



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**RESTORASYONDA KULLANILAN MALZEMELERİN UYGUNLUĞU,
HOCA HASAN CAMİİ VE ŞERAFEDDİN CAMİİ ÖRNEĞİ**

Hayrunnisa METE

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Temmuz 2023**

RESTORASYONDA KULLANILAN MALZEMELERİN UYGUNLUĞU,
HOCA HASAN CAMİİ VE ŞERAFEDDİN CAMİİ ÖRNEĞİ

Hayrunnisa METE

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Nazım KOÇU

Konya
Temmuz 2023

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

☐ Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay en fazla 6 ay ertelenmiştir.²

☐ Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

12 Temmuz 2023

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Nazım KOÇU danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez/proje çalışmada; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez/proje çalışmada yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin/projemin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

12 Temmuz 2023


Hayrunnisa METE

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında değerli bilgileriyle beni yönlendiren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sayın tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Nazım KOÇU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve görüşlerinden yararlandığım Necmettin Erbakan Üniversitesi'nden Öğretim Üyesi Doç. Dr. Süheyla BÜYÜKŞAHİN'e, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DERELİ'ye, KTO Karatay Üniversitesi'nden Dr. Öğr. Üyesi Halil SEVİM'e, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KAŞ'a ve KTO Karatay Üniversitesi yapı malzemesi laboratuvarının imkanlarını bize sunan Prof. Dr. Faik SEVİMLİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Malzemelerin petrografik analizlerinin yapılması ve sonuçlarının yorumlanmasında emeği geçen Konya Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ali Rıza SÖĞÜT'e ve Dr. Öğr. Üyesi Gürsel KANSUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında yaptığım fiziksel, mekanik ve kimyasal deneyler için laboratuvar imkanlarını sunan ve çalışmalarımı yürütmemde desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında incelediğim tarihi yapılar üzerinde çalışmalarına katkı sağlayan Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, beni her daim destekleyen, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren annem Barış METE ve babam Ramazan METE'ye sonsuz teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve desteğini her daim gördüğüm ikiz kardeşim Mimar Nur Sena METE'ye teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında değerli görüşleriyle beni yönlendiren, yoluma ışık tutan abim Ecz. Burak METE'ye ve yengem Ecz. Rabia Bengü Su METE'ye teşekkür ederim.

12 Temmuz 2023

Hayrunnisa METE

ÖZET

Hayrunnisa METE

Restorasyonda Kullanılan Malzemelerin Uygunluğu,

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii Örneği

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2023

Tarihi yapıların malzeme özelliklerinin belirlenmesi, restorasyon uygulamaları için önemli bir ön çalışmadır. Koruma ve onarım çalışmalarında zarar gören malzemelerin yerine kullanılan yeni malzemelerin özelliklerinin tespit edilerek yapıya ait özgün malzemelerle uygunluk göstermesi gerekmektedir. Böylece tarihi yapıların restorasyon çalışmaları sonunda aslına uygun ve özgün değerleri ile korunmaları sağlanmaktadır. Tarihi yapılarda kullanılan mevcut yapı malzemeleri ile restorasyonda kullanılan yeni yapı malzemelerin niteliklerinin tespit edilmesi, restorasyon çalışmalarının bilinçli müdahaleler ile gerçekleşmesine olanak sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasında, Konya ili tarihi yapılarından Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii inşasında ve restorasyonunda kullanılan yapı malzemelerinin fiziksel, mekanik ve kimyasal analizleri yapılarak karakteristik özelliklerinin tespit edilmesi ve uyumluluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Konu ile ilgili literatür taraması yapılarak, tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri ve özellikleri araştırılarak tarihi yapılardan elde edilen eski ve yeni malzemeler üzerinde yapılacak deneyler belirlenmiştir. Bu bağlamda; özgül kütle, birim hacim ağırlık, kılcallık, kütlece su emme, kompasite, porozite, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, don tesirlerine dayanıklılık deneyleri ile SEM, EDS, XRF, TGA ve petrografik analizler çeşitli laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları, restorasyonda kullanılan malzemeler ve özgün malzemeler için ayrı ayrı tablolar ve grafikler oluşturularak incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Yapılan deneyler sonunda, özgün yapı malzemeleri ile restorasyonda kullanılan yapı malzemelerinin, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikler bakımından yaklaşık değerlere sahip oldukları görülmüştür. Bu da gösteriyor ki tez çalışmasında incelenen tarihi yapıların koruma, onarım ve güçlendirme çalışmalarında uygun yapı malzemeleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Tarihi yapılar, Konya, yapı malzemeleri, malzeme analizleri, restorasyon, konservasyon

ABSTRACT

Hayrunnisa METE

The Appropriateness of The Materials Used in The Restoration,
Hoca Hasan Mosque and Şerafeddin Mosque Cases

Master's Thesis

Konya, 2023

Determining the material properties of historical buildings is an important preliminary study for restoration applications. The properties of the new materials used to replace the damaged materials in the conservation and repair works should be determined and they should be compatible with the original materials of the building. Thus, at the end of the restoration works, it is ensured that the historical buildings are preserved with their original values. Determining the qualities of existing building materials used in historical buildings and the new building materials used in restoration will allow restoration works to be realized with conscious interventions.

In this thesis, it is aimed to determine the characteristic features and to investigate the compatibility of the building materials used in the construction and restoration of the Hodja Hasan Mosque and Şerafeddin Mosque, which are historical buildings in Konya, by making physical, mechanical and chemical analyses. By making a literature review on the subject, the building materials used in historical buildings and their properties were investigated and the tests on the old and new materials obtained from the historical buildings were determined. In this context; specific mass, unit volume weight, capillarity, water absorption by mass, density, porosity, bending strength, compressive strength, resistance to frost effects and SEM, EDS, XRF, TGA and petrographic analyses were carried out in various laboratories. The tests results were analyzed and compared by forming separate tables and graphs for restoration and original building materials.

At the end of the tests, it was observed that the original building materials and the building materials used in the restoration have approximately closer values in terms of physical, mechanical and chemical properties. This shows that appropriate building materials were used in the preservation, repair and strengthening works of the historical buildings investigated in this study.

Keywords

Historical buildings, Konya, building materials, material analysis, restoration, conservation

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Tuğla Malzemelerin Görsel Özelliklerinin Değerlendirilmesi	46
Tablo 2. Numunelerin Özgül Kütle Deneyi Değerleri	51
Tablo 3. Numunelerin Birim Hacim Ağırlık Deneyi Değerleri	54
Tablo 4. Kılcallık Deneyi (Kapilarite Katsayısı) 4. dk ve 49.dk Arası Değerleri.....	58
Tablo 5. Kılcallık Deneyi (Kapilarite Katsayısı) 64. dk ve 169.dk Arası Değerleri.....	58
Tablo 6. Kütlece Su Emme Deneyi Değerleri.....	63
Tablo 7. Kompasite (Doluluk Oranı) Deneyi Değerleri	66
Tablo 8. Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi Değerleri	69
Tablo 9. Eğilme Dayanımı Deneyi Değerleri	73
Tablo 10. Basınç Dayanımı Deneyi Değerleri	76
Tablo 11. Don Tesirlerine Dayanıklılık Deneyi Değerleri.....	79
Tablo 12. HDE8 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri	98
Tablo 13. HDY7 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri.....	101
Tablo 14. HME6 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri	104
Tablo 15. HMY5 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri.....	107
Tablo 16. ŞDE2 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri.....	110
Tablo 17. ŞDE5 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri.....	113
Tablo 18. ŞDY1 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri	116
Tablo 19. HDE8 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri	117
Tablo 20. HDE8 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri	117
Tablo 21. HDY7 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri.....	118
Tablo 22. HDY7 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri.....	118
Tablo 23. HME6 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri	119
Tablo 24. HME6 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri	119
Tablo 25. HMY5 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri.....	119
Tablo 26. HMY5 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri.....	120
Tablo 27. ŞDE2 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri.....	120
Tablo 28. ŞDE2 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri.....	120
Tablo 29. ŞDE5 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri.....	121
Tablo 30. ŞDE5 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri.....	121
Tablo 31. ŞDY1 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri	122
Tablo 32. ŞDY1 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri	122

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Hoca Hasan Camii’de kullanılan doğal taş malzemesi, 2023	18
Şekil 2. Şerafeddin Camii’de kullanılan doğal taş malzemesi, 2023	18
Şekil 3. Hoca Hasan Camii’de kullanılan tuğla malzemesi, 2023	19
Şekil 4. Şerafeddin Camii’de kullanılan tuğla malzemesi, 2023	20
Şekil 5. Hoca Hasan Camii’de kullanılan ahşap malzeme, 2023.....	21
Şekil 6. Şerafeddin Camii’de kullanılan ahşap malzeme, 2023	21
Şekil 7. Hoca Hasan Camii’nin iç mekanında kullanılan sıva, 2023	23
Şekil 8. Şerafeddin Camii’nin iç mekanında kullanılan sıva, 2020	23
Şekil 9. Hoca Hasan Camii minaresi, 2020	24
Şekil 10. Şerafeddin Camii doğu cephesi, 2020	25
Şekil 11. Hoca Hasan Camii, 2023	31
Şekil 12. Hoca Hasan Camii genel görünüşü, 1971	32
Şekil 13. Hoca Hasan Camii’nin konumu.....	32
Şekil 14. Hoca Hasan Camii zemin kat planı.....	33
Şekil 15. Hoca Hasan Camii II – II kesiti	34
Şekil 16. Hoca Hasan Camii kuzey cephesi.....	34
Şekil 17. Hoca Hasan Camii’de kullanılan taş malzemesi, 2023.....	35
Şekil 18. Hoca Hasan Camii minaresi, 2023	35
Şekil 19. Hoca Hasan Camii şerefesi, 2022	36
Şekil 20. Hoca Hasan Camii medhal bölümde yer alan sırlı tuğla süslemeli mihrabiye’nin görünüşü, 2022	36
Şekil 21. Şerafeddin Camii	37
Şekil 22. Şerafeddin Camii konumu	38
Şekil 23. Şerafeddin Camii zemin kat planı.....	39
Şekil 24. Şerafeddin Camii B – B kesiti	40
Şekil 25. Şerafeddin Camii kuzey cephesi	40
Şekil 26. Şerafeddin Camii ana kubbesi, 2020	41
Şekil 27. Şerafeddin Camii üst örtüsünü oluşturan kubbeler, 2020	41
Şekil 28. Şerafeddin Camii mihrabı, 2020	42
Şekil 29. Şerafeddin Camii doğu duvarına ait kapı ve pencereleri, 2020	43
Şekil 30. Şerafeddin Camii son cemaat yeri, 2023	43

Şekil 31. Hoca Hasan Camii'ye ait numunenin elekten geçirilmesi.....	50
Şekil 32. Hoca Hasan Camii'ye ait numunenin hassas terazide tartılması	50
Şekil 33. Hoca Hasan Camii numunelerinin özgül kütle deneyi değerleri	52
Şekil 34. Şerafeddin Camii numunelerinin özgül kütle deneyi değerleri	52
Şekil 35. Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii numunelerinin birim hacim ağırlık deneyi	54
Şekil 36. Hoca Hasan Camii numunelerinin birim hacim ağırlık deneyi değerleri	55
Şekil 37. Şerafeddin Camii numunelerinin birim hacim ağırlık deneyi değerleri	56
Şekil 38. Numunelerin kılcallık deneyi için etüve yerleştirilmesi	57
Şekil 39. Numunelerin kılcallık deneyinin gerçekleştirilmesi	57
Şekil 40. Hoca Hasan Camii numunelerinin kılcallık deneyi değerleri (4 dk – 49 dk)	60
Şekil 41. Şerafeddin Camii numunelerinin kılcallık deneyi değerleri (4 dk – 49 dk)	60
Şekil 42. Hoca Hasan Camii numunelerinin kılcallık deneyi değerleri (64 dk – 169 dk)	61
Şekil 43. : Şerafeddin Camii numunelerinin kılcallık deneyi değerleri (64 dk – 169 dk)	61
Şekil 44. Hoca Hasan Camii numunelerinin kütlece su emme deneyi değerleri	64
Şekil 45. Şerafeddin Camii numunelerinin kütlece su emme deneyi değerleri	64
Şekil 46. Hoca Hasan Camii numunelerinin kompasite deneyi değerleri.....	67
Şekil 47. Şerafeddin Camii numunelerinin kompasite deneyi değerleri.....	67
Şekil 48. Hoca Hasan Camii numunelerinin porozite deneyi değerleri	70
Şekil 49. Şerafeddin Camii numunelerinin porozite deneyi değerleri	70
Şekil 50. Hoca Hasan Camii numunesi eğilme dayanımı deneyi	72
Şekil 51. Şerafeddin Camii numunesi eğilme dayanımı deneyi	72
Şekil 52. Hoca Hasan Camii numunelerinin eğilme dayanımı deneyi değerleri	74
Şekil 53. Şerafeddin Camii numunelerinin eğilme dayanımı deneyi değerleri	74
Şekil 54. Şerafeddin Camii numunesinin basınç dayanımı deneyi	76
Şekil 55. Hoca Hasan Camii numunelerinin basınç dayanımı deneyi değerleri	77
Şekil 56. Şerafeddin Camii numunelerinin basınç dayanımı deneyi değerleri	78
Şekil 57. HDE8 numunesinin 10.3 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	81
Şekil 58. HDE8 numunesinin 10.3 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	81
Şekil 59. HDE8 numunesinin 10.2 mm'lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	82
Şekil 60. HDE8 numunesinin 10.2 mm'lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	82

Şekil 61. HDY7 numunesinin 9,4 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	83
Şekil 62. HDY7 numunesinin 9,2 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	83
Şekil 63. HDY7 numunesinin 9,2 mm'lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	84
Şekil 64. HDY7 numunesinin 9,1 mm'lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	84
Şekil 65. HME6 numunesinin 14,9 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	85
Şekil 66. HME6 numunesinin 14,9 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	85
Şekil 67. HME6 numunesinin 14,9 mm'lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	86
Şekil 68. HME6 numunesinin 14,9 mm'lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	86
Şekil 69. : HMY5 numunesinin 12,4 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	87
Şekil 70. HMY5 numunesinin 12,2 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	87
Şekil 71. HMY5 numunesinin 12,2 mm'lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	88
Şekil 72. HMY5 numunesinin 12,3 mm'lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	88
Şekil 73. ŞDE2 numunesinin 13,0 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	89
Şekil 74. ŞDE2 numunesinin 13,3 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	89
Şekil 75. ŞDE2 numunesinin 13,1 mm'lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	90
Şekil 76. ŞDE2 numunesinin 13,1 mm'lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	90
Şekil 77. ŞDE5 numunesinin 14,9 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	91
Şekil 78. ŞDE5 numunesinin 14,9 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	91
Şekil 79. ŞDE5 numunesinin 14,7 mm'lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	92
Şekil 80. ŞDE5 numunesinin 14,7 mm'lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	92
Şekil 81. ŞDY1 numunesinin 13,3 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	93
Şekil 82. ŞDY1 numunesinin 13,3 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	93
Şekil 83. ŞDY1 numunesinin 13,4 mm'lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	94
Şekil 84. ŞDY1 numunesinin 13,4 mm'lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	94
Şekil 85. HDE8 numunesinin SEM görüntüsü	96
Şekil 86. HDE8 numunesinin EDS görüntüsü	96
Şekil 87. HDE8 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü	97
Şekil 88. HDE8 numunesinin EDS diyagramı	98
Şekil 89. HDY7 numunesinin SEM görüntüsü	99
Şekil 90. HDY7 numunesinin EDS görüntüsü.....	99
Şekil 91. HDY7 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü.....	100
Şekil 92. HDY7 numunesinin EDS diyagramı	101
Şekil 93. HME6 numunesinin SEM görüntüsü.....	102
Şekil 94. HME6 numunesinin EDS görüntüsü	102

Şekil 95. HME6 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü.....	103
Şekil 96. HME6 numunesinin EDS diyagramı	104
Şekil 97. HMY5 numunesinin SEM görüntüsü	105
Şekil 98. HMY5 numunesinin EDS görüntüsü	105
Şekil 99. HMY5 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü	106
Şekil 100. HMY5 numunesinin EDS diyagramı.....	107
Şekil 101. ŞDE2 numunesinin SEM görüntüsü	108
Şekil 102. ŞDE2 numunesinin EDS görüntüsü.....	108
Şekil 103. ŞDE2 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü	109
Şekil 104. ŞDE2 numunesinin EDS diyagramı	110
Şekil 105. ŞDE5 numunesinin SEM görüntüsü	111
Şekil 106. ŞDE5 numunesinin EDS görüntüsü.....	111
Şekil 107. ŞDE5 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü	112
Şekil 108. ŞDE5 numunesinin EDS diyagramı	113
Şekil 109. ŞDY1 numunesinin SEM görüntüsü.....	114
Şekil 110. ŞDY1 numunesinin EDS görüntüsü	114
Şekil 111. ŞDY1 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü.....	115
Şekil 112. ŞDY1 numunesinin EDS diyagramı	116
Şekil 113. HDE8 numunesinin TGA grafiği.....	123
Şekil 114. HDY7 numunesinin TGA grafiği	124
Şekil 115. HME6 numunesinin TGA grafiği	125
Şekil 116. HMY5 numunesinin TGA grafiği.....	125
Şekil 117. ŞDE5 numunesinin TGA grafiği	126
Şekil 118. ŞDE2 numunesinin TGA grafiği	127
Şekil 119. ŞDY1 numunesinin TGA grafiği.....	127
Şekil 120. HDE9 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri	129
Şekil 121. HME6 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri.....	129
Şekil 122. HŞY1 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri.....	130
Şekil 123. HŞY2 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri.....	130
Şekil 124. HŞY3 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri.....	131
Şekil 125. HŞY4 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri.....	131
Şekil 126. HMY5 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri	132
Şekil 127. HDY7 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri	132
Şekil 128. HDY10 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri	133

Şekil 129. ŞDE2 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri	133
Şekil 130. ŞDE3 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri	134
Şekil 131. ŞDE4 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri	134
Şekil 132. ŞDE5 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri	135
Şekil 133. ŞDY1 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri.....	135



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xiv
SİMGELER DİZİNİ.....	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
3. TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ.....	17
3.1. Doğal Taş Malzeme.....	17
3.2. Tuğla Malzeme.....	18
3.3. Ahşap Malzeme	20
3.4. Kerpiç Malzeme	22
3.5. Harç	22
3.6. Sıva.....	22
4. TARİHİ YAPILARDA GÖRÜLEN BOZULMALAR VE NEDENLERİ	24
4.1. Tarihi Yapılarda Bozulmalara Neden Olan Doğal Etkenler	24
4.1.1. Atmosfer Etkileri	25
4.1.2. Doğal Afetler	27
4.2. Tasarım ve Yapım Hataları	28
4.3. Yapının Kullanım Süresi İçinde Oluşan Bozulmalar	28
4.3.1. Kötü Kullanım	28
4.3.2. Yanlış Restorasyon Uygulamaları	28
4.3.3. Yangınlar	29
4.3.4. Trafik ve Titreşim	29
5. BÖLGEDE İNCELENEN YAPILAR VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR	30
5.1. Konya Kentinin Konumu Ve Tarihçesi.....	30

5.2. Çalışma Kapsamında İncelenen Yapılar	30
5.2.1. Hoca Hasan Camii	31
5.2.2. Şerafeddin Camii	37
6. İNCELENEN TARİHİ YAPILARIN DENEYSEL ÇALIŞMALARI	44
6.1. Tarihi Yapıların Malzemelerinden Örnek Alma Çalışması	44
6.2. Görsel Analiz ve Örneklerin Tanımlanması	45
6.3. Deneyler ve Bulguların Değerlendirilmesi	48
6.3.1. Fiziksel Deneyler ve Bulguların Değerlendirilmesi	49
6.3.2. Mekanik Deneyler ve Bulguların Değerlendirilmesi	71
6.3.3. Kimyasal Deneyler ve Bulguların Değerlendirilmesi	80
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	136
KAYNAKLAR	142
ÖZGEÇMİŞ	151

SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
G_d	Doygun haldeki kütle (gr)
G_k	Değişmez kütle (gr)
d_0	Özgül kütle (gr/cm ³)
S_k	Kütlece su emme oranı (m/m, %)
P_g	Porozite derecesi (m/m, %)
k	Komposite derecesi (m/m, %)
d_h	Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)
σ_R	Eğilme dayanımı (N/mm ²)
σ_b	Basınç dayanımı (N/mm ²)
T	Sıcaklık (°C)
t	Süre (dk)
%	Yüzde

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
ASTM	Amerikan Malzeme Standart Birimi
BİTAM	Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
EDS	Elementel Analiz
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TGA	Termogravimetrik Analiz
TS	Türk Standartları Enstitüsü
TS EN	Avrupa Birliği Normlarına Uygun Türk Standartları
XRF	X – Işınları Floresans Spektrometresi
gr	Gram
vb	Ve benzeri

1. GİRİŞ

Ülkemiz tarihsel açıdan birçok kültürel mirasa ev sahipliği yapmaktadır ve bu mirasın günümüze kadar ulaşabilmiş en nesnel örnekleri tarihi yapılardır. Tarihi yapılar, gerek tasarım gelenekleri gerekse yapım teknolojileri ile geçmişe ayna tutarken, geleceğe de yön vermektedirler (Gür, 2019). Böylelikle tarihi yapılar, kültürel mirasımızın önemli bir parçasını oluşturmakla birlikte bu değerli yapılarımız yalnızca birer mimari eser olarak değerlendirilmesinin yanında aynı zamanda o dönemin kültürel özelliklerini sonraki dönemlere aktaran özgün belgeler olarak da nitelendirilebilir. Tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri de özgün değerlerin birer unsuru olarak görülmelidir. Aynı zamanda tarihi yapıları oluşturan yapı malzemeleri bulundukları dönemin yapı teknolojilerini ve geleneklerini yansıtan birer belge olarak kabul edilmelidir. Bundan dolayı, bu yapıların korunması konusunda yapılan çalışmalarda sadece yapıların tasarımlarının dikkate alınması yetersiz bir durumu ortaya çıkarmaktadır. Bunun yerine tarihi yapılar sahip oldukları tüm özgün değerleri ile birlikte korunarak önlemleri alınmalı ve bu şekilde gelecek nesillere aktarılması gerekmektedir (Metin, 2020).

Tarihi yapılarda; genel olarak yapının fonksiyonu, yapım tekniği, kullanılan malzemeleri, bölge koşulları, geçirmiş olduğu onarımlar gibi çeşitli birçok etken ile karşılaşılmalıdır. Bu konularda detaylı ve doğru bilgi veren tarihi belgeler incelenerek onarımı yapılacak her tarihi yapının mimari ve estetik yönleri kadar malzeme özellikleri, içerikleri ve üretim teknikleri ayrıntılı olarak araştırılmalıdır. Bu araştırmaların yapılması ile yapıların özgün malzemelerinin doğru saptanması ve onarımlarında bu özgünlüğü koruyacak şekilde müdahalelerin yapılması oldukça önemlidir (Ekşi Akbulut, 2006).

Tarihi yapılar gelecek kuşaklara aktarılırken yapıya ait tüm özgün öğelerin korunmasının gerekliliği göz önünde bulundurularak yaklaşımlarda bulunulmalıdır. Tarihi yapılardaki yapı malzemelerinin ve yapım tekniklerinin dönemin teknolojisi ile birlikte geleneklerin birer göstergesi olması o dönemin özelliklerini yansıtan unsurlar arasında bulunmasına kaynaklık etmektedir. Bundan dolayı tarihi yapının tüm özgün öğelerinin koruma çalışmaları ile sağlanmasının yanında kalıcılığı ve sürekliliği yakalaması da önem teşkil etmektedir (Mavioğlu, 2011).

Tarihi yapılarda görülen bozulmaların belirlenebilmesi, bozulmalara neden olan problemlerin teşhisi ile mümkündür. Teşhisler sonucu yapılacak müdahalelerin tarihi yapılara ve malzemelerine uygunluk göstermesi gerekmektedir. Müdahaleler yapılmadan önce ilk olarak tarihi yapıların özgün malzemelerinin içerik ve özellikleri ile birlikte üretim teknolojileri araştırılmalıdır. Araştırmalar kapsamında tarihi yapıların özgün malzemelerinin karakterizasyonu belirlenmeli ve yapısında görülen bozulmalar tespit edilmelidir. Bozulmaların tespiti için öncelikle tarihi yapıların çeşitli yerlerinden örnekler alınmalıdır ve alınan örnekler üzerinde kimyasal, fiziksel, petrografik, mineralojik gibi çeşitli analizler gerçekleştirilmelidir. Bu analizler ile yapıya ait özgün malzemelerin nitelikleri tespit edilerek koruma ve onarım çalışmalarında yapının özgün malzemelerine uygun nitelikte yapı malzemeleri kullanılmalıdır (Güleç, 2015).

Aksi halde tarihi yapılara ait malzemelerin içerik ve nitelikleri belirlenmeden yapılacak olan uygulamalarda, tarihi yapılarda kullanılacak malzemelerin özgün malzemelerden farklı kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olması çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle tarihi yapıların korunması için yapılan uygulamalarda doğru ve uygun malzeme seçimlerinin yapılmaması yapıya zarar veren durumların başında gelmektedir. Aynı zamanda yapı malzemelerinin içerik, nitelik ve üretim teknolojilerinin değiştirilmesinin yanında özgün malzemeyle uygunluk göstermemesi durumları etkisiyle özgünlük kapsamında ele alınan tarihi yapıların sahip oldukları değerler kısmen veya tamamen yok olmaktadır (Güleç, 2014).

Bu tez çalışmasında Konya kent merkezinde yer alan, Meram ilçesinde bulunan Hoca Hasan Camii ve Karatay ilçesinde bulunan Şerafeddin Camii olmak üzere iki tarihi yapıda araştırmalarda bulunulmuştur. Farklı dönemlere ait olan tarihi yapılar çeşitli restorasyon ve onarımlar geçirerek günümüze ulaşmışlardır

Bu tez kapsamında restorasyon sürecinde olan tarihi yapıların, daha önce kullanılan özgün malzemeleri ile restorasyon uygulamalarında kullanılan malzemeleri araştırılmıştır. Camilerde kullanılan yapı malzeme analizlerinin tespiti için öncelikle alan çalışmaları yapılarak yapılara ait malzemeler incelenmiştir. Yapılan alan çalışmaları neticesinde tarihi yapıların farklı yerlerinden alınan ve yapıların özelliklerini yansıtan özgün tuğla malzemeleri ile restorasyon uygulamalarında kullanılan yeni tuğla malzemeleri elde edilmiştir.

Elde edilen tuğla malzemelerinin laboratuvar çalışmaları kapsamında karakterizasyonlarının belirlenmesi ve malzemelerin birbirleri arasındaki benzer ve farklı özelliklerin tespit edilmesi amacıyla çeşitli deneyler yapılmıştır. Deneylerden önce tarihi yapılardan elde edilen malzemeler 4×4×16 cm ebatlarında kesilerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

Özelliklerinin belirlenmesi amaçlanan tarihi yapıların malzemeleri için yapılan deneyler, fiziksel, mekanik ve kimyasal analizler olarak sınıflandırılmıştır. Yapılan deneyler ve analizler KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında, Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarlarında ve Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Petrografi laboratuvarında yapılmıştır.

Fiziksel analizler kapsamında gerçekleştirilen özgül kütle, birim hacim ağırlık, kılcallık (kapilarite), kütlece su emme, kompasite (doluluk), porozite (gözeneklilik) deneyleri KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında yapılmıştır. Mekanik analizler kapsamında gerçekleştirilen eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve don tesirlerine dayanıklılık deneyleri Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarlarında yapılmıştır. Kimyasal analizler kapsamında gerçekleştirilen taramalı elektron mikroskopu analizleri (SEM), elementel analizler (EDS), X-ışınları floresans spektrometresi (XRF) ve termal analizler (TGA) Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarlarında yapılmıştır. Kimyasal analizler arasında yer alan petrografik analizler ise Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Petrografi laboratuvarında yapılmıştır.

DeneySEL çalışmalardan elde edilen bilgiler ile tez çalışması kapsamında incelenen Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarında kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri tespit edilerek bu yapılarda daha sonraki zamanlarda yapılacak olan koruma, onarım ve güçlendirme çalışmalarına yol gösterici nitelikte veri sağlanacaktır.

Bu tez çalışmasında, Konya ili tarihi yapılarından Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii inşasında ve restorasyonunda kullanılan yapı malzemelerinin fiziksel, mekanik ve kimyasal analizleri yapılarak karakteristik özelliklerinin tespit edilmesi ve

uyumluluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Konu ile ilgili literatür taraması yapılarak, tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri ve özellikleri araştırılarak tarihi yapılardan elde edilen eski ve yeni malzemeler üzerinde yapılacak deneyler belirlenmiştir. Bu bağlamda; özgül kütle, birim hacim ağırlık, kılcallık, kütlece su emme, kompasite, porozite, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, don tesirlerine dayanıklılık deneyleri ile SEM, EDS, XRF, TGA ve petrografik analizler çeşitli laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları, restorasyon malzemeleri ve özgün malzemeler için ayrı ayrı tablolar ve grafikler oluşturularak incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Tez yedi bölümden oluşmaktadır.

İlk bölüm, giriş bölümü olup bu bölümde çalışmanın amacı, kapsamı, yöntemi, özgün değeri ve öneminden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde araştırma konusu ile ilgili literatür taraması yapılarak tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri ve özellikleri araştırılarak tarihi yapılardan elde edilen malzemeler üzerinde yapılacak deneyler belirlenmiştir.

Üçüncü bölümde, tarihi yapılarda kullanılan malzemeler ve özelliklerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde tarihi yapılarda görülen bozulmalar ve nedenleri anlatılmıştır.

Beşinci bölümde yüksek lisans tezinde araştırma konusu olarak seçilen deneyler için numunelerin alındığı Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapıları hakkında bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölümde ise incelenen tarihi yapılardan elde edilen yapı malzemelerinin özelliklerini tespit etmek amacıyla deneyler yapılmıştır. Deneyler fiziksel, mekanik ve kimyasal analizler kapsamında üç ayrı başlık altında çeşitli laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen bilgiler doğrultusunda tablolar ve grafikler oluşturularak malzemelerin özellikleri incelenmiştir.

Sonuç ve önerileri içeren yedinci bölümde tarihi yapılarda kullanılan özgün malzemeler ile restorasyon sırasında kullanılan malzemelerin yapılan deneylerinden elde edilen sonuçlar kıyaslanarak değerlendirmeleri yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Esin (1990), çalışmasında doğal taş malzemesinin özellikleri ve kullanımları ile doğal taş malzemesinden yapılmış tarihi yapılar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bununla birlikte tarihi yapılarda kullanılan taş malzemesinde görülen bozulmalar ve bozulmaya neden olan faktörler araştırılarak çözüm önerileri sunulmuştur. Araştırma kapsamında incelenen tarihi yapılarda kullanılan doğal taş malzemesinin özellikleri, Konya ve çevresindeki taş ocaklarından alınan numuneler üzerinden çeşitli deneyler yapılarak araştırılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda tarihi yapılarda kullanılacak taş malzemelerin özellikleri ve yapısı incelenmiştir.

Eren (1998), çalışmasında Dolmabahçe Sarayı'nda kullanılan taş malzemelerinin özellikleri ile malzemelerdeki bozulmaların nedenlerini araştırmak için yapının deniz ve kara tarafındaki Saltanat Kapısı ile birlikte yalı kapılarından alınan yapıya özgü çeşitli özellikteki taş malzemeleri incelenmiştir. Alınan bu malzemelerin; fiziksel, kimyasal, mekanik özellikleri ile birlikte meydana gelen bozulmaları belirlemek için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneysel çalışmalar için kullanılacak malzemeler uygun ebatlarda kesilerek; kimyasal, petrografik analizleri ile kılcalık, su emme, kaynar suda su emme, özgül kütle, birim hacim ağırlık, kompasite, porozite, donma-çözünme, eğilme-basınç dayanımı deneyleri yapılarak malzemelerin nitelikleri ve meydana gelen bozulmalar ayrıntılarıyla incelenmiştir.

Akyol, Eskici ve Kadioğlu (2006), Yakutiye Medresesi'nde kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri araştırılarak malzemeler üzerinde yapılan çeşitli deneylerle çalışma desteklenmiştir. Malzeme özelliklerinin belirlenmesinin yanında bozulmaların nedenleri ve türleri de araştırma kapsamında incelenmiştir. İncelemeler ile çevresel, iklimsel gibi birçok etkilere dolaylı bozulmalara uğrayan malzemeler üzerinde görülen parça kopması, çatlak oluşumu, aşınma, siyah tabaka oluşumu gibi farklı şekillerde bozulma türlerinin olduğu tespit edilmiştir. Araştırmalar neticesinde yapıda kullanılan malzemelerin özellikleri ve bozulma durumları değerlendirilerek doğru müdahalelerle yapılacak olan restorasyon çalışmaları için önerilerde bulunulmuştur.

Aktaş vd. (2007), çalışmada Isparta ili Yalvaç ilçesinde yer alan Pisidia Antiocheia kenti ile buradaki tarihi eserlerde kullanılmış olan tuğla ve bağlayıcı malzemeler araştırılmıştır. Antik kentte ayakta kalmayı başarmış olan tarihi eserler ve geleneksel yapı malzemelerinin incelenmesi amacıyla antik kent dokusunu zedelemeyecek şekilde tuğla ve bağlayıcı numuneler elde edilmiştir. Alınan numuneler üzerinden laboratuvar çalışmaları yapılarak fiziksel, kimyasal ve mekanik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerin yapılması sonucunda geleneksel yapı malzemelerinin özellikleri tespit edilmiştir. Yalvaç Pisidia Antiocheia antik kentinden incelemeye alınan tuğla numunelerinin özellikleri ile fabrika üretimi tuğla numunelerinin özellikleri kıyaslanarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

Tulgar (2007), çalışmasında Sultanahmet Örne Dikilitaş tarihi eseri ve kullanılan yapı malzemeleri araştırılmıştır. Tarihi eserdeki yapı malzemelerinde bozulmaların olduğu görülerek tarihi eserden alınan yapı malzemeleri üzerinde görsel analizlerin yanında kimyasal ve petrografik analizlerde yapılarak bozulmalar ile birlikte bozulmalara neden olan etkenler tespit edilmiştir. Böylelikle Sultanahmet Örne Dikilitaş'ta yapılan araştırmalarla yapı malzemelerindeki bozulmalar ve nedenleri yapılan analizler yardımıyla sağlanmıştır. Bununla birlikte tarihi eserde bozulmalara sebebiyet veren sorunların giderilmesi için uygun temizleme yöntemleri ve sağlamlaştırma çalışmaları sunularak tarihi eserin korunması amaçlanmıştır.

Acun Özgünler ve Gürdal (2008), Ahi Çelebi Camii'nde görülen bozulmalar ve nedenlerinin tespiti üzerine araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar kapsamında tarihi yapıdan alınan malzemelerin deney çalışmaları ile nitelikleri ve bozulma nedenleri incelenmiştir. Malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri TS 699 standartları doğrultusunda yapılan deneylerle belirlenmiştir. Standart kriterlerine göre uygun ebatlara getirilen malzemelerin kimyasal özelliklerini belirlemek için EDS analizi, fiziksel özelliklerini belirlemek için kılcallık, su emme, birim hacim ağırlık, özgül kütle deneyleri ve mekanik özelliklerini belirlemek için eğilme-basınç dayanımı, deneyleri yapılmıştır. Tarihi yapıdan alınan od taşı malzemesinin özellikleri ve bozulma nedenleri belirlendikten sonra koruma-onarım çalışmaları kapsamında malzemeler için hazırlanmış olan sağlamlaştırıcı ve su itici özellikteki kimyasallar numunelere uygulanarak malzemelerdeki değişimler incelenmiştir.

Baturayoğlu Yöney ve Ersen (2010), çalışmalarında Galata-Beyoğlu ve Fener-Balat bölgelerinde tekrar inşa edilen ve daha önce herhangi bir onarım görmemiş olan yapıların dış cephelerinde kullanılan yapay taşların karakterizasyon analizleri doğrultusunda araştırmalar yapılmıştır. Elde edilen malzemelerden hazırlanan numunelerin hammadde kompozisyonlarının belirlenmesi safhasında numuneler üzerinde asit kaybı deneyi, agrega boyut dağılımı, kızdırma kaybı, sıvıların pH değerleri ve XRD analizleri yapılmıştır. Daha sonra numunelerin ince ve kalın kesitleri mikroskopta incelenerek petrografik özelliklerinin yanında SEM-EDS analizleri ile numunelerin yapısal ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışma ile ulusal ve uluslararası standartlara uygun bir şekilde deneyler gerçekleştirilerek yapı malzemesinin fiziksel, hammadde ve mineralojik özellikleri araştırılmıştır.

Kozlu (2010), çalışmasında Kayseri yöresindeki tarihi yapılarda kullanılan harçlar incelenmiştir. Tarihi yapılardan alınan harçların özgün nitelikleri belirlenmesi ile onarımlarda kullanılacak özgün malzemeye eşdeğer olan yeni malzeme üretimine kaynak oluşturması sağlanmıştır. Tarihi yapılardan alınan harç numunelerinin deneysel yöntemler ile fiziksel, kimyasal, mekanik ve petrografik özellikleri analiz edilmiştir. Belirlenen özgün harç malzemelerinin özellikleri ile yeni oluşturulan harç malzemelerinin özellikleri arasında değerlendirmeler yapılarak tarihi yapıların özgün nitelikleri korunması ve doğru bir uygulama çalışmasının yapılması amaçlanmaktadır.

Kurugöl ve Tekin (2010), çalışmada Bizans Dönemine ait olan; Amasra Kalesi, Kütahya Kalesi, Trabzon Kalesi ve Yoros Kalesi olmak üzere dört farklı tarihi kale araştırılmıştır. Her bir tarihi kalenin dört farklı yerinden alınan tuğla malzemelerinin deney yöntemleri ile analiz çalışmaları yapılmıştır. Analiz çalışmalarında farklı tuğla malzemelerinin fiziksel, kimyasal, mekanik ve puzolanik aktivite deneyleri yapılarak her bir malzemenin özellikleri tespit edilmiştir.

Ersen ve Kozlu (2011), çalışma Kayseri’de Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı Dönemlerinde yapılan tarihi yapılardaki harç malzemeleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Tarihi yapılardan alınan harç malzemelerinin karakteristik özellikleri bağlamında incelemeler yapılarak malzemelerin içerdiği karışımlar ve oranlarının belirlenmesi için deney çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Deney çalışmaları ile fiziksel, kimyasal, mekanik ve petrografik analizler yapılarak malzemelerdeki karakteristik

özellikler tespit edilmiştir. Karakterizasyon çalışmaları kapsamında özellikleri tespit edilen özgün harç malzemeler hakkında değerlendirmeler yapılarak elde edilen bilgiler ile onarımlarda kullanılmak üzere yeni harç malzemelerinin üretilmesi için öneriler geliştirilmiştir. Özgün harç malzemelerine uygun yeni harç malzemeleri üretilerek yeni malzemelerin özgün malzemeler ile benzerliği karşılaştırılmıştır.

Amman (2012), çalışmasında tarihi yapıların strüktürel sistemleri, yapı malzemeleri ve özelliklerine yer verilerek tarihi yapılarda görülen bozulmalar ile bozulmalara yol açan faktörler incelenmiştir. Bununla birlikte tarihi yapılarda uygulanan onarım ve güçlendirme çalışmaları ile bu çalışmalar kapsamında yapılacak uygulamalara dair bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda tarihi Osman Ağa Konağı'nın mevcut durumu ve özellikleri incelenerek yapıda görülen bozulmaların tespitleri yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda tarihi yapının özgün malzeme ve yapım tekniklerine göre aslına uygun bir şekilde yapılması hedeflenen restorasyonu çalışmalarına öneriler sunularak yapının özgünlüğünün korunması amaçlanmıştır.

