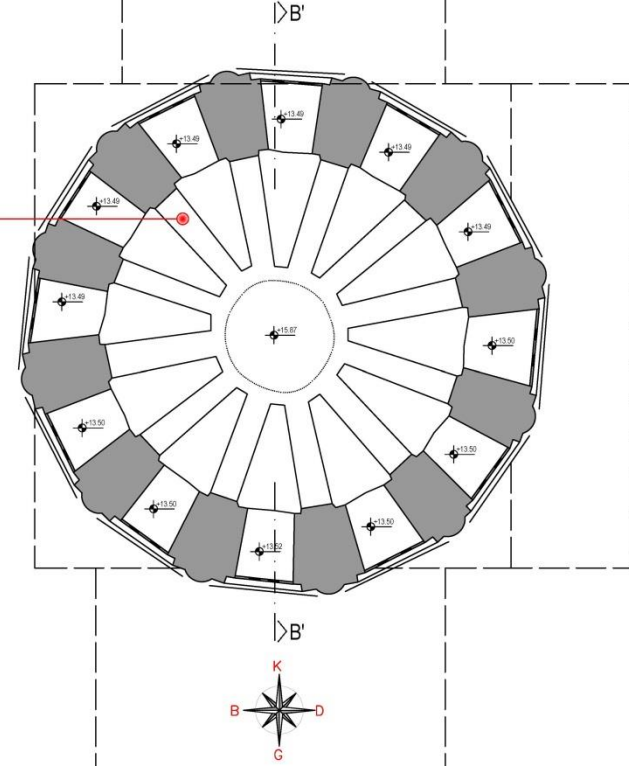


Şekil A.2: Örnek konumları (2, 3, 6, 27, 28, 41 ve 42 nolu örnekler)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMİİ
ÖRNEK NO	4
KUBBE TAVAN PLANI ve B'-B' KESİTİ ÖRNEK KONUMLARI	



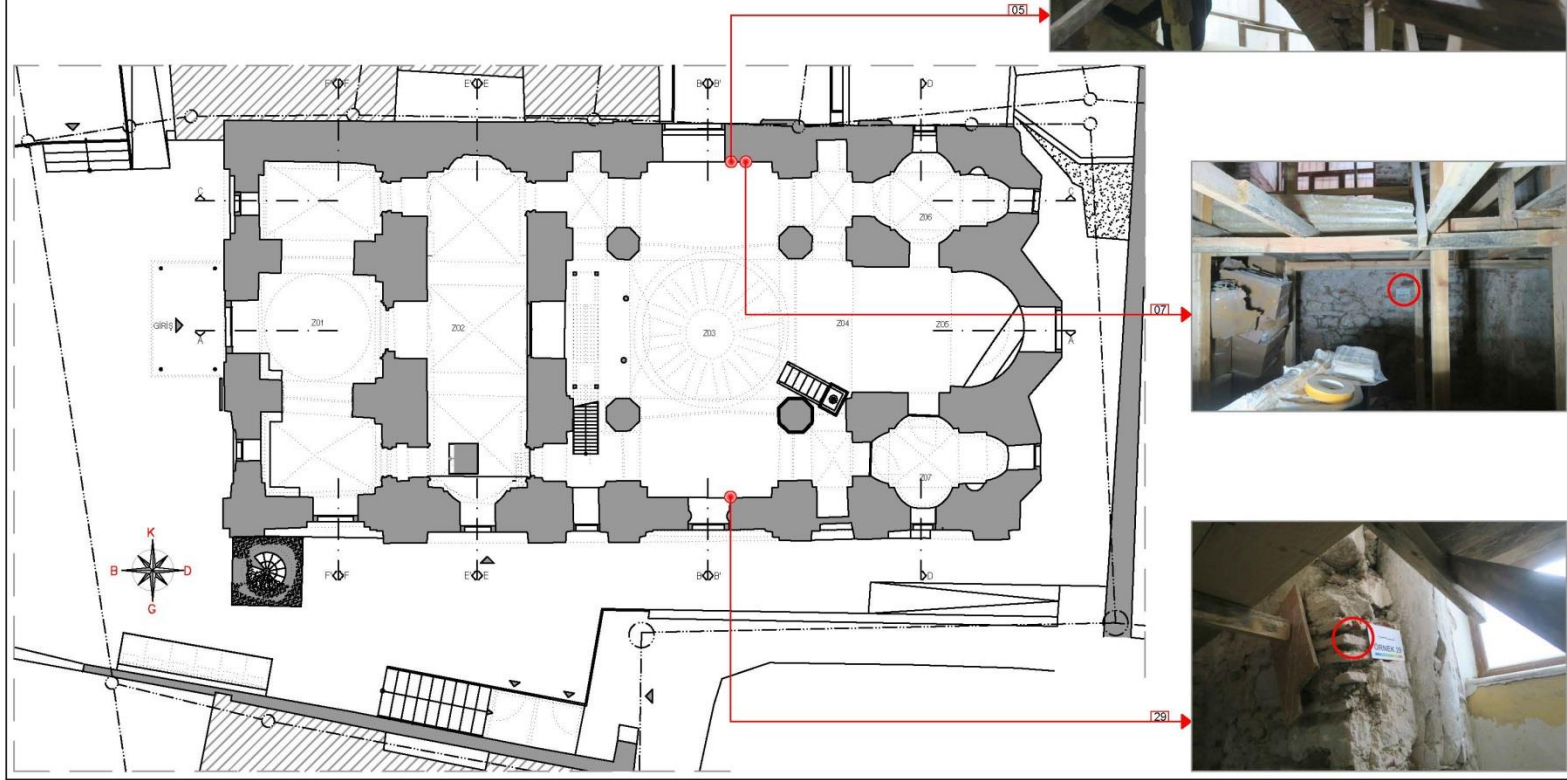
04



KUBBE TAVAN PLANI

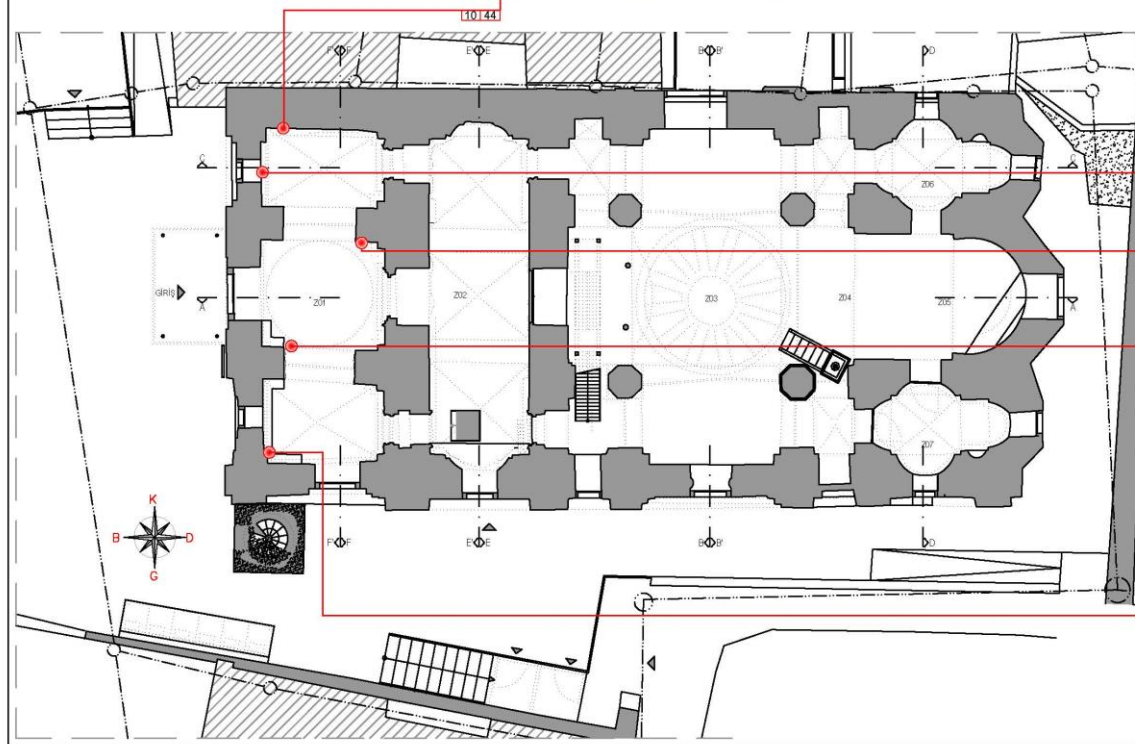
Şekil A.3: Örnek konumu (4 nolu örnek)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMİİ
ÖRNEK NO	5, 7, 29
+2.45 KOTU PLANI ÖRNEK KONUMLARI	



