

**ANTİK YAPILARDA KULLANILAN İNŞAAT
MALZEMELERİ VE BU MALZEMELERİN
ÖZELLİKLERİNİN MİNERALojİK,
PETROGRAfİK, KİMYASAL, FİZİKSEL,
MEKANİK VE TAHRİBATSIZ DENEY
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SAPTANMASI**

Serkan GÜLMEZ

Yüksek Lisans Tezi

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ISPARTA 2005

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

**ANTİK YAPILARDA KULLANILAN İNŞAAT MALZEMELERİ VE BU
MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİNİN MİNERALojİK, PETROGRAfİK,
KİMYASAL, FİZİKSEL, MEKANİK VE TAHRİBATSIZ DENEY
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SAPTANMASI**

SERKAN GÜLMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ISPARTA, 2005

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	i
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	vi
ANADOLU KRONOLOJİSİ.....	vii
SİMGELER (KISALTMALAR) DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuramsal Temeller	3
2. KAYNAK BİLGİSİ	5
2.1. Taş Yapılı Malzemeler.....	5
2.2. Tuğla Yapılı Malzemeler.....	7
2.3. Harç Yapılı Malzemeler.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Doğal Taş	18
3.1.2. Kerpiç ve Tuğla	20
3.1.3. Bağlayıcılar ve Beton	21
3.1.4. Harabeler ve Antik Kentler	25
3.1.4.1. Adada Antik Kenti	25
3.1.4.1.1. Akropol ve Helenistik Kuleler	26
3.1.4.1.2. Tiyatro	27
3.1.4.1.3. Bizans Bazilikası	27
3.1.4.2. Zorzila Harabesi	29
3.1.4.3. Sığırlık Harabeleri	29
3.1.4.4. Psidia Antiokya Antik Kenti	31
3.1.4.4.1. Anıtsal Çeşme	31
3.1.4.4.2. Augustus Tapınağı	32
3.1.4.4.3. Hamam	34
3.1.4.4.4. Merkezi Kilise	37
3.1.4.5. Kremna Antik Kenti	37
3.1.4.5.1. Forum	38
3.1.4.5.2. Hamam	39
3.1.4.6. İncirlihan Harabesi	40
3.2. Yöntem	42

	<u>Sayfa</u>
3.2.1. Mineralojik Analiz	42
3.2.2. Petrografik Analiz	43
3.2.3. Kimyasal Analiz.....	44
3.2.4. Fiziksel Analiz	45
3.2.4.1. Birim Ağırlık ve Su Emme	45
3.2.4.2. Özgül Ağırlık Deneyi	46
3.2.4.3. Görünen Porozite (Zahiri Porozite)	47
3.2.4.3.1. Taşın Hacimce Su Emme Oranından Hesaplanması	47
3.2.4.3.2. Taşın Hacim Kütle ve Kütlece Su Emme Oranından Hesaplanması	48
3.2.4.4. Doluluk Oranı Kompozite Deneyi	48
3.2.4.5. Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi	49
3.2.4.6. Doyma Derecesi	49
3.2.4.7. Kılcal Su Emme	50
3.2.5. Mekanik Analiz	51
3.2.5.1. Basınç Deneyi	52
3.2.6. Tahribatsız Analiz	53
3.2.6.1. Schmidt Çekici	53
3.2.6.2. Ultrases Hızı	54
3.2.6.2.1. Ultrases Hız Yöntemi ile Dinamik Elastisite Modülünün Belirlenmesi.....	54
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	56
4.1. Mineralojik Özelliklerin Belirlenmesi	57
4.1.1. Taş Numunelerin Mineralojik Analizi	57
4.1.2. Tuğla Numunelerin Mineralojik Analizi	58
4.1.3. Harç Numunelerin Mineralojik Analizi	61
4.2. Petrografik Özelliklerin Belirlenmesi	61
4.2.1. Taş Numunelerin Petrografik Analizi	61
4.2.2. Tuğla Numunelerin Petrografik Analizi	64
4.2.3. Harç Numunelerin Petrografik Analizi	64
4.3. Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi	66
4.3.1. Taş Numunelerin Kimyasal Analizi	67
4.3.2. Tuğla Numunelerin Kimyasal Analizi	67
4.3.3. Harç Numunelerin Kimyasal Analizi	67
4.4. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	69
4.4.1. Taş Numunelerin Fiziksel Analizi	71
4.4.2. Tuğla Numunelerin Fiziksel Analizi	71
4.4.3. Harç Numunelerin Fiziksel Analizi	73
4.5. Tahribatsız Analizle Taş Numunelerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	73

	<u>Sayfa</u>
5. SONUÇ	76
6. KAYNAKLAR	79
EKLER	88
EK.1 T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nden alınan izin yazısı.....	89
EK.2 Taş, Tuğla ve Harç Numunelerinin XRD Grafik Sonuçları	90
EK.3 Taş, Tuğla ve Harç Numunelerinin Optik Mikroskop Şekilleri	103
EK.4 Taş, Tuğla ve Harç Numunelerin SEM/EDX Şekilleri.....	108
EK.5 Taş, Tuğla ve Harç Numunelerin Kılcal Su Emme Deney Sonuçları	118
EK.6 Taş, Tuğla ve Harç Numunelerin Su Emme - Zaman Grafikleri.....	127
ÖZGEÇMİŞ	132

ÖZET

ANTİK YAPILARDA KULLANILAN İNŞAAT MALZEMELERİ VE BU MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİNİN MİNERALojİK, PETROGRAfİK, KİMYASAL, FİZİKSEL, MEKANİK VE TAHRİBATSIZ DENEY YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SAPTANMASI

Bu çalışma, Anadolu'da Burdur ve Isparta illeri içerisinde yer alan Kremna, İncirlihan Kervansarayı, Adada, Sığırlık Harabesi, Zorzila ve Psidia Antiokya gibi ören yerlerinde kullanılan taş, tuğla ve harç (bağlayıcı ve agrega) gibi yapı malzemelerinin deneysel incelenmesini içermektedir. Bu ören yerlerindeki tarihi yapılar; Helenistik, Roma, Bizans ve Selçuklu periyotlarının, bir yada birkaç dönemini bir arada kapsamaktadır. Çalışma, saha ve laboratuvar alanlarına göre iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak sahada, tahribatsız deney yöntemleri (schmidt çekici, ultrases titreşim hızı) uygulanmıştır. Sonraki aşamada, laboratuvar ortamında bu tarihi yerlerdeki yapılardan alınan yapı malzemeleri (taş, tuğla, harç) üzerinde mineralojik (x-ray difraksiyon (XRD)), petrografik (optik mikroskop ve elektron tarama mikroskobu – enerji dağıtma spektrometresi (SEM/EDX)), kimyasal (x-ray flüoresan (XRF)), fiziksel (birim ağırlık, kütlece su emme, hacimce su emme, özgül ağırlık, kompasite, porozite, doyma derecesi ve kılcal su emme) ve mekanik deneyler (basınç dayanımı) uygulanmıştır. Bu deneylerden elde edilen veriler; numunelerin kalitesi, sınıflanması, morfolojisi, mineralojik birleşenleri, yakma sıcaklıkları, fiziksel özellikleri ve mukavemetleri gibi karakteristik özelliklerin belirlenmesini sağlar. Bu karakteristik özellikler, tarihi yapılarda kullanılan taş, tuğla ve harç malzemelerinin kronolojik tarih sırasına göre imalatları, kullanılan yapı malzemelerinin birleşenleri ve inşaat teknikleri hakkında bilgi sahibi olunmasına imkân sağlamıştır. Böylece tarihsel kavimlerin teknolojik davranışları ve üretim teknikleri hakkında da bilgiler elde edilmiştir. Bu veriler bir sonraki aşamada tarihi yapıların güçlendirilmesi açısından uygulanacak restorasyon ve rehabilitasyon konularına ışık tutabilecektir. Sonuç olarak tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin incelenmesi; geçmiş, günümüz ve gelecek arasında köprü kurarak, tarihi yapıların günümüze kadar ayakta kalmasının nedenlerini ortaya çıkarmada önemli katkılar sağlayabilecektir.

Anahtar Sözcükler : Optik mikroskop, SEM/EDX, XRD, XRF, schmidt çekici, ultrases titreşim hızı, fiziksel analiz, mekanik analiz restorasyon, rehabilitasyon.

ABSTRACT

CONSTRUCTION MATERIALS USED IN OLD BUILDINGS AND DETERMINATION OF PROPERTIES OF THESE CONSTRUCTION MATERIALS BY USING MINERALOGICAL, PETROGRAPHICAL, CHEMICAL, PHYSICAL, MECHANICAL AND NON-DESTRUCTIVE TEST METHODS

This study is carried out on stone, brick and mortar (made of aggregate and binder) materials that are used at ancient structures at Isparta and Burdur districts (Cremna, Incirlihan Caravansary, Adada, Sığırılık Ruins, Zorzila and Psidia Antiocheia). These Ancient Structures are from historical Periods of Hellenistic, Roman, Byzantine and Seljuk's period of Anatolia. Experimental studies are performed on those historical materials for their needed properties at two stages; on site and at the laboratory. At first stage, Non- destructive (Schmidt hammer and ultrasonic pulse velocity) analyzes are carried out at site. At second stage, Mineralogical (X-ray diffraction (XRD)), Petrographical (Optical microscopy, scanning electron microscopy/energy-dispersive x-ray spectrometers (SEM/EDS)), Chemical (x-ray fluorescence (XRF)), Physical (unit weight, specific weight, water absorption, porosity, compacity, saturation degree) and Mechanical (compressive test) experiments are performed at laboratory on construction materials collected from those historical places in order to determine characteristic properties of these materials. Data obtained from these tests reveal their characteristic properties like mineralogical composition, firing temperatures, quality of specimen, physical properties, resistance, texture, morphology and classification of specimens. These characteristic properties gave possibility of having knowledge about chronological order of their production and components of construction materials that are stone, brick and mortar used and their construction techniques at those historical structures. Thus, knowledge about technological behavior and production techniques of historical nations is gained. At the following stages, these data may give an idea about restoration and rehabilitation of historical structures from the reinforcement point of view. From the results of the experiments, it is tried to understand the reason, how these structural members survived till today.

Keywords: Optical microscopy, SEM/EDX, XRD, XRF, schmidt hammer, ultrasonic pulse velocity, physical analyzes, mechanical analyzes, restoration, renovation.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma, antik yapılarda araştırma yapacak kişi veya şahıslara yol gösterici nitelikte olabilecektir. Bu nedenle ilk olarak doğal taş, tuğla ve beton gibi yapı malzemelerinin; antik yapılarda hangi çağlarda kullanılmaya başlandığı ve bu malzemelerin ne gibi karakteristik özelliklere sahip olduğu araştırılmaktadır. Bu malzemelerin üretimlerinin ve kullanımlarının, insanoğlunun zihinsel gücünün paralelliği doğrultusunda geliştiği de unutulmamalıdır.

Ayrıca restorasyon ve rehabilitasyon konusunda uygun ve dayanıklı malzemelerin seçilerek, tarihi yapılardakine benzer orijinal malzemelerin üretilmesine ve yapı malzemelerinin tarihsel gelişimi, üretim tekniği ve bu malzemelerin karakteristik özelliklerinin tespit edilerek konu ile ilgili olarak zengin bir geçmişe sahip olan ülkemizde tarihi yapıların restorasyonu için gerekli teknik personelin yetiştirilmesine imkan sağlayabilecektir.

Bu tez çalışması, Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenen 853-YL-04 no'lu “Antik Yapılarda Kullanılan İnşaat Malzemeleri ve Bu Malzemelerin Özelliklerinin Fiziksel, Mekanik, Tahribatlı ve Tahribatsız Deney Yöntemleri Kullanılarak Saptanması” adlı proje kapsamında gerçekleştirmiştir.

Tez çalışmasının gerçekleştirilmesi için gerekli ortamın hazırlanması, çalışmanın sonuçlandırılması ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yön gösterici olmasından dolayı tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL'e, antik kentlerde ve harabelerde çalışmaların yapılabilmesi için gerekli izinleri sağlayan T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'ne, numunelerin kimyasal analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Göltaş Çimento A.Ş. Kalite Güvence Laboratuvarı personeline, çalışmam sırasında konunun ve kavramların daha iyi anlaşılmasında gösterdikleri yardımlardan dolayı Arş. Gör. Cengiz ÖZEL'e, Arş. Gör. Cenk ÖCAL'a ve İnşaat Mühendisi Hüseyin Hakan İnce'ye ve bugünlere gelmemde yardım ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme içtenlikle teşekkür ederim.

ANADOLU KRONOLOJİSİ

Palaeolitik Çağ: > 8000

Neolitik Çağ : M.Ö.8000-5500

Kalkolitik Çağ : M.Ö.5500-3000

Erken Bronz Çağı : M.Ö. 3000-2000

Orta-Geç Bronz Çağları :M.Ö. 2000-1200

Yeni Hitit Krallıkları: M.Ö.1200-700

Urartu Krallığı : M.Ö. 900-600

Frig Krallığı: M.Ö.700-550

Lidya Krallığı: M.Ö.700-550

Pers Satraplıkları: M.Ö.546-330

Helenistik Çağ: M.Ö. 330-30

Roma Çağı: M.Ö. 30 –İ.S.330

Erken Hıristiyanlık/Bizans :M.S. 330-1453

Selçuklu İmparatorluğu: 1071-1300

Osmanlı İmparatorluğu: 1299-1923

Türkiye Cumhuriyeti: 1923<

SİMGELER (KISALTMALAR) DİZİNİ

C	: Kılcallık katsayısı
C_c	: Numunenin basınç mukavemeti (kgf/cm^2)
CI	: Çimento İndeksi
D	: Doyma Derecesi (%)
Δ_h	: Numunenin birim ağırlığı (gr/cm^3)
d_o	: Numunenin Özgül Ağırlığı (g/cm^3)
E_d	: Dinamik Elastisite Modülü (kgf/cm^2)
EDX	: Enerji Dağıtma Spektrometresi
G_{dh}	: Doymun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi (gr)
G_{ds}	: Doymun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi (gr)
G_k	: Değişmez kütleye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (gr)
G_p	: Piknometre Kütlesi (gram)
G_{pn}	: Piknometre + Deney Numunesi Kütlesi (gram)
G_{pns}	: Piknometre + Deney Numunesi + Su Kütlesi (gram)
G_{ps}	: Su ile dolu Piknometre Kütlesi (gram)
HI	: Hidrolik İndeks
k	: Numunenin Doluluk Oranı (%)
K	: 18000 – 23000 aralığında değişen bir katsayı
m_i	: Numunenin kuru kütlesi
m_d	: Belirtilen zamanda numunenin doymun kütlesi
P	: Numunenin Porozitesi (%)
P_g	: Numunenin görünen porozitesi (%)
R	: Korelasyon Katsayısı
R_s	: Geri Sıçrama Değeri Ölçüsü
SEM	: Elektron Tarama Mikroskobu
S_k	: Numunenin kütlece su emme oranı (%)
S_h	: Numunenin hacimce su emme oranı (%)
V	: Ultrases Titreşim Hızı (km/sn)
W	: Numunenin En Yüksek Kırılma Değeri (kgf)
XRD	: X-Ray Difraksiyon
XRF	: X-Ray Flüoresan

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Adada- Helenistik Kule (S42 Taş Numunesinin Alındığı Yer) ...	26
Şekil 3.2. Adada - Helenistik Kemer (M28 Harç Numunesinin Alındığı Yer)	27
Şekil 3.3. Adada - Tiyatro (T33 Tuğla Numunesinin Alındığı Yer)	28
Şekil 3.4. Adada - Bizans Bazilikası (T29 Tuğla Numunesi ve M30 Harç Numunesinin Alındığı Yer)	28
Şekil 3.5. Zorzila - Roma Hamamı (T16 Tuğla Numunesi ve M3 Harç Numunesinin Alındığı Yer)	29
Şekil 3.6. Sığırlık Harabesi - Kale I (M3 Harç ve T41 Tuğla Numunelerinin Alındığı Yer).....	30
Şekil 3.7. Sığırlık Harabesi - Kale II (T45 Tuğla Numunesinin Alındığı Yer)	30
Şekil 3.8. Antiokya - Anıtsal Çeşme (S16 Taş, T6 Tuğla ve M32 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)	32
Şekil 3.9. Antiokya - 1924 Kazısında Mimar Woodbridge Tarafından Çizilen Augusteum, İmparatorlar Tapınağı Rekonstrüksiyon	33
Şekil 3.10. Antiokya - Augustus Tapınağı (S10 Taş ve M6 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)	34
Şekil 3.11. Antiokya - Hamamın Dıştan Görünüşü	35
Şekil 3.12. Antiokya - Hamamın İçten Görünüşü (S21 Taş ve M8 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)	35
Şekil 3.13. Antiokya - 1924 Kazısında Mimar Woodbridge Tarafından Çizilen Merkezi Kilise'nin Planı	36
Şekil 3.14. Antiokya - Merkezi Kilise (T9 Tuğla ve M34 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)	36
Şekil 3.15. Kremna - Forum (S37 Taş Numunesinin Alındığı Yer)	38
Şekil 3.16. Kremna - Hamamın Batı Tarafından Görünüşü (S25 Taş Numunesinin Alındığı Yer)	39
Şekil 3.17. Kremna - Hamamın Doğu Tarafından Görünüşü (T24 Tuğla ve M14 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)	40
Şekil 3.18. İncirlihan Kervan Sarayın Girişindeki Kitabeli Giriş Kapısı	41
Şekil 3.19. Kervan Sarayın İç Görünüşü (S41 Taş ve M25 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)	41
Şekil 3.20. Numunelerin kılcal su emme olayı	50
Şekil 4.1. Kalsiyumca zengin killer yakıldığında oluşan tepkime ürünü.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Taş Numunelerin Kronolojik Tarih Sırasına Göre İmalatları	56
Çizelge 4.2. Tuğla Numunelerin Kronolojik Tarih Sırasına Göre İmalatları..	56
Çizelge 4.3. Harç Numunelerin Kronolojik Tarih Sırasına Göre İmalatları ..	57
Çizelge 4.4. Taş Numunelerin XRD Analiz Sonuçları (EK.2)	58
Çizelge 4.5. Tuğla Numunelerin XRD Analiz Sonuçları (EK.2)	60
Çizelge 4.6. Harç Numunelerin XRD Analiz Sonuçları (EK.2)	60
Çizelge 4.7. Taş Numunelerin Optik Mikroskop ve SEM/EDX Şekillerinin Analiz Sonuçları	62
Çizelge 4.8. Tuğla Numunelerin Optik Mikroskop ve SEM/EDX Şekillerinin Analiz Sonuçları	63
Çizelge 4.9. Harç Numunelerin Optik Mikroskop ve SEM/EDX Şekillerinin Analiz Sonuçları	65
Çizelge 4.10. Taş Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları (XRF)	68
Çizelge 4.11. Tuğla Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları (XRF)	68
Çizelge 4.12. Harç Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları (XRF)	70
Çizelge 4.13. Taş Numunelerin Fiziksel Analiz Sonuçları	70
Çizelge 4.14. Tuğla Numunelerin Fiziksel Analiz Sonuçları	72
Çizelge 4.15. Harç Numunelerin Fiziksel Analiz Sonuçları	72
Çizelge 4.16. Taş Numunelerin Schmidt Çekiciyle Elde Edilen Basınç Dayanımı Sonuçları	74
Çizelge 4.17. Taş Numunelerin Ultrases Değeriyle Elde Edilen Dinamik Elastisite Modülü ve Maksimum Basınç Dayanımı Sonuçları.	75

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun binlerce yıllık tarihi içerisinde en dikkat çeken uğraşlarından birisi yaşadığı doğal çevreyi kendi ihtiyaçları doğrultusunda düzenlemesi ve değiştirmesidir. Konutun kökeninde de bu uğraş vardır (Morgan, 1960).

Doğadaki tüm canlılar gibi insanlar da dışarıdan gelebilecek tehlikelere karşı bir yere sığınarak, savunma ihtiyacı duymuşlardır (Akurgal, 1998). Uygarlık öyküsünün başından beri bu ihtiyaçlar, doğanın sunduğu hazır mekânlarla (mağara, kovuk) karşılanmıştır. Günümüze ulaşan çeşitli aletlerden ilk insanların Paleolitik çağlarda yaşadıkları anlaşılmaktadır (Anonim, 1992).

Neolitik çağ'da (MÖ. 8000 - 5500) yapı yapmaya başlamışlardır. Bu nedenle bu çağ, yapı malzemesinin başlangıcı olarak kabul edilebilir. Yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte ilk mimari faaliyetler de zorunlu olarak ortaya çıkmıştır. Doğal olarak ortaya konulan ilk mimari faaliyetler konutlar ve tapınaklar¹ olmuştur. Bu şekilde tarihi yapılar daha da gelişip zenginleşerek, günümüze kadar gelmiştir.

8900 yıl önce (Neolitik Çağ) İsrail Yiftael'de yapılan bir yapıda kireç harcı bulunmuş ve bu harç; kırılmış kireçtaşı, kül ve kumun karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Bu harç ile yapılan 4-8 cm kalınlığında 65 m²'lik bir döşemenin yaklaşık 1.6 ton geldiği ölçülmüştür. Döşemenin bazı yerlerinde ölçülen basınç dayanımının 45 MPa gibi yüksek bir değer olduğu görülmüştür (Akman, 1997; Baradan, 1998). Bu değerler o günün koşullarında düşünülürse önemli rakamlardır. Günümüz koşullarında ülkemizde yapılan araştırmalarda, betonarme binaların %80'inin beton basınç dayanımlarının ortalaması 20 MPa altındadır. Bu değerler karşılaştırıldığında, 8900 yıl önce inşa edilen yapının günümüz yapılarından daha dayanıklı olduğu görülmektedir. Bu nedenle tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemelerin araştırılması, günümüz yapı malzemeleriyle karşılaştırılması açısından önem arz etmektedir.

¹ Akdeniz Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Klasik Arkeoloji Bölümünde Öğretim Üyesi Doç. Dr. Nevzat Çevik'ten alınan "Kült Alanları ve Objeleri" lisans üstü ders notundan alınmıştır.

Burdur ve Isparta illeri içerisinde yer alan Kremna (Burdur/Bucak), İncirlihan Kervansarayı (Burdur/Bucak), Adada (Isparta/Sütçüler), Sığırlık Harabesi ((Isparta/Sütçüler), Zorzila (Isparta/Sütçüler) ve Psidia Antiokya (Isparta/Yalvaç) gibi antik kentler ve harabelerde kullanılan taş, tuğla ve harç gibi yapı malzemelerinin Helenistik, Roma, Bizans ve Selçuklu periyotlarında (MÖ 330 – MS 1300 yılları arasında) kullanılıp, kullanılmadığı ve bu malzemelerin ne tür karakteristik özelliklere sahip olduğu araştırılmıştır.

Çalışma, saha ve laboratuvar alanlarına göre iki aşamada gerçekleşmiştir. İlk olarak sahada, tahribatsız deney yöntemleri (schmidt çekici, ultrases hızı) uygulanmıştır. Sonraki aşamada, laboratuvar ortamında bu tarihi yapılardan alınan yapı malzemeleri (taş, tuğla, harç) üzerinde mineralojik (x-ray difraksiyon (XRD)), petrografik (optik mikroskop ve elektron tarama mikroskobu – enerji dağıtma spektrometresi (SEM/EDX)), kimyasal (x-ray flüoresan (XRF)), fiziksel (birim ağırlık, kütlece su emme, hacimce su emme, özgül ağırlık, kompasite, porozite, doyma derecesi ve kılcal su emme) ve mekanik deneyler (basınç dayanımı) uygulanmıştır. Bu deneylerin uygulanması için alınan numuneler genelde, tarihi yapıya zarar vermeyecek yerlerden alınmış parçalardır. Bu deneylerden elde edilecek veriler bize; numunelerin kalitesi, sınıflandırılması, morfolojisi, mineralojik bileşenleri, fiziksel özellikleri ve dayanımları gibi karakteristik özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlamıştır. Yapı malzemeleri üzerinde uygulanan bu deneyler, belirtilen tarihi yerlerdeki antik kentler ve harabelerde daha önce kapsamlı bir şekilde uygulanmamıştır.

Tarihi yapı malzemelerinin incelenmesi ile bu yapı malzemelerinin hazırlama teknikleri, buldukları uygarlıklar, bu uygarlıkların gelişimleri ve günümüze kadar geçirdikleri evreler hakkında yararlı bilgiler sağlanabilmiştir. Genel amaç tarihi yapıların mühendislik gözüyle incelenmesi ve farklı yüzyıllarda yapılmış yapıların zaman içerisindeki gelişimleri ve karakteristik özelliklerin ortaya konma çabasıdır. Elde edilecek veriler, ileriki aşamalarda tarihi yapıların restorasyon ve rehabilitasyon konularına ışık tutabilecektir. Bu nedenle günümüz koşullarına uygun durabil malzemelerin seçimi için de gerekli kaynağı teşkil edebilecektir.

1.1. Kuramsal Temeller

Tarih öncesi çağlarda yapılarda kullanılan inşaat malzemelerinin bilinmesi, antik yapılarda araştırma yapacak kişi veya şahıslara yol gösterici niteliktedir.

Uygarlık öyküsünün başlangıcından günümüze kadar uzanan teknik ve bilimsel çalışmalar; yüzyıllarca süren denemelerle, günümüzdeki yapı malzemelerinin nitelik ve nicelik zenginliğini sağlamıştır (Akman, 2003).

Restorasyon ve rehabilitasyon konularını daha da geliştirebilmek için ilk olarak yapı malzemelerin (taş, tuğla ve harç) tarihsel gelişim sürecinin bilinmesi ve sonra da bu yapı malzemelerin karakteristik özelliklerin (numunelerin dayanımı, sınıflanması, morfolojisi, mineralojik bileşenleri, fiziksel özellikleri ve mukavemet özellikleri) ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu karakteristik özelliklerin bilinmesi tarihi yapıların restorasyonunda kullanılacak yapı malzemelerinin (taş, tuğla, harç), eskisiyle özdeş olabilmesine imkan sağlayabilecektir. Yeterlilik şartlarının sağlanabilmesi için bazı temel tanım ve kavramların bilinmesi ve mineralojik, petrografik, kimyasal, fiziksel, mekanik ve tahribatsız yöntemlerle tarihi yapı malzemelerinin test edilmesi gerekmektedir. Bu deneylerden elde edilen veriler, tarihsel kavimlerin teknolojik davranışları ve üretim teknikleri hakkında yararlı bilgilerin ortaya çıkarılmasına imkan sağlamıştır. Bu nedenlerden dolayı bir çok bilim adamı bu konuyla ilgilenmiş, tarihi yapı malzemelerini deneysel yöntemlerle incelemiş ve kavimlerin kullandıkları teknolojik gelişmeleri ortaya çıkarmışlardır. Kavimlerin kullandıkları teknolojik gelişmelerin ve üretim tekniklerinin ortaya çıkarılmasındaki en önemli etken, yapı malzemelerinin sınıflandırılmasıdır.

Taş malzemeler, mikritik ve sparitik kireç taşı olmak üzere iki sınıflamada değerlendirilmiştir (Callebaut vd., 2000).

Tuğla numuneler yakma sıcaklıklarına göre 900 °C'nin üzerinde, 900 °C'nin altında, 850 °C'nin üzerinde ve 850 °C'nin altında olmak üzere dört ana sınıflamada değerlendirilmiştir. Ortamda gehlenit, kuvars, diopsit ve anortit minerallerinin

bulunması, pişirme işlemi sırasında ulaşılan sıcaklığın bir göstergesidir (Duminuco vd., 1998).

Harç numuneler ise, SiO₂ miktarına ve bünyelerindeki minerallere göre; tipik kireç harcı, ezik tuğla kireç harcı, puzolanik harç ve cementitious harcı olmak üzere dört sınıfta değerlendirilmiştir.

Farklı yüzyıllarda yapılmış yapılardan alınan malzemelerin sınıflandırılması, malzemelerin zaman içerisindeki gelişimleri ve karakteristik özellikleri hakkında önemli veriler ortaya çıkarmaktadır.

2. KAYNAK BİLGİSİ

Bu çalışma kapsamında yapı malzemeleri üç ana sınıfta toplanmış ve kaynak taraması da bu sınıflama göz önünde tutularak yapılmıştır.

2.1. Taş Yapılı Malzemeler

Viaene vd. (1993), Sagalassos antik kentinde kullanılan kireçtaşlarının, petrografik ve fiziksel analizleri incelemiştir. Fiziksel analizler sonucunda, kireçtaşlarının özgül ağırlık değerinin 2.68 - 2.71 gr/cm³ arasında olduğunu ve porozite değerininse %1'den az olduğunu gözlemlemiştir. Petrografik incelemelerde ise, Helenistik ve Roma mimarisi yapılarda kireçtaşlarının kullanıldığını belirtmiştir.

Vandaele ve Waelkens (1995), Sagalassos antik kentindeki taş yapılarda N tipi bir Schmidt çekici kullanarak yüzey sıklık değerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda, granitli kayaçların geri sıçrama ölçüsünün 55 ve üzeri bir değer olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca İsrail'de chalk adı verilen kayaçta ise bu değer, 10 - 20 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Yüzey sıklık değerinin, nem miktarına ve kayaçların yoğunluğuna bağlı olduğunu da belirtmişlerdir. Yaloon ve Singer (1977)'in, taş numunelerin basınç mukavemetlerini ve geri sıçrama ölçülerini bir formülde birleştirdiklerini belirtmişler ve bu formülü kullanarak geri sıçrama ölçüsüyle, taşların mukavemetlerini hesaplamışlardır.

Almesberger vd. (1997), Dubrovnik şehrindeki tarihi yapılardan aldıkları taş ve harç malzemeler üzerinde ultrases hızı ve basınç mukavemet deneylerini uygulamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda, taş numunelerin ultrases hızı değerinin 4150 - 5390 m/s arasında olduğunu ve basınç mukavemet değerinin ise 415 - 795 kgf/cm² arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Calcaterra vd. (2000), İtalya'daki Naples antik kentinden aldıkları taş numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik analizleri yapmışlardır. Özgül ağırlık değerini, He –

piknometresiyle (\pm % 0.1 - 0.2 hassasiyetlikte) belirlemişlerdir. Bu analiz yapılırken, bir numuneyi en az üç kez ölçmüşler ve ortalama değeri kabul etmişlerdir. Ultrases hızı deneyi için, 24 KHz'lik transducerlı bir pundit marka cihaz kullanmışlardır. Bu cihaz, \pm 0.1 μ s'lik bir hassasiyetliğe sahiptir. Ölçüm yapılacak yüzeye transducerları koymadan önce, yüzeye ince bir katman halinde jel sürülmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Amaç, taş yüzeylerindeki pürüzleri gidererek düzgün yüzeyler elde etmektir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda birim ağırlık değerini 2.568 - 2.574 gr/cm³ arasında değiştiğini, porozite değerinin %27.8 – %43.3 arasında değiştiğini, ultrases hızı değerinin 2707 m/s olduğunu ve basınç mukavemet değerinin ise 6.3 – 25.91 MPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Kırca vd. (2001), Konya'da bulunan Sahip Ata Hanikah'taki yapı malzemelerinin mekanik özelliklerini (basınç mukavemeti, elastisite modülü) belirlemeye çalışmışlardır. Bu yapı, Selçuklular zamanında inşa edilmiştir. N tipi bir schmidt çekici kullanılarak, geri sıçrama değerini belirlemişlerdir. Taş duvarın belirlenen her bir noktasından, 6 geri sıçrama değeri ölçmüşlerdir. Ultrases hızı metodunu da taş duvarlarda uygulamışlardır. Deneysel çalışmalar sonucunda; taş numunelerin su emme değerinin %4.59 - %4.84 arasında olduğunu ve tuğla numunelerinde ise bu değerin %13.52 - %23.05 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Kesme taşlarda elastisite modülü değerinin 17.8 - 23.5 MPa arasında olduğunu ve basınç mukavemet değerininse 18.4 - 25.8 MPa arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Tuğlalarda ise basınç mukavemet değerinin 10.1-18.7 MPa arasında olduğunu ve eğilme mukavemet değerinin ise 3.0 - 4.7 MPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Degryse vd. (2003), Sagalosos antik kentindeki yapılarda kullanılan taşları sınıflamışlardır. Bu sınıflamayı, makroskobik ve petrografik belirlemeleri göz önünde tutarak yapmışlardır. Bu antik kentteki yapı taşlarının 14 litolojik tipte olduğunu belirtmişlerdir.

Zamudio - Zamudio vd. (2003), Meksika'da Veracruz şehrindeki 16. ve 18. yy. yapılarında kullanılan yapı malzemelerini incelemişlerdir. Yapı malzemelerinden birisi olan 'mucara' adındaki taş tipinde; SEM, XRD ve XRF analizleri tatbik

etmişlerdir. XRD analiz sonucunda, aragonit mineralini ana bileşen olarak gözlemlemişlerdir. Ayrıca yoğunluk ve porozite gibi fiziksel özellikleri de incelemişlerdir. Harçlar üzerinde de bu analizleri uygulamışlardır.

Eren ve Bahali (2005), Kıbrıs'taki tarihi yapılarda kullanılan doğal taşları incelemişlerdir. Kullanılan doğal taşları, Meluşa ve Karpaz taşı olmak üzere iki sınıflama da değerlendirmişlerdir. Meluşa taşının Kırıkkale de bulunduğunu, mikritik kireç taşı özelliği gösterdiğini ve bu taşın porozite değerinin %20 - %25 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Karpaz taşının ise Yenierenköy kasabasında olduğunu ve bu taşın kireçtaşının bir çeşidi olan kalkerli taş olduğunu ifade etmişlerdir. Karpaz taşında aragonit mineraline rastladıklarını ve bu kayaca da oolitik kireç taşı denilebileceğini belirtmişlerdir. Bu taşlarda; su emme, özgül ağırlık, birim ağırlık, porozite ve basınç mukavemet deneylerini TS 699'a göre ve eğilme deneyini ise ASTM C 348'e göre ölçmüşlerdir. Böylece iki taş türünden elde edilen fiziksel ve mekanik deney verilerini, kıyaslama yapmışlardır.

2.2. Tuğla Yapılı Malzemeler

Dodge (1987), Yunan, Roma ve Asya'daki yapılarda kullanılan tuğlaların kalınlıklarını, tuğlalar arasındaki derz kalınlıklarını ve tuğlaların hangi yüzyıllarda nerelerde kullanıldığı belirtmiştir.

Duminuco vd. (1998), tuğlaların yakma sıcaklıklarını incelemişlerdir. Tuğlaların yakma sıcaklıkları; tarihsel kavimlerin teknolojik davranışları ve üretim teknikleri hakkında bilgiler ortaya çıkarabileceğini belirtmişlerdir.

Riccardi vd. (1999), farklı sıcaklıklarda yakılan killerin mikro yapısal ve mikro kimyasal özelliklerini; XRD, XRF ve SEM/EDX cihazlarını kullanarak ölçmüşlerdir. Elde edilen verilerden, tuğlaların yakma sıcaklıkları hakkında teknolojik bilgiler elde edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Bonora vd. (2001), İtalya'nın Faenza bölgesindeki 16. yy. yapısından aldıkları 25 tuğla ve 11 harç numunesi üzerinde XRD ve XRF analizleri tatbik etmişlerdir. XRD

analizi, tuğla ve harç numunelerinde bulunan ana kristalize kısımları ortaya çıkarmak için ve XRF analizi, tuğlaların kimyasal bileşenlerini belirlenmek için yapmışlardır. Mineralojik ve petrografik özellikler için, ince kesit analizlerini optik mikroskop altında gözlemlemişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda, tuğlaların kimyasal bileşen değerlerinin birbirine yakın olduğunu yani çok homojen olduğunu görmüşlerdir. Üretim sırasında ham malzemelerin iyi karıştırılmaması tuğlaların homojen olmadıklarını gösterir. Tuğla malzemelerin XRD patenti incelendiğinde, kuvars ve kalsitin ana bileşen olduğunu, plajiolklaz ve mika minerallerinin çoğunlukla var olduğunu ve dolomit ve piroksen minerallerinin nadir olarak bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Radivojevic ve Dervissis (2001), restorasyona uygun tuğla malzemelerin seçimi için optik analiz, su emme, porozite, birim ağırlık ve mekanik analizlerin yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda; tarihi yapılardaki tuğla malzemelerin birim ağırlık değerinin $1.67 - 1.85 \text{ gr/cm}^3$ arasında olduğunu ve su emme değerininse %16 - %18 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Lopez-Arce vd. (2003), Toledo şehrindeki tarihi yapılardan aldıkları iki tuğla malzeme üzerinde; SEM/EDX, XRD ve optik mikroskop analizleri tatbik etmişlerdir. Bu analizlere ilaveten su emme, porozite ve basınç mukavemet değerlerini de ölçmüşlerdir. Optik mikroskopta tuğlaların ince kesitlerinin incelenmesi; içerisinde kristalize mineraller, volkanik veya metamorfik kayalar ve matrikste kil tozlarının var olup olmadığı hakkında bilgiler verebileceğini ifade etmişlerdir.

Cardiano vd. (2004), manastırdan aldıkları tuğla malzemeler üzerinde kimyasal ve mineralojik analizleri tatbik etmişlerdir. Kimyasal analiz sonucunda, Bizans dönemi tuğla malzemelerin kalkerli killerden üretildiğini gözlemlemişlerdir. Tuğla numunelerin çok fazla olması durumunda, CaO miktarına göre sınıflandırılarak numunelerin azaltılabileceğini ve bu sınıflamanın SiO_2 ve Fe_2O_3 elementlerince desteklenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Alınan numunelerde $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ oranının 3 – 3.4 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Lopez-Arce ve Garcia-Guinea (2005), antik yapılardan aldıkları tarihi tuğla malzemelerin fiziksel özelliklerini ve XRD, SEM ekipmanları ile de mineralojik - petrografik özelliklerini incelemişlerdir. Bu özellikler, tuğla numunelerinin yakma sıcaklıkları hakkında önemli veriler ortaya çıkaracağını ifade etmişlerdir. Optik mikroskopta, tuğla malzemelerin metamorfik bir yapıya sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. XRD analiz sonucunda, tüm tuğla numunelerde kuvars ve feldspatın ana bileşen olduğunu ve kalsit, illit, gehlenit ve diopsit minerallerinin az miktarlarda bulunduğunu tespit etmişlerdir. Dolomit ve hematiti, yalnız iki numunede belirlemişlerdir. Elde edilen veriler, restorasyon sırasında tuğla malzemenin seçimine öncülük edeceğini de belirtmişlerdir.

2.3. Harç Yapılı Malzemeler

Baronio vd. (1997), Roma ve Bizans dönemi yapılarda kullanılan kalın harçların içeriğindeki çakıl ve tuğla tozunun rollerini araştırmışlardır. Hidrate kireç harçlarında, ezik tuğla parçacıklı malzemelerin kullanıldığını ifade etmişlerdir. Roma ve Bizans çağlarında yapılmış yapıların derz kalınlıklarının tuğla kalınlıklarına oranı, 1'in üzerinde olduğunu gözlemlemişlerdir. Derz araları kalın harçlı olarak yapılmış yapıların, mukavemetlerin düşük olduğunu belirtmişlerdir. Ezik tuğla kireç harçlarda, bağlayıcılar ve ezik tuğla parçacıkları arasında yer alan puzolanik tepkimelerin yalnız mikroskopik analizlerle görülebileceğini ifade etmişlerdir. Ezik tuğla kireç harçlarında; ince kesit ve SEM analizleri uygulamışlardır. Harç numuneler üzerinde yaptıkları araştırmalar sonucu, bağlayıcı ve tuğla parçacıkları arasındaki yapışmanın genellikle çok iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Harç numuneyi oluşturan bağlayıcıların ve agregaların yapılarında çatlaklar ve boşluklar bulunduğunu belirtmişlerdir. Bağlayıcılar ve tuğla parçacıkları arasındaki tepkime biçiminin daha iyi anlaşılabilmesi için, SEM analizi uygulamışlardır.

Çokca (1997), Van Kalesinde kullanılan toprak malzemelerin mineralojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini incelemiştir.

Güleç ve Tulun (1997), Anadolu'da Roma, Bizans ve Osmanlı periyotlarından aldıkları harç ve sıva numuneleri üzerinde; görsel analiz, porozite, ince kesit ve XRD

analizleri uygulamışlardır. XRD analiz sonucunda, numunelerde kalsit ve kuvars çoğunlukla bulunduğunu ve plajiolaz ve feldspat minerallerinin ise az miktarlarda var olduğunu gözlemlemişlerdir. Üzerinde araştırma yaptıkları Roma hamamının, ezik tuğla kireç harcıyla yapıldığını belirtmişlerdir. Harç numunelerinin içerisinde bulunan agregaların, çoğunlukla karbonat ve silikat kökenli minerallerden oluştuğunu da ifade etmişlerdir.

Karaveziroglou vd. (1997), tarihi yapıların restorasyonu sırasında kullanılan harç ve tuğla malzemelerin mineralojik özelliklerinin belirlenmesi, duvarların deformasyonu ve mukavemeti açısından önem arz ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca tuğla duvarların derz kalınlıklarının, bu parametreler üzerindeki etkilerinden bahsetmişlerdir.

Moropoulou vd. (1997), tarihi harçların kompozit malzemeler olduğunu ifade etmişlerdir. Harca ilave edilen ezik tuğla ve puzolanik katkıları, yapışma ve işlenebilirliği artırmıştır. Harçların yapışma özelliği; yapım tekniğine (derz kalınlığı, karbonatlaşma yüzeyi), üretim teknolojisine (karışım oranı, bağlayıcı ile agreganın granülometrik dağılımı) ve kirecin teknolojisine (yakma sıcaklığı, söndürme zamanı, su oranı vs.) bağlıdır. XRD analiz sonucunda, kalsit ve kuvarsın ana bileşen olduğunu gözlemlemişlerdir. Çoğunlukla harç numunelerde magnezyumca zengin dolomit ve klorit minerallerinin bulunduğunu da ifade etmişlerdir.

Papayanni (1997), Thessaloniki’de 15. ve 16. yy. da inşa edilen anıtlarından aldığı harç numuneler üzerinde XRD analizi tatbik etmiştir. Tonozlarda ince tuğlalar kullanıldığını ve zeminlerdeyse kalın tuğlalar (genişliği 6 cm ve üzeri) kullanıldığını belirtmiştir.