Acun Özgünler, Gürdal ve Kahraman Altaş (2012), çalışmada İstanbul'da bulunan Erken Bizans Dönemi saraylarında kullanılmış olan özgün nitelikteki harç malzemelerinin özellikleri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında Büyük Saray, Bukoleon Sarayı ve Lausos Sarayı incelenerek bu tarihi yapılardan elde edilen harç malzemelerinin özelliklerinin tespiti için deney çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Deney çalışmaları ile malzemelerin fiziksel, kimyasal, mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda üç tarihi yapıdan alınan harç malzemelerinin özellikleri birbirleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Güleç (2012), çalışma kapsamında Nuruosmaniye Camii incelenmiştir. Özgün bir mimariye sahip olan tarihi yapı çeşitli etkilere maruz kalması ile yapısında bozulmaların olduğu tespit edilerek Nuruosmaniye Camii'nden; taş, tuğla, ahşap, sıva, harç gibi farklı yapısal özellikte malzemeler seçilmiştir. Seçilen malzemelerin kimyasal, mineralojik, ileri teknik analizleri gibi çeşitli deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucu malzemelerin özellikleri ve malzemelerde görülen bozulmalar belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda tarihi yapının onarımları için yapılacak çalışmalarda kullanılacak yapı malzemeleri yapıya uygunluk göstererek yapıda bulunan malzemelere zarar vermeyecek nitelikte olması gerektiği belirtilmiştir.

Polat Pekmezci (2012), çalışmada Adana, Tarsus ve Kozan'daki tarihi yapılardan alınan özgün nitelikteki harç ve sıvaların özellikleri araştırılmıştır. Yapı malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesi safhasında görsel analizlerin ardından deney yöntemleri ile fiziksel, mekanik, petrografik ve mineralojik analizler uygulanmıştır. Analizler sonucu malzemelerin karakterizasyonları ve bozulma nedenlerinin belirlenmesi ile tarihi yapılarda kullanılmış olan özgün malzemelerin özelliklerini taşıyan yeni malzemeler üretilmiştir. Geleneksel yapı malzemeleri ile yeni üretilmiş yapı malzemelerinin özellikleri karşılaştırılarak koruma ve onarım çalışmalarında doğru malzemenin seçilmesi konusunda kaynak oluşturulması amaçlanmıştır.

Koçu (2014), Beyşehir Eşrefoğlu Süleyman Camii'nde kullanılan geleneksel yapı malzemeleri ile bu malzemelerde görülen bozulmalar ve onarım çalışmaları incelenmiştir. Yapıda çeşitli malzemelerin kullanıldığı tespit edilmiştir ve bu malzemeler üzerinden incelemeler yapılmıştır. Yapının çeşitli birçok alanında kullanılmış olan yapı malzemeleri su-nem, donma-çözülme gibi birçok etmenlerden dolayı bozulmalara uğradığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte bozulmalara sebebiyet veren etkenler arasında Eşrefoğlu Camii'nde daha önce yapılmış olan onarım çalışmalarının da doğru yapılmamasından kaynaklı bir durumdan dolayı kötü işçilik, malzeme ve uygulamaların aslına uygun yapılmaması gibi yanlış müdahalelerinde olduğu belirlenmiştir. Bu incelemeler kapsamında yapıda görülen bozulmalar ve nedenleri araştırılarak yapılan tespitler doğrultusunda bozulmaların önlenmesi ve yapının kültürel birikiminin korunarak geleceğe taşınması için yapılacak olan bakım ve onarım çalışmaları için çözüm önerileri sunulmuştur.

Lucian (2014), çalışma kapsamında Tanzania Bagamoyo'daki tarihi yapılar ele alınmıştır. Bagamoyo'daki tarihi yapılarda saha araştırmaları ile yapılan analizler neticesinde kötü işçilik, bakımsızlık, iklim koşulları gibi birçok olumsuz faktörlerin etkisiyle tarihi yapıların yapısal davranışlarını etkileyen bozulmaların olduğu belirlenmiştir. Bu amaçla bozulmalara karşı önlemlerin alınması ve doğru müdahalelerin yapılması için bölgede incelenen tarihi yapılardan alınan özgün taş ve harç malzemelerinin fiziksel, kimyasal, mekanik ve mineralojik özellikleri deney çalışmaları ile araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda tarihi yapıların bakım ve onarım çalışmaları için özgün malzeme özelliklerine uygun yeni malzeme seçimleri yapılması ile tarihi yapıların özgün özellikleri devam ettirilmek istenmiştir.

Sömer (2014), Yapılan çalışmada Burdur ve Isparta illerinde bulunan Kremna, İncirlihan Kervansarayı, Adada, Sığırlık Harabesi, Zorzila ve Psidia Antiokya gibi ören yerlerinde günümüze ulaşmış kalıntı eserlerden elde edilen taş, tuğla ve harç malzemelerinin özellikleri araştırılmıştır. Tarihi eserlerde kullanılan yapı malzemelerinin özelliklerini tespit etmek amacıyla laboratuvar çalışmaları ile tarihi eserlerden alınan taş, tuğla ve harç malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik analizleri yapılmıştır. Malzemelerin fiziksel analizleri için birim hacim ağırlık, kütlece su emme, hacimce su emme, özgül kütle, kompasite, porozite, doyma derecesi ve kılcal su emme deneyleri, kimyasal analizler için XRF, XRD ve SEM deneyleri, mekanik analizler için basınç-eğilme dayanımları, poisson oranı ve nokta yükleme deneyleri yapılarak karakteristik özellikleri belirlenmiştir.

Angı (2015), Ayasofya Camii'nin temel yapı malzemelerinden olan doğal taşların özellikleri incelenmiştir. Farklı özellikler gösteren çeşitli doğal taş malzemeler zaman içerisinde çeşitli etkiler altında kalarak bozulmalara uğramaktadır. Yapının dış mekanlarında yer alan doğal taş malzemelerinde; dökülmeler, çatlamlar, çiçeklenmeler, yüzeylerinde kirlenmeler gibi çeşitli bozulmalar görülürken iç mekanlarında yer alan doğal taş malzemelerinde ise parçalanmalar, çatlamlar kırılmalar, yüzey aşınmaları gibi birçok bozulmaların olduğu tespit edilmiştir. Bu tespitler doğrultusunda tarihi yapıdaki bozulmaların önüne geçebilmek için çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Güleç ve Kurugöl (2015), Amasra'da bulunan Roma Dönemine ait olan bazilikanın tarihsel süreç içerisindeki durumu değerlendirilerek incelemelerde bulunulmuştur. İncelemeler ile tarihi yapıda bozulmaların olduğu tespit edilerek bu bozulmaların tarihi yapıda kullanılan malzemeler üzerinden araştırılması yapılmıştır. Araştırmalar doğrultusunda Antik Roma bazilikasının farklı yerlerinde kullanılan harç malzemeleri alınarak deneysel çalışmalar için standartlar ölçüsünde uygun olarak kesilmiştir. Hazırlanan harç numunelerinin fiziksel, kimyasal, mekanik, mineralojik, polarizasyon ve stereo mikroskop analizleri yapılarak malzemelerin özgün özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda tarihi bazilikada kullanılan harç malzemelerinin karakteristik özellikleri bilinerek buna göre üretilecek onarım harçlarının tarihi yapı ile uyumlu olması amaçlanmıştır.

Koçkal, Oğuz ve Türker (2015), Çalışma kapsamında Antalya ili içerisinde Andriake Liman'ının da yer alan Roma, Bizans ve Selçuklu Dönemlerine ait olan tarihi yapılarının harç malzemeleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Roma, Bizans, Selçuklu Dönemi tarihi yapılarında kullanılan harçların özgün özelliklerinin incelenmesi açısından laboratuvar ortamında deney çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Deney çalışmaları ile alınan numunelerin fiziksel, kimyasal, mekanik, mikroyapı, mineralojik ve termal analizleri yapılarak numunelerin özgün özellikleri belirlenmiştir. Farklı dönemlere ait tarihi yapılarda kullanılmış olan harç malzemelerinin belirlenen özellikleri birbirleri ile karşılaştırılmalı olarak incelenmesi sonucunda malzemelerin fiziksel, mekanik ve hammadde özelliklerinin yakın oldukları tespit edilmiştir.

Solak (2015), yapılan çalışmada Denizli ilinde bulunan İlbade Mezarlığı'nda Osmanlı dönemine ait Namazgah ve Zaviye tarihi yapılarında bağlayıcı malzeme olarak kullanılmış olan harçların deney çalışmaları ile fiziksel, kimyasal, mekanik ve mineralojik özellikleri araştırılmıştır. Bu özelliklerin tespiti için tarihi yapılardan alınan harç numuneleri üzerinde elek analizi, XRD, XRF, TG, kütlece-hacimce su emme, görünür yoğunluk, gerçek yoğunluk, kompasite, porozite, asit kaybı ve tek eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Bu analizler doğrultusunda Namazgah ve Zaviye tarihi yapılarında kullanılan harçların karakteristik özelliklerinin bilinmesi ile koruma ve onarım çalışmalarında tarihi yapıların özgün malzemelerine uygun doğru malzeme seçimi sağlanması amaçlanmaktadır.

Umaroğulları (2015), Edirne'de bulunan Erken Osmanlı Dönemi tarihi yapılarında restorasyon çalışmaları öncesi ve sonrasında kullanılan yapı malzemelerinden küfeki taşı araştırılmıştır. Yapılarda uzun yıllar kullanılan küfeki taşının çeşitli etkiler sonucunda bozulmalara uğradığı tespit edilmiştir. Malzemedeki bozulmaların tarihi yapılara hasar vermesi nedeniyle restorasyon çalışmalarının uygulanacağı tarihi yapılarda, yapının bünyesinden çıkarılan eski taş malzemesinin özellikleri ile bölgedeki taş ocaklarından temin edilen yeni taş malzemesinin özellikleri fiziksel, mekanik, mineralojik ve petrografik analizlerle incelemiştir. Numunelerin mekanik özellikleri için tek eksenli basınç deneyi, fiziksel özellikleri için su emme ve porozite deneyleri, mineralojik ve petrografik özellikler için XRD, SEM ve mikroskop analizleri yapılmıştır. Analizler sonucu tarihi yapılarda kullanılmış eski malzemenin ve restorasyon sırasında kullanılan yeni malzemenin özellikleri değerlendirilmiştir.

Dal, Öcal ve Yalçın (2016), Kıbrıs'ta bulunan Gazimağusa liman kentinde Kaleiçi bölgesinde yer alan tarihi taş yapılarda bozulmaların olduğu tespit edilmiştir. Taş yapılardaki bozulmaların belirlenmesi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak analizler yapılmıştır. Bu analizler neticesinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulmaların birbirleriyle etkileşim içerisinde olarak taş yapılarda tahribata neden oldukları belirlenmiştir.

Erdem (2016), çalışmasında taş malzemesi ve kullanımı değerlendirilerek kültürel değerleri taşıyan tarihi yapılarda kullanılan taş malzemesinde görülen bozulmalar ve türleri ile bozulmaya neden olan durumlar incelenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen Phrygia Hierapolis Antik Kenti mezarına ait araştırmalar yapılarak anıtsal mezarda kullanılan yapı malzemeleri ile malzemelerde görülen bozulmaların türleri ve nedenleri incelenmiştir. Malzemelerde görülen bozulmaları tespit etmek amacıyla laboratuvar analizlerinden faydalanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda malzemelerdeki bozulmalar ve nedenleri belirlenmiştir.

Ağan (2017), çalışma kapsamında Balıkesir kent kimliğini oluşturan tarihi yapılar incelemeye alınmıştır. Bu incelemeler ile tarihi yapılarda kullanılan malzemeler ve yapım teknikleri her bir yapı için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bununla birlikte incelenen tarihi yapılarda kullanılan malzemeler üzerinde çeşitli etkiler sebebiyle bozulmaların olduğu belirlenmiştir. Bozulma görülen malzemeler üzerinde incelemeler yapılarak bozulmaya neden olan durumlar ve bozulma türleri araştırılmıştır. Çalışma sonucu tarihi yapıların özgün haliyle korunması ile birlikte işlevini yitirmeden devamlılığını sürdürebilmesi için koruma ve onarım önerileri geliştirilmiştir.

Şahin (2017), çalışmada Bab-ı Seraskeri Hastanesi yapısında kullanılmış olan yapı malzemelerinin özellikleri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında yapının kullanımından kaynaklı değişikliklerin yapılmasından dolayı onarımlarda bulunduğu belirlenmiştir. Ancak yapılan onarımların yanlış müdahaleler doğrultusunda gerçekleştirilmesinden dolayı yapının özgün mimarisinin kaybolmasına neden olması ile kapsamlı bir inceleme yapılmıştır. Yapıdan alınan malzemelerin fiziksel, mekanik, mineralojik ve ileri analizleri yapılarak malzemelerin özellikleri tespit edilmiştir. Analizler sonucu malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi ile elde edilen verilerin incelenen tarihi yapıda yapılacak koruma ve onarım çalışmalarına yön vermesi amaçlanmıştır.

Cansunar (2019), çalışmasında Gaziantep'te yer alan taş yapıları incelemiştir. İncelenen yapılarda bölgenin geleneksel mimarisini oluşturan taş malzemelerin yapıdaki kullanımlarına göre bozulmaları araştırılmıştır. Yapılardan numuneler alınarak elde edilen taş malzemeler üzerinden laboratuvar çalışmaları yapılarak malzemelerin özellikleri ortaya konulmuştur. Bölgenin geleneksel mimarisinin korunması adına yapılan çalışmada restorasyon uygulamalarında doğru malzeme seçimlerine ve özgün malzemenin sürdürülebilirliğine dikkat çekerek koruma önerileri sunulmuştur.

Coruk, Karakaş ve Selim (2019), bu çalışmada tarihsel süreç içerisinde birçok yapıda kullanılan lefke taşı ve özellikleri araştırılmıştır. Araştırmalar kapsamında lefke taşının yapı sektöründe çeşitli kullanım alanlarına sahip olduğu belirlenerek malzemenin mevcut yapısı incelenmiştir. İncelemeler doğrultusunda yapılan deneysel çalışmalar ile malzemenin fiziksel, mekanik ve mineralojik özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen analizler ve araştırmalar sonucunda lefke taşının kullanımına yol gösterecek bir kaynak oluşturulmuştur.

Cansunar Yetkin ve Çobancoğlu (2019), Gaziantep bölgesinde kullanılan taş malzemesinin bölgede uzun süreli bir kullanıma sahip olması ile malzemede bozulmaların olduğu tespit edilmiştir. Bölgenin yerel mimarisini oluşturan taş malzemelerden olan Keymık-Havara taşları ile restorasyonda kullanılan Urfa kireç taşından alınan numuneler üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan fiziksel, kimyasal ve mekanik deneyler ile mikroskop altında mikro-yapısal özellik analizleri sonucu Keymık ve Urfa taşlarının özellikleri belirlenmiştir.

Eryiğit (2019), Klasik dönem Osmanlı mimarisinin özelliklerini taşıyan Eminönü Yeni Camii'nin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin korunması amacıyla çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Yeni Camii'ye ait olan yapı malzemelerinin özgün özellikleri ve yapım teknikleri ayrıntılı bir şekilde incelenerek malzemeleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Yapıda kullanılmış olan ahşap, taş, tuğla, harç, sıva gibi özgün malzemelerin özellikleri ile malzemelerde görülen bozulmalar ve nedenleri tespit edilmiştir. Bakım ve onarım çalışmaları için kullanılacak olan malzemelerin elde edilen bilgiler doğrultusunda yapının özgün malzemelerine uygun bir şekilde seçimi yapılarak doğru müdahalelerin gerçekleştirilmesi ile yapının mimari üslubunun korunması amaçlanmaktadır.

Gür (2019), çalışmasında tarihi yapılarda kullanılan harç malzemesinin; çeşitleri, içerikleri, yapım teknikleri ile yapıda kullanım durumları ve uygulama yöntemleri saptanarak harç malzemelerinin özellikleri araştırılmıştır. Bununla birlikte tarihi yapılarda kullanılmış olan özgün harç malzemelerinin özellikleri araştırılarak üretilecek olan yeni harç malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda yeni üretilen harç malzemelerinin bilimsel analizler yardımıyla fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri tespit edilerek özgün harç malzemelerinin özelliklerine benzerlik göstermesi amaçlanmıştır.

Hatır (2019), Niğde bölgesindeki Küçükköy Kilise'sinde kullanılan taş malzemelerinin yapı genelindeki dağılımı incelenerek yapıdaki bozulmalar ve nedenleri araştırılmıştır. Laboratuvar çalışmaları ile deneysel incelemelerde bulunmak üzere yapıda kullanılmış olan taş malzemelerine benzerlik gösteren taşlar, çevrede bulunan ocak alanlarından temin edilmiştir. Alınan malzemelerin deneysel çalışmaları sonucuna göre incelenen yapı için koruma gereksinimleri belirlenerek malzeme önerilerinde bulunulmuştur.

Işık (2019), çalışmasında Aspendos Antik Kenti'ndeki tarihi yapılardan alınan harç ve sıva malzemelerinin karakteristik özellikleri araştırılmıştır. Aspendos Antik Kenti'nde yer alan Çeşme Binası, Roma Bazilikası ve Domus yapılarından elde edilen harç ve sıva malzemelerinin nitelikleri analiz edilmesi için deney çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Deney çalışmaları ile seçilen malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mikro yapı analizleri yapılarak özgün özellikleri tespit edilmiştir. Böylece incelenen tarihi yapılarda restorasyon çalışmalarının yapılması halinde elde edilen veriler ile malzemelerin özgün özelliklerine uygun yeni yapı malzemelerinin üretilmesini sağlamak amaçlanmıştır.

Uğur (2019), çalışmada İstanbul'daki Erken Bizans Dönemi yapılarının kalıntılarından alınan harç ve sıva malzemeleri üzerinde araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Alınan harç ve sıva malzemelerin görsel analizleri yapılarak malzemelerin durumları hakkında genel değerlendirmeler yapılmıştır. Görsel analizlerden sonra deney çalışmaları ile iletkenlik ölçüm, basit spot testlerinin yanında fiziksel, kimyasal, mekanik, petrografik ve ileri analizler yapılmıştır. Yapılan analizler ile harç ve sıva malzemelerinin özgün özellikleri, yapım teknolojileri ve onarım karışımları belirlenmiştir. Malzemelerin karakterizasyon çalışmalarının yapılması ile incelenen yapıların yeniden üretilecek harç ve sıva malzemelerinin özgün malzemelerine uygun özelliklere sahip olması amaçlanmıştır.

Yatkın (2019), çalışmasında Ankara Kalesi'nin karakteristik özellikleri araştırılarak tarihi yapıda kullanılan yapı malzemeleri incelenmiştir. Ankara Kalesi'nin cephelerinden alınan özgün malzemeler üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilerek malzemelerin özellikleri araştırılmıştır. Yapının cephelerinden alınan numuneler, uygun ebatlarda kesilerek yoğunluk, su emme, porozite, kompasite, termal iletkenlik ve basınç dayanım deneyleri TS 699 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Numunelerin kimyasal ve mikroyapı deneyleri olarak SEM, EDS, FT-IR ve TGA analizleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda malzemelerin karakteristik özellikleri belirlenmiştir.

Korkmaz ve Yücel (2020), Isparta ve Burdur içerisinde yer alan tarihi yapılarda çeşitli nedenlerden dolayı bozulmaların olduğu tespit edilmiştir. İncelenen tarihi yapıların korunması amacıyla yapılacak restorasyon çalışmalarına öncülük etmesi adına deneysel yöntemler ile tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri araştırılmıştır. Yapılan deney çalışmalarında tarihi yapılardan alınan tuğla numunelerinin özellikleri belirlenerek değerlendirmeleri yapılmıştır. Deney çalışmaları sonucunda malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi ile bölgede yer alan tarihi yapılarda uygulanacak olan restorasyon çalışmalarına öncülük etmesi hedeflenmiştir.

Baranaydın, Ercan ve Nuhoğlu (2021), çalışmada İzmir ili Selçuklu ilçesinde bulunan Ayasuluk Kale'sinin iç ve dış etkilerden dolayı hasar görmesi üzerine yapısal durumu hakkında araştırmalar yapılmıştır. Araştırmalar kapsamında yapıda kullanılan taş, tuğla ve harç malzemelerinin standartlar doğrultusunda deney çalışmaları yapılarak malzemelerin mekanik özellikleri belirlenmiştir. Deney çalışmaları ile birlikte analizler de gerçekleştirilerek yapı detaylıca incelenmiştir. Yapılan deney ve analiz çalışmalarında Ayasuluk Kale'si için doğru müdahaleler ile onarım ve güçlendirme metotları saptanmıştır.

Özen (2021), çalışma kapsamında Akseki ilçesindeki Düğmeli Evler incelenmiştir. Düğmeli Ev üzerinde çalışmalar yapılarak yapıya ait bozulmaların tespiti araştırılmıştır. Bozulmaların tespitini yapmak adına yapıya hasar vermeden yapının dört cephesinden taş numuneler elde edilmiştir. Bu numuneler üzerinden basınç dayanımı, yoğunluk, porozite, su emme, kompasite, SEM analizi, EDS analizi deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları ile yapıya ait veriler elde edilmiştir.

Bayık ve Bedirhanoglu (2022), Cizre’de bulunan tescilli tarihi yapılar üzerinde incelemeler yapılarak bölgedeki tarihi yapılarda görülen bozulmalar ve türleri üzerinde bir çalışma yapılmıştır. İncelenen tarihi yapılarda kullanılan taş malzemelerinde görülen bozulmalar ile birlikte bozulmalara neden olan etkenler ve türleri tespit edilmiştir. Araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular ile tarihi yapılarda yapılacak olan uygulamalar için malzeme seçimlerine katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Eroglu ve Halaç (2022), Konya’da bulunan İnce Minareli Medrese tarihi yapısının çeşitli nedenlerden dolayı birçok yerinde bozulmaların olduğu tespit edilmiştir. Yapılan incelemeler ile medresenin taş kapısında kullanılmış olan taş malzemelerinin yüzeyinde su ve nem etkisiyle çeşitli şekillerde bozulmaların olduğu, aynı şekilde yapının tonozlu giriş kısmında görülen çiçeklenmeler ve taş yüzeylerindeki oyulmaların görülmesi su ve nemden kaynaklı olduğu bununla birlikte yapının iç kısmındaki kubbeli avlunun havuz ve avlu zemininde nem ile birlikte çiçeklenmelerin olduğu görülmüştür. Yapının dış duvarlarında ise daha önceki uygulamalarda yapılmış olan yanlış müdahaleler neticesinde yapının çevresinde suyun birikmesi ve yapının duvarlarına temas etmesi ile bozulmaların olduğu tespit edilmiştir. Yapının birçok yerinde olan bu bozulmaların genellikle su ne nemden kaynaklandığı belirlenerek tarihi yapıda ki bozulmalara dair çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Literatür taramasında incelenen çalışmalar doğrultusunda tez çalışmasına konu olarak belirlenen Konya’da bulunan Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapıları üzerine araştırmalar yapılmıştır. Tez çalışmasında her iki tarihi yapıda kullanılmış olan özgün tuğla malzemeleri ile yapıların restorasyonu sırasında kullanılan yeni tuğla malzemeleri üzerinde deneysel çalışmalar kapsamında çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmaların yapılması sonucu elde edilen veriler doğrultusunda tarihi yapılara ait olan daha önce kullanılmış özgün tuğla malzemeleri ile restorasyonda kullanılan yeni tuğla malzemelerin özellikleri belirlenmiştir. Böylelikle üzerinde çalışma yapılan her iki tarihi yapıda gerekli görülmesi halinde uygulanacak koruma, onarım, güçlendirme çalışmalarına kaynaklık etmesi sağlanacaktır.

3. TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ

Kültür mirasımız olan tarihi yapılar mimari eser olmanın yanında yapıldığı dönemin kültürel değerlerini yansıtan özgün belgelerdir. Bu nedenle tarihi yapılar sahip oldukları özgün değerleri ile birlikte korunarak geleceğe taşınmalıdır. Tarihi yapıları oluşturan yapı malzemeleri de bu özgün değerlerin bir parçasıdır. Dolayısıyla tarihi yapı malzemelerinin ait oldukları dönemin geleneklerini ve teknolojilerini yansıtmaları ile tarihi yapının kültürel kimliğini oluşturmada önemli bir yere sahiptir (Metin, 2020).

Tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri; yapıların fonksiyonlarına, yapım tekniklerine, bulundukları bölgeye ve yapıda kullanım alanlarına göre çeşitli işlev ve şekillerde bulunmaktadır (Uygun, 2019).

Tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri arasında öncelikle ilk çağlardan itibaren kullanılan taş ve ahşap malzemeler gelmektedir. Bununla birlikte taş ve ahşap gibi doğal yapı malzemelerinden olan tuğla ve kerpiç malzemeleri ile yapı malzemeleri arasında bağlayıcılığı sağlayan harç ve sıva malzemeleri de tarihi yapılarda kullanılan yapı malzemeleri arasındadır (Uygun, 2019).

3.1. Doğal Taş Malzeme

Doğal taş malzemeler oluşumları gereği bünyesinde bir tek mineralin birikmesi veya çeşitli minerallerin bir araya gelmesi sonucu farklı niteliklerde olabilmektedir. İç yapılarında farklı özelliklere sahip doğal taşlar oluş şekilleri ve niteliklerine göre çeşitli biçimlerde işlenerek kullanım amaçları doğrultusunda yapılarda bulunacağı yere göre konumlandırılarak işlevsellik kazandırılmaktadır (Küçükkaya, 2004).

Doğal taş malzemeler oluşumlarına göre çeşitli özelliklere sahip olmaları açısından yapılardaki kullanım alanlarına göre durumlarının belirlenmesi amacıyla malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik analizlerinin yapılması gerekmektedir. Yapılacak analizler doğrultusunda elde edilen sonuçlar değerlendirilerek malzemenin yapı içerisindeki uygulama alanları belirlenmelidir (Dal, 2011).

Doğal taş malzemeler, geçmişten günümüze kadar en çok kullanılan yapı malzemesidir. Her dönem içerisinde inşa edilen yapılarda, yapının çeşitli alanlarında ve pek çok işlevlerde kullanımı gerçekleştirildiği görülmektedir.



Şekil 1. Hoca Hasan Camii’de kullanılan doğal taş malzemesi, 2023



Şekil 2. Şerafeddin Camii’de kullanılan doğal taş malzemesi, 2023

Şekil 1 ve Şekil 2’de Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarında kullanılan doğal taş malzemeleri gösterilmektedir.

3.2. Tuğla Malzeme

Kilin yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu oluşan tuğla malzemesi, Roma döneminden çok önceleri kullanıldığı görülmektedir. Tuğlayı oluşturan malzemeler genellikle dere yataklarında yüzeysel olarak biriken kum taşlarının kalıntılarından elde edildikleri bilinmektedir. Pişmiş kilden üretilen tuğla malzemesi işlevleri ve görünümlerine göre sınıflandırılabilir. Tarihi yapılarda kullanılan tuğlalar

fırınlarda yüksek sıcaklıklar altında pişirilerek elde edilmektedir. Fırın teknolojisinin bulunmadığı durumlarda ise bazı tarihi yapılarda kullanılan tuğlaların direkt güneş ısısı altında üretimleri sağlanmaktadır (Yılmaz, 2006, Ünay, 2002).

İnsan eliyle üretimi gerçekleştirilen ve işlenebilen tuğla malzemeleri, ahşap ve taş malzemelerinin elde edilmelerinin güç olduğu yerlerde yapı malzemesi olarak kullanıldığı bilinmektedir. Tuğla malzemelerinin yapımlarının kolay olması ve ucuz üretim maliyetleri ile kullanımları geniş bir alana yayılmaktadır (Dabanlı, 2008).

Tuğla malzemeleri, taş malzemeler gibi kullanılan yapıda basınç altında çalışabilmektedir ve çekme mukavemetleri düşük olabilmektedir. Bununla birlikte tuğla malzemelerinin pişirilme sıcaklıkları da önemlidir. Çünkü tuğla malzemelerinin iyi pişirilmesi sonucu dayanımları ve çevre koşullarına karşı dirençleri artmaktadır. Bu nedenle tuğla malzemelerine uygulanan sıcaklık malzemenin özelliklerini etkilemektedir (Dabanlı, 2008).

İncelenen tarihi yapılardaki tuğla malzemesinin kullanıldığı yerler Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Hoca Hasan Camii’de kullanılan tuğla malzemesi, 2023



Şekil 4. Şerafeddin Camii’de kullanılan tuğla malzemesi, 2023

3.3. Ahşap Malzeme

Ahşap malzeme işlenebilme, kolay elde edilebilme ve taşınabilme kolaylığı gibi özelliklere sahip olması ile yapı malzemeleri arasında en çok tercih edilen malzemedir. Bu malzeme taş malzemeye kıyasla servis ömürleri kısadır. Ancak bunun yanında ahşap malzemenin taş malzemeye göre hafif olması, çekme ve eğilme dayanımlarının daha iyi olması açısından taş malzemeye göre kullanımı avantaj sağlamaktadır. Bir diğer özellik ise taş malzeme ile geçilemeyen geniş açıklıklar ahşap malzeme ile geçilmesi sayesinde yapılarda ki kullanımına çeşitlilik kazandırmıştır (Yılmaz, 2006).

Tarihi yapılarda kullanımı sıklıkla görülen ahşap yapı malzemesi tavan ve döşemelerde taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanımı sağlanmaktadır. Bu malzemelerin çekmeye karşı gösterdiği dayanımlardan dolayı duvarlarda hatıl olarak, eğilmeye karşı gösterdiği dayanımlardan dolayı çıkma (saçak, cumba, taşma) olarak kullanımı görülmektedir (Mahrebel, 2006).

Şekil 5 ve Şekil 6’da yapı malzemelerinden olan ahşap malzemenin, incelenen tarihi yapılardaki kullanım alanları gösterilmiştir.



Şekil 5. Hoca Hasan Camii’de kullanılan ahşap malzeme, 2023



Şekil 6. Şerafeddin Camii’de kullanılan ahşap malzeme, 2023

3.4. Kerpiç Malzeme

Dünyada en çok kullanılan yapı malzemelerinden birisi olarak bilinen toprak, su ve bazı katkı maddeleri ile karışımı sonucu oluşan kerpiç malzemesi kolay erişimi sağlanan malzemelerden oluşan katkı malzemeleri ile üretilmektedir (Zakar ve Eyüpgiller, 2015).

Yığma yapım tekniklerinde yoğun bir kullanım gösteren kerpiç malzeme gerek dayanım özellikleri gerekse kullanıldığı yapıların türleri sebebiyle eski eserlerde yaygın olarak kullanılmamıştır (Çalık, 2017).

3.5. Harç

Harç malzemesi, ufak taneler haline getirilen kagir esaslı malzemeler, farklı katkı malzemeleri ve suyun belirli oranlarda karıştırılmasıyla oluşan, katılaşma özelliğine sahip yapı malzemesidir (Zakar ve Eyüpgiller, 2015).

Harçlar; bileşenlerindeki bağlayıcı malzemeler doğrultusunda alçı harcı, kireç harcı, çimento harcı, horasan harcı gibi çeşitli adlandırılmaları yapılmaktadır. Bununla birlikte harç malzemeleri yapıdaki kullanım alanlarına göre ise duvar örgü harcı, sıva harcı, şap-şerbet ve badana olarak da adlandırılmaktadır (Sömer, 2014).

Kagir yapılarda taş, tuğla veya kerpiç blokları meydana getiren kagir duvar örüntülerinin belli bir nizamda birleşmesini sağlayan harçlar, bileşene uygulanan basınç yüklerinin dağılmasını sağlayarak esnemesine yardımcı olmaktadır. Horasan harcı bu durumun en belirgin örnekleri arasında gösterilebilmektedir. Harçların bu özellikleri ile birlikte kullanıldığı yapıyı çevresel koşulların etkilerinden koruyarak yapının servis ömrünü arttırmaktadır (Zakar ve Eyüpgiller, 2015).

3.6. Sıva

İnce agrega, hidrolik bağlayıcı malzemeleri (çimento, alçı, kireç vb.), farklı katkı malzemeleri ve suyun karışımı ile oluşan sıva malzemesi, yapıların dış cephelerinde ve iç duvarlarında uygulaması yapılan kaplama malzemesidir. Sıva malzemesinin uygulanan yüzeylere uyumlu olmasına dikkat edilerek uygulandığı elemanların olumsuz etkilere karşı korunmasını sağlamaktadır (Özen, 2021).

Sıva, yapının iç ve dış bölümlerinde taşıyıcı sistem ve örülmüş duvar elemanlarının yüzeylerine uygulanması ile yapıyı çevre faktörlerinden korumasının yanında estetik bir

görünüm de kazandırmaktadır (Şekil 7 ve Şekil 8). Bununla birlikte yapısına ve içeriğini oluşturan bileşenlerine bağlı olarak uygulandığı yerlerde çeşitli geçirimsizlik ve yalıtım sağlamaktadır. Sıva malzemesinin yalıtım özelliğini belirleyen unsurların başında gözeneklilik miktarı ve türü gelmektedir. Sıvalar yapıda kullanım yeri ve alanlarına göre farklı özelliklerde çeşitlendirilerek fiziksel, kimyasal ve mekanik gibi birçok etkilere karşı yapının dayanımını arttırmaktadır (Zakar ve Eyüpgiller, 2015).



Şekil 7. Hoca Hasan Camii'nin iç mekanında kullanılan sıva, 2023



Şekil 8. Şerafeddin Camii'nin iç mekanında kullanılan sıva, 2020

(Kaynak: <https://tarihgezisi.com/camiler/serafeddin-camii-konya/>)

4. TARİHİ YAPILARDA GÖRÜLEN BOZULMALAR VE NEDENLERİ

Birçok medeniyete ev sahipliği yaparak zengin bir kültüre sahip olan ve günümüze kadar gelebilmiş tarihi yapılar süreç içerisinde birçok nedenlerden dolayı bozulmalara uğramaktadır. Tarihi yapılarda; yapının fonksiyonu, yapım tekniği, bulunduğu bölgenin koşulları ve zaman içerisinde geçirdiği onarımlara bağlı olarak çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadırlar (Ahunbay, 1999).

Tarihi yapılarda görülen bozulmaların incelenmesi, tespit edilmesi ve ayrıntılı bir şekilde irdelenmesi için yapılara ait genel bilgilere, yapım sistemlerine, elemanlarına, bileşenlerine ve yapı malzemelerine ilişkin verilerin bilinmesi gerekmektedir. Bununla birlikte yapıların içinde bulunduğu koşullarında bilinmesi ve analiz edilmesi bozulmaların oluşmasına ve önlenmesine yönelik tespitlere de yön vermektedir (Gür, 2017).

4.1. Tarihi Yapılarda Bozulmalara Neden Olan Doğal Etkenler

Tarihi yapılar zaman içerisinde doğanın çeşitli etkileri altında yıpranmaktadırlar ve düzenli bir bakım ve onarım yapılmazsa bozulmalar görülmektedir (Ahunbay, 1999). Tarihi yapılarda bozulmalara sebebiyet veren doğal etkenler yapının iç ve dış ortamlarında etki göstererek yapı bileşenlerinde ve malzemelerinde bozulmalara ve aynı zamanda hasarların oluşmasına sebebiyet vermektedir (Ekşi Akbulut, 2006).

Atmosfer etkileri sonucunda Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarında bozulmalar meydana geldiği görülmektedir (Şekil 9 ve Şekil 10).



Şekil 9. Hoca Hasan Camii minaresi, 2020
(Kaynak: Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi)



Şekil 10. Şerafeddin Camii doğu cephesi, 2020

(Kaynak: <https://tarihgezisi.com/camiler/serafeddin-camii-konya/>)

4.1.1. Atmosfer Etkileri

Tarihi yapılar kullanım sürecinde doğanın farklı atmosfer etkilerine maruz kalarak yıpranmaktadır (Aköz, 1989). Atmosfer etkileri olarak hava kirliliği, su – nem etkisi, sıcaklık etkisi, rüzgar etkisi ve güneş ışınları etkisi şeklinde sıralamak mümkündür. Atmosfer etkileri, tarihi yapıların yapı elemanları ile birlikte malzemelerinin bozulmasına neden olarak yapıya zarar vermektedir.

4.1.1.1. Hava Kirliliği

Havada ve suda bulunan asit, sülfat gibi çeşitli kimyasalların etkisi, tarihi yapılarda çiçeklenme, çözülme, kararma, kirlenme, erime ve parçalanmalara neden olarak tarihi yapılara zarar vermektedirler (Doğan, 2004).

Hava kirliliği ve asit yağmurları etki ettiği bütün yapılarda olduğu gibi tarihi yapıları da bozulmalara uğratmaktadır. Tarihi ve kültürel eserler hava kirliliğinden etkilenmesi, hava koşullarına ve eseri oluşturan malzemelerin dayanıklılığına bağlı olmaktadır. Duman, toz, kükürt dioksit ve taşıtlardan çıkan zararlı gazlar rüzgar aracılığı ile tarihi yapılar üzerinde birikmesi sonucu kirli bir tabaka meydana getirmektedirler. Böylece hava kirliliğinin tarihi yapılar üzerindeki etkileri sonucunda çeşitli şekillerde bozulmalar görülmektedir (Koçu, 1995).

4.1.1.2. Su – Nem Etkisi

Su, gözenekli yapı malzemelerinde; çiçeklenme, nemlenme, erime, ıslanma, çatlama gibi çeşitli olaylar neticesinde bozulmalara neden olmaktadır. Suyun ve oksijenin birlikte bulunduğu ortamlarda kimyasal tepkimelerin gerçekleşmesi kaçınılmaz olup malzemelerdeki bozulmaların sebeplerinden birisi olabilmektedir. Bu nedenle ilk çağlardan itibaren suyun tarihi yapılara vermiş olduğu zararlı etkilerini azaltmakla birlikte suya dayanıklı ve dayanımı yüksek olan yapı malzemelerinin de üretilmesi amacını taşımışlardır (Ekşi Akbulut, 2006).

Tarihi yapılarda ki hasarların başlıca etkilerinden biri olan su, yapı malzemelerine etkiyerek bozulmalarına sebebiyet vermektedir. Yağmur, kar, buz ve zemin suyu olarak çeşitli durumlarda yapılara tesir eden su, malzemelerin bünyesinde ki nem miktarlarını arttırmaktadırlar. Bu nedenle su, tarihi yapıları oluşturan malzemelerin boşluklarına girmesi sonucu oluşan olumsuz etkilerden dolayı yapıların hasar görmesine sebep olmaktadır (Zakar, 2013).

4.1.1.3. Sıcaklık Etkisi

Atmosfer etkilerinden olan sıcaklık, yapı malzemelerinin ve bileşenlerinin hizmet ömürlerini etkilemektedir. Yapıyı oluşturan malzemeler sıcaklık değişimlerinin etkisi ile genişip büzülmemektedir. Bundan dolayı malzemelerde iç gerilmeler oluşurken yapı içerisinde birleşim yerlerinde sistemi etkileyen gerilmeler gerçekleşmektedir. Gün içinde veya mevsimsel olarak sıcaklık farklarının yüksek olduğu yerlerde, yapı malzemeleri ve bileşenlerinde oluşan genişleme ve büzülme hareketleri, çatlakların meydana gelmesi ile birlikte var olan çatlaklarında genişlemesine yol açarak hasara neden olmaktadır (Crocì, 2000).

4.1.1.4. Rüzgar Etkisi

Rüzgarın tarihi yapılar üzerindeki etkisi bozulmaların nedenleri arasında gösterilmektedir. Rüzgar etkisi, yapı malzemelerinde olumsuz durumları oluşturma yanında bu durumu hızlandırmaktadır. Olumsuz durumlardan birisi olarak rüzgarla birlikte hızlı buharlaşmanın olması yapı malzemelerinin iç yapısında kristallenmelere yol açmaktadır. Rüzgar basıncının en ciddi etkilerinden birisi ise yağmurla birlikte

gerçekleşen olumsuz etkilerdir. Rüzgar şiddetli yağmur ile birlikte yapı malzemelerindeki çatlaklara, oyuklara ve malzemenin gözenekli iç yapısına girerek bozulmalara sebep olmaktadır (Feilden, 1982/2003).

Rüzgarlar, taşıdıkları toz, kum ve benzeri küçük parçacıklarının, bilhassa kerpiç gibi yumuşak malzemelerden oluşan yapı yüzeylerine çarpması sonucu aşınmalara sebebiyet vermektedir. Denizin bulunduğu alanlarda ise rüzgar etkisi, deniz suyu ile birlikte içindeki tuzların yapı cephelerine taşınması sonucu kagir ve metal yüzeylerde bozulmalara neden olmaktadır (Zakar, 2013).

4.1.1.5. Güneş Işınlarnn Etkisi

Güneşten gelen ışınlar görünür ışınlar ve görünmeyen ışınlar şeklinde ayrılmaktadır. Güneşten gelen UV ışınlarının dalga boyları normal ışıktan daha kısa olmasından dolayı bu ışınlar moleküller arası boşluklara girebilmektedir. Dolayısıyla malzeme içine giren ışınlar malzemenin rengini değiştirerek bozulmasına neden olması ile birlikte malzeme yapısını olumsuz etkileyerek daha düşük dayanıklı bir malzemeye dönüştürebilmektedir (Ekşi Akbulut, 2006).