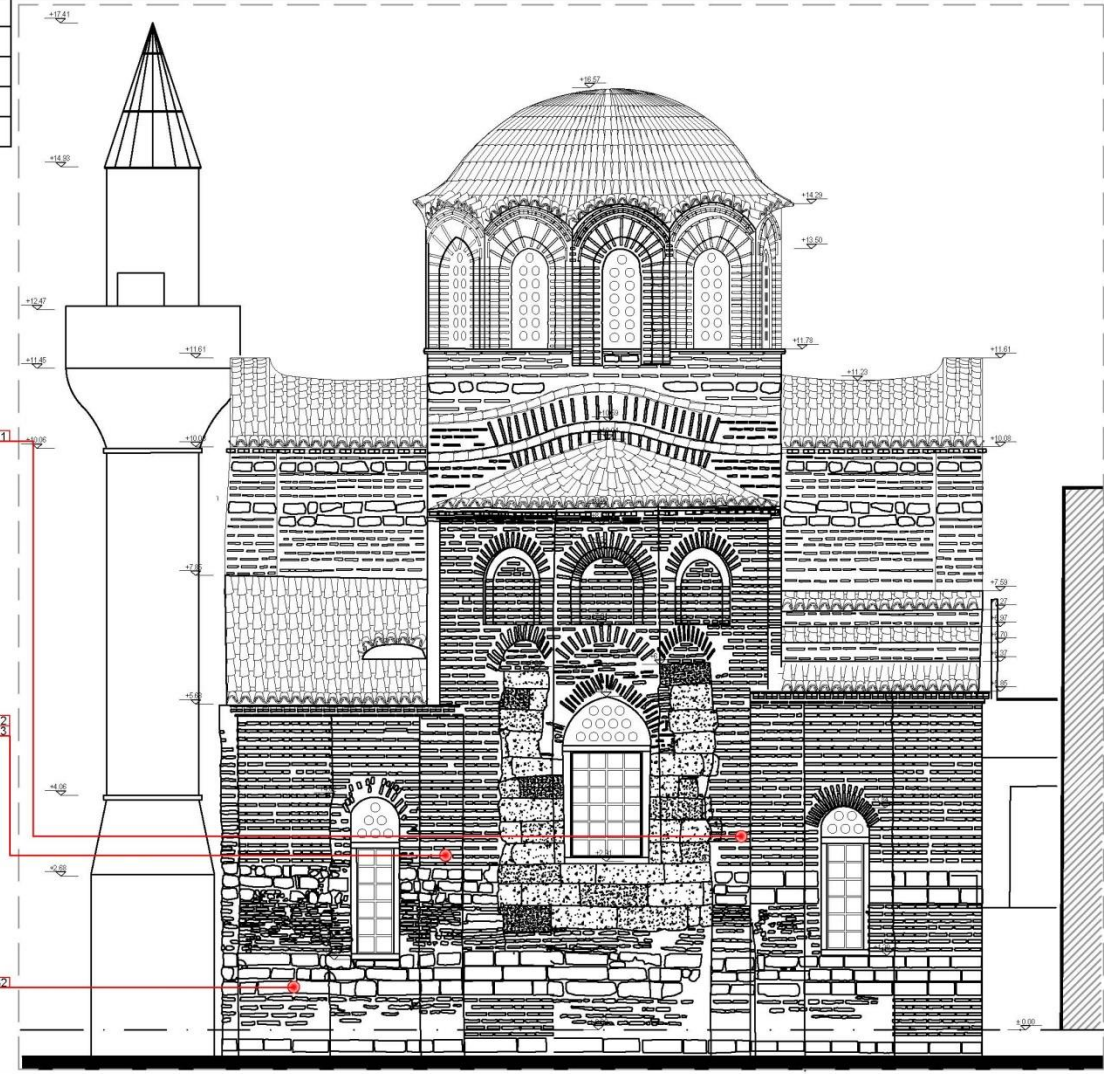
Şekil A.4: Örnek konumları (5, 7 ve 29 nolu örnekler)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMİİ
ÖRNEK NO	8, 9, 10, 44, 30, 31
+2.45 KOTU PLANI ÖRNEK KONUMLARI	



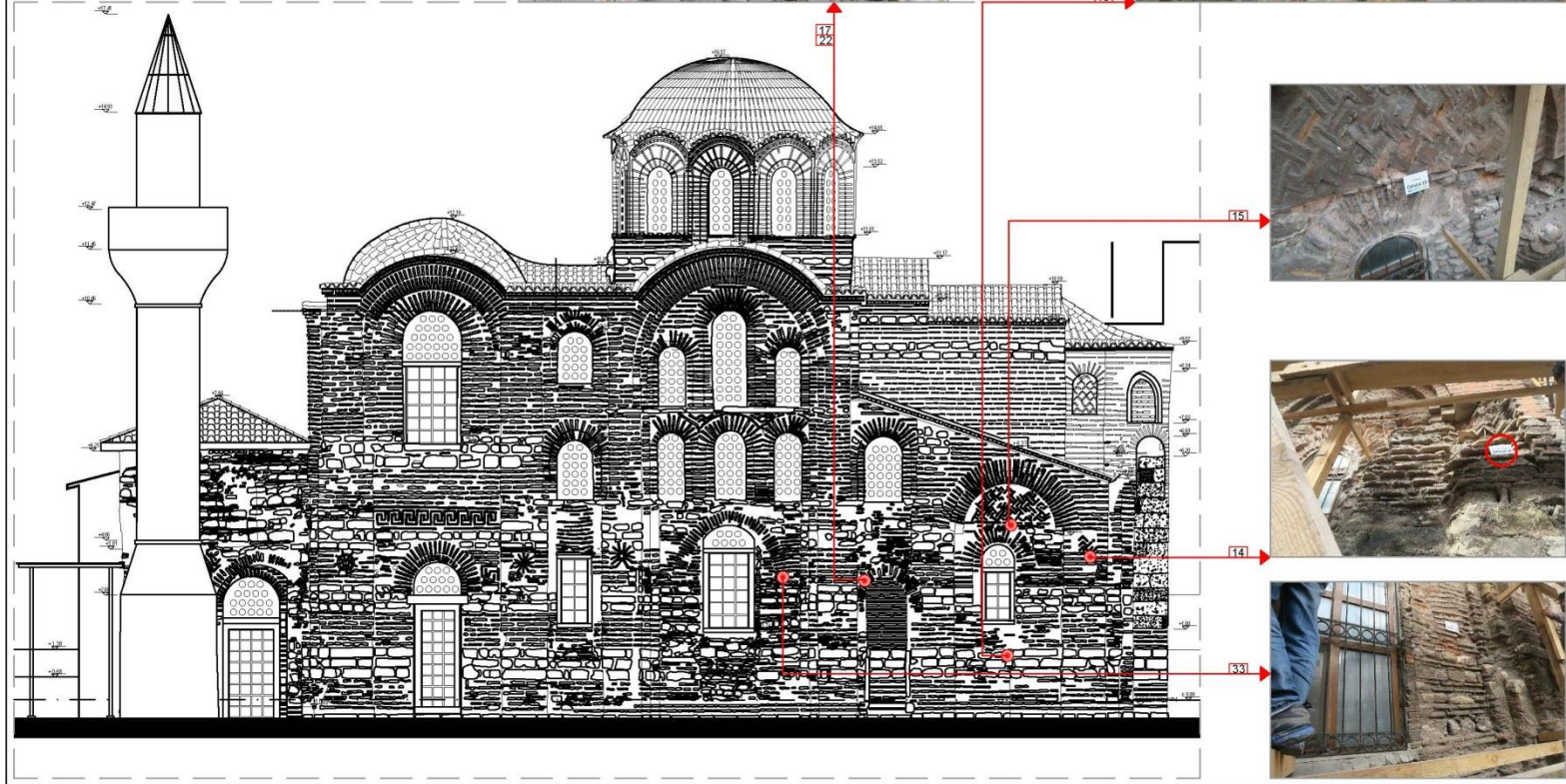
Şekil A.5: Örnek konumları (8, 9, 10, 44, 30 ve 31 nolu örnekler)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMİİ
ÖRNEK NO	11, 12, 13, 32
DOĞU CEPHESİ ÖRNEK KONUMLARI	