Papayanni ve Hatzitriphonos (1997), Thessaloniki’deki Pazar Hamamının restorasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Restorasyon işine başlamadan önce tarihi yapıların mimari morfolojisi, yapısal sistemi ve patolojisinin yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Papayanni ve Stefanidou (1997), restorasyon harçlarının üretimi üzerine çalışmışlardır. Restorasyon harçlarının görünümü (renk), bileşenleri, mukavemeti ve porozitesi tarihi yapılardaki malzemelerle benzer özellikler taşıması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Viaene vd. (1997), Sagalassos antik kentinde kullanılan harçların ince kesit analizlerini incelemişlerdir. İnce kesit hazırlanırken boşluklu ve gözenekli olan numuneleri önce bir reçineyle vakum altında emdirmişlerdir. Daha sonra ince kesiti hazırlanan numuneleri optik mikroskopta gözlemlemişlerdir. İnce kesitin belirlenmesi, numunelerin mineralojik özellikleri hakkında veriler ortaya çıkarmaktadır. Sagalassos'ta kullanılan harçlarda, üç tip agrega gözlemlemişlerdir. Bunlar; kireçtaşı, chamotte (ezik tuğla) ve volkanik kayaç kırıntıdır. Kireçtaşına, Yunan ve Roma mimarisi yapılar rastlamışlardır. Ezik seramikli harçlarda, hematit ve opal minerallerini gözlemlemişlerdir. Chamotte katkısının bulunduğu harçlar, genellikle su ve neme karşı yalıtım istenen yerlerde ve su yapılarında (su kemerleri, su hazneleri, hamam yapısı) kullanıldığını ifade etmişlerdir. Volkanik kayaç kırıntısı yine kireçtaşı gibi Yunan ve Roma mimarisi yapılar kullanılmıştır. Volkanik kayaç kırıntısını iki tipte gözlemlemişlerdir. Bunlar pomza ve lav parçacıklarıdır. Bu katkılarla üretilen harçlar hidrolik özelliklere sahip olduğu halde suyla temas halindeki yerlerde chamotte katkısı kullanılmasının daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Riccardi vd. (1998), Pavia'nın merkezindeki üç farklı yapıdan aldıkları (bu yapıların inşa edilme tarihleri 4-6. yy., 9-10. yy. ve 16. yy.) tarihi harçlar üzerinde; mikroskopik ve XRD analizleri uygulamışlardır. Yaptıkları araştırmalar sonucunda; Roma dönemi harçlarda %70 oranında kalsiyum bulunduğunu, Ortaçağ ve Rönesans dönemlerinde ise kalsiyum miktarının %80 – %90 civarına çıktığını ifade etmişlerdir. Biotit ve muskovit türü mikaların Roma dönemi örneklerinde çoğunlukla bulunduğunu ve Ortaçağ örneklerindeyse nadir miktarlarda var olduğunu gözlemlemişlerdir. Rönesans dönemine gelindiğinde yine bol miktarlarda biotit ve muskovit türü mikaların var olduğunu tespit etmişlerdir. Roma ve Ortaçağ numunelerinin bağlayıcı fazlarında kalsit heterojen bir dağılım gösterirken Rönesans çağında homojen bir

görünüm sergilemiştir. Roma ve Ortaçağ numunelerinde kalsit, kuvars ve feldspatı ana mineraller olarak gözlemlemiştir. XRD patenti incelendiğinde, Roma dönemi harçlarda kalsitin varlığına rastlanırken Rönesans Çağı harçlarında kalsit olmadığı ancak dolomit ve jips minerallerinin var olduğunu gözlemlemiştir. Ortaçağ harçlarının, Roma çağı harçlarına göre daha sert ve kompakt olduğunu ifade etmişlerdir. Rönesans dönemi harçlarda, jips'in varlığı daha zayıf bileşenler kullanıldığının belirtisiyken dolomitin varlığı çeşitli ham malzemelerin kullanıldığının bir göstergesidir.

Callebaut vd. (2000), Sagalassos antik kentindeki harçlarda kullanılan agregaları üç tipte incelemiştir. Bunlar; kireçtaşı, ezik seramikler (chamotte) ve volkanik kayaç kırıntıdır. Kireç harçlarında kullanılan ham malzemeleri ortaya çıkarmak için mineralojik ve petrografik analizleri tatbik etmişlerdir. Chamotte katkısında; feldspat, kuvars, mika, hematit, piroksen ve amfibol mineralleri bulunduğunu ifade etmişlerdir. Volkanik kayaç kırıntılarını; tuf, lav, pomza ve kum taşından oluştuğunu belirtmişlerdir. Biotit ve ojit minerallerinin genellikle pomza parçacıklarında bulunduğunu ve lav parçacıklarındaysa plajiolaz ve alkali feldspatlarının var olabileceğini ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmada tüflerin kızdırma kaybı miktarının lavlarınkinden yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Tüflerin kızdırma kaybının yüksek olmasını, cam matriksinden gaz çıkışı ve biotit, hornblend hidratasyonuna bağlamışlardır.

Franzini vd. (2000), Pisa'dan aldıkları tarihi harçlar üzerinde SEM ve XRD analizleri uygulamışlardır. Buna ilaveten özgül ağırlık, birim ağırlık ve su emme gibi fiziksel deneyleri de yapmışlardır. Özgül ağırlık değerinin $2.52 - 2.69 \text{ gr/cm}^3$ arasında olduğunu, birim ağırlık değerinin $1.09 - 1.70 \text{ gr/cm}^3$ arasında olduğunu ve su emme değerininse $\% 32.6 - \%51.5$ arasında değiştiğini gözlemlemiştir. XRD analiz sonucunda, harçların bağlayıcı kısımlarının kristalize kuvarlardan oluştuğunu belirtmişlerdir.

Moropoulou vd. (2000), tarihi harçların komposit malzemeler olduğunu ifade etmişlerdir. Bu harçların, hidrolik ve yerel bağlayıcılardan oluştuğunu belirtmişlerdir.

Harç numuneleri üzerinde mineralojik ve kimyasal analizleri tatbik etmişlerdir. XRD analizi, mineral kristalize kısımların belirlenmesi için ve optik mikroskop analizi ise, harçların mineralojik - petrografik özelliklerinin belirlenmesi için kullanmışlardır. SEM/EDX analizi, harçların mikro yapısı hakkında önemli bilgiler verebileceğinden bahsetmişlerdir. Harç numunelerdeki küçük çatlak kısımların; kalsit, kuvars ve dolomit mineralleri ile dolu olduğunu gözlemişlerdir.

Aköz vd. (2001), Dolmabahçe sarayından aldıkları harç ve tuğla numuneler üzerinde birim ağırlık, özgül ağırlık, hacimce su emme, ağırlıkça su emme ve doyma derecesi gibi fiziksel özellikleri, Arşimet Prensibine göre belirlemişlerdir. Çalışmaları en az üçer kez tekrarlamışlar ve sonuçların ortalamalarını vermişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda harçlar ve tuğlaların mekanik özelliklerini de incelemişlerdir. Tuğla malzemenin basınç mukavemetini 6.13 MPa ve Elastisite modülünü 428 MPa olduğunu ölçerlerken harçların basınç mukavemetini 1.54 MPa ve Elastisite modülünü 51 MPa olduğunu ölçmüşlerdir.

Callebaut vd. (2001), 19. yy.'da Saint Michael kilisesinde yapılan restorasyon harçlarını incelemişlerdir. Kiliseden aldıkları restorasyon harçları üzerinde XRD, SEM/EDX ve kimyasal analizi uygulamışlardır. Kimyasal analize dayalı olarak iki tane hidrolik indeksi Boynton'a göre hesaplayıp, değerlendirmişlerdir.

Macchiarola vd. (2001), tarihi magnezyum kireç harçlarının mineralojik özelliklerini XRD analize gözlemişlerdir. Magnezyum kireç harçlarının, dolomitik kireç taşlarından üretildiğini ifade etmişlerdir. XRD analizinden elde edilen veriler, geçmişte kullanılan ham malzemeler ve bu malzemelerin hazırlama metotları hakkında yararlı bilgiler ortaya çıkarmaktadır.

Mistakidou vd. (2001), Yunanistan'daki tarihi yapılar ve anıtların restorasyonu üzerine çalışmışlardır. Restorasyon harçlarının üretilebilmesi için; hidrate kireç, tuğla tozu, deniz kumu ve portland çimentosunu kullanmışlardır. Üretilen restorasyon harçlarının mineralojik özelliklerini belirlemek için; optik mikroskop, XRD ve XRF analizleri uygulamışlardır. Üretilen harçların durabilitesinin ve işlenebilirlik

özelliklerinin mükemmel olduğunu tespit etmişlerdir.

Papayanni ve Stefanidou (2001), tarihi harçların kireç, hidrolik kireç veya kireçle puzolandan yapıldığını ifade etmişlerdir. Geleneksel harçların kuvvet ve porozitesi arasında bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Harç numunelerin mineralojik özelliklerini incelemek için, elektron tarama mikroskopunu (SEM) kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda, harçların porozite değerinin %20 - %28 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Biscontin vd. (2002), Venetian kentinden aldıkları tarihi harçların fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Bu özellikler, restorasyon harçlarının üretimi hakkında teknolojik bilgiler ortaya çıkarmaktadır.

Degryse vd. (2002), Sagalassos antik kentindeki tarihi yapılarda kullanılan harç malzemeleri incelemişlerdir. Harç numuneler üzerinde, mineralojik ve petrografik özellikleri belirlemişler ve harçlarda kullanılan ham malzemeleri (kireçtaşı, ezik seramik, volkanik parçacıklar) ortaya çıkarmışlardır. Volkanik taş parçacığı ve kireci karıştırarak restorasyon harçlarını üretmişlerdir. Elde edilen restorasyon harcının donma ve çözülmeye karşı çok iyi değerler gösterdiğini ifade etmişlerdir. Sagalassos antik kentindeki tarihi yapıların restorasyonu sırasında kullanılan harç karışım oranlarını vermişlerdir (kireç / ezik seramiklerin oranı, 65 / 35; kireç / volkanik parçacıkların oranı, 45 / 55; kireç / ezik seramikler / volkanik parçacıkların oranı, 40 / 40 / 20). Verilen bu oranların, orjinal Roma malzemesinden alındığını belirtmişlerdir. Sagalassos antik kentindeki Roma hamamından aldıkları harcın, en fazla bozulma özelliği gösterdiğini ve bu harç numunenin el ile kolaylıkla parçalanabileceğinden bahsetmişlerdir.

Genestar ve Pons (2003), Palma de Mallorca'nın duvarlarından aldıkları tarihi harç numuneleri üzerinde SEM/EDX ve XRD analizleri tatbik etmişlerdir. Bu analizler, numunelerin mineralojik bileşenleri ve morfolojisi hakkında yararlı bilgiler ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışma iki amacı da beraberinde getirmiştir. Birincisi farklı kültürlerin kullandıkları teknikler ve malzemelerin özellikleri, ikincisi tarihi yerlerin

kültürel olarak değerlendirilmesi ve kronolojik ilişkilerin kurulabilmesi şeklindedir. X-ray difraksiyon (XRD) analize, harç bileşenlerinin kristalize yapısını belirlemişlerdir. XRD analiz sonucunda, kalsit mineralini ana bileşen olarak gözlemlemişlerdir. Ayrıca yaptıkları çalışmada SEM/EDX piklerinde bitkisel karbonun varlığına da rastlamışlardır.

Maravelaki-Kalaitzaki vd. (2003), Cretan antik kentindeki tarihi harçların fiziko-kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Harçlar içerisindeki ham malzemeleri, dört sınıfta değerlendirmişlerdir. Bunlar; kireç, hidrolik kireç, kireçle ezik tuğla ve kireçle puzolanik malzemelerdir. Polarize bir mikroskop altında incelenen harç numunelerinin ince kesitleri, numunelerin mineralojik ve petrografik özellikleri hakkında bilgiler ortaya çıkarırken X-ray difraksiyon (XRD) analiz, harçların mineral kristalize kısımlarını belirlemek için kullanılmıştır. XRD analiz sonucunda, kalsitin numunelerde ana bileşen olduğunu ve kuvars, plajiolaz gibi minerallerin numunelerde çoğunlukla var olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca incelenen ezik tuğla kireç harcında; kuvars, kalsit ve plajiolaz minerallerinin de bulunduğunu belirtmişlerdir.

Moropoulou vd. (2003), tarihi harçların fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi harçların üretimi sırasında yararlı bilgiler verebileceğini ve bu bilgilerin restorasyon sırasında önemli olduğunu belirtmişlerdir. Tüm harçları dört sınıfta incelemişlerdir. Bunlar; tipik kireç harcı, ezik tuğla kireç harcı, cementitious harcı ve portland çimentolu harçtır. Tipik kireç harcı, kalsit (%80) ve kuvarstan oluşan karışımı içermektedir. Bağlayıcı malzeme ince kristalize kalsittir. Ezik tuğla - kireç harcının, ince tuğla parçacıkları ile bağlayıcı malzemelerden oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bu teknolojinin Erken Bizans Periyodundan Osmanlı Periyoduna kadar uzandığını ve mükemmel puzolanik özellik gösterdiğini belirtmişlerdir. Cementitious harçları, Vitruv'un bahsettiği opus caementicium diye bilinen harç olduğunu ve bu harcın; kum, kireç, puzolan (volkanik toprak) ve çakılın bir karışımından oluştuğunu ifade etmişlerdir. Portland çimentosu ile üretilen harcın, günümüz teknolojisinde kullanılan harç tipi olduğunu da belirtmişlerdir.

Bianchini vd. (2004), Ferra'daki tarihi yapılardan aldıkları harç numunelerin kimyasal bileşenlerini belirlemek için XRF analizi uygulamışlardır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler, restorasyon harçların üretimi için önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Bruno vd. (2004), İtalya'daki Monne Sannace'de kullanılan tarihi malzemeleri incelemişlerdir. Malzeme özelliklerinin araştırılması, kullanılan ham malzemelerinin belirlenmesine ve hazırlama tekniklerinin ortaya çıkarılmasına imkan sağlamıştır. Bu çalışmada, tarihi yapılardan aldıkları harç numuneler üzerinde mineralojik, kimyasal ve fiziksel analizleri tatbik etmişlerdir. Harç numunelerinin agrega kısımlarında az miktarlarda silisyum kumu ve tuğla parçacıkları gözlemlemişlerdir. Agregaların makroskobik belirlenmesi sırasında karbon kalıntılarının bulunduğunu görmüşlerdir. XRD analiz sonucunda, kalsitin ana bileşen olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca bağlayıcı matriks incelendiğinde, kömürün küçük parçacıklar halinde var olduğunu tespit etmişlerdir. Numunelerde kömürün bulunması, karbon elementinin varlığının göstergesidir.

Elsen vd. (2004), Belçika'da bulunan bir katedral'den alınan harç numuneler üzerinde mikroskobik belirlemeleri (agregaların rengi, tipi gibi) ve kimyasal analizleri tatbik etmişlerdir. Optik mikroskop, numunelerin yapısı ve boşlukları hakkında bilgiler vermektedir. Ayrıca ince kesitler hazırlanırken zayıf ve dağılan yapılara sahip numuneleri, düşük bir viskosite ile vakum altında emdirme işlemine tabii tutmuşlardır. Elde edilen veriler, bu katedral'de kullanılan harç numunelerinin bileşenleri hakkında yararlı bilgiler verebileceğini belirtmişlerdir. Kimyasal analiz sonucu elde edilen elementlerin konsantrasyonu, harç numunelerin hidrolik dereceleri hakkında bilgiler ortaya çıkardığını ifade etmişlerdir.

Freidin ve Meir (2004), İsrail - Negev Desert bölgesinde Bizans dönemine ait bir kiliseden aldıkları harç numuneler üzerinde; XRD ve SEM analizleri tatbik etmişlerdir. Bu analizler harçların yapısı ve morfolojisi hakkında yararlı bilgiler vermiştir. Zeminden ve duvardan aldıkları harç numunelerde kalsit, kuvars ve dolomiti ana bileşen olarak tespit etmişlerdir. Duvardan alınan numunelerdeki kalsit miktarının, zemindekilerden fazla olduğunu keşfetmişlerdir. Kalsit miktarının fazla

olmasının sebebini, hidratasyona ve kirecin sertleşme işlemine bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Moropoulou vd (2004), bağlayıcı malzemelerin Roma çağından itibaren tarihsel gelişimlerini incelemişlerdir. Harçları üç ana sınıfta değerlendirmişlerdir. Bunlar; kireç harçları, hidrolik kireç harçları ve puzolanik kireç harçlarıdır. Yaptıkları çalışmalar sırasında en çok kireç harçlarına rastlamışlardır. Hidrolik kireç harcı, marley kireç taşının düşük sıcaklıkta yakılması ile oluştuğunu ifade etmişlerdir. Puzolanik harçların, su ve neme karşı mukavemet istenen yerlerde kullanıldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen verilerin, restorasyon sırasında uygun malzemenin seçimi için önemli olacağını da belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada; doğal taş, tuğla ve harç yapıları malzemelerin geçmişten günümüze nerelerde ve nasıl kullanıldığı araştırılmıştır.

3.1.1. Doğal Taş

Paleolitik çağda aletler yapmak için kullanılan doğal taş, bu çağda bir yapı malzemesi değildir (Akman, 1997). Doğadaki tüm canlılar gibi insanlar da dışarıdan gelebilecek tehlikelere karşı bir yere sığınarak, savunma ihtiyacı duymuşlardır (Akurgal, 1998).

İnsanoğlunun ilk sığınakları, mağaralardır. Bu çağda yaşayan insanlar; Anadolu'da Karain, Beldibi ve Belbaşı gibi mağaralarda yaşamışlardır (Naumann, 1991). Mağaralar terk edildikten sonra başlayan barınak inşası, taşı bir yapı malzemesi durumuna getirmiştir (Akman, 2003). Bu çağdaki barınma biçimi; deri, saz, dal, çamur gibi hafif malzeme ile örtülen ve kolaylıkla kurulup aynı kolaylıkla terk edilen genellikle yuvarlak yapıları barınaklardır (Acar, 1996).

Mezolitik ve Neolitik çağlarda önceleri toplama taşlardan yararlanmışlar, bunları çamurla bağlayarak duvarları örmüşlerdir. Daha sonraları bu taşları şekillendirmişler, böylece düzgün ve estetik duvarlar inşa etmişlerdir. Neolitik çağda, doğal taş zamanın yapı malzemesidir. Bu çağda yapılar taştan inşa edilmiştir (duvarlar, su hazneleri, donanım yapıları gibi) (Akman, 2003).

Günümüzden 9000 yıl öncesine dayanan Çayönü kazılarında, taş duvarlar bulunmuştur (Akman, 1997). Bu duvarlar yaklaşık 1.50 - 1.80 m yüksekliğinde büyük tuf / kalker taşlarından yapılmış, örgüde yer yer kerpiç kullanılmıştır (Esin, 1996). Mısır medeniyetindeki piramitlere gelindiğinde yapı taşları konusunda en dikkat çeken hususlardan birisi, 2 - 2.5 ton ağırlığındaki taşların o yüksekliğe 20 günlük zaman dilimi içerisinde nasıl taşındıkları ve harca gereksinim duyulmayacak

oranda düzgün yüzeyli hazırlandıkları pek çözülmüş değildir. Davidovitz (1987)'e göre, piramitlerde kullanılan kalker taş bloklar taşınmamış, yerinde kalıplara dökülerek üretilmiştir. Yani bunlar betondur ve günümüz betonundan farklıdır. Çünkü günümüz harç teknolojisi ile tamir edilen piramitler, 15-20 yıl içerisinde hasara uğradıkları halde eski beton bloklar 4000 yıldır Mısır'ın değişken sert iklimine dayanmışlardır. Kırılmış kalker taşları, Nil'in toprağı (içinde boksit gibi alüminli bileşenler bulunan) ve mumyalarda kullandıkları natronla (sodyum karbonat) karıştırılarak bu betonları üretmişlerdir ve kuvvetle sıkıştırılmışlardır. Bölgenin sıcak etkisiyle 4 saat gibi kısa bir sürede sertleşmiştir. Davidovitz bu betona, geopolimer betonu adını vermiştir.

Sonra historik bir topluluk olan ve günümüzden 2600 – 2800 yıl önce varlıklarını sürdüren Urartular, inşaat mühendisliği ve doğal taş ustalığı alanında çok başarılı eserler ortaya çıkarmışlardır. Mühendis ve mimar olan Kral Menua'nın hâlâ kullanılan 51 km uzunluğundaki taş Şamran Kanalı, Ered Dağı arkasındaki taştan oyma Keşiş Göleti, Van Gölü kıyısındaki Sarduri Dalgakıranı muhteşem eserlerdir (Akman, 2003). Bunlardan birisi olan Sarduri Dalgakıranı 3 x 1 x 1.2 m ölçüsündeki Kalker taşlarından inşa edilmiş olup Edremit'ten taşınmıştır. Yine Çavuştepe (Gürpınar) Kalesinin taş duvarları Urartular tarafından 5m yüksekliğinde inşa edilmiştir. Bu taş duvarın derz kısımlarında harç yoktur. Stabilite, taşların ağırlığı ile sağlanmıştır (Akman, 1997).

Arkaik ve Helenistik çağlarda yapılar inşa edilirken, tonlarca ağırlıktaki kireçtaşı monoblokları kullanılmıştır. Daha sonra bu monobloklar yerini 300-500 kg'ı geçmeyen daha hafif ve daha küçük yapı taşlarına ve hatta Roma'da yaygınlaşmaya başlayan tuğla malzemeye bırakmıştır. Terk edilen boyutların oldukça büyük olduğu görülmektedir. Örneğin 2400 yaşındaki Efes Artemis Tapınağında kullanılan arşitrav bloklarının her biri ortalama 24 ton ağırlıktadır ve bu ağırlık 20 m yüksekliğe kaldırılmıştır: İnanılır ki karanlık bir Efes gecesinde gelen Tanrıça Artemis yerleştirmiştir dev mermer blokları sütunların üstüne. Bu anlatım insan üstü güçlere dayandırılan akıl almaz yapıyla, Tapınağı yüceltip gizemleştirmektedir. Ancak gerçek bu değildir. Gerçek, ayaklara monte edilmiş makaralar çevresinde yukarıya kolaylıkla tırmandırılabilen halatlardır (Viaene vd., 1993; Çevik, 1995). Bu makaralı

halatlara; Helenistik Çağ'da 'machinae tractores' denilmekteydi. Bu makine, her ağırlıktaki malzemeyi kaldırmaya uygun olacak şekilde tasarlanıp üretilmişti (Morgan, 1960). Bu çağlardan itibaren kireçtaşları yerini pişmiş kilden yapılan malzemelere bırakmıştır.

3.1.2. Kerpiç ve Tuğla

Paleolitik çağdan itibaren kilin niteliklerini tanımaktalar, ayrıca dal örgü yapılarında da bazen samanla karıştırıp duvarları sıvamak için kil kullanmaktaydılar (Özdoğan, 1996). Bazı topluluklar göçtükleri yörelerde toplama taşların bulunmaması, yapay taş üretimini zorunlu kılmış ve ilk yapay taş olan kerpiç icat edilmiştir (Akman, 2003). Kerpiç, kilin dönüşümü şeklinde olup Neolitik çağın farklı periyotlarında yer alan inşalarda blok şeklinde kullanılmıştır. Aşıklı, Çayönü, Çatalhöyük gibi Anadolu'daki ve Jericho'daki kazılarda duvar birleşenlerinin, kolonların ve zeminlerin yapımında kerpice kullanıldığı ortaya çıkmıştır (Akman, 1997). Çayönü'nde uzunluğu 1 m'yi geçen kerpiç tuğla örneklerine bile rastlanmıştır (Özdoğan, 1996). Kerpiç farklı ham malzemeler ile karıştırılıp, uygulanmıştır. 2300 yıl önce Mısır'da kerpice üretim endüstrisi de geliştirilmiş ve kerpice saman ilave edilmesi rötreyi kısaltmıştır. Kerpiç, tarih öncesi çağda ve tarih çağının başlangıcında bile yapının temel bir malzemesi olduğu görülmektedir (Akman, 1997). Kerpiçte başka bir uygulamada kerpice asfalt katılmasıdır. Babil de bu yöntem geliştirilmiştir (Akman, 2003).

Çok gelişmiş bir protohistorik uygarlık düzeyindeki Sümerler, pişmiş kili yani tuğlayı üretebilmişlerdir. Babil'deki 90 m yüksekliğinde Etemenoki ziggurat kulesinin içinin kerpiç dışının 15 m kalınlığında pişmiş tuğla ile yapıldığı ifade edilmektedir (Akman, 1997). MÖ. 6 yy.'da Sümer şehirlerinde ve Babylon da, duvarlar ve tonozlar pişmiş tuğla kullanılarak yapılmıştır (Dodge, 1987). Kerpice tuğlaya dönüşümü, protohistorik (MÖ. 2500-1750) toplumların zamanlarına rastlamaktadır (Akman, 1997).

Tuğla, Yunanlılarca meşhur bir malzeme değildir. Ateş tuğlası MÖ 3 yy.'ın ortalarında bir yapı malzemesi gibi kullanılmıştır. Bu yıllarda Partihan'lar, çamur tuğlasının daha yaygın olmasına rağmen inşalarını ateş tuğlası kullanarak yapmışlardır. Bunun nedeni düşük maliyet ve üretimin kolaylığıdır (Dodge, 1987).

Roma çağında kullanılan tuğlanın formatı 31 x 31 x 5 cm'tir (Radivojevic ve Dervissis, 2001). Ateş tuğlası MS 3. yy. ortalarında zeminlerde ve tonozlarda kullanılmıştır. İnce tuğlalar tonozlarda, kalın tuğlalar ise zemin kaplamalarında daha yaygın olarak kullanıldığı gözlemlenmektedir.

3.1.3. Bağlayıcılar ve Beton

Doğal taş, kerpiç ve tuğla duvarların ilk bağlayıcı harcı çamurdur. Çamuru bağlayıcı olarak nitelenecek elbette doğru değildir (Akman, 2003). Prehistorik devirde çamurun olumsuz etkilerinden dolayı yapılarda Paris sıvası (alçı) kullanılmıştır. Bu malzeme bugün kireç ve bitümün eş değeridir. Eski zamanlarda, bu malzemeler dekoratif amaçlar için kullanılmıştır. Çatalhöyük'te yapılan kazılarda 1 x 1 x 0.5 m ölçüsünde bir küp kalıntı bulunmuştur. Bulunan bu küp kalıntıda Paris sıvasının kalıp tahtası içine konularak kalıplandığı ve duvar sıvası olarak kullanıldığı görülmüştür (Akman, 1997). Ancak yapılarda bağlayıcı malzeme uygulamaları kısır kalmıştır. En büyük sorun yüksek sıcaklıkların elde edilmesi olmuştur. Havada yakılan ateşlerle 400 - 800 °C'nin üstüne çıkmak olanaksızdı. Bu nedenle alçıtaşından alçı elde etmek nispeten kolaydı, çünkü alçının elde edilmesi için gerekli olan sıcaklık 190 °C'dir (Finch, 1954). Alçıdan oluşan harçlar, kare taş blokların derzleri aralarında kullanılmıştır ve en iyi örnekleri, Sakara ve Keops Piramitleridir (Davey, 1961; Akman, 2003; Moropoulou vd., 2004). Bu bulgular Neolitik ve Kalkolitik çağlardaki bazı kavimlerin alçıyı bildiklerini kanıtlamaktadır (Akman, 2003). Alçıtaşı 600 °C üzerinde yakıldığı zaman elde edilen anhidritin bağlayıcı özelliği yüksek ve dış etkenlere karşı dayanıklıdır (Straub, 1964). Anhidrit alçı günümüzden 3400 yıl önce Karnak Tapınağında ve Girit'te inşa edilen Knossos sarayında başarıyla kullanılmış ve yapı günümüze kadar ayakta kalmıştır (Akman, 1997).

Ulusal ve uluslar arası literatürlerin çoğunda ilk bağlayıcı malzeme olarak nitelendirilen kirecin, tarihsel gelişimi ilginçtir. Kalker kayalarından oluşan mağaralarda yaşayan Paleolitik devir insanları mağaralarda ateş yakarak muhtemelen kireci elde edebilmişlerdir, ancak kalsiyum karbonatın kirece dönüşmesi için gereken 900 °C'yi elde edemedikleri için bu düşük nitelikli kireçten yararlanmaları

olanaksızdır. Neolitik ve Kalkolitik çağlarda kireç, beyaz badana malzemesi olmaktan ileri gidememiştir. Kirecin endüstriyel üretimi günümüzden 600 yıl önce, düşey fırınların gelişmesi ile mümkün olabilmıştır.

Dünya uygarlık tarihinde çimento ve betonun mucitleri Romalılar ve kısmen Yunanlılar kabul edilir (Akman, 2003). Romalılar kirecin içerisine Vezüv yakınındaki Puzoli toprağını katarak bir tür hidrolik bağlayıcı üretmişler, bu bağlayıcıya puzolanik çimento adını vermişlerdir. Bu çimento adını volkanik tüfün ilk bulunduğu Vezüv yakınında Puzoli köyünden almıştır. Daha sonra ürettikleri bu çimentoya kum - çakıl (silis, karbonat veya dolomit) ilave ederek betonu üretmişlerdir. Üretilen bu hidrolik özellikteki beton harcı; işlenebilirlik, dayanıklılık ve durabiliteyi arttırmıştır (Morgan, 1960; Neville 1995; Moropoulou, vd., 1997; Viaene vd., 1997; Baer, vd., 1998; Callebaut, vd., 2000; Kretschmer, 2000; Moropoulou, vd., 2000; Moropoulou, vd., 2003). Hidrolik özellikleri daha da artırmak için ezik kile dayalı seramikten oluşan şamot (chamotte) ilave etmişlerdir. Şamot çoğunlukla kayaçlardan çıkarılan killerden elde edilmiştir (Viaene, vd., 1997; Callebaut, vd., 2000). Bu elde edilen hidrolik özellikteki harç, su taşıyıcı inşalarda kullanılmıştır. Bu harç, Erken Helenistik Çağdan Erken Bizans Dönemine kadar yapılarda kullanılmaktadır (Degryse, vd., 2002). Daha önce Yunanlılar aynı işi kireç ve Thera toprağı (Santorine toprağı) ile gerçekleştirmişlerdir. Örneğin MÖ 2. yy. sırasında Delos adasındaki tarihi yapılarda puzolanik özellikli harçların kullanıldığı ortaya çıkmıştır. Olay puzolanik reaksiyon sayesinde çimentonun ana taşıyıcıları olan aktif silis ve alüminyum elde edebilmek ve böylece suda çözülmeyen daha yüksek bir bağlayıcı üretmektir (Akman, 2003; Moropoulou, 2004). Yunanlılardan önce pişirilmiş kilin (tuğla parçacığının) kirece katılması ile puzolanik özellikli bağlayıcılar elde edilmiştir. Örneğin günümüzden 8900 yıl önce İsrail Yifta-El de bu tip kireç harcı kullanılmış, 4 - 8 cm kalınlığında 65 m²'lik bir döşemenin yaklaşık 1.6 ton geldiği ölçülmüştür. Maksimum dane boyutu 10 mm olan iyi cins agrega, katmanlar halinde dökülen zemin betonunda kullanılmıştır. Döşemenin bazı yerlerinde ölçülen basınç dayanımının 45 MPa gibi yüksek bir değer olduğu görülmüştür. Bu değerler o günün koşullarında düşünülürse önemli rakamlardır (Akman, 1997; Baradan, 1998). Yine günümüzden 2300 yıl önce

Java'nın güneyindeki Bali Adası'nda inşa edilen duvarlarda, kireç harçlarının içerisine volkanik tüf eklenip kullanıldığı görülmüştür (Akman,1997). Romalılar kireç - puzolan karışımlı harçların, sade kireç harçlarına üstünlüğünü anlayıp büyük ölçüde kullanmaya başlamışlardır. Roma çimentosu (opus - caementicum veya cementitious) adı da verilen bu harç, Ortadoğu ve Avrupa'da yaygın olarak kullanmıştır (Malinowski, 1981; Baradan, 1998; Moropoulou, vd., 2000; Callebaut, vd., 2001; Moropoulou, vd., 2004).

Vitrivius da, betonun Roma çağından önce bilindiğini ifade etmektedir. Örneğin Kameiros- Rhodes'daki (MÖ. 5 yy.) yapıların, köşe birleşim duvarları puzolanik betondan yapılmıştır (Malinowski, 1981). Görüldüğü gibi bu harç modern beton teknolojisinin prototipidir.

Ayrıca Romalılar betonlarına kimyasal katkıları (hayvansal yağlar, süt ve kan) ilave ettikleri de bilinmektedir. Bu katkı maddeleri harcın, reolojisini ve mekanik özellikleri artırmaktadır. İşlenebilirliği en fazla artıran kan, hemoglobin sayesinde hava da sürüklüyor ve betonun dondayanıklılığını artırıyordu (Akman, 2003; Moropoulou, vd., 2004).

Romalılar duvar inşa ederlerken belirli bir yüksekliğe kadar yüzey kaplaması yapmışlar ardından dolgu malzemesini aynı noktaya kadar doldurmuşlar ve en sonunda da kireçli harç eklemişlerdir. Bu işlem duvar istenilen yüksekliğe erişinceye kadar devam ettirilmiştir. Yüzey kaplaması inşaat süresince ve harç koyulurken oldukça önemli olmaktadır. Duvarın asıl sağlamlığını sağlayan, dolgu malzemesi ile kireçli harcın birleşimidir (Thorpe, 2002). Vitruvius (1990) ve Adam (1994)'a göre yüzey kaplamaları 3 kısımdan oluşmaktadır: Opus Incertum (küçük, düzensizce yerleştirilmiş taşlardan oluşan yüzey kaplaması), Opus Reticulatum (ağ gibi çapraz desenli taş örgü olup MÖ 2. yy. sonlarına doğru Opus Incertum yerini almıştır) ve Opus Testaceum (yatay sıralar halinde pişirilmiş tuğla kaplaması) duvardaki yüzey kaplamalarıdır.

Roma imparatorluğunun son zamanlarına gelindiğinde yatay derz kalınlığı 60 -70

mm ve üzeri olduğu zaman, yük taşıyıcı duvarların derzlerinde ezik tuğlalar daha sıklıkla kullanılmıştır. 70 mm kalınlıklı Ayasofya Camisi'nin yük taşıyıcı duvarlarında ezik tuğla parçacıkları kullanılmış ve bu malzemenin kullanımı Bizans döneminde de devam etmiştir. Ezik tuğlaların kullanımı İmparatorluk Periyodu sırasında son bulmuş ve Orta çağda çok az kullanılmıştır (Moropoulou, vd., 2004).

Türkiye ve Yunanistan gibi bazı ülkelerde "horasan " diye bilinen harç; hidrate kireç, su, uçucu kül ve yanmış tuğla tozunun karıştırılıp, üretilmesiyle elde edilen bir malzemedir. Bazı kaynaklar ise keçi kılı, bazı fiberler gibi saman, kül ve yumurta akının katılmasıyla oluştuğunu iddia etmişlerdir (Akman, 1997; Değirmenci ve Baradan, 2001). Bu arada değişik tip lifler (keçi kılı, palmiye lifi, saman vb.) harca, %3 oranda katıldığı görülmektedir (Baradan, 1998). Şuan kaynaklar su, uçucu kül, hidrate kireç ve yanmış tuğla tozu katılıp karışımın geliştirilmesiyle, horasan diye bilinen tarihi bağlayıcının oluştuğunu ifade etmektedirler (Değirmenci ve Baradan, 2001). Bu birleşim oldukça uzun bir tarihe sahip Osmanlılar, Selçuklular ve Bizanslılar tarafından kullanılmıştır (Akman, 1986). Horasan harcına Assur yapılarında, Gize piramitlerinde ve Rodos'daki protohistorik yapılarda rastlanmıştır (Akman, 1997).

Rönesans çağına gelindiğinde ham malzemelerin seçimi ve üretimi, Vitruvius'tan öğrenildiği gibidir. Bu çağda beyaz kireç, ırmak çakıllarının kalkerlerinden elde edilmiştir (Moropoulou, vd., 2004). Orta çağ sıralarında ise bağlayıcı malzemenin gelişmesi yönünden karanlık bir çağ olmuştur. İnşaat sektörü 18 yy.'da yeniden canlanmaya başlamıştır.

18. yy. sonu ve 19. yy. başlarında harçlar için kullanılan, bağlayıcı tipinde büyük bir değişiklik gözlemlenmiştir. Hava sürükleyici kireç en popüler malzeme olarak yapılarda kullanılmaya başlanmıştır. Smeaton, kireçtaşının ve kilin yakılmasıyla elde edilen ürünün hidrolik özelliğini 1756'da keşfetmiş ve Vicat 1812'de bu harcın hidrolik özellikte olduğunu ispatlamıştır. J. Aspin, 1824 de kil ve kireç karışımını fırında pişirerek su kirecinden daha üstün niteliklere sahip bir bağlayıcı elde etmiştir. 1835'de bu çalışmaları izleyen Isaac Charles Johnson kil ve kireç karışımının pişirme

sıcaklıklarını artırarak bugünkü çimentoyu üretmiş, bu çimento yapılarda Portland çimentosu adı altında kullanılmaya başlanmıştır. 19. yy. sırasında çoğunlukla doğal hidrolik kireç kullanılır ve bu Portland çimentosunun habercisi olmuştur. Doğal hidrolik kireç ve çimentonun üretimindeki ana fark yakma sıcaklıklarıdır (Callebaut, vd., 2001; Postacıoğlu, 1986). Bu şekilde bağlayıcı malzeme gelişerek, günümüze kadar gelmiştir.

3.1.4. Harabeler ve Antik Kentler

Bu çalışma, Isparta ve Burdur illerinde yer alan; Adada Antik Kenti (Akropol ve Helenistik Kuleler, Tiyatro ve Bizans Bazilikası), Sığırlık Harabeleri (Kale I ve Kale II), Zorzila Harabesi (Hamam), Pisidia Antiokya Antik Kenti (Anıtsal Çeşme, Augustus Tapınağı, Hamam, Merkezi Kilise), Kremna Antik Kenti (Forum ve Hamam) ve İncirlihan Harabesi (Kervansaray) yapılarını kapsamaktadır.

3.1.4.1. Adada Antik Kenti

Pisidia Bölgesi'nin antik kentlerinden biri olan Adada, Isparta ili, Sütçüler ilçesine bağlı Sağrak köyü yakınındadır. Isparta'nın ve Kovada Gölü'nün güneydoğusunda yer alan kente, Eğridir'den sonra Sütçüler'e uzanan asfalt yoldan 50 km gidilerek ulaşılabilir (http://www.kultur.gov.tr/portal/arkeoloji_en.asp?belgeno=5963).

Adada'nın adı, Hıristiyanlığın bölgede yayılmasına paralel olarak Aziz Paul'un adına dayanarak Pavlu olarak anılmıştır (<http://www.newadvent.org/cathen/11567b.htm>). Burası bölge halkınca Karabavlu yaylası olarakta anılmaktadır. Adada'nın adı MÖ 1. yy. yazarlarından Artemidoros tarafından verilmiştir (Büyükkolancı, 1998; <http://fef.sdu.edu.tr/~yazisler/adada.htm>).

3.1.4.1.1. Akropol ve Helenistik Kuleler

Kent düzlüğü ile vadi arasındaki bölümde yer alan ve kayalık bir yapıya sahip olan küçük akropol hem vadiyi hem de Helenistik Dönemde kent merkezini oluşturan Aktepe yamaçlarına, kuzeyden gelebilecek tehlikeye karşı korumak amacıyla inşa edilmiş olmalıdır. Kent düzlüğünden yaklaşık olarak 10 m yükseklikteki akropol çevresinde tabii kayalar üzerine inşa edilen sur duvarları ve kuleler vardır. Bu tip sur duvarları ve kuleler Geç Helenistik Dönemle (MÖ. 2 yüzyıl) tarihlenmektedir. Kentte ilk kuruluş dönemine ait savunma amaçlı yapılar olarak akropol, kuleler ve bunların güney batısında yer alan sur duvarları sayılabilir (Büyükkolancı, 1998). Helenistik kuleden (Şekil 3.1.) S42 taş numunesi ve arka kısmında kuleyle bitişik olan kemerden (Şekil 3.2.) M28 harç numunesi alınmıştır. Yapıda kullanılan taş ve harç numuneler; Helenistik dönem malzemeleridir.



Şekil 3.1. Adada - Helenistik Kule (S42 Taş Numunesinin Alındığı Yer)



Şekil 3.2. Adada-Helenistik Kemer (M28 Harç Numunesinin Alındığı Yer)

3.1.4.1.2. Tiyatro

Oturma basamakları diğer yapılarda olduğu gibi mermer benzer kireçtaşlarından yapılmıştır. Bunlardan güneyde sekiz, kuzeyde altı sıra görülmektedir. Tiyatronun kapasitesi yaklaşık olarak 3000 kişiliktir (Büyükkolancı,1998). Tiyatro, bir Roma dönemi yapısıdır. Bu tiyatro yapısından (Şekil 3.3.), sadece T33 tuğla numunesi alınmıştır.

3.1.4.1.3. Bizans Bazilikası

MS 5. – 6. yy.'da Hıristiyanlığın bölgede yayılmasına paralel olarak Adada, bir Bizans kenti durumuna gelmiştir. Araştırmalara göre vadinin batı kısmındaki bu kilise, kentin en büyük kilisesidir. Kilise burada eskiden var olan bir yapının teras duvarları ve iç duvarlarından yararlanılarak inşa edilmiştir. Bu yapı moloz taş ile harcın birlikte kullanılmasıyla inşa edilmiştir. Bu yapı, 16.00 x 11.00 m boyutlarındadır. Sağlam kalabilmiş duvarının alt kısmında devşirme kireçtaşı blokları üst kısmında moloz taşlar kullanılmıştır (Büyükkolancı,1998). Bizans Bazilika yapısından (Şekil 3.4.), T29 tuğla numunesi ve M30 harç alınmıştır.



Şekil 3.3. Adada - Tiyatro (T33 Tuğla Numunesinin Alındığı Yer)



Şekil 3.4. Adada - Bizans Bazilikası (T29 Tuğla Numunesi ve M30 Harç Numunesinin Alındığı Yer)

3.1.4.2. Zorzila Harabesi

Isparta ili, Sütçüler - Kasımlar yolu üzerindedir. Dağ yamacında yer alan kalıntılarda birkaç yüksek duvar bulunmaktadır. Roma dönemi kalıntıları mevcut olup, şehir hakkında pek bilgi yoktur (<http://www.smyo.net/ortasayfalar/sutculer.asp>). Duvar genişlikleri 110 cm ve 250 cm olarak ölçülmüştür. Zorzila hamam yapısından (Şekil 3.5.), M3 harç numunesi ve T16 tuğla numunesi alınmıştır.



Şekil 3.5. Zorzila - Roma Hamamı (T16 Tuğla Numunesi ve M3 Harç Numunesinin Alındığı Yer)

3.1.4.3. Sığırlık Harabeleri

Isparta ili Sütçüler ilçesi Sığırlık-Çandır üçgeni, Sülüklügöl mevkiinde bir vadi içinde bazı bina temelleri ve sur kalıntıları yer almaktadır. Tepede ise bir kale kalıntısı vardır. Sığırlık köyü içinde de halen sağlam durumda Bizans döneminde yapılan bir kale mevcuttur. Sığırlık - Çandır yolu üzerinde bir başka kale kalıntısına da rastlanmıştır. Bu iki kale birbirini görmektedir. Gözetleme kulesi olarak kullanılmıştır (Oğuztüzün,1996; <http://www.isparta.8k.com/sutculer.htm>). Sığırlık Harabesindeki Kale I yapısından (Şekil 3.6.), M3 harç ve T41 tuğla numuneleri alınırken Sığırlık Harabesi Kale II yapısından (Şekil 3.7), sadece T45 tuğla numunesi alınmıştır.



Şekil 3.6. Sığırlık Harabesi - Kale I (M3 Harç ve T41 Tuğla Numunelerinin Alındığı Yer)



Şekil 3.7. Sığırlık Harabesi - Kale II (T45 Tuğla Numunesinin Alındığı Yer)

3.1.4.4. Psidia Antiokya Antik Kenti

Antiokya, Akdeniz, Ege ve İç Anadolu bölgelerinin kesiştiği Göller Yöresi'nde, Isparta iline bağlı Yalvaç ilçesinin yaklaşık 1 km kuzeyinde ve Sultan Dağlarında kurulmuş olan bir Pisidia kentidir (Demirer,2002; Taşlıalan,1997). Kentin çevresi çoğu gri renkli, yerel kireçtaşından yapılmış düzgün geç dönem devşirme bloklarıyla çevrilmiş durumdadır. Erken dönemlerin daha düzgün sıralı ve masif bloklu duvar örgüsü de, surların içinde farklı malzemeli ya da harçlı Bizans - Erken Hıristiyanlık duvarcılığından ayrılmaktadır.

Antiokya, MÖ 280 yılında Selevkos krallarından Antiyohos I. Soter tarafından inşa ettirilmiştir (Anonim, 1983). Ancak bölgede yapılan araştırmalar, yerleşime uygun olan bölgenin Geç Neolitik Dönemden (MÖ 6000) bu yana sürekli iskan edilmiş olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla izleri bugüne dek ulaşan Antiokya'nın kuruluşu MÖ 275 yılına işaret etmektedir. (Taşlıalan,1997).