4.1.2. Doğal Afetler

Tarihi yapılarda hasarların sebepleri arasında doğal afetlerin etkileri gösterilebilmektedir. Deprem, toprak kayması, çığ düşmesi, heyelan ve fırtına gibi pek çok doğa olaylarının ciddi etkileri sonucu tarihi yapıların malzemeleri ile birlikte yapı sistemleri de hasara uğramaktadır (Zakar, 2013).

Depreme karşı geleneksel bir bilgi birikimi ile inşa edilmiş tarihi yapılar, zamanla malzeme yorulması ve eskimesi neticesinde dayanımları düşmektedir. Deprem etkisine maruz kalan tarihi yapılar bu olumsuz durumdan etkilenererek; çatlama, ayrılma, düşeyden ayrılma gibi kısmen ya da tamamen yıkılmaya kadar oluşan hasarların etkisi altında kalmaktadır (Zakar, 2013).

Akarsu kenarında kurulmuş tarihi yerleşim yerlerinde sel doğal afetlerin başında gelmektedir. Edirne, Amasya gibi tarihi kentlerde ki yapılar, asırlar boyunca bahar dönemlerinde taşkınların oluşturduğu etkilerden dolayı hasar görmüşlerdir (Mahrebel, 2006).

4.2. Tasarım ve Yapım Hataları

Tarihi yapılarda tasarım ve yapım hatalarına bağılı olarak hasarlar görölmektedir. Bunlar; yapının zemin özelliklerine göre tasarlanmaması, strüktür tasarımındaki hatalar, hatalı malzeme kullanımı, kötü işçilik ve hatalı detay uygulamaları şeklinde sınıflandırılabilir (Ekşi Akbulut, 2006).

Yığma yapıları oluşturan doğal taş, tuğla, kerpiç, harç gibi malzemelerin basınç dayanımları yüksek, çekme dayanımları düşüktür. Basınç ve çekme etkisi altında mukavemet yeteneğı çok düşük olan bu malzemelerin gevrek olma özelliklerinden dolayı deprem kuvvetlerini ya da zemin özelliklerinden kaynaklı oluşan çekme gerilmelerini karşılayamamaktadır. Bunun sonucunda ise yığma yapıların duvar, ayak, sütun, kubbe ve tonoz gibi taşıyıcı sistemlerinde hasarlara neden olmaktadır (Aköz, 2005).

4.3. Yapının Kullanım Süresi İçinde Oluşan Bozulmalar

Tarihi yapılarda kullanım süresi içinde oluşan bozulmaların çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Bozulmaların nedenleri arasında başlıca olanlar; kötü kullanım, yanlış restorasyon uygulamaları, yangınlar, trafik ve titreşim şeklinde sıralanabilmektedir.

4.3.1. Kötü Kullanım

Yapıların kötü kullanımı; strüktür elemanlarının eksilmesi, yapı sistemlerinin güçsüzleştirilmesi, yapıya gereğinden fazla yük bindirme, bakımsızlık, tahrip etme, bilinçsiz onarımların yapılması, yapının kendine ait olan açıklıklarının değiştirilmesi, yeni sistemlerinin yapıya dahil edilmesi ve yapı içi mikro ikliminin yetersizliği gibi pek çok durumları içermektedir (Zakar, 2013).

4.3.2. Yanlış Restorasyon Uygulamaları

Tarihi yapılarda yapılan koruma ve onarım amaçlı çalışmalarda bilinçsiz müdahaleler, hatalı uygulamalar, yanlış malzeme seçimleri gibi olumsuz faaliyetler yapıya zarar vermektedir. Dolayısıyla tarihi yapılar üzerinde yapılan hatalı ve eksik çalışmalar ile birlikte yapının özgün özellikleri dikkate alınmadan yanlış uygulamaların yapılması sonucunda tarihi yapılarda hasarların meydana gelmesine, tarihi yapının özelliğini

kaybetmesine ve hatta yapının yok olmasına kadar gidebilecek ciddi durumlara yol açabilmektedir. Bu nedenle tarihi yapılar üzerinde yürütülecek çalışmaların yapının özgün özellikleri dikkate alınarak bilinçli bir şekilde bilimsel metotlar ile yapılması gerekmektedir (Özen, 2021).

4.3.3. Yangınlar

Yangınlar, yapı malzemelerinin kimyasal yapısında değişimler meydana getirerek yapılarda hasara neden olmaktadır. Yangınlar sonucu oluşan hasarlar sebebiyle yapı malzemelerinin molekül yapısı bozulur ve karbonlaşma durumu gerçekleşir. Yanma olayı sonucunda, karbon dioksit (CO_2), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO_2) ve kükürt trioksit (SO_3) gibi çeşitli zararlı gazlar da açığa çıkmaktadır (Ekşi Akbulut, 2006).

Ülkemizdeki tarihi yapılar genellikle ahşap, taş ve ahşap ile birlikte taş malzemelerinin bir arada kullanılması ile yapılmıştır. Zamanla mukavemetleri zayıflayan ve haşereler tarafından bozulmalara uğrayan ahşap yapılar yangına karşı dayanımı en düşük yapılar arasındadır. Tarihi yapılardaki yangınlar genellikle aydınlatma ve ısıtma elemanlarından kaynaklanmakta ya da restorasyon çalışmaları sırasında yapılan hatalardan dolayı oluşmaktadır (Kılıç, 2003).

4.3.4. Trafik ve Titreşim

Tarihi yapılar inşa edildikleri zaman, insan ve at arabası trafiğine göre sokak dokusu oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yollar günümüzde ise araba, otobüs, tren gibi ağır taşıt trafiğine bırakılmıştır. Bu nedenle tarihi kent yolları etrafındaki yapılarda, trafik ve titreşim etkileri sonucunda oluşan hasarlar kaçınılmaz olacaktır (Ahunbay, 1999).

5. BÖLGEDE İNCELENEN YAPILAR VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Konya kent merkezinde bulunan Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapıları tez çalışmasına konu olarak seçilmesi ile bölge ve tarihi yapılar hakkında araştırmalar yapılmıştır. Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapıları restorasyon aşamasında olmalarının yanında bu yapılara ait çalışmaların yakından yürütülebilmesi olanaklı olduğu için bu iki tarihi yapı üzerinde incelemeler yapılarak yapılarda görülen bozulmalar ile birlikte kullanılan malzemeler analiz edilmiştir. Tez çalışması sürecinde tarihi yapıların restorasyon aşamasında olmaları ile yapılara ait özgün tuğla malzemeleri ve restorasyonda kullanılan yeni tuğla malzemelerinden örnekler alınabilmesi sonucunda çalışma gerçekleştirilmiştir.

5.1. Konya Kentinin Konumu Ve Tarihçesi

Konya, Anadolu Yarımadası'nın ortasında ve İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde bulunmaktadır. Konya 36° 41' ve 39° 16' kuzey paralelleri ile 31° 14' ve 34° 26' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Ortalama yükseltisi ise 1.016 m'dir (Konya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2023).

Konya'da karasal iklim hakimdir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Gündüz ile gece arasındaki sıcaklık farkı yazın 16 ile 22 derece arasında değişkenlik göstermektedir. Bahar ve kış aylarında nem faktöründen dolayı bu fark 9 – 12 °C 'ye kadar düşmektedir (Konya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2023).

Konya Anadolu'nun merkezi konumunda bulunmasından dolayı tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yaparak bir kültür hazinesi haline gelmiştir (Erdem, 2019). Tarihsel süreç içerisinde önemli bir merkez haline gelen ve bu durumunu koruması ile oldukça zengin bir tarihsel birikime sahiptir. Özellikle Selçuklu ve Osmanlı Dönemlerinde şehirdeki imar faaliyetlerine önem verilerek bu dönemlerde cami, mescit, medrese gibi pek çok eşsiz eserler inşa edilmiştir (Detseli, 2019).

5.2. Çalışma Kapsamında İncelenen Yapılar

Çalışma kapsamında Konya'da bulunan; Anadolu Selçuklu Dönemi mimari yapılarından olan Hoca Hasan Camii ve Osmanlı Dönemi mimari yapılarından olan Şerafeddin Camii tarihi yapıları araştırılmıştır.

Farklı dönemlerde inşa edilmiş ve zengin içeriğe sahip her iki tarihi yapının da; konumları, tarihçeleri, plan tipleri, kullanılan yapı malzemeleri ve mimarisi gibi pek çok özelliklerine yer verilmiştir.

5.2.1. Hoca Hasan Camii

Konya'daki tarihi yapılar arasında yer alan ve Anadolu Selçuklu Dönemi özelliklerini yansıtan Hoca Hasan Camii (Şekil 11), kuzey – güney yönlü uzanan dikdörtgen bir oturma alanı üzerine yapılmıştır. Tarihi yapı, kare planlı, tek kubbeli kübik mescit kısmı ile ibadet mekanına kuzey kanadından bitişik bir son cemaat mahalli ve kuzey – doğu köşesindeki minareden oluşmaktadır (Selçuklu Belediyesi, 2017).



Şekil 11. Hoca Hasan Camii, 2023

5.2.1.1. Yapının tarihçesi

Hoca Hasan Camii'nin bir kitabesi olmadığından ne zaman ve kim tarafından yapıldığı hakkında tam olarak kesin bir bilgi olmamakla birlikte bu değerli tarihi yapı Konyalı Hoca Hasan tarafından 12. yy sonu ile 13. yy başlarında yaptırıldığı araştırmalar doğrultusunda tahmin edilmektedir. Yapı günümüzde Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün

mülkiyetinde olup ibadet mekanı olarak hizmet vermektedir (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi). Şekil 12 de Hoca Hasan Camii tarihi yapının genel bir görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 12. Hoca Hasan Camii genel görünüşü, 1971
(Kaynak: Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi)

5.2.1.2. Yapının konumu

Konya kent merkezindeki tarihi yapılardan olan Hoca Hasan Camii, Meram ilçesi, Abdülaziz Mahallesi, No: 15, Kazım Karabekir Caddesi ile Kadı Mehmet Paşa Sokağının kesiştiği köşede yer almaktadır (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi). Şekil 13'te Hoca Hasan Camii ve çevresi gösterilmiştir.

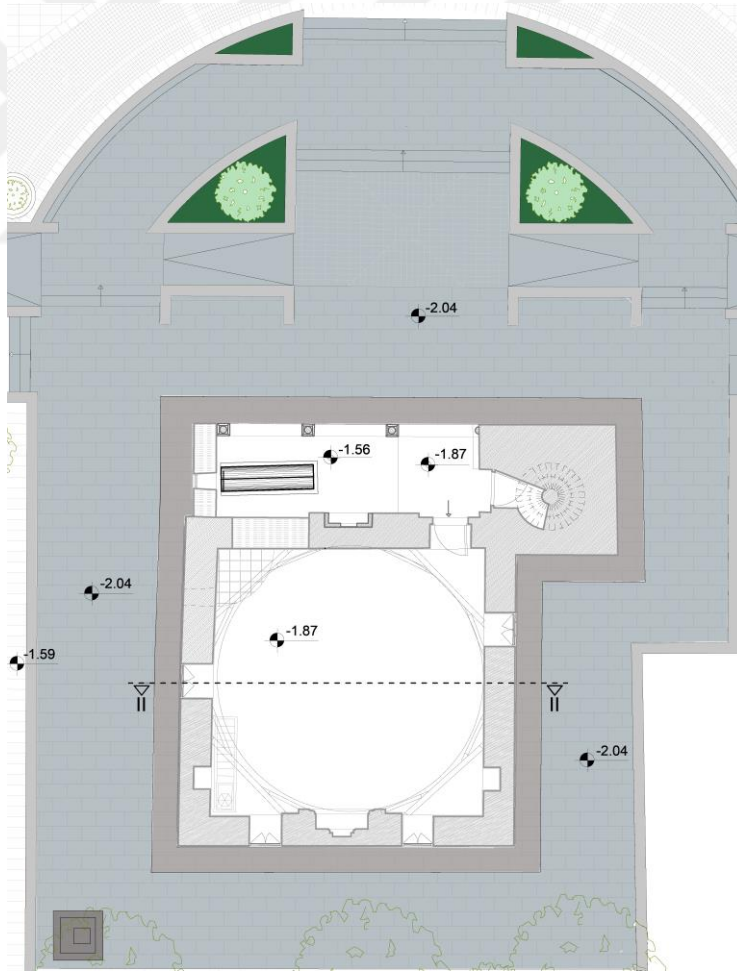


Şekil 13. Hoca Hasan Camii'nin konumu
(Kaynak: Google Earth, 2023)

5.2.1.3. Yapının mimari özellikleri

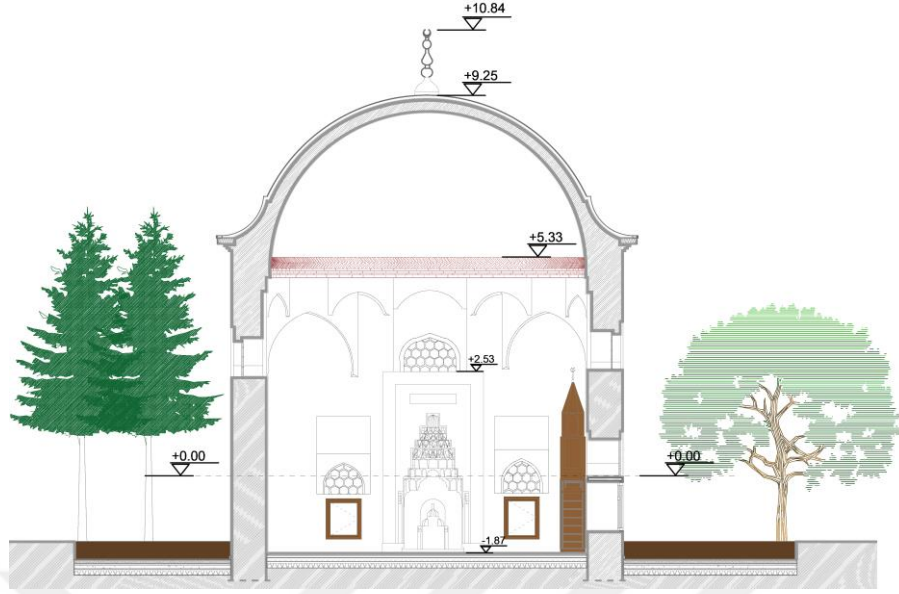
Hoca Hasan Camii kare planlı bir harim bölümü ile dikdörtgen planlı yarı açık medhal bölümü ve minare olmak üzere üç mekandan oluşmaktadır (Şekil 14). Tarihi yapının son cemaat mahalli bölümünün üst örtüsü tek yöne eğimli çatı ile harim bölümünün üst örtüsü ise kubbe ile kapatılmıştır. Son cemaat mahalli ve ahşap kapılı harim girişi yapının kuzey cephesinde yer almaktadır. Yapının minaresi beden duvarlarına bitişik bir şekilde ek bir kütle olarak konumlandırılmıştır. Minareye giriş ise son cemaat mahallinin doğusundan yapılabilmektedir (Yaldız ve Turan, 2018).

Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden temin edilen çizim düzenlenerek Hoca Hasan Camii'nin zemin kat planı, kesiti ve kuzey görünüşü Şekil 14, Şekil 15 ve Şekil 16'da sunulmuştur.

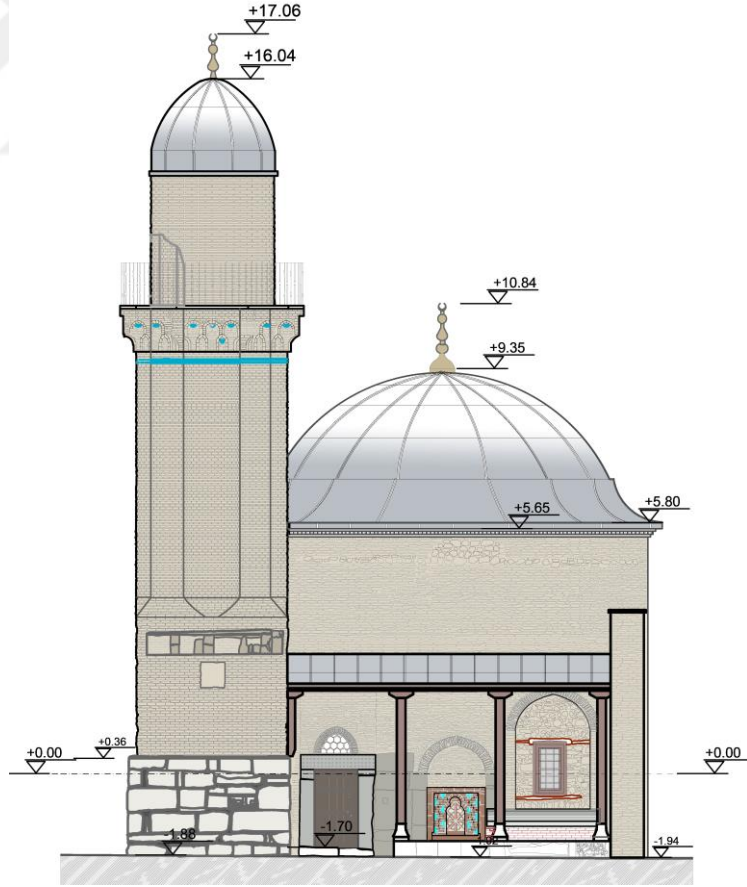


Şekil 14. Hoca Hasan Camii zemin kat planı

(Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden şematize edilmiştir.)



Şekil 15. Hoca Hasan Camii II – II kesiti
(Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden şematize edilmiştir.)



Şekil 16. Hoca Hasan Camii kuzey cephesi
(Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden şematize edilmiştir.)

Tarihi yapıyı oluşturan malzemeler olarak duvarların alt bölümünde (Şekil 17) moloz ve kesme taş malzemeleri, üst bölümünde tuğla malzemesi, harim kısmının üstünü kapatan kubbesi ve kuzeyinde yer alan son cemaat mahallini örten tek yöne eğimli çatısı kurşun malzeme ile kaplanmıştır. Yapının kuzey doğusunda bulunan (Şekil 18), kare kaide üzerine dilimli gövdeye sahip minarenin kaide kısmında devşirme malzeme ile kesme taş malzemesi kullanılmıştır. Kaidenin üst kısmı ise tuğla malzemesi kullanılarak oluşturulmuştur (Yaldız ve Turan, 2018).



Şekil 17. Hoca Hasan Camii’de kullanılan taş malzemesi, 2023



Şekil 18. Hoca Hasan Camii minaresi, 2023

Hoca Hasan Camii'nin süsleme açısından incelendiğinde yapının ana cephesinde; son cemaat yeri ile birlikte minare kısmında süslemelerin olduğu görülmektedir. Minarenin kaide, gövde ve şerefe kısımlarını oluşturan tuğla mukarnasları (Şekil 19) ile bu mukarnaslarda turkuaz renkli sekizgen çiniler ve geometrik desenli tuğlalar yer almaktadır (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).



Şekil 19. Hoca Hasan Camii şerefesi, 2022

(Kaynak: Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi)

Tarihi yapının, medhal bölümünün dikkat çeken unsuru çini süslemeye sahip olan son cemaat mihrabıdır (Şekil 20). Sivri kemer formu mihrap 2 bölümden oluşmaktadır. Üst bölüm, istiflendirilmiş tuğla örgüsü ile alt bölüm ise yatay ve dikey tarzda örülmüş sırlı tuğlalardan oluşturulmuştur. Mihrabın ortasında ise yatay, dikey ve çapraz yerleştirilen geometrik bezemeli mihrap nişi bulunmaktadır (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).



Şekil 20. Hoca Hasan Camii medhal bölümde yer alan sırlı tuğla süslemeli mihrabiye'nin görünüşü, 2022

(Kaynak: Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi)

5.2.2. Şerafeddin Camii

Osmanlı dönemi camilerinden olan Şerafeddin Camii (Şekil 21) şehrin ortasında, Hükümet Konağı'nın kuzeyinde bulunan Klasik Osmanlı mimari tarzı ile oluşturulmuş tek minareli, avlusuz, büyük bir camidir (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).



Şekil 21. Şerafeddin Camii

5.2.2.1. Yapının tarihçesi

Konya'daki Osmanlı Dönemi yapıları arasında önemli bir yeri olan Şerafeddin Camii'nin kitabesi olmadığından yapım tarihi ve mimarına dair kesin bir bilgi yoktur. Arızkade Memi Bey Bin Mehmet Çavuş'un bıraktığı 1046 H. 1646 M. tarihli vakfiyesine göre; yapının 13. yy ortalarında, Şeyh Şerafettin Mesut tarafından inşa edildiği ve Karamanoğlu İbrahim Bey tarafından tamir ettirildiği bilinmektedir. Osmanlılar devrinde, tümüyle harap olan yapı, eski temelleri üzerine Memi Bey tarafından Osmanlı mimarisine göre tekrardan yaptırıldığı bilinmektedir (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).

5.2.2.2. Yapının konumu

Konya kent merkezindeki tarihi yapılardan olan Şerafeddin Camii, Karatay ilçesi, Şemsitebrizi Mahallesi, No: 25CA, Mevlana Caddesi ile Şerafeddin Caddesi arasında kalan alanda yer almaktadır (Şekil 22).



Şekil 22. Şerafeddin Camii konumu

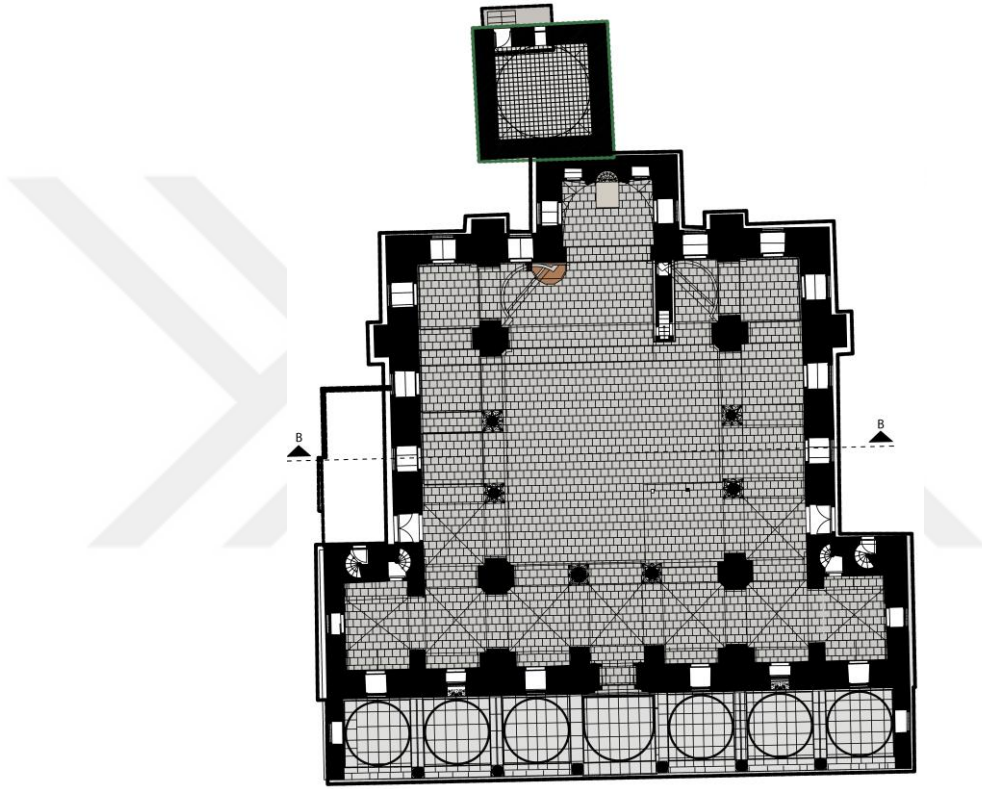
(Kaynak: Google Earth, 2023)

5.2.2.3. Yapının mimari özellikleri

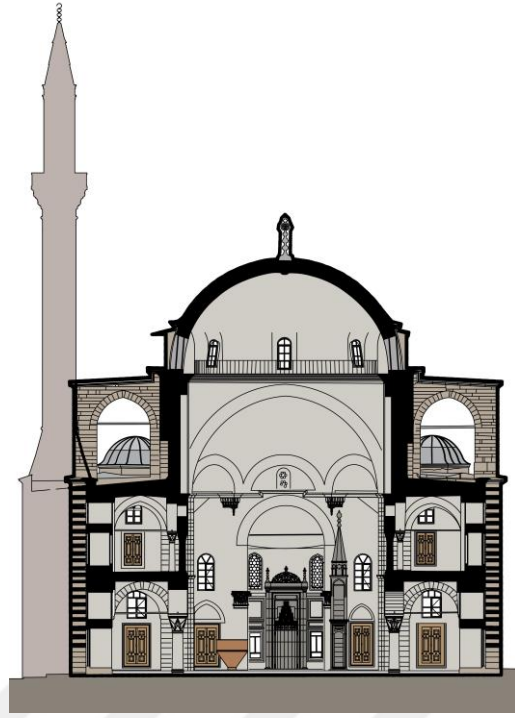
Şerafeddin Camii; merkezi kubbeli Osmanlı camilerinde uygulanan plan tipine sahiptir, Merkezi kubbesi, tek yönden yarım kubbe ile desteklenen bölüm içerisinde bulunmaktadır. Yapının doğu, batı ve kuzey bölümlerinde birer tane olmak üzere üç ayrı giriş kapısı mevcuttur. Kuzey bölümünde taç kapının yer aldığı kısmın üzeri yedi adet kubbe ile kapatılmış olup bu kısımda son cemaat mahalli bulunmaktadır (Balcı, 2018).

Tarihi yapı dört fil ayak üzerinde bir kubbe, mihraba doğru yarım bir kubbe ve mihrap içinde bulunan çeyrek kubbeye sahiptir. Fil ayakları arasında kalan ikişer sütunlu mermer kolonlar ile yapının iç kısmında uzunluğuna bir mekan havası vermektedir. Yapı, güney bölümünden kuzey bölümüne doğru ters T şeklinde genişleyerek üstü yedi kubbe ile örtülü son cemaat mahalli kısmı ile sonuçlanmaktadır (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).

Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden temin edilen çizim düzenlenerek Şerafeddin Camii'nin zemin kat planı, kesiti ve kuzey görünüşü Şekil 23, Şekil 24 ve Şekil 25'te sunulmuştur.

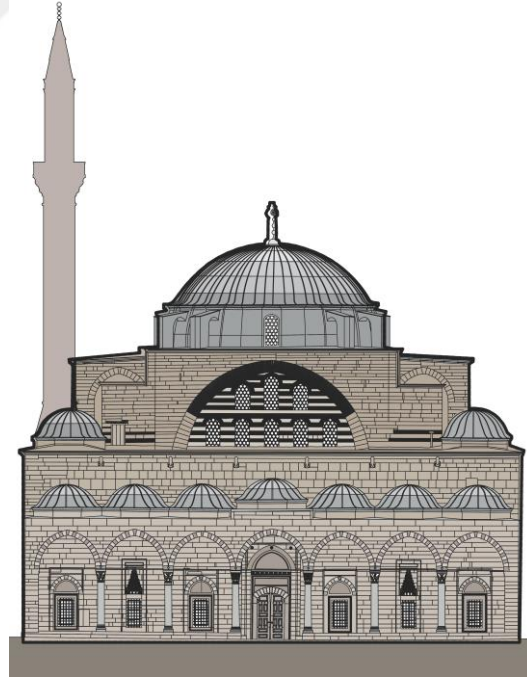


Şekil 23. Şerafeddin Camii zemin kat planı
(Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden şematize edilmiştir.)



Şekil 24. Şerafeddin Camii B – B kesiti

(Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden şematize edilmiştir.)



Şekil 25. Şerafeddin Camii kuzey cephesi

(Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden şematize edilmiştir.)

Yapının ana kubbesi; doğu, batı ve kuzeyden pencerelerle açılmış kemerler ile güney yönündeki (mihrap önünde) büyük serbest bir kemere oturmaktadır. Bu serbest kemer içinde yarım kubbe bulunmaktadır. Yarım kubbenin de içinde ortada yuvarlak kemer yüzeyinde bir pencere yer almaktadır. Bu pencere alçı şebekeli, sivri kemerli ve her iki yanında bulunan birer tromp ile taşınmaktadır. Bu trompların ayaklarında ise üç sıra mukarnas dizisi yer almaktadır (Şekil 26) (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).



Şekil 26. Şerafeddin Camii ana kubbesi, 2020

(Kaynak: <https://tarihgezisi.com/camiler/serafeddin-camii-konya/>)

Mihrap önü kubbesi yarım kubbe şeklinde olup Türk üçgenleri ile geçiş sağlanmaktadır. Ana kubbeye ise üçgen pendentifler ile geçilmektedir. Kubbe ağırlığını, üç kemer ile bir yarım kubbe karşılamaktadır. Mihrap önündeki kemer bir taraftan serbest ayağa diğer taraftan da yapının güney duvarına oturmaktadır (Şekil 27) (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).



Şekil 27. Şerafeddin Camii üst örtüsünü oluşturan kubbeler, 2020

(Kaynak: <https://tarihgezisi.com/camiler/serafeddin-camii-konya/>)

Yapının güney duvarında bulunan mihrap; mermer malzemesinden yapılmış olup, mihrap üzeri yarım kubbe ile kapatılmış bir eyvan içinde bulunmaktadır. Mihrap alınlığında bitkisel motif süslemeleri yer almaktadır. Mihrabın her iki yanında bulunan üst köşelerinde sivri kemerli, ince uzun birer dikdörtgen pencere konumlandırılmıştır. Ayrıca eyvanın iki yanında hem altta hem üstte birer pencere daha bulunmaktadır. Altta yer alan pencereler dikdörtgen bir biçim ve taş çerçeveye sahip iken üstte ki pencereler ise sivri kemerli, içten ahşap ve dıştan alçı şebekelidir (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).

Yapının güney duvarında mihrap nişinin sağ ve solunda bulunan duvarlarda altta ve üstte ikişer pencere yer almaktadır. Altta kalan pencereler taş lento ve söveli olmakla birlikte içten ahşap, çift kanatlı ve dıştan demir kafeslidir. Üstte kalan pencereler ise yuvarlak kemerli, içten ahşap ve dıştan alçı şebekelidir (Şekil 28) (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).



Şekil 28. Şerafeddin Camii mihrabı, 2020

(Kaynak: <https://tarihgezisi.com/camiler/serafeddin-camii-konya/>)

Yapının doğu duvarında yer alan, mihrap duvarına yakın kısımda üç pencere ve kuzeye doğru bir yan kapı kemeri bulunmaktadır. Çift ahşap kanatlı kapı günümüzde kullanılmamaktadır. Batı duvarında ise pencere düzeni doğu duvarı ile simetrik bir durumdadır. Burada bulunan giriş kapısı ise kullanıma açıktır (Şekil 29) (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).



Şekil 29. Şerafeddin Camii doğu duvarına ait kapı ve pencereleri, 2020

(Kaynak: <https://tarihgezisi.com/camiler/serafeddin-camii-konya/>)

Kuzey tarafında yapının son cemaat yeri bulunmaktadır. Üst kubbe ile örtülü bu kısım 6 sütun üzerine oturmaktadır ve kubbeler birbirlerine kemerler aracılığı ile bağlanmaktadır. Giriş hizasına gelen kemer ve üzerindeki kubbe diğerlerine göre daha yüksek bir konuma sahip olması ile girişin iki yanındaki sütun başlarının mukarnaslı diğerlerinin dilimi şeklinde yapılması giriş kısmını vurgulamaktadır (Şekil 30) (Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivi).



Şekil 30. Şerafeddin Camii son cemaat yeri, 2023

(Kaynak: <http://www.konya.gov.tr/serfeddin-cmii>)

6. İNCELENEN TARİHİ YAPILARIN DENEYSEL ÇALIŞMALARI

Tarihi yapıları oluşturan malzemelerin zaman içerisinde bozulmalara uğramaları kaçınılmaz bir durumdur. Bu nedenle bozulma ve hasarların onarımı için alınacak önlemlerin yapının özgünlüğünü bozmayacak şekilde olması önemlidir. Dolayısıyla tarihi yapıların özgünlüğüne uygun koruma yöntemlerini belirlemeden önce malzemelerin özellikleri ve teknik durumları incelenerek bozulma durumları bu hususlara dikkat edilerek yapılmalıdır ki tarihi yapılar özgün değerleri ile korunarak geleceğe aktarılması amaçlanmalıdır.

Tarihi yapıların malzeme ve özelliklerinin belirlenebilmesi ile bu doğrultuda analizlerinin yapılması restorasyon – konservasyon çalışmalarına yön vermektedir. Bu açıdan tarihi yapıların eski yapı malzemeleri ile restorasyonda kullanılan yeni yapı malzemeleri ve özellikleri belirlenmelidir. Aynı zamanda tarihi yapılarda onarım amaçlı kullanılan yeni yapı malzemelerinin de özgün malzemelerle uygunluk göstermesi malzeme seçimlerinde başlıca dikkat edilmesi gereken bir durumdur.

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarından elde edilen yapı malzemelerinin deneysel çalışmaları doğrultusunda fiziksel, mekanik ve kimyasal deneyleri gerçekleştirilerek malzemelerin özellikleri ayrıntılarıyla tespit edilmiştir.

6.1. Tarihi Yapıların Malzemelerinden Örnek Alma Çalışması

Tez çalışması kapsamında Konya kentinde bulunan tarihi yapılardan Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii'lerinin restorasyon uygulamaları gerçekleştirildiği sırada tarihi yapıların yapı malzemeleri üzerinde analizleri ayrıntılarıyla yapılmaya başlanılmıştır. Alan çalışmaları ile tarihi yapılar yerinde araştırılarak malzemeleri hakkında bilgiler edinilmiştir. Malzemelerin işlevleri ve yapı içerisindeki kullanım alanları belirlenerek incelemeleri yapılmıştır. İncelemeler ile tarihi yapıların bütününe yansıtacak şekilde olmasına dikkat edilerek tarihi yapıların farklı yerlerinden sağlam olarak nitelendirilen çeşitli özelliklerde tuğla malzemeleri alınmıştır.

Tarihi yapılarda daha önce kullanılan eski tuğla malzemeleri ile yapıların restorasyonlarında kullanılan yeni tuğla malzemeleri elde edilebildiği için araştırmalar tuğla malzemeleri üzerinde yapılmıştır.

Tarihi yapılardan alınan tuğla malzemelerinin 10 tanesi Hoca Hasan Camii'nden ve 5 tanesi ise Şerafeddin Camii'nden alınmıştır. Hoca Hasan Camii'nden alınan 10 adet tuğla malzemelerinin 3 tanesi yapının restorasyon öncesinde duvarlarında ve minaresinde kullanılan eski tuğla malzemesidir. 7 tanesi ise tarihi yapının restorasyonu sırasında minare, şerefe ve duvarlarında kullanılan yeni tuğla malzemesidir. Şerafeddin Camii'ye ait 5 adet tuğla malzemelerinin 4 tanesi tarihi yapının restorasyon öncesinde döşemelerinde kullanılan eski tuğla malzemesidir. 1 tanesi ise yapının restorasyonu sırasında döşemelerinde kullanılan yeni tuğla malzemesidir.

Her iki tarihi yapının çeşitli yerlerinden alınan 15 farklı tuğla malzemeleri standartlara göre 4×4×16 cm boyutlarında kesilerek analizler kapsamında her bir deneyin ayrıntılı yapılması amacıyla yeterli miktarda numune hazırlanmıştır.

Tarihi yapıların restorasyon öncesi eski yapı malzemeleri ile restorasyonda kullanılan yeni yapı malzemelerinin niteliklerini belirlemek amacıyla yapı malzemeleri laboratuvar çalışmaları başlayıncaya kadar muhafaza edilmiştir.

6.2. Görsel Analiz ve Örneklerin Tanımlanması

Görsel analiz, yapı malzemelerinden örnek alınması ve bu malzemelerin tanımlanması safhasında ilk bilgilerin edinilmesini sağlayan bir tekniktir (Hughes ve Callebaut, 2002).

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarının tuğla malzemelerinin deneysel çalışmaları yapılmadan önce görsel analizleri ile birlikte malzemelerin tanımlanması gerçekleştirilmiştir. Bu safhada yapılan incelemelerde elde edilen malzemelerin; sayısı, miktar, boyut, nitelik ve çeşitlilik bakımından gerekli görülen yeterli miktarın sağlanması ile malzemelerin içeriklerinin tespit edilmesinin yanında tarihi yapılarda görülen bozulmaların saptanması sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu safhada gerçekleştirilen incelemeler, koruma ve onarım çalışmalarının yapılması konusunda önerilerin geliştirilmesine olanak sağlayacak özellikte olmalıdır (Güleç, 2013).

Tarihi yapılardan elde edilen tuğla yapı malzemelerinden örnekler alındıktan sonra yapı malzemelerinin durumu, rengi, boyutu, sağlamlığı görsel olarak analiz edilmiştir. Görsel analizin ardından laboratuvar çalışmaları için yapı malzemeleri alındıkları tarihi yapıların isimlerine ve alındıkları yere göre isimlendirilerek gruplanmıştır (Tablo 1).

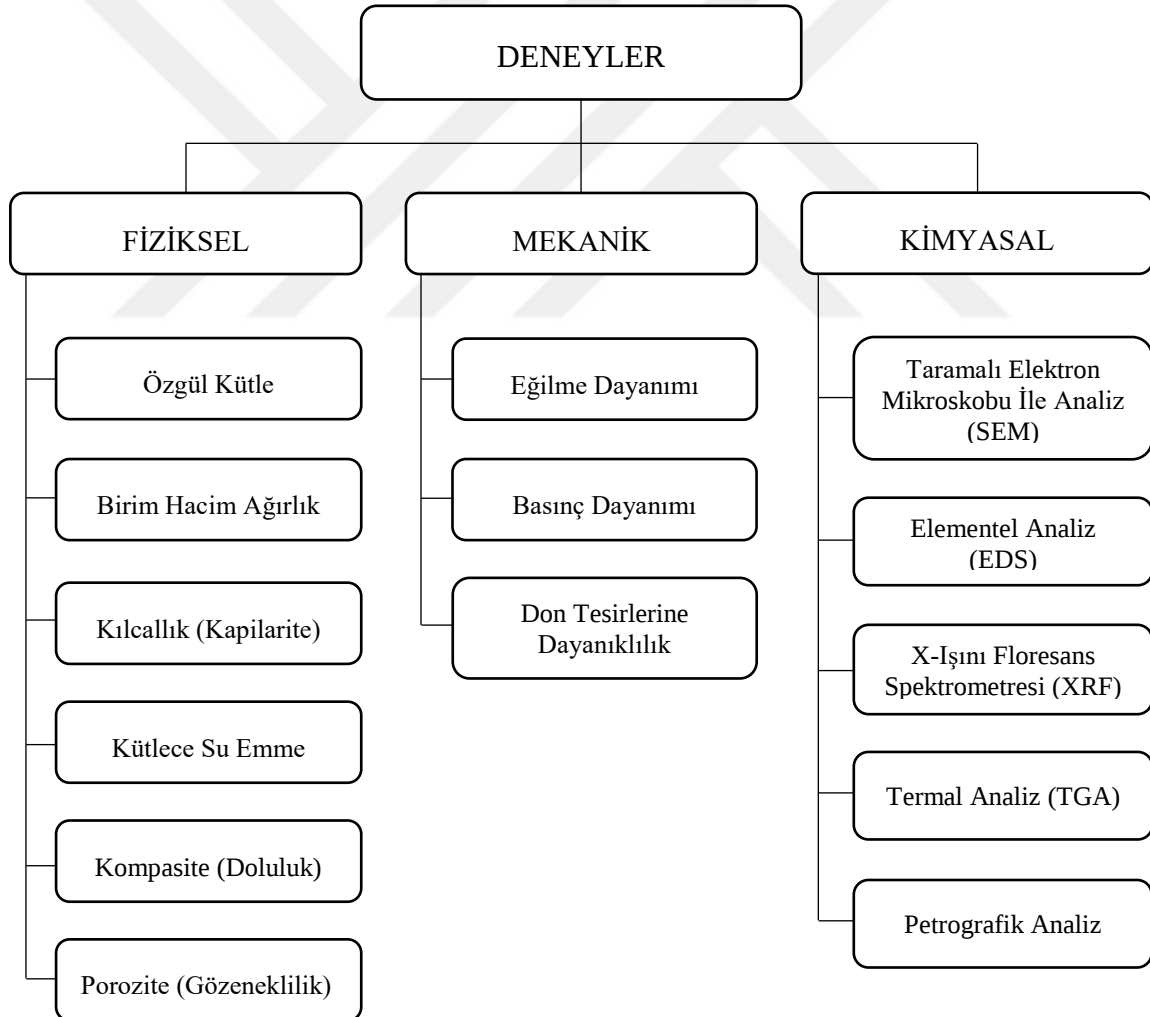
Tablo 1. Tuğla Malzemelerin Görsel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Malzeme Görseli	Numune No	Yapıda Bulunduğu Yer	Boyut (cm)
	HDE8	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu öncesinde duvarında kullanılan eski tuğla malzemesi.	20 × 20 × 4 cm
	HDE9	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu öncesinde duvarında kullanılan eski tuğla malzemesi.	20 × 20 × 4 cm
	HME6	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu öncesinde minaresinde kullanılan eski tuğla malzemesi.	20 × 10 × 4 cm
	HŞY1	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında şerefesinde kullanılan yeni tuğla malzemesi.	20 × 19 × 4 cm
	HŞY2	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında şerefesinde kullanılan yeni tuğla malzemesi.	14 × 19 × 4 cm
	HŞY3	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında şerefesinde kullanılan yeni tuğla malzemesi.	22 × 22 × 4 cm
	HŞY4	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında şerefesinde kullanılan yeni tuğla malzemesi.	22 × 22 × 4 cm

	HMY5	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında minaresinde kullanılan yeni tuğla malzemesi.	20 × 10 × 4 cm
	HDY7	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında duvarında kullanılan yeni tuğla malzemesi.	20 × 20 × 4 cm
	HDY10	Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında duvarında kullanılan yeni tuğla malzemesi.	40 × 10 × 4 cm
	ŞDE2	Şerafeddin Camii'nin restorasyonu öncesinde döşemesinde kullanılan eski tuğla malzemesi.	16 × 14 × 4 cm
	ŞDE3	Şerafeddin Camii'nin restorasyonu öncesinde döşemesinde kullanılan eski tuğla malzemesi.	16 × 14 × 4 cm
	ŞDE4	Şerafeddin Camii'nin restorasyonu öncesinde döşemesinde kullanılan eski tuğla malzemesi.	16 × 14 × 4 cm
	ŞDE5	Şerafeddin Camii'nin restorasyonu öncesinde döşemesinde kullanılan eski tuğla malzemesi.	16 × 14 × 4 cm
	ŞDY1	Şerafeddin Camii'nin restorasyonu sırasında döşemesinde kullanılan yeni tuğla malzemesi.	16 × 14 × 4 cm

6.3. Deneyler ve Bulguların Değerlendirilmesi

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarının çeşitli yerlerinde kullanılmış olan eski tuğla malzemeleri ile bu tarihi yapıların onarımı sırasında yapıların çeşitli yerlerinde kullanılan yeni tuğla malzemelerinin karakterizasyonlarının belirlenmesi amacıyla fiziksel, mekanik ve kimyasal deneyler yapılmıştır. Tarihi yapılardan alınan restorasyon öncesi ve sonrası tuğla malzemelerinin deneyler ve analizleri; KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarı, Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarı ve Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Petrografi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



6.3.1. Fiziksel Deneyler ve Bulguların Değerlendirilmesi

Fiziksel deneyler kapsamında tarihi yapılardan alınan tuğla malzemelerinin; özgül kütle, birim hacim ağırlık (hacim kütlesi), kılcallık (kapilarite katsayısı), kütlece su emme, kompasite (doluluk oranı), porozite (gözeneklilik derecesi) deneyleri yapılarak fiziksel özellikleri analiz edilmiştir.