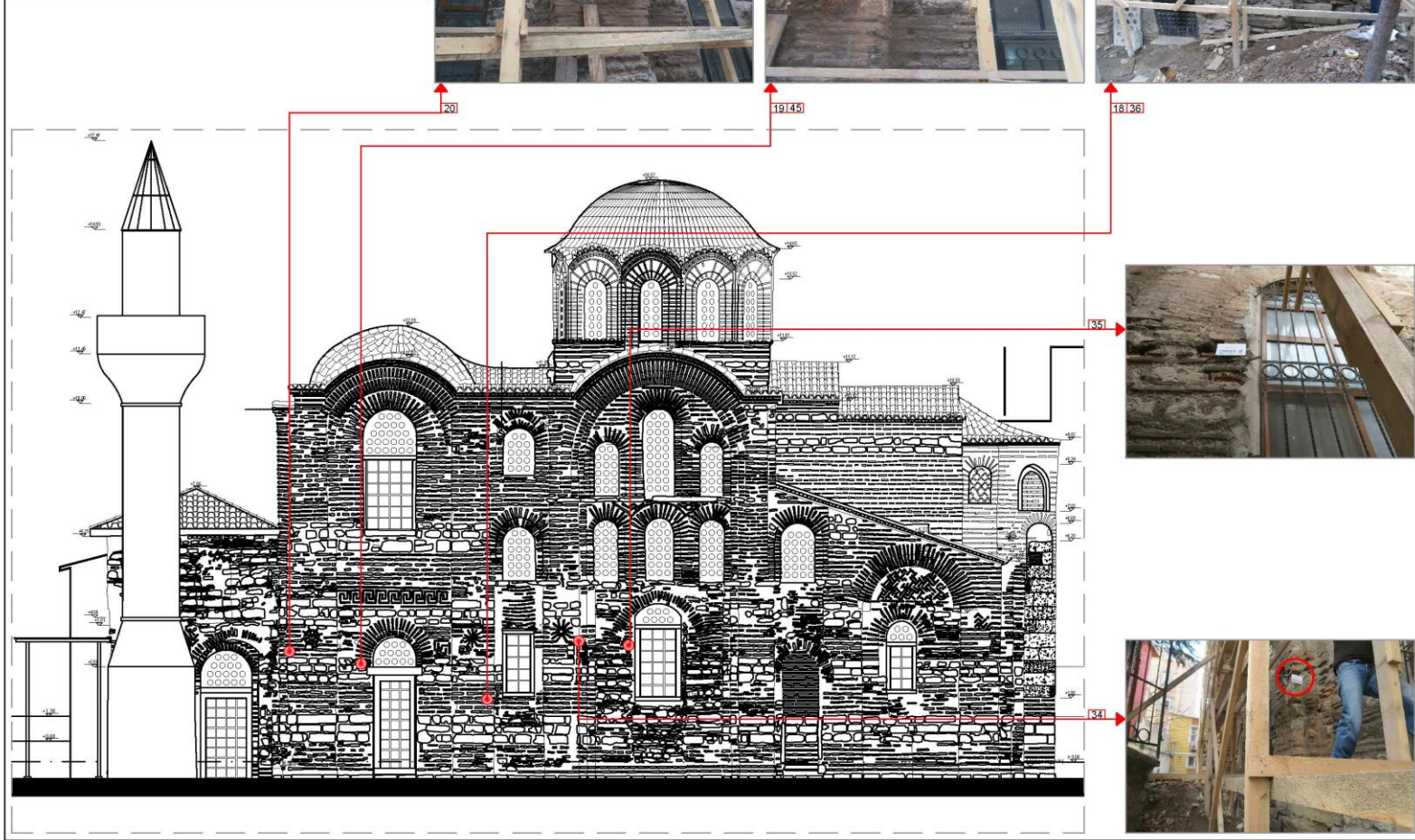
Şekil A.6: Örnek konumları (11, 12, 13 ve 32 nolu örnekler)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMİİ
ÖRNEK NO	14, 15, 16, 17, 22, 33
GÜNEY CEPHESİ ÖRNEK KONUMLARI	



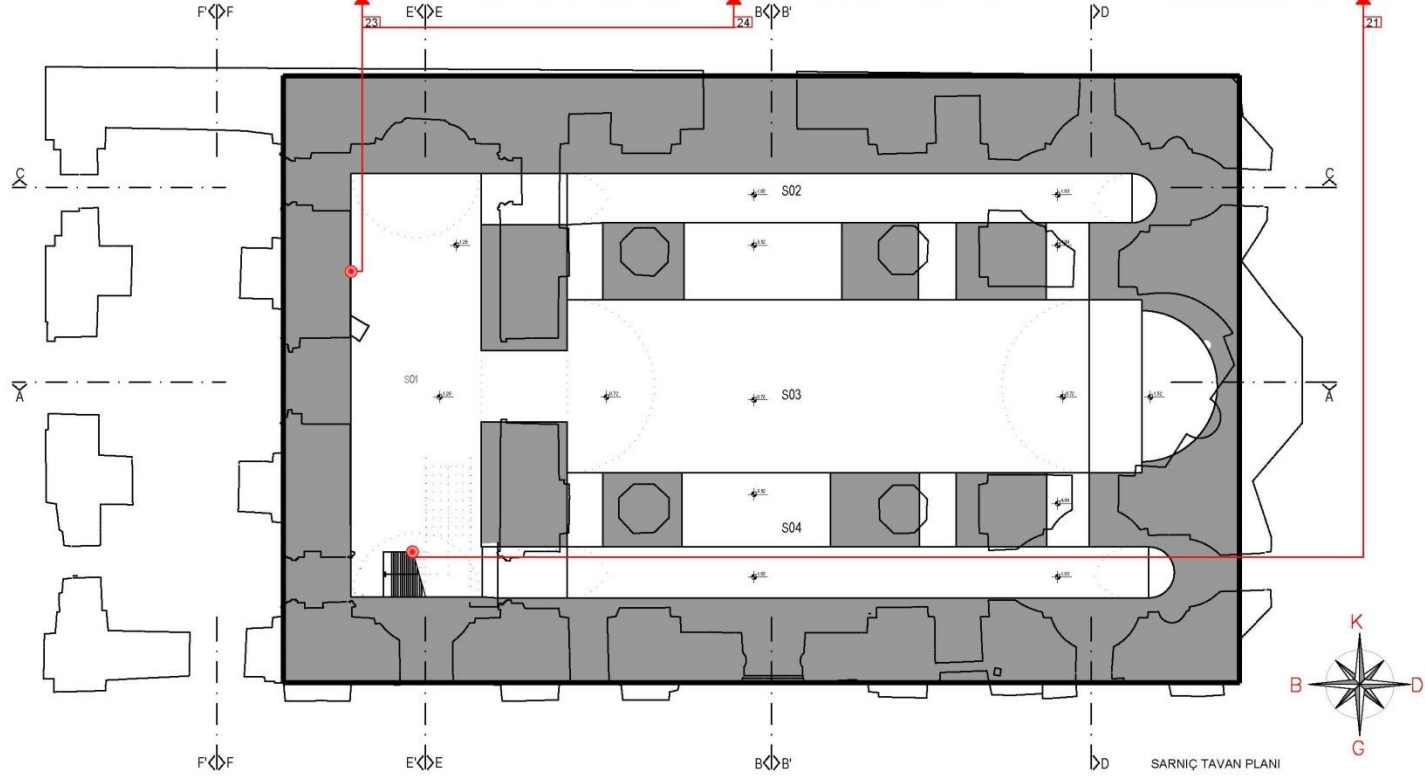
Şekil A.7: Örnek konumları (14, 15, 16, 17, 22 ve 23 nolu örnekler)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMII
ÖRNEK NO	34, 35, 18, 36, 19, 45, 20
GÜNEY CEPHESİ ÖRNEK KONUMLARI	



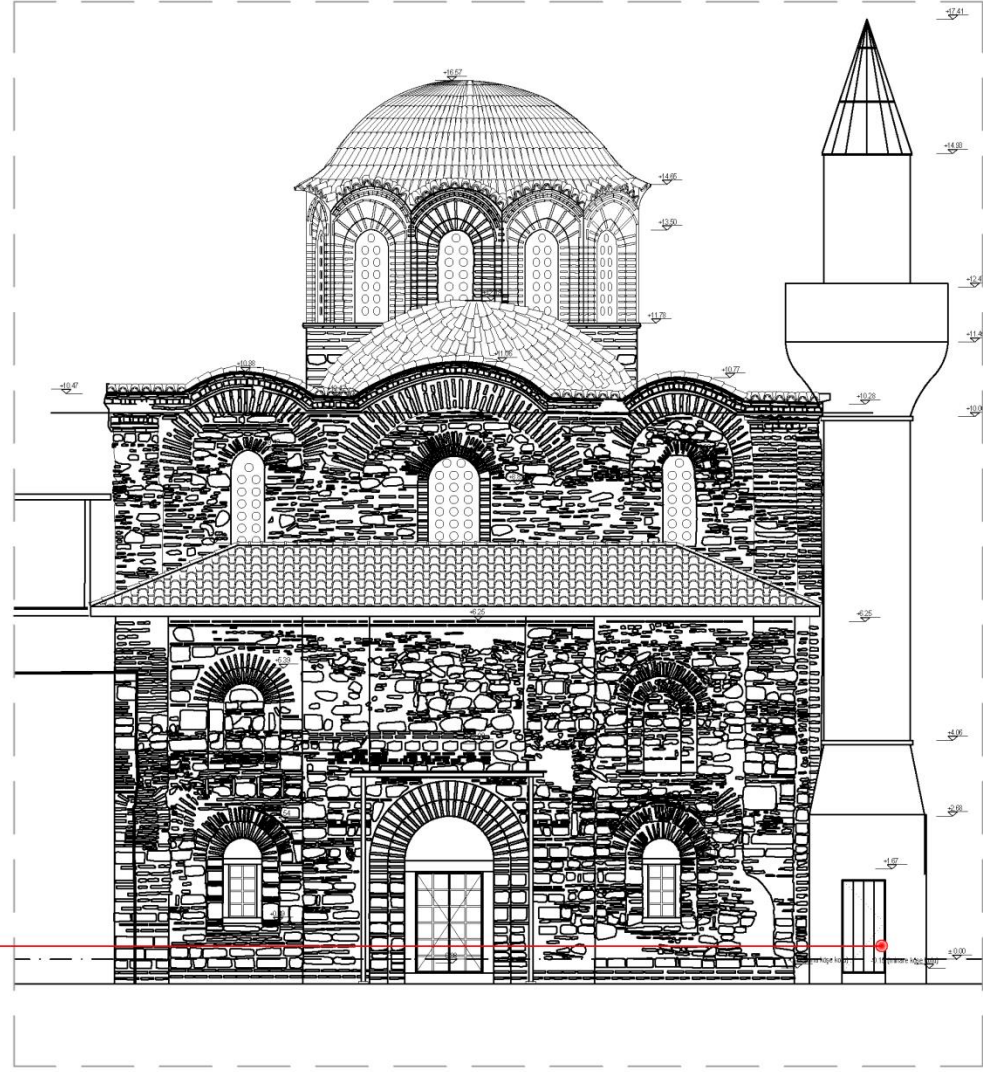
Şekil A.8: Örnek konumları (18, 19, 20, 34, 35, 36 ve 45 nolu örnekler)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMİİ
ÖRNEK NO	23,24,21
SARNIÇ TAVAN PLANI ÖRNEK KONUMLARI	