3.1.4.4.1. Anıtsal Çeşme

Anıtsal çeşmenin bugün sadece alt yapısı in-situ olarak durmakta, üst yapı tamamen yıkılmış durumdadır (Taşlıalan, 1999). Yaklaşık 2 m genişliğinde ve 0.80 m yüksekliğinde bir kanalın sonunda küçük bir şelale gibi durmakta olan bu su yapısı, kapıyı geçince girilen geniş avlu ortasında bulunmaktadır. Geniş bir "U" şeklinde planlanmış yapı yerel gri renkte kireçtaşından yapılmış, su kemerlerinden aktarılan suyu depolayıp düzenleyerek şehrin önemli bir bölümüne dağıtmak için yapılmıştır. Alt yapıda kullanılan kesme blok taşlar 0.90 m yüksekliğinde, 0.60 m kalınlığında ve 1.30 x 2.80 m arasında uzunluğa sahiptir. Yapı, 27 x 3 m boyutlarında, suyu toplayan bir rezervuar, 9 m yüksekliğinde süslü bir cephe ve önündeki 27 x 7 m boyutlarında, 1.5 m derinliğindeki havuz kısımlarından oluşmaktadır (Demirer, 2002). Bu havuzların zemin kaplamalarında 31 x 31 x 4.5 cm'lik tuğlalar kullanılmıştır (Taşlıalan, 1999). Bugün dahi belirli bir şekilde temel kalıntıları seçilebilmektedir. Nymphaeum, MS 1. yy. sonlarında inşa edilmiş olabilir (http://www.kultur.gov.tr/portal/arkeoloji_en.asp?belgeno=669). Nymphaeum yapısından (Şekil 3.8.), S16 taş, T6 tuğla ve M32 harç numuneleri alınmıştır.



Şekil 3.8. Antiokya - Anıtsal Çeşme (S16 Taş, T6 Tuğla ve M32 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)

3.1.4.4.2. Augustus Tapınağı

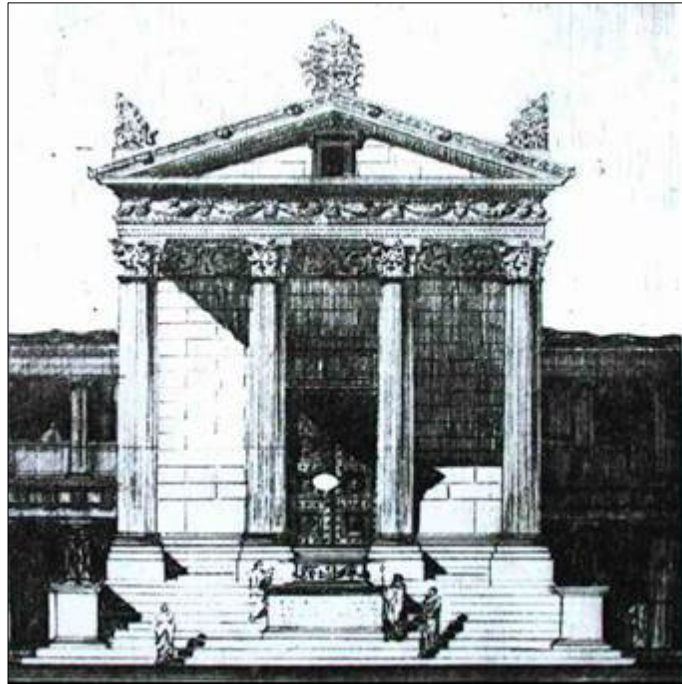
Şehrin en yüksek noktasında kayaların azimle oyulmasıyla elde edilen düzlükte kurulu olan tapınak, cephe mimarisıyla ziyaretçiyi ilk anda hayrete düşürecek bir zenginliğe sahip olarak inşa edilmiştir. Büyük bir olasılıkla MS 1. yy. ortalarına ait olduğu kanısını uyandırmaktadır.

Kutsal alan içindeki tapınağın yapımına olasılıkla imparatorun sağlığında başlanmış, ölümünden sonra da adına adanmıştır. Görünen yapı, girişini sağlayan Propylon'la çağdaştır, ancak kayalığın daha erken dönemlerde başka bir kült için yapılmış olabileceğine dair boğa başları gibi izler de bulunmaktadır. Kökleri çok daha eskiye giden ve bölgede hakimiyeti bilinen Ana tanrıça Kybele ve Ay Tanrısı Men inanışları için oyularak düzleştirilmiş kayalık, Roma'nın hakimiyetiyle İmparator tapınağına dönüştürülmüş olmalıdır (Demirer, 2002).

Tapınağın bulunduğu kutsal alan ana kayada düzleştirilirken, merkez aksta bulunan tapınağın podyumu için 2.5 m yüksekliğinde, 14 x 28 m boyutlarında ana kaya bloğu

bırakılmıştır. Podyumun içi de, kült odası için oyulmuştur. Yaklaşık 100 x 85 m ölçülerindeki kutsal alanda, tapınağın arka kısmında yarım daire şeklinde bir portiko (sütunlu galeri) bulunmaktadır. Portikonun sonlandığı köşelerde de, kuzey ve güney kenarlarda uzanan stoalar başlamaktadır.

Kutsal alanı çevreleyen sütunlu portiko ve stoalar organik olarak birbirine bağlıdır ve kayaya oyularak kazanılan alanda, eksik bölümler yerel malzemeyle tamamlanarak inşa edilmişlerdir. Kayanın, kesildikten sonra bugün göremediğimiz çok sert bir sıva ile (stuko) kaplanmış olduğu 1924 kazısı kayıtlarından anlaşılmaktadır. Duvarlarda görülen düzenli dörtgen delikler, ikinci katı taşıyan ahşap hatılların geçme yerleridir. Düzensiz olan daha küçük delikler ise, yapım aşamasında iskelelerin kurulduğu ve daha sonra sıvayla kapatılan delikler olmalıdır (Şekil 3.9) (Demirer, 2002). Augustus Tapınağı yapısından (Şekil 3.10.), S10 taş ve M6 harç numuneleri alınmıştır.



Şekil 3.9. Antiokya - 1924 Kazısında Mimar Woodbridge Tarafından Çizilen Augusteum, İmparatorlar Tapınağı Rekonstrüksiyon (Demirer, 2002)



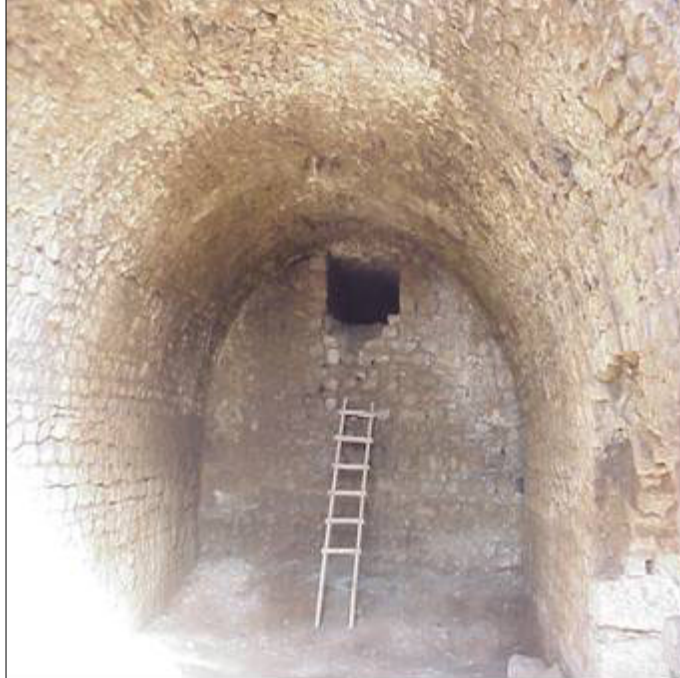
Şekil 3.10. Antiokya - Augustus Tapınağı (S10 Taş ve M6 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)

3.1.4.4.3. Hamam

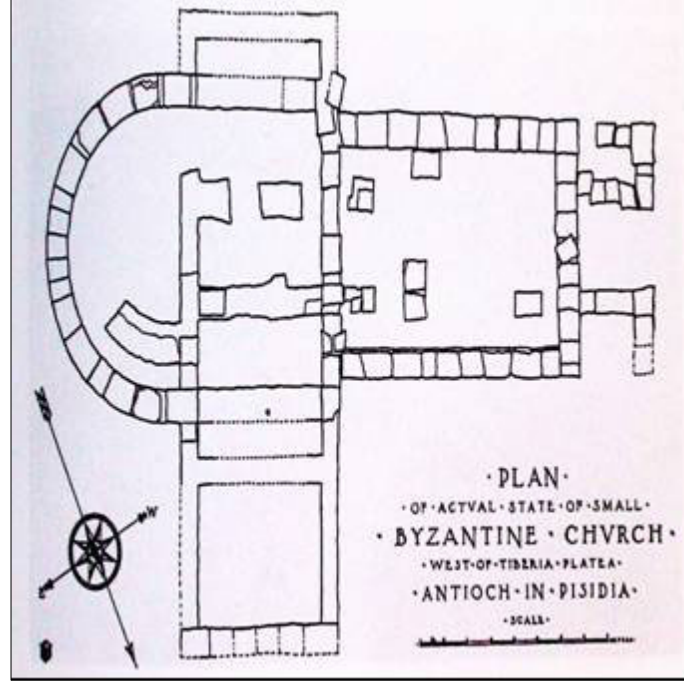
İri ve sağlam yapısıyla, benzerleri içinde 80 x 55 m boyutlarındaki Pisidia şehri Sagalassos'un hamamıyla karşılaştırabileceğimiz yapı, su sistemi ve çeşme gibi, MS 1. yy. ilk yarısı ile tarihlenmektedir (Şekil 3.11) (Demirer, 2002). Roma Hamamı, hamam ve palaestra olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Palaestra, kapalı hamam kısmının doğusunda yer almakta olup 37 x 29 m² alana sahiptir. Hamam kısmı ise doğu-batı doğrultusunda 69 m uzunlukta olup genişliği de 54 m'dir. Çağın diğer hamamlarında olduğu gibi, yapı moloz taş ve harçla inşa edilmiştir. Hamam bölümünde tonozların üzeri de, yaklaşık olarak 30 cm kalınlığında moloz ile kaplıdır (Kaya vd., 1997). Bu hamam yapısından (Şekil 3.12.), S21 taş ve M8 harç numuneleri alınmıştır.



Şekil 3.11. Antiohya - Hamamın Dıştan Görünüşü



Şekil 3.12. Antiohya - Hamamın İçten Görünüşü (S21 Taş ve M8 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)



Şekil 3.13. Antiokya - 1924 Kazısında Mimar Woodbridge Tarafından Çizilen Merkezi Kilise'nin Planı (Demirer, 2002)



Şekil 3.14. Antiokya - Merkezi Kilise (T9 Tuğla ve M34 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)

3.1.4.4. Merkezi Kilise

Tiberius Alanı'nın tam karşısında apsisiyle dikkat çeken yapı topografik konumundan dolayı araştırmacılar tarafından "Merkezi Kilise" olarak adlandırılmıştır. Kazı direktörü Robinson, 5 Temmuz 1924 günü günlüğüne "transept duvarları temizlendikten sonra, kilisenin Latin haçı şeklindeki planını almayı başardık" yazmış, Woodbridge de o günkü verilerle kilisenin basit bir planını çizmiştir (şekil 3.13). Yapı, plan ve malzeme yönünden MS 5. yy. yapılmış olabilir (Demirer, 2002). Bu yapıdan (şekil 3.14.), T9 tuğla ve M34 harç numuneleri alınmıştır.

3.1.4.5. Kremna Antik Kenti

Kremna, Antik Pisidia kentlerinden biridir (Mitchell,1988). Kremna, Burdur ili Bucak ilçesine dahil Çamlık köyünün yakınındadır. Çamlık köyü Bucak'a 15 km mesafededir. Kentin antik adı Yunanca da 'uçurum' anlamına gelmekte ve bu ad kentin topografik yapısına uygundur (İnan 1970). MÖ 6. yy. da şehir Lidyalıların, MÖ 546'da Perslerin, MÖ 333'te Büyük İskender'in burayı alması ile Makedonya hakimiyetine girmiştir. Daha sonra da sırasıyla Antigonas'ın yönetimine, Selevkosların yönetimine ve Bergama Krallığına katılmıştır. MÖ 60 yılında Roma yönetimine, MÖ 36'da Galatya yönetimine, MÖ 25 yılında tekrar Roma yönetimine girmiştir. Roma İmparatorluğunun ikiye ayrılması ile Doğu Roma (Bizans) yönetimine, MS 11. yy. sonunda Türklerin Anadolu'ya gelmesi ile birlikte Türklerin hakimiyetine girmiştir. Kremna'da günümüze kadar ayakta kalabilen kalıntılar Romalılardan kalmadır (<http://www.kenthaber.com/Sayfalar/IlceTuristikBilgi.asp?IlceKodu=1503&IlceAdi=Bucak>).

Lanckoron'ski vd. (1892)'ne göre ayakta duran yapı taşlarının 1885'den günümüze kadar çoğunun düştüğü, fakat kuzey kemerin ayakta kaldığı görölmektedir.

3.1.4.5.1. Forum

MS 3. yy.'da inşa edilmiştir. Forumdaki kitabelerin bir parçası, 12. yy. Selçuklu kervansarayından birisi olan İncirlihan'ın duvarında kullanıldığı bugün görülebilir. Forum ve kilisenin zemin planı tamamen kare olup 57 m uzunluğa sahiptir. Forum'un ölçüsü 57 x 37 m'dir. Forum 5.4 m derinliktedir. Forum'un doğu ve batı tarafı 9 kolondan ve güney tarafı da 20 kolondan oluşmuştur. Forumun kolon çapı yaklaşık 0.55 m'dir. Forumun basamak yüksekliği zeminden 1.92 m yüksekliktedir. 6 basamaktan oluşup 30 cm yükseklik ve 60 cm derinliğe sahiptir (Mitchell vd.,1995; Mitchell, 1988). Hadrianik Forum diye de bilinmekte olup MS 117-138 yıllarını kapsar (Degryse vd., 2003). Forum'un uzun olan kuzey yönüne, kilise eklenmiştir. Fakat günümüzde bu kolonlar ayakta değildir. Kremna'daki forum ve kilise bir roma çağı yapısıdır (Mitchell,1988). Kremna'daki forum bir Roma kolonisi için uygundur (Mithcell,1988). Forum yapısından (Şekil 3.15.), S37 taş numunesi alınmıştır.



Şekil 3.15. Kremna - Forum (S37 Taş Numunesinin Alındığı Yer)

3.1.4.5.2. Hamam

Arundell (1834)'e göre hamamın doğu tarafındaki iki kemerli büyük duvar, büyük ustalıkla örülmüştür. Lanckoron'ski (1982), hamamın Q şeklinde bir plan olduğundan bahseder. İki büyük dikdörtgen odadan oluşan hamamın bir tarafı, MS 200. yıllarında Heykel Galerisi olarak düzenlenmiştir. İki odadan büyük olanı doğu tarafta olup 19.5 x 29.05 m'lik ölçülere sahiptir. Hamamın büyük odasının uzun tarafı, 5 oyuk kısma sahiptir. Yapının doğu tarafı iyi korunmuştur. Hamamda büyük olan odanın merkezi alanı, mozaikle kaplıdır. Yapının iç duvarları yaklaşık 6.5 cm'lik bir mermer kaplama ile kaplanmıştır. Hamamın büyük odası MS 3. yy. ortalarıyla zamanlanmıştır (Mitchell vd.,1995). Q yapısının ilk dönemlerinde hamam, daha sona kütüphane olarak kullanıldığı varsayımı hakimdir (İnan, 1970). Hamam yapısının batı kısmından (Şekil 3.16.), S25 taş numunesi alınırken doğu kısmından (Şekil 3.17.), T24 tuğla numunesi ve M14 harç numunesi alınmıştır.



Şekil 3.16. Kremna - Hamamın Batı Tarafından Görünüşü (S25 Taş Numunesinin Alındığı Yer)



Şekil 3.17. Kremna - Hamamın Doğu Tarafından Görünüşü (T24 Tuğla ve M14 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)

3.1.4.6. İncirlihan Harabesi

Burdur'a bağlı Bucak İlçesinin 6 km batısında, İncirdere Köyü civarındadır (Özergin). Han'ın en çok dikkat çeken yeri oldukça büyük ve sade olarak yapılmış olan Kitabeli Giriş Kapısıdır (Şekil 3.18.). Bu kitabede hanın hicri 636 (1238)'de İkinci Keyhüsrev tarafından yapıldığı anlaşılmaktadır. Dikdörtgen şeklindeki kitabenin, taş kapının ortasında istiridye kabuğu şeklinde kemerler esas girişte bulunmaktadır. Girişin (Portal) dış cephesi, iki yalancı sütunla desteklenmiştir (<http://www.kenthaber.com/Sayfalar/IlceTuristikBilgi.asp?IlceKodu=1503&IlceAdi=Bucak>). 15 taştan oluşan kemerin yüzeyi, birbirine geçmiş, iki dizi çizgiyle süslenmiştir. Taç kapının açıldığı orta koridorun iki yanındaki 12 payeyi birleştiren sivil kemerlerin üstü, beşik tonozlarla örtülüdür. Tonozların altında yer alan mazgal pencerelerin radyalvari kemerlerle süslenmiş oluşu da yapıya özgünlük katmaktadır (<http://www.geocities.com/bucak15/tarihi.htm>). Bu yapıdan (Şekil 3.19.), S41 taş ve M25 harç numuneleri alınmıştır.



Şekil 3.18. İncirlihan Kervansarayın Girişindeki Kitabeli Giriş Kapısı



Şekil 3.19. Kervansarayın İç Görünüşü (S41 Taş ve M25 Harç Numunelerinin Alındığı Yer)

3.2. Yöntem

Tarihi yapılarda araştırma yapabilmek için, Kültür Bakanlığı'ndan ve çalışma yapılacak antik kentin Kazı Başkanından izin alınması gerekmektedir. Bu nedenle, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün 15.07.2004 tarih ve 016157 No'lu izinleriyle Burdur ve Isparta illeri içerisinde yer alan Adada, Antiokya, Kremna, Sığırlık Harabeleri, Zorzila, İncirlihan Kervansarayı gibi antik kentler ve harabelerde yüzey çalışmalarına başlanmıştır. Çalışmalar Isparta, Burdur ve Yalvaç Müze Müdürlükleriyle ortak yapılmıştır. Ayrıca kazı başkanlarından mevcut gruplara katılmak ve çalışmak için gerekli izinler temin edilmiştir (EK 1).

Madde 3.1.4.'de belirtilen tarihi yerlerdeki yapılarda kullanılan doğal taş, tuğla ve harç gibi yapı malzemeleri üzerinde; mineralojik, petrografik, kimyasal, fiziksel, mekanik ve tahribatsız deney yöntemleri tatbik edilmiştir. Deneyler saha alanlarına göre; arazide ve laboratuarda uygulanmıştır. Bu çalışmada; ilk olarak arazi de tahribatsız deney yöntemleri (schmidt çekici, ultrases hızı) yapılmıştır. Sonraki aşamada, tarihi yapılardan toplanan taş, tuğla ve harç malzemeler laboratuvar ortamına taşınmış ve mineralojik, petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Mineralojik Analiz

Bu analizin yapılabilmesi için, malzemenin küçük bir bölümüne ihtiyaç duyulmaktadır. Deney numuneleri önce çelik havanda kırılmış, sonra agat havanlarda iyice öğütülüp toz haline getirilmiştir. 100 µm altında olacak şekilde hazırlanan toz numuneler, analiz sırasına girmek üzere numaralanarak plastik kaplara yerleştirilmiştir. Analiz sırasına göre numuneler, 15 x 20 x 1.8 mm'lik hacme sahip PW1172/01 no'lu alüminyum numune kalıbına konmuştur. Bu numune kalıplarının yüzeyleri bir cam lamella ile düzeltilmiştir. Analiz sırasına göre yüzeyleri düzeltilmiş numuneler, XRD cihazının özel örnek locasına yerleştirilmiş ve analiz edilmiştir. Bu analiz, Cu K_α yayımlı Philips marka PW3040/60 seri no'lu bir X-Ray Röntgen

Difraksiyon Sistemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu analizle, numunelerin mineral kristalize kısımları belirlenmiştir. Belirlenen bu mineral kısımlar, restorasyon malzemesinin üretimi hakkında yararlı bilgiler ortaya çıkarmaktadır (Viaene, vd., 1993; Güleç ve Tulun, 1997; Moropoulou, vd., 2000).

3.2.2. Petrografik Analiz

Bu analiz, malzemenin dokusunu ayrıntıları ile tespit etmek için ince kesit üzerinde yapılmalıdır. Taş, tuğla ve harç malzemelerden alınan ve özelliklerini temsil eden parçalar; zayıf, gözenekli ve boşluklu bir yapıya sahip ise kesilme sırasında dağılmamaları için çok düşük bir viskosite reçinesi altında emdirmeye tabii tutulmalıdırlar (Callebaut, 2000). Bu şekilde dağılmayan numuneler, Buehler marka 487 – pcc – 131 seri no’lu bir Petrocut makinesinde kesilmiştir. Kesilen parçalar Buehler marka 507- pll – 143 seri no’lu bir Petrolap makinesinin dönen diski üzerinde zımpara tozu ile düzeltilmiştir. Numunenin düzeltilen yüzeyi, üzerinde silikon karbit tozu bulunan bir cam üzerine sürtülüp cilalanmış sonra da Kanada balsam reçinesi ile lam’a kaynatılmak suretiyle yapıştırılmıştır. Yapıştırma işlemi sırasında hava kabarcıklarının kalmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra kaynatılan numuneler Buehler marka 487 – pts – 00492 seri no’lu bir Petro thin makinesinde kalınlığı 0.02 mm – 0.03 mm oluncaya kadar inceltirilmiştir. Bu şekilde ince kesiti hazırlanan numuneler, Olypmos BX 51 TRF marka bir polarize mikroskopta incelenmiştir. Bu analizle; malzemeyi teşkil eden minerallerin cinsleri, renkleri, birbirlerine göre durumları, kristal şekli, tane yeknesaklığı, camsılığı, çeşitli tane büyüklükleri, doku, gözeneklilik, boşluk, yarık, kılcal çatlak, bozuşma ve dolgu kısımları tespit edilir (TS 699, 1987; Franzini, vd., 2000). Bu analizle elde edilen veriler, malzemelerin mineralojik ve petrografik özellikleri hakkında yararlı bilgiler verir (Viaene, vd., 1993; Güleç ve Tulun, 1997; Moropoulou, vd., 2000; Maravelaki-Kalaitzaki, vd., 2003).

Optik mikroskop analizi yapıldıktan sonra, ince kesiti hazırlanan taş, tuğla ve harç numunelerinin yüzeyleri altın ile kaplanmıştır. Yüzeyleri altın ile kaplanan numuneler, JEOL marka Sirius JSM 5600 tipli bir Elektron Tarama Mikroskobu (SEM) ile bir enerji dağıtma spektrometresinin (EDX), elektron görüntü beklerine

yerleştirilmiş ve numuneler analiz edilmiştir. Elektron tarama mikroskobu (SEM) numunelerin; faz bileşenleri (mineralojik özellikler) ve yapısı (kristal boyutu, miktarı ve dağılımı) hakkında bilgiler verirken enerji dağıtma spektrometresi (EDX), noktasal kısımlarda kimyasal elementler hakkında bilgiler ortaya çıkarmıştır (Moropoulou, vd., 2000; Callebaut, vd., 2001; Genestar ve Pons, 2003; Stutzman, 2004). Daha sonra, XRD analizden elde edilen sonuçlarla SEM analizden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmadaki amaç, restorasyon harçlarının üretimi hakkında yararlı veriler ortaya çıkarmaktır (Genestar ve Pons, 2003).

3.2.3. Kimyasal Analiz

Bu analiz için ilk olarak numuneler 45 μm 'nin altında kalacak şekilde öğütülmüş, sonra 105 ± 5 °C de kurutulmuştur. Kurutulan numunelerin 3'er gramı, kızdırma kaybı için 1000 °C'lik fırında bir saat bekletilmiştir. Bekletilen numuneler 25 °C'ye şartlandırılmış desikatörde soğutularak kızdırma kaybı bulunmuştur (Callebaut, 2000). XRF analizi için öğütülen numunelerden 0.6 gr tartılıp üzerine 6.5 gr lityum-tetraborat ve 0.1 gr. Lityum-florür eklenip karıştırma işlemi yapılmıştır. Sonra karışım eritiş cihazının platin klozet ünitesine aktarılarak, ergimiş numuneler soğutulmuş ve XRF cihazında analiz edilmiştir. Philips marka ARL8660S seri no'lu bir X-Ray Spektrometresi ile XRF analizi yapılmıştır. Bu analizle; Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , MgO , SiO_2 , Na_2O , K_2O , SO_3 , TiO_2 , $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ (titrasyon) ve kızdırma kaybı (%) elde edilmiştir. Elde edilen veriler, numunelerin kimyasal birleşenleri hakkında bilgiler vermiştir.

Ayrıca kimyasal analizlerle elde edilen elementlerin konsantrasyonu, harçların hidrolik dereceleri hakkında yararlı bilgiler ortaya çıkarır. Kimyasal analiz verileri kullanılarak, hidrolik indeks ve çimento indeksi hesaplanır. Bu indeksler harçların hidrolik özellikleri için önemlidir. İndeksi en yüksek olan harcın, hidrolik özelliği en yüksektir.

Bu nedenle Hidrolik indeks (HI) ve Çimento indeksi (CI) aşağıda formüllerden yararlanılarak hesaplanır:

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

$$CI = (1.1 \%Al_2O_3 + 0.7 \%Fe_2O_3 + 2.8 \%SiO_2) / (\%CaO + 1.4 \%MgO) \text{ (Banfill ve Forrester, 2000; Callebaut ve Elsen, 2001).}$$

3.2.4. Fiziksel Analiz

Tarihi yapılardan alınan taş, tuğla ve harç numuneleri üzerinde; birim ağırlık, su emme, özgül ağırlık, porozite, kompasite, doyumluk derecesi ve kılcal su emme gibi fiziksel deneyler uygulanmıştır.

3.2.4.1. Birim Ağırlık ve Su Emme

Tarihi yapılardan alınan taş, tuğla ve harç numunelerinin yüzeyleri 50 mm'den küçük olmamalıdır. Her numuneden en az beş adet olmalı ve numunelerin ağırlığı da 350 gr'dan az olmamalıdır.

Düzgün geometrik şekilli olmayan bu numuneler, 105 °C sıcaklıktaki bir etüvde 48 saat kurutulmuştur. 46., 47. ve 48. saatlerde numunelerin ağırlıkları ölçülmüş ve ağırlık sabitleninceye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Kurutma işleminden hemen sonra numunelerin ağırlıkları, Gec Avery marka BL000998102 seri no'lu bir teraziyle tartılmıştır (G_k). Sonra kurutulmuş numuneler, kuru bir odada 30 dakika soğutulmuştur. Soğutma işleminden sonra numuneler 48 saat için, 22 ± 2 °C'lik temiz su kabında emdirme işlemine tabii tutulmuştur. Bu işlemlerden sonra numuneler, su kabından çıkarılmış, yüzeyleri nemli bir bezle kurulanmış ve bekletilmeksizin numuneler, havada 0.1 gram hassasiyetli bir terazide tartılmıştır (G_{dh}). Daha sonra Arşimet terazisi ile 22 ± 2 °C'lik su içinde yapılacak tartım sırasında su emerek sonuçları etkilemeyecek derecede doyum hale getirilmiş bulunan deney numuneleri sudan çıkarılarak 0.1 gram hassasiyetli Sartorius Universal marka 4800P seri no'lu bir Arşimet terazisinde tartılmıştır (G_{ds}). Bu şekilde birim ağırlık ve su emme deneyleri aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

$$\Delta_h = \frac{G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \quad (3.1.)$$

$$S_k = \frac{G_{dh} - G_k}{G_k} \times 100 \quad (3.2.)$$

$$S_h = \frac{G_{dh} - G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \times 100 \quad (3.3.)$$

Burada;

Δ_h = Numunenin birim ağırlığı (gr/cm³),

S_k = Numunenin kütlece su emme oranı (m/m, %),

S_h = Numunenin hacimce su emme oranı (v/v, %),

G_k = Değişmez kütleye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (gr),

G_{dh} = Doygun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi (gr),

G_{ds} = Doygun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi (gr),

dir. Bulunan sonuçlar yüzde bir hanesinde yuvarlatılarak gösterilmiştir (TS704, 1979; TS699, 1987; BS EN 12808 – 5, 2001; ASTM C 67 - 03a, 2003; ASTM C 97).

3.2.4.2. Özgül Ağırlık Deneyi

Numuneyi temsil edecek şekilde, değişik parçalardan kırılarak alınan örneklerin tamamı göz açıklığı 0.2 mm olan kare gözlü elekten geçecek şekilde öğütülmüş ve değişmez kütleye kadar kurutulmuştur.

Oda sıcaklığındaki su ile tamamen doldurulan ILDAM marka He - piknometre, kapağı kapatılmış ve üzerindeki su damlaları kuru bir bezle alındıktan sonra 0.01 gram hassasiyetli terazi ile tartılmıştır (G_{ps}). Piknometre içindeki su tamamen boşaltılmış ve etüvde kurutulup soğutulduktan sonra tekrar tartılarak piknometre (kapağı ile birlikte) kütlesi bulunmuştur (G_p).

Kurutulup soğutulmuş olan öğütülmüş numuneden 250 ± 5 g kadar alınarak kuru bir huni yardımıyla piknometre içine konulmuş ve kapağı ile birlikte 0.01 gram hassasiyetli Gec Avery marka BL000998102 seri no'lu bir terazide tartılmıştır (G_{pn}).

İçinde deney numunesi bulunan piknometre, hacminin $\frac{1}{4}$ 'üne kadar su ile doldurulmuş ve numunelerin taneleri arasında hava kabarcığının önlenmesi için vakum pompası kullanılmıştır. Hava alma işlemi sonunda piknometre su ile tamamen doldurulmuş ve kapağı kapatılarak üzeri kurulanıp 0.01 g hassasiyetli terazi ile tartılmıştır (G_{pns}). Özgül ağırlık, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$d_o = \frac{G_{pn} - G_p}{(G_{pn} - G_p) - (G_{pns} - G_{ps})} \quad (3.4.)$$

Burada;

d_o = Numunenin Özgül Ağırlığı (g/cm^3),

G_{pn} = Piknometre + Deney Numunesi Kütlesi (gram),

G_p = Piknometre Kütlesi (gram),

G_{pns} = Piknometre + Deney Numunesi + Su Kütlesi (gram),

G_{ps} = Su ile dolu Piknometre Kütlesi (gram),

Bulunan sonuçlar, yüzde bir hanesinde yuvarlatılarak gösterilmiştir (TS705, 1986; TS 699, 1987).

3.2.4.3. Görünen Porozite (Zahiri Porozite)

3.2.4.3.1. Taşın Hacimce Su Emme Oranından Hesaplanması

Hacimce su emme değerinden yararlanılarak görünen porozite aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$P_g = \frac{G_{dh} - G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \times 100 \quad (3.5.)$$

Burada;

P_g = Numunenin görünen porozitesi (v/v, %),

G_{dh} = Doygun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi (gram),

G_k = Değişmez kütleyle kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (gram),

G_{ds} = Doygun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi (gram), dır.

3.2.4.3.2. Taşın Hacim Kütlesi ve Kütlece Su Emme Oranından Hesaplanması

Kütlece su emme oranından ve birim ağırlığından yararlanılarak görünen porozite aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$P_g = \Delta_h x S_k \quad (3.6.)$$

Burada;

P_g = Numunenin görünen porozitesi (%),

Δ_h = Numunenin Birim Ağırlığı (gr/cm³),

S_k = Numunenin Kütlece Su Emme Oranı (m/m, %),

dır. Bulunan sonuçlar onda bir hanesinde yuvarlatılarak belirtilmiştir (TS699, 1987).

3.2.4.4. Doluluk Oranı Komposite Deneyi

Birim ağırlık ve özgül ağırlıktan yararlanılarak doluluk oranı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$k = \frac{\Delta_h}{d_o} x 100 \quad (3.7.)$$

Burada;

k = Numunenin Doluluk Oranı (m/m, %),

Δ_h = Numunenin Birim Ağırlığı (gr/cm³),

d_o = Numunenin Özgül Ağırlığı (g/cm³),

dır. Bulunan sonuçlar onda bir hanesinde yuvarlatılarak belirtilmiştir (TS699, 1987).

3.2.4.5. Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi

Birim ağırlık ve özgül ağırlıktan yararlanılarak porozite oranı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$P = \left(1 - \frac{\Delta_h}{d_o}\right) \times 100 \quad (3.8.)$$

$$P = (1 - k) \times 100 \quad (3.9.)$$

Burada;

P = Numunenin Porozitesi (v/v, %),

Δ_h = Numunenin Birim Ağırlığı (gr/cm³),

d_o = Numunenin Özgül Ağırlığı (g/cm³)

k = Numunenin Doluluk Oranı (m/m, %),

dır. Bulunan sonuçlar onda bir hanesinde yuvarlatılarak belirtilmiştir (TS 699, 1987).

3.2.4.6. Doyma Derecesi

Hacimce su emme ve porozite değerlerinden yararlanılarak doyma derecesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$D = \frac{S_h}{P} \quad (3.10.)$$

Bunlar;

D = Doyma Derecesi (%),

S_h = Numunenin Hacimce Su Emme Oranı (v/v, %),

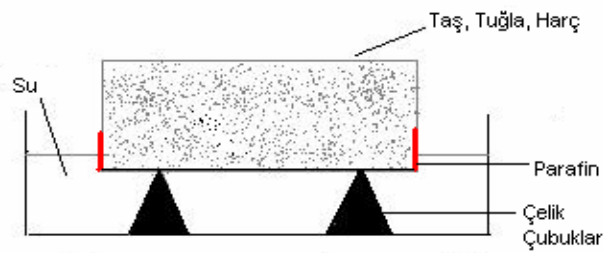
P = Numunenin Porozitesi (v/v, %),

dır. Doyma derecesi, malzemenin donmaya dayanımının belirtilmesi bakımından anlam taşır. Eğer bu değer, % 80 sınırının altında olursa genellikle bu malzemenin

donmada zarar görmediği gözlemlenmiştir. Bulunan sonuçlar onda bir hanesinde yuvarlatılarak belirtilmiştir (Kocataşkın, 1984).

3.2.4.7. Kılcal Su Emme

Numuneler dikdörtgen, kare ve üçgen gibi alanı hesaplanabilecek tarzda kesilmiştir. Kesilen numuneler önce bir etüvde, 7 gün kurumaya bırakılmıştır. 7 günün sonunda etüvden alınan numuneler, laboratuvar ortamında 1 saat tutularak soğuması temin edilmiştir. Bu işlemten sonra numunelerin yan yüzeyleri parafinle kaplanmış ve Gec Avery marka BL000998102 seri no'lu bir terazide tartma işlemi yapılmıştır (m_d). Daha sonra sabit seviyede su içeren bir kaba numuneler, düşey vaziyette yerleştirilmiştir. Suyun tabana serbest şekilde ulaşabilmesi için numuneler, çelik çubuklar üzerine konmuştur. Su seviyesi numunenin tabanından 3 ± 1 mm üzerinde olacak şekilde sabitlenmiştir (Şekil 3.20). Kaba konulan numunelerin, birbirleriyle temas etmemesine dikkat edilmiştir. Tüm bu işlemlerden sonra numunenin kapağı kapatılmıştır. Sonra deney başlangıcından itibaren 1, 4, 9, 16, 32, 64 ve 128. dakikalarda tartılarak numunelerin ağırlığı saptanmıştır. Her bir tartı esnasında numune deney kabından çıkarılmış; ıslak yüzü nemli bir bezle silinmiş ve tartılmıştır (m_i). Sonra tekrar deney kabına konmuş ve deney kabının kapağı kapatılmıştır (Uyan, 1975; BS EN 480-5, 1997).



Şekil 3.20. Numunelerin kılcal su emme olayı

Darcy Kanunundan yararlanılarak kılcallık katsayısı da aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$C = \frac{(m_i - m_d)^2}{A^2 x t} \quad (3.11.)$$

Burada;

C = Kılcallık katsayısı,

m_i = Numunenin kuru kütlesi,

m_d = Belirtilen zamanda numunenin doygun kütlesi,

A = Su emme yüzeyinin alanı,

t = Zaman,

dır. Kılcallık katsayısı (C), malzemenin boşluk karakteri ile ilgili bir sabittir. Boşluklu bir malzeme bir yüzünden basınçsız su ile temasa geldiğinde kılcallık olayı nedeniyle boşluklar bu suyu içeriye çekeceklerdir. Suyun yüzey geriliminden doğan bu olay yatay, eğik ve düşey olarak yukarı doğru harekete geçer. Bu da yapının dibindeki rutubetin duvarda gözükebileceğine işarettir (Kocataşkın,1984; Çağlayan, vd., 2001).

1., 4., 8., 16., 32., 64. ve 128. dakikalarda bulunan kılcallık verileri ile çizilen grafikte; X eksenini zamanın karekökünü (\sqrt{dak}) ve Y eksenini de su emmenin alana oranını ($(m_i - m_d) / A$) (cm^3/cm^2) göstermektedir (Uyan, 1975; BS EN 1925, 1999; Çağlayan, vd., 2001). Bu grafik çizildikten sonra; bu grafiğe en uygun doğrusal doğru oluşturulmuştur. Oluşturan bu doğrunun eğimi; R (korelasyon katsayısı) ile gösterilmiştir. Ayrıca numunenin kılcallık değeri düşerse, basınç mukavemeti artar. Düşük kılcallık değeri durabil malzemeler için gerekli bir şarttır (Uyan, 1975).

3.2.5. Mekanik Analiz

Malzemenin mekanik özelliklerini, dış kuvvetlerin etkisi altında değişik zorlamalar karşısında malzemedeki oluşan şekil değişiklikleri ve bu etkiler altında malzemenin gösterdiği dayanma gücü oluşturur (Baradan, 2000). Taşların mekanik özelliklerinden bazıları basınç kuvveti ve elastisite modülü oluşturmaktadır. Bu özellikleri bulmak için tercih olarak, Ultrases hızı ve Schmidt çekici gibi tahribatsız deneyler uygulanmıştır. Tahribatsız deneyler, numune yöntemi ile mevcut yapılarda, betonun dayanımını belirlemek için kullanılmıştır (Akman, 2001).

3.2.5.1. Basınç Deneyi

Önce numuneler küp, prizma ve silindir olacak şekilde kesilmiştir. Çap veya yanal yüzey ölçüsü (zıt yüzeyler arasındaki ölçü), 50.8 mm'den küçük olmamalıdır. Yükseklik oranının, çap veya yanal yüzeylere oranı 1/1'den az olmamalıdır. Her deney için en az 5 adet deney numunesi hazırlanmıştır (ASTM C 170 - 90, 1999; BS EN 12808 - 3, 2001). Bu numuneler, taş kesme testeresi veya silindirik numune kesme aleti ile ıslak kesilmek suretiyle hazırlanmış ve basınç uygulanan yüzeyleri düzlem ve birbirine paralel olacak şekilde, cihazlar ile aşındırılmak suretiyle düzeltilmiştir (TS 699, 1987).

Yüzeyleri düzeltilen numuneler, 105 °C'lik bir etüvde 48 saat kurutulmuştur. 46., 47. ve 48. saatlerde numunelerin ağırlıkları ölçülmüş ve ağırlık sabitleninceye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Sabit ağırlıktaki numuneler, deneyden önce bir desikatörde oda sıcaklığında soğutulmuştur.

Sonra 22 ± 2 °C'lik bir su tankında numuneler, 48 saat için emdirmeye tabii tutulmuşlardır. Su tankından numuneler çıkartılmış ve numunenin yüzeyindeki su damlacıkları silinmiştir (ASTM C 170 - 90,1999; ASTM C 67-03a, 2003).

Deney numunelerinin yüzeyindeki damlacıklar silindikten sonra yüzeylerin boyutları kumpasla ölçülmüş ve numuneler, 60 ton kapasiteli Alşa marka basınç presinin tam ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiş ve numune sıkıştırılmıştır. Basınç yükü, saniyede yaklaşık 100 Psi (690kPa) artacak şekilde ve çarpmasız olarak deney numunesi kırılıncaya kadar uygulanmıştır. Pres göstergesinden okunan en büyük yük değeri tespit edilmiştir (W) (TS 699,1987; ASTM C 170 -90, 1999; BS EN 12808 - 3, 2001; ASTM C 67-03a, 2003). Basınç dayanım değeri, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$C_c = \frac{W}{A} \quad (3.12.)$$

Burada;

C_c = Numunenin basınç mukavemeti (kgf/cm²),

W = Numunenin En Yüksek Kırılma Değeri (kgf),

A = Yüzey Alanı (cm²),

dır. Herhangi bir sebeple çapı (yatay boyutu) küçük olarak hazırlanmış silindirik deney numunelerinde yükseklik çaptan %25 veya daha fazla büyükse deney sonunda şu formül uygulanır.

$$C_c = \frac{C_p}{0.778 + 0.222(b/h)} \quad (3.13.)$$

Burada;

C_c = Eşdeğer küp numunenin basınç dayanımı

C_p = Yüksekliğin çaptan (veya yatay boyuttan) %25 veya daha fazla büyük olduğu hallerde deneyle bulunan basınç mukavemeti

b = Çap veya yatay boyut

h = Yükseklik,

dir. Sonuçlar 5 kgf/cm²'ye yuvarlatılarak verilmiştir (ASTM C 170 -90, 1999; BS EN 12808 – 3, 2001; ASTM C 67-03a, 2003).

3.2.6.Tahribatsız Analiz

3.2.6.1. Schmidt Çekici

Tarihi yapılarda kullanılan tahribatsız deney metotlarından birisi olan Schmidt çekici yapının mukavemeti hakkında yaklaşık bir bilgi verir. Bu çalışma da, Sclerometro Meccanico marka L99345 seri no'lu bir schmidt çekici kullanılmıştır. Bu alet, bir yay vasıtasıyla çelik bir bilyeyi numunenin yüzeyine fırlatır. Bilye numunenin yüzeyine çarptıktan sonra geri sıçrar, bu sıçrayış değeri kaydedilir (Vandaele ve Waelkens, 1995; Çankıran, 2000). Bu değer, ne kadar büyükse numunenin dayanımı

o kadar yüksektir. Bir deney alanında güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, en az 9 okuma yapılmalıdır. İki çarpma noktası arasındaki mesafe 25 mm'den az olmamalı ve çarpma noktaları kenarlardan 25 mm içeride olmalıdır. Vuruş yapılan yerde mevcut hava boşluğu nedeniyle parçalanma veya kırılma ortaya çıkarsa, sonuç değerlendirilmeye alınmaz. Deney sonucu, bütün okumaların ortalaması alınarak bulunmuştur (ASTM C 805, 1993; BS EN 12504 -2, 2001).

Ayrıca Yaloon ve Singer (1997), laboratuarda elde ettikleri basınç mukavemetini (12 farklı kayaç numunesi kullanarak) ve arazide belirledikleri geri sıçrama değerini (R_s) birleştirmişler ve önemli bir bağıntı bulmuşlardır. Elde ettikleri bağıntıya göre basınç mukavemeti aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\log \left(\frac{C_c}{9.81 \times 10^4} \right) = (0.0387 \times R_s) + 0.826 \quad (3.14.)$$

Burada;

C_c = Basınç Mukavemeti (kgf/cm^2)

R_s = Geri Sıçrama Değeri Ölçüsüdür (Vandaele ve Waelkens, 1995).

3.2.6.2. Ultrases Hızı

Ultrases deneyi, 24 kHz'lik pundit marka bir cihazla yapılmıştır. Ultrases hızı, dijital göstergeden görülür ve bu cihaz ± 0.1 hassasiyetliğe sahiptir. Bu deney yapılırken dikkat edilecek hususlardan birisi, numunede boşluğun kalmasını önlemektir. Yüzeylerde boşluğu önlemek için alıcı ve verici proplar ile malzemenin arasına ince bir katman halinde gres, vazelin gibi bir jel sürülmelidir. Ultrases hızı ile numune içerisinde ses dalgalarının yayılma hızı ölçülmektedir (Çankıran, 2000).

3.2.6.2.1. Ultrases Hız Yöntemi ile Dinamik Elastisite Modülünün Belirlenmesi

Bir malzemenin dinamik elastisite modülü; birim ağırlık ve ultrases hızının bilinmesiyle hesaplanır. Ultrases hızı ile elde edilen elastisite modülü yüksekse, malzeme korozyonda o denli yüksek mukavemet gösterir (Benavente, vd., 2004).