6.3.1.1. Özgül kütle deneyi

Özgül kütle, değişmez kütleyle kadar kurutulmuş numunenin boşluksuz birim hacmine oranıdır (TS. 699).

Deneyin yapımında öncelikle numunelerin öğütülme işlemi gerçekleştirilmiştir. Öğütülen numuneler 0.25 mm'lik elekten geçirilmiştir (Şekil 31) ve 110 °C sıcaklıktaki etüve konularak sabit kütleyle kadar kurutulmuştur. Deneyde kullanılması için boş cam kap ve cam lamel ± 0.01 gr hassasiyetli terazide tartılmıştır. Sonrasında cam kap tamamen saf su ile doldurularak içine hava girmeyecek şekilde cam lamel ile kapatılmıştır ve hassas terazide tekrar tartılmıştır. Etüvde kurutulup ve ardından soğutulan numunelerin her birinden 30 gr alınarak boş cam kaplara konulmuştur. Cam kap içerisindeki numunelerin üzerine saf su ilave edilerek cam kap tamamen doldurulmuştur ve cam lamel cam kap ile arasına hava girmeyecek şekilde kapatılmıştır. Doldurulan cam kapların içerisindeki numunelerin suya tamamen doyması için 2 gün beklenilmiştir. Cam kaplardaki saf su içerisinde çöken numuneler ± 0.01 gr hassasiyetli terazide tekrar tartılmıştır (Şekil 32). Buna göre özgül kütle hesabı yapılmıştır.

$$d_0 = \frac{G_k}{V} (gr/cm^3)$$

A: Boş cam kabın ağırlığı (gr)

B: Su dolu cam kabın ağırlığı (gr)

G_k : Öğütülmüş numune (kuru) ağırlığı (gr)

D: Boş cam kap + numune + su dolu cam kap (A + G_k + İlave Su) (gr)

$B + G_k = E$, $E - D = V$



Şekil 31. Hoca Hasan Camii'ye ait numunenin elekten geçirilmesi



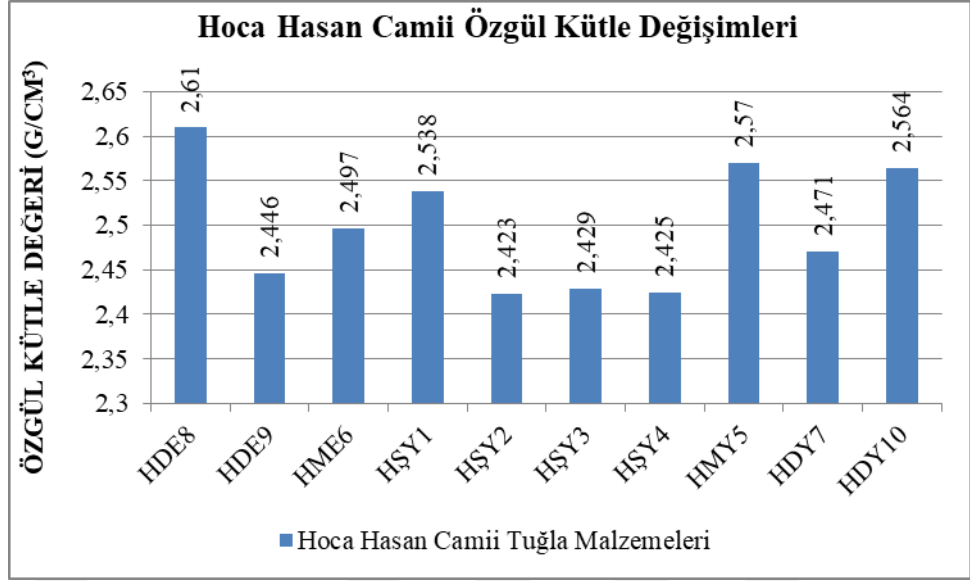
Şekil 32. Hoca Hasan Camii'ye ait numunenin hassas terazide tartılması

Tablo 2. Numunelerin Özgöl Kütle Deneyi Değerleri

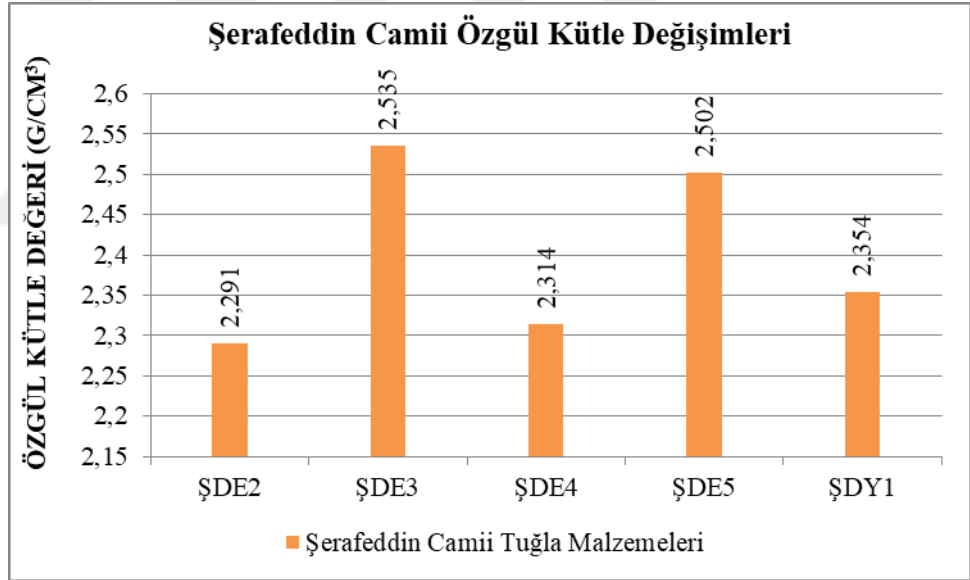
Numune No	Boş Cam Kap Ağırlığı A (gr)	Su Dolu Cam Kap Ağırlığı B (gr)	Öğütülmüş Numune (Kuru) Ağırlığı G_k (gr)	Boş Kap + Su Dolu Kap A + G_k + İlave Su = D (gr)	Özgöl Kütle d_o (gr/cm ³)
HDE8	97,03	190,35	30	208,86	2,610
HDE9	97,17	190,89	30	208,63	2,446
HME6	96,53	190,59	30	208,58	2,497
HŞY1	94,36	190,84	30	209,02	2,538
HŞY2	92,70	190,67	30	208,29	2,423
HŞY3	96,77	190,40	30	208,05	2,429
HŞY4	95,36	191,10	30	208,73	2,425
HMY5	94,42	189,78	30	208,11	2,570
HDY7	95,17	190,93	30	208,79	2,471
HDY10	94,91	189,24	30	207,54	2,564
ŞDE2	96,04	190,27	30	207,18	2,291
ŞDE3	95,15	190,01	30	208,18	2,535
ŞDE4	109,35	228,18	30	245,22	2,314
ŞDE5	97,27	220,70	30	238,71	2,502
ŞDY1	94,47	181,11	30	198,37	2,354

Tablo 2’de tarihi yapılardan alınan malzemelerin özgöl kütle deneyleri incelendiğinde en düşük özgöl kütle 2,291 gr/cm³ değeri ile Şerafeddin Camii’nin döşemesinden alınan ŞDE2 isimli eski tuğla malzemesidir. Bu numuneden sonraki en düşük özgöl kütle değeri ise 2,314 gr/cm³ ile Şerafeddin Camii’nin bir diğer döşeme malzemesi olan ŞDE4 isimli tuğla malzemesidir. Bunların yanında numuneler arasında en yüksek özgöl kütle değeri 2,610 gr/cm³ ile Hoca Hasan Camii’nin duvarından alınan HDE8 isimli eski tuğla malzemesidir. Bir diğer yüksek özgöl kütle değeri ise 2,570 gr/cm³ ile Hoca Hasan Camii’nin restorasyonunda kullanılan HMY5 isimli yeni tuğla malzemesidir.

Değerlendirilen 4 numunenin haricinde kalan diğer numunelerin özgöl kütle değerleri 2,354 gr/cm³ ile 2,538 gr/cm³ arasında elde edilmiştir. Bu değerlerin 3 tanesi (ŞDY1 = 2,354 gr/cm³, ŞDE5 = 2,502 gr/cm³ ve ŞDE3 = 2,535 gr/cm³) Şerafeddin Camii’ye ait olan mevcut yapı malzemeleri ile yapının restorasyonunda kullanılan yeni yapı malzemesidir. Kalan 8 numune ise (HŞY2 = 2,423 gr/cm³, HŞY4 = 2,425 gr/cm³, HŞY3 = 2,429 gr/cm³, HDE9 = 2,446 gr/cm³, HDY7 = 2,471 gr/cm³, HME6 = 2,497 gr/cm³, HŞY1 = 2,538 gr/cm³ ve HDY10 = 2,564 gr/cm³) Hoca Hasan Camii’nin mevcut eski tuğla malzemeleri ile restorasyonunda kullanılan yeni tuğla malzemeleridir.



Şekil 33. Hoca Hasan Camii numunelerinin özgöl kütle deneyi değerleri



Şekil 34. Şerafeddin Camii numunelerinin özgöl kütle deneyi değerleri

Araştırmalar neticesinde en düşük ve en yüksek özgöl kütle değerleri Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii'ye ait kullanılmış olan eski malzemelerinde görülmektedir. Tarihi yapıların restorasyonu için kullanılan yeni tuğla malzemelerinin özgöl kütle değerleri ise $2,354 \text{ gr/cm}^3$ ve $2,570 \text{ gr/cm}^3$ aralığında bulunarak restorasyon çalışmalarında kullanılan yeni malzemelerin ne çok yüksek ne de çok düşük özgöl kütle değerlerinde olmadıkları görülmektedir.

Hoca Hasan Camii'nde kullanılan yapı malzemelerinin özgül kütle değerleri incelendiğinde eski malzemelerin özgül kütle değerleri 2,446 gr/cm³ ve 2,610 gr/cm³ arasında değişkenlik göstermekte olup restorasyonda kullanılan yeni malzemelerde özgül kütle değerleri 2,423 gr/cm³ ve 2,570 gr/cm³ arasındadır. Şerafeddin Camii'nde kullanılan yapı malzemelerinde ise özgül kütle değerleri eski malzemelerde değişkenlik gösterirken (2,291 gr/cm³ – 2,535 gr/cm³) yapının restorasyonunda kullanılan yeni yapı malzemesinin özgül kütle değeri 2,354 gr/cm³'tür (Şekil 33 ve Şekil 34).

6.3.1.2. Birim hacim ağırlık (hacim kütlesi deneyi)

Birim hacim ağırlık, numunenin toplam ağırlığının o numunenin birim hacim ağırlığı olarak ifade edilmektedir. Birim hacim ağırlık, numune ağırlığının toplam hacmine bölünmesi sonucu bulunmaktadır (Ofas Yüksel, 2019).

4×4×16 cm ölçülerinde hazırlanan numuneler 110 °C etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Numuneler etüvden çıkarılıp oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmasının ardından 0,1 gr hassasiyetli terazide tartılmıştır. Numunelerin hacimleri ise boyutlarından hesaplanarak bulunmuştur (TS 699).

Standartlar doğrultusunda yapılan birim hacim ağırlık (hacim kütlesi) deneyi KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 35).

$$d_h = \frac{G_k}{V} (gr/cm^3)$$

d_h : Malzemenin birim hacim kütlesi (gr/cm³)

G_k : Değişmez kütleye kadar kurutulmuş malzeme kütlesi (gr)

V : Deney numunesinin hacmi (cm³)



Şekil 35. Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii numunelerinin birim hacim ağırlık deneyi

Tablo 3. Numunelerin Birim Hacim Ağırlık Deneyi Değerleri

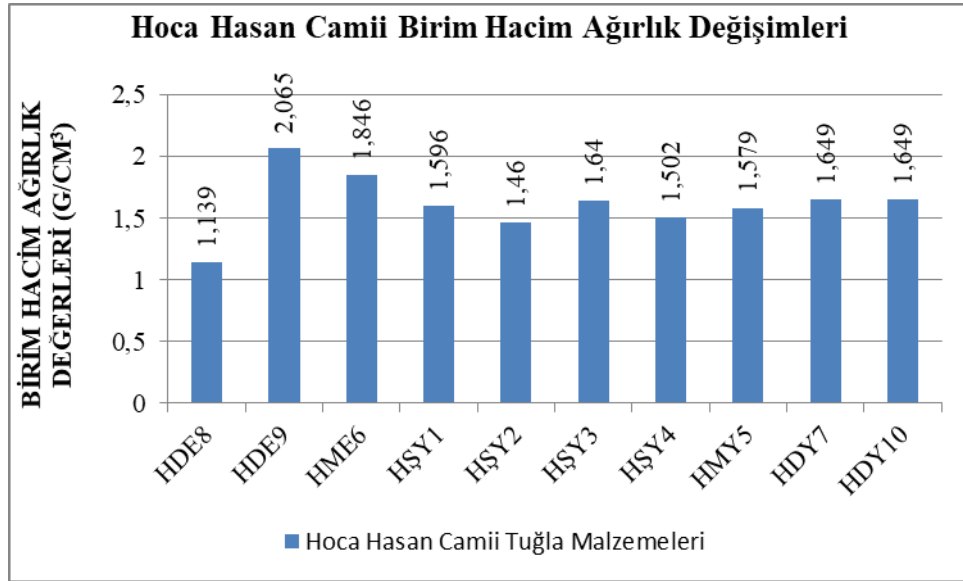
Numune No	Numune Değişmez Kütlesi, G _k (gr)	Numune Hacmi, V (cm ³)	Birim Hacim Ağırlık d _h (gr/cm ³)
HDE8	291,65	256	1,139
HDE9	528,65	256	2,065
HME6	472,75	256	1,846
HŞY1	408,72	256	1,596
HŞY2	373,83	256	1,460
HŞY3	419,91	256	1,640
HŞY4	384,60	256	1,502
HMY5	404,28	256	1,579
HDY7	422,37	256	1,649
HDY10	422,36	256	1,649
ŞDE2	343,22	256	1,340
ŞDE3	293,15	256	1,145
ŞDE4	332,25	256	1,297
ŞDE5	412,68	256	1,612
ŞDY1	348,64	256	1,361

Tüm numunelerin birim hacim ağırlık deneylerinin yapılması ile elde edilen değerler Tablo 3'te incelendiğinde en düşük birim hacim ağırlık $1,139 \text{ gr/cm}^3$ değeri ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılmış olan HDE8 isimli eski tuğla malzemesine aittir. En düşük birim hacim ağırlık değerlerinden biriside $1,145 \text{ gr/cm}^3$ değeri ile Şerafeddin Camii'nin döşemesinden alınan ve ŞDE3 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesidir. Numunelerin yüksek birim hacim ağırlık değerleri incelendiğinde en yüksek birim hacim ağırlık $2,065 \text{ gr/cm}^3$ değeri ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılan ve HDE9 isimli numuneye ait olan eski tuğla malzemesidir. Bir diğer yüksek birim hacim

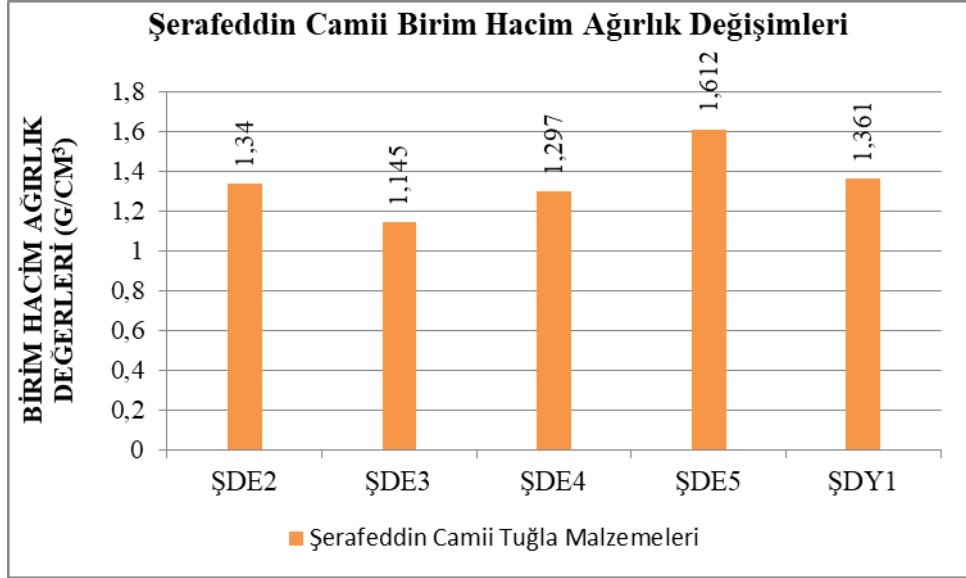
ağırlık değeri ise $1,846 \text{ gr/cm}^3$ ile Hoca Hasan Camii'nin minaresinde kullanılmış olan HME6 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemelerindendir.

İncelenen en yüksek ve en düşük birim hacim ağırlık değerlerine sahip 4 numunenin haricindeki numunelerin birim hacim ağırlık değerleri $1,297 \text{ gr/cm}^3$ ile $1,649 \text{ gr/cm}^3$ aralığında yer almaktadır. Bu değerlerin 4 tanesi ($\text{ŞDE4} = 1,297 \text{ gr/cm}^3$, $\text{ŞDE2} = 1,340 \text{ gr/cm}^3$, $\text{ŞDY1} = 1,361 \text{ gr/cm}^3$ ve $\text{ŞDE5} = 1,612 \text{ gr/cm}^3$) Şerafeddin Camii'nin döşemelerinde kullanılmış olan eski yapı malzemeleri ile yapının restorasyonunda kullanılan yeni yapı malzemesidir. Kalan 7 numune ise ($\text{HŞY2} = 1,460 \text{ gr/cm}^3$, $\text{HŞY4} = 1,502 \text{ gr/cm}^3$, $\text{HMY5} = 1,579 \text{ gr/cm}^3$, $\text{HŞY1} = 1,596 \text{ gr/cm}^3$, $\text{HŞY3} = 1,640 \text{ gr/cm}^3$, $\text{HDY7} = 1,649 \text{ gr/cm}^3$ ve $\text{HDY10} = 1,649 \text{ gr/cm}^3$) Hoca Hasan Camii'ye ait olan ve yapının restorasyonu ile yapılan uygulamada minare, şerefe, duvarlarında kullanılan yeni yapı malzemeleridir.

Elde edilen değerlere göre araştırılan her iki tarihi yapıda da mevcut olan eski tuğla malzemelerinin en düşük ve en yüksek birim hacim ağırlık değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Yapıların restorasyonunda kullanılan yeni tuğla malzemelerinin ise birim hacim ağırlık değerleri $1,361 \text{ gr/cm}^3$ ile $1,649 \text{ gr/cm}^3$ arasında yer almaktadır. Böylelikle restorasyon çalışmalarında kullanılan yeni malzemelerin birim hacim ağırlık değerleri çok yüksek ve çok düşük değerlerde olmadıkları anlaşılmaktadır.



Şekil 36. Hoca Hasan Camii numunelerinin birim hacim ağırlık deneyi değerleri



Şekil 37. Şerafeddin Camii numunelerinin birim hacim ağırlık deneyi değerleri

Deney sonuçlarına göre Hoca Hasan Camii'nde kullanılan eski tuğla malzemelerinin birim hacim ağırlık değerleri $1,139 \text{ gr/cm}^3$ ve $2,065 \text{ gr/cm}^3$ arasında oldukları ve restorasyon için kullanılan yeni tuğla malzemelerinin birim hacim ağırlık değerleri ise $1,460 \text{ gr/cm}^3$ ve $1,649 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişkenlik gösterdikleri tespit edilmiştir. Şerafeddin Camii'nde kullanılan eski tuğla malzemelerinde ise birim hacim ağırlık değerleri $1,145 \text{ gr/cm}^3$ ile $1,612 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişkenlik göstermekle birlikte restorasyonda kullanılan yeni tuğla malzemesinin birim hacim ağırlık $1,361$ değerine sahiptir (Şekil 36 ve Şekil 37).

6.3.1.3. Kılcallık deneyi (kapilarite katsayısı)

Standartlara göre yapılan kılcallık deneyi, numunelerin kılcal etkiye bağlı su geçirebilme ya da başka bir ifade ile kılcal etkiye bağlı su emme katsayılarının belirlenmesidir (Saydan, 2015).

Kılcallık deneyi için hazırlanan numuneler 1 gün süre ile 110°C etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur sonrasında soğumaya bırakılmıştır. Deney için hazırlanan ve $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ ölçülerindeki numunelerin suya temas eden yüzey alanlarının kumpas yardımı ile ölçümleri gerçekleştirilerek belirli bir seviyede su bulunan bir kaba numuneler düşey bir şekilde yerleştirilmiştir. Numunelerin su içerisinde bulunduğu süre boyunca ağırlıklarındaki değişimler gözlemlenmiştir. Bu süre boyunca belirlenen zaman aralıkların da 12 okuma gerçekleştirilerek iki okuma arasındaki sürenin karekökü

alınmıştır. Numunelerin suda kalma sürelerine göre kütlelerinde meydana gelen değişimler, numunelerin birim yüzeyinden geçen su miktarlarının farkı ile bulunmuştur (Şekil 38 ve Şekil 39).

Tablo 4 ve Tablo 5'te numunelerin kılcallık katsayısı değerleri, suda bekleme süreleri doğrultusunda kütlelerindeki değişimler ile hesaplanmıştır.

$$N = \frac{E}{\sqrt{t}} (cm/\sqrt{dk})$$

N: Kılcallık katsayısı (cm/ $\sqrt{dk}$)

E: İki süre arasında birim alandan geçen su miktarı (gr)*(gr/cm²)

t: Süre (dk)



Şekil 38. Numunelerin kılcallık deneyi için etüve yerleştirilmesi



Şekil 39. Numunelerin kılcallık deneyinin gerçekleştirilmesi

Tablo 4. Kılcallık Deneyi (Kapilarite Katsayısı) 4. dk ve 49.dk Arası Değerleri

Numune No	4. dk	9. dk	16. dk	25. dk	36. dk	49. dk
HDE8	0,7339	0,1444	0,1268	0,1100	0,0934	0,0862
HDE9	0,0315	0,0125	0,0024	0,0025	0,0026	0,0017
HME6	0,2143	0,0346	0,0224	0,0236	0,0139	0,0148
HŞY1	0,3698	0,0873	0,0631	0,0543	0,0421	0,0401
HŞY2	0,5780	0,1134	0,0853	0,0685	0,0525	0,0326
HŞY3	0,4714	0,0892	0,0739	0,0628	0,0538	0,0475
HŞY4	0,5153	0,0898	0,0766	0,0595	0,0526	0,0451
HMY5	0,2365	0,0508	0,0401	0,0351	0,0293	0,0251
HDY7	0,2319	0,0349	0,0284	0,0228	0,0204	0,0137
HDY10	0,3968	0,0839	0,0609	0,0486	0,0392	0,0336
ŞDE2	0,3869	0,0477	0,0337	0,0270	0,0210	0,0193
ŞDE3	0,8573	0,1406	0,1099	0,0879	0,0822	0,0730
ŞDE4	0,2907	0,0346	0,0234	0,0166	0,0138	0,0134
ŞDE5	0,2409	0,0498	0,0374	0,0278	0,0229	0,0231
ŞDY1	0,5261	0,0938	0,0634	0,0563	0,0453	0,0416

Tablo 5. Kılcallık Deneyi (Kapilarite Katsayısı) 64. dk ve 169.dk Arası Değerleri

Numune No	64. dk	81. dk	100. dk	121. dk	144. dk	169. dk
HDE8	0,0767	0,0731	0,0497	0,0460	0,0211	0,0056
HDE9	0,0032	0,0014	0,0025	0,0011	0,0011	0,0019
HME6	0,0117	0,0120	0,0094	0,0117	0,0086	0,0080
HŞY1	0,0328	0,0281	0,0272	0,0247	0,0288	0,0209
HŞY2	0,0264	0,0234	0,0210	0,0200	0,0183	0,0103
HŞY3	0,0427	0,0370	0,0341	0,0224	0,0167	0,0175
HŞY4	0,0418	0,0340	0,0316	0,0312	0,0239	0,0178
HMY5	0,0229	0,0178	0,0198	0,0160	0,0140	0,0129
HDY7	0,0154	0,0116	0,0113	0,0103	0,0095	0,0081
HDY10	0,0284	0,0261	0,0227	0,0214	0,0196	0,0174
ŞDE2	0,0179	0,0140	0,0126	0,0153	0,0063	0,0097
ŞDE3	0,0640	0,0538	0,0485	0,0432	0,0172	0,0110
ŞDE4	0,0117	0,0115	0,0083	0,0142	0,0035	0,0064
ŞDE5	0,0174	0,0153	0,0149	0,0199	0,0058	0,0115
ŞDY1	0,0363	0,0323	0,0300	0,0324	0,0195	0,0231

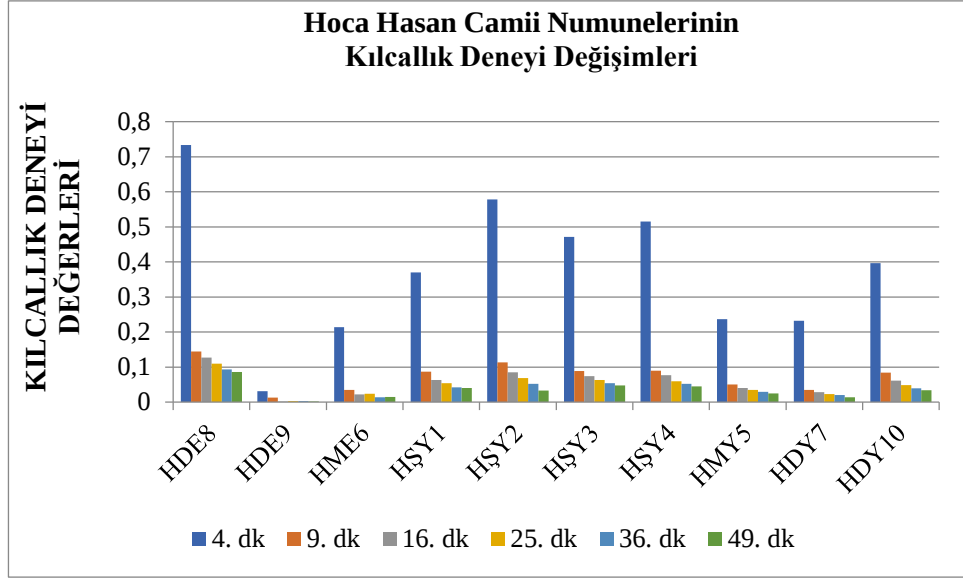
Kılcallık deneyi Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarından elde edilen tuğla numunelerine uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Tüm numunelerin kılcallık deneyinin yapılması ile elde edilen değerler incelenmiştir. Bu incelemeler doğrultusunda yapılan deneyde ilk okuma sonucunda, en düşük kapilarite katsayısı 0,0315 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılmış olan HDE9

isimli eski tuğla numunesidir. İlk okumadaki en düşük kapilarite katsayısı değerlerinden biriside 0,2143 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ ile Hoca Hasan Camii'nin minaresinde kullanılmış olan HME6 isimli eski tuğla numunesidir. Numunelerin ilk okumadaki yüksek kapilarite katsayı değerleri incelendiğinde ise en yüksek kapilarite katsayısı 0,8573 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile Şerafeddin Camii'nin döşemesinde kullanılmış olan ve ŞDE3 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesidir. Bir diğer yüksek kapilarite katsayısı değeri ise 0,7339 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılmış olan ve HDE8 olarak isimlendirilen eski tuğla numunesidir (Tablo 4 ve Tablo 5).

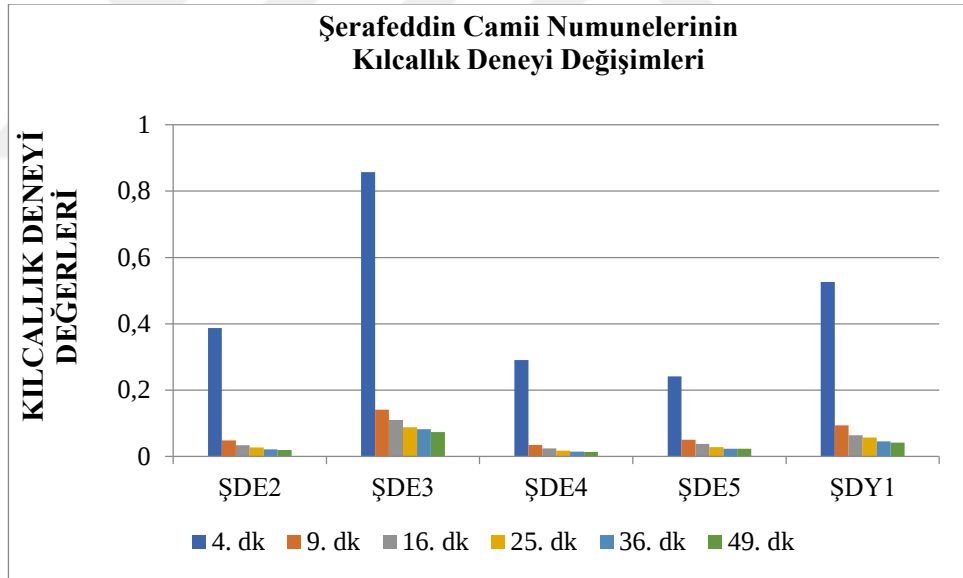
İlk okumada HDE9 isimli numune 0,0315 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile en düşük kapilarite katsayısına sahipken son okumada 0,0019 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değerine düşmüştür. HME6 isimli numune 0,2143 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile bir diğer düşük kapilarite katsayısına sahipken son okumada 0,0080 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değerine düşmüştür. İlk okumada 0,8573 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile en yüksek kapilarite katsayısına sahip ŞDE3 isimli numune son okumada 0,0110 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değerine düşmüştür. İlk okumadaki 0,7339 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile bir diğer yüksek kapilarite katsayısına sahip HDE8 isimli numunenin son okumada 0,0056 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değerine düşmüştür.

Son okumadaki en düşük kapilarite katsayısı 0,0019 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılan ve HDE9 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesidir. Son okumadaki bir diğer düşük kapilarite katsayısı 0,0056 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılan eski tuğla malzemesidir. Son okumadaki en yüksek kapilarite katsayı değeri 0,0231 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ ile Şerafeddin Camii'nin döşemesinde kullanılan ve ŞDY1 olarak adlandırılan yeni tuğla malzemesidir. Son okumadaki bir diğer yüksek kapilarite katsayısı 0,0209 cm/ $\sqrt{\text{dk}}$ değeri ile Hoca Hasan Camii'nin şerefesinde kullanılan ve HŞY1 olarak adlandırılan yeni tuğla malzemesidir.

Şekil 40, Şekil 41, Şekil 42 ve Şekil 43'te Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii'ye ait numunelerin kılcallık deneyi değerleri gösterilmiştir.

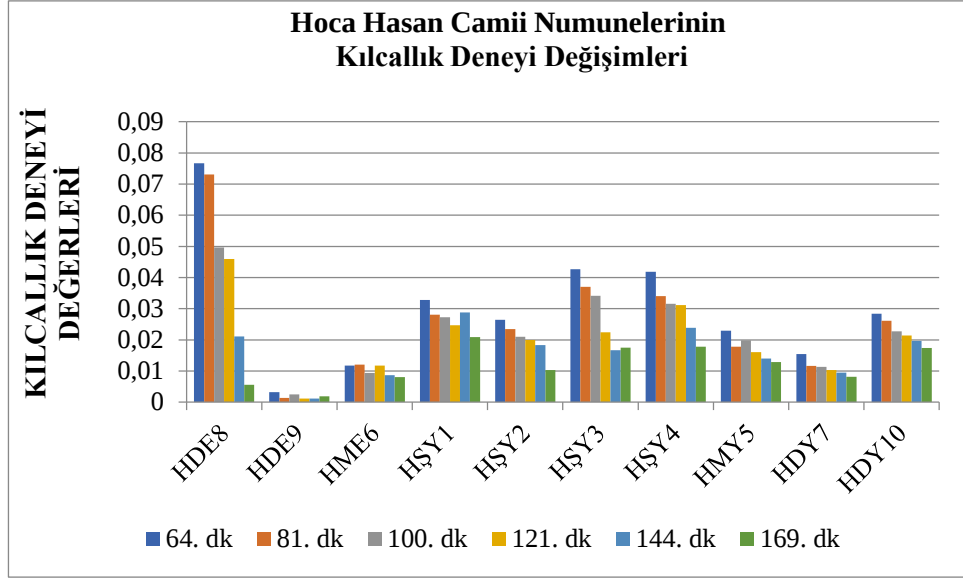


**Şekil 40. Hoca Hasan Camii numunelerinin kılcallık deneyi değerleri
(4 dk – 49 dk)**

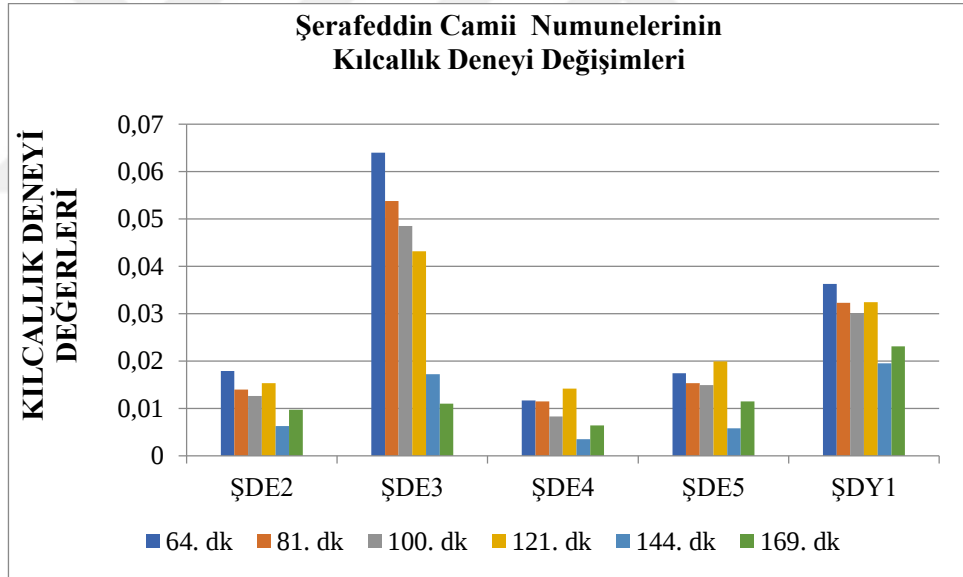


**Şekil 41. Şerafeddin Camii numunelerinin kılcallık deneyi değerleri
(4 dk – 49 dk)**

Etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulan numuneler deneyin ilk 4 dakikasında diğer dakika dilimlerine kıyasla (9dk, 16, 25 dk, 36 dk, 49 dk, 64 dk, 81 dk, 100 dk, 121 dk, 144 dk, 169 dk) daha hızlı su alma eğilimi göstermişlerdir. Bu nedenle ilk 4 dakika içindeki kütle artışı diğer dakika ölçümlerindeki kütle artışına göre çok daha fazladır.



**Şekil 42. Hoca Hasan Camii numunelerinin kılcallık deneyi değerleri
(64 dk – 169 dk)**



**Şekil 43. : Şerafeddin Camii numunelerinin kılcallık deneyi değerleri
(64 dk – 169 dk)**

Tüm numunelerin kılcallık deneylerinin yapılması ile elde edilen değerler incelendiğinde ilk okumadan son okumaya doğru tuğla numunelerinin kapıların katsayı değerlerinin azaldığı ve bununla birlikte numunelerdeki kütle artışının da azalarak arttığı tespit edilmiştir.

6.3.1.4. Kütlece su emme deneyi

Malzemenin boşluklarına aldığı su miktarının, malzemenin ağırlığına oranının yüzde olarak değeri malzemenin ağırlıkça su emme yüzdesini vermektedir (Bank, 2006). TS 699 standartları esas alınarak yapılan deneyde kılcallık deneyine tabii tutulmuş numuneler için +20  C sıcaklıkta su bulunan uygun büyüklükteki derin bir kap içerisine bırakılarak numune yüksekliğinin 1/4 seviyesindeki su içerisinde 1 saat kadar bekletilmiştir. Ardından numunelerin 1/2 seviyesine yükselecek kadar su ilave edilerek 1 saat daha bekletilmiştir. Aynı şekilde numunelerin 3/4'  su içerisinde kalacak şekilde su ilavesi yapılarak 1 saat daha bekletildikten sonra deney numunelerinin tamamı su içerisinde kalacak şekilde su eklenmiştir. Bu şekilde numuneler 45 saat süre bekletilmiştir. Bu süre içerisinde kaptaki su seviyesinin deney numunelerinin üzerini yaklaşık 2 cm örtecek kadar olması ve numunelerin üzerinde meydana gelen hava kabarcıklarının giderilmesi hususlarına dikkat edilmiştir. Deneyin başlangıcından itibaren 48 saat suda bekletilen numuneler sudan çıkarılarak nemli bir bezle yüzey suyu alınmıştır ve 0,1 gr hassasiyetli terazide tartılmıştır. Tartım sonucu elde edilen değerler numunelerin suya doygun haldeki ağırlıkları olarak bulunmuştur. Daha sonra numuneler değişmez kütleyle gelinceye kadar etüvde kurutulmasının ardından soğutularak 0,1 gr hassasiyetli terazide tartılmıştır ve numunelerin değişmez kütleleri bulunmuştur (Akg l, 2006).