Şekil A.9: Örnek konumları (21, 23 ve 24 nolu örnekler)

İL	İSTANBUL
İLÇE	FATİH
YAPI	İMARET-İ ATIK CAMİİ
ÖRNEK NO	37
BATI CEPHESİ ÖRNEK KONUMLARI	



Şekil A.10: Örnek konumu (37 nolu örnek)

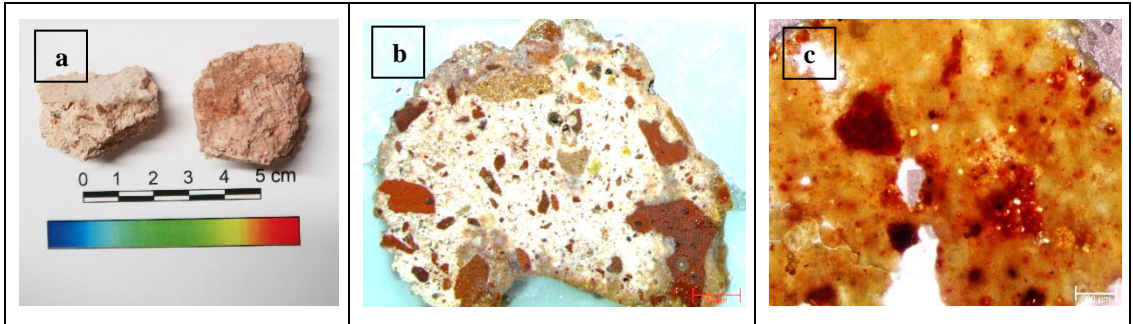
## **EK B: NUMUNELERİN MİKROSKOP GÖRÜNTÜLERİ**



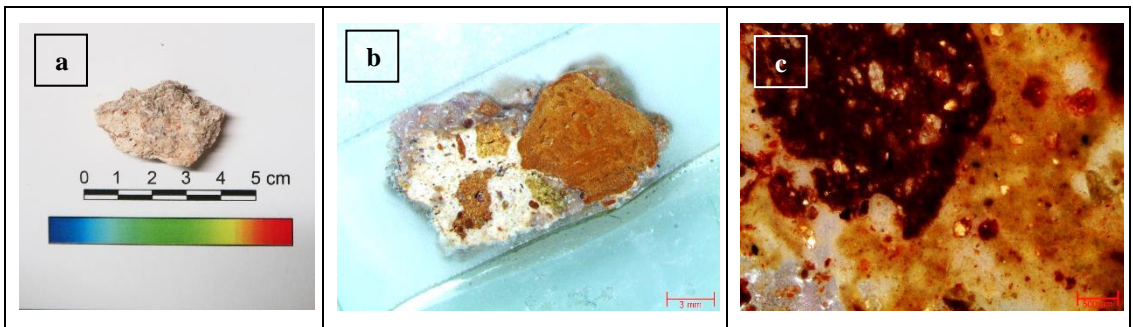
**Şekil B.1:** 1 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



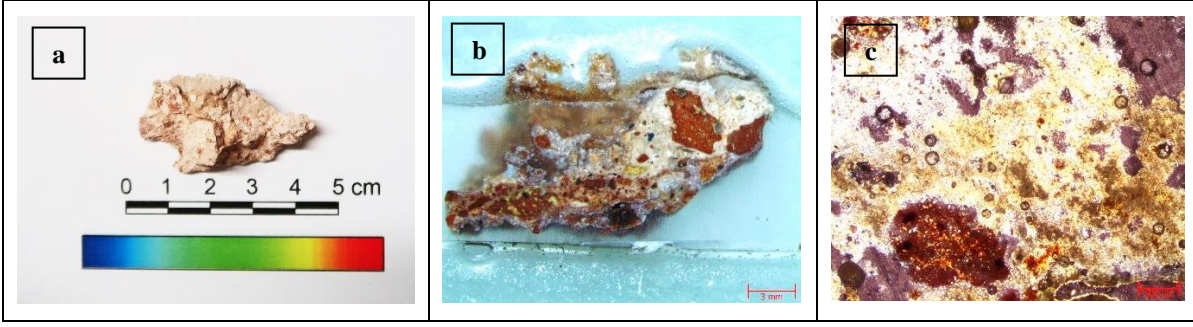
**Şekil B.2:** 2 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



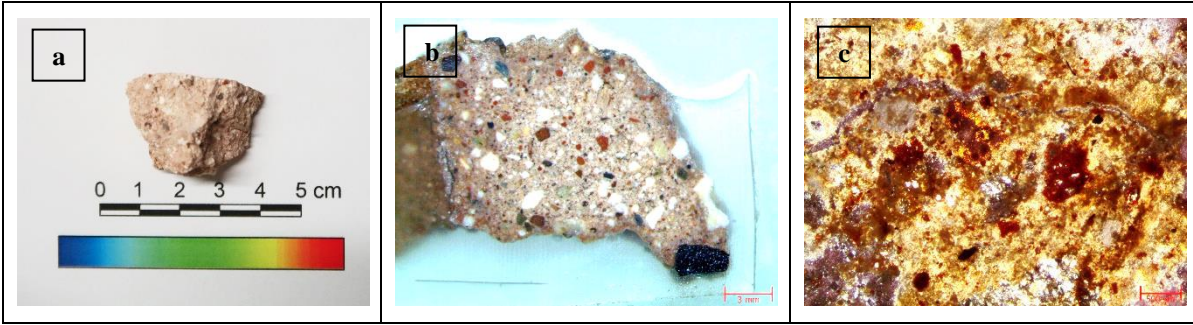
**Şekil B.3:** 3 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



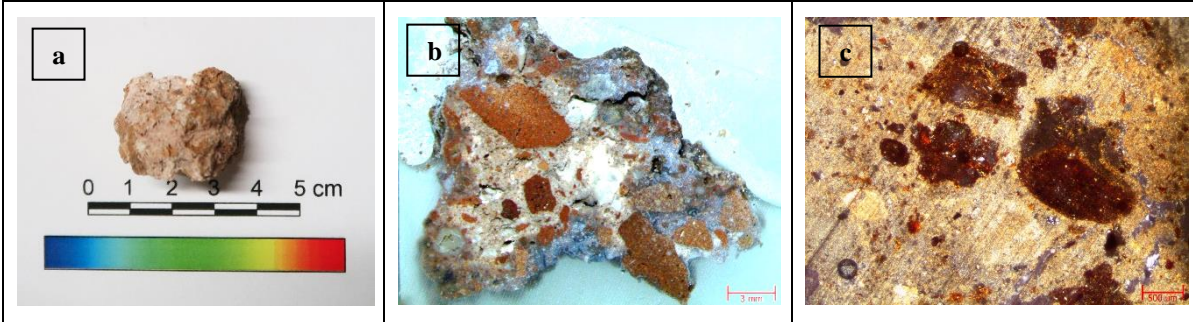
**Şekil B.4:** 4 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



**Şekil B.5:** 5 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



**Şekil B.6:** 6 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



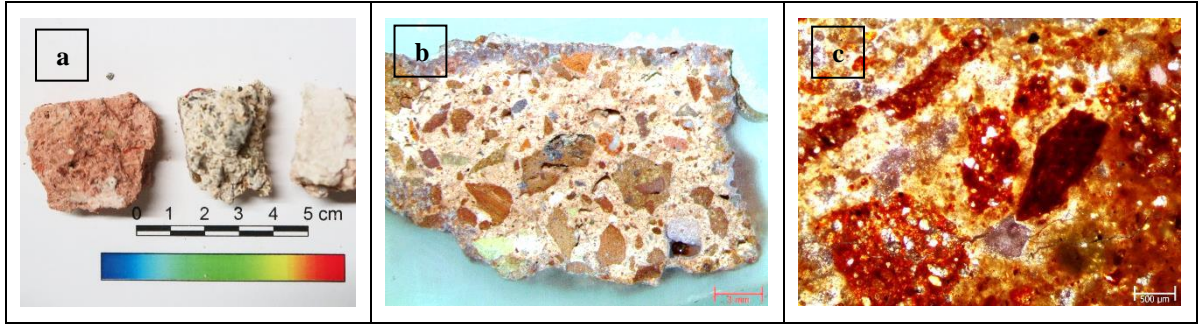
**Şekil B.7:** 7 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



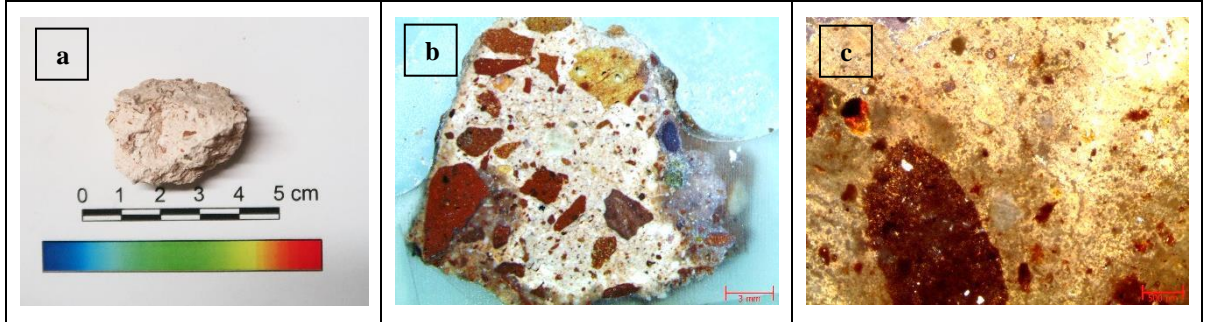
**Şekil B.8:** 8 nolu örnek ait; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