Numunenin ultrases hızı ve birim ağırlığından yararlanılarak elastisite modülü aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$E_d = 10^5 x V^2 x \frac{\Delta_h}{9.81} \quad (3.15.)$$

Burada;

E_d = Dinamik Elastisite Modülü (kgf/cm²),

V = Ultrases Hızı (km/sn),

Δ_h = Numunenin Birim Ağırlığı (kg /dm³)'dir (ASTM C 597, 1993).

Dinamik elastisite modülü (E_d), gerilme deformasyon eğrisinden yararlanılarak belirlenen elastisite modülünden (E_g) daima büyük değerler gösterir. Bunun sebebi ultrases ölçümü sırasında çok küçük gerilmeler altında malzemenin boşluklarında sıkışmış halde duran suyun malzemenin deformasyonuna karşı koymakta ve böylelikle elastisite modülünün artmasına sebep olmaktadır.

Yukarıdaki formülden elde edilen elastisite modülü, Hermite bağıntısında yerine konduğu zaman, basınç mukavemeti hakkında yaklaşık veriler ortaya çıkar. Tahribatsız deney metoduyla elde edilen bu bağıntı, numunenin yaklaşık basınç mukavemetin bulunması açısından önemlidir.

$$\text{Hermite formülü } E_d = Kx\sqrt{C_{c,\max}} \quad (3.16.)$$

Burada;

E_d = Numunenin Dinamik Elastisite Modülü (kgf/cm²)

K = Bu ifade, 18000 – 23000 aralığında değişen bir katsayıdır. Gerek 1960 Fransız betonarme şartnamesi gerek 1970 Avrupa Beton Komitesi beton yapılar üzerindeki önerileri, K ya 21000 değeri vermenin doğru olacağını yönündedir.

C_c = Maksimum Basınç Mukavemet Değeri (kgf/cm²), dir (Postacıoğlu,1981; Kocataşkın, 1984).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bölüm 3.1.4’de belirtilen antik kentler ve harabelerdeki yapılarda kullanılan taş, tuğla ve/veya harç malzemeler; yapının imal edilmiş tarihlerine göre kronolojik bir sıra şeklinde Çizelge 4.1 - 4.3’de verilmiştir. Bu çalışmadaki tüm araştırma bulguları, kronolojik imal edilmiş sırası göz önünde tutularak yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Taş Numunelerin Kronolojik Tarih Sırasına Göre İmalatları

No	Numune No	Antik Kent veya Harabenin Adı	Yapının Adı	İnşa Ediliş Tarihi
1	S42	Adada	Akropol ve Helenistik Kule	Helenistik ve Roma Periyodu
2	S10	Psidia Antiokya	Augustus Tapınağı	MS 1. yy. ortaları
3	S21	Psidia Antiokya	Hamam	MS 1. yy.
4	S16	Psidia Antiokya	Anıtsal Çeşme	MS 1. yy. sonları
5	S37	Kremna	Forum	MS 117-138 yılları arası
6	S25	Kremna	Hamam	MS 3. yy. ortaları
7	S46	Sığırlık Harabeleri	Kale I	Bizans Periyodu
8	S41	İncirlihan	Kervansaray	Selçuklu Periyodu - MS 1238

Çizelge 4.2. Tuğla Numunelerin Kronolojik Tarih Sırasına Göre İmalatları

No	Numune No	Antik Kent veya Harabenin Adı	Yapının Adı	İnşa Ediliş Tarihi
1	T16	Zorzila	Hamam	Roma Periyodu
2	T6	Psidia Antiokya	Anıtsal Çeşme	MS 1. yy. sonları
3	T33	Adada	Tiyatro	Roma Periyodu. Büyük olasılıkla MS 2. yy.
4	T24	Kremna	Hamam	MS 3. yy. ortaları
5	T41	Sığırlık Harabeleri	Kale I	Bizans Periyodu
6	T45	Sığırlık Harabeleri	Kale II	Bizans Periyodu
7	T9	Psidia Antiokya	Merkezi Kilise	MS 5. yy.
8	T29	Adada	Bizans Bazilikası	MS 5.-6. yy. arasında

Çizelge 4.3. Harç Numunelerin Kronolojik Tarih Sırasına Göre İmalatları

No	Numune No	Antik Kent veya Harabenin Adı	Yapının Adı	İnşa Ediliş Tarihi
1	M28	Adada	Forumun, Arka Kemerli	MÖ 2. yy.
2	M3	Zorzila	Hamam	Roma Periyodu
3	M6	Psidia Antiokya	Augustus Tapınağı	MS 1. yy. ortaları
4	M32	Psidia Antiokya	Anıtsal Çeşme	MS 1. yy. sonları
5	M8	Psidia Antiokya	Hamam	MS 1. yy.
6	M14	Kremna	Hamam	MS 3. yy. ortaları
7	M34	Psidia Antiokya	Merkezi Kilise	MS 5. yy.
8	M30	Adada	Bizans Bazilikası	MS 5-6. yy. arasında
9	M25	İncirlihan	Kervansaray	Selçuklu Periyodu - MS 1238

4.1. Mineralojik Özelliklerin Belirlenmesi

Bu analiz, Bölüm 3.2.1’de belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Bölüm 3.1.4’de belirtilen antik kentler ve harabelerdeki yapılardan alınan taş, tuğla ve harç numunelerinin XRD grafikleri, Philips marka bir X-Ray Röntgen Difraksiyon Sistemi kullanılarak çizilmiştir (EK 2).

4.1.1. Taş Numunelerin Mineralojik Analizi

Taş numunelerin XRD grafikleri çizilmiş (EK 2) ve çizilen grafiklerin XRD analiz sonuçları (Çizelge 4.4.) incelendiğinde kalsit, kuvars, dolomit, magnesian ve serpantin gibi mineraller numunelerde gözlemlenmiştir. Tüm numunelerde kalsit ana bileşendir. Bununla beraber kuvars ve dolomit mineralleri numunelerde çoğunlukla bulunmaktayken magnesian ve serpantin mineralleri nadir olarak bulunmuştur. Numunelerde kalsit mineralinin varlığı, belirtilen yapının kireçtaşı ile inşa edildiğinin en önemli göstergesidir.

Çizelge 4.4. Taş Numunelerin XRD Analiz Sonuçları (EK.2)

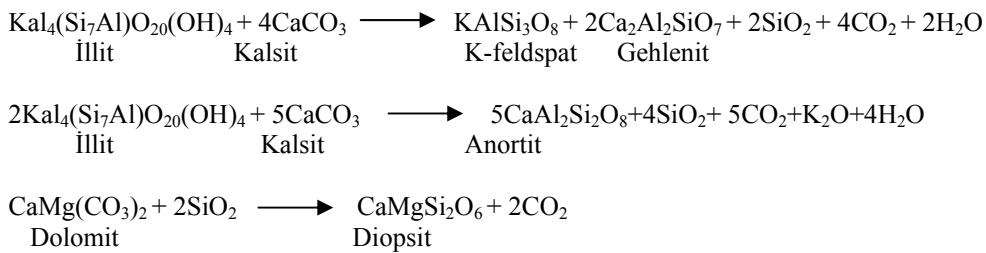
Taş Numuneler						
No	Num. No	Ca.	Qz.	Mag.	Dol.	Ser.
1	S42	√	√	√	-	-
2	S10	√	-	√	-	-
3	S21	√	-	-	√	-
4	S16	√	√	-	-	-
5	S37	√	-	-	√	-
6	S25	√	√	-	-	-
7	S46	√	√	-	√	-
8	S41	√	-	-	-	√

(√) Mineral var, (-) Mineral yok

4.1.2. Tuğla Numunelerin Mineralojik Analizi

Tuğla numunelerin XRD grafikleri çizilmiştir (EK 2). Çizilen grafiklerin XRD analiz sonuçları (Çizelge 4.5.) incelendiğinde kalsit, kuvars, klorit, ortoglaz, albit, biotit, anortit, rutil, hematit, dolomit, sanidin, gehlenit, diopsit ve ojit minerallerinin varlığına rastlanmaktadır. Tüm numunelerde kuvars ve hematit ana bileşendir. Bununla beraber kalsit, ortoglaz, albit, biotit, anortit, rutil ve dolomit mineralleri çoğunlukla bulunmaktayken klorit, sanidin, gehlenit, diopsit ve ojit mineralleri nadir olarak bulunmaktadır.

Kalsiyumca zengin gehlenit, anortit ve diopsit mineralleri, karbonatlı karışımların yüksek sıcaklıklarda pişirilmesiyle ortaya çıkan en önemli fazlardır (Duminuco vd., 1998; Cardiano vd., 2004). Bu fazların reaksiyon özellikleri Şematik olarak Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Kalsiyumca zengin killeri yakıldığında oluşan tepkime ürünü (Cardiano vd., 2004).

Diopsit minerali, 900 – 1050 °C arasındaki sıcaklıkta kuvars ve dolomitin tepkimesi ile oluşur (Şekil 4.1.) (Cardiano vd., 2004). Ortamda diopsit mineralinin bulunması, tuğla numunenin en yüksek sıcaklıkta yakıldığının bir göstergesidir (Örneğin T24 tuğla numunesi) (Riccardi vd., 1999).

Gehlenit minerali, en az 850 °C de illit ve kalsitin tepkimesiyle oluşur (Şekil 4.1.). Ortamda gehlenit ve hematit minerallerinin bir arada bulunması, tuğla numunenin 900 °C altında yakıldığını gösterir (Örneğin T33 tuğla numunesi) (Cardiano vd., 2004; Lopez-Arce ve Garcia-Guinea, 2005).

Ortamda hematit mineralinin varlığı, numunenin yaklaşık 850 °C'de yakıldığının en önemli göstergesidir (Riccardi vd., 1999; Cardiano vd., 2004). Hematit minerali ile kalsiyumca zengin fazların bir arada bulunması, tuğla numunenin 850 °C'nin üzerinde yakıldığını gösterir (Örneğin T29, T9 ve T45 tuğla numuneleri).

Ortamda dolomit ve hematit minerallerinin varlığı, tuğla numunenin 850 °C'nin altında yakıldığını gösterir (Örneğin T16 ve T41 tuğla numuneleri).

Ayrıca kalsiyumca fakir olan killerde, ana ürünler (anortit, gehlenit, diopsit) oluşmaz (Cardiano vd., 2004). Ortamda hematit mineralinin varlığı ve kalsiyumca zengin fazların (anortit, gehlenit, diopsit) bulunmayışı, tuğla numunenin yine 850 °C'nin altında yakıldığını gösterir (Örneğin T6 tuğla numunesi) (Lopez-Arce ve Garcia-Guinea, 2005).

Yakma sıcaklıkları; tarihsel kavimlerin teknolojik davranışları ve üretim teknikleri hakkında bilgilerin ortaya çıkmasına imkan sağlamaktadır (Duminuco vd., 1998).

Çizelge 4.5. Tuğla Numunelerinin XRD Analiz Sonuçları (EK.2)

Tuğla Numuneler															
No	Num. No	Ca.	Qz.	Cc.	Ort.	Alb.	Bio.	An.	Rut.	Hem.	Dol.	San.	Geh.	Dio.	Au.
1	T16	-	√	-	-	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
2	T6	-	√	-	-	-	-	-	√	√	-	-	-	-	-
3	T33	√	√	-	√	√	-	√	√	√	-	√	√	-	-
4	T24	-	√	-	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	-
5	T41	√	√	-	√	√	-	√	√	√	√	-	-	-	-
6	T45	-	√	√	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-	-
7	T9	-	√	-	-	√	√	√	-	√	-	-	-	-	-
8	T29	√	√	-	-	√	-	√	√	√	-	-	-	-	√

Çizelge 4.6. Harç Numunelerinin XRD Analiz Sonuçları (EK.2)

Harç Numuneler												
No	Num. No	Ca.	Qz.	Dol.	Gyp.	Cl.	Alb.	Mus.	Rut.	Hem.	Cc.	Dio.
1	M28	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-
2	M3	√	√	√	√	√	-	-	-	-	-	-
3	M6	√	√	-	√	-	√	√	-	-	-	-
4	M32	√	√	-	√	-	√	√	√	-	√	-
5	M8	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	-
6	M14	√	√	-	√	-	√	-	√	√	-	-
7	M34	√	√	-	-	-	√	√	√	√	-	-
8	M30	√	-	√	√	-	-	-	-	-	-	√
9	M25	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(√) Mineral var, (-) Mineral yok

4.1.3. Harç Numunelerin Mineralojik Analizi

Belirtilen tarihi yapılarda kullanılan harç numunelerinin XRD grafikleri çizilmiştir (EK 2). Çizilen grafiklerin XRD analiz sonuçları (Çizelge 4.6.) incelendiğinde kalsit, kuvars, dolomit, jips, klinozoisit, albit, muskovit, rutil, hematit, klorit ve diopsit minerallerin varlığına rastlanmaktadır. Tüm numunelerde kalsit ana bileşendir. Bununla beraber kuvars, dolomit, jips, albit, muskovit, rutil ve hematit mineralleri çoğunlukla bulunmaktayken klinozoisit ve klorit mineralleri nadir olarak bulunmaktadır.

Muskovit ve biotit gibi mika mineralleri ile piroksenin varlığı, harç numunelerde lav parçacıkları kullanıldığıının en önemli göstergesidir (Örneğin M6, M32, M8 ve M34 harç numuneleri) (Degryse vd., 2002). Numunelerin içerisinde bulunan mikaların varlığı; kahverengi ve yeşil amfibollere, piroksenlere ve metamorfik kırıntılara bağlıdır (Riccardi vd., 1998). Harçlarda lav parçacıkları bulunması, bu harçların puzolanik harç olduğunu gösterir.

Ortamda hematit ve opal minerallerinin (kuvars'a yakın) bulunması, bu harcın ezik tuğla kireç harcı olduğunun en önemli belirtisidir (Viaene vd., 1997). Buna ilaveten ezik tuğla kireç harçlarında kuvars, kalsit ve plajyoklaz (albit) mineralleri bulunmaktadır (piroksen ve feldspat minerallerin varlığından dolayı) (Maravelaki-Kalaitzaki vd., 2003).

4.2. Petrografik Özelliklerin Belirlenmesi

Bu analiz, Bölüm 3.2.2'de belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Belirtilen antik kentler ve harabelerdeki yapılardan alınan taş, tuğla ve harç numunelerinin optik mikroskop (EK.3) ve SEM/EDX analizleri (EK.4) yapılmıştır.

4.2.1. Taş Numunelerin Petrografik Analizi

Taş numuneler, Optik mikroskop ve SEM/EDX Şekilleri (EK.3 ve EK.4) göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve bu değerlendirmeden elde edilen deney sonuçları,

Çizelge 4.7’de verilmiştir. Taş numuneler, mikritik (ince) ve sparitik (kalın) kireçtaşları olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır.

Çizelge 4.7. Taş Numunelerin Optik Mikroskop ve SEM/EDX Şekillerinin Analiz Sonuçları

No	Num. No	Optik Mikroskop	SEM/EDX (Belirlenen noktada)
1	S42	Dismikritik kireçtaşıdır. Mikritik kalsitlerinden oluşmuştur. Çatlaklı bir yapıya sahip olup bu çatlaklar, iri kalsitlerle doludur.	Kalsit ve kuvars mineralleri belirlenmiştir.
2	S10	İntra-mikritik kireçtaşıdır. Mikritik ve mikrosparitik karbonatlardan oluşmuştur. Az miktarda fosil kalıntıları bulunmaktadır.	Kalsit minerali belirlenmiştir.
3	S21	Pelmikritik kireçtaşıdır. Mikritik kırıntılardan oluşmuştur. Çatlaklı bir yapıya sahip olup bu çatlaklar, sparikalsitler ile doludur.	Kalsit ve dolomit mineralleri belirlenmiştir.
4	S16	Mikritik kireçtaşıdır. Karbonat çamurunun taşlaşması ile oluşmuştur. Az miktarda fosil kalıntıları bulunmaktadır. Çatlaklı bir yapıya sahip olup bu çatlaklar, sparikalsitlerle doludur.	Kalsit minerali belirlenmiştir.
5	S37	Mikrosparitik traventimsi kireçtaşıdır.	Kalsit minerali belirlenmiştir.
6	S25	Dolomitik kireç taşıdır. Bu kireçtaşı, kristalen bir dokuya sahiptir.	Kalsit minerali belirlenmiştir.
7	S46	İntra - mikrosparitik kireçtaşıdır. Mikritik ve mikrosparitik karbonatlardan oluşmuştur. Çatlaklı bir yapıya sahip olup bu çatlaklar, sparikalsit ile doludur.	Kalsit ve dolomit mineralleri belirlenmiştir.
8	S41	Dolomitik kireçtaşıdır. Bu kireçtaşı, kristalen dokuya sahiptir.	Kalsit minerali belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Tuğla Numunelerin Optik Mikroskop ve SEM/EDX Şekillerinin Analiz Sonuçları

No	Num. No	Optik Mikroskop	SEM/EDX
1	T16	Matriks kısmı okside olduğu halde tane kısmında oksidasyon yoktur. Taneleri, kaya kırıntıları ve mineraller oluşturmakta. Taneler, daha çok metamorfik kaya kırıntılarıdır. Feldspat ve hematit türü mineraller bulunmaktadır. Karbonatlı kısımlarda mevcuttur (Dolomit, Kuvars).	Albit ve anortit mineralleri belirlenmiştir.
2	T6	Matriksi ve kaya kırıntısı tamamen okside olmuştur. Kaya kırıntıları, poroziteli bir yapıya sahip olup boşluklar birbirleriyle bağıntılıdır.	Kuvars, hematit ve rutil mineralleri belirlenmiştir.
3	T33	Matriksi ve tane kısmı okside olmuştur. Taneler kaya kırıntısı ve minerallerden oluşmaktadır. Bu kırıntılar, metamorfik kaya kırıntısıdır. Taneler, poroziteli bir yapıya sahip olup boşluklu kısımlara karbonat dolguları gelmiştir. Kalsit, kuvars ve feldspat mineralleri mevcuttur.	Kuvars ve kalsit mineralleri belirlenmiştir.
4	T24	Numunenin sadece matriks kısmı okside olmuştur. Taneler; kristaller ve kaya kırıntılarından oluşmaktadır. Kristallerin oranı kaya kırıntıları oranından fazladır. Kaya kırıntıları daha çok volkanik kaya kırıntısıdır. Kristaller; daha çok feldspat, biotit, sanidin ve diopsit minerallerinden oluşmaktadır. Kayaçtaki porozite oranı çok fazladır.	Kuvars ve ortoglaz mineralleri belirlenmiştir.
5	T41	Matriks kısmı oldukça okside olmuştur. Bu matriks içerisinde kristaller ve feldspat türü mineraller çok az miktarlarda bulunmaktadır. Kaya kırıntıları, poroziteli bir yapıya sahip olup boşluklar birbirlerinden bağımsız durumdadır.	Dolomit ve albit mineralleri belirlenmiştir.
6	T45	Matriks kısmı oldukça okside olmuş, Taneler metamorfik kaya kırıntılarından oluşmaktadır Numune içerisinde kuvars ve feldspat türü minerallere de rastlanmaktadır.	Anortit ve biotit mineralleri belirlenmiştir.
7	T9	Matriks kısmı oldukça okside olmuştur. Bu matriks içerisindeki kristaller ve feldspat, mika (biotit) türü mineraller çok az miktarlarda bulunmaktadır. Kaya kırıntıları, poroziteli bir yapıya sahip olup boşluklar birbirlerinden bağımsız durumdadırlar.	Kuvars minerali belirlenmiştir.
8	T29	Matriksi ve kaya kısmı tamamen okside olmuştur. Numune okside olduğu için numuneyi tanımak, güçleşmiştir. Numune, poroziteli bir yapıya sahiptir. Numune içerisinde matriksin oranı daha fazladır. Matriks içerisinde küçük kristallerde yer almaktadır.	Albit minerali belirlenmiştir.

4.2.2. Tuğla Numunelerin Petrografik Analizi

Tuğla numunelerin Optik mikroskop ve SEM/EDX şekilleri (EK.3 ve EK.4) göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve bu değerlendirmeden elde edilen deney sonuçlarına (Çizelge 4.8.) göre; tüm numunelerin matriksi ve/veya tane kısmı okside olmuştur. Tüm numunelerin okside olması, numune de hematit mineralinin var olduğuna işaretir.

4.2.3. Harç Numunelerin Petrografik Analizi

Harç numunelerin Optik mikroskop ve SEM/EDX şekilleri (EK.3 ve EK.4) göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve bu değerlendirmeden elde edilen deney sonuçları Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Harç numunelerde çatlak kısımların kalsit, kuvars ve dolomit mineralleri ile dolu olması ve bu harcın kompakt bir yapı özelliği taşıması bu harcın, Cementitious adı verilen bir harç tipi olduğunu gösterir. Aynı zamanda bu harç tipi Helenistik periyotta kullanılmıştır (Güleç ve Tulun, 1997; Moropoulou vd., 1997; Moropoulou vd., 2000). Çatlak kısımları kalsit, kuvars ve dolomit mineralleri ile dolu olan M28 harcı, Cementitious harç tipine örnektir ve bu harç Helenistik periyotta kullanılmıştır (Bkz. Çizelge 4.3.). Vitruv bu harç tipini Opus Cementsum olarak da adlandırmaktadır (Morgan, 1960).

Ayrıca M14 harç numunesi incelendiğinde, volkanik kaya parçacıklarına (tuğla kırıkları) rastlanmıştır. Bu nedenle bu harç, bir ezik tuğla kireç harcıdır. Ayrıca ezik tuğla kireç harçlarında, bağlayıcılar ve ezik tuğla parçacıkları arasında yer alan puzolanik tepkimeler yalnız mikroskobik analizlerle görülebilir (Baronio vd., 1997). M14 harç numunesinin SEM/EDX analizi incelendiğinde (EK.4), tuğla parçacığı ve bağlayıcı arasında boşluk oranı çok az olduğu için bu harç mükemmel yakın yapışma özelliği gösterir.

Ayrıca SEM/EDX analizlerinde (EK.4) karbon elementlerinin varlığı, numunelerin reolojisini ve mekanik özelliklerini geliştirmek için harca ilave edilen organik

katkılar (bitkisel ve hayvansal kalıntılar) kullanıldığına işarettir (Genestar ve Pons, 2003).

Çizelge 4.9. Harç Numunelerin Optik Mikroskop ve SEM/EDX Şekillerinin Analiz Sonuçları

No	Num. No	Optik Mikroskop	SEM/EDX
1	M28	Harç içerisindeki kaya parçacıkları, dolomitik kireçtaşından yada dolomit kaya kırıntılarından oluşmaktadır. Matriks içerisinde dolomit kristallerinin oranı kaya kırıntılarının oranından daha fazladır. Çatlaklı bir yapıya sahip olup çatlak kısımları kalsit, kuvars ve dolomit mineralleri ile doludur.	Kalsit ve dolomit mineralleri belirlenmiştir.
2	M3	Taneler daha çok kaya kırıntısı şeklinde olup hepsi dolomitik kireçtaşından yada dolomit kaya kırıntılarından oluşmaktadır. Matriks kısmı poroziteli bir yapıya sahip olup gözenekler birbirlerinden bağımsız durumdadır.	Kuvars ve kalsit mineralleri belirlenmiştir.
3	M6	Daha çok jips, kuvars ve mika türü kaya kırıntıları bulunmaktadır.	Muskovit minerali belirlenmiştir.
4	M32	Taneler daha çok jips türü kaya kırıntılarından oluşmaktadır. Numune de çok az kuvars, feldspat ve mika türü mineraller küçük kristaller şeklinde bulunmaktadır.	Klorit, muskovit ve kalsit mineralleri belirlenmiştir.
5	M8	Numune içerisindeki iri taneler, daha çok metamorfik kayaç kırıntılarından oluşmaktadır. Jips ve Kuvarsit türü kaya kırıntıları, çok ince taneli matriksleri birbirine bağlamıştır. Numune de feldspat minerallerine de rastlanmıştır. Matriks, kendi içerisinde boşluklu bir yapı özelliği göstermektedir. Matriks, çok ince taneli görünüme sahip olduğundan, mineraller tanımlanamaz. Bu matrikste kullanılan malzemenin, iri taneli malzemelerden yapıldığı görülmektedir.	Klinozoisit ve albit mineralleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. (devamı)

No	Num. No	Optik Mikroskop	SEM/EDX
6	M14	Kristalen bir doku özelliği göstermektedir. . Feldspat ve Fillit (Jips) türü mineraller bulunmaktadır. Numunede mevcut olan iri taneli tuğla kırıkları (volkanik kaya kırıntıları), okside olmuştur. Bu tuğla kırıntısı; feldspat ve mika türü minerallerden oluşmaktadır. Matriks içerisinde karbonatlı bölgelerde vardır. Matriks kısmı M8'e benzemektedir. Matriks, çok ince taneli görünümüne sahip olduğundan mineraller tanımlanamaz. Bu matrikste kullanılan malzemenin, iri taneli malzemelerden yapıldığı görülmektedir.	Kalsit ve albit mineralleri belirlenmiştir.
7	M34	Taneler, kaya kırıntıları (metamorfik kaya) ve mineraller şeklindedir Numunede kalsit, kuvars ve feldspat türü mineraller bulunmaktadır. Matriksi çok ince taneli özelliğe sahip olduğu için tanımlanamaz..	Muskovit ve hematit mineralleri belirlenmiştir.
8	M30	Minerallerin oranları (çoğunluğu dolomit kristalleri veya dolomitik kaya kırıntıları), matriksten daha fazladır. Matrikste kullanılan malzeme, kırıntılı malzemedir. Poroziteli bir yapıya sahip olup numune içerisindeki boşluklar birbirinden bağımsız durumdadırlar. M28'e benzerdir.	Kalsit minerali belirlenmiştir.
9	M25	Matriks çoğunlukla karbonatlı bir malzemedir. Bu karbonatlı kısım, spirakalsittir. Numune içerisinde ayrıca tane bileşenleri olup bunlar kristal yada kaya kırıntısından oluşmaktadır (Numune içerisindeki oranı en fazla %5). Poroziteli bir yapıya sahip olup numune içerisindeki boşluklar birbiriyle bağlantılıdır.	Kalsit minerali belirlenmiştir.

4.3. Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi

Bu analiz, Bölüm 3.2.3.'de belirtilen yönteme göre yapılmıştır. Belirtilen antik kentler ve harabelerdeki yapılardan alınan taş, tuğla ve harç numunelerinin kimyasal analiz sonuçları, Çizelge 4.10 - 4.12'de verilmiştir.

4.3.1. Taş Numunelerin Kimyasal Analizi

Taş numunelerin XRF analiz sonuçları, Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Taş numunelerin XRF analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.10.), CaO miktarı %55.11 – %57.57 arasında değişirken CaCO₃ miktarı %91.0 – %96.1 arasında değişmektedir.

4.3.2. Tuğla Numunelerin Kimyasal Analizi

Tuğla numunelerin XRF analiz sonuçları, Çizelge 4.11.'de verilmiştir. Tuğla numunelerin çok fazla olması durumunda, CaO miktarına göre sınıflandırılarak numuneler azaltılabilmekte ve bu sınıflama SiO₂ ve Fe₂O₃ elementlerince desteklenmesi gerekmektedir (Cardiano vd., 2004).

Tuğla numunelerin XRF analizi incelendiğinde CaO miktarı %5.86 ve üzeri olan değerler, XRD analizinde (Bkz. Çizelge 4.6.) kalsit olarak belirlenmiştir (Örneğin T33, T41 ve T29 tuğla numuneleri). Ayrıca tuğla numunelerde CaO miktarı %8'i aştığı takdirde tuğlanın rengi sarıya döner. Bununla birlikte tuğla numunelerinin yapılarında şekil bozuklukları ve çatlamlar görülür (Örneğin T29 ve T33 tuğla numuneleri) (Baradan 2000).

Tuğla numunelerin SiO₂ miktarı, %49.52 – %66.55 arasında değişmekte ve Fe₂O₃ miktarı da, %1.03 – %8.59 arasında değişmektedir (Çizelge 4.11.). Bu nedenle tuğla numunelerin tümünde kuvars ve hematit ana minerallerdir.

4.3.3. Harç Numunelerin Kimyasal Analizi

Harç numunelerin, XRF analiz sonuçları, Çizelge 4.12.'de verilmiştir. SiO₂ miktarlarına göre, harç numunelerde sınıflama yapılabilir. Numunelerde Al₂O₃ elementinin yüksek değer göstermesi, feldspatın büyük miktarlarından kaynaklanmaktadır (Callebaut vd., 2000).

Çizelge 4.10. Taş Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları (XRF)

No	Numune No	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	SO ₃	SiO ₂	CaCO ₃ +MgCO ₃	Kızdırma Kaybı
1	S 42	0.27	53.27	0.15	0.07	0.63	0.02	4.58	91.0	41.49
2	S 10	-	57.57	0.01	0.02	0.23	-	-	95.3	43.65
3	S 21	-	56.87	-	0.03	0.18	-	-	95.4	43.54
4	S 16	0.05	55.11	0.04	0.04	0.50	0.05	-	95.4	43.68
5	S 37	-	56.96	-	0.02	0.17	0.03	-	96.0	43.95
6	S 25	-	56.94	-	0.02	0.16	0.04	-	96.1	43.87
7	S 46	-	57.32	0.02	0.03	0.25	0.01	-	94.5	43.47
8	S 41	0.02	56.83	0.06	0.03	0.49	0.12	-	96.4	43.67

Çizelge 4.11. Tuğla Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları (XRF)

No	Numune No	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaCO ₃ +MgCO ₃	Kızdırma Kaybı
1	T 16	17.96	2.32	0.03	6.53	3.39	0.79	1.03	-	64.86	1.05	2.5	2.15
2	T 6	18.71	0.64	0.02	8.04	3.21	2.06	0.46	-	64.17	0.96	0.8	1.80
3	T 33	15.74	13.91	0.01	6.86	2.87	2.56	0.88	-	49.52	0.81	15.5	7.15
4	T 24	21.85	5.19	0.04	8.59	3.24	1.70	1.55	0.01	53.88	0.95	4.6	3.10
5	T 41	16.99	5.86	0.03	7.26	3.12	2.69	0.81	0.03	56.22	0.92	5.9	6.39
6	T 45	16.11	3.92	0.02	6.93	3.04	2.46	1.30	0.01	60.24	0.94	3.8	5.30
7	T 9	18.14	0.17	0.02	8.00	3.07	1.75	0.42	-	66.55	0.93	-	1.02
8	T 29	16.72	10.87	0.01	1.03	3.21	3.11	1.06	0.04	51.74	0.90	12.0	5.42

Maravelaki-Kalaitzaki vd. (2003)'ne göre, puzolanik harçlarda SiO_2 miktarı yüksek ve MgO miktarı düşük değerdedir. Puzolanik harçlarda (Bkz. Bölüm 4.1.3.) SiO_2 miktarı, %47.86 – %54.70 arasında değişmektedir (Çizelge 4.12.). Ayrıca bu harçlar, yüksek K_2O ve düşük CaO ve MgO içermektedir (Callebaut vd., 2000). Hidrolik indeksi en yüksek olan numunenin hidrolik özelliği de en yüksektir. Bu nedenle puzolanik harçlar, en yüksek hidrolik özelliklere sahiptir (Banfill ve Forrester, 2000; Callebaut ve Elsen, 2001). Ayrıca ASTM C 618 - 72 no'lu standarda göre bir puzolanda $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 > 0.70$ koşulu gerçekleşmelidir (Postacıoğlu, 1986). Bu ifadeye göre, Çizelge 4.12. incelendiğinde puzolanik harç tipleri (M6, M32, M8 ve M34 harç numuneleri) bu koşulu sağlamaktadır.

Harç numunelerde %27 - %33 arasında silisyumum değer göstermesi, bu harçlarda kil tepkimesinin var olduğunu yani ezik tuğla parçacıklı malzemelerin kullanıldığını gösterir (Papayanni, 1997; Maravelaki-Kalaitzaki vd., 2003). Harç numunelerin XRF analiz sonuçları incelendiğinde, M14 harç numunesinin SiO_2 miktarı %31.71 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12.). Bu nedenle M14 harç numunesi ezik tuğla kireç harcıdır. Vitruv, Roma çağında kullanılan bu malzemeyi Opus testaceum olarak adlandırmaktadır. Roma çağının son dönemlerine gelindiğinde bu harcın kullanımı azalmıştır (Moropoulou vd., 2004).

Tipik kireç harçları, bu harçlarda CaCO_3 'ün oranı %68'den fazladır ve silisyum yüzdesi düşüktür (Papayanni, 1997; Moropoulou vd 2000; Maravelaki-Kalaitzaki vd., 2003). Bu ifadeye göre XRF analiz sonucu (Çizelge 4.12.) incelendiğinde; M3, M30 ve M25 harç numuneleri tipik kireç harçları olup M28 harcı da bir Cementitious harç tipidir (Bkz. Bölüm 4.2.3.).

4.4. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Tarihi yapılardan alınan taş, tuğla ve harç numunelerinin fiziksel özellikleri, Bölüm 3.2.4.'deki yöntemlere göre yapılmıştır. Bu fiziksel özelliklerden birim ağırlık, su emme ve özgül ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak porozite, kompasite, doyma derecesi (Bkz. Bölüm 3.2.4.) bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Harç Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları (XRF)

No	Num. No	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaCO ₃ + MgCO ₃	Kız. Kay.	Hidrolik İndeks (HI)	Çimento İndeks (CI)
1	M 28	0.21	39.57	-	0.12	0.04	13.82	0.03	0.03	0.43	-	88.9	45.83	0.01	0.03
2	M 3	0.83	41.92	-	0.36	0.13	10.61	0.03	0.01	2.17	0.03	96.5	44.01	0.06	0.13
3	M 6	13.68	9.04	0.01	5.85	2.44	3.14	1.23	-	54.70	0.67	8.3	10.60	6.09	12.82
4	M 32	13.35	10.09	0.01	5.65	2.02	2.05	0.89	0.01	51.09	0.58	25.1	16.3	3.84	8.56
5	M 8	13.57	8.80	0.01	5.72	2.61	2.13	1.11	-	52.63	0.67	15.5	13.27	6.58	14.11
6	M 14	12.12	23.16	0.04	5.22	1.85	1.34	0.80	0.14	31.71	0.57	37.3	19.90	2.00	4.22
7	M 34	11.75	12.76	0.01	5.83	2.08	1.98	1.06	-	52.46	0.61	22.5	13.65	4.64	10.35
8	M 30	0.03	38.50	-	0.05	0.03	15.72	0.01	0.04	-	-	99.4	46.32	0.00	0.00
9	M 25	0.33	53.76	-	0.20	0.08	0.09	-	0.40	1.69	0.01	89.5	43.90	0.04	0.10

Çizelge 4.13. Taş Numunelerin Fiziksel Analiz Sonuçları

No	Numune No	A _h Birim Ağırlık gr/cm ³	S _k Kütlece Su Emme %	S _h Hacimce Su Emme %	d _o Özgül Ağırlık gr/cm ³	P _g Görünen Porozite %	K Kompasite %	P Porozite %	D Doyma Derecesi %
1	S42	2.51	0.88	2.22	2.67	2.2	94.0	6.0	37.0
2	S10	2.52	0.57	1.45	2.63	1.4	95.8	4.2	34.5
3	S21	2.52	0.81	2.05	2.65	2.0	95.1	4.9	41.8
4	S16	2.55	0.46	1.18	2.68	1.2	95.1	4.9	24.1
5	S37	2.48	1.82	4.52	2.64	4.5	93.9	6.1	74.6
6	S25	2.41	1.39	3.34	2.69	3.3	89.6	10.4	32.1
7	S46	2.57	0.50	1.28	2.67	1.29	96.2	3.8	33.7
8	S41	2.41	1.97	4.75	2.62	4.7	92.0	8.0	59.3

Kılcal su emme deneyi, Bölüm 3.2.4.7'deki yönteme göre hesaplanmış (EK.5) ve elde edilen verilerde su emmenin - zamana bağlı grafiği çizilmiştir (EK.6).

4.4.1. Taş Numunelerin Fiziksel Analizi

Taş numunelerin, fiziksel analizlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.13.'de verilmiştir. Taş numuneler incelendiğinde birim ağırlık değeri (Δ_h), 2.41 – 2.57 gr/cm³ arasındayken özgül ağırlık değeri (d_o), 2.62 – 2.69 arasındadır. Malzemede boşluk oranı ne kadar fazlaysa, birim ağırlık ve kompasite değeri o kadar düşüktür (Kocataşkın, 1984). Bu ifadeye göre; Çizelge 4.13 incelendiğinde S25 ve S41 taş numunelerinde boşluk oranı en fazladır.

Doyma derecesi, malzemenin donmaya dayanımının belirtilmesi bakımından anlam taşır. Eğer bu değer, % 80 sınırının altında olursa genellikle bu malzemenin (S37, S25 ve S41), donmada zarar görmediği gözlenmiştir (Çizelge 4.13.).

Kılcallık katsayısı (C) malzemenin boşluk karakteri ile ilgili bir değer olup kılcallık katsayısı grafiği incelendiğinde (EK.5); S37, S25 ve S41 taş numunelerinin yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Yani bu malzemelerin boşluk oranları, diğer taş malzemelerden daha fazladır. Su emme - zaman grafiklerine göre (EK.6), bu malzemelerin korelasyon katsayısı düşük değerli olduğu için malzeme durabil değildir.

4.4.2. Tuğla Numunelerin Fiziksel Analizi

Tuğla numunelerin, fiziksel analizlerinden elde edilen analiz sonuçlarına (Çizelge 4.14.) göre tuğla numunelerin birim ağırlık değeri (Δ_h), 1.70 - 1.94 gr/cm³ arasındayken özgül ağırlık değeri (d_o), 2.62 - 2.77 arasındadır. T9 tuğla numunesinin fiziksel analiz verileri incelendiğinde (Çizelge 4.14.), kompasite ve birim ağırlık değerleri yüksektir. Bu nedenle bu malzemelerde boşluk oranı azdır ve bu malzemelerin basınç mukavemet değerleri de en yüksektir.

Çizelge 4.14. Tuğla Numunelerinin Fiziksel Analiz Sonuçları

No	Numune No	Δ_h Birim Ağırlık gr/cm ³	S_k Kütlece Su Emme %	S_h Hacimce Su Emme %	d_o Özgül Ağırlık gr/cm ³	P_g Görünen Porozite %	K Kompasite %	P Porozite %	D Doyma Derecesi %
1	T16	1.79	12.01	21.43	2.69	21.5	66.5	33.5	64.1
2	T6	1.87	13.52	25.25	2.71	25.3	69.0	31.0	81.5
3	T33	1.70	17.17	29.10	2.62	29.2	64.9	35.1	82.9
4	T24	1.87	14.70	27.47	2.76	27.5	67.8	32.2	85.2
5	T41	1.77	16.27	28.74	2.62	28.8	67.6	32.4	88.6
6	T45	1.76	16.17	28.47	2.69	28.5	65.4	34.6	82.3
7	T9	1.94	10.54	20.46	2.69	20.4	72.1	27.9	73.4
8	T29	1.73	18.22	31.49	2.77	31.5	62.5	37.5	83.9

Çizelge 4.15. Harç Numunelerinin Fiziksel Analiz Sonuçları

No	Numune No	Δ_h Birim Ağırlık gr/cm ³	S_k Kütlece Su Emme %	S_h Hacimce Su Emme %	d_o Özgül Ağırlık gr/cm ³	P_g Görünen Porozite %	K Kompasite %	P Porozite %	D Doyma Derecesi %
1	M28	1.68	16.67	27.96	2.70	28.0	62.2	37.8	74.0
2	M3	1.62	16.58	26.85	2.74	26.9	59.1	40.9	65.7
3	M6	1.87	13.58	25.34	2.74	25.4	68.2	31.8	79.8
4	M32	1.85	10.78	19.93	2.64	19.9	70.1	29.9	66.6
5	M8	1.89	12.44	23.53	2.73	23.5	69.2	30.8	76.5
6	M14	1.63	21.90	35.73	2.65	35.7	61.5	38.5	92.8
7	M34	1.88	13.91	26.19	2.71	26.2	69.4	30.6	85.5
8	M30	1.65	15.73	25.96	2.70	26.0	61.1	38.9	66.8
9	M25	1.60	17.00	27.25	2.59	27.2	61.8	38.2	71.3

Tuğla malzemelerin doyma derecesi incelendiğinde %80 sınırının altında olan numuneler (T16 ve T9), donmada zarar görmez (Çizelge 4.14.). Su emme - zaman grafiklerine göre (EK.6), T6 tuğla numunesinin korelasyon katsayısı düşük değerli olduğu için durabil değildir.

4.4.3. Harç Numunelerin Fiziksel Analizi

Harç numunelerin, fiziksel analiz sonuçları (Çizelge 4.15.) incelendiğinde, tuğla numunelerin birim ağırlık değeri (Δ_h), 1.60 - 1.89 gr/cm³ arasındayken özgül ağırlık değeri (d_o), 2.59 - 2.74 gr/cm³ arasındadır. M3 numunesi incelendiğinde (Çizelge 4.15.), kompasite ve birim ağırlık değerleri yüksek değerdedir. Bu nedenle bu malzemelerde boşluk oranı azdır ve bu malzemelerin basınç mukavemet değerleri de yüksektir.

Harç malzemelerin doyma derecesi incelendiğinde %80 sınırının üzerinde olan numuneler (M14 ve M34), donmada zarar görür (Çizelge 4.15.). Su emme - zaman grafiklerine göre (EK.6), M8 harç numunesinin korelasyon katsayısı düşük değerli olduğu için durabil bir malzeme değildir.

5. Tahribatsız Analizle Taş Numunelerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Bölüm 3.2.6.1'deki yöntem kullanılarak, schmidt çekiciyle elde edilen basınç mukavemet sonuçları, Çizelge 4.16.'da verilmiştir. Elde edilen verilerden S42, S16 ve S46 taş numuneleri yüksek mukavemet özellikleri göstermekteyken S37, S25 ve S41 taş numuneleri düşük mukavemet göstermektedir.

Bölüm 3.2.6.2'deki yöntemle göre ultrases hız değeri ve birim ağırlık değerleri kullanılarak dinamik elastisite modülü ve maksimum basınç mukavemet değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.16.). Elde edilen verilerden S42, S16 ve S46 taş numuneleri yüksek dinamik elastisite değeri ve yüksek mukavemet özellikleri göstermekteyken S37, S25 ve S41 taş numuneleri düşük elastisite değeri ve düşük mukavemet sergilemektedir. Sonuç olarak Ultrases hızı ile elde edilen veriler, schmidt çekiciyle elde edilen verileri desteklemektedir.

Çizelge 4.17. Taş Numunelerin Ultrases Değeriyle Elde Edilen Dinamik Elastisite Modülü ve Maksimum Basınç Dayanımı Sonuçları

No	Numune No	Yer	Uzunluk (mm)	Ultrases Değeri (µsn)	Ultrases Hızı V (km/sn)	Birim Ağırlık A_h (kg/dm ³)	Din. Elastisite Mod. E_d (kgf/cm ²)	Ort. Din. Elastisite Mod. $E_{d \text{ ort}}$ (kgf/cm ²)	Max. Basınç Dayanımı $C_{c \text{ max}}$ (kgf/cm ²)	Max. Basınç Dayanımı ort. $C_{c \text{ max. ort.}}$ (kgf/cm ²)
1	S42	üst	960	155.20	6.19	2.65	1035	1040	2420	2440
		alt	960	154.70	6.21	2.65	1040		2455	
2	S10	üst	900	157.90	5.70	2.59	860	860	1670	1670
		alt	905	158.90	5.70	2.59	855		1665	
3	S21	üst	670	120.30	5.57	2.63	830	835	1570	1585
		alt	670	119.70	5.60	2.63	840		1600	
4	S16	üst	440	70.90	6.21	2.66	1045	1040	2475	2450
		alt	440	71.30	6.17	2.66	1035		2420	
5	S37	üst	520	110.80	4.69	2.48	555	560	705	715
		alt	520	110.30	4.71	2.48	560		720	
6	S25	üst	240	51.10	4.70	2.41	540	545	665	675
		alt	240	50.70	4.73	2.41	550		685	
7	S46	üst	270	45.80	5.90	2.65	940	940	2000	1990
		alt	270	45.90	5.88	2.65	935		1980	
8	S41	üst	1180	247.10	4.78	2.41	560	560	710	710
		alt	1180	246.90	4.78	2.41	560		710	

5. SONUÇ

XRD (X-ray difraksiyon), Optik mikroskop, SEM/EDX (Elektron tarama mikroskobu ve enerji dağıtma spektrometresi) ve XRF (X-ray flüoresan) analizleri bir arada değerlendirilmiş ve elde edilen verilere göre taş, tuğla ve harç malzemelerin sınıflama işlemleri yapılmıştır.