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \cdot 100 \text{ (m/m, \%)}$$

S_k : Kütlece su emme oranı (m/m, %)

G_d : Doygun haldeki kütle (gr)

G_k : Değişmez kütleyle kadar kurutulmuş malzeme kütlesi (gr)

Tablo 6'da Hoca Hasan Camii ve şerafeddin Camii tuğla malzemelerinin kütlece su emme deneyi sonucunda elde edilen değerler verilmiştir.

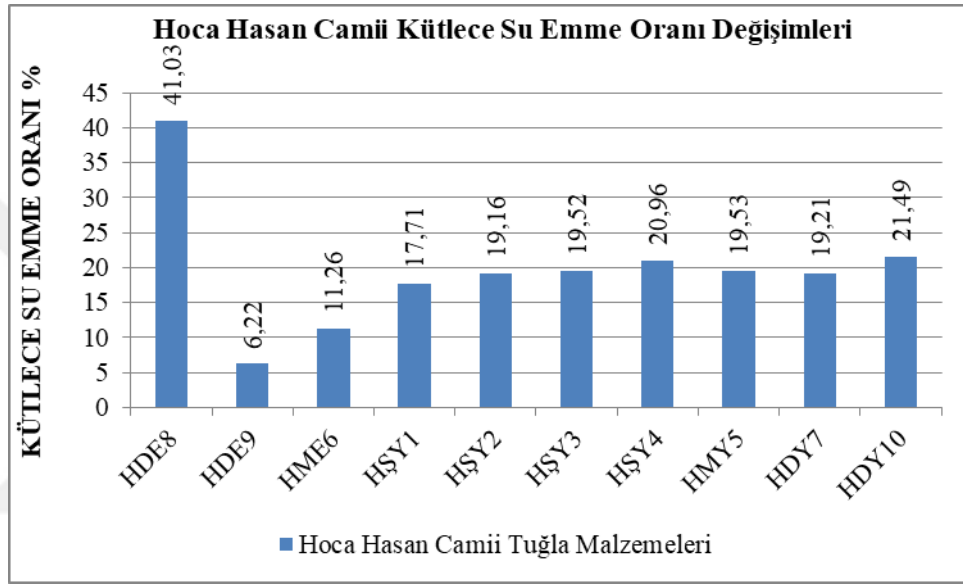
Tablo 6. Kütlece Su Emme Deneyi Değerleri

Numune No	Doygun Haldeki Numune Kütlesi G_d (gr)	Numune Değişmez Kütlesi G_k (gr)	Kütlece Su Emme Oranı S_k (m/m, %)
HDE8	410,36	291,65	41,03
HDE9	561,55	528,65	6,22
HME6	526,01	472,75	11,26
HŞY1	481,15	408,72	17,71
HŞY2	445,63	373,83	19,16
HŞY3	501,91	419,91	19,52
HŞY4	465,25	384,60	20,96
HMY5	483,31	404,28	19,53
HDY7	503,54	422,37	19,21
HDY10	513,08	422,36	21,49
ŞDE2	426,79	343,22	24,34
ŞDE3	402,95	293,15	37,46
ŞDE4	415,05	332,250	24,91
ŞDE5	491,43	412,685	19,10
ŞDY1	441,21	348,643	26,55

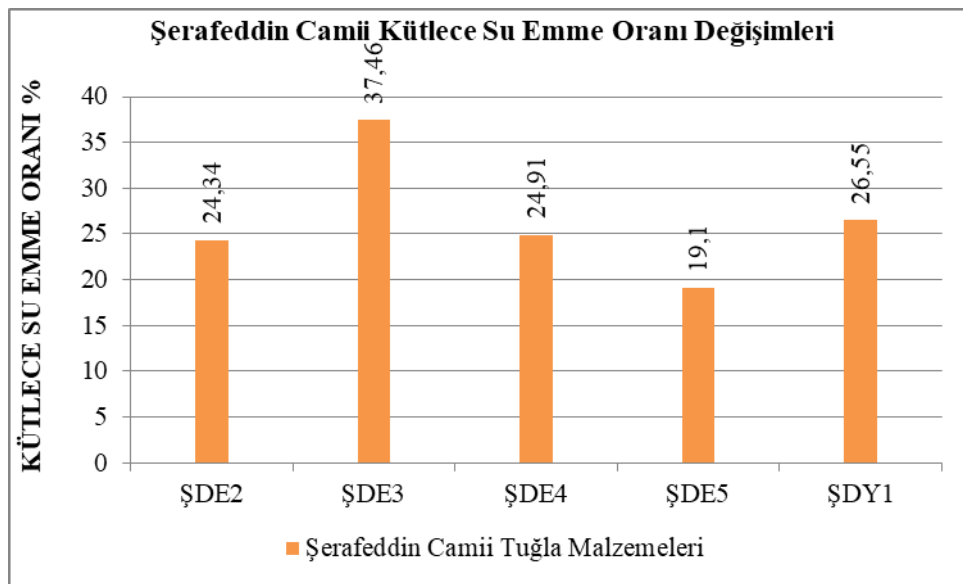
Tablo 6’da elde edilen verilere göre en düşük kütlece su emme değeri % 6,22 ile Hoca Hassan Camii’nin duvarında kullanılmış olan ve HDE9 isimli eski tuğla malzemesidir. Bununla birlikte düşük kütlece su emme değerlerinden biriside % 11,26 ile Hoca Hasan Camii’nin minaresinde kullanılmış olan ve HME6 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesidir. En yüksek kütlece su emme değerlerine bakıldığında ise en yüksek değer % 41,03 ile Hoca Hasan Camii’nin duvarında kullanılmış olan ve HDE8 isimli numuneye ait eski tuğla malzemesidir. Sonraki yüksek kütlece su emme değeri % 37,46 değerine sahip Şerafeddin Camii’nin döşemesinde kullanılmış eski tuğla malzemelerinden olan ŞDE3 isimli numuneye aittir.

Kütlece su emme deneyinin en yüksek ve en düşük değerlerinin incelenmesinin ardından geriye kalan numunelerin analizleri yapıldığında kütlece su emme değerleri % 26,55 ile % 17,71 değerleri arasında elde edilmiştir. Bu değerlerden 4 tanesi (ŞDE5 = % 19,10, ŞDE2 = % 24,34, ŞDE4 = % 24,91 ve ŞDY1 = % 26,55) Şerafeddin Camii’nin döşemelerine ait olan mevcut eski tuğla malzemeleri ile restorasyonda kullanılan yeni tuğla malzemesidir. Geriye kalan 7 numune (HDY10 = % 21,49, HŞY4 = % 20,96, HMY5 = % 19,53, HŞY3 = % 19,52, HDY7 = % 19,21, HŞY2 = % 19,16 ve HŞY1 = % 17,71) Hoca Hasan Camii’nin minare, şerefe ve duvarlarında restorasyon uygulamasında kullanılan yeni tuğla malzemeleridir.

Analizler doğrultusunda tarihi yapılarda daha önce kullanılmış olan yapı malzemelerinin kütlege su emme değerleri en düşük ve en yüksek değerler olarak tespit edilmiştir. Restorasyon için kullanılan yeni yapı malzemelerinin kütlege su emme değerleri % 19,16 ve % 26,55 aralığında yer almaktadır. Bu durumda yapıların restorasyonunda kullanılan yeni yapı malzemelerinin kütlege su emme değerleri çok yüksek ve çok düşük değerlere sahip olmadıkları görülmektedir.



Şekil 44. Hoca Hasan Camii numunelerinin kütlege su emme deneyi değerleri



Şekil 45. Şerafeddin Camii numunelerinin kütlege su emme deneyi değerleri

Hoca Hasan Camii'nde kullanılan eski malzemeler ile restorasyon çalışmasında kullanılan yeni malzemeler incelendiğinde (Şekil 44), eski yapı malzemelerinin kütlece su emme % 6,22 ile % 41,03 değerleri arasında değişkenlik göstermekte olup restorasyonda kullanılan yeni yapı malzemelerinde ise bu değerler % 17,71 ile % 21,49 arasında yer almaktadır. Şerafeddin Camii'nin eski yapı malzemeleri ve restorasyonda kullanılan yeni yapı malzemelerinin incelemeleri sonucunda (Şekil 45) ise eski malzemelerin kütlece su emme değerleri % 19,10 ile % 37,46 değerleri arasında bulunmakta olup yapının restorasyonunda kullanılan yeni yapı malzemesinde ise kütlece su emme % 26,55 değerindedir.

6.3.1.5. Kompasite (Doluluk oranı)

Malzemenin dolu kısmının hacminin bütün hacmine oranına kompasite denir. k ile belirtilir, % ile gösterilir (Çapar, 2019).

Malzemelerin porozite ve kompasite değerlerinin bilinmesi, malzemelerin birçok fiziksel ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesinde etkilidir.

TS 699 standartları doğrultusunda yapılan deneyde kompasite oranı, numunelerin birim hacim ağırlığının özgül kütlelerine yüzde cinsinden oranlanması ile bulunmuştur.

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarından alınana tuğla numunelerinin daha önce tespit edilmiş özgül kütle ve birim hacim ağırlıkları ile kompasite (doluluk oranı) hesaplanarak Tablo 7'de verilmiştir.

$$k = \frac{d_h}{d_o} \cdot 100 \text{ (m/m, \%)}$$

k : Kompasite (doluluk) oranı

d_h : Numunenin birim hacim ağırlığı (gr/cm^3)

d_o : Numunenin özgül kütlesi (gr/cm^3)

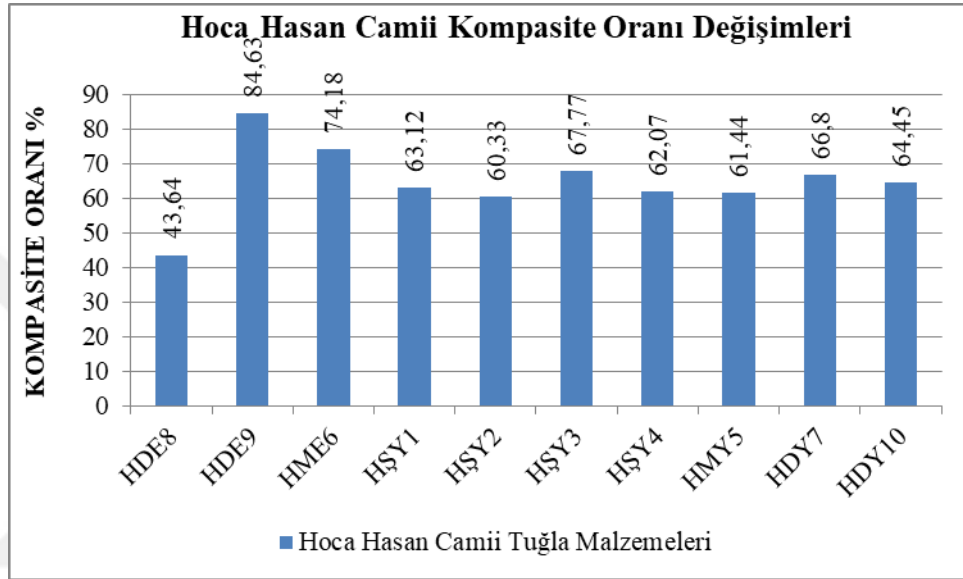
Tablo 7. Kompasite (Doluluk Oranı) Deneyi Değerleri

Numune No	Birim Hacim Ağırlık d_h (gr/cm ³)	Numunenin Özgül Kütlesi d_o (gr/cm ³)	Kompasite (Doluluk Oranı) k (m/m, %)
HDE8	1,13	2,61	43,64
HDE9	2,06	2,44	84,63
HME6	1,84	2,49	74,18
HŞY1	1,59	2,53	63,12
HŞY2	1,46	2,42	60,33
HŞY3	1,64	2,42	67,77
HŞY4	1,50	2,42	62,07
HMY5	1,57	2,57	61,44
HDY7	1,65	2,47	66,80
HDY10	1,65	2,56	64,45
ŞDE2	1,34	2,29	58,56
ŞDE3	1,14	2,53	45,26
ŞDE4	1,29	2,31	56,19
ŞDE5	1,61	2,50	64,48
ŞDY1	1,36	2,35	57,96

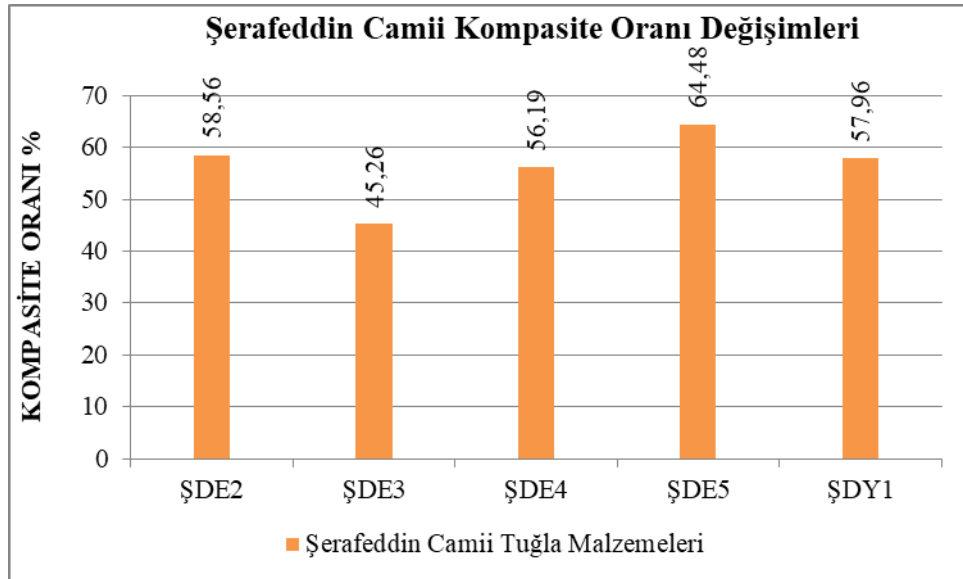
Tablo 7’de gösterilen kompasite deney sonuçlarına göre en düşük kompasite değeri % 43,64 ile Hoca Hasan Camii’nin duvarında kullanılmış olan HDE8 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesidir. Bir diğer düşük kompasite değeri ise % 45,26 olan ve Şerafeddin Camii’nin döşemesinde kullanılmış ŞDE3 isimli malzemesidir. Bununla birlikte numuneler içerisinde en yüksek kompasite değeri % 84,63 ile Hoca Hasan Camii’nin duvarında kullanılan mevcut duvar malzemesi olan HDE9 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesidir. HDE9 numunesinden sonraki en yüksek kompasite % 74,18 değerine sahip ve HME6 olarak isimlendirilen Hoca Hasan Camii’nin minaresinde kullanılan eski tuğla malzemesidir.

Değerlendirilmesi yapılan 4 numunenin dışındaki numunelerin kompasite değerleri % 56,19 ile % 67,77 değerleri arasında yer almaktadır. Bu değerlerin 4 tanesi (ŞDE5 = % 64,48, ŞDE2 = % 58,56, ŞDE4 = % 56,19 ve ŞDY1 = % 57,96) Şerafeddin Camii’nin döşemelerinde kullanılan eski ve yeni yapı malzemeleridir. Geriye kalan diğer 7 numune ise (HŞY2 = % 60,33, HMY5 = % 61,44, HŞY4 = % 62,07, HŞY1 = % 63,12, HDY10 = % 64,45, HDY7 = % 66,80 ve HŞY3 = % 67,77) Hoca Hasan Camii’nin restorasyonunda minare, şerefe ve duvarlarında kullanılan yeni tuğla malzemesidir.

Tarihi yapılarda kullanılan mevcut yapı malzemeleri içerisinde yer alan numunelerden en düşük ve en yüksek kompasite değerleri elde edilmiştir. Restorasyon için kullanılan malzemelerin kompasite değerleri % 57,96 ile % 67,77 değerleri arasında yer almaktadır. Yapıların restorasyonunda kullanılan yeni malzemelerin kompasite değerleri çok yüksek ve çok düşük değerlerde olmayıp yaklaşık % 50 - % 70 değer aralığındadır.



Şekil 46. Hoca Hasan Camii numunelerinin kompasite deneyi değerleri



Şekil 47. Şerafeddin Camii numunelerinin kompasite deneyi değerleri

Hoca Hasan Camii'nde kullanılan yapı malzemeleri incelendiğinde, kullanılan mevcut yapı malzemelerinde kompasite % 43,64 ve % 84,63 değerleri arasında değişkenlik göstermekte olup restorasyon için kullanılan malzemelerde ise % 60,33 ve % 67,77 değerleri arasında yer almaktadır. Şerafeddin Camii'ndeki yapı malzemelerinde ise kompasite değerleri eski malzemelerde değişkenlik göstermekte (% 45,26, % 56,19) olup yapının restorasyonu için kullanılan yeni malzemesinde kompasite değeri % 57,96'dır (Şekil 46 ve Şekil 47).

6.3.1.6. Porozite (gözeneklilik derecesi)

Porozite bir malzemedeki boşluluk oranını, gözenekliliğini; kompasite ise malzemedeki doluluk oranını ifade etmektedir (Candeias ve diğ., 2006).

Porozite, malzemenin tüm boşluklarının hacminin bütün hacmine oranıdır ve % olarak belirtilir (Kahya, 1992).

Porozite değerinin küçük olması malzemenin az boşluklu olmasını, değerinin büyük olması ise malzemedeki boşluk oranının fazla olduğunu göstermektedir (Oğuz, 2013).

TS 699 standartları doğrultusunda yapılan deneyde porozite oranı numunelerin birim hacim ağırlığının özgül kütlesine oranının 1'den çıkarılarak yüzde cinsinden yazılması ile bulunmuştur.

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarından alınana tuğla numunelerinin deney öncesi özgül kütle ve birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi ile porozite (gözeneklilik derecesi) hesaplanarak Tablo 8'de verilmiştir.

$$p = \left(1 - \frac{d_h}{d_0}\right) \cdot 100 \text{ (m/m, \%)}$$

p: Porozite (gözeneklilik derecesi) (m/m, %)

d_h : Numunenin birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

d_0 : Numunenin özgül kütlesi (gr/cm³)

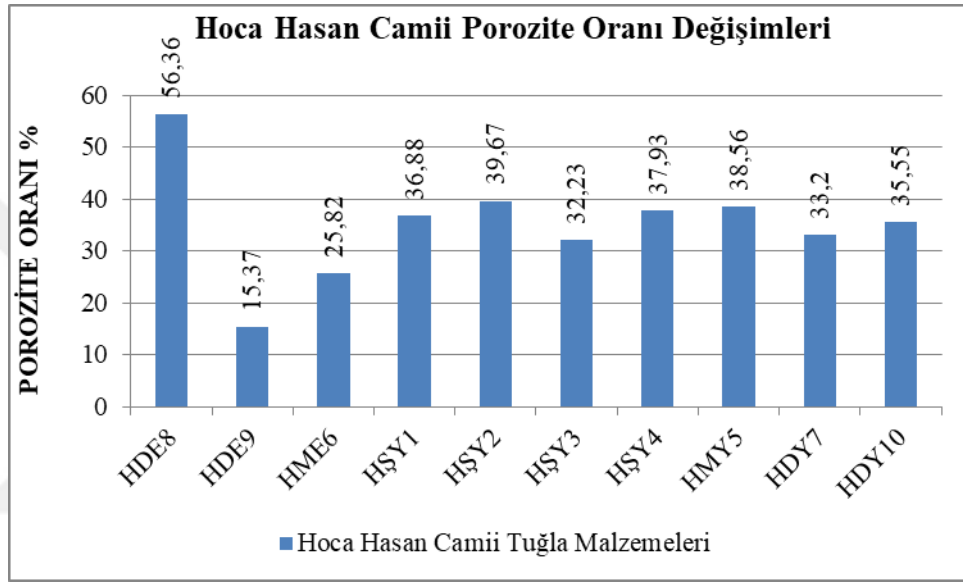
Tablo 8. Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deneyi Değerleri

Numune No	Birim Hacim Ağırlık d_h (gr/cm ³)	Numunenin Özgül Kütlesi d_o (gr/cm ³)	Porozite (Gözeneklilik Derecesi) p (m/m, %)
HDE8	1,13	2,61	56,36
HDE9	2,06	2,44	15,37
HME6	1,84	2,49	25,82
HŞY1	1,59	2,53	36,88
HŞY2	1,46	2,42	39,67
HŞY3	1,64	2,42	32,23
HŞY4	1,50	2,42	37,93
HMY5	1,57	2,57	38,56
HDY7	1,65	2,47	33,20
HDY10	1,65	2,56	35,55
ŞDE2	1,34	2,29	41,44
ŞDE3	1,14	2,53	54,74
ŞDE4	1,29	2,31	43,81
ŞDE5	1,61	2,50	35,52
ŞDY1	1,36	2,35	42,04

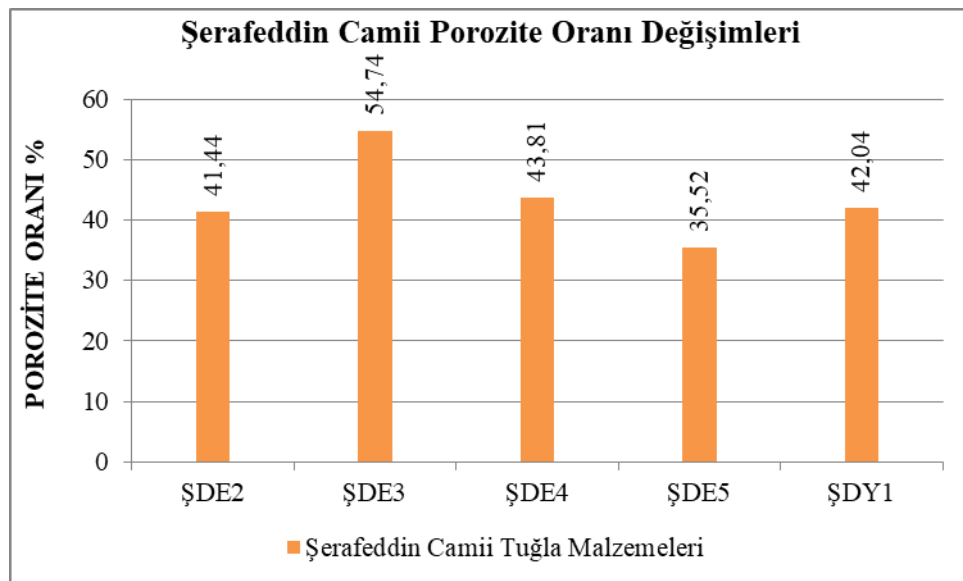
Numunelerle ilgili yapılan porozite deneylerinin sonuçları tablo 8’de gösterilmiştir. Bu sonuçlar dikkatlice incelendiğinde en düşük porozite değeri % 15,37 ile Hoca Hasan Camii’nin duvarında kullanılmış olan ve HDE9 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesidir. Bir diğer düşük porozite değeri ise % 25,82 değeri ile Hoca Hasan Camii’nin minaresinde kullanılmış olan ve HME6 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesidir. Bunların yanında elimizdeki numuneler içerisinde en yüksek porozite değeri % 56,36 ile Hoca Hasan Camii’nin restorasyon öncesi mevcut duvar malzemesi olarak kullanılan HDE8 olarak isimlendirilen numunedir. Sonraki yüksek poroziteye sahip numune ise % 54,74 değeri ile Şerafeddin Camii restorasyon öncesi mevcut döşeme malzemesi olan ŞDE3 numunesine aittir.

İncelenen 4 numune haricindeki porozite % 32,23 ile % 43,81 değerleri arasında elde edilmiştir. Bu değerlerin 4 tanesi (ŞDE5 = % 35,52, ŞDE2 = % 41,44, ŞDE4 = % 43,81 ve ŞDY1 = % 42,04) Şerafeddin Camii’nin döşemelerinde kullanılmış olan eski tuğla malzemeleri ile yapının restorasyonunda kullanılan yeni tuğla malzemesidir. Geri kalan 7 numune (HŞY3 = % 32,23, HDY7 = % 33,20, HDY10 = % 37,93, HŞY1 = % 36, 88, HŞY4 = % 37,93, HMY5 = % 38,5 ve HŞY2 = % 39,67) Hoca Hasan Camii’nin restorasyon çalışmalarında minare, şerefe ve duvarlarında kullanılan yeni yapı malzemeleridir.

Görüldüğü üzere yapıların daha önce kullanılmış mevcut yapı malzemeleri olarak bilinen numuneler içerisinde en düşük ve en yüksek porozite değerleri elde edilmiştir. Restorasyon için kullanılan yapı malzemelerinin porozite değerleri % 32,23 ve % 42,04 aralığında bulunmuştur. Anlaşıldığı üzere restorasyon için kullanılan yeni malzemelerin ne çok yüksek ne çok düşük porozite değerlerine sahip olmayıp yaklaşık % 30 - % 40 porozite değerleri arasında görülmektedir.



Şekil 48. Hoca Hasan Camii numunelerinin porozite deneyi değerleri



Şekil 49. Şerafeddin Camii numunelerinin porozite deneyi değerleri

Hoca Hasan Camii'ye ait yapı malzemelerinin porozite değerleri incelendiğinde, mevcut eski malzemelerde porozite % 15,37 ve % 56,36 değerleri arasında değişkenlik göstermekte iken restorasyonda kullanılan yeni malzemelerde ise % 32,23 ve % 39,67 değerleri arasında yer almaktadır (Şekil 48). Şerafeddin Camii'ye ait yapı malzemelerinin porozite değerleri ise eski malzemelerde değerler değişkenlik göstermekte (% 35,52, % 54,74) olup yapının restorasyonu için kullanılan yeni malzemesinde porozite % 42,04 değerindedir (Şekil 49).

6.3.2. Mekanik Deneyler ve Bulguların Değerlendirilmesi

Tarihi yapılardan alınan tuğla malzemelerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve don tesirlerine dayanıklılık deneyleri yapılmıştır.

6.3.2.1. Eğilme dayanımı

Eğilme dayanımı deneyi, malzemelerin sabit yük altındaki dayanımlarının belirlenmesi amacıyla yapılan deneydir. Eğilme dayanımı deneyi Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) mekanik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 50 ve Şekil 51). ASTM C1161 - 90 standart doğrultusunda yapılan deneyde 4×4×16 cm ebatlarındaki numuneler, Shimadzu AGS – X marka cihaza mesnetler arası mesafe 125 mm olacak şekilde mesnetlerin üzerine ortalananak yerleştirilmiştir. Deney cihazına yerleştirilen numunelerin orta noktasına sabit bir yük uygulanarak malzemenin kırılma göstermesine neden olan maksimum yük cihaza bağlı bilgisayar yardımıyla belirlenmiştir. Elde edilen veriler formülde yerine yazılarak numunelerin eğilme dayanımları bulunmuştur.

$$\sigma_R = \frac{3}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

σ_R : Eğilme dayanımı (N/mm²)

P: Kırılma yükü (N)

L: Mesnet açıklığı (mm), 125 mm



Şekil 50. Hoca Hasan Camii numunesi eğilme dayanımı deneyi



Şekil 51. Şerafeddin Camii numunesi eğilme dayanımı deneyi

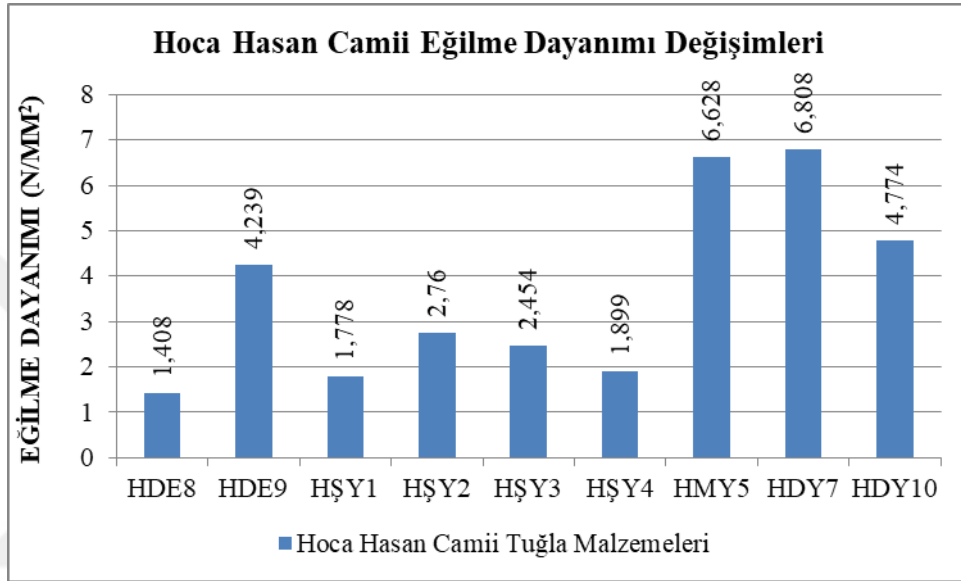
Tablo 9. Eğilme Dayanımı Deneyi Değerleri

Numune No	Numune Kesit (mm²)	Kırılma Kuvveti (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm²)
HDE8	1600	480,82	1,408
HDE9	1600	1270,85	4,239
HŞY1	1600	669,16	1,778
HŞY2	1600	1864,62	2,760
HŞY3	1600	720,19	2,454
HŞY4	1600	760,25	1,899
HMY5	1600	3341,31	6,628
HDY7	1600	2950,91	6,808
HDY10	1600	2262,53	4,774
ŞDE2	1600	1170,43	2,548
ŞDE3	1600	431,54	1,264
ŞDE4	1600	927,31	2,716
ŞDE5	1600	492,77	1,426
ŞDY1	1600	624,18	1,444

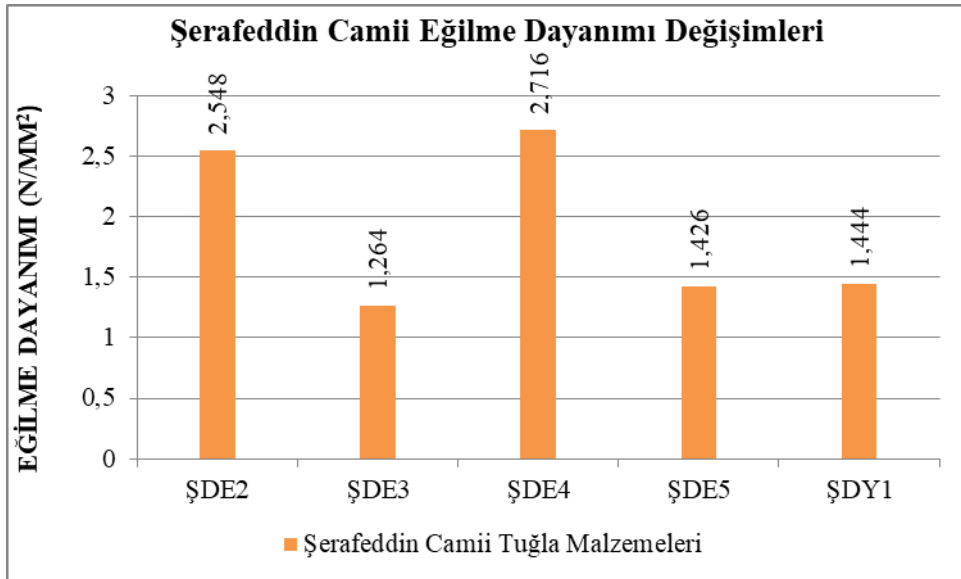
Tüm numunelerin eğilme dayanımı deneyleri (Tablo 9) incelendiğinde en düşük eğilme dayanımı 1,264 N/mm² değeri ile Şerafeddin Camii'nin döşemesinde kullanılmış olan ve ŞDE3 isimli eski tuğla numunesidir. Bir diğer düşük eğilme dayanımı değeri ise 1,408 N/mm² değeri ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılmış olan ve HDE8 olarak isimlendirilen eski tuğla numunesidir. Bu düşük eğilme dayanımı değerlerinin yanında numuneler içerisinde en yüksek eğilme dayanımı değeri 6,808 N/mm² ile Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında duvar malzemesi olarak kullanılan ve HDY7 isimli yeni tuğla numunesidir. Bir sonraki yüksek eğilme dayanımı değerine sahip numune ise 6,628 N/mm² ile Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında minarede kullanılan ve HMY5 isimli yeni tuğla numunesidir.

İncelenen 4 numune haricindeki diğer numuneler ise eğilme dayanım değerleri 1,426 N/mm² ile 4,774 N/mm² değerleri arasında yer almaktadır. Bu değerlerin 4 tanesi (ŞDE5= 1,426 N/mm², ŞDY1= 1,444 N/mm², ŞDE2= 2,548 N/mm² ve ŞDE4= 2,716 N/mm²) Şerafeddin Camii'nin döşemelerinde kullanılmış olan eski tuğla malzemesi ile yapının restorasyonunda kullanılan yeni tuğla malzemesidir. Geri kalan 6 numune ise (HŞY1= 1,778 N/mm², HŞY4= 1,899 N/mm², HŞY3= 2,454 N/mm², HŞY2= 2,760 N/mm², HDE9= 4,239 N/mm² ve HDY10= 4,774 N/mm²) Hoca Hasan Camii'nin restorasyon çalışmalarında şerefe ve duvarlarda kullanılan yeni tuğla malzemesidir.

Analizler neticesinde daha önce kullanılan mevcut yapı malzemeleri içerisinde yer alan numunelerden en düşük eğilme dayanım değerleri ile restorasyon sırasında kullanılan yeni malzemeler içerisinde yer alan numunelerden en yüksek eğilme dayanım değerleri elde edilmiştir. Restorasyon için kullanılan tuğla malzemelerinin eğilme dayanım değerleri $1,444 \text{ N/mm}^2$ ile $6,808 \text{ N/mm}^2$ değerleri arasında değişkenlik göstermektedir.



Şekil 52. Hoca Hasan Camii numunelerinin eğilme dayanımı deneyi değerleri



Şekil 53. Şerafeddin Camii numunelerinin eğilme dayanımı deneyi değerleri

Hoca Hasan Camii'ndeki yapı malzemeleri incelendiğinde; restorasyon öncesi kullanılan mevcut yapı malzemelerinde eğilme dayanımı 1,408 N/mm² ile 4,239 N/mm² değerlerine sahip olmakla birlikte bu yapının restorasyonu için kullanılan malzemelerinde eğilme dayanımı 1,778 N/mm² ile 6,808 N/mm² değerleri arasında yer almaktadır (Şekil 52). Şerafeddin Camii'ndeki yapı malzemelerinde ise eğilme dayanım değerleri kullanılan eski malzemelerde 1,264 N/mm² ile 2,716 N/mm² değerleri arasında değişkenlik göstermekte olup yapının restorasyonu için kullanılan yeni malzemesinde ise eğilme dayanım değeri 1,444 N/mm² olarak tespit edilmiştir (Şekil 53).

6.3.2.2. Basınç dayanımı

Basınç dayanımı, malzemenin düşey yükler altındaki mukavemetinin (kırılma dayanımının) belirlenmesini amaçlayan mekanik bir deneydir (KUDEB, 2011).

Deney için hazırlanan 4×4×4 cm küp ebatlarındaki numuneler deneyin yapılacağı cihazın alt ve üst basma yüzeyleri arasına yerleştirilmiştir (Şekil 54). ASTM C133 standartlarına göre yapılan deneyde numuneler üzerine sabit hızla numuneler kırılıncaya kadar kuvvet uygulanmıştır. Kırılmanın gerçekleştiği andaki değer, deney cihazının gösterdiği kırılma yükü değeri olarak alınmıştır.

Her bir numunenin tek eksenli basınç dayanımı R, numunenin kırılma yükünün deneyden önceki kesit alanına bölünmesi ile hesaplanmıştır (KUDEB, 2011).

$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{40 \cdot b} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

σ_b : Basınç dayanımı (N/mm²)

P: Kırılma yükü (N)

A: Basınç uygulanan kısmın alanı (mm²), 1600 mm²

b: Örnek genişliği (mm), 40 mm

40: Basınç uygulanan yüzeyin alt ve üst kısmına konan lama genişliği, (mm)



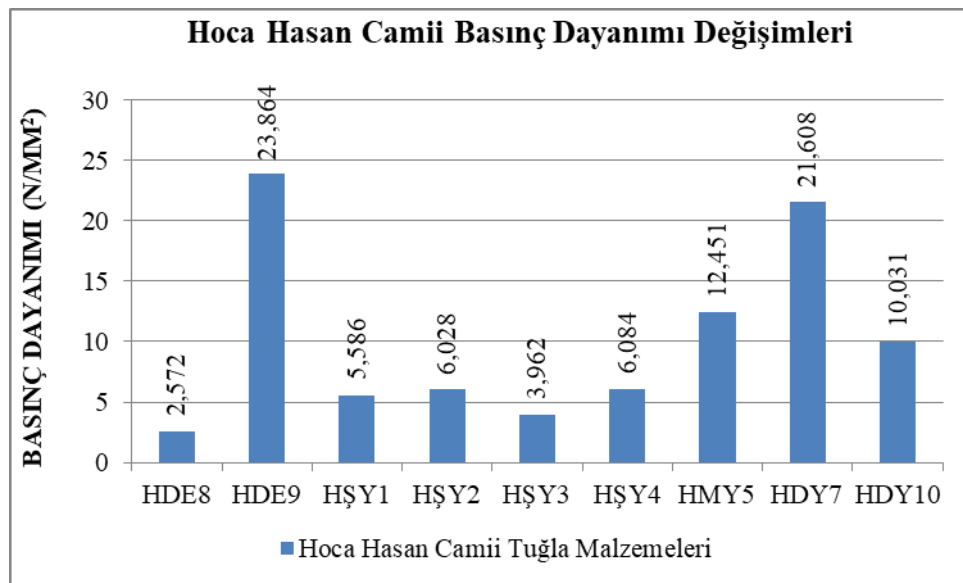
Şekil 54. Şerafeddin Camii numunesinin basınç dayanımı deneyi

Tablo 10. Basınç Dayanımı Deneyi Değerleri

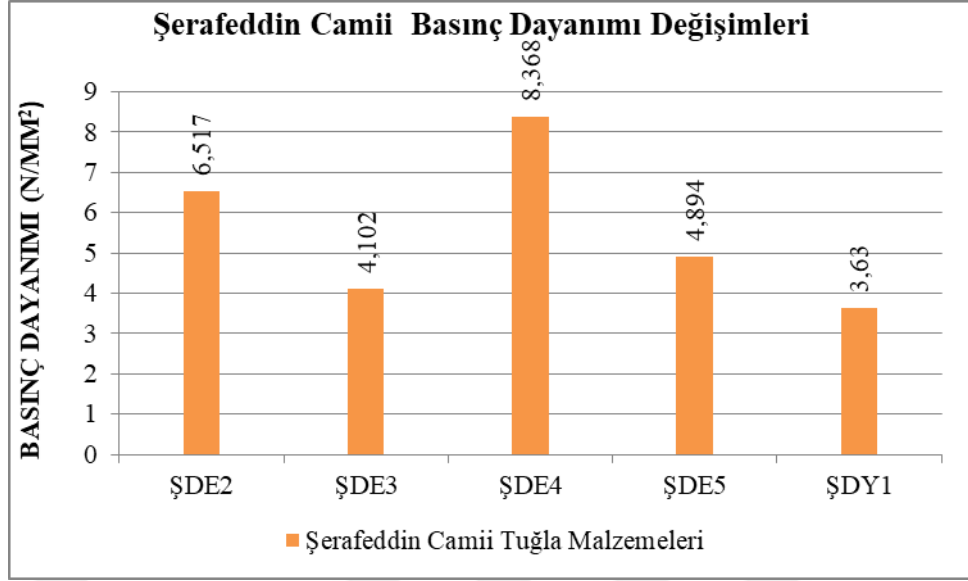
Numune No	Numune Basınç Alanı	Kırılma Kuvveti (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
HDE8	1600	3675,40	2,572
HDE9	1600	33199,50	23,864
HŞY1	1600	9771,29	5,586
HŞY2	1600	10723,27	6,028
HŞY3	1600	6859,82	3,962
HŞY4	1600	10122,58	6,084
HMY5	1600	23161,23	12,451
HDY7	1600	36671,33	21,608
HDY10	1600	19563,36	10,031
ŞDE2	1600	11916,76	6,517
ŞDE3	1600	4114,43	4,102
ŞDE4	1600	13327,93	8,368
ŞDE5	1600	6637,70	4,894
ŞDY1	1600	5738,21	3,630

Numuneler üzerinde yapılan basınç dayanım deney sonuçlarına göre (Tablo 10) en düşük basınç dayanım değeri $2,572 \text{ N/mm}^2$ ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılmış olan HDE8 isimli eski tuğla malzemesidir. Bir diğer düşük basınç dayanım değeri ise $3,630 \text{ N/mm}^2$ olan ve Şerafeddin Camii'nin restorasyonunda döşemede kullanılan ŞDY1 isimli yeni tuğla malzemesidir. Numunelerin yüksek basınç dayanım değerleri incelendiğinde ise en yüksek basınç dayanım $23,864 \text{ N/mm}^2$ değeri ile Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılan ve HDE9 isimli eski tuğla malzemesidir. Bir diğer yüksek basınç dayanım değeri ise $21,608 \text{ N/mm}^2$ ile Hoca Hasan Camii'nin restorasyonunda duvarda kullanılan ve HDY7 isimli yeni tuğla malzemesidir.