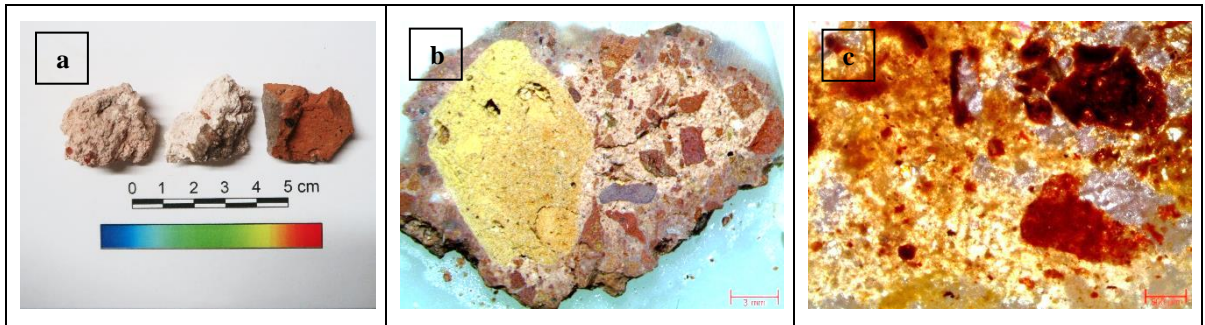
Şekil B.9: 9 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



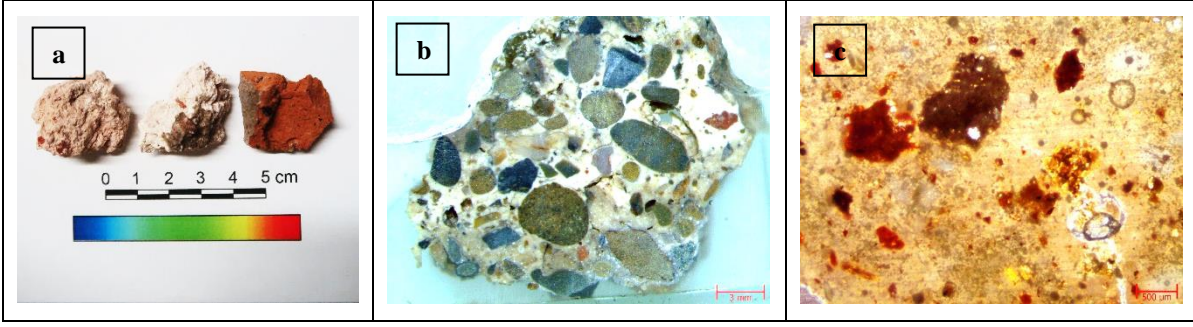
Şekil B.10: 10 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



Şekil B.11: 11 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



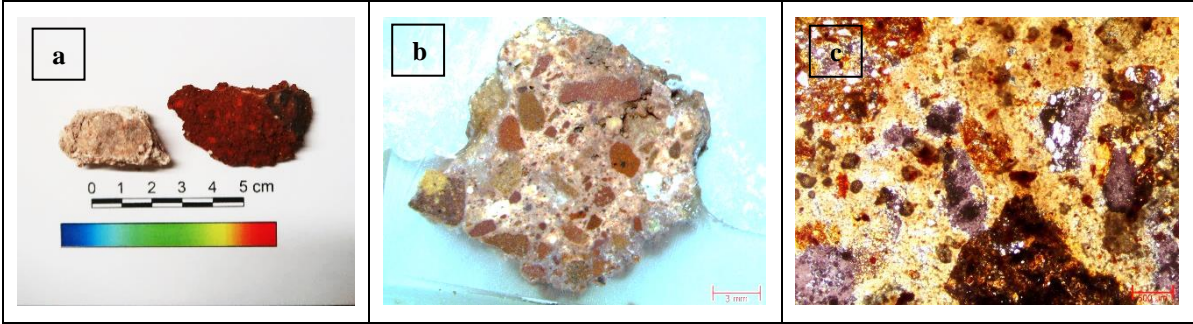
Şekil B.12: 12 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



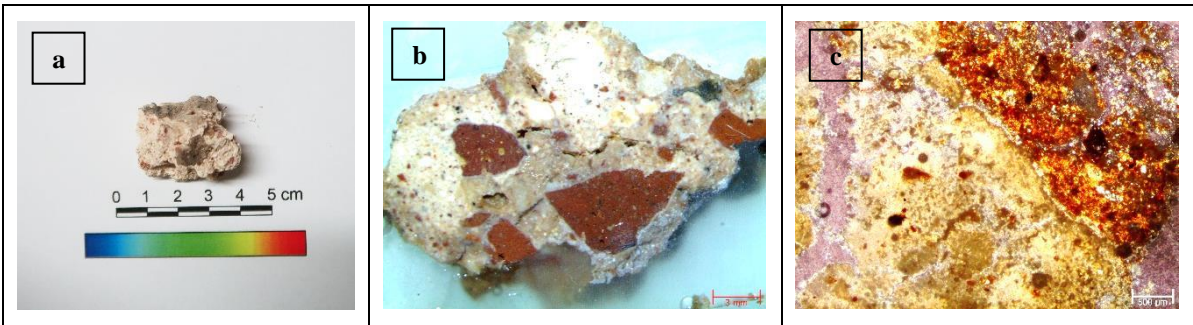
**Şekil B.13:** 13 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



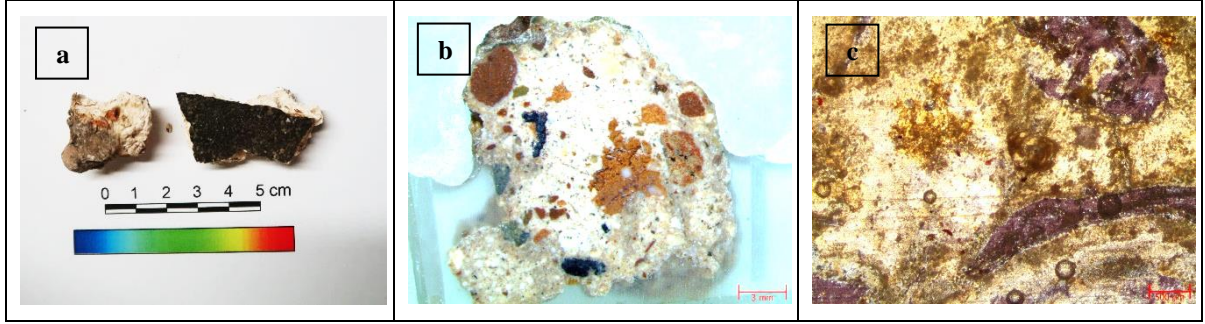
**Şekil B.14:** 14 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



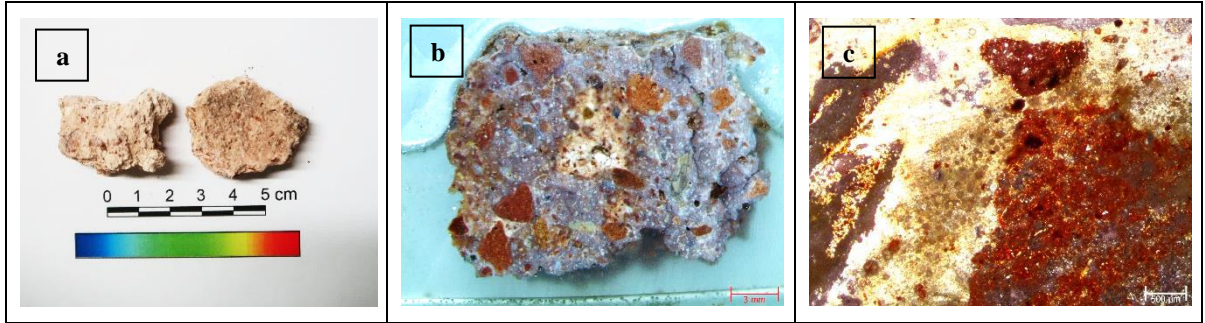
**Şekil B.15:** 15 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



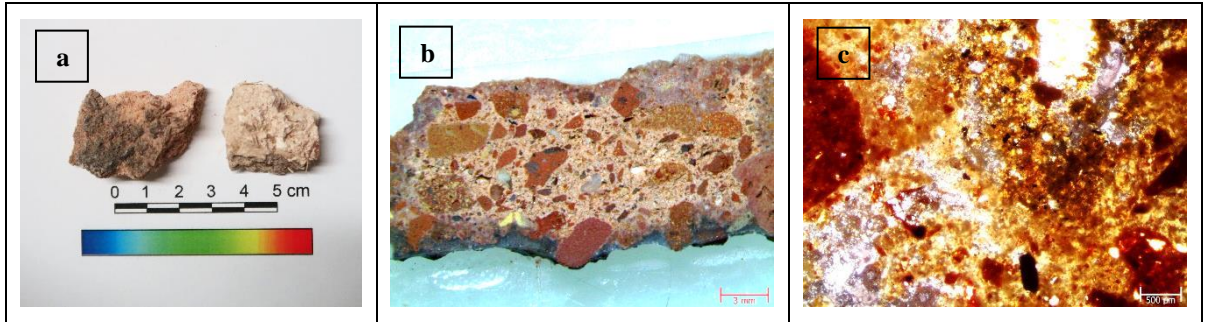
**Şekil B.16:** 16 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