Taş malzemeler, iki ana sınıfta toplanmıştır. Birincisi mikritik kireçtaşı olup bu malzemelerin yapısı ince kristallerden oluşmaktadır. Elde edilen verilere göre S42, S10, S21, S16, S25 ve S46 taş numuneleri mikritik kireçtaşlarıdır. İkincisi spartik kireç taşı olup bu malzemelerin yapısı kalın kristallerden oluşmaktadır (S37 ve S41).

Tarihi tuğla malzemeler yakma sıcaklıklarına göre dört ana sınıfta değerlendirilmiştir. Birincisi 900- 1050 °C arasındaki sıcaklıklarda yakılan tuğlalar, bu tuğla malzemeler yapılarında diopsit mineralini bulundurlar (T24 tuğla numunesi). İkincisi 900 °C'nin altında yakılan tuğlalar, bu tuğlalar bünyesinde hematit ve gehlenit minerallerini bir arada bulundurlar (T33 tuğla numunesi). Üçüncüsü 850 °C'nin üzerinde yakılan tuğlalar, bu tuğlalar yapılarında hematit ve anortit minerallerini içerirler (T29, T9 ve T45 tuğla numuneleri). Dördüncüsü 850 °C'nin altında yakılan tuğlalar, bu tuğlalar dolomit ve hematit minerallerini kapsar (T16 ve T41 tuğla numuneleri). Hematit mineralinin varlığı ve kalsiyumca zengin olan fazların (diopsit, gehlenit ve anortit) bulunmayışı yine tuğla numunenin 850 °C'nin altında yakıldığını gösterir (T6 numunesi).

Tarihi harç malzemeler dört ana sınıfta toplanmıştır. Birinci grup, tipik kireç harçları olup bu harçlarda CaCO_3 'ün oranı %68'den fazla ve silisyum miktarı ise çok düşüktür. M3, M30 ve M25 harç numuneleri, birer tipik kireç harçlarıdır. İkinci grup, ezik tuğla kireç harçları olup bu harçlarda silisyum miktarı %27 - %33 arasında ve bünyesinde hematit ve opal mineralleri bulundurması gerekmektedir. Bu nedenle M14 harç numunesinde silisyum miktarı %31.71 olması ve yapısında hematit ve opal minerallerini bulundurması, bu harcın ezik tuğla kireç harcı olduğunu gösterir. Üçüncü grup, puzolanik kireç harçları olup bu harçlarda SiO_2 miktarının yüksek değerde olması ve MgO miktarının düşük değerlerde olması gerekmektedir. Buna

ilaveten bünyesinde, muskovit ve biotit gibi mika mineralleri ve piroksenleri bulundurulmalıdır. Elde edilen verilere göre M6, M32, M8 ve M34 harç numuneleri birer puzolanik kireç harcıdır (Bkz. Çizelge 4.6. ve Çizelge 4.12.). Dördüncü grup, cementitious harçları olup bu harçlar Helenistik dönem harçlarıdır. Bu harç numunelerinin çatlak kısımlarının kalsit, kuvars ve dolomit mineralleri ile dolu olması ve kompakt bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle M28 harç numunesi bir cementitious harçtır (Bkz. Çizelge 4.9.).

Taş, tuğla ve harç numunelerinin fiziksel analizleri yukarıda belirtilen sınıflamalar göz önünde tutularak yapılmıştır. Mikritik kireçtaşı numunelerinin birim ağırlıkları, 2.41 - 2.57 gr/cm³ arasındayken özgül ağırlık değeri, 2.63 – 2.69 gr/cm³ arasındadır. Sparitik kireçtaşı numunelerin ise birim ağırlıkları, 2.41 – 2.48 gr/cm³ arasında iken özgül ağırlık değeri, 2.62 – 2.64 gr/cm³ arasında olduğu gözlemlenmektedir. Bu ifadeler göz önünde tutulursa mikritik kireç taşlarının kılcallık katsayısı ve su emme oranı sparitik kireç taşlarından azdır. Ayrıca sparitik kireç taşları don ortamlarda zarar görmezler.

900 °C'nin üzerinde yakılan T24 tuğla numunesinin birim ağırlığı 1.87 gr/cm³ ve özgül ağırlık değeri 2.76 gr/cm³'tür. Bu numunenin donma derecesi %85.2 olup donmada malzeme zarar görür. 900 °C'nin altında yakılan T33 tuğla numunesinin birim ağırlığı 1.70 gr/cm³ ve özgül ağırlık değeri 2.62 gr/cm³ olduğu görülmektedir. 850 °C'nin üzerinde yakılan T29, T9 ve T45 tuğla numunelerin (Bizans Dönemi tuğlalar) birim ağırlıkları 1.73 – 1.94 gr/cm³ arasındayken özgül ağırlık değeri 2.69 – 2.76 gr/cm³ arasındadır. 850 °C'nin altında yakılan T16, T6 ve T41 tuğla numunelerinin birim ağırlıkları 1.77 – 1.87 gr/cm³ arasındayken özgül ağırlık değeri 2.62 – 2.71 gr/cm³ arasında olduğu görülmüştür. Donma olayından T16 ve T9 numuneleri etkilenmez.

M3, M30 ve M25 tipik kireç harçlarının birim ağırlıkları 1.60 – 1.62 gr/cm³ arasındayken özgül ağırlık değeri 2.59 – 2.74 gr/cm³ arasındadır. M14 ezik tuğla kireç harcının birim ağırlığı 1.63 gr/cm³ ve özgül ağırlık değeri 2.65 gr/cm³ olduğu görülmektedir. M6, M32, M8 ve M34 puzolanik harçların birim ağırlıkları 1.85 –

1.89 arasında iken özgül ağırlık değeri $2.59 - 2.74 \text{ gr/cm}^3$ arasındadır. M28 Cementitious harcının ise birim ağırlığı 1.68 gr/cm^3 ve özgül ağırlık değeri 2.70 gr/cm^3 olduğu görülmektedir. Bu değerlerden de anlaşıldığı üzere puzolanik harçların mukavemetleri en fazladır.

Taş numunelerin mekanik özellikleri dikkate alındığında schmidt çekiciyle elde edilen yaklaşık basınç mukavemeti mikritik kireç taşlarında $695 - 2390 \text{ kgf/cm}^2$ arasındayken sparitik kireç taşlarında bu değer $635 - 680 \text{ kgf/cm}^2$ arasındadır. Ultrases hız yöntemiyle elde edilen dinamik elastisite modülü ve maksimum basınç mukavemeti mikritik kireç taşlarında dinamik elastisite modülü $560 - 1040 \text{ kgf/cm}^2$ arasında ve maksimum basınç mukavemeti $715 - 2440 \text{ kgf/cm}^2$ arasındayken sparitik kireç taşlarında dinamik elastisite modülü $545 - 560 \text{ kgf/cm}^2$ arasında ve maksimum basınç mukavemeti $675 - 710 \text{ kgf/cm}^2$ arasında olduğu görülmektedir. Bu ifadelerden de anlaşılacağı üzere mikritik kireçtaşının basınç mukavemeti ve elastisite modülü, sparitik kireç taşlarından daha yüksektir.

Bu deneylerden elde edilen veriler gösterir ki; geçmişte inşa edilen yapıların bir çoğu günümüz yapılarından dayanıklı olduğu görülmektedir. Ayrıca bu tez çalışması ileri ki aşamalarda restorasyon ve rehabilitasyon konularına ışık tutabilecektir.

Tez çalışmasından elde edilen veriler; kavimlerin kullandıkları üretim teknikleri ve malzeme teknolojisinin ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır. Bu üretim teknikleri ve malzeme teknolojisi göz önünde tutularak restorasyon ve rehabilitasyon çalışmaları sırasında malzeme seçiminde yol gösterici olacaktır. Tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin incelenmesi bize geçmiş, günümüz ve gelecek arasında köprü kuruyor olması muhakkaktır. Bu konuda yapılan çalışmalara dikkat edilecek olursa mühendislik bakış açısının önemi açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

http://www.kultur.gov.tr/portal/arkeoloji_en.asp?belgeno=5963, 03.09.2004

<http://www.newadvent.org/cathen/11567b.htm>, 03.09.2004

<http://fef.sdu.edu.tr/~yazisler/adada.htm>, 03.09.2004

<http://www.smyo.net/ortasayfalar/sutculer.asp> 03.09.2004

<http://www.isparta.8k.com/sutculer.htm>, 05.09.2004

http://www.kultur.gov.tr/portal/arkeoloji_en.asp?belgeno=669, 05.09.2004

<http://www.kenthaber.com/Sayfalar/IlceTuristikBilgi.asp?IlceKodu=1503&IlceAdi=Bucak>, 08.09.2004

<http://www.geocities.com/bucak15/tarihi.htm>, 08.09.2004

Acar,E., 1996. “from Prehistorik Ages to the end the Bronze Age” Housing and Settlement in Anatolia: A Historical Perspective. HABİTAT II publ. p: 380-394, İstanbul.

Adam, J. P., 1994. Roman Building Materials and Techniques. p: 119-157, London.

Akman, M.S., Güner A., Aksoy, I.H., 1986. “The History and Properties of Khorasan Mortar and Concrete”, Turkish and Islamic Science and Technology in 16th Century, V1, İTÜ Research Center of History of Science and Technology Publ. p: 101-102 İstanbul.

Akman, M.S., 1997. “Building Materials in Early Ages of Mankind” International Conference on Studies in Ancient Structures. Edited by Özşen. G., p:177-186, İstanbul.

Akman, M. S., 2001. “Experimental Researches and Methods Carried Out on Ancient Structures”. Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 491-498, İstanbul.

Akman, M.S., 2003. “Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi”. Türkiye Mühendislik Haberleri, 426, s:30-36, İstanbul.

Aköz, F., Yüzer, N., Çakır Ö., Kabay, N., 2001. “Investigation of Materials Properties of Dolmabahçe Palace Reception (Muayede) Hall’s Dome and Vaults”, Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 659-668. İstanbul.

Akurgal, E., 1998. Anadolu Kültür Tarihi. Tübitak Yayınevi. 3 s, Ankara.

- Almesberger, D., Toncic, M., D'amato, A., Rizzo, A., 1997. "Diagnosis of the Historical Buildings of Dubrovnik Damaged by the War". International Conference on Studies in Ancient Structures. Edited by Özşen. G., pp: 217-224, Istanbul.
- Anonim, 1983. Isparta Valiliği, s:136-138
- Anonim, 1992. Büyük Larousse Sözlük ve Ansiklopedisi. Gelişim Yayınevi. 11832 s, İstanbul.
- ASTM C67 - 3a, 2003. Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. American Society for Testing and Materials, United States.
- ASTM C97 – 02. Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone. American Society for Testing and Materials, United States.
- ASTM C170 – 90, 1999. Standard Test Method for Compressive Strength of Dimension Stone. American Society for Testing and Materials, United States.
- ASTM C 597, 1993. Annual Boks of ASTM Standards, vol. 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- ASTM C 805, 1993. Non-destructive testing- determinaton of rebound number. Annual Boks of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Baer, N.S., Fitz, S., Livingston, R.A., 1998. Conservation of Historic Brick Structures. Donhead Publishing, Dorset,
- Banfill PFG., Forrester AM., 2000. A relationship between hydraulicity and permeability of hydraulic lime. Proceedings of the International RILEM-workshop "Historic mortars: characteristics and tests", p:173–83, Paisley.
- Baradan, B., 1998. Yapı Malzemeleri II. Mühendislik Fakültesi Basımevi, s: 2-3, İzmir.
- Baradan, B., 2000. Yapı Malzemesi I. D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları. 14-39s, İzmir.
- Baronio, G., Binda, L. and Tedeschi, C., 1997. "Thick Mortar Joints in Byzantine Buildings: Study of Their Composition and Mechanical Behaviour". International Conference on Studies in Ancient Structures. Edited by Özşen. G., pp: 235-244, Istanbul.

- Benavente, D., Garcia del Cura, M.A., Fort, R., Ordonez, S., 2004. "Durability estimation of porous building stones from pore structure and strength". *Engineering Geology* 74, p:113-127.
- Bianchini, G., Marrocchino, E., Vaccaro, C., 2004."Chemical and mineralogical characterisation of historic mortars in Ferrara (northeast Italy)". *Cement and Concrete Research* 34, p: 1471-1475.
- Biscontin, G., Birelli M. P., Zendri, E., 2002. "Characterization of binders employed in the manufacture of Venetian historical mortars. *Journal of Cultural Heritage* 3, p:31–37.
- Bonora, V., Fabbri, B., Negrotti, R., Proni, A., 2001. "Preliminary Investigations on Construction Materials and Conservation State of A Historical Building in Rural Area Near Faenza (Italy)". *Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures*. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 637-647. Istanbul.
- Bruno, P., Calabrese, D., Di Pierro, M., Genga, A., Laganara, C., Manigrassi, D.A.P., Traini, A., Ubbriaco, P., 2004. "Chemical–physical and mineralogical investigation on ancient mortars from the archaeological site of Monte Sannace (Bari-Southern Italy)". *Thermochimica Acta* 418, p:131–141.
- BS EN 480-5, 1997. Admixtures for concrete, mortar and grout- Test methods Part5: Determination of capillary absorption. British standard, Brussels.
- BS EN 1925, 1999. Natural stone test methods- Determination of water absorption coefficient by capillarity. British standard, Brussels.
- BS EN 12504 -2, 2001. Testing concrete in structures- Part2: Non-destructive testing-determinaton of rebound number. British Standard, Brussels.
- BS EN 12808 - 3, 2001. Grouts for tiles - Part 3: Determination of flexural and compressive strength. British Standard, Brussels.
- BS EN 12808 - 5, 2001. Grouts for tiles - Determination of water absorption. British Standard, Brussels.
- Büyükkolancı, M., 1998. "Adada", *Göлтаş Kültür Dizisi-5*, s:1-64, Isparta.
- Calcaterra, D., Cappelletti, P., Langella, A., Morra, V., Colella, A., De Gennaro, R., 2000. "The building stones of the ancient centre of Naples (Italy): Piperno from Campi Flegrei. A contribution to the knowledge of a long-time-used stone". *Journal of Cultural Heritage* 1, p: 415–427.
- Callebaut. K.. 2000. "State of the Art of Research/Diagnostics of Historical Building Materials in Belgium". *Belgian Building Research Institute (BBRI)*. p: 1-10. Leuven University.

- Callebaut, K., Viaene, W., Waelkens, M., Ottenburgs, R., Naud J., 2000. "Provenance and Characterization of the Raw Materials of Lime Mortars Used at Sagalassos with Special Reference to the Volcanic Rocks" Sagalassos V Report on the Survey and Excavations Campaigns of 1996 and 1997. Leuven University Press, p:651-665, Belgium.
- Callebaut, K., Elsen, J., Van Balen, K., and Viaene, W., 2001. "Nineteenth century hydraulic restoration mortars in the Saint Michael's Church (Leuven. Belgium) Natural hydraulic lime or cement?". *Cement and Concrete Research*, p:397-403.
- Cardiano, P., Ioppolo, S., De Stefano, C., Pettignano, A., Sergi, S., Piraino, P., 2004. "Study and characterization of the ancient bricks of monastery of 'San Filippo di Fragalà' in Frazzanò (Sicily)" *Analytica Chimica Acta* 519, p: 103–111.
- Cultrone, G., Sebastian, E., de la Torre M.J., 2005. "Mineralogical and physical behaviour of solid bricks with additives". *Construction and Building Materials* 19, p:39–48.
- Çağlayan, M., Haberveren, S., Taşdemir, M. A., 2001. "Strength and Permeability Properties of Concretes Used in Street Furnitures". *First International Symposium for Street Furnitures*. p:1-10. İstanbul.
- Çankıran, O., 2000. "Yapıların Depremden Önce ve Sonrasında Tahribatsız Deney Yöntemleriyle İncelenmesi". *Yapı Malzeme- İnşaat Malzemeleri İhtisas Dergisi*, Sayı: 47. 136-141s, İstanbul.
- Çevik, N., 1995 "Antik Dönemde, Yapı Taşlarının Kaldırılmasına İlişkin Teknikler" *Mimarlık Dergisi*, 11-12s, İstanbul.
- Çokca, E., 1997. "Investigation of Some Mineralogical, Physical and Mechanical Properties of Soils Used As Structural Materials in Van Castle". *International Conference on Studies in Ancient Structures*. Edited by Özşen. G., pp: 275-282, İstanbul.
- Davey, N., 1961. *A history of building materials*. Phoenix House, London.
- Davidovitz, J., 1987. "Ancient and Modern Concretes What is the Real Difference?" *ACI Concrete International*, V9, N12, p:23-35.
- Degryse, P., Elsen, J., Waelkens, M., 2002. "Study of ancient mortars from Sagalassos (Turkey) in view of their conservation". *Cement and Concrete Research* 32. p:1457-1463.
- Degryse P., Muchez P., Loots L., Vandeput L., Waelkens M., 2003. "The Building Stones of Roman Sagalassos (SW Turkey): Facies Analysis and Provenance", s:9-22, Erlangen.

- Değirmenci, N., and Baradan B., 2001. "A Puzzolanic Plaster for Conservation of Historical Earthen Walls" Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 609-618, Istanbul.
- Demirer, Ünal., 2002. "Pisidia Antiokheiası", s: 1-80, Isparta.
- Dodge, H., 1987 "Brick Construction in Roman, Greece and Asia Minor" Roman Architecture in the Greek World. Edited by Macready S., and Thompson F. H., p:106-116, London.
- Duminuco, P., Messiga, B., Riccardi, M. P., 1998. "Firing process of natural clays. Some microtextures and related phase compositions". *Thermochimica Acta* 321, p:185-190.
- Elsen, J., Brutsaert, A., Deckers, M., Brulet, Raymond., 2004. "Microscopical study of ancient mortars from Tournai (Belgium)" *Materials Characterization* 53, p: 289 – 294.
- Eren, Ö., Bahali M., 2005. "Some engineering properties of natural building cut stones of Cyprus". *Construction and Building Materials* 19, p: 213–222.
- Esin,U., 1996. "Aşıklı Ten Thousand Years Ago: A Habitation Model from Central Anatolia" *Housing and Settlement in Anatolia: A Historical Perspective. HABİTAT II* publ. p: 30-44, Istanbul.
- Finch J.K., 1954, *The Story of Engineering*, Anchor Publ., New York.
- Franzini, M., Leoni, L., Lezzerini, M., 2000. "A procedure for determining the chemical composition of binder and aggregate in ancient mortars: its application to mortars from some medieval buildings in Pisa". *Journal of Cultural Heritage* 1, p:365–373.
- Freidin, C., Meir, I. A., 2004. "Byzantine mortars of the Negev Desert". *Construction and Building Materials*, p: 1-5.
- Genestar, C., Pons, C., 2003." "Ancient covering plaster mortars from several convents and Islamic and Gothic palaces in Palma de Mallorca (Spain).Analytical characterisation". *Journal of Cultural Heritage*, p:291-298.
- Güleç, A., and Tulun, T., 1997. "Physico Chemical And Petrographical Studies Of Old Mortars And Plasters Of Anatolia". *Cement and Concrete Research*, Vol. 27, No. 2, p: 227-234.
- İnan J., 1970. "Kremna Kazısı Raporu", *Türk Arkeoloji Dergisi* XIX/2, s:51-97.
- Karaveziroğlu, M., Barboutis, C., Kranas, V., 1997. "Behaviour of Masonry with

Full Bricks and Lime Mortars”. International Conference on Studies in Ancient Structures. Edited by Özşen. G., pp: 225-233, Istanbul.

- Kaya M.A., Keçeli D.A., Özyalın Ş., Uyanık O., Çınar K., Kalyoncuoğlu Y., 1997. “Pisidia Antiocheia’sı Roma Hamamı”, I Uluslararası Pisidia Antiocheia Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Kocaeli Ofset Matbaacılık, s:51-67, Isparta.
- Kırca, Ö., Erdem, T. K., Uslu B. H., Bakırcı, Ö., 2001. “Estimation of the In-Situ Mechanical Properties of the Construction Materials in A Medieval Anatolian Building, Sahip Ata Hanikah in Konya”. Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 691-701, Istanbul.
- Kocataşkın F., 1984. “Malzeme Bilimi” İTÜ. İnşaat Fakültesi Ders Notları, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası. s:26,27,77, İstanbul.
- Kretschmer, F., 2000. Antik Roma’da Mimarlık ve Mühendislik. Arkeoloji ve Sanat Yayınları. 29 s.
- Lanckoron'ski K. G., Niemann G., Petersen E., 1892. STÄDTE Pamphylens und Pisidiens.
- Lopez-Arce, P., Garcia-Guinea, J., Gracia, M., Obis, J., 2003. “Bricks in historical buildings of Toledo City: characterisation and restoration”. Materials Characterization 50, p:59– 68.
- Lopez-Arce, P., Garcia-Guinea, J., 2005. “Weathering traces in ancient bricks from historic buildings” Building and Environment 40, p: 929–941.
- Macchiarola, M., Fabbri, B., Fiori, C., 2001. “Comparision Between Thermal Analyses and X-Ray Diffractometry for the Characterisation of Ancient Magnesium Lime Mortars”. Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 551-560, Istanbul.
- Malinowski, R., 1981. “Ancient mortars and concretes” Durability aspects. Proceedings ICCROM Symposium. p:341–349, Rome.
- Maravelaki-Kalaitzaki, P., Bakolas, A., Moropoulou, A., 2003. “Physico-chemical study of Cretan ancient mortars”. Cement and Concrete Research 33, p: 651–661.
- Mistakidou, E., Markopoulos Th., Alevizos, G., 2001. “Synthesis of Mortars for Use in the Repair and Maintenance of Historic Buildings and Monuments in the Island of Crete, Greece”. Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 531-539, Istanbul.
- Mitchell, S., 1988. “Cremna 1987”, VI Araştırma Sonuçları Toplantısı, Kültür

- Bakanlığı Milli Kütüphane Basımevi, p:219-223, Ankara.
- Mitchell S., Cormack S., Fursdon R., Owens E., Öztürk J., 1995. "Cremna in Pisidia An ancient city in peace in war", Published in America United State, s:1-175.
- Morgan, H., 1960. Vitruvius, Ten Books on Architects. Dover publ., New York
- Moropoulou, A., Biscontin, G., Bakolas, A., Bisbikou, K., 1997. "Technology and behavior of rubble masonry mortars". Construction and Building Materials. Vol.11, p:119-129.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou. K., 2000. "Investigation of the technology of historic mortars". Antonia Journal of Cultural Heritage 1. p:45-58.
- Moropoulou, A., Polikreti, K., Bakolas, A., Michailidis, P., 2003. "Correlation of physicochemical and mechanical properties of historical mortars and classification by multivariate statistics". Cement and Concrete Research 33. p:891-898.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Anagnostopoulou, S., 2004. "Composite materials in ancient structures". Cement and Concrete Composites, p: 1-6.
- Naumann, R., 1991. Eski Anadolu Mimarlığı, Türk Tarih Kurumu Basımevi. 494 s, Ankara.
- Neville, A. M., 1995. Properties of Concrete. VVP. pp: 1 Longman Malaysia.
- Oğuztüzün, C., Aralık 1996. "Sütçüler: Issızlığın Ortası", Atlas Dergisi, s:44-58.
- Özdoğan, M., 1996. "from Huts to Houses Firsts in Architecture" Housing and Settlement in Anatolia: A Historical Perspective. HABİTAT II publ. p: 1-29, Istanbul.
- Özergin M.K., 1997 "Anadolu'da Selçuklu Kervansarayları", Tarih Dergisi, XV/20 s:144.
- Papayanni, I., 1997. "Technology of Mortars and Bricks Used in Ottoman Monuments of Thessaloniki". International Conference on Studies in Ancient Structures. Edited by Özşen. G., pp: 245-253. Istanbul.
- Papayanni, I., Hatzitrifonos, E., 1997. "A Survey of the Pazar Hamam in Thessaloniki". International Conference on Studies in Ancient Structures. Edited by Özşen. G., pp: 283-292, Istanbul.
- Papayanni, I., Stefanidou, M., 1997. "Repair Mortars Suitable for Interventions of Ottoman Monuments". International Conference on Studies in Ancient Structures. Edited by Özşen. G., pp: 255-264. Istanbul.

- Papayanni, I., Stefanidou, M., 2001. "Porosity and Structure of Old Mortars". Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 509-518, İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1981. İç Yapı ve Mekanik Özellikler, Cilt 1 İTÜ Matbaası. s:572-573, İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1986. Beton Bağlayıcı Maddeler. Cilt 1, İTÜ Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 2s, İstanbul.
- Radivojevic, A., Dervissis, D., 2001. "Production and Testing of Bricks for Repair Work". Proceeding of the 2nd International Congress Studies in Ancient Structures. Edited by Arun, G., and Seçkin, N., pp: 581-588. İstanbul.
- Riccardi, M. P., Duminuco, P., Tomasi, C., Ferloni, P., 1998. "Thermal, microscopic and X-ray diffraction studies on some ancient mortars". *Thermochimica Acta* 321, p:207-214.
- Riccardi, M.P., Messiga, B., Duminuco, P., 1999. "An approach to the dynamics of clay firing". *Applied Clay Science* 15, p: 393–409.
- Straub, H., 1964. *History of Civil Engineering*, MIT Pres, Cambridge MA
- Stutzman P., 2004. "Scanning electron microscopy imaging of hydraulic cement microstructure" *Cement and Concrete Composites* 26, p: 957–966.
- Taşlıalan, M., 1997. "Pisidia Antiocheia'sının Tarihçesi", I Uluslararası Pisidia Antiocheia Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Kocaeli Ofset Matbaacılık, s:5-20, Isparta.
- Taşlıalan, M., 1999. "Pisidia Antiocheia'sı 1997 yılı Çalışmaları", IX. Müze Kurtarma Kazıları Semineri, Kültür Bakanlığı Milli Kütüphane Basımevi, s:21-39, Ankara.
- Thorpe, M., 2002. *Roma mimarlığı*. Çeviren: Akbulut, R., Hamer Kitapevi. 108-112s.
- TSE 699, 1987. *Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları*. Türk Standardları Enstitüsü, s: 1-70, Ankara.
- TSE 704, 1979. *Harman Tuğlası (Duvarlar İçin)*. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 705, 1986. *Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli*. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- Uyan, M., 1975. "Beton ve harçlarda kılcallık olayı" İTÜ İnşaat Fakültesi, Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası s:27-64, İstanbul.

- Vandaele, K., Waelken, M., 1995. "Evaluation of Surface Hardness of Building Stones As A Tool for Relative Dating". Sagalassos III Report on the Fourth Excavations Campaign of 1993. Leuven University Press, p:137-141. Belgium.
- Viaene, W., Ottenburgs, R., Muchez, P., Waelkens, M., 1993. "The Building Stones of Sagalassos" Sagalassos I First General Report on The Survey (1986-1989) and excavations (1990- 1991). Leuven University Press, p:85-92, Belgium.
- Viaene, W., Waelkens, M., Ottenburgs, R., Callebaut K., 1997. "An Archaeometric Study of Mortars Used at Sagalassos" Sagalassos IV Report on the Survey and Excavations Campaigns of 1994 and 1995. Leuven University Press, p:406-421, Belgium.
- Vitruvius, A., 1990. Mimarlık Üzerine On Kitap. Türkçeye tercüme Güven, S., Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayını.
- Zamudio–Zamudio, T. J., Garrido–Alfonseca, A., Tenorio, D., Jimenez-Reyes, M., 2003. "Characterization of 16th and 18th century building materials from Veracruz City, Mexico". Microchemical Journal 74, p: 83-91.

EKLER

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nden alınan izin yazısı



T.C.
KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI
Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü

ANKARA

SAYI : B.16.0.AMG.0.10.00.02.7713.4

KONU : Öğrenci Çalışması

05.07.04 016157

Sayın Yrd. Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL
Süleyman Demirel Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yapı A.B.D. Yapı Malzemesi Bilim Dalı
32260 Çünür/ISPARTA

İLGİ: a) Yrd. Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL' in 15.01.2004 günlü başvurusu
b) Yrd. Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL' in 23.06.2004 günlü başvurusu

Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü Yapı Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL' in danışmanlığında Serkan GÜLMEZ tarafından Burdur ve Isparta illerinde bulunan antik kentlerde 2004 yılında gerçekleştirmek istenen "Antik Yapılarda Kullanılan İnşaat Malzemeleri ve Bu Malzemelerin Özelliklerinin Fiziksel, Mekanik Tahribatlı ve Tahribatsız Deney Yöntemleri Kullanılarak Saptanması" konulu tez çalışmasına ilişkin ilgi (a) ve (b) başvurular incelenmiştir.

Söz konusu çalışmanın, Burdur, Isparta ile Yalvaç Müze Müdürlüklerinin denetiminde ve belirleyeceği şartlarda, herhangi bir sondaj ve kazı yapılmaksızın ve alanda bulunan kültür varlıklarına fiziki müdahalede bulunulmaksızın, halen bölgede Bakanlığımız izinleri ile devam eden kazı ve araştırma başkanları ile iletişim kurularak gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür.

Ayrıca çalışmaya ilişkin raporun Bakanlığımız Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'ne gönderilmesi hususunda bilgi ve gereğini rica ederim.

Nadir AVCI
Bakan a.
Genel Müdür

EKLER :

EK:1 (1yazı örneği-3 sayfa)

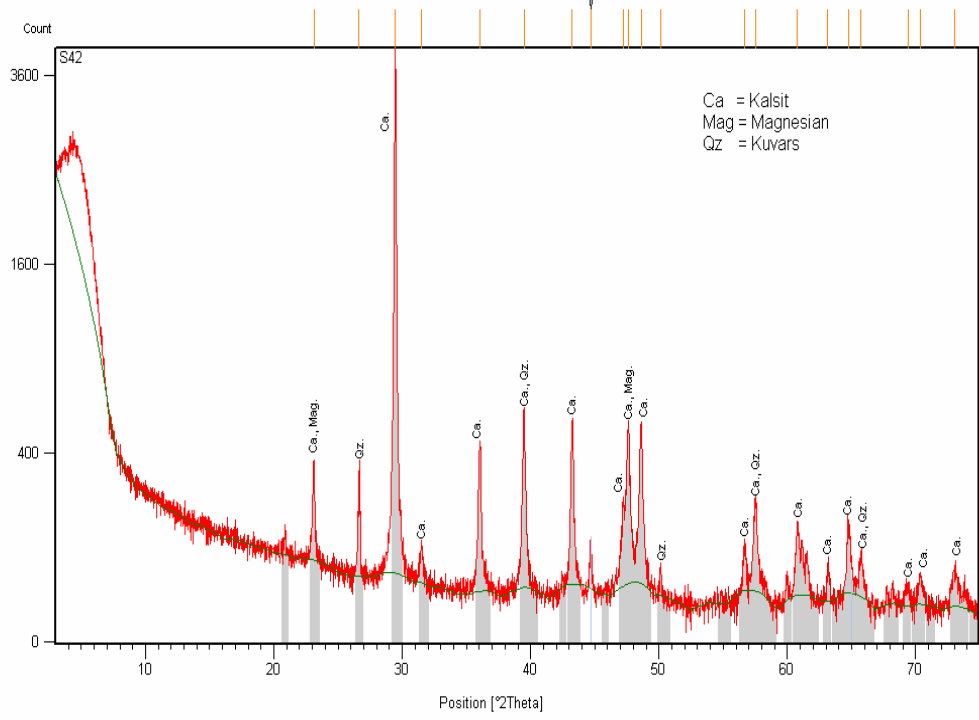
DAĞITIM:

-Burdur Valiliğine
-Isparta Valiliğine
-Yrd. Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL
Süleyman Demirel Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yapı A.B.D. Yapı Malzemesi Bilim Dalı
32260 Çünür/ISPARTA

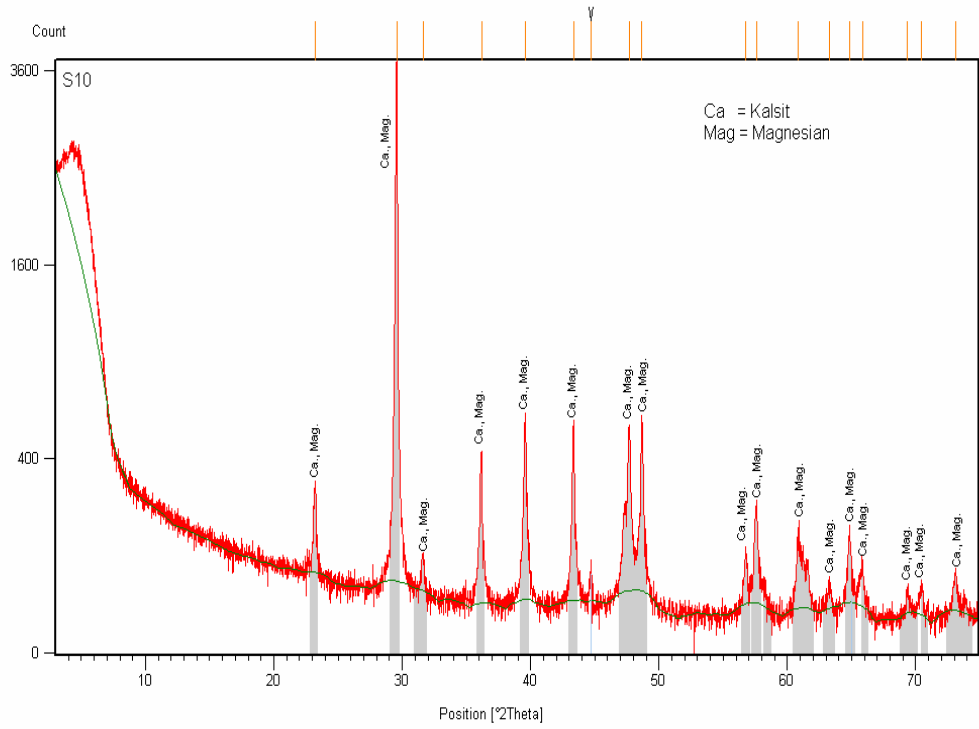
İT.B.M.M. Uhs 06543/ Ankara
www.kulturuzturizm.gov.tr

Tel: 310 49 60 (9 hat) Fax: 311 66 03
E-Mail: kulturvarlikmuzze@kulturuzturizm.gov.tr

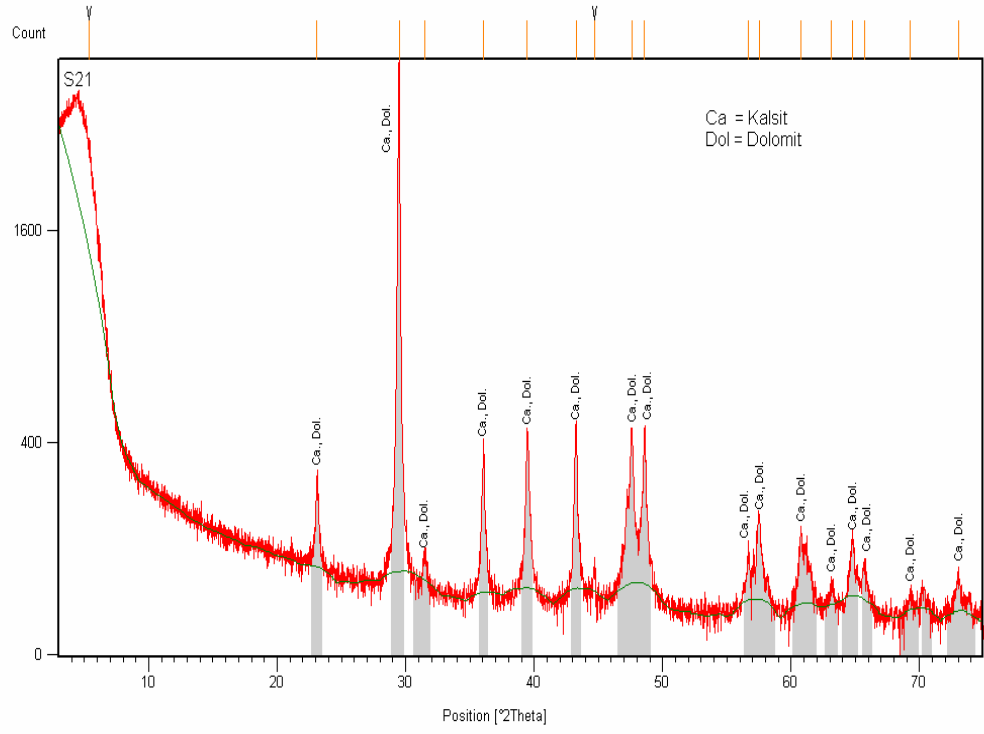
Taş, Tuğla ve Harç Numunelerinin XRD Grafik Sonuçları



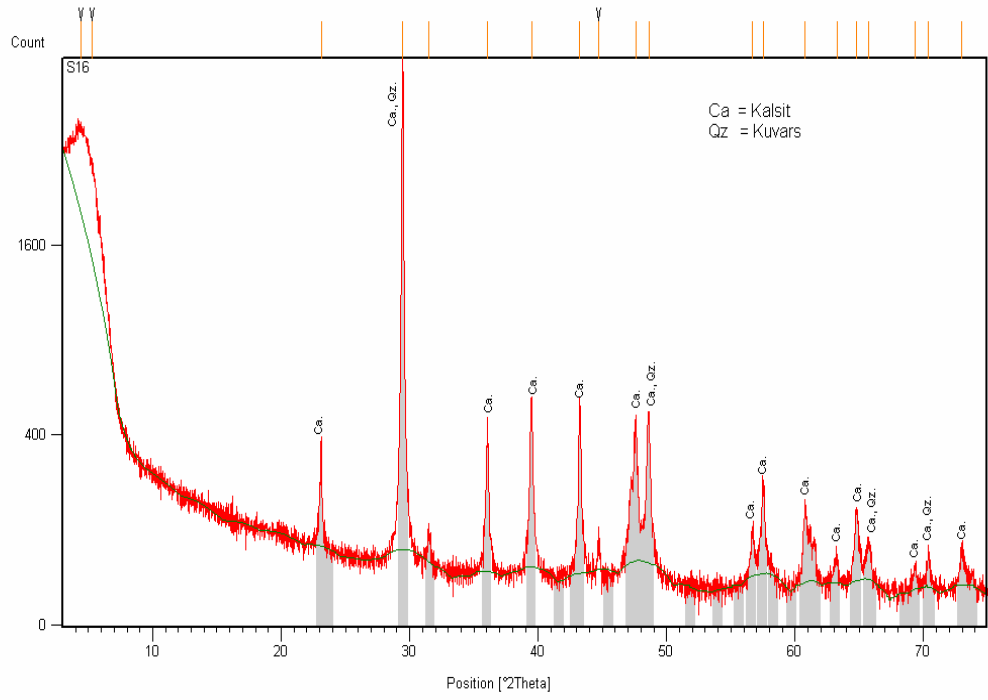
Adada Antik Kentindeki Helenistik Kuleden Alınan S42 Taş Numunesinin XRD grafiği



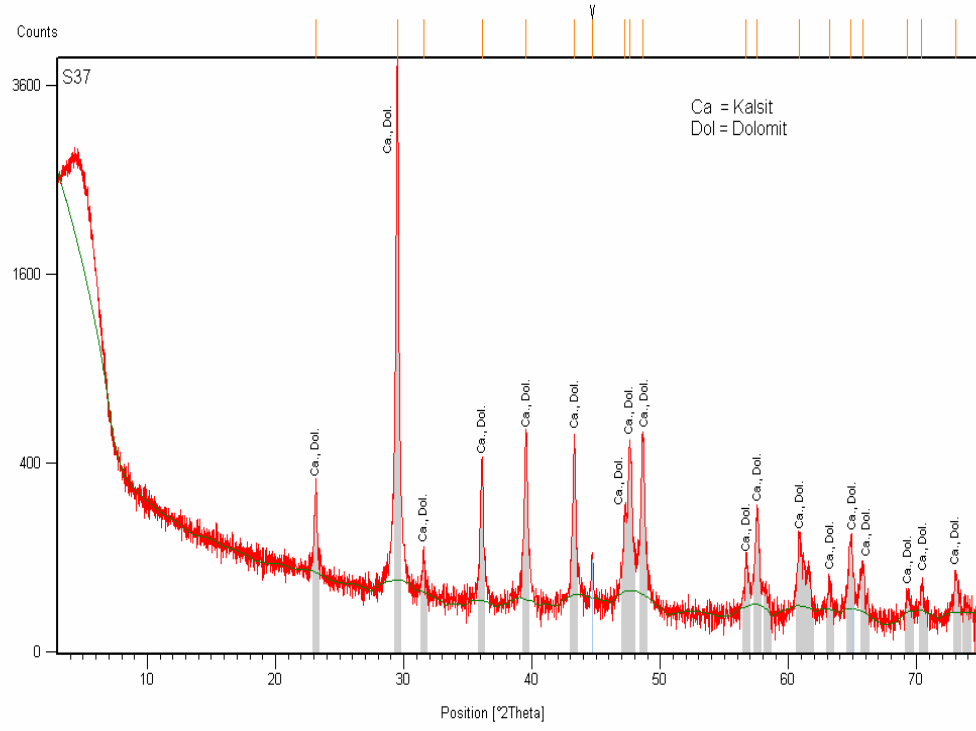
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Augustus Tapınağı Yapısından Alınan S10 Taş Numunesinin XRD grafiği



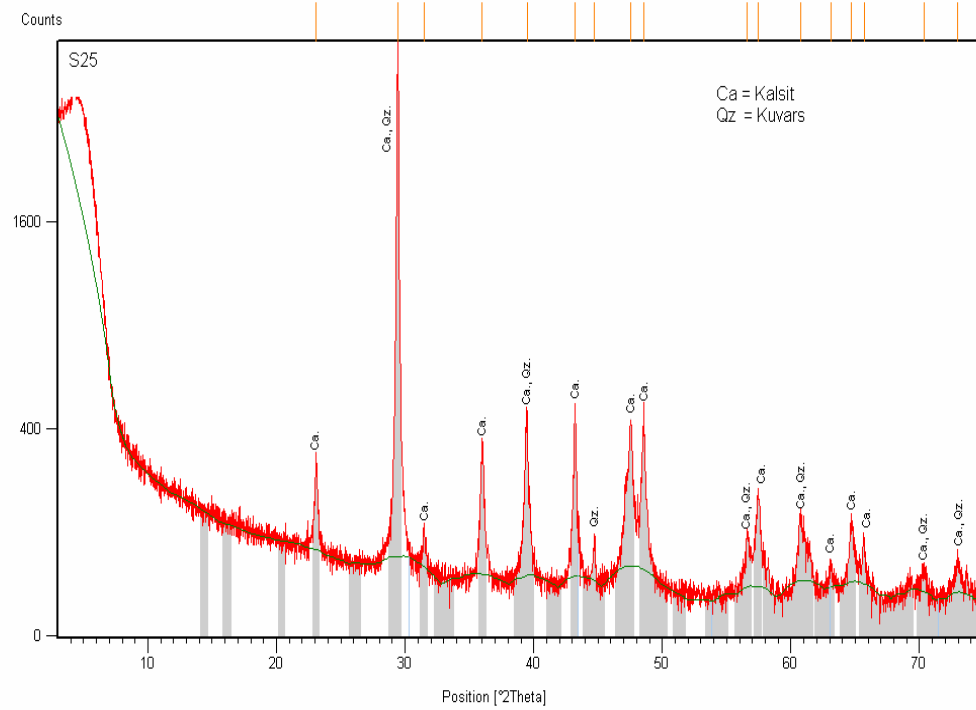
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Hamam Yapısından Alınan S21 Taş Numunesinin XRD grafiği