Numunelerin basınç dayanım değerlerinin en yüksek ve en düşük değerlerinin incelenmesinin ardından geriye kalan numunelerin analizleri doğrultusunda basınç dayanımı $3,962 \text{ N/mm}^2$ ile $12,451 \text{ N/mm}^2$ değerleri arasında bulunmaktadır. Bu değerlerden 4 tanesi ($\text{ŞDE3} = 4,102 \text{ N/mm}^2$, $\text{ŞDE5} = 4,894 \text{ N/mm}^2$, $\text{ŞDE2} = 6,517 \text{ N/mm}^2$ ve $\text{ŞDE4} = 8,368 \text{ N/mm}^2$) Şerafeddin Camii'nin döşemelerine ait olan eski tuğla malzemeleridir. Geriye kalan 6 numune ($\text{HMY5} = 12,451 \text{ N/mm}^2$, $\text{HDY10} = 10,031 \text{ N/mm}^2$, $\text{HŞY4} = 6,084 \text{ N/mm}^2$, $\text{HŞY2} = 6,028 \text{ N/mm}^2$, $\text{HŞY1} = 5,586 \text{ N/mm}^2$ ve $\text{HŞY3} = 3,962 \text{ N/mm}^2$) Hoca Hasan Camii'nin restorasyon çalışmasında minare, şerefe ve duvarlarında kullanılan yeni tuğla malzemeleridir. Görüldüğü üzere tarihi yapıların daha önce kullanılmış mevcut yapı malzemelerinin numuneleri içerisinde en düşük ve en yüksek basınç dayanım değerleri elde edilmiştir.



Şekil 55. Hoca Hasan Camii numunelerinin basınç dayanımı deneyi değerleri



Şekil 56. Şerafeddin Camii numunelerinin basınç dayanımı deneyi değerleri

Hoca Hasan Camii'nde kullanılan yapı malzemeleri incelendiğinde, kullanılan mevcut tuğla malzemelerinde basınç dayanım $2,572 \text{ N/mm}^2$ ve $23,864 \text{ N/mm}^2$ değerlerine sahip olup restorasyon için kullanılan malzemelerde ise $3,962 \text{ N/mm}^2$ ile $21,608 \text{ N/mm}^2$ değerleri arasında yer almaktadır (Şekil 55). Şerafeddin Camii'nde kullanılan eski tuğla malzemelerinde ise basınç dayanım $4,102 \text{ N/mm}^2$ ile $4,894 \text{ N/mm}^2$ değerleri arasında bulunmakla birlikte restorasyonda kullanılan yeni tuğla malzemesinin basınç dayanım değeri $3,630 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 56).

6.3.2.3. Don tesirlerine dayanıklılık

Yapı malzemelerinin boşluklarına giren su, donma sonucu hacminin artmasından dolayı yapı malzemelerinde bozulmalar görülmektedir. Aynı şekilde yapıların çatlaklarına giren su donduğu zaman çatlakların genişlemesine bununla birlikte parça kopmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle don olayının meydana getirdiği olumsuz etkilerden dolayı tarihi yapılar zarar görmektedir (Ahunbay, 1999).

Donma çözülme etkileri karşısında yapı malzemelerinin durumlarını araştırmak amacıyla dona dayanıklılık deneyi TS 699 standartlarına göre yapılmıştır. Deney için kullanılan $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ ebatlarındaki numuneler $105 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki etüve konularak değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan numuneler oda sıcaklığına gelmesi için soğumaya bırakılmıştır ve ardından $0,1 \text{ gr}$ hassasiyetli terazide tartılmıştır. Kurutulan numuneler suya doyurulması amacıyla normal oda şartlarındaki

su dolu kaba numunelerin tamamı su içerisinde kalacak şekilde bırakılarak beklenilmiştir. Suyu doymuş hale gelen numuneler nemli bir bezle üzerindeki su alınarak -20 °C soğuk hava dolabına konulmuştur ve 2 saat beklenilmiştir. 2 saatin ardından soğuk hava dolabından çıkarılan numuneler 20 °C ± 5 °C sıcaklığa sahip suya bırakılarak 2 saat beklenilmiştir.

Bu şekilde numuneler 2 saat süre ile soğuk hava dolabına ve ardından 2 saat süre ile normal oda şartlarındaki suya bırakılarak donma çözülme işlemi belirli periyotlar ile 15 kez yapılmıştır. Böylece donma çözülme etkileri sonucunda numunelerde meydana gelen fiziksel değişimler gözlemlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Don Tesirlerine Dayanıklılık Deneyi Değerleri

Numune No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
HDE8	+	+	+	+	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*	0
HDE9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
HME6	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*
HŞY1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	*	*	*
HŞY3	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	*	*	*	*
HŞY4	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*
HMY5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	*	*	*
HDY7	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	*	*	*
HDY10	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	*	*	*
ŞDE2	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*
ŞDE4	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	*	*	*	*	*
ŞDE5	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	*	*	0	0
ŞDY1	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*

+ iyi, hiçbir problem yok

- kılcal çatlak var, parça kopması yok

* kılcal çatlak var, parça kopması başladı

0 parça kopması var

θ dağıldı, kullanılamaz

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii'ye ait numunelerin don tesirlerine dayanıklılık deneyi incelemelerine göre her iki tarihi yapının numunelerinde dağılma meydana gelmemiştir. Deneyin 15 kez tekrarlanması sonucunda numunelerde genel olarak kısmi parça kopmaları ve kılcal çatlaklar gözlemlenmiştir.

6.3.3. Kimyasal Deneyler ve Bulguların Değerlendirilmesi

Tarihi yapılardan elde edilen tuğla malzemelerinin hammadde bileşenleri, morfolojik, mimeralojik, mikroyapı ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla kimyasal deneyler kapsamında SEM, EDS, XRF, TGA ve petrografik analizler yapılmıştır.

6.3.3.1. Yapı malzemelerinin taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi (SEM)

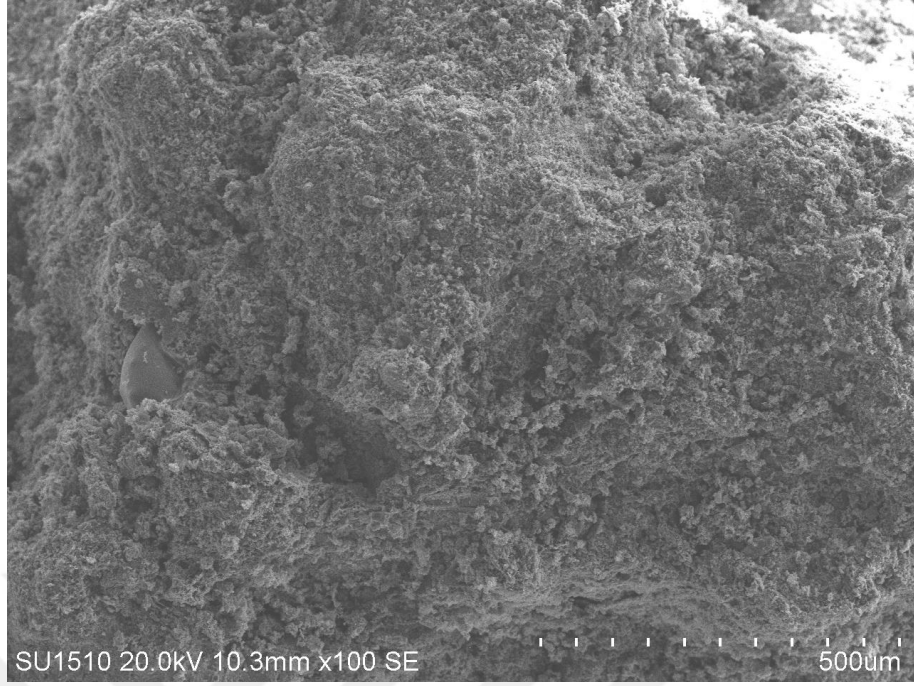
Taramalı elektron mikroskobu (SEM; Scanning Electron Microscope), incelenen malzemenin yüksek büyütme ile görüntüsünü alabilen özel olarak geliştirilmiş elektron mikroskop türüdür (Aritoli, 2010).

SEM, taramalı elektron mikroskobu, 0,123-0,012 mm dalga boyuna karşılık gelen 10^2 - 10^4 eV aralıklı elektron ışınlarını kullanarak malzemenin görüntüsünü 100.000 kata kadar büyütme oranına sahiptir (Aritoli, 2010).

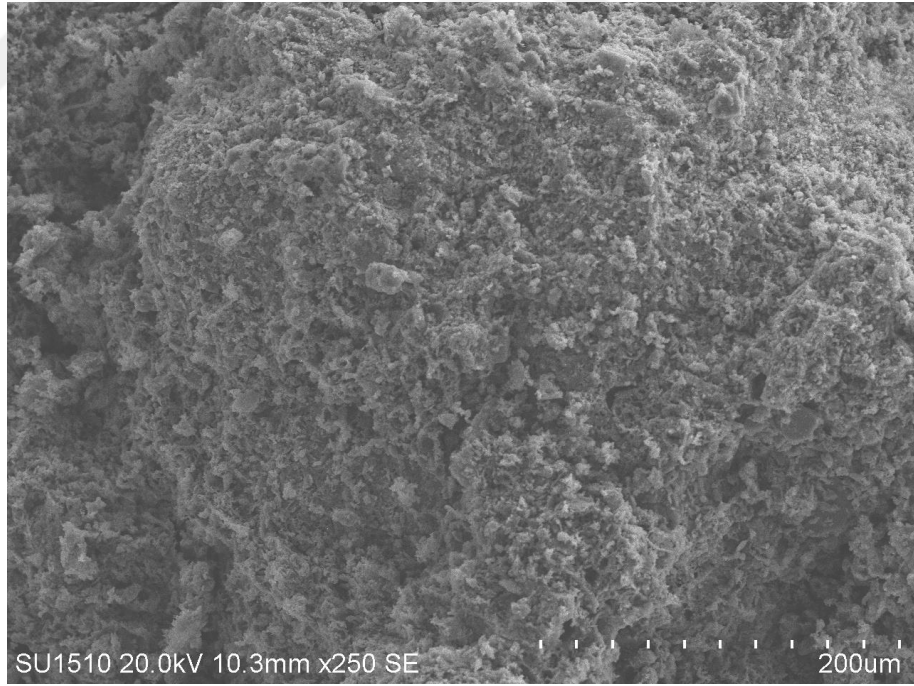
Öğütülmüş numuneler Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarında Hitachi – SU 1510 markalı cihazda SEM analizi gerçekleştirilmiştir.

SEM analizinde, analizi yapılacak numunelerin yüzeyleri ince iletken bir malzeme ile kaplanarak taramalı elektron mikroskobuna yerleştirilmiştir. Yüksek vakum koşullarına sahip cihaz ile numunelerin yüzeylerinden ikincil elektron (secondary electron) ve geri saçılmış elektron (backscattered electron) sinyal görüntüleri alınarak fotoğrafları çekilmiştir (Aktaş, 2019).

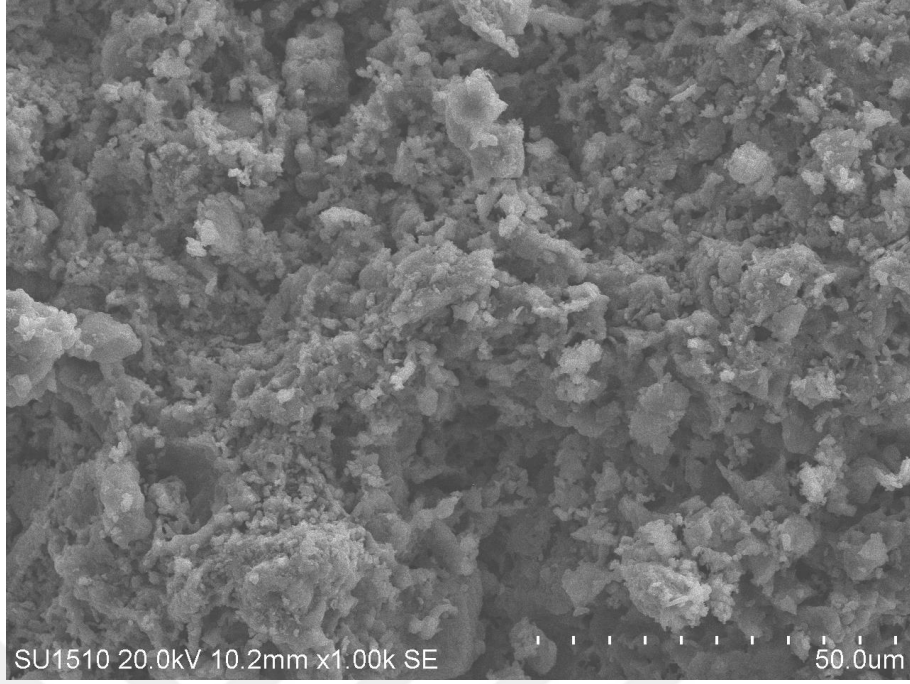
Hoca Hasan Camii'nin restorasyon öncesi mevcut duvar malzemesi olan ve HDE8 olarak adlandırılan numunenin taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi sonucu Şekil 57'de 100 kat büyütülmüş, Şekil 58'de 250 kat büyütülmüş, Şekil 59'da 1000 kat büyütülmüş, Şekil 60'ta 5000 kat büyütülmüş SEM görüntülerine yer verilmiştir.



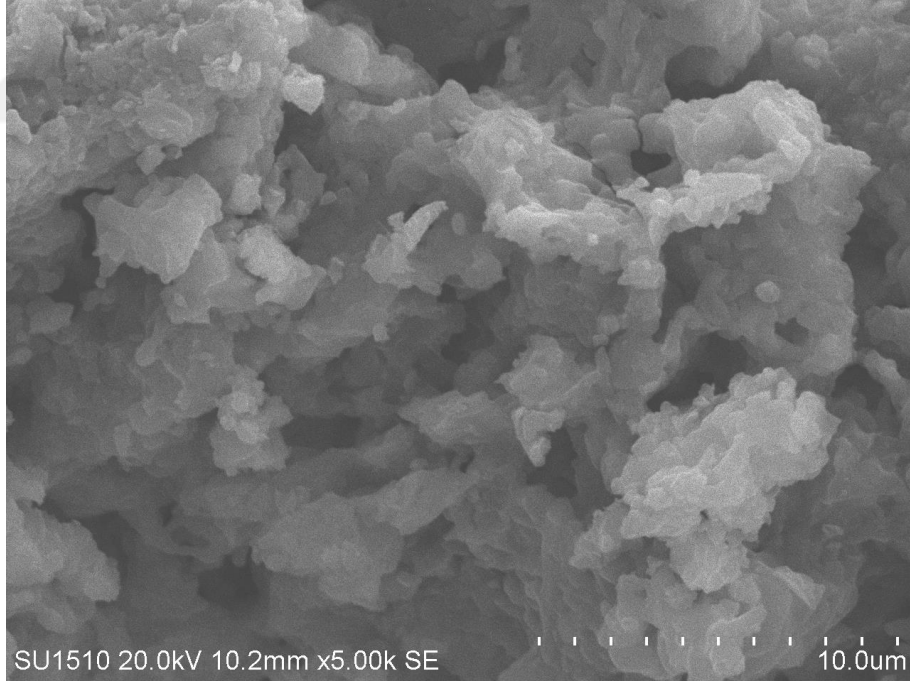
Şekil 57. HDE8 numunesinin 10.3 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 58. HDE8 numunesinin 10.3 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

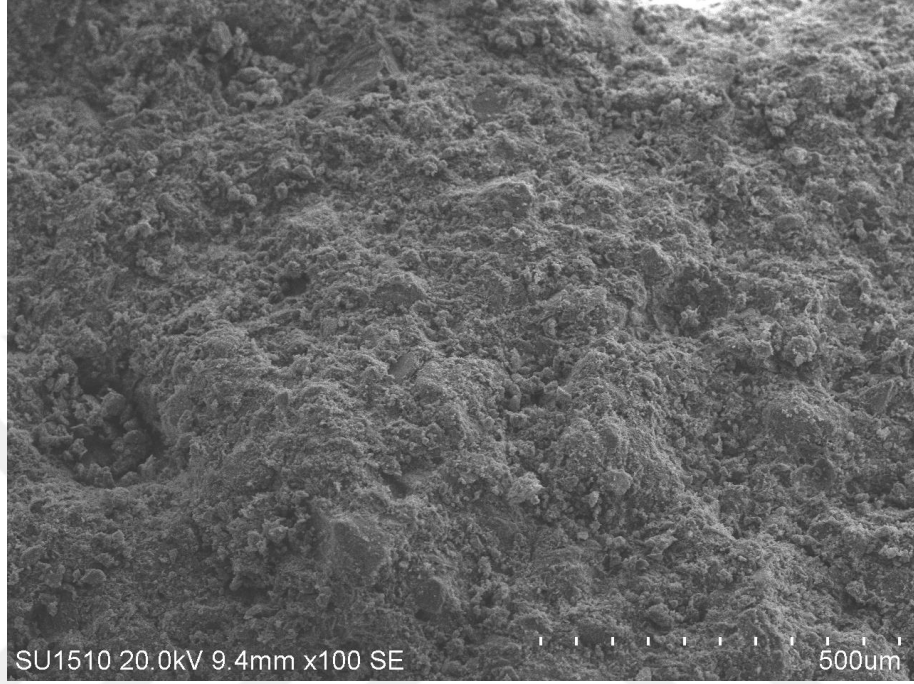


Şekil 59. HDE8 numunesinin 10.2 mm’lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

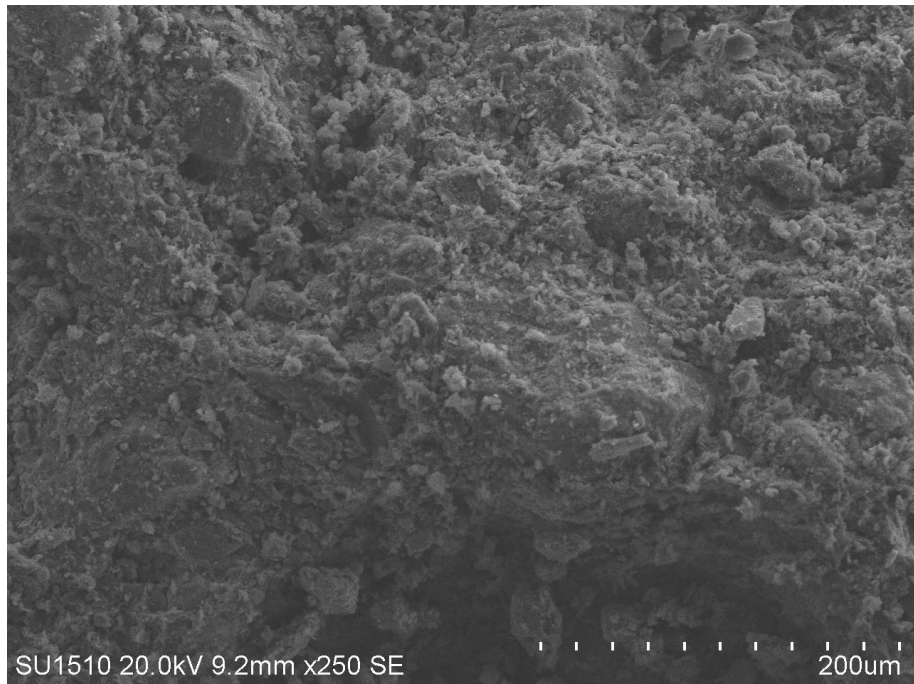


Şekil 60. HDE8 numunesinin 10.2 mm’lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

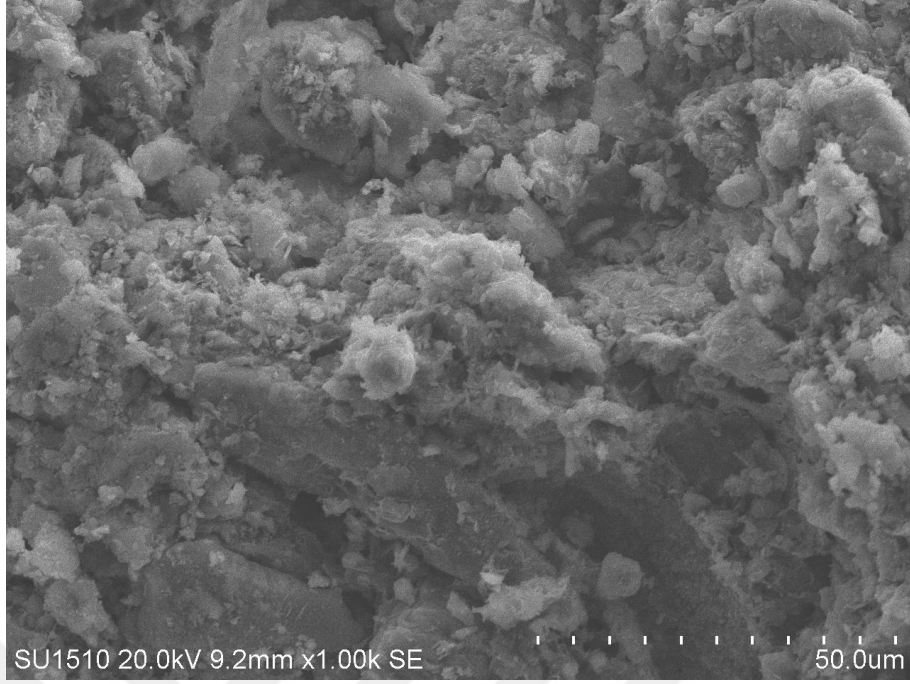
Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında kullanılan yeni duvar malzemesi olan ve HDY7 isimli numunenin taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi sonucu Şekil 61'de 100 kat büyütülmüş, Şekil 62'de 250 kat büyütülmüş, Şekil 63'de 1000 kat büyütülmüş, Şekil 64'te 5000 kat büyütülmüş SEM görüntülerine yer verilmiştir



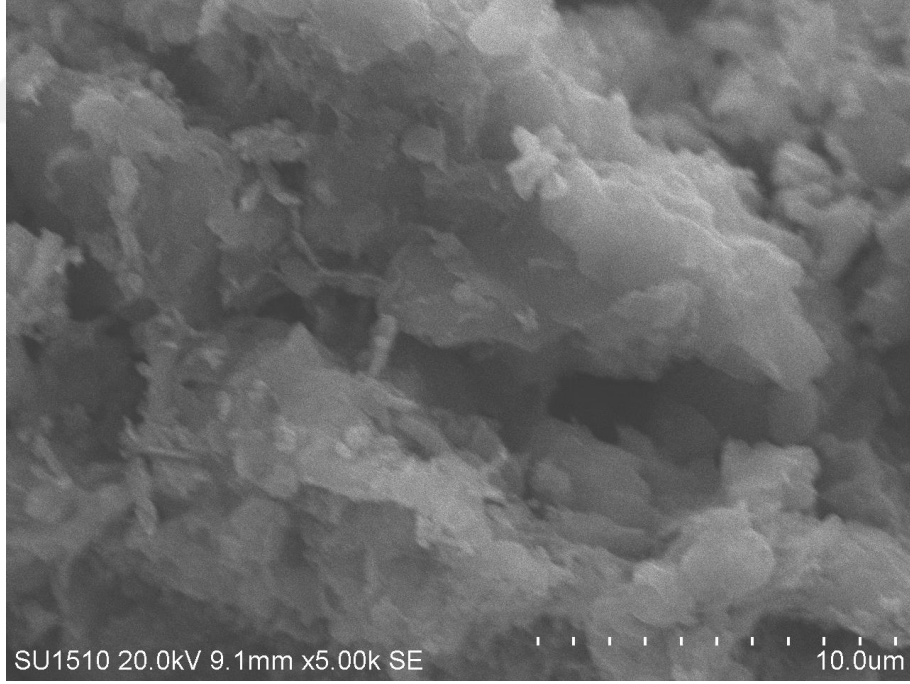
Şekil 61. HDY7 numunesinin 9,4 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 62. HDY7 numunesinin 9,2 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

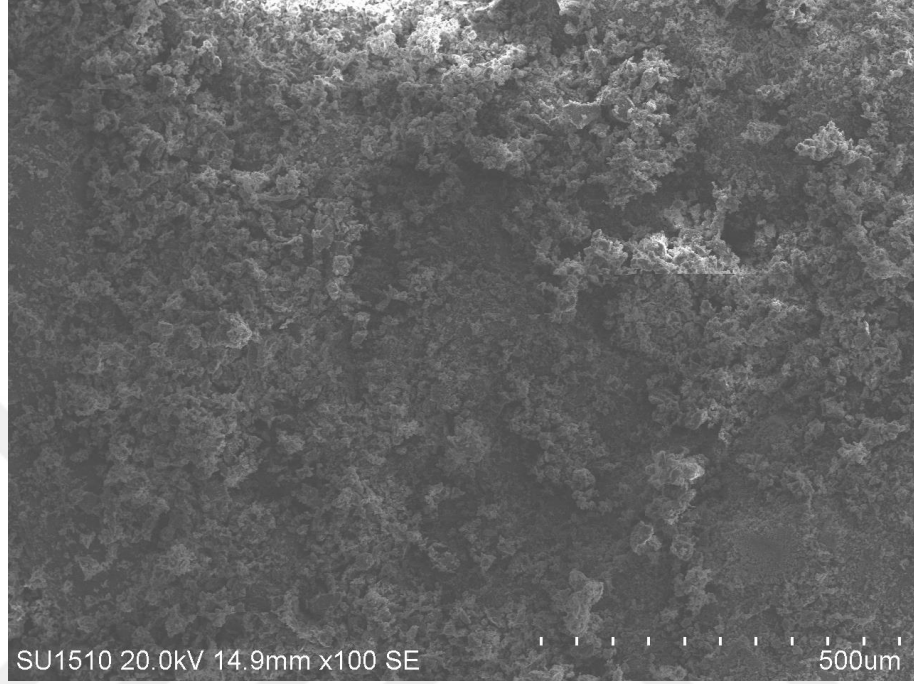


Şekil 63. HDY7 numunesinin 9,2 mm’lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

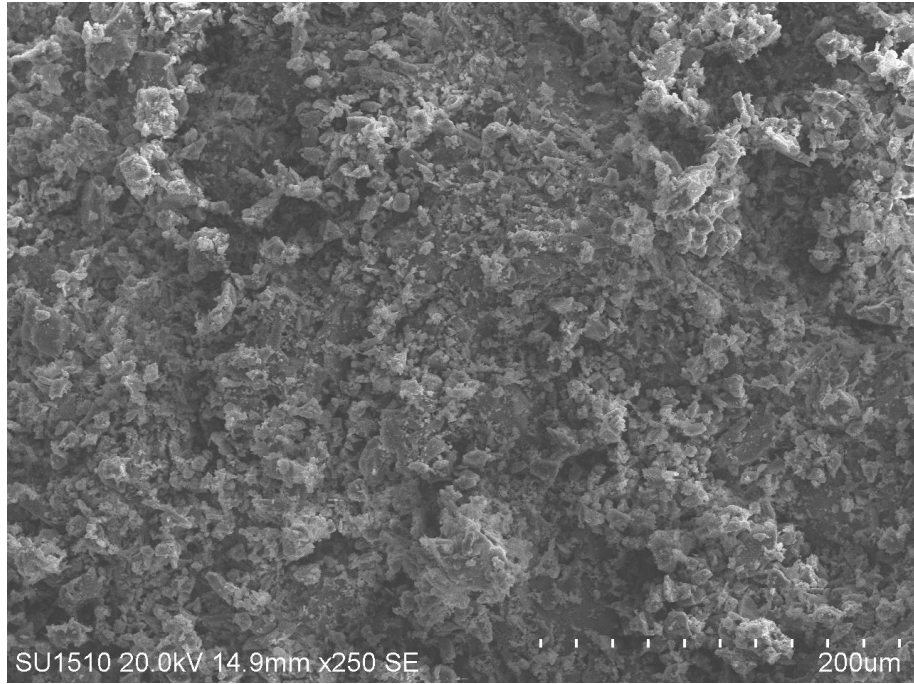


Şekil 64. HDY7 numunesinin 9,1 mm’lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

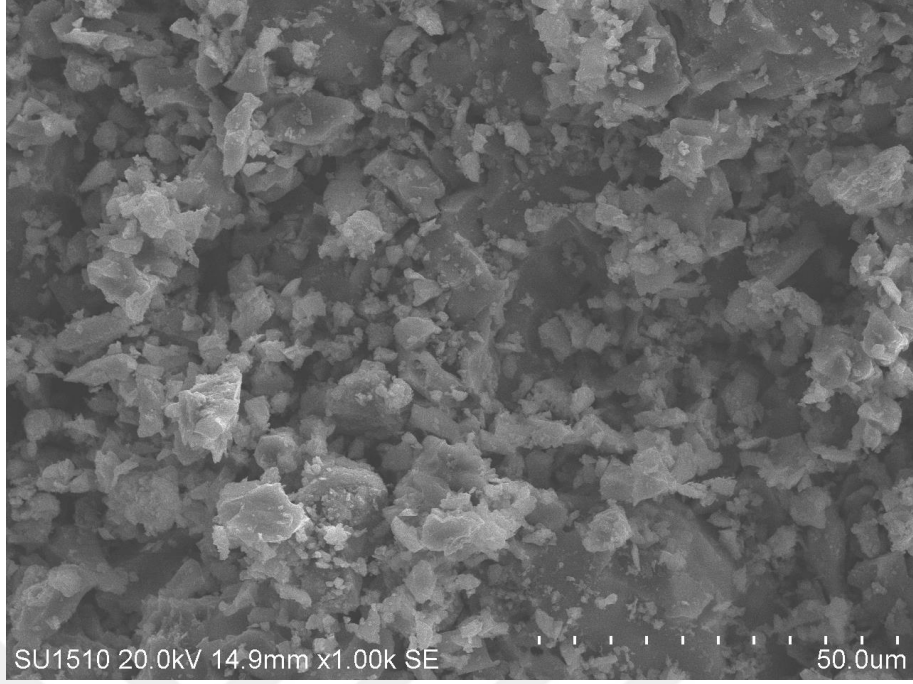
Hoca Hasan Camii'nin restorasyon öncesi mevcut duvar malzemesi olan ve HME6 olarak adlandırılan numunenin taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi sonucu Şekil 65'te 100 kat büyütülmüş, Şekil 66'da 250 kat büyütülmüş, Şekil 67'de 1000 kat büyütülmüş, Şekil 68'te 5000 kat büyütülmüş SEM görüntülerine yer verilmiştir.



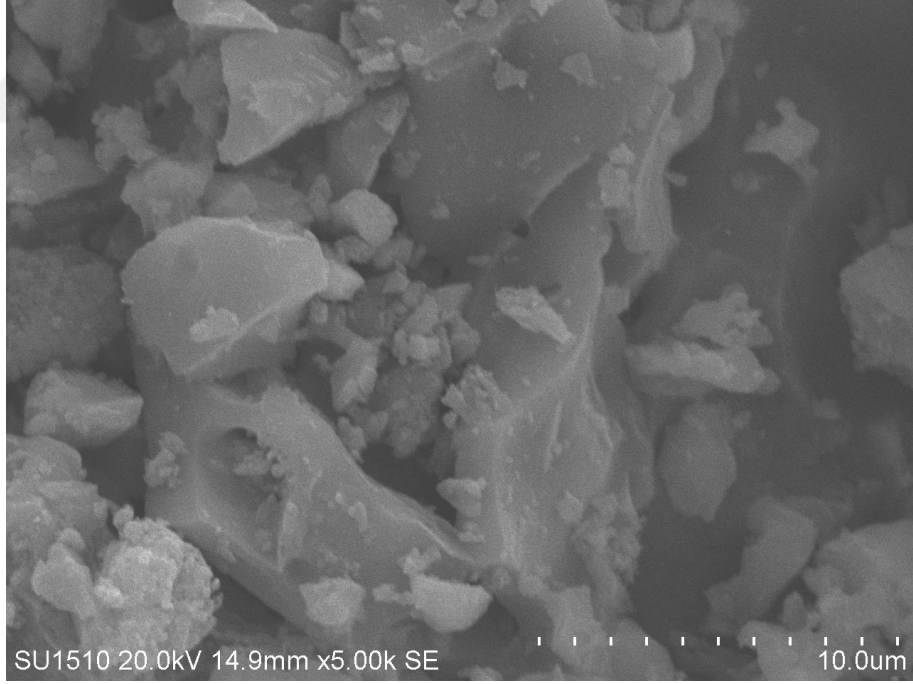
Şekil 65. HME6 numunesinin 14,9 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 66. HME6 numunesinin 14,9 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

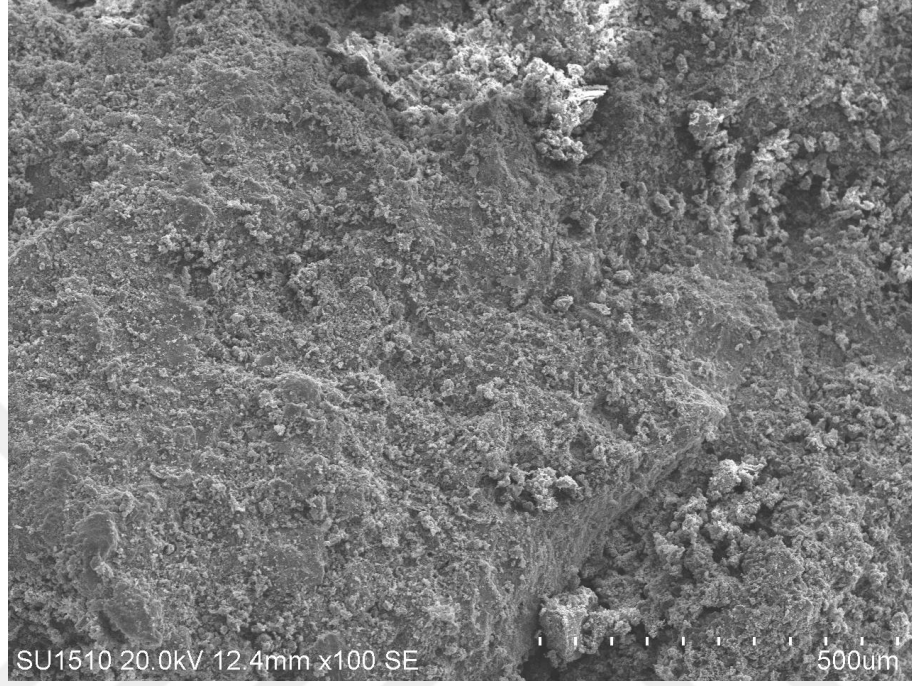


Şekil 67. HME6 numunesinin 14,9 mm’lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

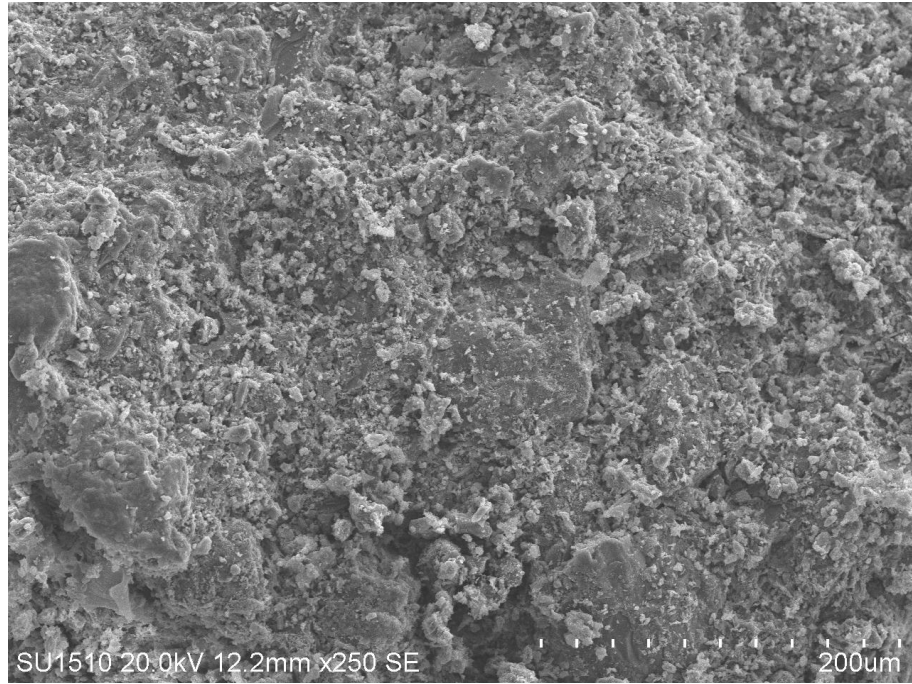


Şekil 68. HME6 numunesinin 14,9 mm’lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

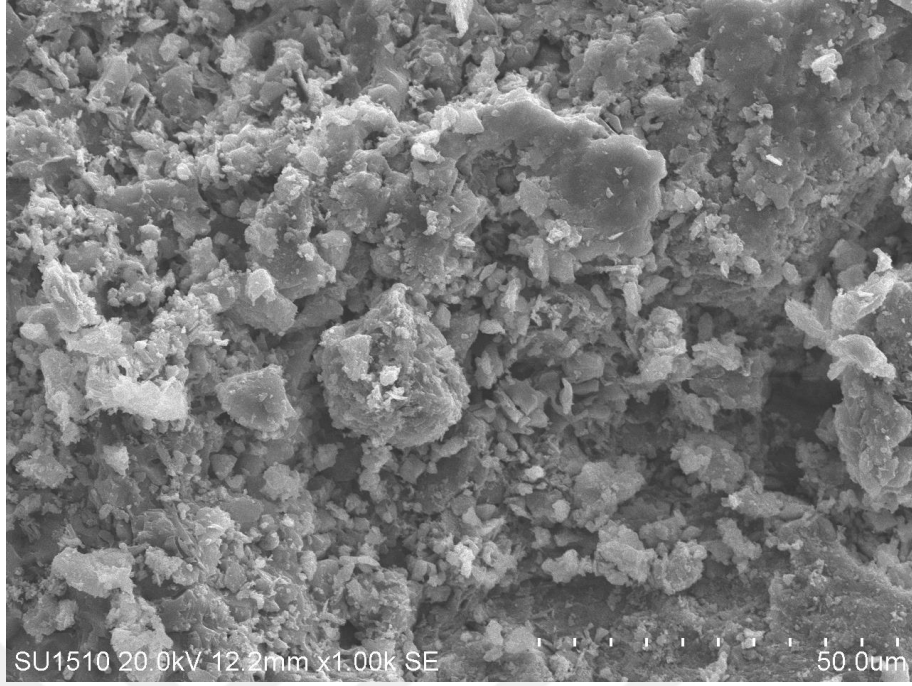
Hoca Hasan Camii'nin restorasyon çalışmaları sırasında yeni duvar malzemesi olan ve HMY5 isimli numunenin taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi sonucu Şekil 69'da 100 kat büyütülmüş, Şekil 70'te 250 kat büyütülmüş, Şekil 71'de 1000 kat büyütülmüş, Şekil 72'de 5000 kat büyütülmüş SEM görüntülerine yer verilmiştir.