**Şekil B.17:** 17 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



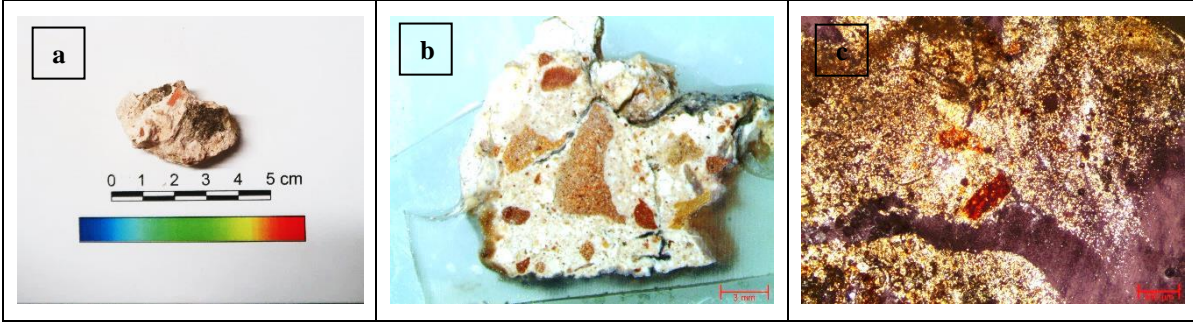
**Şekil B.18:** 18 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



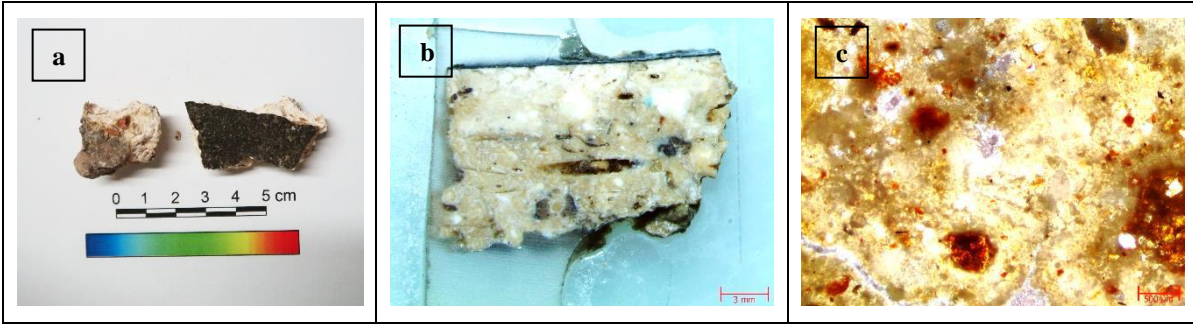
**Şekil B.19:** 19 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



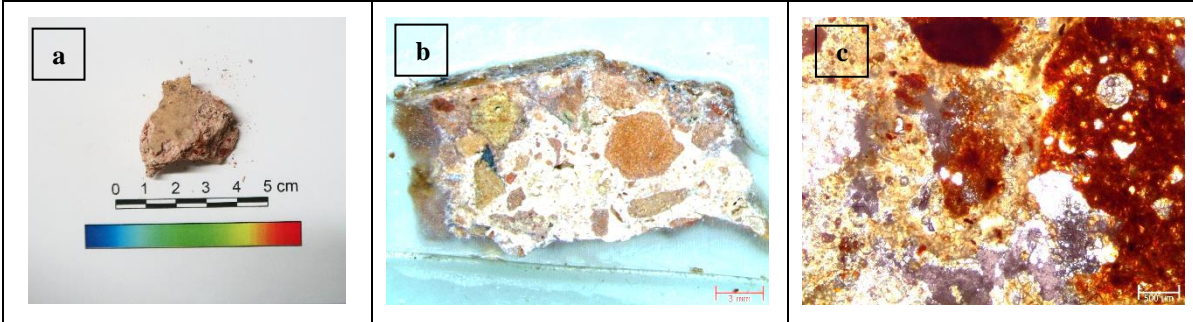
**Şekil B.20:** 20 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



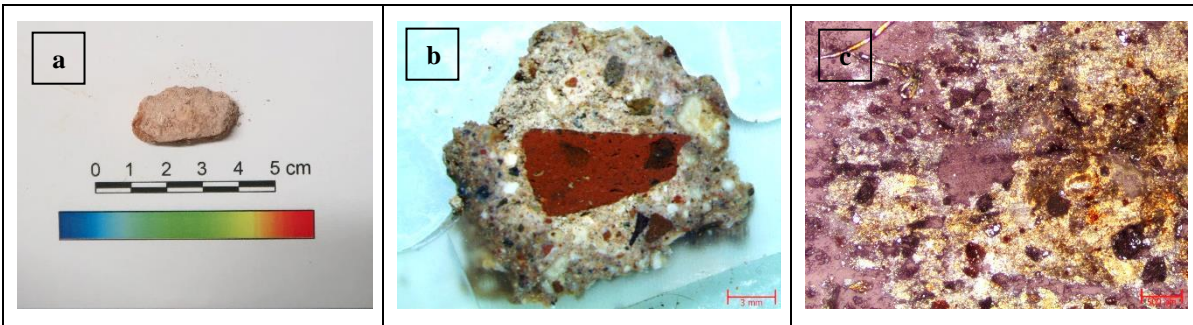
Şekil B.21: 21 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



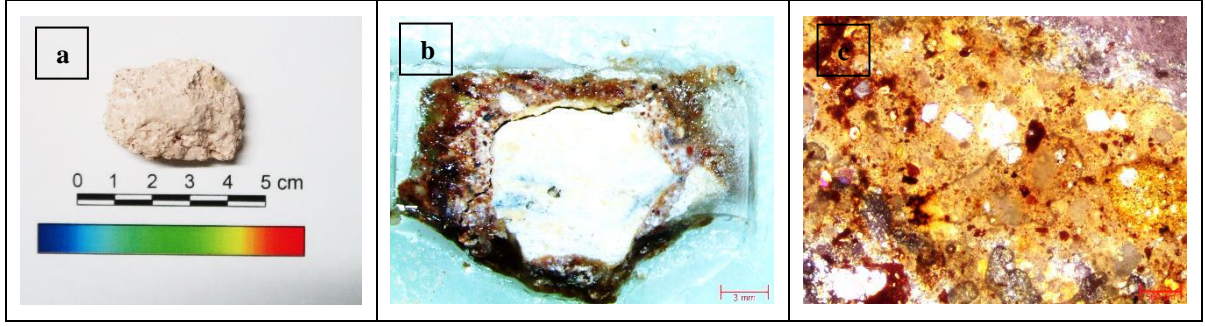
Şekil B.22: 22 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



Şekil B.23: 23 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



Şekil B.24: 24 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



**Şekil B.25:** 25 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



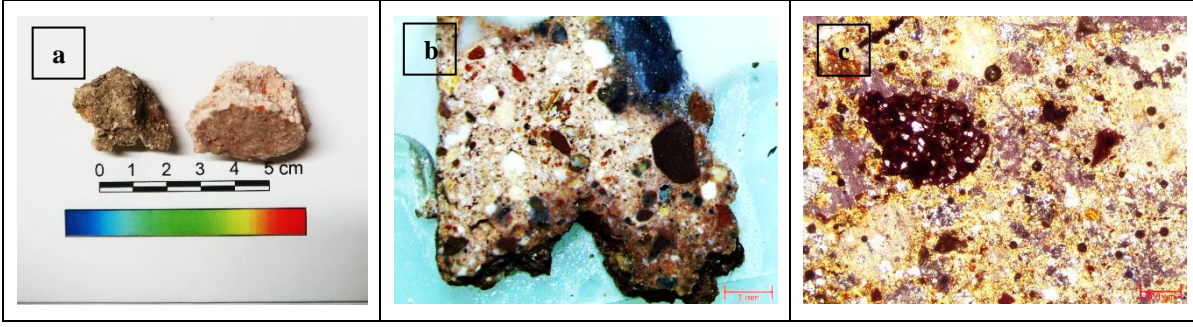
**Şekil B.26:** 26 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



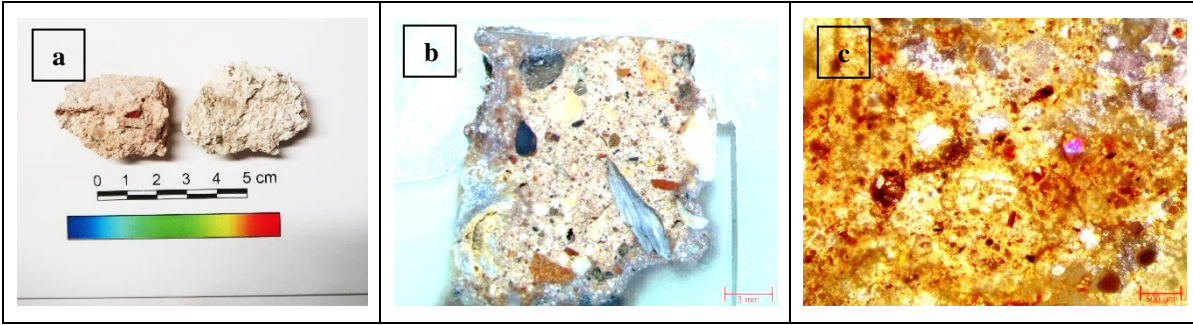
**Şekil B.27:** 27 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