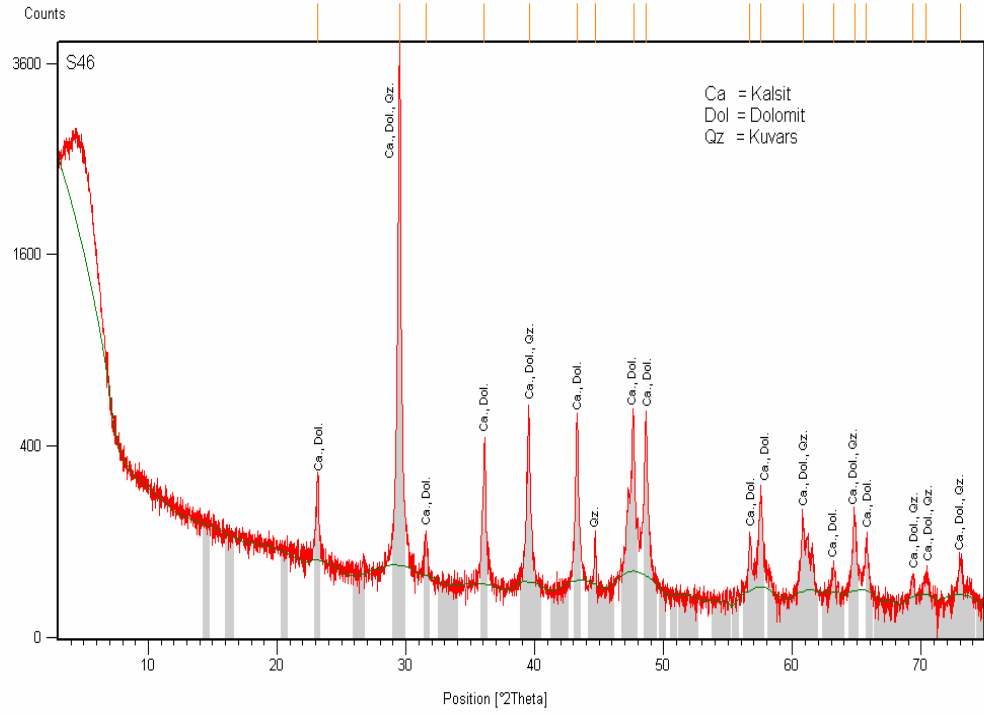
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Anıtsal Çeşme Yapısından Alınan S16 Taş Numunesinin XRD grafiği



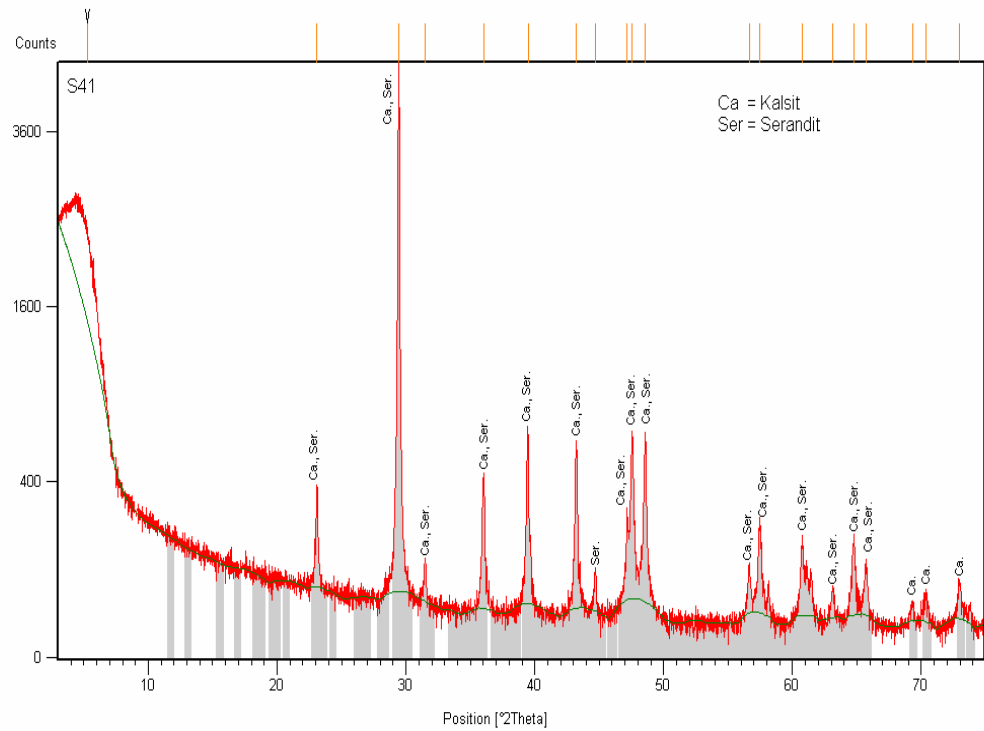
Kremna Antik Kentindeki Forum Yapısından Alınan S37 Taş Numunesinin XRD grafiği



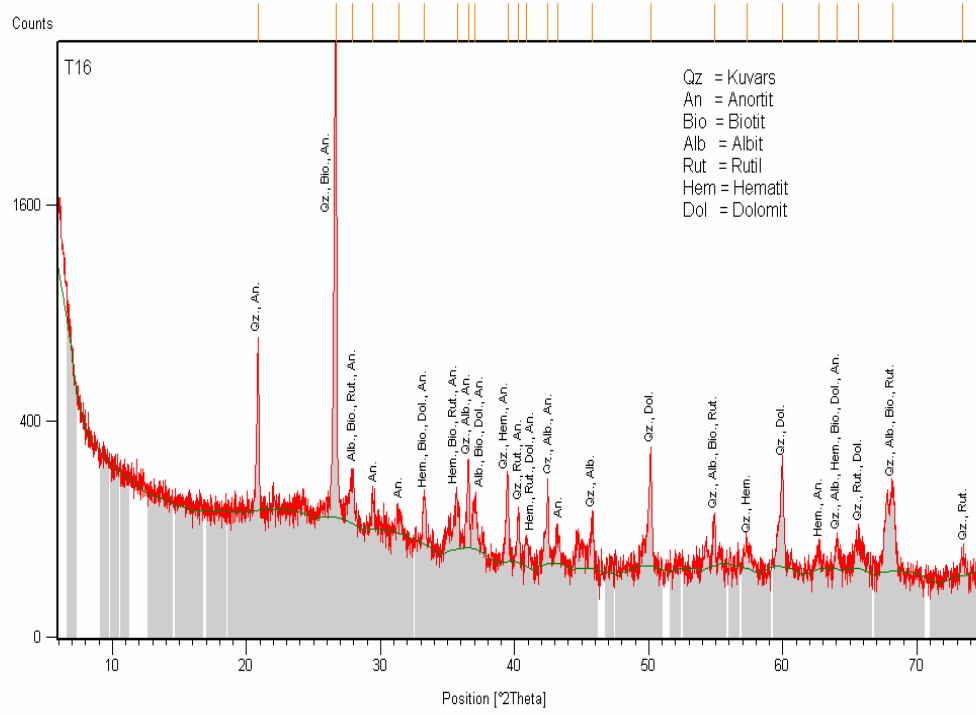
Kremna Antik Kentindeki Hamam Yapısından Alınan S25 Taş Numunesinin XRD grafiği



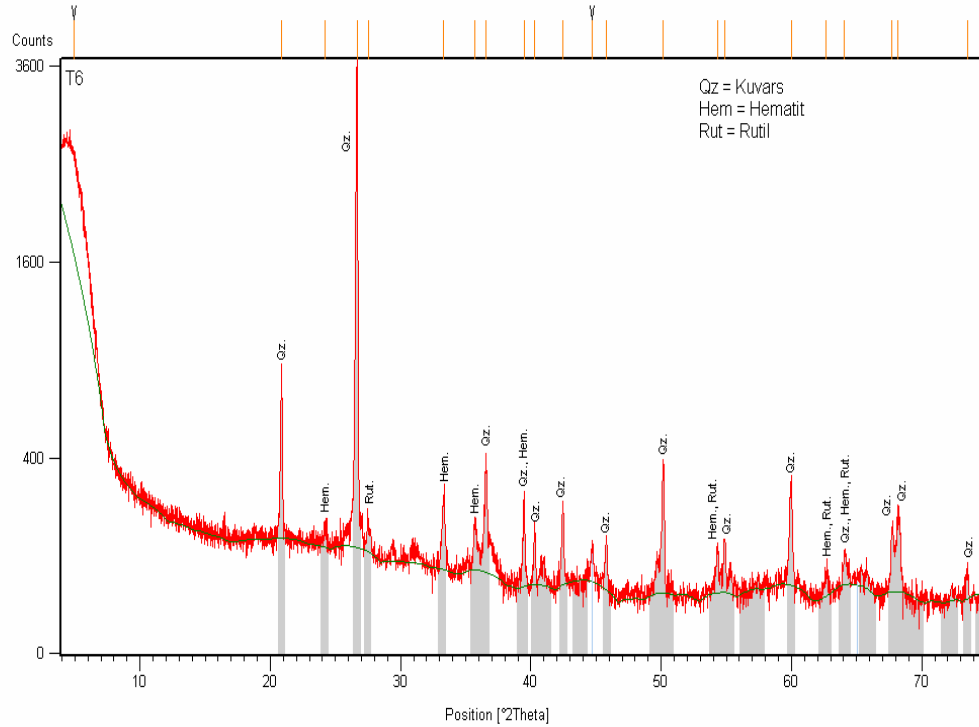
Sığırlık Harabesindeki Kale I Yapısından Alınan S46 Taş Numunesinin XRD grafiği



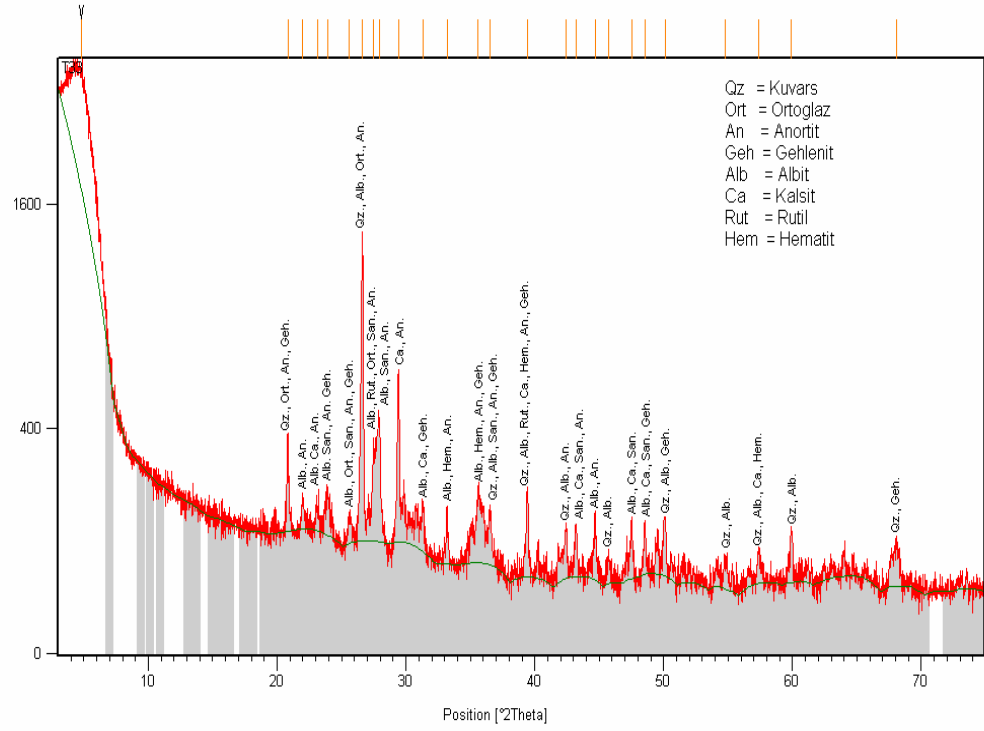
İncirlihan Harabesindeki Kervansaray Yapısından Alınan S46 Taş Numunesinin XRD grafiği



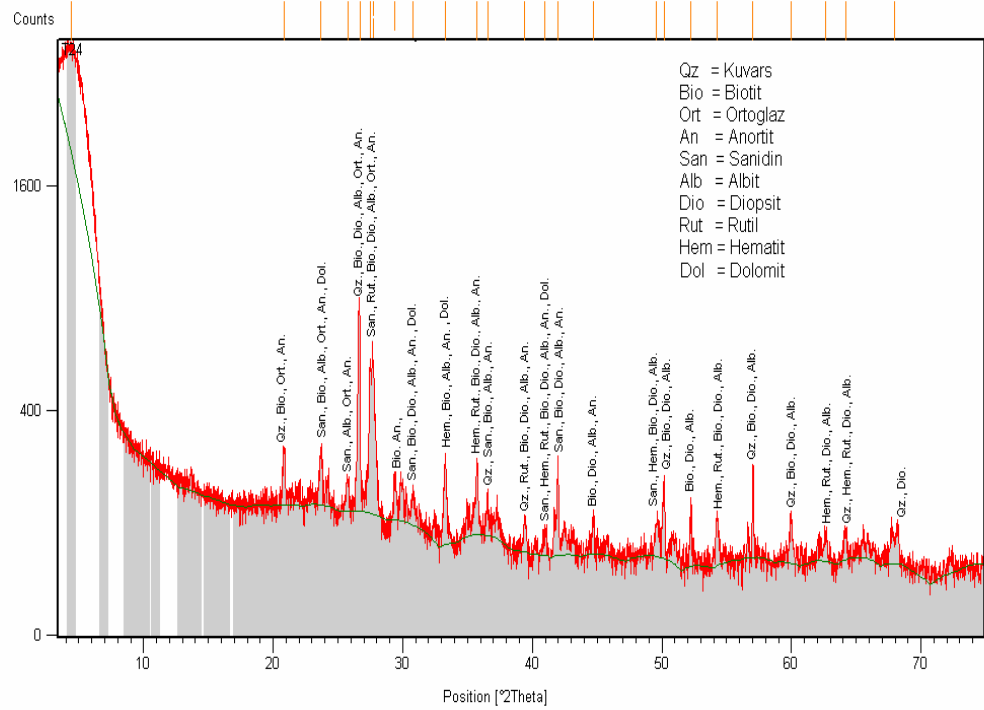
Zorzila Harabesindeki Hamam Yapısından Alınan T16 Tuğla Numunesinin XRD grafiği



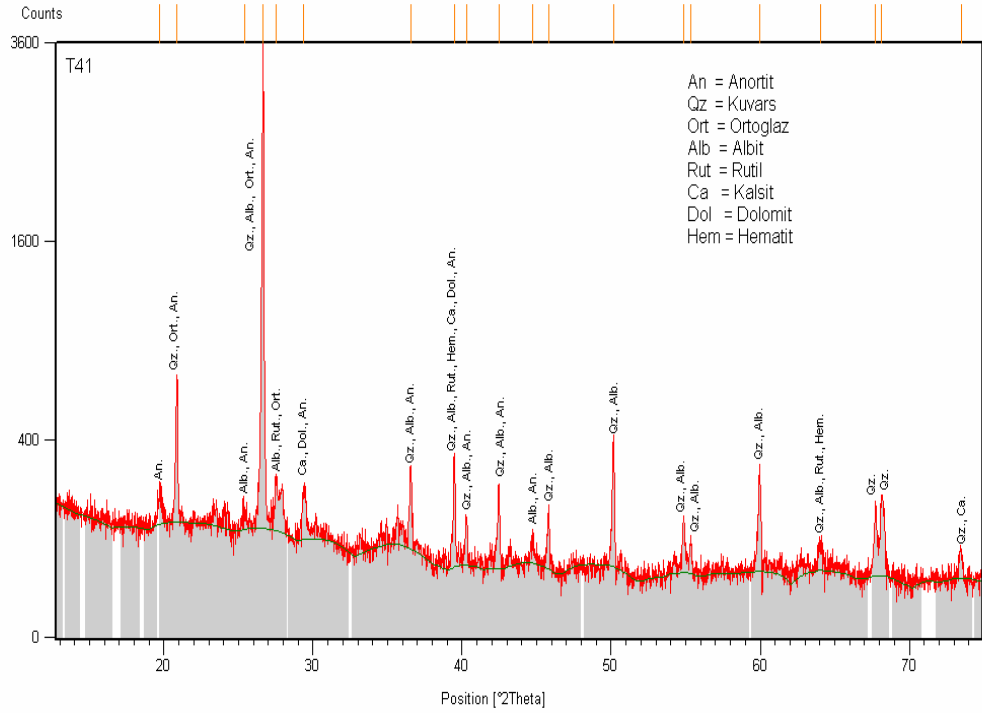
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Anıtsal Çeşme Yapısından Alınan T6 Tuğla Numunesinin XRD grafiği



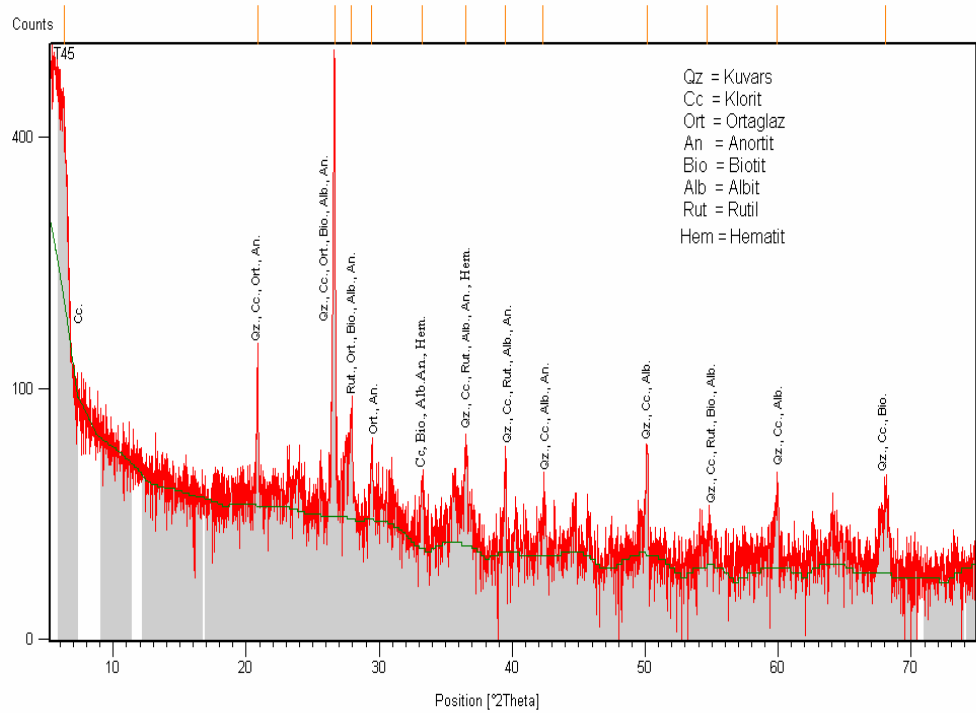
Adada Antik Kentindeki Tiyatro Yapısından Alınan T33 Tuğla Numunesinin XRD grafiği



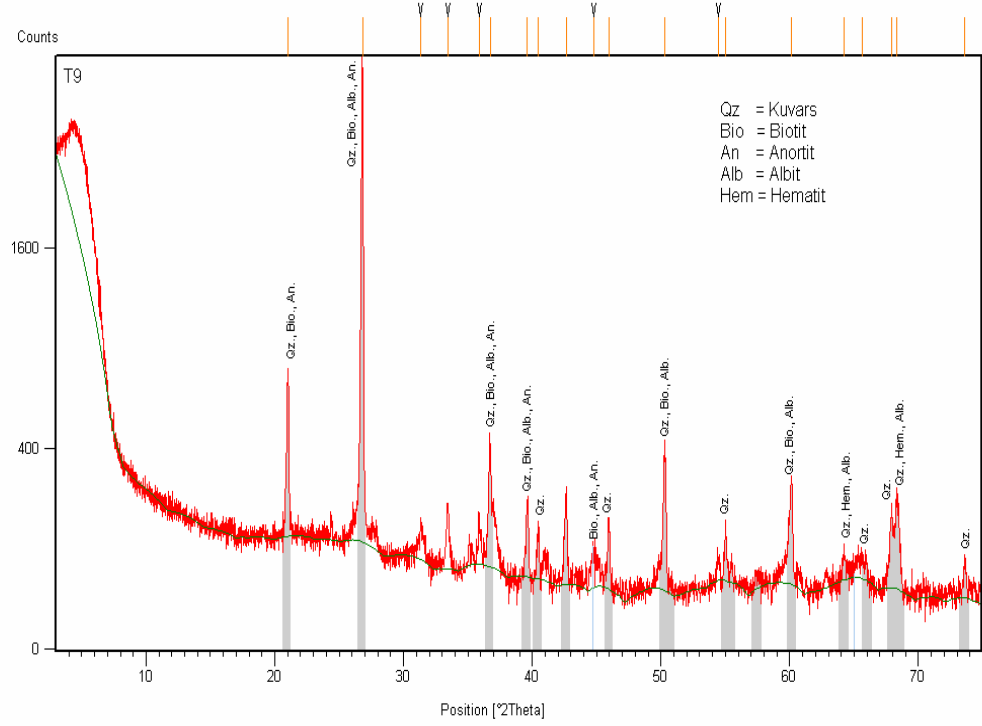
Kremna Antik Kentindeki Hamam Yapısından Alınan T24 Tuğla Numunesinin XRD grafiği



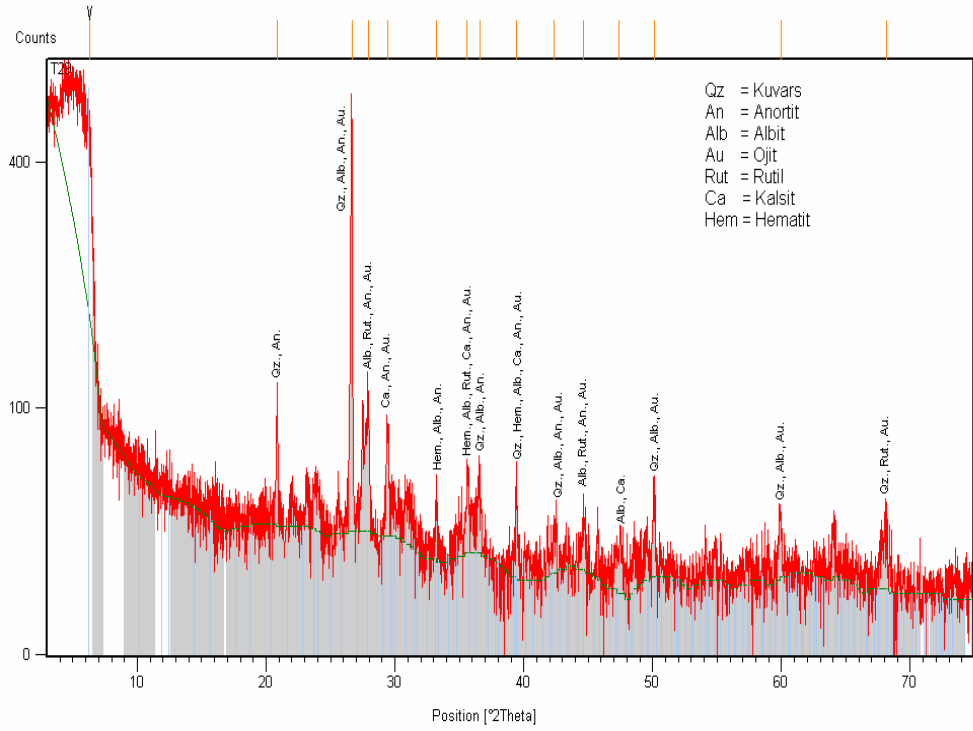
Sığırılık Harabesindeki Kale I Yapısından Alınan T41 Tuğla Numunesinin XRD grafiği



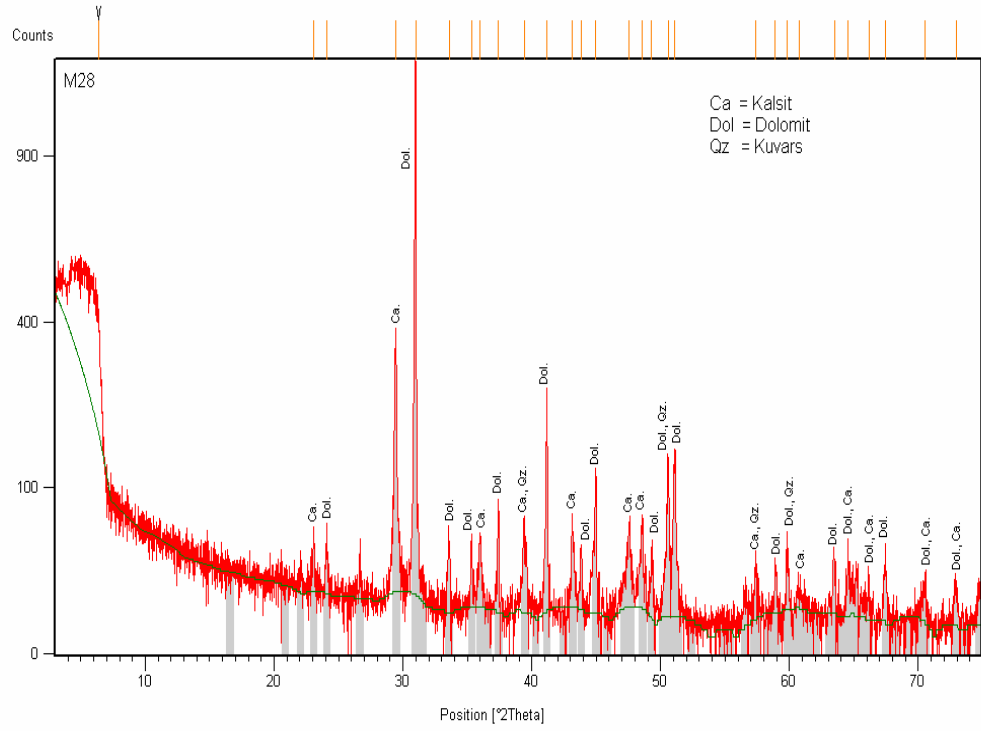
Sığırılık Harabesindeki Kale II Yapısından Alınan T45 Tuğla Numunesinin XRD grafiği



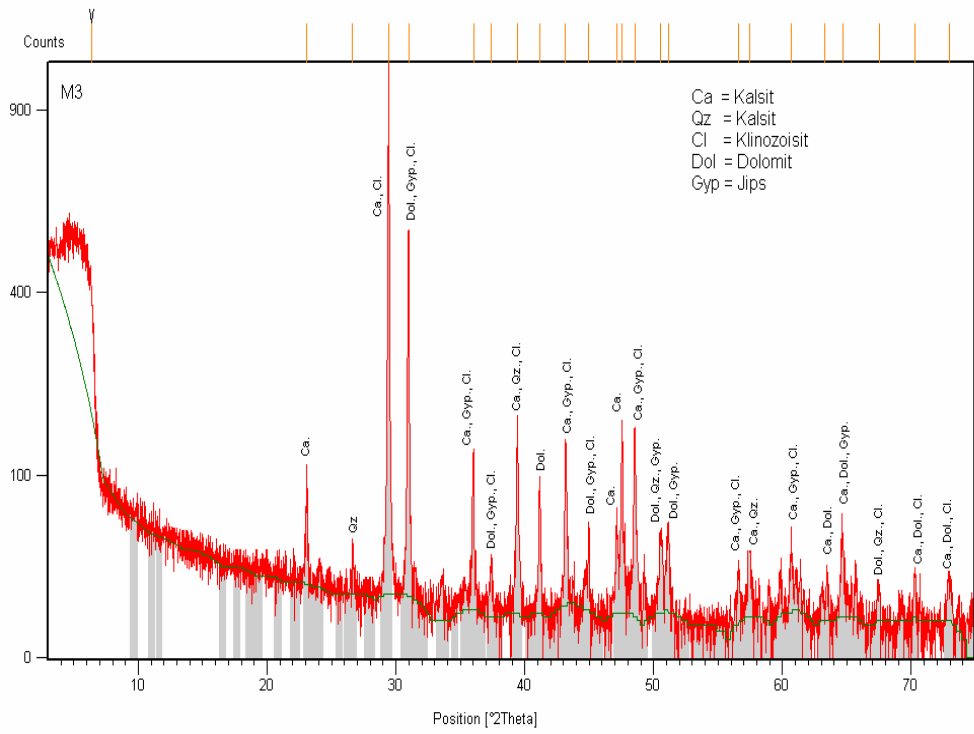
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Merkezi Kilise Yapısından Alınan T9 Tuğla Numunesinin XRD grafiği



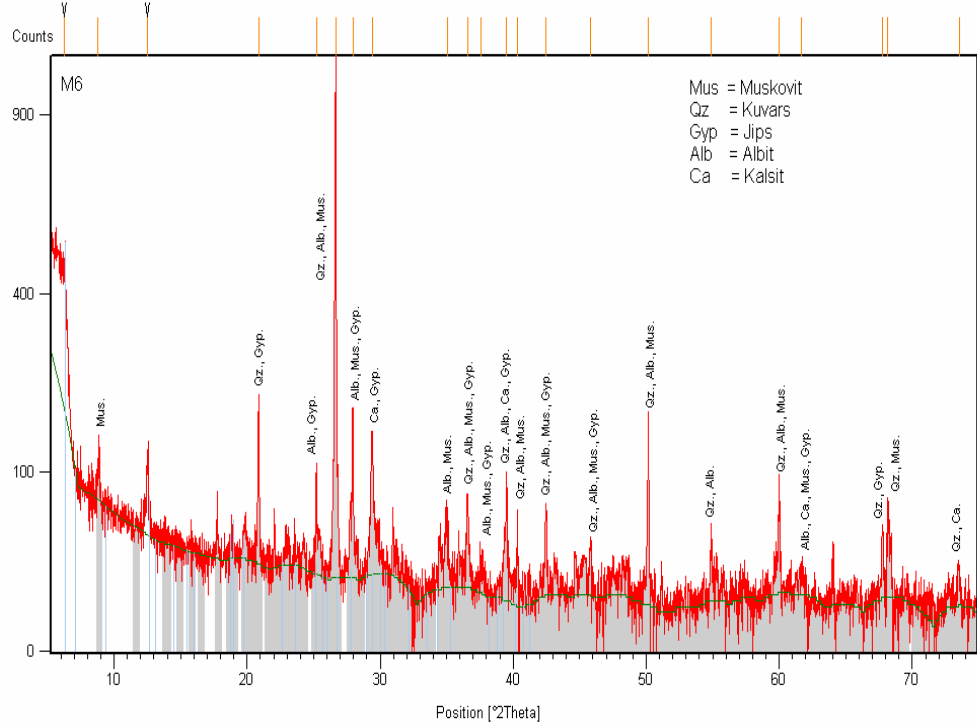
Adada Antik Kentindeki Bizans Bazilikası Yapısından Alınan T29 Tuğla Numunesinin XRD grafiği



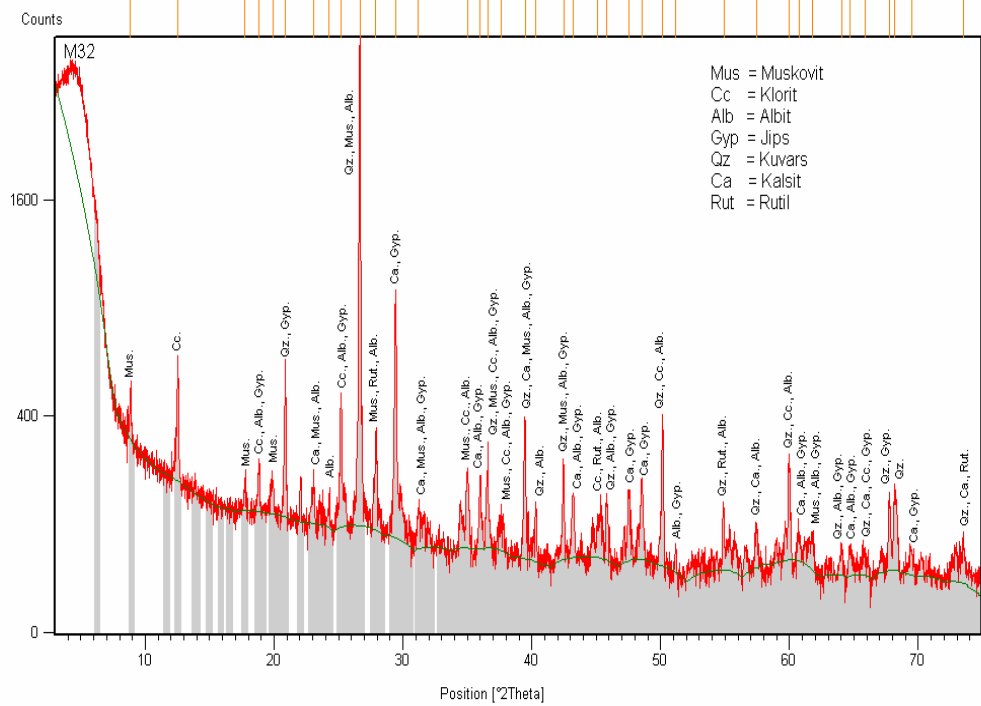
Adada Antik Kentindeki Kemer Yapısından Alınan M28 Harç Numunesinin XRD grafiği



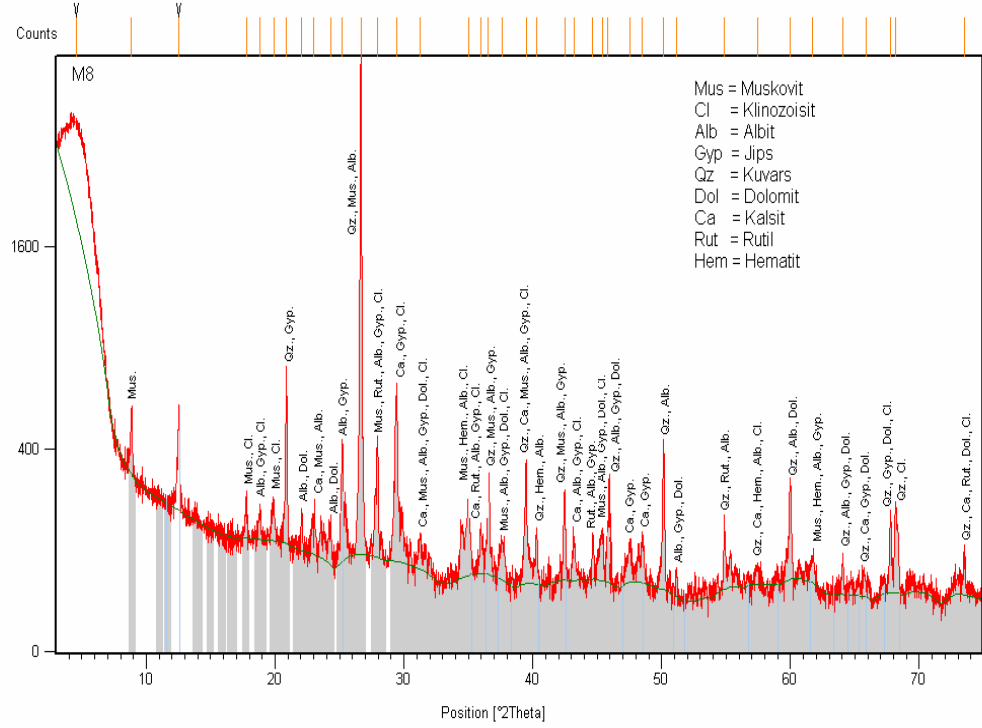
Zorzila Harabesindeki Hamam Yapısından Alınan M3 Harç Numunesinin XRD grafiği



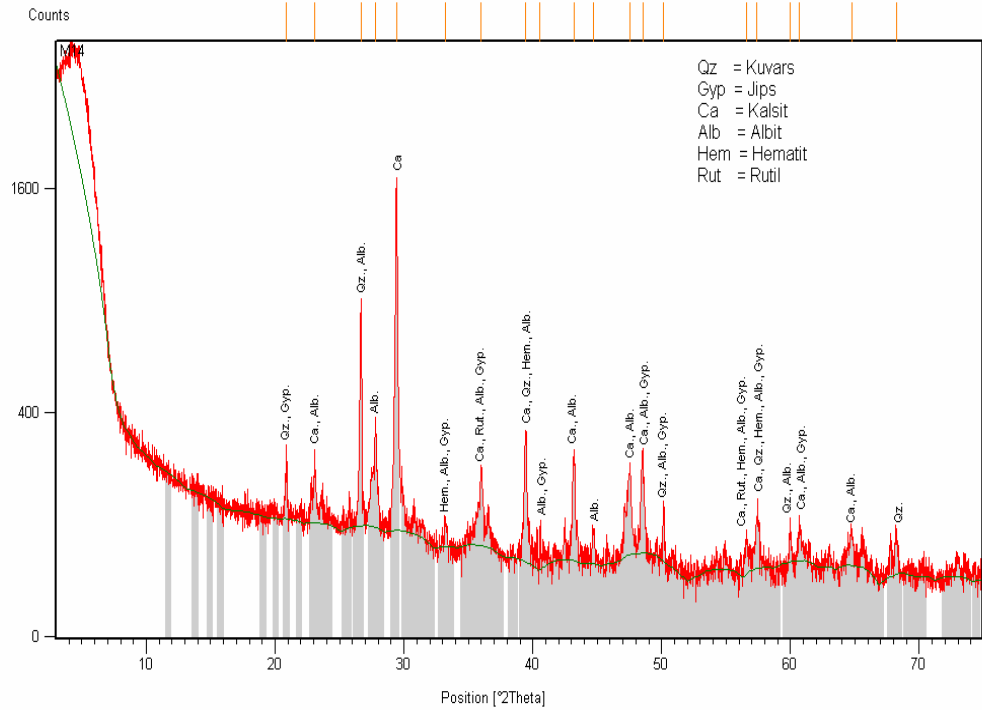
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Augustus Tapınağı Yapısından Alınan M6 Harç Numunesinin XRD grafiği



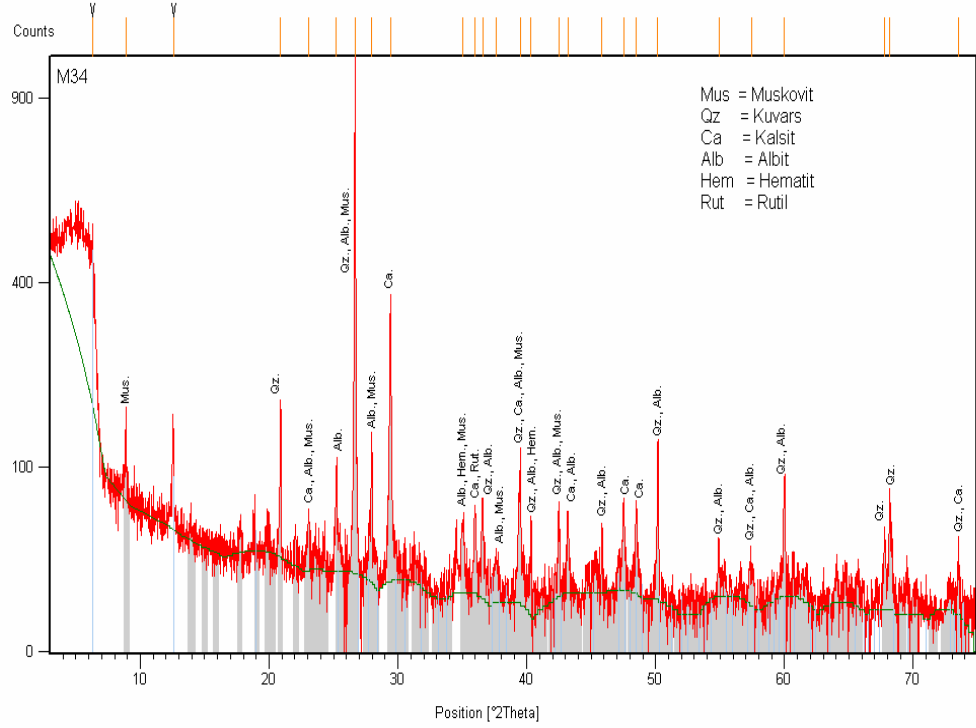
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Anıtsal Çeşme Yapısından Alınan M32 Harç Numunesinin XRD grafiği



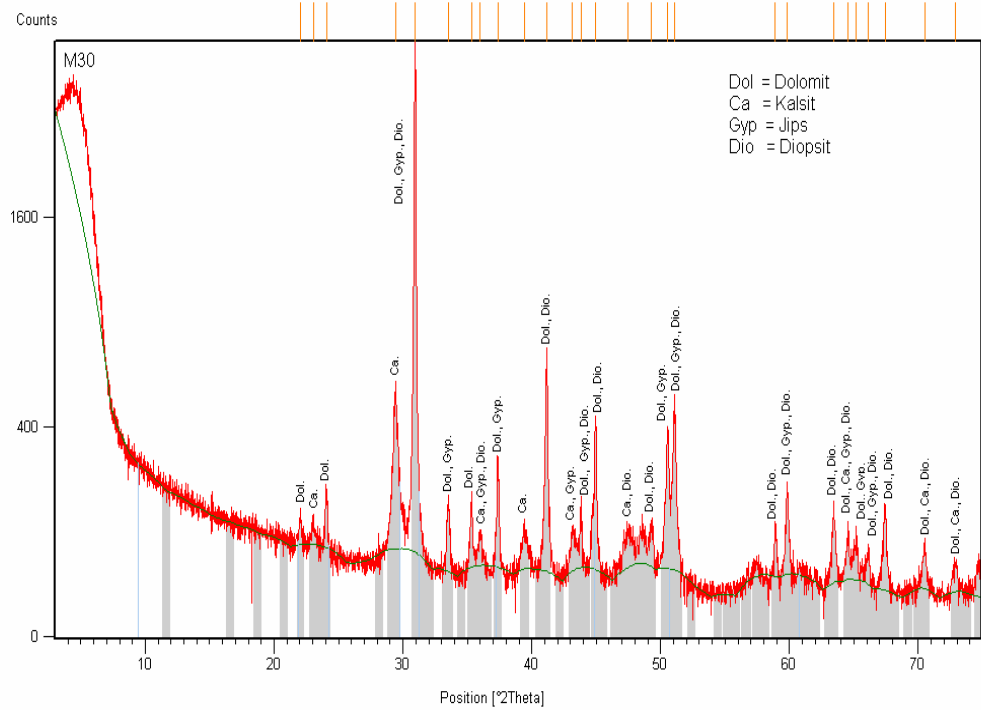
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Hamam Yapısından Alınan M8 Harç Numunesinin XRD grafiği



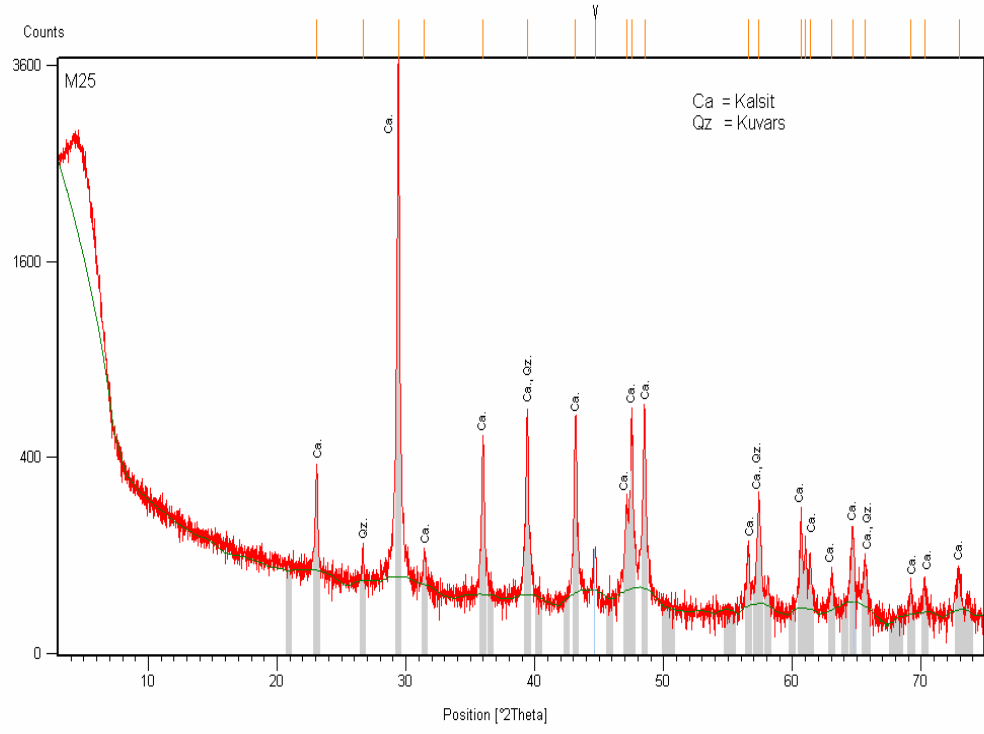
Kremna Antik Kentindeki Hamam Yapısından Alınan M14 Harç Numunesinin XRD grafiği