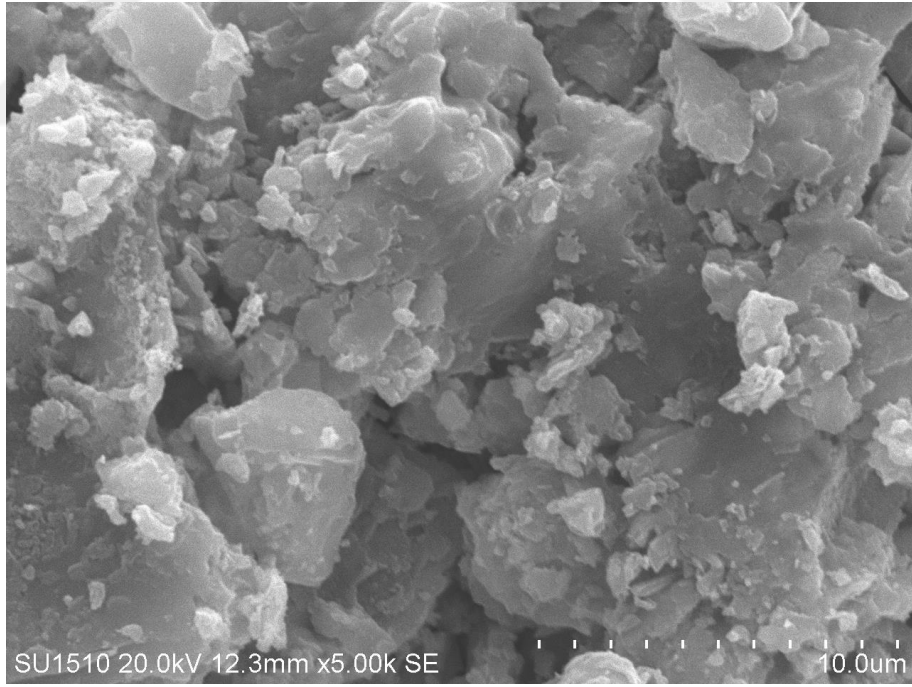
Şekil 69. : HMY5 numunesinin 12,4 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 70. HMY5 numunesinin 12,2 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

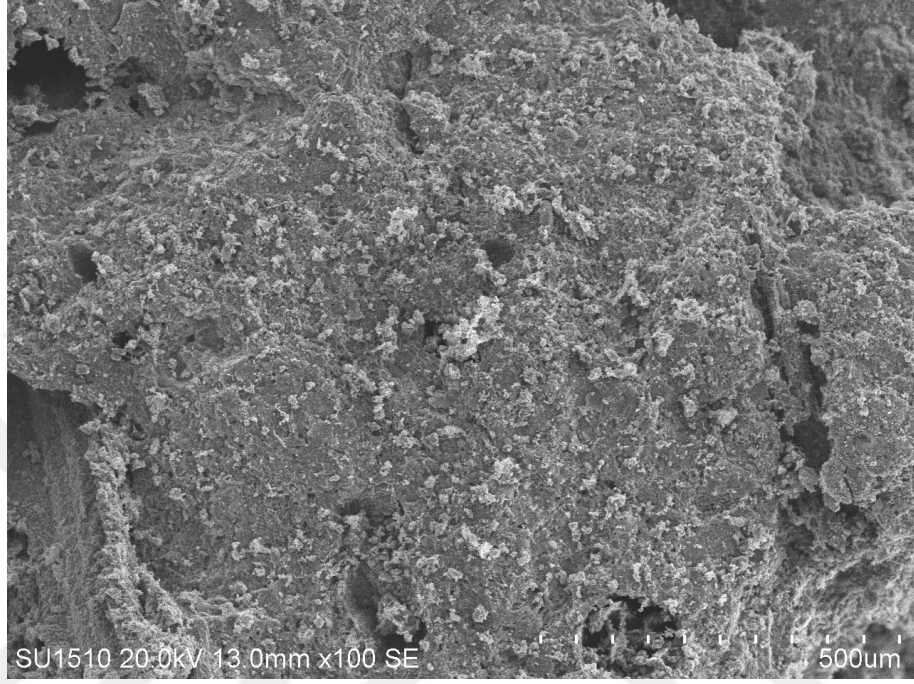


Şekil 71. HMY5 numunesinin 12,2 mm’lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

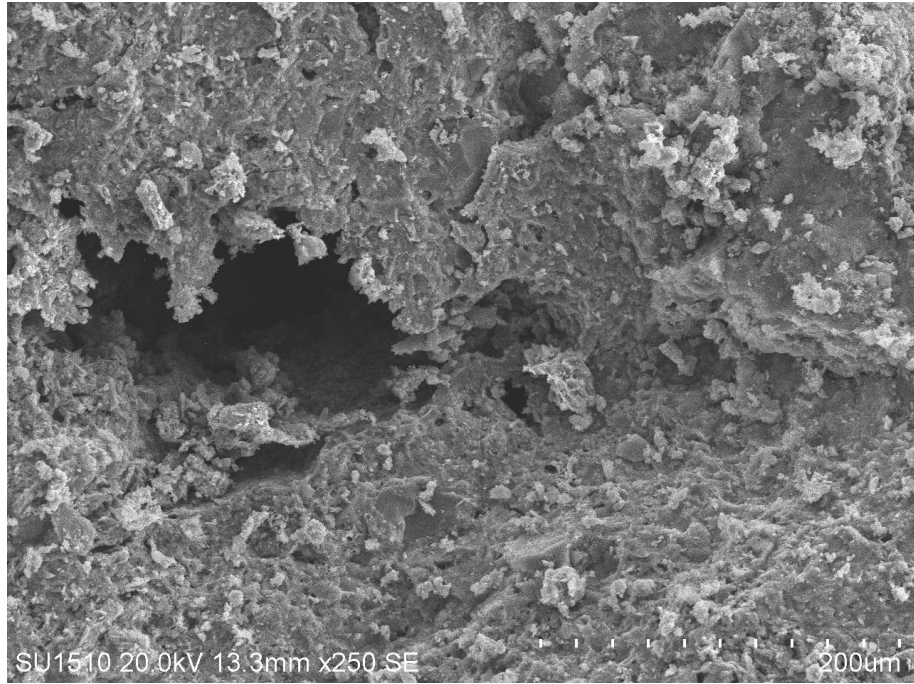


Şekil 72. HMY5 numunesinin 12,3 mm’lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

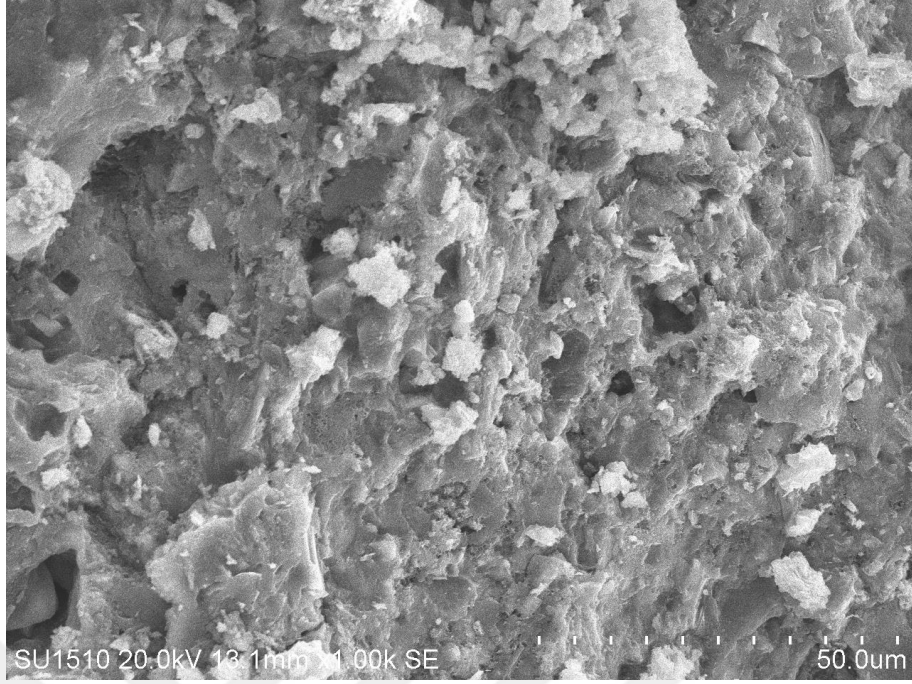
Şerafeddin Camii'nin restorasyon öncesi mevcut döşeme malzemelerinden olan ve ŞDE2 olarak isimlendirilen numunenin taramalı elektron mikroskobu ile elde edilen görüntüleri Şekil 73'te 100 kat büyütülmüş, Şekil 74'te 250 kat büyütülmüş, Şekil 75'te 1000 kat büyütülmüş, Şekil 76'da 5000 kat büyütülmüş olarak gösterilmiştir.



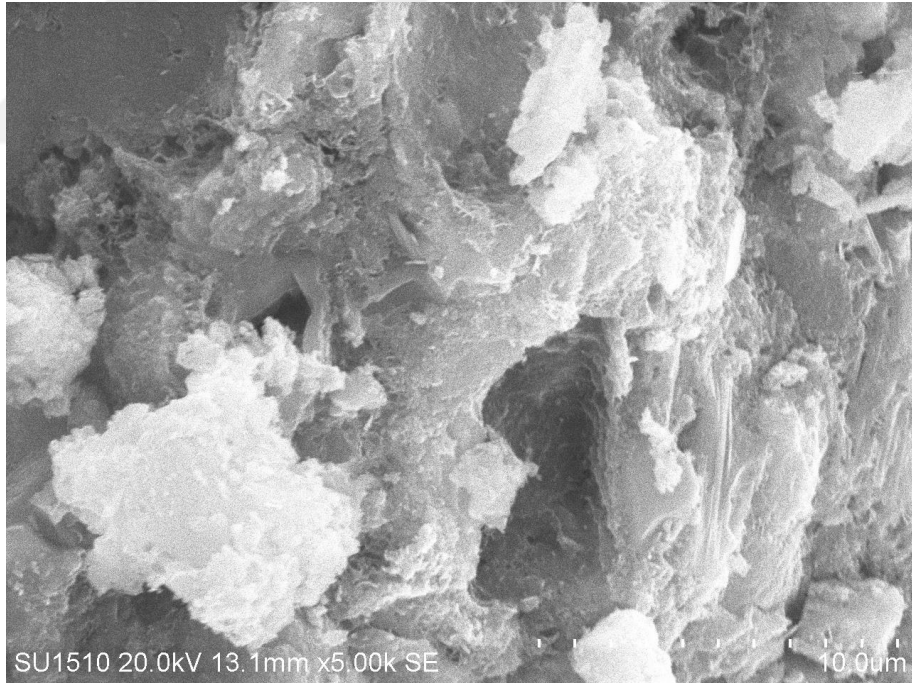
Şekil 73. ŞDE2 numunesinin 13,0 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 74. ŞDE2 numunesinin 13,3 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

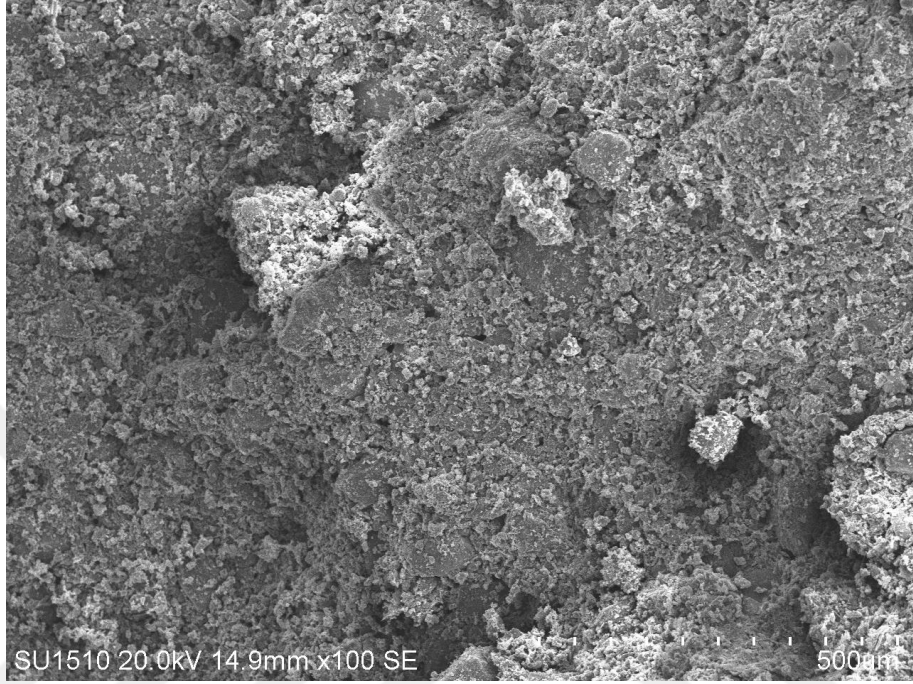


Şekil 75. ŞDE2 numunesinin 13,1 mm’lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

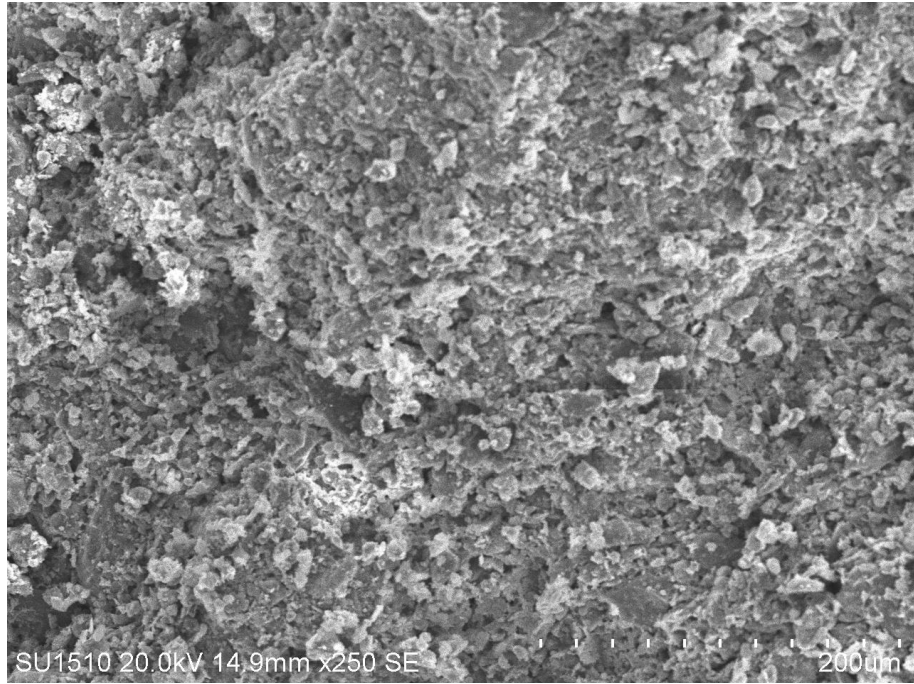


Şekil 76. ŞDE2 numunesinin 13,1 mm’lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

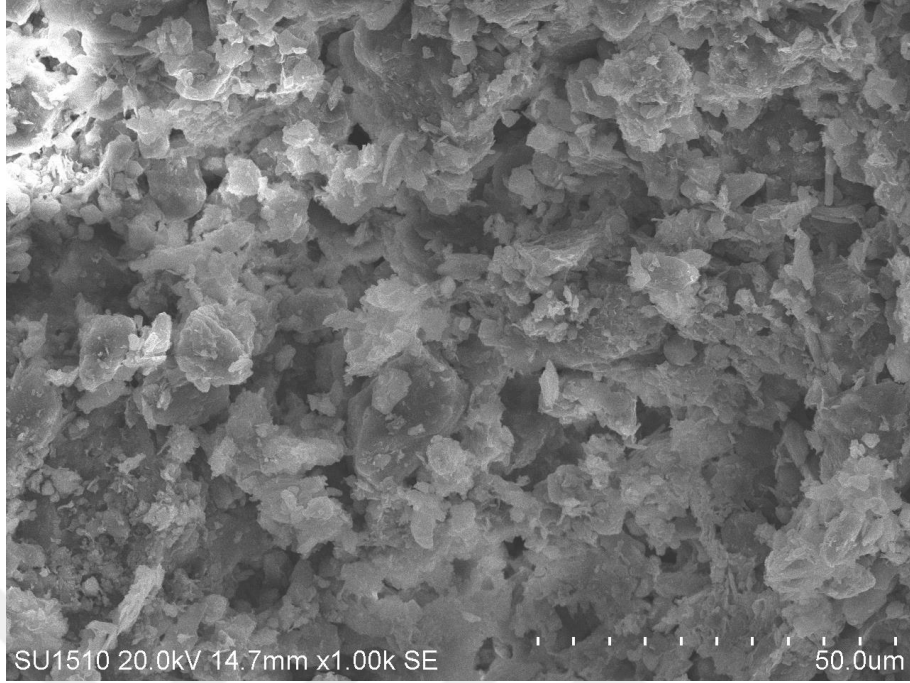
Şerafeddin Camii'nin restorasyon öncesi mevcut döşemesindeki bir diğer malzemelerinden ŞDE5 isimli numunenin taramalı elektron mikroskobu ile elde edilen görüntüleri Şekil 77'de 100 kat büyütülmüş, Şekil 78'de 250 kat büyütülmüş, Şekil 79'da 1000 kat büyütülmüş, Şekil 80'de 5000 kat büyütülmüş olarak gösterilmiştir.



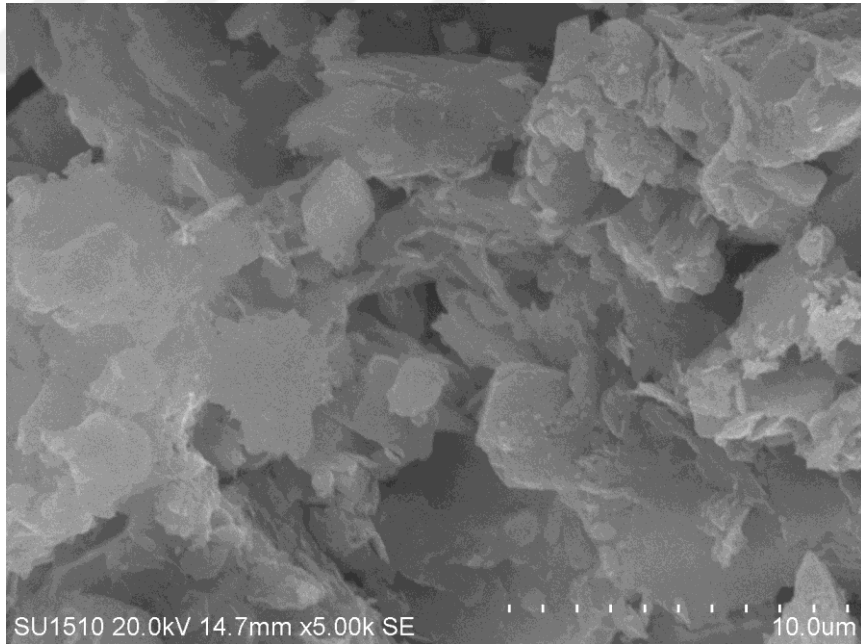
Şekil 77. ŞDE5 numunesinin 14,9 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 78. ŞDE5 numunesinin 14,9 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

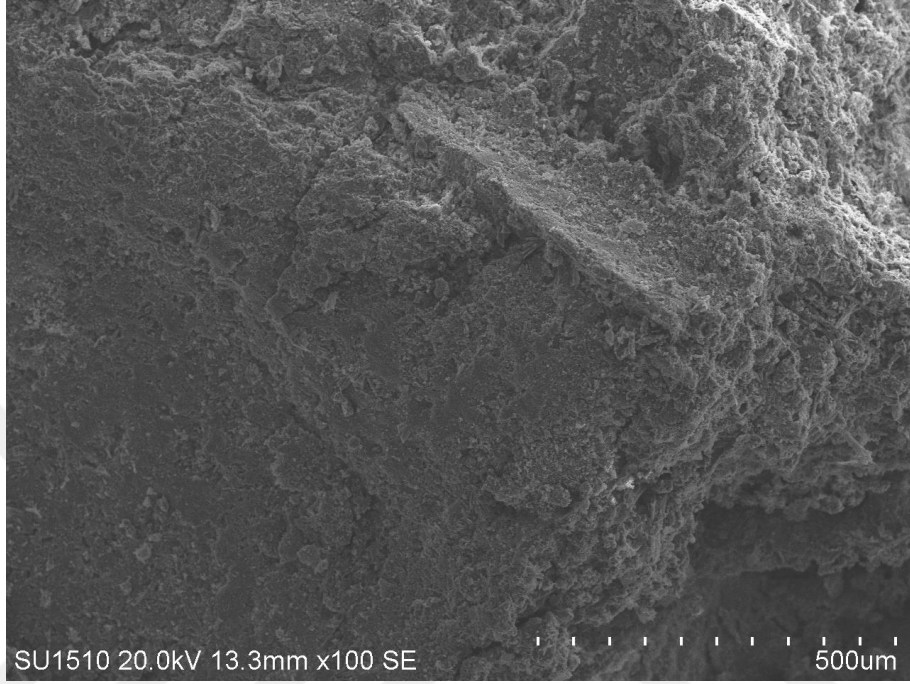


Şekil 79. ŞDE5 numunesinin 14,7 mm’lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

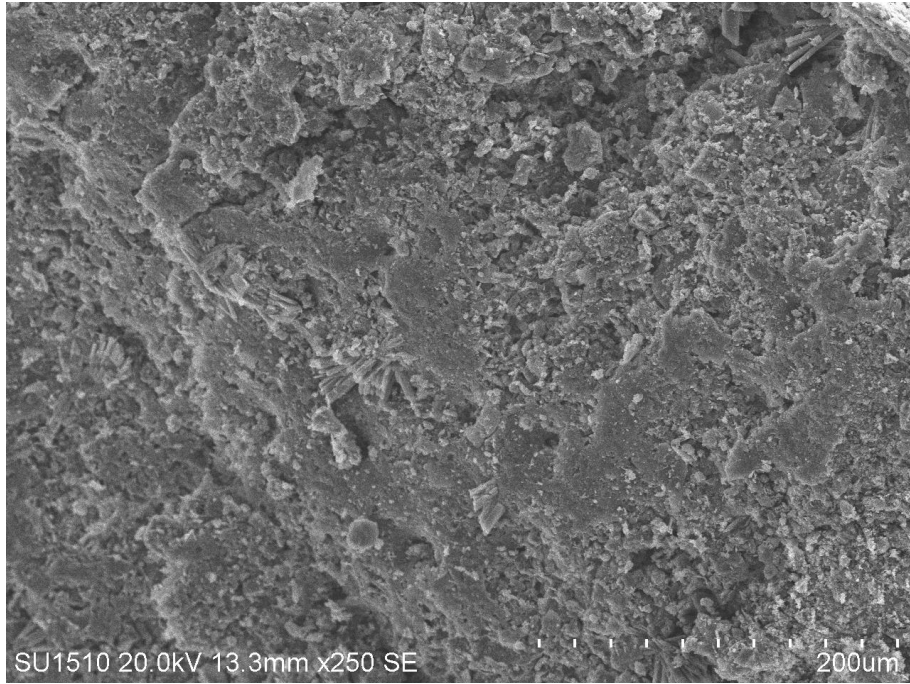


Şekil 80. ŞDE5 numunesinin 14,7 mm’lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

Şerafeddin Camii'nin restorasyon çalışmaları sırasında yeni döşeme malzemesi olan ve ŞDY1 olarak isimlendirilen numunenin taramalı elektron mikroskobu ile elde edilen görüntüleri Şekil 81'de 100 kat büyütülmüş, Şekil 82'de 250 kat büyütülmüş, Şekil 83'te 1000 kat büyütülmüş, Şekil 84'te 5000 kat büyütülmüş olarak gösterilmiştir.



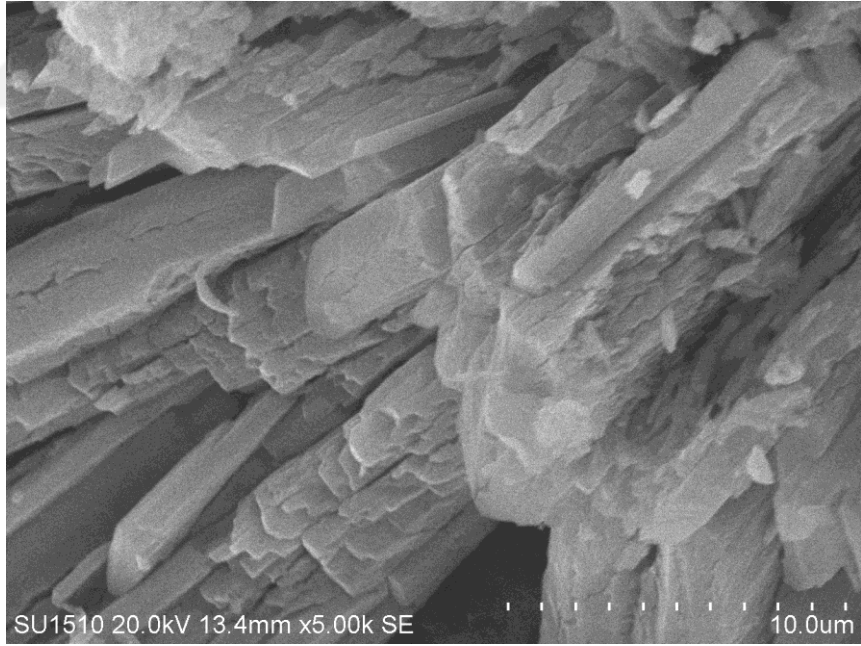
Şekil 81. ŞDY1 numunesinin 13,3 mm'lik 100 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 82. ŞDY1 numunesinin 13,3 mm'lik 250 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 83. ŞDY1 numunesinin 13,4 mm’lik 1000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



Şekil 84. ŞDY1 numunesinin 13,4 mm’lik 5000 kat büyütülmüş SEM görüntüsü

6.3.3.2. Yapı malzemelerinin elementel analizi (EDS)

EDS (Enerji Dağılımı X- Işını Spektroskopisi) malzemeyi oluşturan elementlerin analizi ile birlikte elementlerin malzeme içindeki dağılımı belirlenmektedir (Aktaş, 2019).

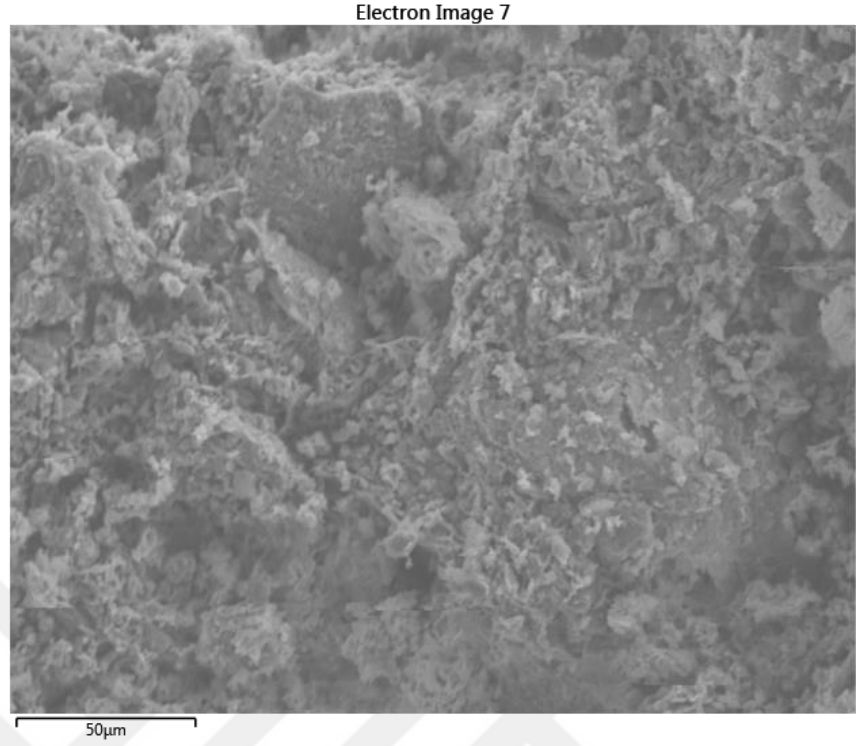
Öğütülmüş numunelerin kimyasal bileşimlerini belirlemek amacıyla yapılan EDS analizleri Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

EDS analizlerinde kaynaktan gönderilen X-ışınları numuneyi oluşturan atomlarla çarpışmakla birlikte bu çarpışma neticesinde incelenen numunelerin elementel analizleri elde edilmektedir. Doğada bulunan her bir elementin özel bir atomik yapısı bulunmaktadır. EDS ile uyarılan bu özel atomik yapılar X ışınları ile etkileşime girerek kendilerine özgü elektromanyetik emisyon spektrofisi göstermektedir. Elde edilen emisyon ışımlarının dedektörler aracılığı ile toplanması sonucu numunelerdeki elementlerin analizleri gerçekleştirilmektedir (NcMullan, Scanning Electron Microscopy, 1928-1965).

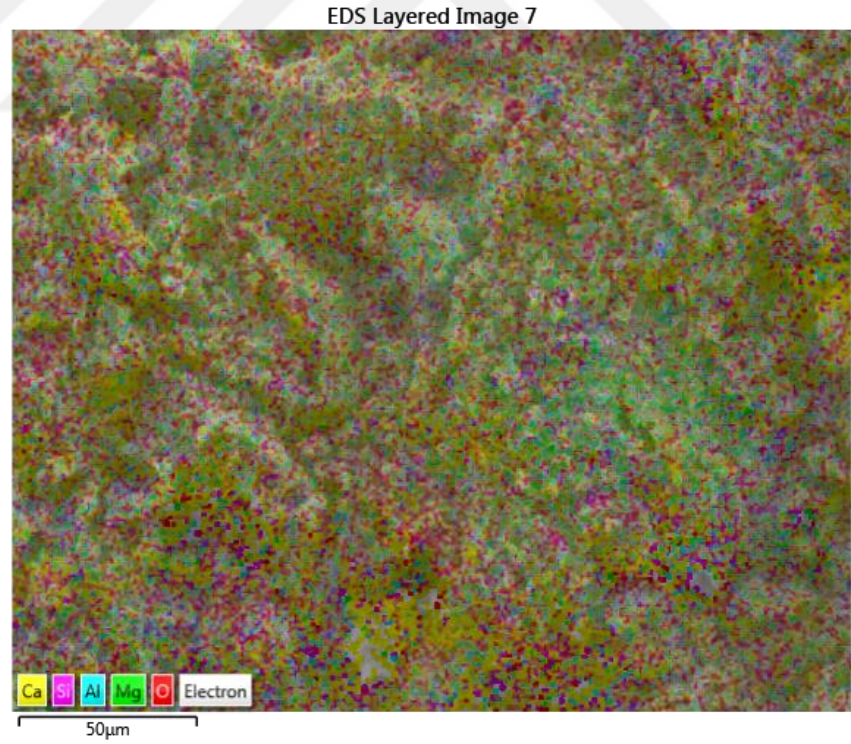
Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarının farklı yerlerinde kullanılmış olan eski tuğla malzemeleri ile restorasyon sırasında kullanılan yeni tuğla malzemelerinin SEM görüntülerinin alınmasının ardından EDS analizleri yapılmıştır (Akar Noei, 2018).

Analizler doğrultusunda SEM ve EDS görüntülerine yer verilmiştir. EDS görüntülerinde malzemelerin yapısında bulunun; kalsiyum, potasyum, alüminyum, sodyum, silisyum, titanyum, magnezyum, oksijen, demir elementleri farklı renklerde gösterilmektedir. Bütün elementler aynı zamanda ayrı ayrı görüntüler şeklinde detaylıca bulunmaktadır.

Yapı malzemelerinin elementel analizi (EDS) gerçekleştirilerek Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarının restorasyon öncesi eski tuğla malzemeleri ile restorasyonda kullanılan yeni tuğla malzemelerinin içerdikleri elementler yüzdeleri ile birlikte belirlenmiştir.



Şekil 85. HDE8 numunesinin SEM görüntüsü

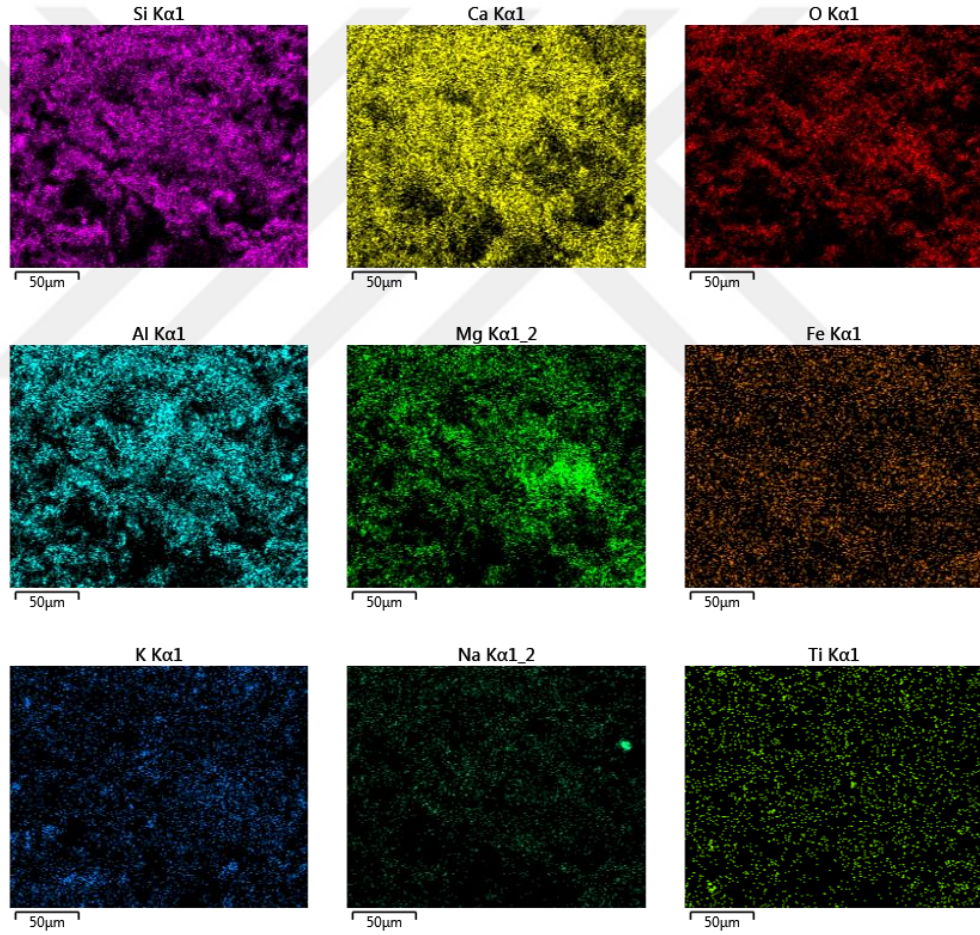


Şekil 86. HDE8 numunesinin EDS görüntüsü

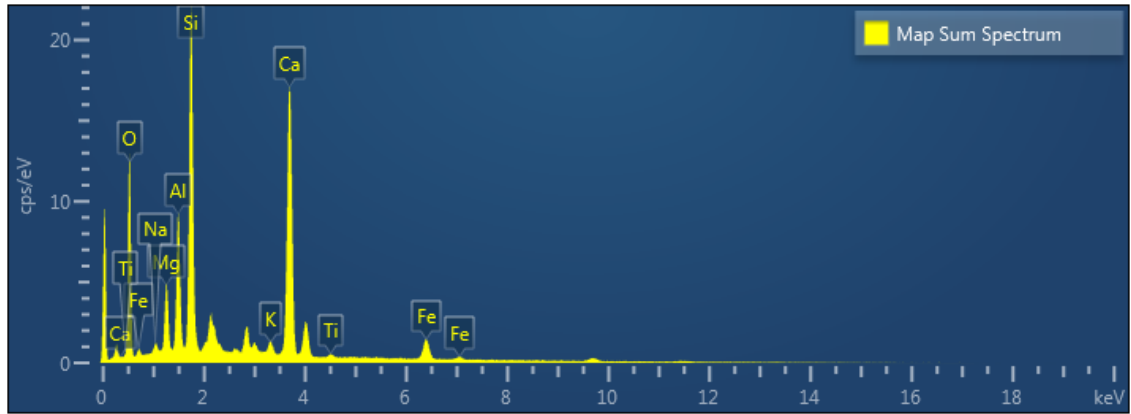
Şekil 85'te Hoca Hasan Camii'nin HDE8 olarak isimlendirilen ve tarihi yapının restorasyon öncesi duvarda kullanılan tuğla numunesinin SEM görüntüsü ile Şekil 86'da aynı numunenin EDS görüntüsü verilmiştir

HDE8 numunesine ait EDS görüntüsünde; sarı noktalar kalsiyum, mor noktalar silisyum, turkuaz noktalar alüminyum, yeşilin koyu tonu noktalar magnezyum ve kırmızı noktalar oksijen elementlerinin bulundukları kısımlardır (Şekil 87).

HDE8 numunesinin içerdği dokuz farklı elementin detaylı görüntüleri Şekil 87'de verilmiştir.



Şekil 87. HDE8 numunesinin içerdği tüm elementlerin detaylı görüntüsü



Şekil 88. HDE8 numunesinin EDS diyagramı

Şekil 88’de gösterilen diyagrama göre Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu öncesinde duvarında kullanılan eski tuğla malzemelerinden olan ve HDE8 olarak adlandırılan tuğla numunesinin içeriğinde yüksek miktarda oksijen ve silisyum elementleri, düşük miktarda ise titanyum ve potasyum elementleri bulunmaktadır.

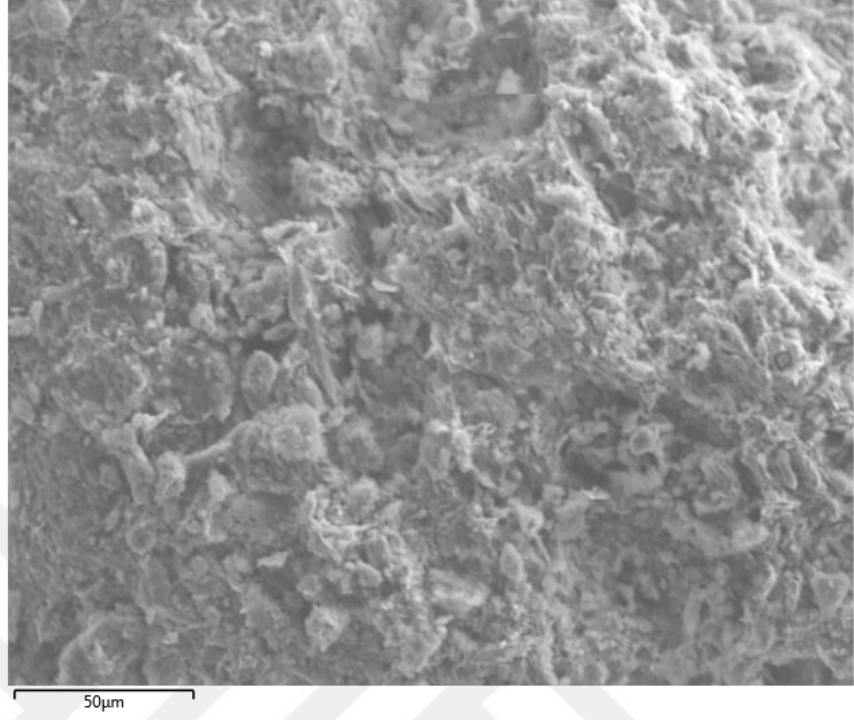
Tablo 12. HDE8 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri

Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	53,80	0,25	70,38
Mg	3,50	0,06	3,01
Al	5,92	0,07	4,59
Si	13,78	0,10	10,27
Ca	17,65	0,12	9,22
Fe	3,55	0,08	1,33
Na	0,71	0,06	0,65
K	0,78	0,03	0,42
Ti	0,31	0,04	0,14
Total	100,00		100,00

Tablo 12’de HDE8 numunesinin elementel analiz sonuçlarına göre % 70,38 oranında oksijen elementi, % 10,27 oranında silisyum elementi, % 9,22 oranında kalsiyum elementi, % 4,59 oranında alüminyum elementi, % 3,01 oranında magnezyum elementi, % 1,33 oranında demir elementi, % 0,65 oranında sodyum elementi, % 0,42 oranında potasyum elementi, % 0,14 oranında titanyum elementi içerdiği tespit edilmiştir.