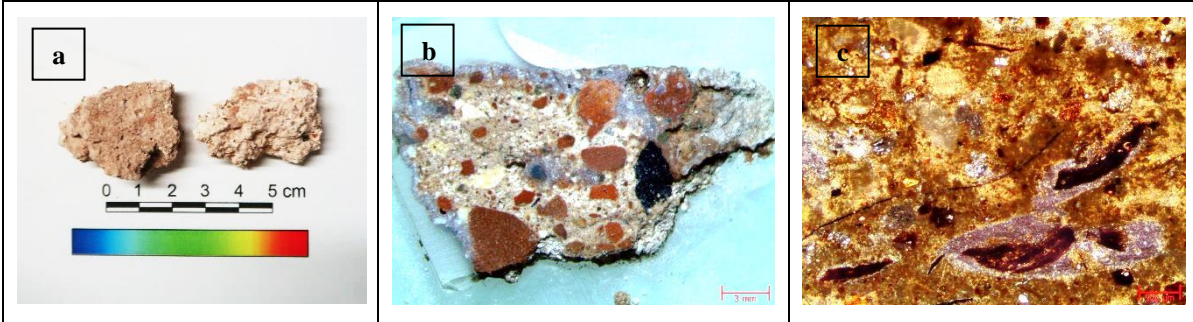
**Şekil B.28:** 28 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



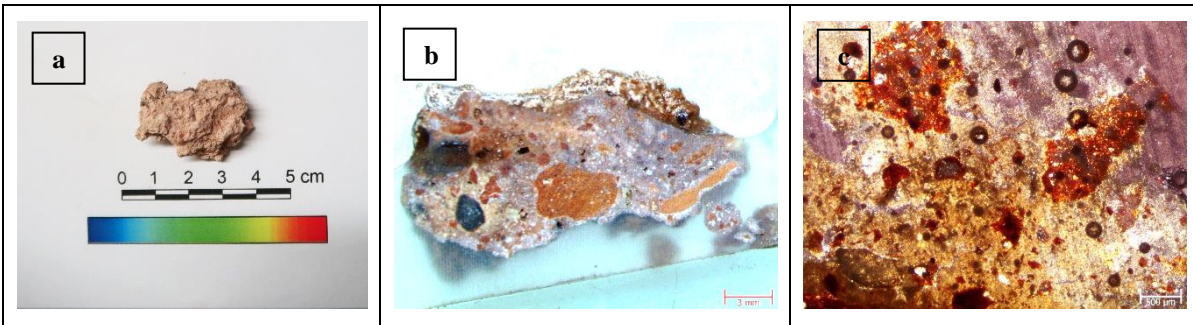
**Şekil B.29:** 29 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



**Şekil B.30:** 30 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



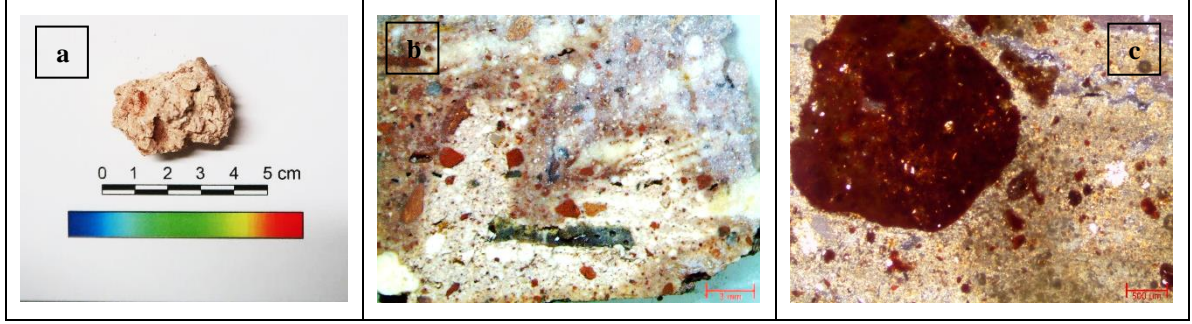
**Şekil B.31:** 31 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



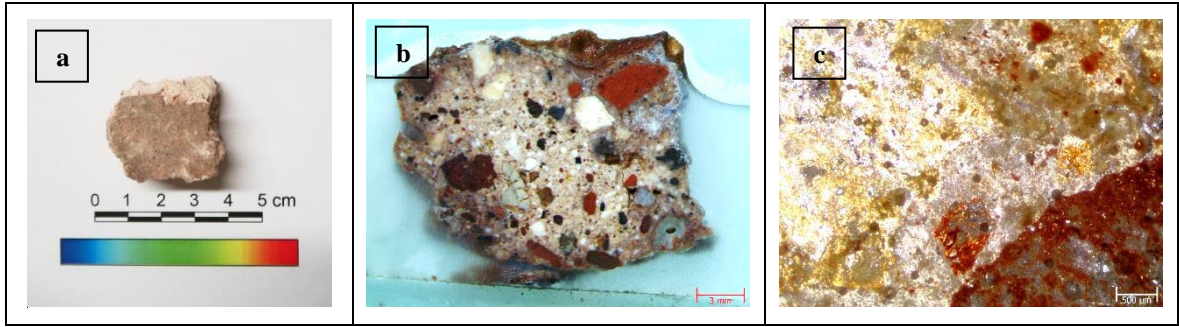
**Şekil B.32:** 32 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



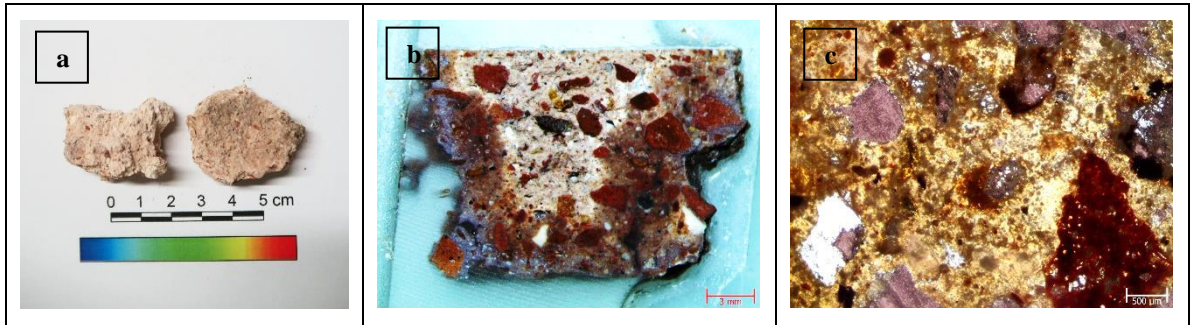
Şekil B.33: 33 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



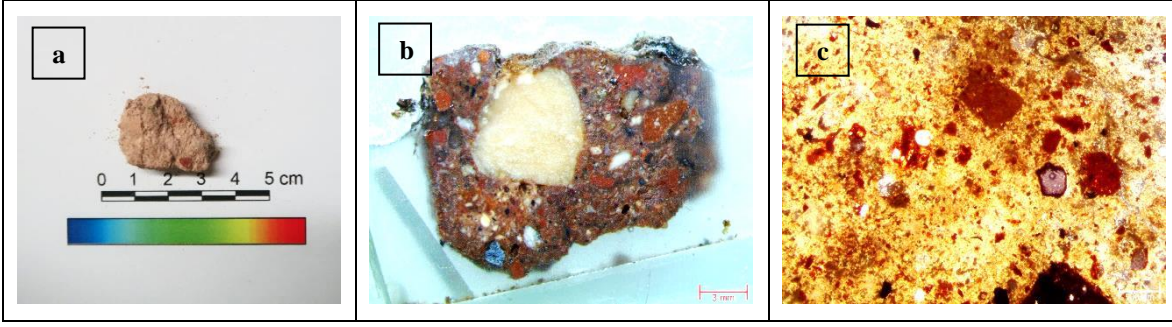
Şekil B.34: 34 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



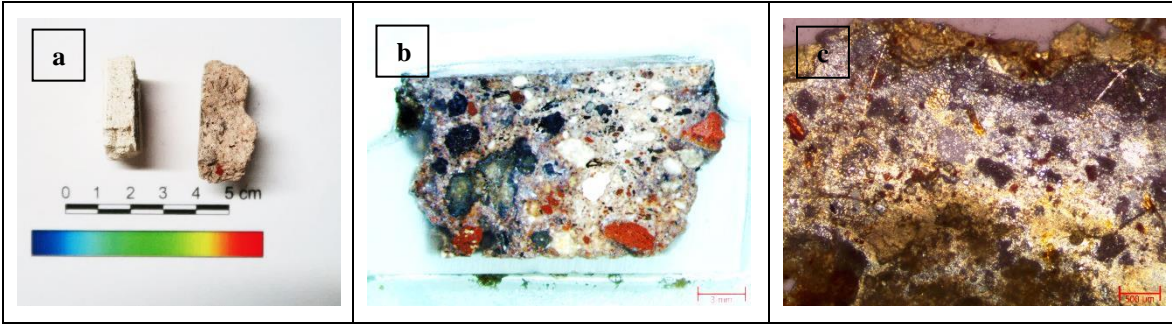
Şekil B.35: 35 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