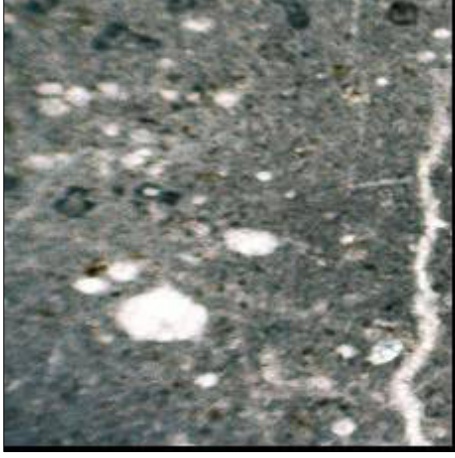
Psidia Antiokya Antik Kentindeki Merkezi Kilise Yapısından Alınan M34 Harç Numunesinin XRD grafiği



Adada Antik Kentindeki Bizans Bazilikası Yapısından Alınan M30 Harç Numunesinin XRD grafiği



Şekil 4.25. İncirlihan Harabesindeki Kervansaray Yapısından Alınan M25 Harç Numunesinin XRD grafiği

Taş, Tuğla ve Harç Numunelerinin Optik Mikroskop Şekilleri**EK.3**

S42 (Dismikritik Kireçtaşı)



S10 (İntra – Mikritik Kireçtaşı)



S21 (Pelmikritik Kireçtaşı)



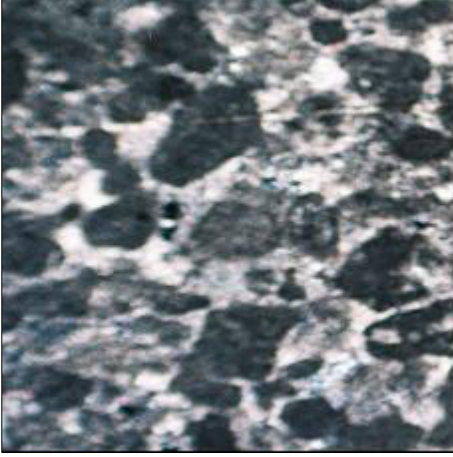
S16 (Mikritik Kireçtaşı)



S37 (Mikrosparitik Kireçtaşı- Traventer)



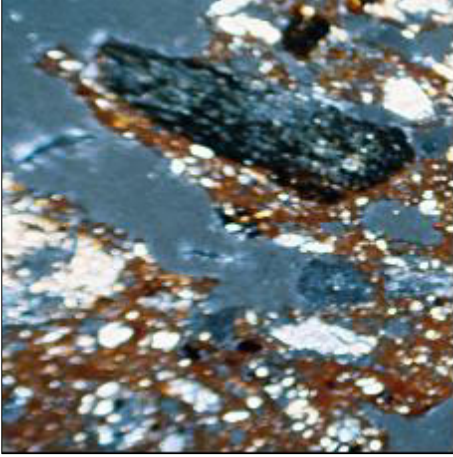
S25 (Dolomitik Kireçtaşı)



S46 (İntra- Mikrosparitik Kireçtaşı)



S41 (Dolomitik Kireçtaşı)



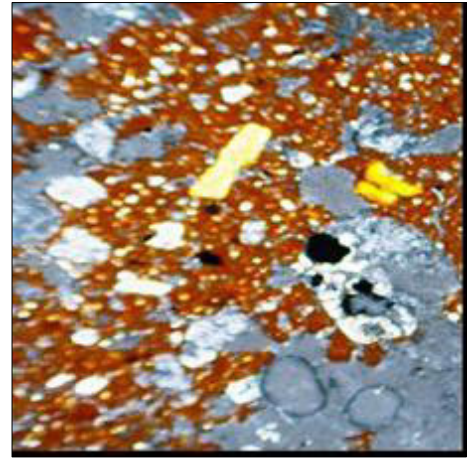
T16 (Metamorfik Kayaç Kırıntısı
(Biotit), Feldspat (Albit, Anortit),
Dolomit, Hematit, Kuvars)



T6 (Hematit, Kuvars)

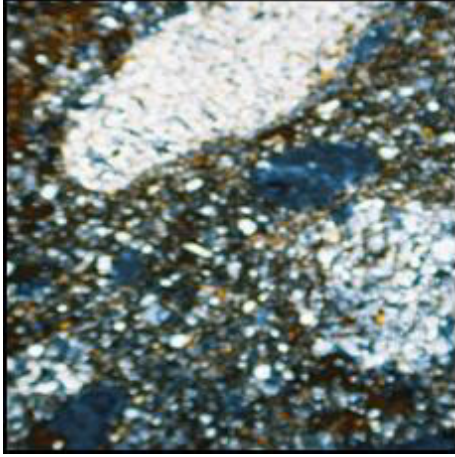


T33 (Kalsit, Kuvars, Feldspat (Ortoglaz,
Albit, Anortit),Hematit)

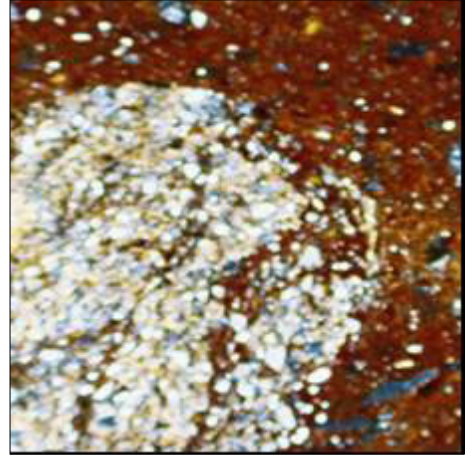


T24 (Kuvars, Feldspat (Ortoglaz,
Albit, Anortit, Sanidine), Diopsit,
Hematit)

EK.3



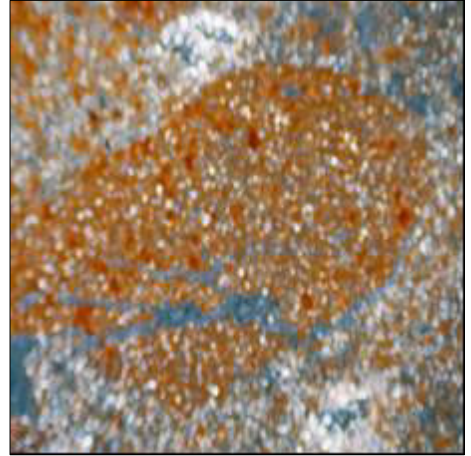
T41 (Kalsit, Kuvars, Dolomit, Feldspat (Ortoglaz, Albit), Hematit)



T45 (Kuvars, Feldspat (Ortoglaz, Albit, Anortit), Hematit)



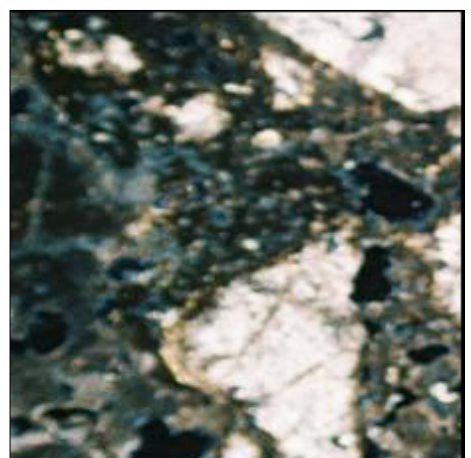
T9 (Kuvars, Feldspat (Albit, Anortit), Metamorfik Kayaç Kırıntısı (Biotit), Hematit)



T29 (Kalsit, Kuvars, Feldspat (Albit, Anortit), Hematit)

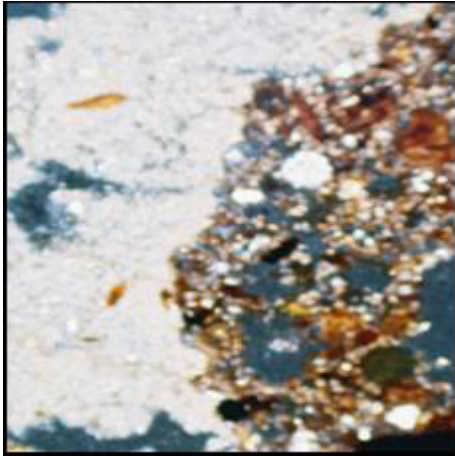


M28 (Dolomit, Kalsit)

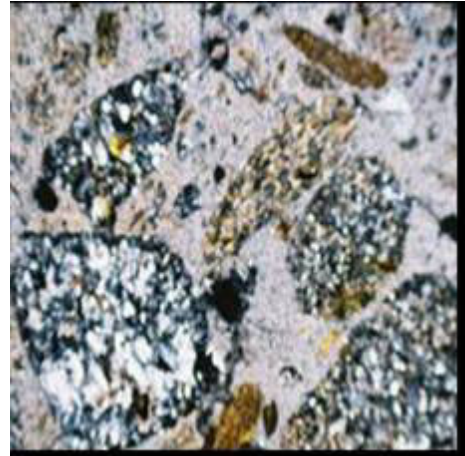


M3 (Dolomit, Kalsit, Jips)

EK.3



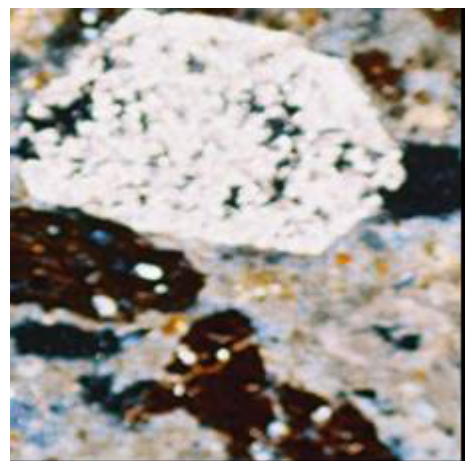
M6 (Kalsit, Kuvars, Jips, Feldspat (Albit))



M32 (Kalsit, Kuvars, Mika (Muskovit))



M8 (Kalsit, Kuvars, Dolomit, Hematit, Feldspat (Albit), Mika (Muskovit))



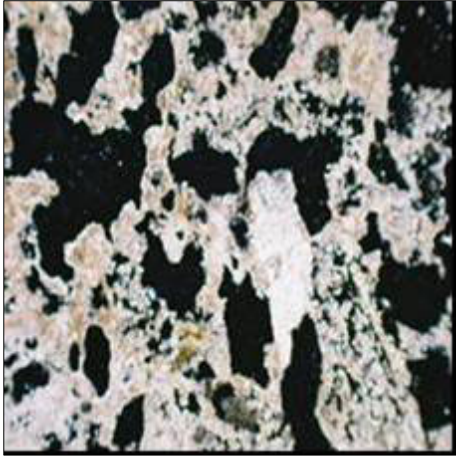
M14 (Kalsit, Kuvars, Hematit, Feldspat (Albit))



M34 (Kalsit, Kuvars, Hematit, Feldspat (Albit), Mika (Muskovit))



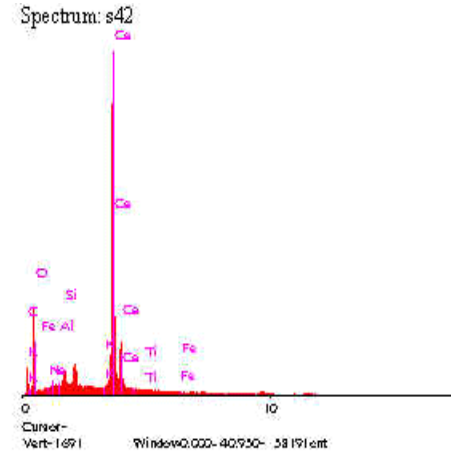
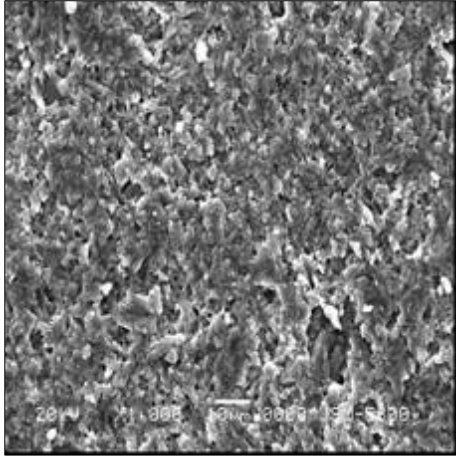
M30 (Kalsit, Kuvars, Jips)



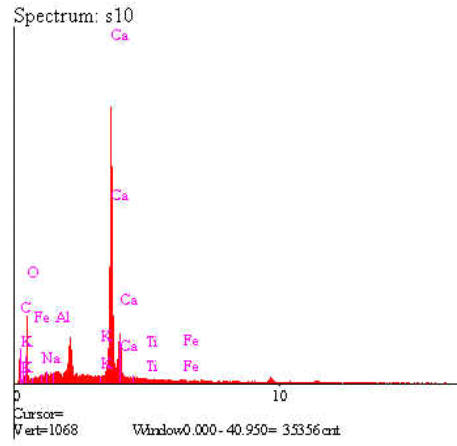
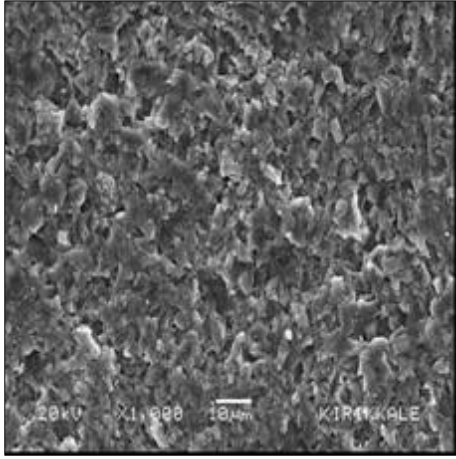
M25 (Kalsit, Kuvars)

Taş, Tuğla ve Harç Numunelerin SEM/EDX Şekilleri

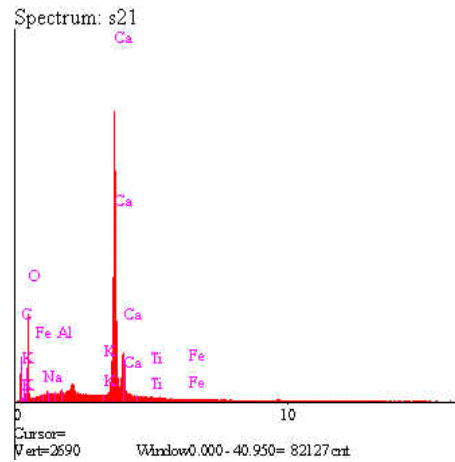
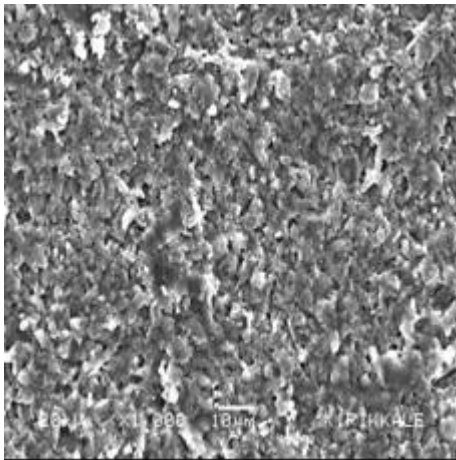
EK.4



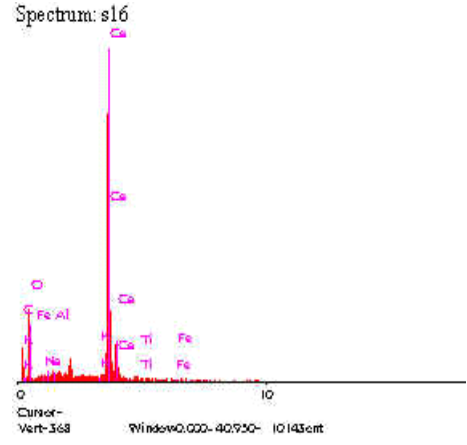
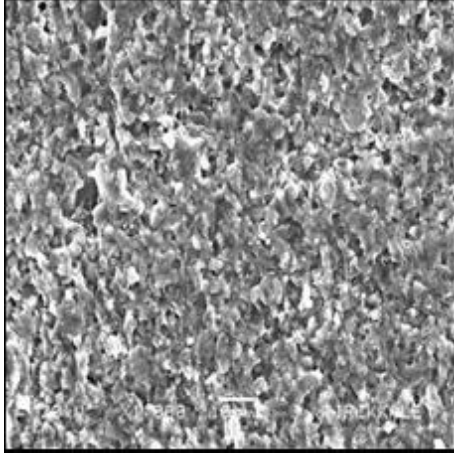
S42 Taş Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit ve Kuvars minerali)



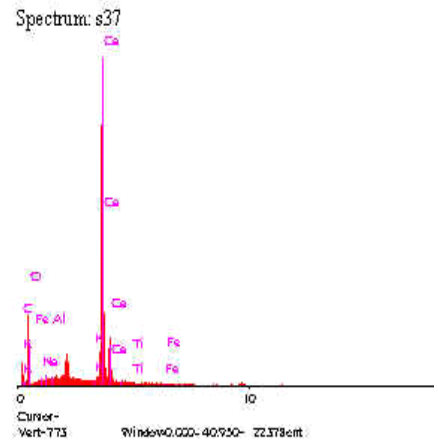
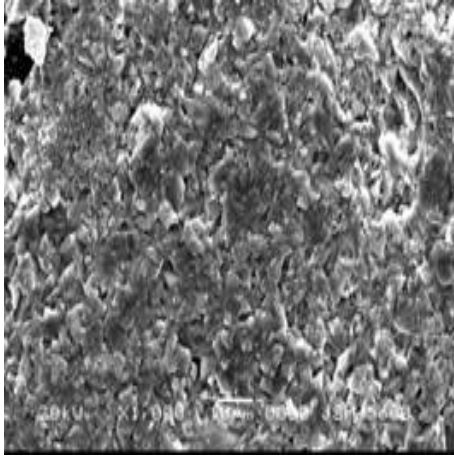
S10 Taş Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit minerali)



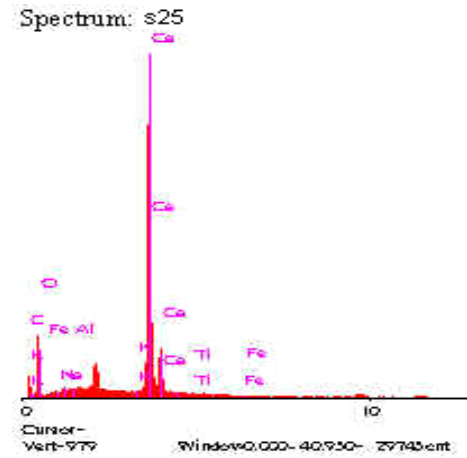
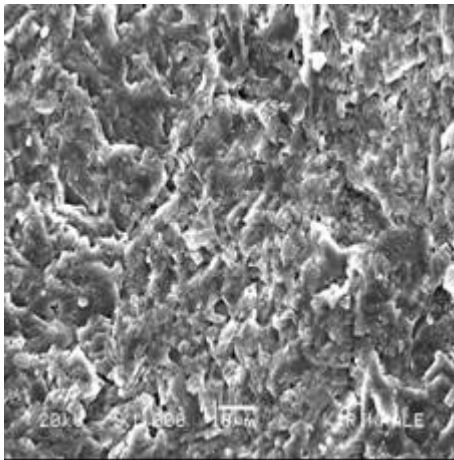
S21 Taş Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit ve Dolomit minerali)



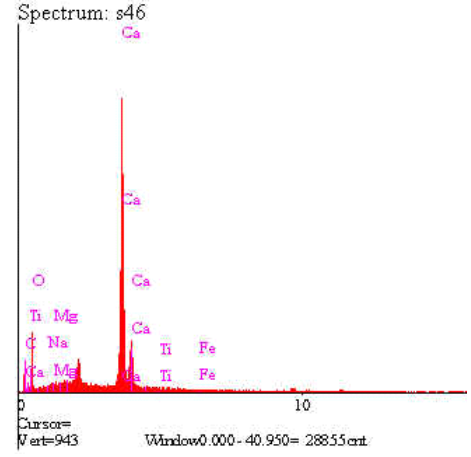
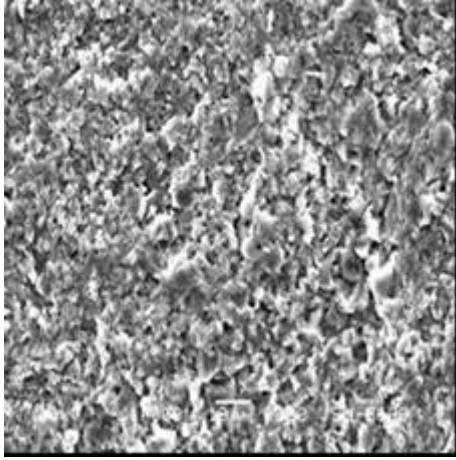
S16 Taş Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit minerali)



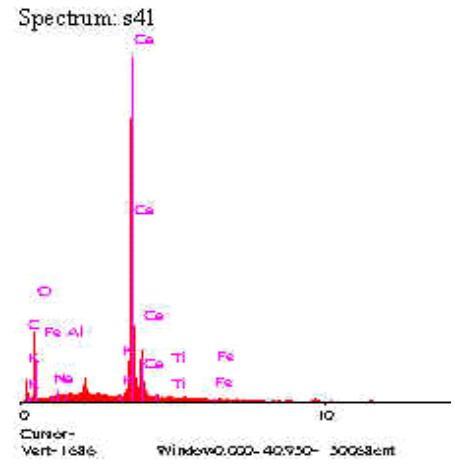
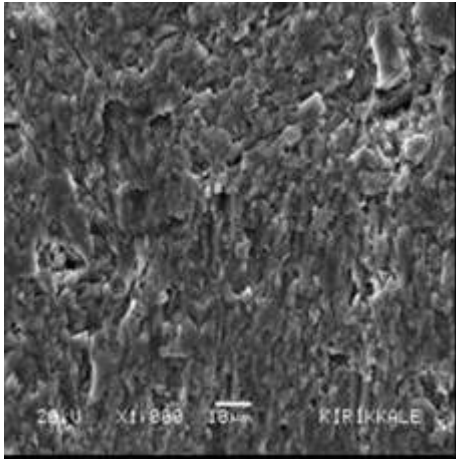
S37 Taş Numunesinin SEM/EDX şekili Şekli (Kalsit minerali)



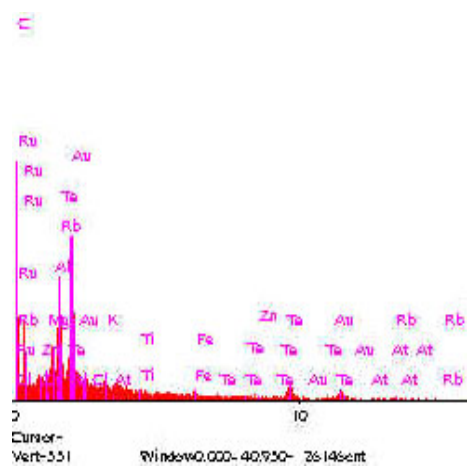
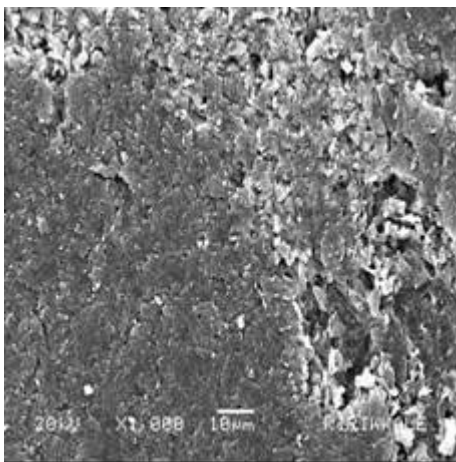
S25 Taş Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit minerali)



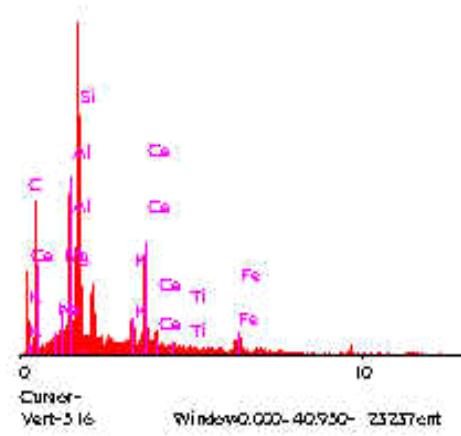
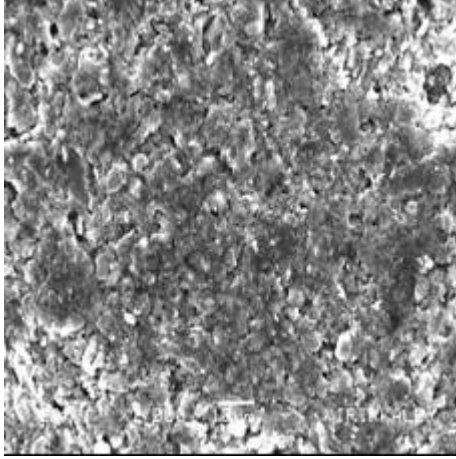
S46 Taş Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit ve Dolomit minerali)



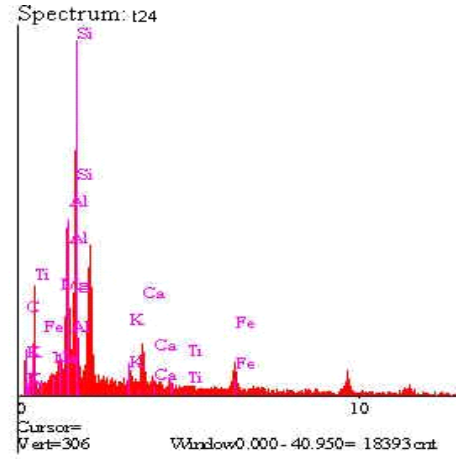
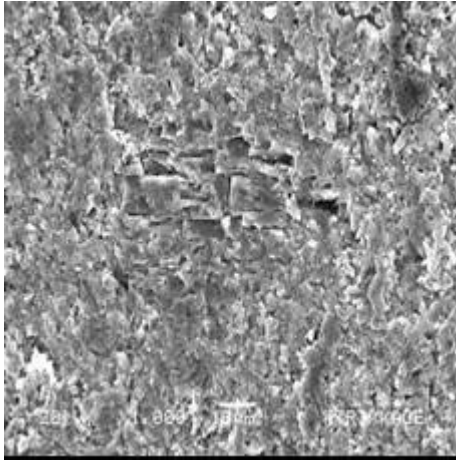
S41 Taş Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit minerali)



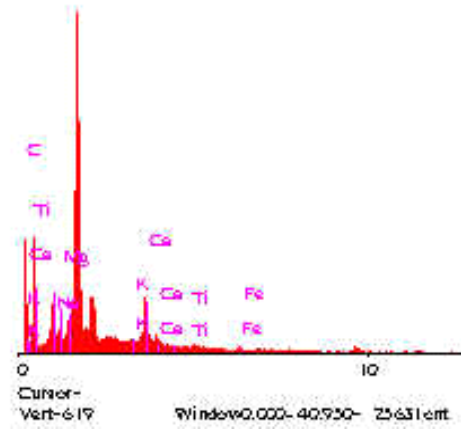
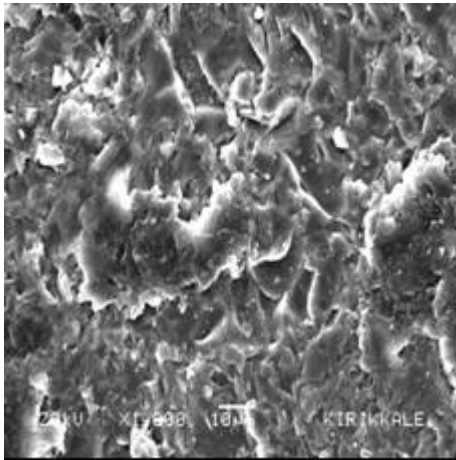
T6 Tuğla Numunesinin SEM/EDX şekili (Kuars, Hematit ve Rutil mineralleri)



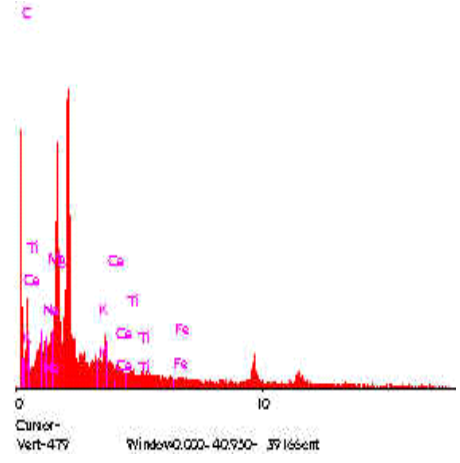
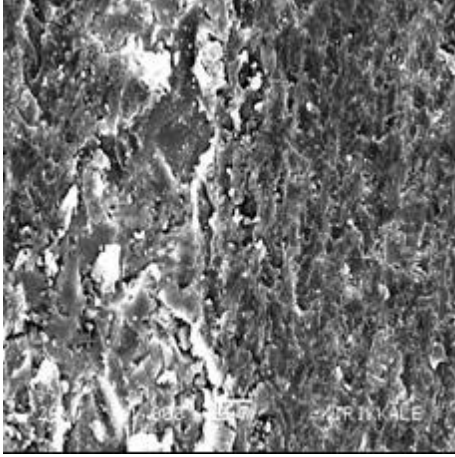
T33 Tuğla Numunesinin SEM/EDX şekili (Kuars ve Kalsit mineralleri)



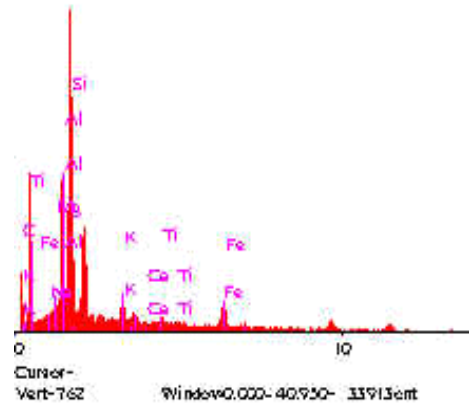
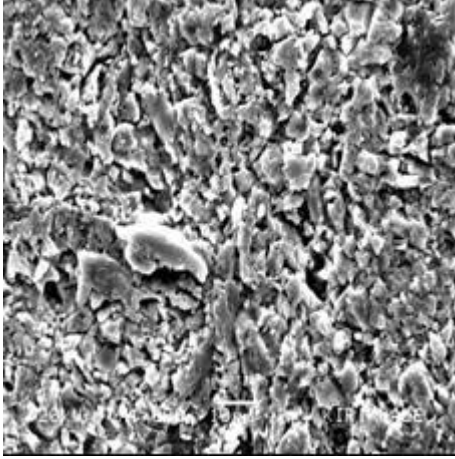
T24 Tuğla Numunesinin SEM/EDX şekili (Kuars ve Ortoglaz mineralleri)



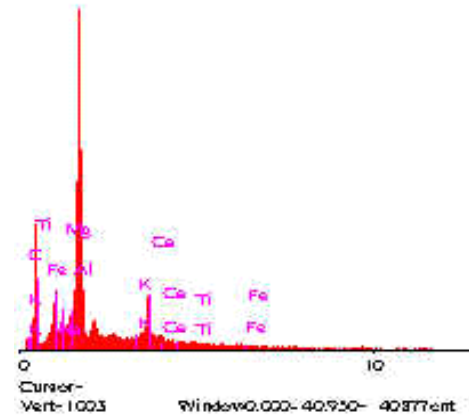
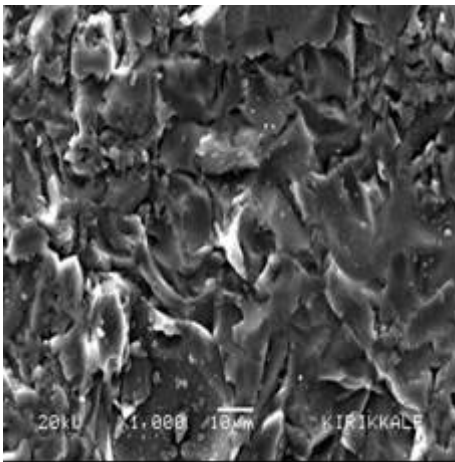
T41 Tuğla Numunesinin SEM/EDX şekili (Dolomit ve Albit mineralleri)



T45 Tuğla Numunesinin SEM/EDX şekili (Anortit ve Biotit minerali)

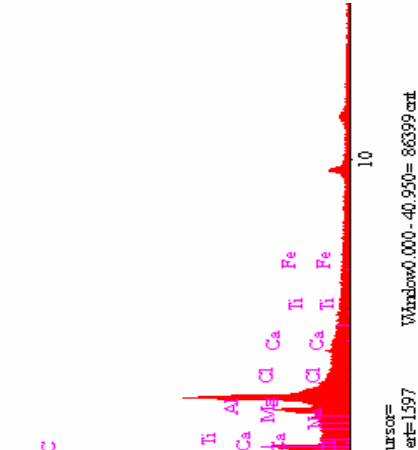
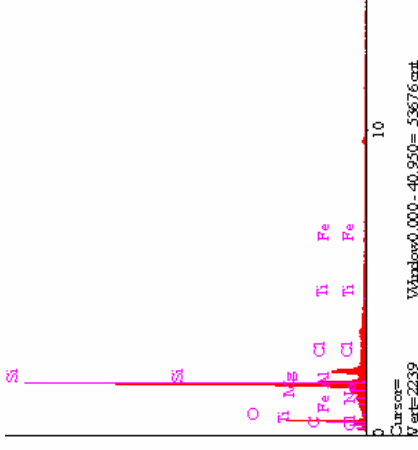
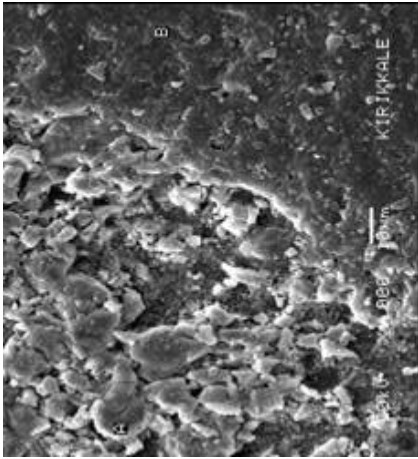


T9 Tuğla Numunesinin SEM/EDX şekili (Kuars minerali)

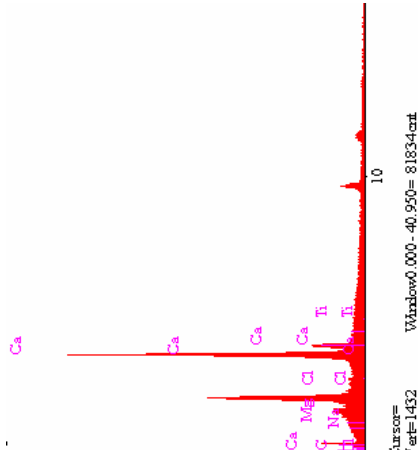
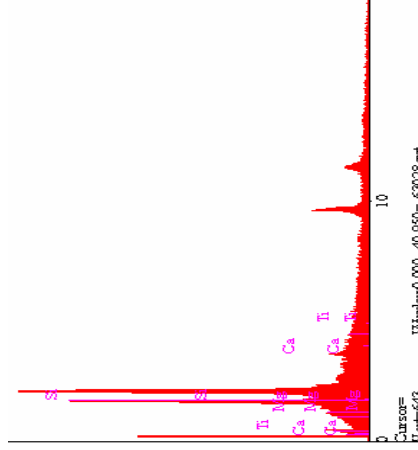
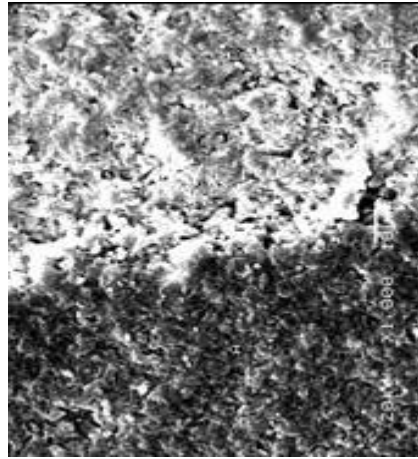


T29 Tuğla Numunesinin SEM/EDX şekili (Albit minerali)

EK.4

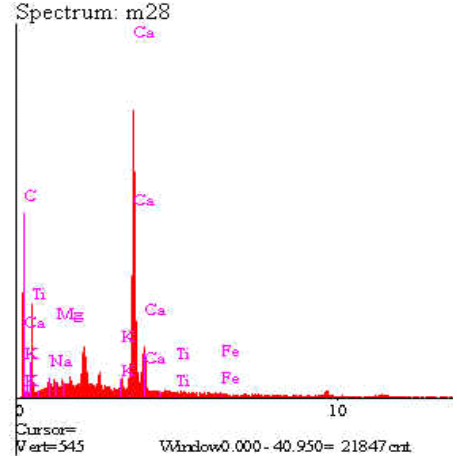
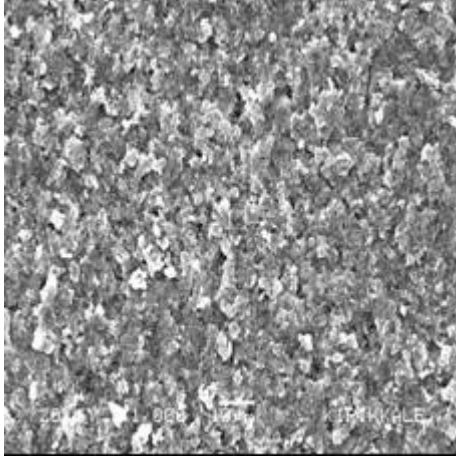


T16 Tuğla Numunesinin SEM/EDX şekili (A noktasında Albit minerali, B noktasında Anortit minerali)

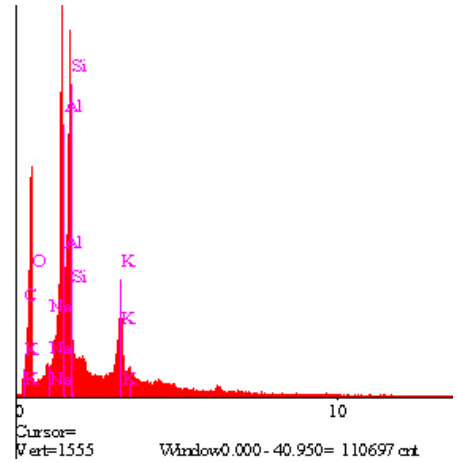
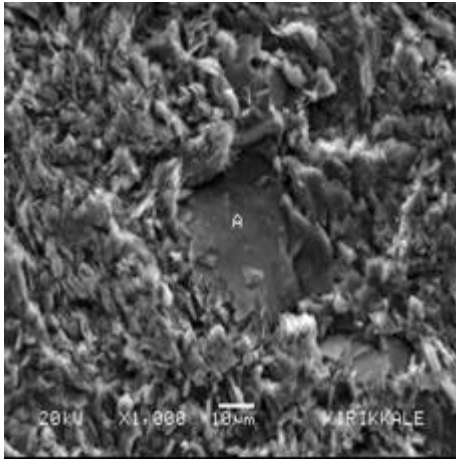


M3 Harç Numunesinin SEM/EDX şekili (A noktasında Kuvars minerali, B noktasında Kalsit minerali)

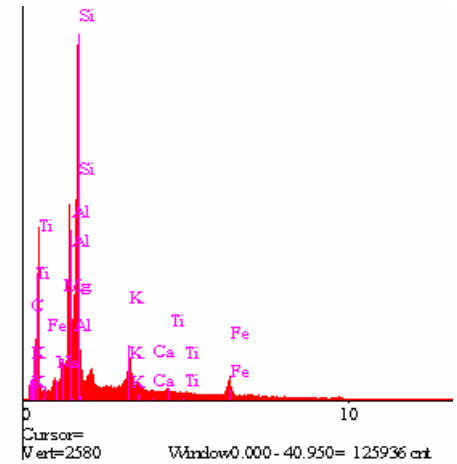
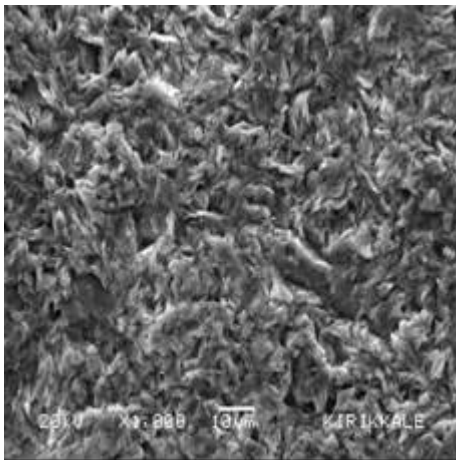
EK.4



M28 Harç Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit ve Dolomit minerali)

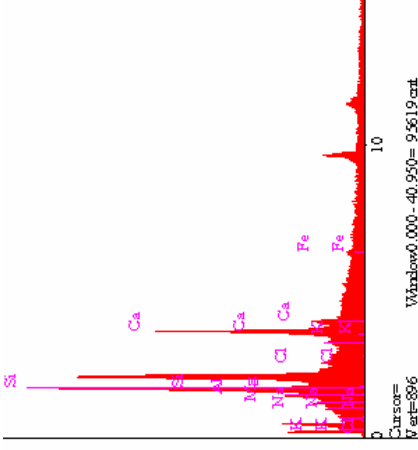
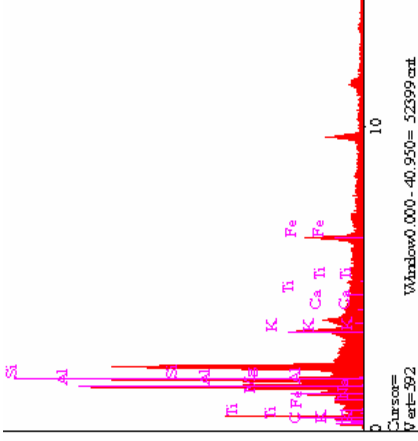
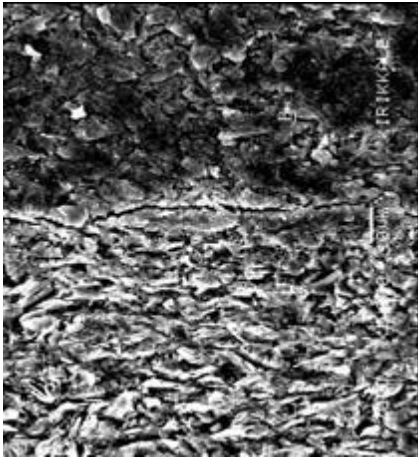


M6 Harç Numunesinin SEM/EDX şekili (Muskovit minerali)