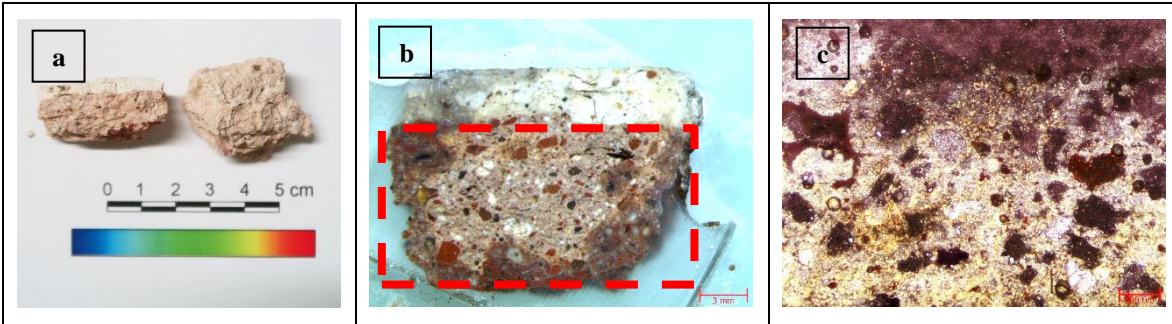
Şekil B.36: 36 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



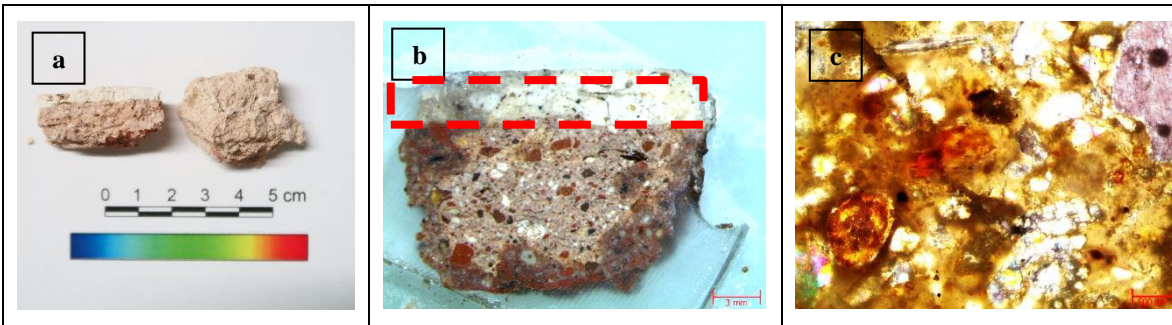
Şekil B.37: 37 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



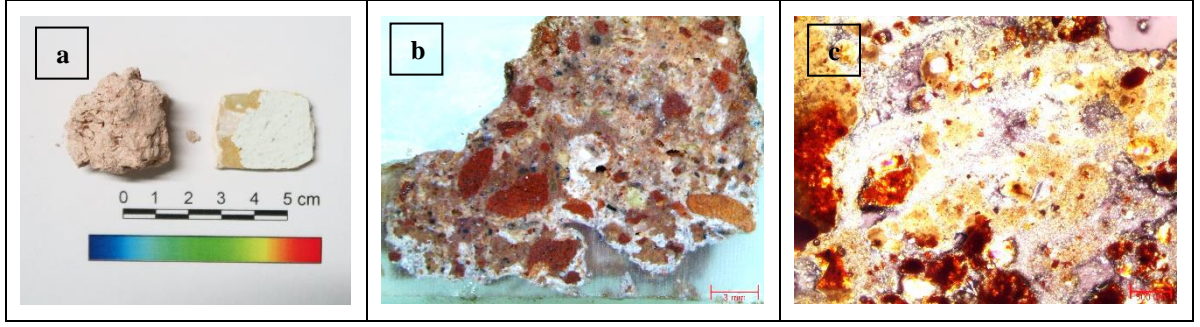
Şekil B.38: 38 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



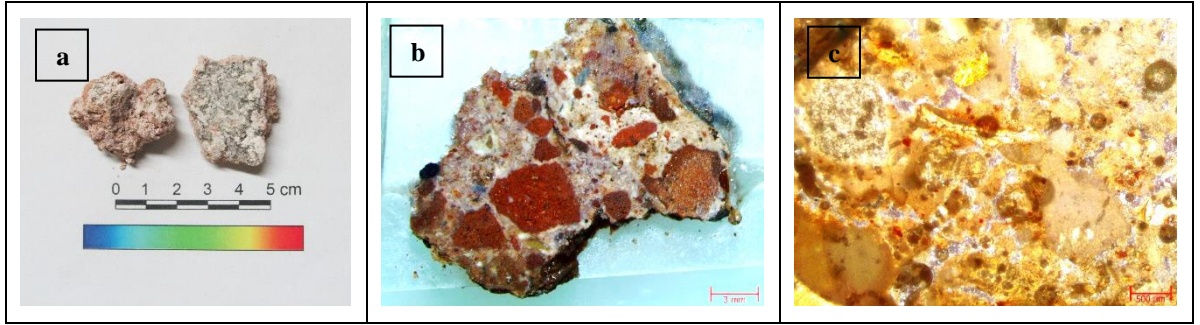
Şekil B.39: 39 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



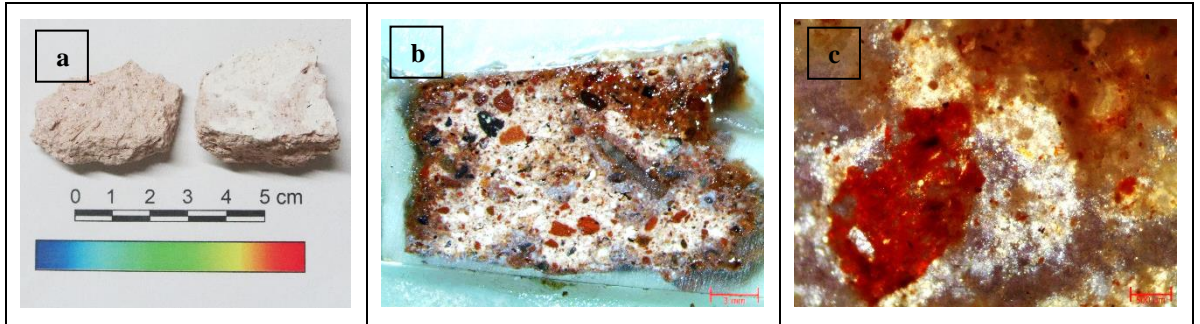
Şekil B.40: 40 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



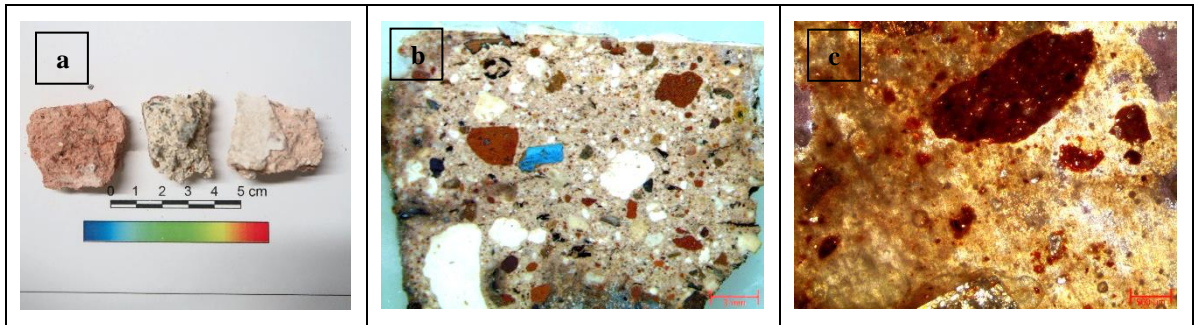
**Şekil B.41:** 41 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



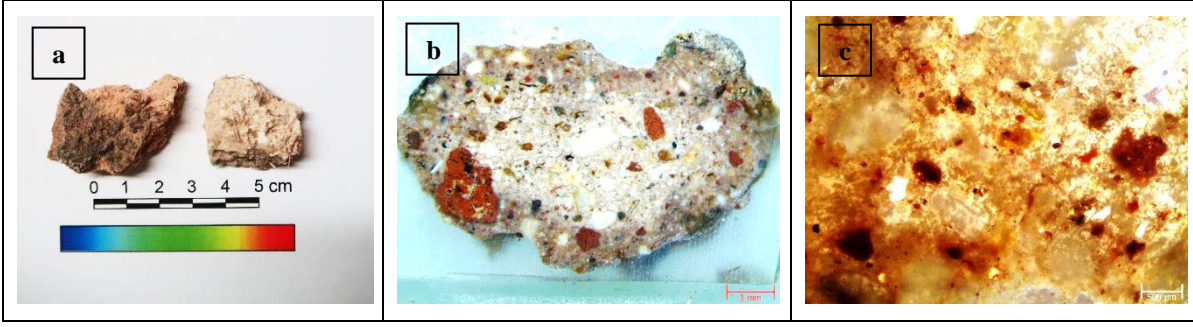
**Şekil B.42:** 42 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



**Şekil B.43:** 43 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



**Şekil B.44:** 44 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop



**Şekil B.45:** 45 nolu örnek; a) Genel görünüş, b) Stereo, c) Polarizan mikroskop