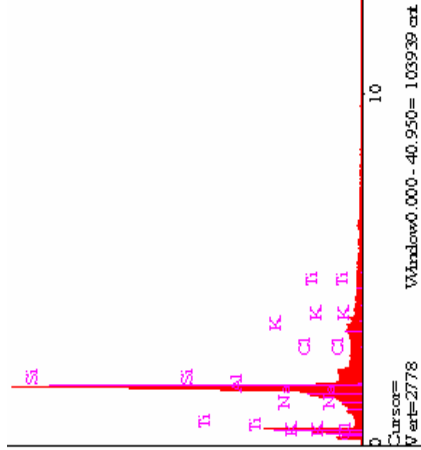
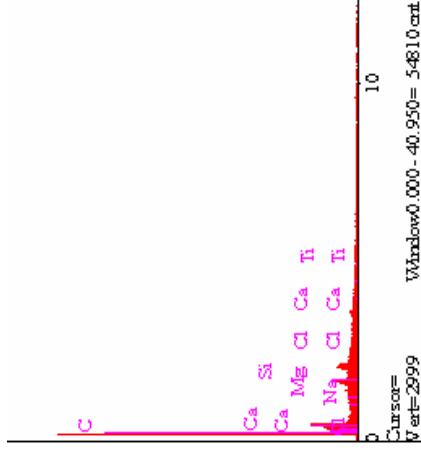
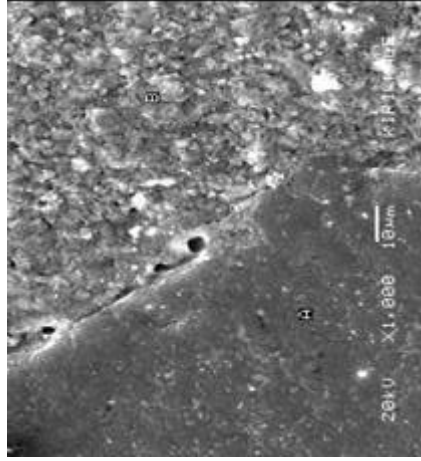


M34 Harç Numunesinin SEM/EDX şekili (Muskovit ve Hematit minerali)

EK.4

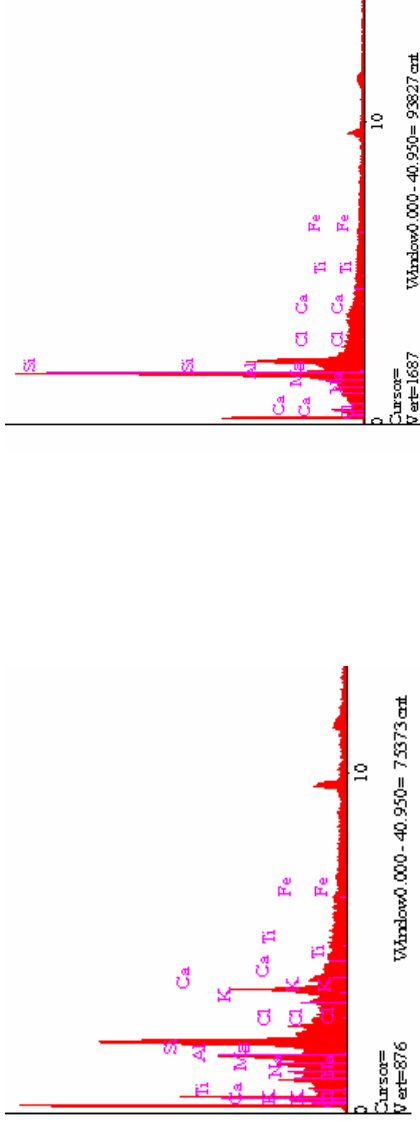
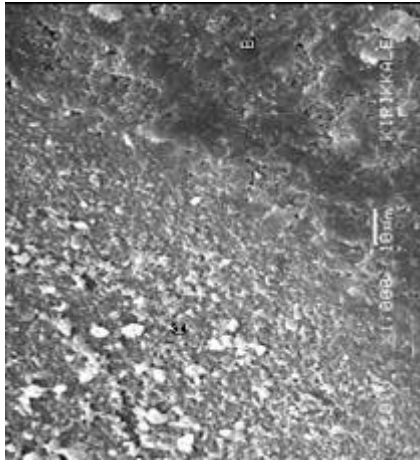


M32 Harç Numunesinin SEM/EDX şekli (A noktasında Klorit minerali, B noktasında Muskovit ve Kalsit minerali)

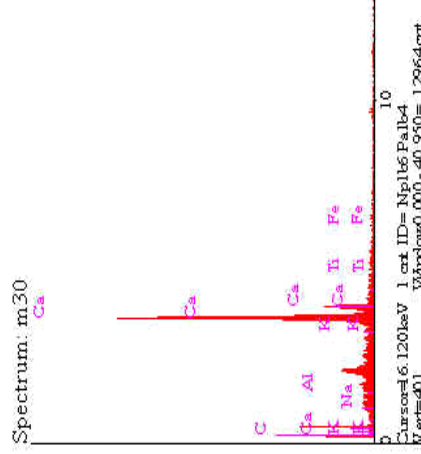
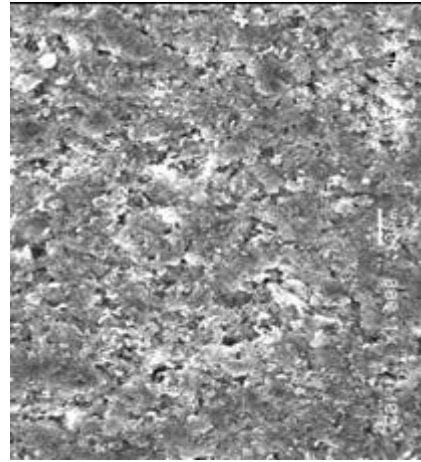


M8 Harç Numunesinin SEM/EDX şekli (A noktasında Klinozoisit minerali, B noktasında Albit minerali)

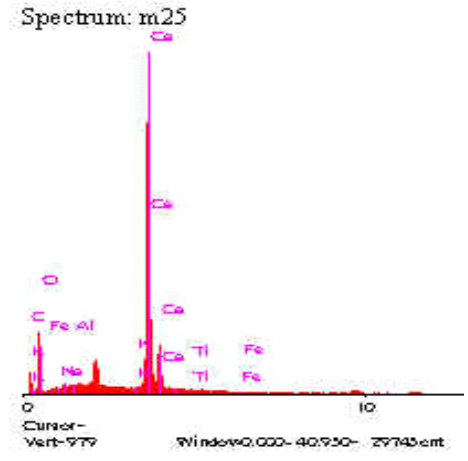
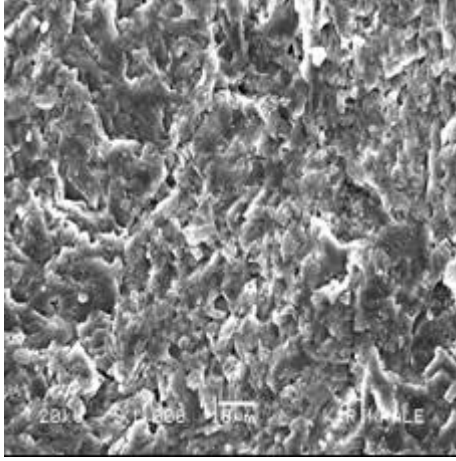
EK.4



M14 Harç Numunesinin SEM/EDX şekili (A noktasında Kalsit ve Albit mineralleri, B noktasında Albit minerali)



M30 Harç Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit minerali)



M25 Harç Numunesinin SEM/EDX şekili (Kalsit minerali)

Taş, Tuğla ve Harç Numunelerin Kılcal Su Emme Deneş Sonuçları

S42 (Taş Numune)										Alan = 29,2cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	348,46	348,57	348,59	348,60	348,65	348,68	348,72	348,77			
Q (cm ³)	0	0,11	0,13	0,14	0,19	0,22	0,26	0,31			
(Q/A)	0	376,712x10 ⁻⁵	445,205 x10 ⁻⁵	479,452 x10 ⁻⁵	650,685 x10 ⁻⁵	753,425 x10 ⁻⁵	890,411 x10 ⁻⁵	1061,644 x10 ⁻⁵			
C	0	23,652x10 ⁻⁸	8,259 x10 ⁻⁸	4,789 x10 ⁻⁸	4,410 x10 ⁻⁸	2,957 x10 ⁻⁸	2,065 x10 ⁻⁸	1,468 x10 ⁻⁸			

S10 (Taş Numune)										Alan = 11,4968cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	59,24	59,29	59,30	59,31	59,33	59,35	59,38	59,40			
Q (cm ³)	0	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14	0,16			
(Q/A)	0	434,904 x10 ⁻⁵	521,884 x10 ⁻⁵	608,865 x10 ⁻⁵	782,827 x10 ⁻⁵	956,788 x10 ⁻⁵	1217,730 x10 ⁻⁵	1391,692 x10 ⁻⁵			
C	0	31,524 x10 ⁻⁸	11,348 x10 ⁻⁸	7,723 x10 ⁻⁸	6,384 x10 ⁻⁸	4,768 x10 ⁻⁸	3,862 x10 ⁻⁸	2,522 x10 ⁻⁸			

S21 (Taş Numune)										Alan = 7,8715cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	32,81	32,82	32,83	32,86	32,87	32,88	32,89	32,90			
Q (cm ³)	0	0,01	0,02	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09			
(Q/A)	0	127,041x10 ⁻⁵	254,081x10 ⁻⁵	635,203x10 ⁻⁵	762,244x10 ⁻⁵	889,284x10 ⁻⁵	1016,325x10 ⁻⁵	1143,365x10 ⁻⁵			
C	0	2,690x10 ⁻⁸	2,690x10 ⁻⁸	8,406x10 ⁻⁸	6,052x10 ⁻⁸	4,119x10 ⁻⁸	2,690x10 ⁻⁸	1,702x10 ⁻⁸			

S16 (Taş Numune)							Alan = 12,878cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	161,80	161,84	161,86	161,88	161,91	161,91	161,91	162,92	
Q (cm ³)	0	0,04	0,06	0,08	0,11	0,11	0,11	1,12	
(Q/A)	0	310,607x10 ⁻⁵	465,911x10 ⁻⁵	621,214x10 ⁻⁵	854,170x10 ⁻⁵	854,170x10 ⁻⁵	854,170x10 ⁻⁵	931,822x10 ⁻⁵	
C	0	16,079x10 ⁻⁸	9,045x10 ⁻⁸	8,040x10 ⁻⁸	7,600x10 ⁻⁸	3,800x10 ⁻⁸	1,900x10 ⁻⁸	1,131x10 ⁻⁸	

S37 (Taş Numune)							Alan = 37,9254cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	310,71	312,55	312,64	312,80	312,83	312,89	312,93	312,97	
Q (cm ³)	0	1,84	1,93	2,09	2,12	2,18	2,22	2,26	
(Q/A)	0	4851,630x10 ⁻⁵	5088,938x10 ⁻⁵	5510,819x10 ⁻⁵	5589,921x10 ⁻⁵	5748,127x10 ⁻⁵	5853,597x10 ⁻⁵	5959,067x10 ⁻⁵	
C	0	3923,052x10 ⁻⁸	1079,054x10 ⁻⁸	632,690x10 ⁻⁸	325,492x10 ⁻⁸	172,088x10 ⁻⁸	89,231x10 ⁻⁸	46,238x10 ⁻⁸	

S25 (Taş Numune)							Alan = 34,6875cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	310,40	310,65	311,10	311,13	311,33	311,39	311,43	311,45	
Q (cm ³)	0	0,25	0,70	0,73	0,93	0,99	1,03	1,05	
(Q/A)	0	720,721x10 ⁻⁵	2018,018x10 ⁻⁵	2104,505x10 ⁻⁵	2681,081x10 ⁻⁵	2854,054x10 ⁻⁵	2969,369x10 ⁻⁵	3027,027x10 ⁻⁵	
C	0	86,573x10 ⁻⁸	169,683x10 ⁻⁸	92,270x10 ⁻⁸	74,877x10 ⁻⁸	42,425x10 ⁻⁸	22,961x10 ⁻⁸	11,931x10 ⁻⁸	

S46 (Taş Numune)							Alan = 14,6365cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	149,52	149,54	149,56	149,58	149,59	149,60	149,62	149,65	
Q (cm ³)	0	0,02	0,04	0,06	0,07	0,08	0,10	0,13	
(Q/A)	0	136,645x10 ⁻⁵	273,289x10 ⁻⁵	409,934x10 ⁻⁵	478,256x10 ⁻⁵	546,579x10 ⁻⁵	683,223x10 ⁻⁵	888,190x10 ⁻⁵	
C	0	3,112x10 ⁻⁸	3,112x10 ⁻⁸	3,501x10 ⁻⁸	2,383x10 ⁻⁸	1,556x10 ⁻⁸	1,216x10 ⁻⁸	1,027x10 ⁻⁸	

S41 (Taş Numune)							Alan = 13,3644cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	86,01	86,27	86,37	86,42	86,50	86,54	86,61	86,66	
Q (cm ³)	0	0,26	0,36	0,41	0,49	0,53	0,60	0,65	
(Q/A)	0	1945,467x10 ⁻⁵	2693,724x10 ⁻⁵	3067,852x10 ⁻⁵	3666,457x10 ⁻⁵	3965,760x10 ⁻⁵	4489,539x10 ⁻⁵	4863,668x10 ⁻⁵	
C	0	630,807x10 ⁻⁸	302,339x10 ⁻⁸	196,077x10 ⁻⁸	140,030x10 ⁻⁸	81,913x10 ⁻⁸	52,489x10 ⁻⁸	30,801x10 ⁻⁸	

T16 (Tuğla Numune)							Alan = 34,532cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	160,78	166,11	170,78	173,18	176,25	179,43	184,52	188,96	
Q (cm ³)	0	5,33	10,00	12,40	15,47	18,65	23,74	28,18	
(Q/A)	0	154,350x10 ⁻³	289,586x10 ⁻³	359,087x10 ⁻³	447,990x10 ⁻³	540,079x10 ⁻³	687,478x10 ⁻³	816,055x10 ⁻³	
C	0	397,063x10 ⁻⁶	349,418x10 ⁻⁶	268,633x10 ⁻⁶	209,058x10 ⁻⁶	151,919x10 ⁻⁶	123,080x10 ⁻⁶	86,712x10 ⁻⁶	

T6 (Tuğla Numune)										Alan = 30,0917cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	207,35	216,99	224,48	227,82	228,68	229,08	229,69	230,37			
Q (cm ³)	0	9,64	17,13	20,47	21,33	21,73	22,34	23,02			
(Q/A)	0	320,354x10 ⁻³	569,260x10 ⁻³	680,254x10 ⁻³	708,833x10 ⁻³	722,126x10 ⁻³	742,397x10 ⁻³	764,995x10 ⁻³			
C	0	1710,446x10 ⁻⁶	1350,237x10 ⁻⁶	964,053x10 ⁻⁶	523,380x10 ⁻⁶	271,597x10 ⁻⁶	143,530x10 ⁻⁶	76,200x10 ⁻⁶			

T33 (Tuğla Numune)										Alan = 17,5086cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	164,99	167,42	168,73	170,06	171,79	174,60	177,95	182,43			
Q (cm ³)	0	2,43	3,74	5,07	6,80	9,61	12,96	17,44			
(Q/A)	0	138,789x10 ⁻³	213,609x10 ⁻³	289,572x10 ⁻³	388,381x10 ⁻³	548,873x10 ⁻³	740,208x10 ⁻³	996,082x10 ⁻³			
C	0	321,039x10 ⁻⁶	190,121x10 ⁻⁶	174,692x10 ⁻⁶	157,124x10 ⁻⁶	156,907x10 ⁻⁶	142,684x10 ⁻⁶	129,190x10 ⁻⁶			

T24 (Tuğla Numune)										Alan = 6,555cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	49,95	50,39	51,09	51,48	52,42	53,99	56,20	56,40			
Q (cm ³)	0	0,44	1,14	1,53	2,47	4,04	6,25	6,45			
(Q/A)	0	67,124x10 ⁻³	173,913x10 ⁻³	233,410x10 ⁻³	376,812x10 ⁻³	616,323x10 ⁻³	953,471x10 ⁻³	983,982x10 ⁻³			
C	0	75,095x10 ⁻⁶	126,024x10 ⁻⁶	113,500x10 ⁻⁶	147,903x10 ⁻⁶	197,841x10 ⁻⁶	236,746x10 ⁻⁶	126,070x10 ⁻⁶			

T41 (Tuğla Numune)							Alan = 13,783cm ²							
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128						
m _d (gr)	139,93	140,95	142,23	142,72	143,19	144,23	146,01	148,40						
Q (cm ³)	0	1,02	2,30	2,79	3,26	4,30	6,08	8,47						
(Q/A)	0	74,004x10 ⁻³	166,872x10 ⁻³	202,423x10 ⁻³	236,523x10 ⁻³	311,979x10 ⁻³	441,123x10 ⁻³	614,525x10 ⁻³						
C	0	91,277x10 ⁻⁶	116,026x10 ⁻⁶	85,365x10 ⁻⁶	58,274x10 ⁻⁶	50,693x10 ⁻⁶	50,674x10 ⁻⁶	49,172x10 ⁻⁶						

T45 (Tuğla Numune)							Alan = 44,7557cm ²							
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128						
m _d (gr)	167,55	171,48	174,26	176,93	179,30	182,53	186,42	190,11						
Q (cm ³)	0	3,93	6,71	9,38	11,75	14,98	18,87	22,56						
(Q/A)	0	87,810x10 ⁻³	149,925x10 ⁻³	209,582x10 ⁻³	262,536x10 ⁻³	334,706x10 ⁻³	421,622x10 ⁻³	504,070x10 ⁻³						
C	0	128,510x10 ⁻⁶	93,656x10 ⁻⁶	91,510x10 ⁻⁶	71,797x10 ⁻⁶	58,348x10 ⁻⁶	46,293x10 ⁻⁶	33,084x10 ⁻⁶						

T9 (Tuğla Numune)							Alan = 34,5703cm ²							
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128						
m _d (gr)	441,23	450,53	457,01	463,51	470,59	470,83	471,10	472,29						
Q (cm ³)	0	9,30	15,78	22,28	29,36	29,60	29,87	31,06						
(Q/A)	0	269,017x10 ⁻³	456,461x10 ⁻³	644,484x10 ⁻³	849,284x10 ⁻³	856,226x10 ⁻³	864,036x10 ⁻³	898,459x10 ⁻³						
C	0	1206,170x10 ⁻⁶	868,153x10 ⁻⁶	865,332x10 ⁻⁶	751,337x10 ⁻⁶	381,835x10 ⁻⁶	194,416x10 ⁻⁶	105,108x10 ⁻⁶						

T29 (Tuğla Numune)							Alan = 16,212cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	125,85	126,95	127,93	128,85	130,28	132,66	135,49	139,51	
Q (cm ³)	0	1,10	2,08	3,00	4,43	6,81	9,64	13,66	
(Q/A)	0	67,851x10 ⁻³	128,300x10 ⁻³	185,048x10 ⁻³	273,254x10 ⁻³	420,059x10 ⁻³	594,621x10 ⁻³	842,586x10 ⁻³	
C	0	76,729x10 ⁻⁶	68,587x10 ⁻⁶	71,339x10 ⁻⁶	77,779x10 ⁻⁶	91,901x10 ⁻⁶	92,077x10 ⁻⁶	92,442x10 ⁻⁶	

M28 (Harç Numune)							Alan = 7,8435cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	19,14	20,78	21,85	21,95	22,00	22,03	22,04	22,21	
Q (cm ³)	0	1,64	2,71	2,81	2,86	2,89	2,90	3,07	
(Q/A)	0	209,090x10 ⁻³	345,509x10 ⁻³	358,258x10 ⁻³	364,633x10 ⁻³	368,458x10 ⁻³	369,733x10 ⁻³	391,407x10 ⁻³	
C	0	728,646x10 ⁻⁶	497,402x10 ⁻⁶	267,394x10 ⁻⁶	138,497x10 ⁻⁶	70,709x10 ⁻⁶	35,600x10 ⁻⁶	19,948x10 ⁻⁶	

M3 (Harç Numune)							Alan = 27,753cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	222,42	228,05	229,95	231,58	233,15	235,12	237,15	238,45	
Q (cm ³)	0	5,63	7,53	9,16	10,73	12,70	14,73	16,03	
(Q/A)	0	202,861x10 ⁻³	271,322x10 ⁻³	330,054x10 ⁻³	386,625x10 ⁻³	457,608x10 ⁻³	530,753x10 ⁻³	577,595x10 ⁻³	
C	0	685,876x10 ⁻⁶	306,732x10 ⁻⁶	226,950x10 ⁻⁶	155,707x10 ⁻⁶	109,065x10 ⁻⁶	73,359x10 ⁻⁶	43,440x10 ⁻⁶	

EK.5

M6 (Harç Numune)										Alan = 29,2468cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	152,53	160,58	163,47	165,07	166,89	168,96	171,23	176,36			
Q (cm ³)	0	8,05	10,94	12,54	14,36	16,43	18,70	23,83			
(Q/A)	0	275,244x10 ⁻³	374,058x10 ⁻³	428,765x10 ⁻³	490,994x10 ⁻³	561,771x10 ⁻³	639,386x10 ⁻³	814,790x10 ⁻³			
C	0	1262,652x10 ⁻⁶	582,997x10 ⁻⁶	382,999x10 ⁻⁶	251,120x10 ⁻⁶	164,368x10 ⁻⁶	106,462x10 ⁻⁶	86,443x10 ⁻⁶			

M32 (Harç Numune)										Alan = 3,2395cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	9,79	9,93	10,04	10,13	10,26	10,43	10,69	11,08			
Q (cm ³)	0	0,14	0,25	0,34	0,47	0,64	0,90	1,29			
(Q/A)	0	43,217x10 ⁻³	77,172x10 ⁻³	104,954x10 ⁻³	145,084x10 ⁻³	197,561x10 ⁻³	277,821x10 ⁻³	398,210x10 ⁻³			
C	0	31,128x10 ⁻⁶	24,815x10 ⁻⁶	22,949x10 ⁻⁶	21,926x10 ⁻⁶	20,328x10 ⁻⁶	20,100x10 ⁻⁶	20,647x10 ⁻⁶			

M8 (Harç Numune)										Alan = 12,501cm ²	
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128			
m _d (gr)	32,55	35,79	36,44	36,46	36,47	36,50	36,58	36,66			
Q (cm ³)	0	3,24	3,89	3,91	3,92	3,95	4,03	4,11			
(Q/A)	0	259,179x10 ⁻³	311,175x10 ⁻³	312,775x10 ⁻³	313,575x10 ⁻³	315,975x10 ⁻³	322,374x10 ⁻³	328,774x10 ⁻³			
C	0	1119,565x10 ⁻⁶	403,458x10 ⁻⁶	203,809x10 ⁻⁶	102,426x10 ⁻⁶	52,000x10 ⁻⁶	27,064x10 ⁻⁶	14,074x10 ⁻⁶			

M14 (Harç Numune)							Alan = 12,9456cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	56,51	58,67	60,63	61,69	63,45	65,39	67,38	67,94	
Q (cm ³)	0	2,16	4,12	5,18	6,94	8,88	10,87	11,43	
(Q/A)	0	166,852x10 ⁻³	318,255x10 ⁻³	400,136x10 ⁻³	536,089x10 ⁻³	685,947x10 ⁻³	839,668x10 ⁻³	882,925x10 ⁻³	
C	0	463,993x10 ⁻⁶	422,026x10 ⁻⁶	333,560x10 ⁻⁶	299,367x10 ⁻⁶	245,064x10 ⁻⁶	183,605x10 ⁻⁶	101,505x10 ⁻⁶	

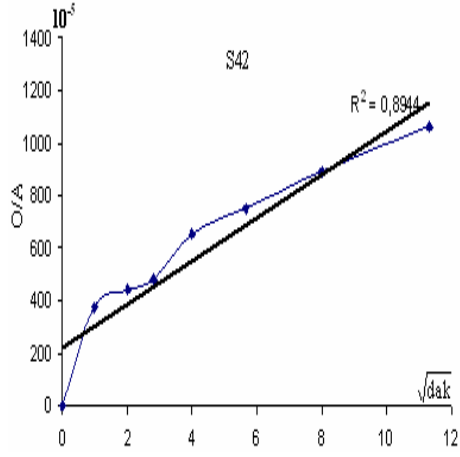
M34 (Harç Numune)							Alan = 25,2168cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	135,79	142,48	146,70	148,29	150,24	150,43	150,52	150,56	
Q (cm ³)	0	6,69	10,91	12,50	14,45	14,64	14,73	14,77	
(Q/A)	0	265,299x10 ⁻³	432,648x10 ⁻³	495,701x10 ⁻³	573,031x10 ⁻³	580,565x10 ⁻³	584,134x10 ⁻³	585,721x10 ⁻³	
C	0	1173,062x10 ⁻⁶	779,935x10 ⁻⁶	511,916x10 ⁻⁶	342,046x10 ⁻⁶	175,550x10 ⁻⁶	88,858x10 ⁻⁶	44,670x10 ⁻⁶	

M30 (Harç Numune)							Alan = 8,9612cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128	
m _d (gr)	34,71	36,94	38,01	38,75	39,57	39,88	39,93	39,98	
Q (cm ³)	0	2,23	3,30	4,04	4,86	5,17	5,22	5,27	
(Q/A)	0	248,851x10 ⁻³	368,254x10 ⁻³	450,832x10 ⁻³	542,338x10 ⁻³	576,932x10 ⁻³	582,511x10 ⁻³	588,091x10 ⁻³	
C	0	1032,110x10 ⁻⁶	565,047x10 ⁻⁶	423,437x10 ⁻⁶	306,386x10 ⁻⁶	173,359x10 ⁻⁶	88,364x10 ⁻⁶	45,033x10 ⁻⁶	

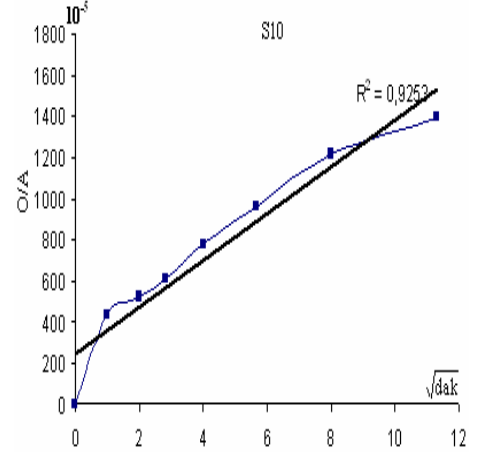
EK.5

M25 (Harç Numune)										Alan = 20,6448cm ²		
t (dak)	0	1	4	8	16	32	64	128				
m _d (gr)	51,61	54,97	55,81	56,25	56,91	57,54	57,98	58,62				
Q (cm ³)	0	3,36	4,20	4,64	5,30	5,93	6,37	7,01				
(Q/A)	0	162,753x10 ⁻³	203,441x10 ⁻³	224,754x10 ⁻³	256,723x10 ⁻³	287,239x10 ⁻³	308,552x10 ⁻³	339,553x10 ⁻³				
C	0	441,475x10 ⁻⁶	172,451x10 ⁻⁶	105,238x10 ⁻⁶	68,653x10 ⁻⁶	42,972x10 ⁻⁶	24,793x10 ⁻⁶	15,013x10 ⁻⁶				

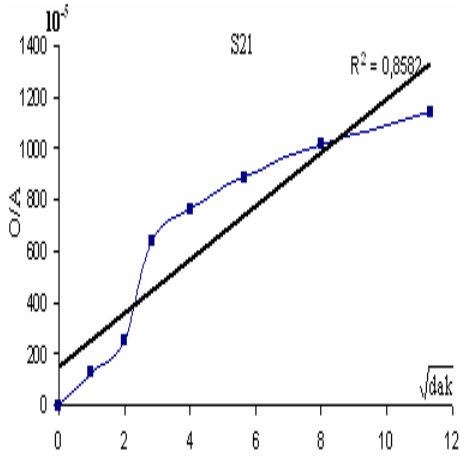
Taş, Tuğla ve Harç Numunelerin Su Emme - Zaman Grafikleri



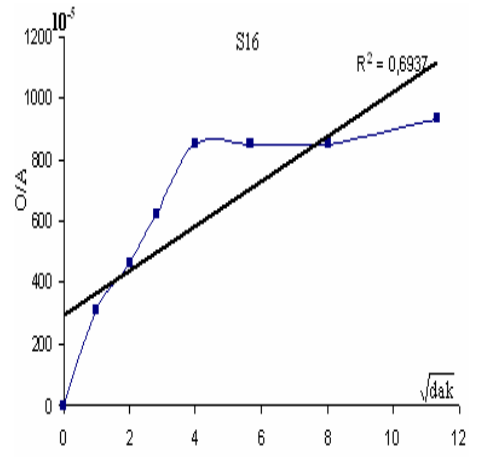
S42 Taş Numunesi



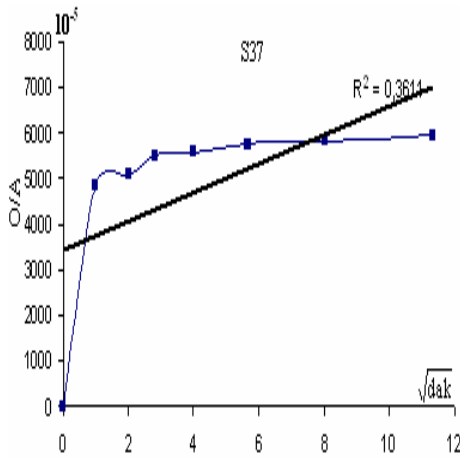
S10 Taş Numunesi



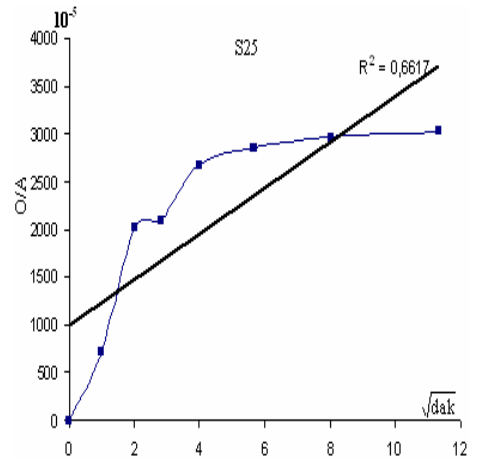
S21 Taş Numunesi



S16 Taş Numunesi

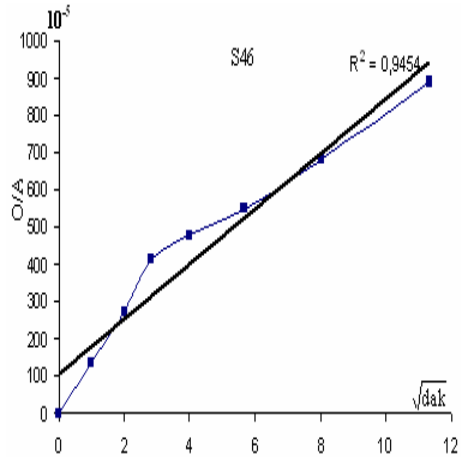


S37 Taş Numunesi

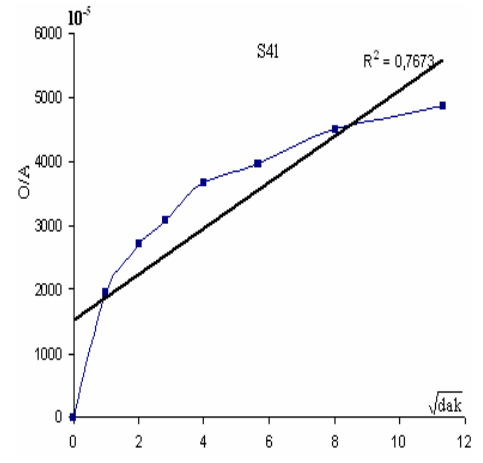


S25 Taş Numunesi

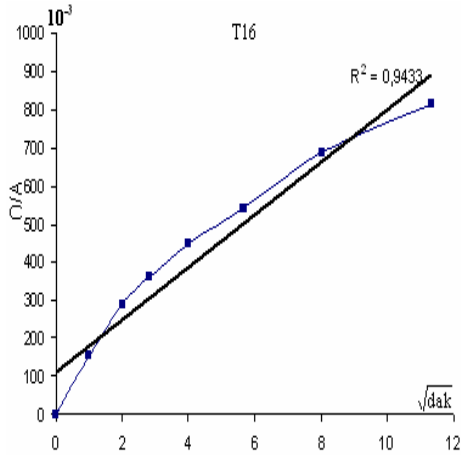
EK.6



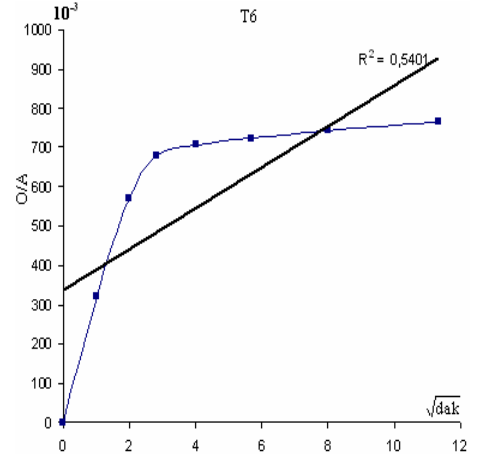
S37 Taş Numunesi



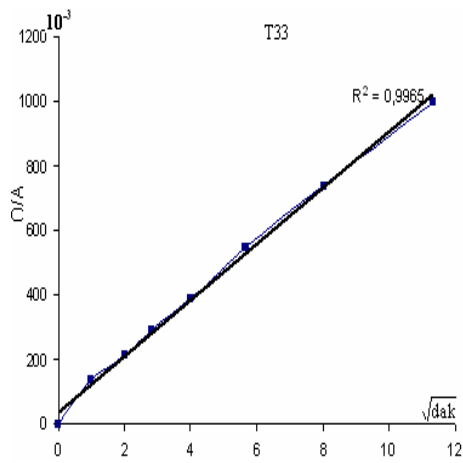
S25 Taş Numunesi



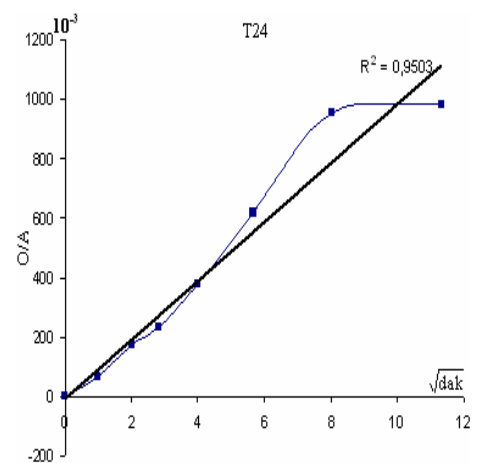
T16 Tuğla Numunesi



T6 Tuğla Numunesi

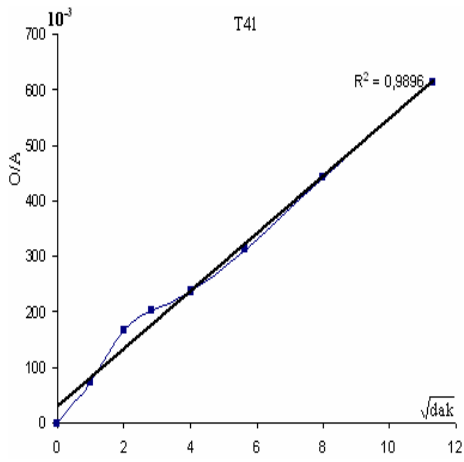


T33 Tuğla Numunesi

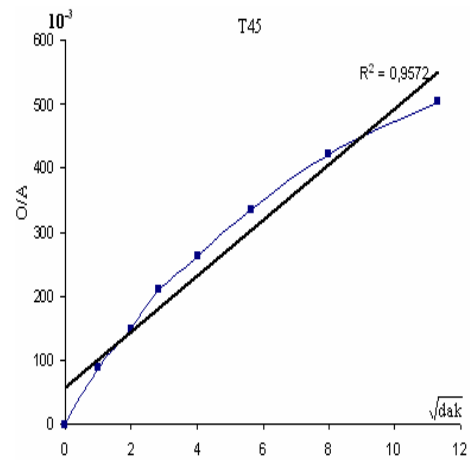


T24 Tuğla Numunesi

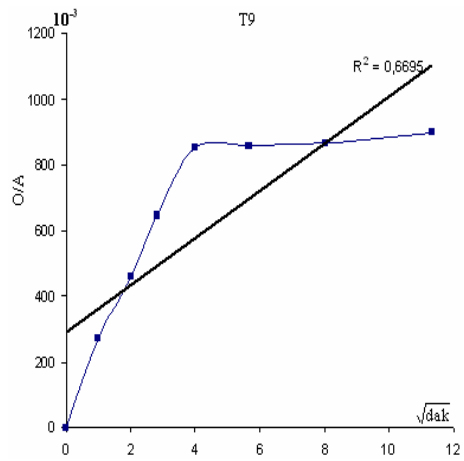
EK.6



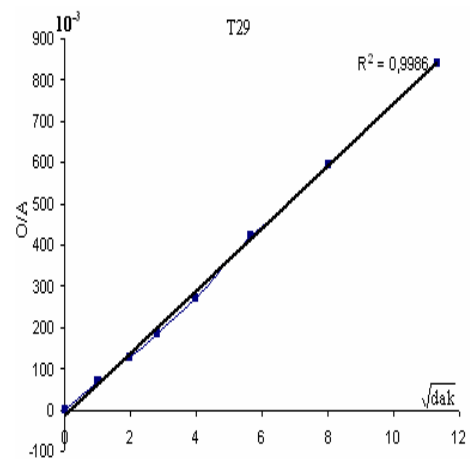
T41 Tuğla Numunesi



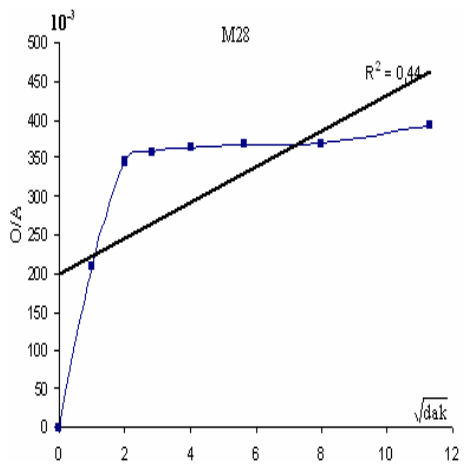
T45 Tuğla Numunesi



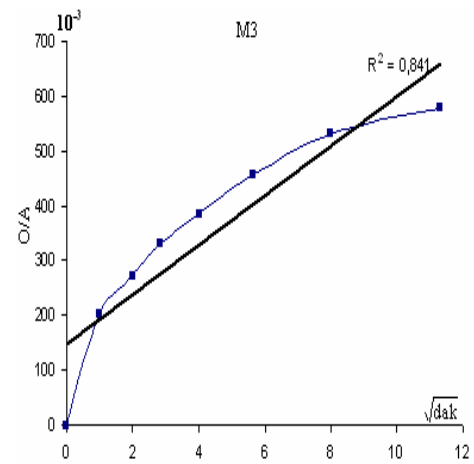
T9 Tuğla Numunesi



T29 Tuğla Numunesi

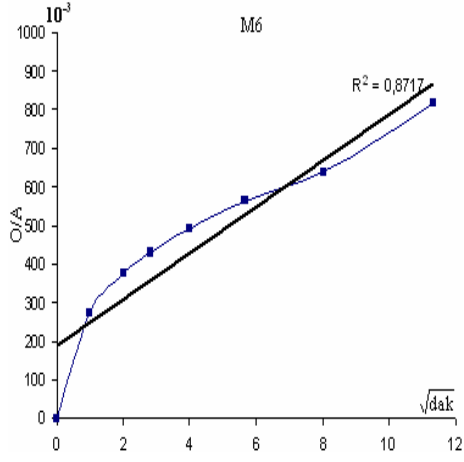


M28 Harç Numunesi

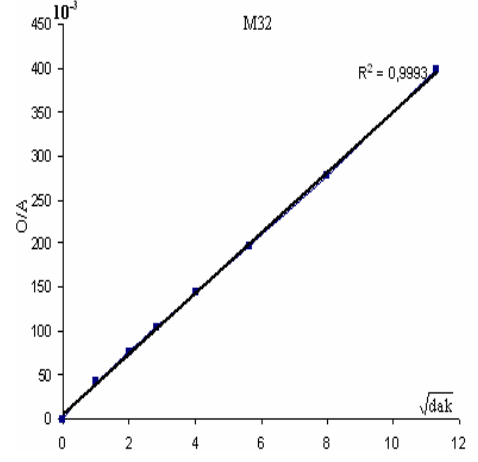


M3 Harç Numunesi

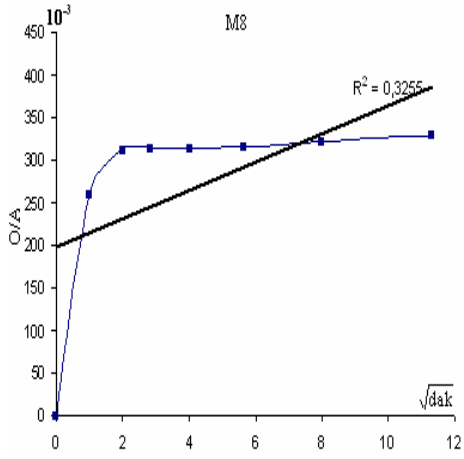
EK.6



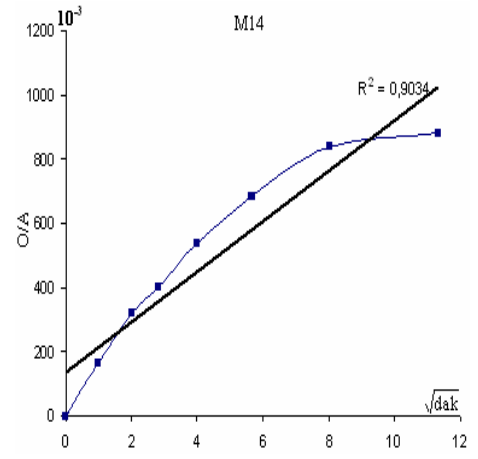
M6 Harç Numunesi



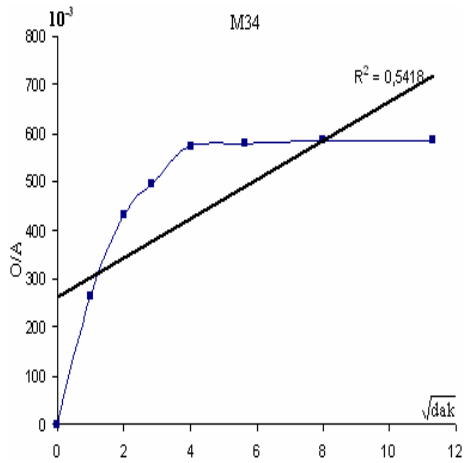
M32 Harç Numunesi



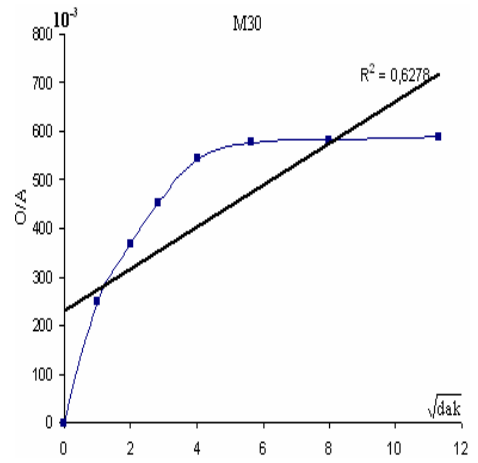
M8 Harç Numunesi



M14 Harç Numunesi

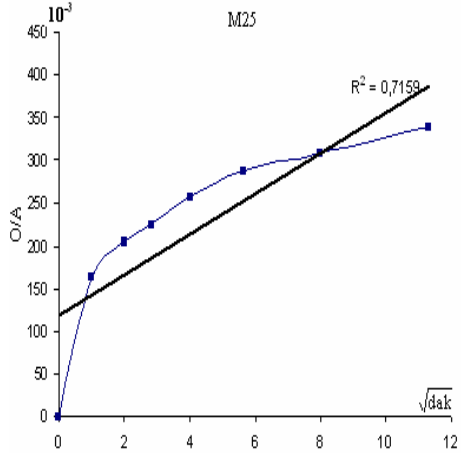


M34 Harç Numunesi



M30 Harç Numunesi

EK.6



M25 Harç Numunesi

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Serkan Gülmez

Doğum Yeri : Antalya

Doğum Yılı : 14/10/1979

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 1993 – 1996 Antalya Endüstri Meslek Lisesi
Yapı Eğitimi

Lisans 1998 – 2002 Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim
Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi :

07 / 2005 Isparta Adliye Sarayı İnşaatı (Saha Kontrol Müh.)