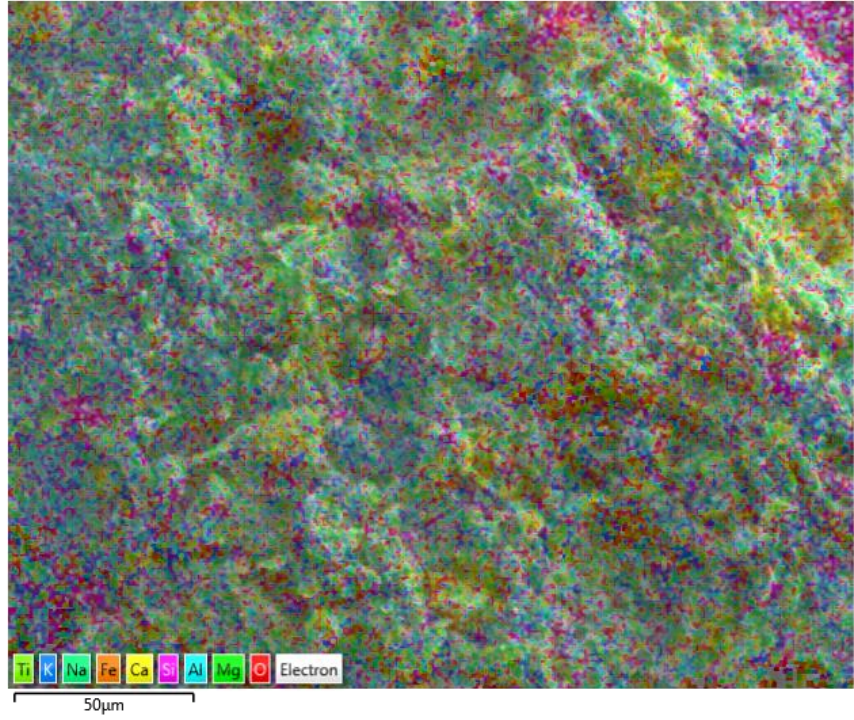
Şekil 89’da Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu sırasında duvarda kullanılan ve HDY7 olarak isimlendirilen tuğla numunesinin SEM görüntüsü ile Şekli 90’da aynı numunenin EDS görüntüsü verilmiştir.

Electron Image 6



Şekil 89. HDY7 numunesinin SEM görüntüsü

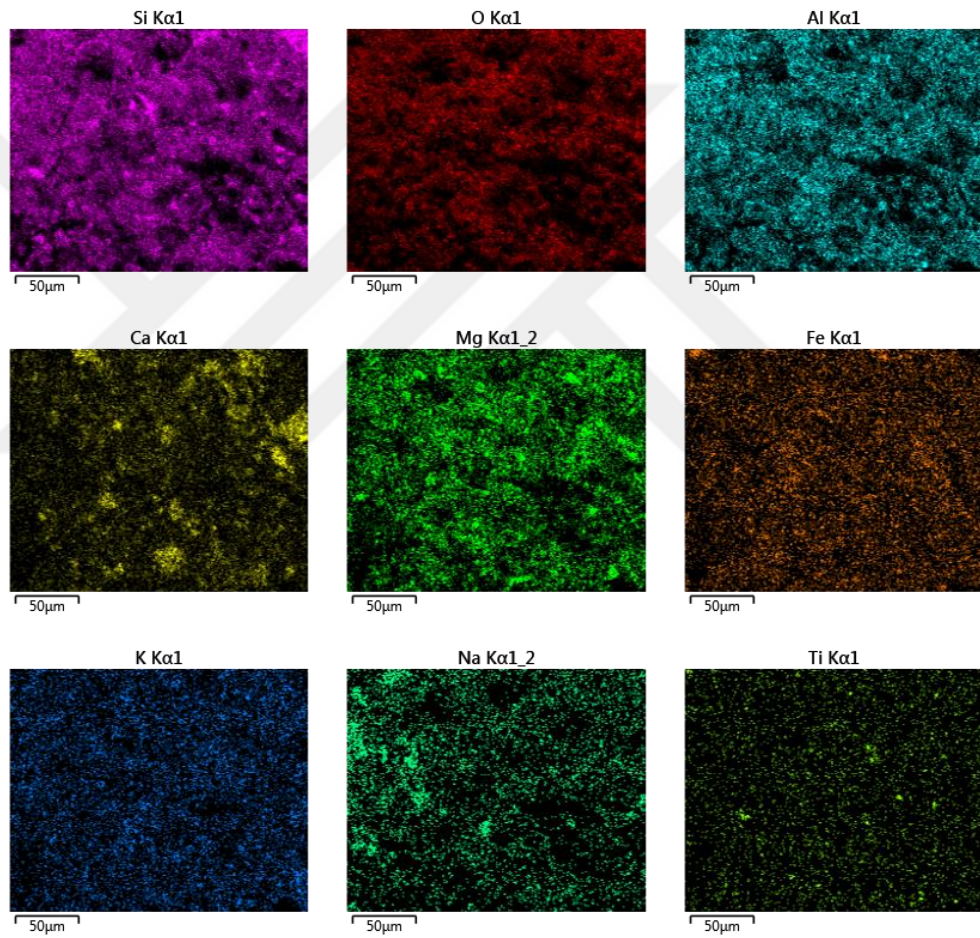
EDS Layered Image 6



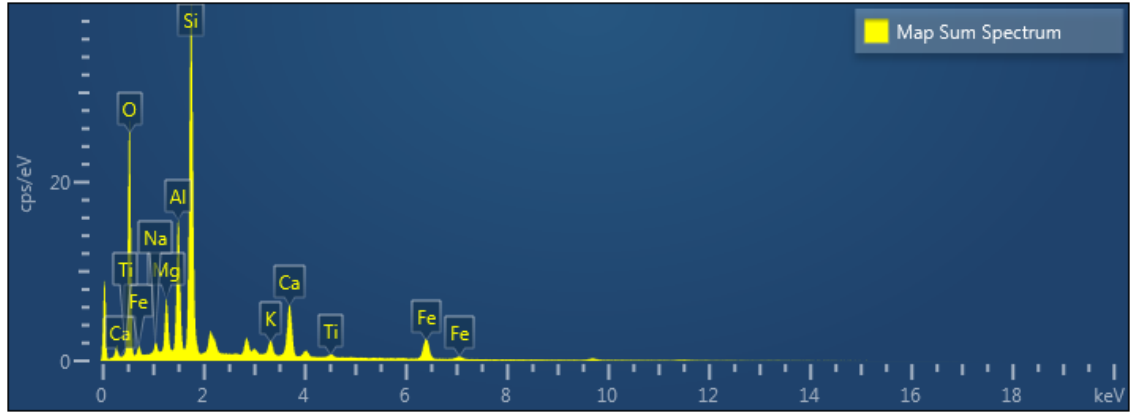
Şekil 90. HDY7 numunesinin EDS görüntüsü

HDY7 numunesine ait EDS görüntüsünde; yeşil noktalar titanyum, mavi noktalar potasyum, yeşilin açık tonu noktalar sodyum, turuncu noktalar demir, sarı noktalar kalsiyum, mor noktalar silisyum, turkuaz noktalar alüminyum, yeşilin koyu tonu noktalar magnezyum ve kırmızı noktalar oksijen elementlerinin bulundukları kısımlardır (Şekil 91).

HDY7 numunesinin içerdiği dokuz farklı elementin detaylı görüntüleri Şekil 91’de verilmiştir.



Şekil 91. HDY7 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü



Şekil 92. HDY7 numunesinin EDS diyagramı

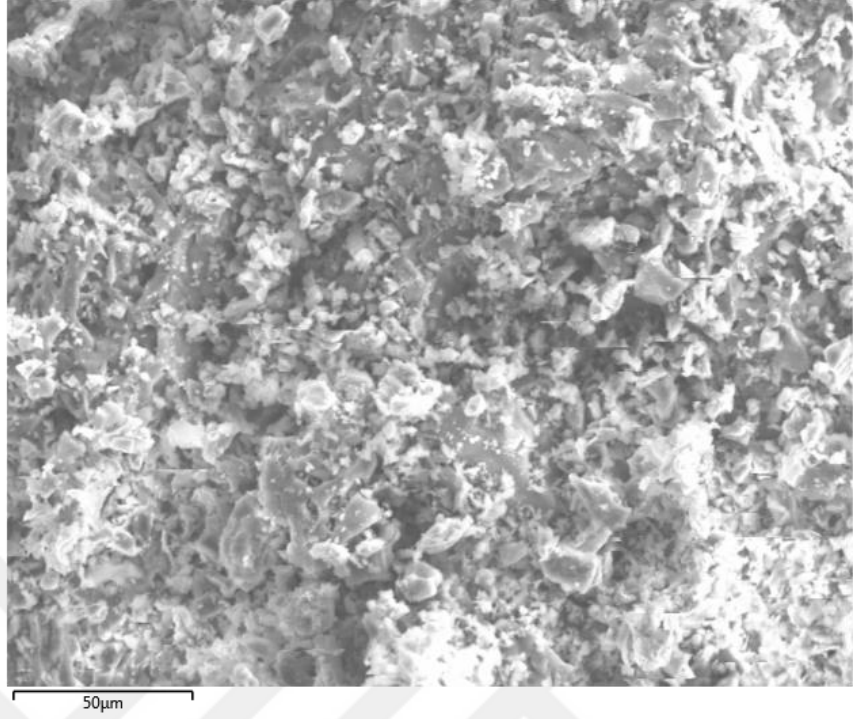
Şekil 92’de verilen diyagrama göre Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu sırasında duvarında kullanılan yeni tuğla malzemelerinden olan ve HDY7 olarak adlandırılan tuğla numunesinin içeriğinde yüksek miktarda oksijen ve silisyum elementleri, düşük miktarda ise titanyum ve potasyum elementleri bulunmaktadır.

Tablo 13. HDY7 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri

Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	56,96	0,18	71,55
Mg	3,62	0,05	2,99
Si	19,15	0,10	13,71
Ca	4,74	0,05	2,38
Fe	4,97	0,07	1,79
Ti	0,39	0,03	0,16
Al	7,82	0,06	5,82
K	1,27	0,03	0,65
Na	1,08	0,05	0,94
Total	100,00		100,00

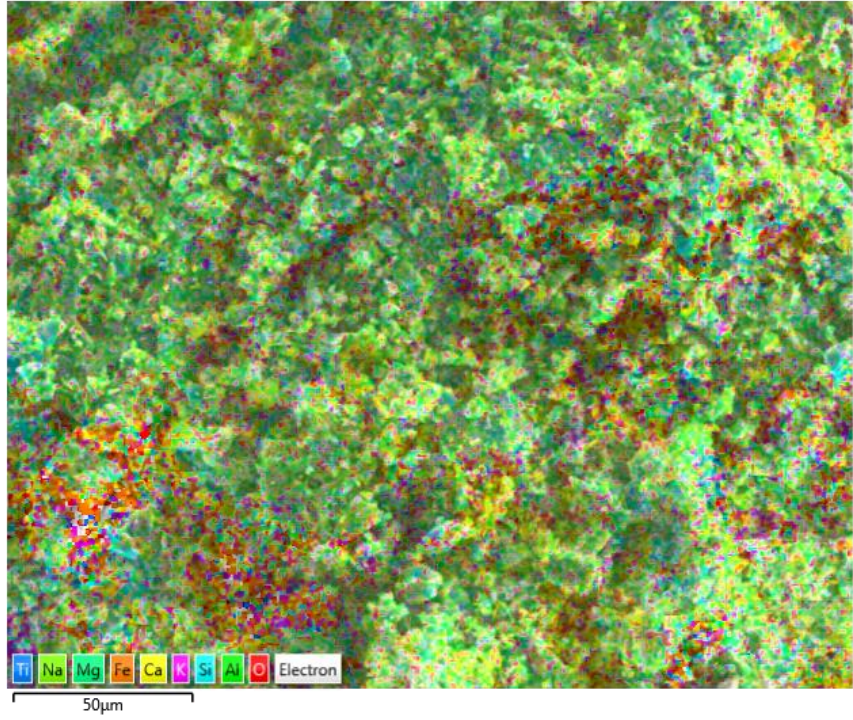
Tablo 13’te HDY7 numunesinin elementel analiz sonuçlarına göre % 71,55 oranında oksijen elementi, % 13,71 oranında silisyum elementi, % 5,82 oranında alüminyum elementi, % 2,99 oranında magnezyum elementi, % 2,38 oranında kalsiyum elementi, % 1,79 oranında demir elementi, % 0,94 oranında sodyum elementi,% 0,65 oranında potasyum elementi, % 0,16 oranında titanyum elementi içerdiği tespit edilmiştir.

Electron Image 1



Şekil 93. HME6 numunesinin SEM görüntüsü

EDS Layered Image 1

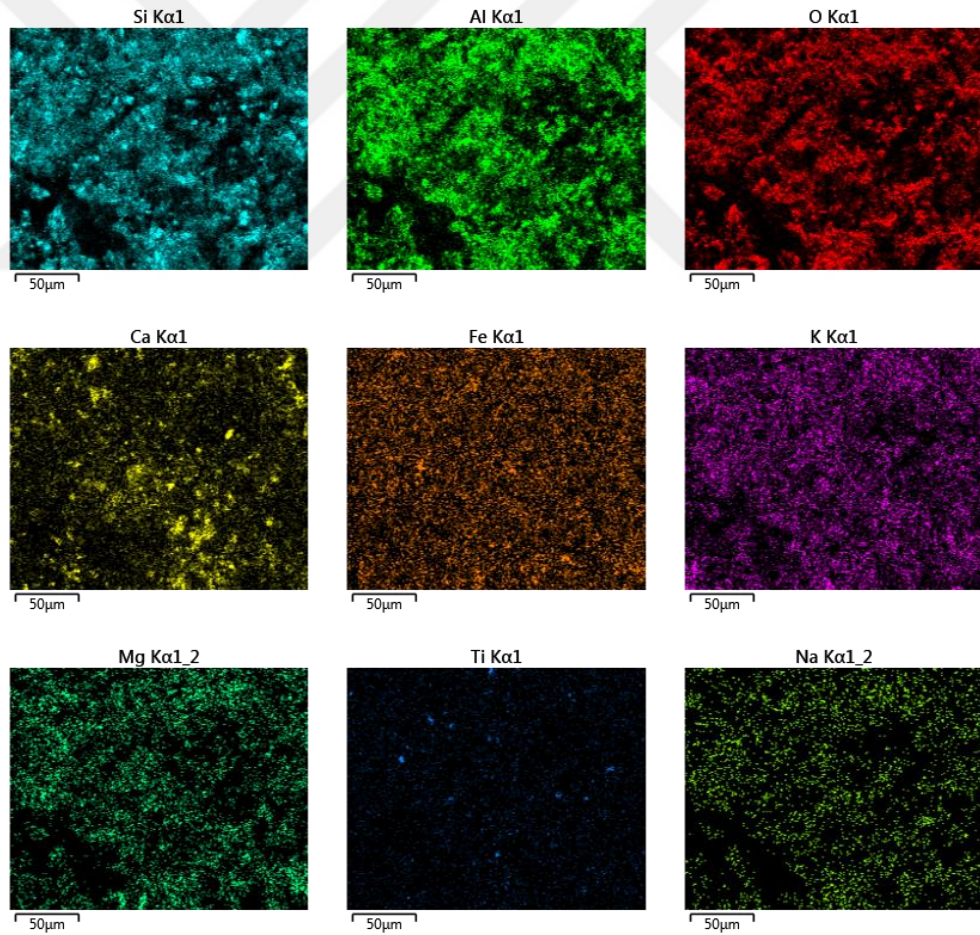


Şekil 94. HME6 numunesinin EDS görüntüsü

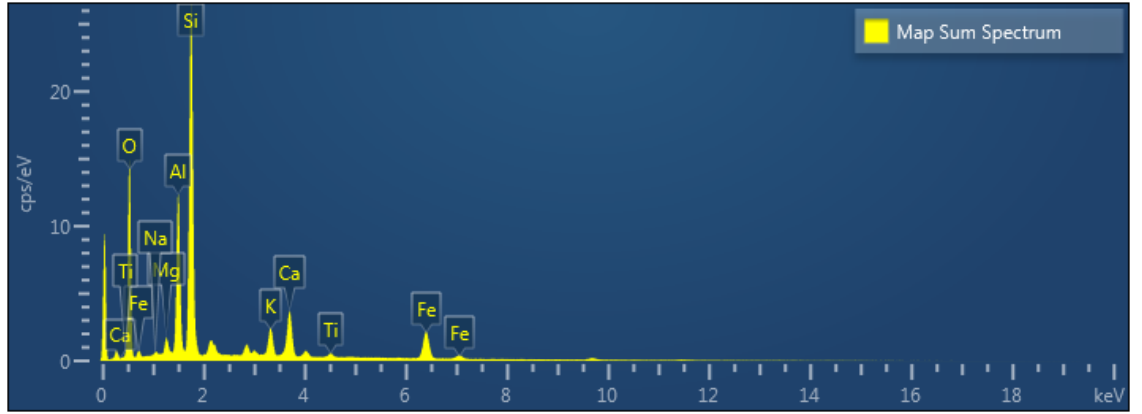
Şekil 93'te Hoca Hasan Camii'nin HME6 olarak isimlendirilen ve restorasyon öncesi tarihi yapının minaresinde kullanılan eski tuğla numunesinin SEM görüntüsü ile Şekil 94'te aynı tuğla numunesinin EDS görüntüsü verilmiştir.

HME6 numunesine ait EDS görüntüsünde; mavi noktalar titanyum, yeşil noktalar sodyum, yeşilin açık tonu noktalar magnezyum, turuncu noktalar demir, sarı noktalar kalsiyum, mor noktalar potasyum, turkuaz noktalar silisyum, yeşilin koyu tonu noktalar alüminyum ve kırmızı noktalar oksijen elementlerinin bulundukları kısımlardır (Şekil 95).

HME6 numunesinin içerdiği dokuz farklı elementin detaylı görüntüleri Şekil 95'te verilmiştir.



Şekil 95. HME6 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü



Şekil 96. HME6 numunesinin EDS diyagramı

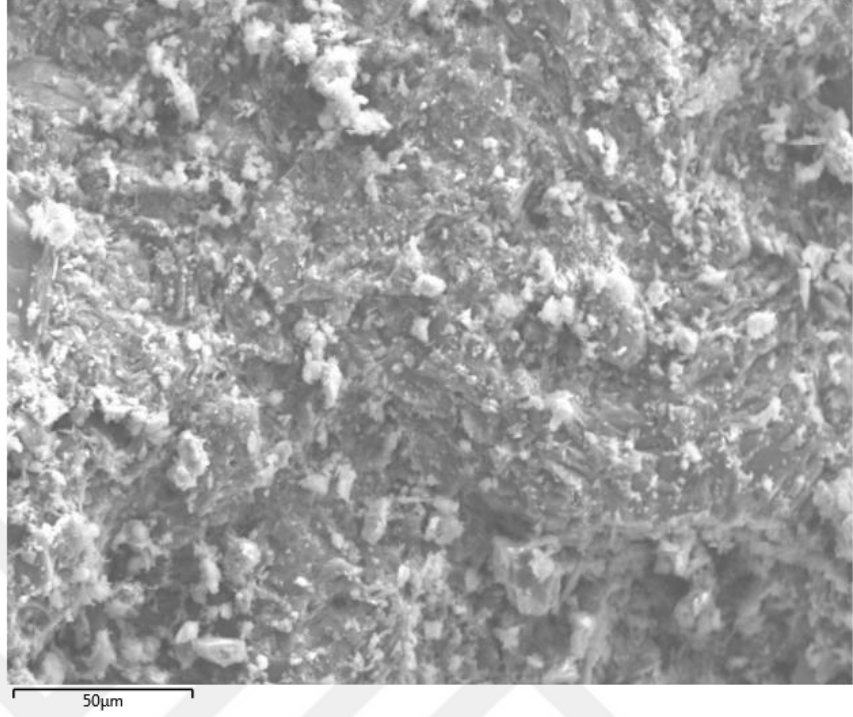
Şekil 96’da verilen diyagrama göre Hoca Hasan Camii’nin restorasyon öncesinde minaresinde kullanılan eski tuğla malzemelerinden olan ve HME6 olarak adlandırılan tuğla numunesinin içeriğinde yüksek miktarda oksijen ve silisyum elementleri, düşük miktarda ise titanyum ve sodyum elementleri bulunmaktadır.

Tablo 14. HME6 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri

Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	54,02	0,19	69,83
Mg	1,17	0,04	0,99
Si	20,55	0,10	15,13
Ca	4,38	0,05	2,26
Fe	6,91	0,09	2,56
Ti	0,50	0,03	0,21
Al	9,62	0,07	7,37
K	2,51	0,04	1,33
Na	0,35	0,04	0,32
Total	100,00		100,00

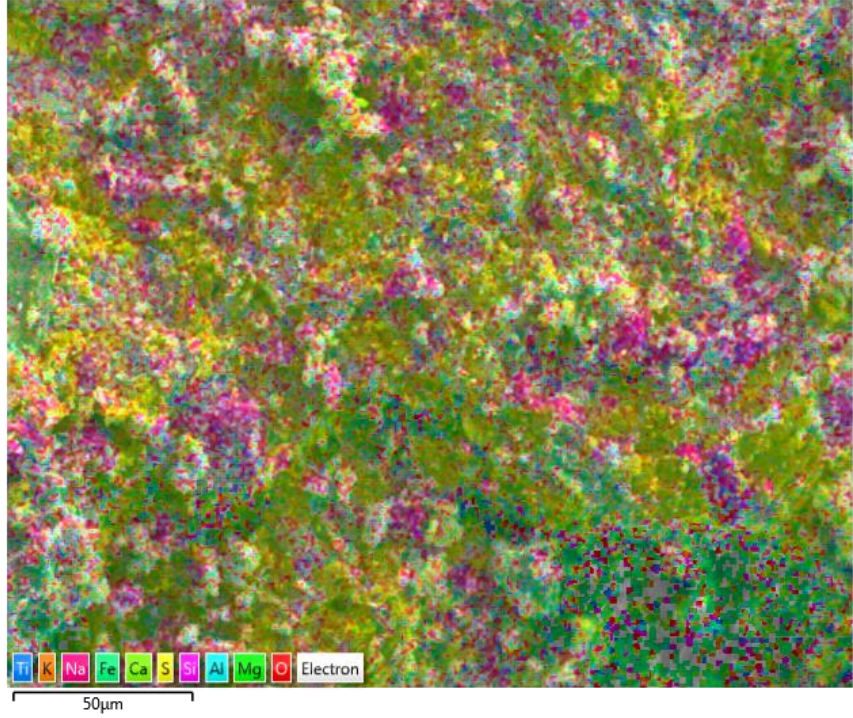
Tablo 14’te HME6 numunesinin elementel analiz sonuçlarına göre % 69,83 oranında oksijen elementi, % 15,13 oranında silisyum elementi, % 7,37 oranında alüminyum elementi, % 2,56 oranında demir elementi, % 2,26 oranında kalsiyum elementi, % 1,33 oranında potasyum elementi, % 0,99 oranında magnezyum elementi, % 0,32 oranında sodyum elementi ve % 0,21 oranında titanyum elementi içerdiği tespit edilmiştir.

Electron Image 5



Şekil 97. HMY5 numunesinin SEM görüntüsü

EDS Layered Image 5

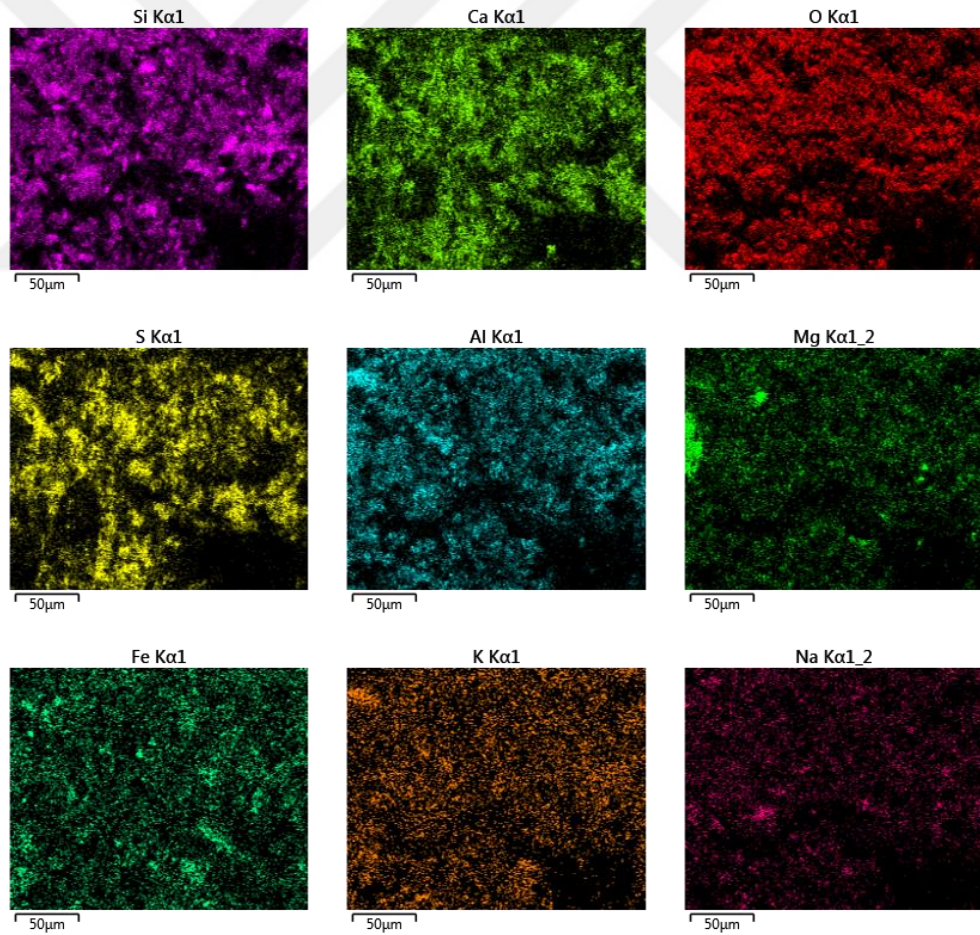


Şekil 98. HMY5 numunesinin EDS görüntüsü

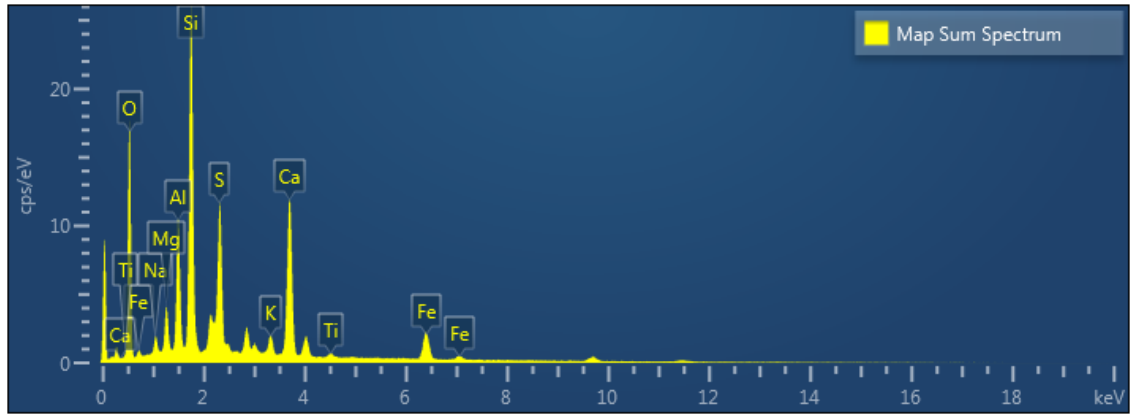
Şekil 97’de Hoca Hasan Camii’nin HMY5 olarak isimlendirilen ve restorasyon sırasında tarihi yapının minaresinde kullanılan tuğla numunesinin SEM görüntüsü ile Şekil 98’de bu numunenin EDS görüntüsü verilmiştir.

HMY5 numunesine ait EDS görüntüsünde; turuncu noktalar potasyum, pembe noktalar sodyum, yeşilin açık tonu noktalar demir, yeşil noktalar kalsiyum, sarı noktalar kükürt, mor noktalar silisyum, turkuaz noktalar alüminyum, yeşilin koyu tonu noktalar magnezyum ve kırmızı noktalar oksijen elementlerinin bulundukları kısımlardır (Şekil 99).

HMY5 numunesinin içerdiği dokuz farklı elementin detaylı görüntüleri Şekil 99’da verilmiştir.



Şekil 99. HMY5 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü



Şekil 100. HMY5 numunesinin EDS diyagramı

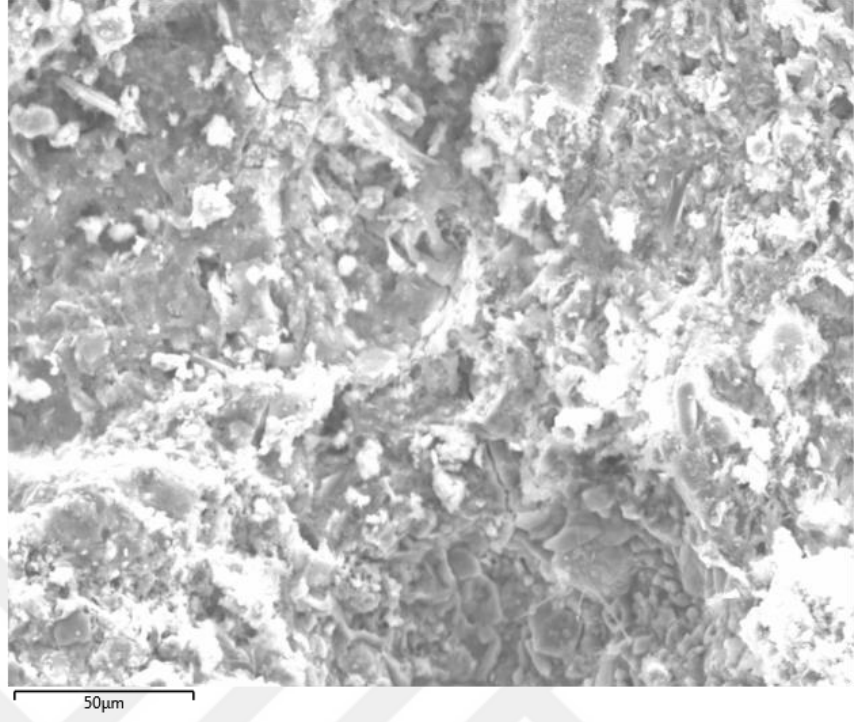
Şekil 100’de verilen diyagrama göre Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu sırasında minaresinde kullanılan yeni tuğla malzemelerinden olan ve HMY5 olarak adlandırılan numunesinin içeriğinde yüksek miktarda oksijen ve silisyum elementleri, düşük miktarda ise titanyum ve potasyum elementleri bulunmaktadır.

Tablo 15. HMY5 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri

Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	53,75	0,20	70,09
Na	1,29	0,05	1,17
Mg	2,25	0,04	1,93
Al	5,51	0,05	4,26
Si	13,20	0,08	9,81
S	7,40	0,07	4,82
K	1,19	0,03	0,63
Ca	10,32	0,07	5,37
Fe	4,72	0,08	1,76
Ti	0,36	0,03	0,16
Total	100,00		100,00

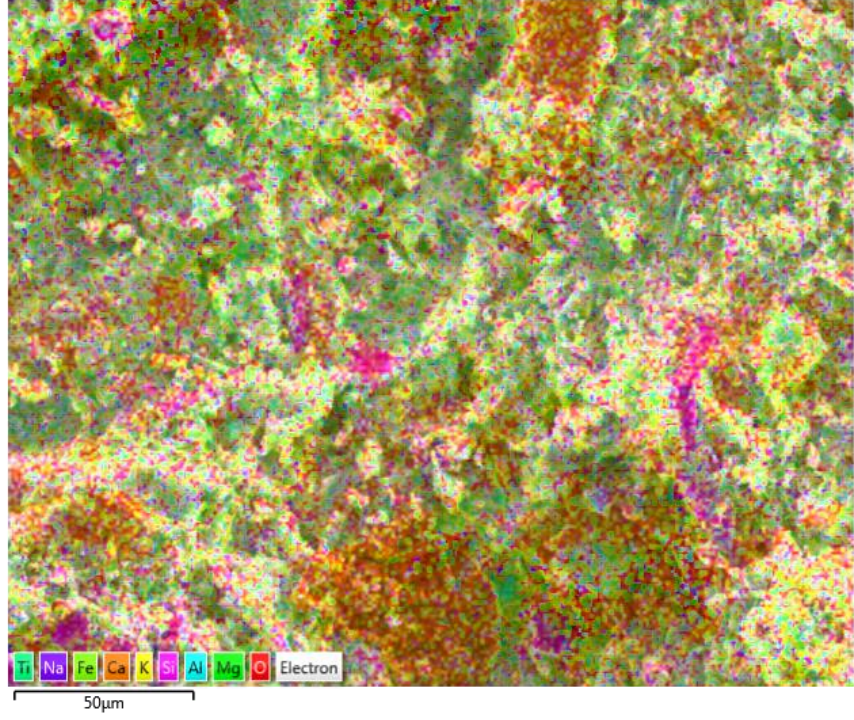
Tablo 15’te HMY5 numunesinin elementel analizi sonuçlarına göre % 70,09 oranında oksijen elementi, % 9,81 oranında silisyum elementi, % 5,37 oranında kalsiyum elementi, % 4,82 oranında kükürt elementi, % 4,26 oranında alüminyum elementi, % 1,93 oranında magnezyum elementi, % 1,76 oranında demir elementi, % 1,17 oranında sodyum elementi, % 0,63 oranında potasyum elementi ve % 0,16 oranında titanyum elementi içerdiği tespit edilmiştir.

Electron Image 4



Şekil 101. ŞDE2 numunesinin SEM görüntüsü

EDS Layered Image 4

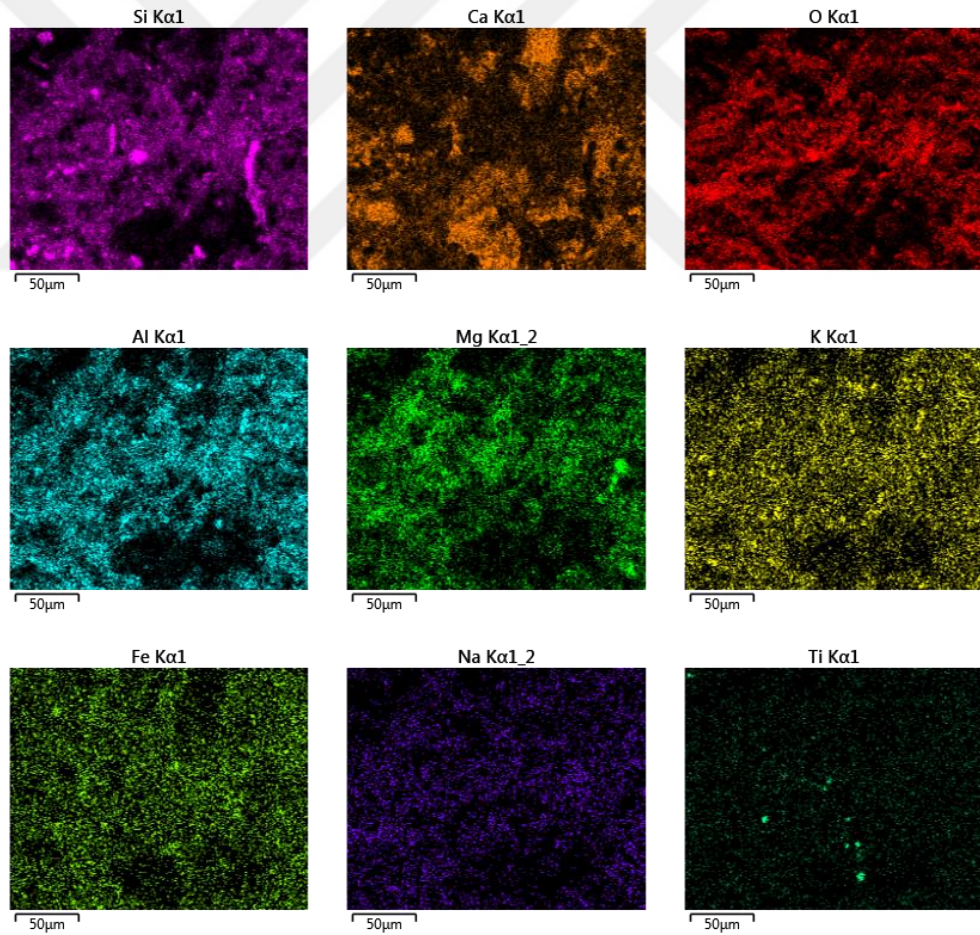


Şekil 102. ŞDE2 numunesinin EDS görüntüsü

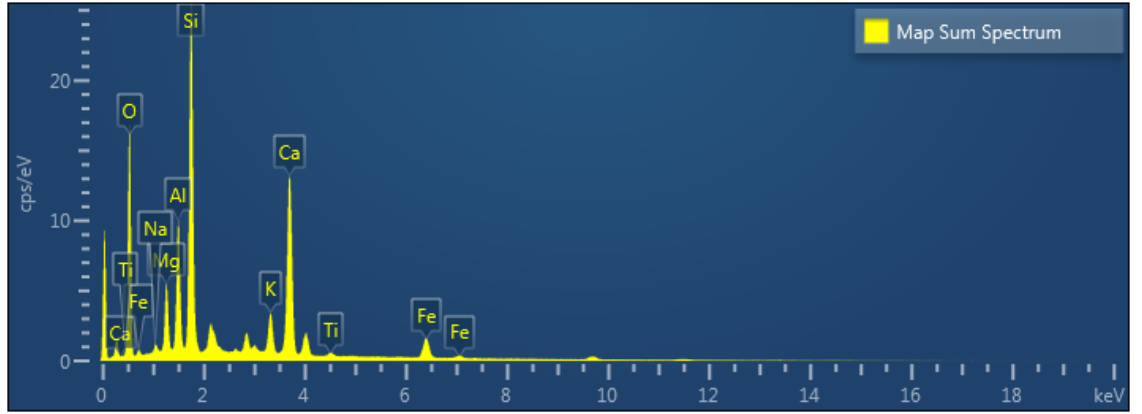
Şekil 101’de Şerafeddin Camii’nin restorasyonu öncesinde kullanılan ve ŞDE2 isimli eski tuğla numunesinin SEM görüntüsü ile Şekil 102’de aynı tuğla numunesinin EDS görüntüsü verilmiştir.

ŞDE2 numunesine ait EDS görüntüsünde; yeşilin açık tonu noktalar titanyum, eflatun noktalar sodyum, yeşil noktalar demir, turuncu noktalar kalsiyum, sarı noktalar potasyum, mor noktalar silisyum, turkuaz noktalar alüminyum, yeşil noktalar magnezyum ve kırmızı noktalar oksijen elementlerinin bulundukları kısımlardır (Şekil 103).

ŞDE2 numunesinin içerdiği dokuz farklı elementin detaylı görüntüleri Şekil 103’te verilmiştir.



Şekil 103. ŞDE2 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü



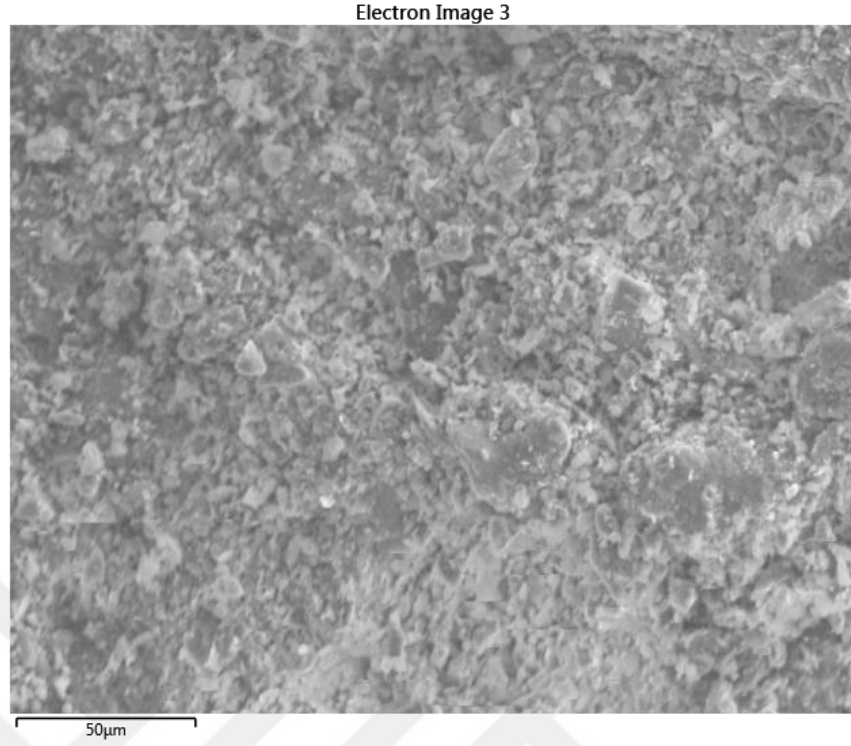
Şekil 104. ŞDE2 numunesinin EDS diyagramı

Şekil 104'te verilen diyagrama göre Şerafeddin Camii'nin restorasyon öncesinde döşemesinde kullanılan eski tuğla malzemelerinden olan ve ŞDE2 olarak adlandırılan tuğla numunesinin içeriğinde yüksek miktarda oksijen ve silisyum elementleri, düşük miktarda ise titanyum ve sodyum elementleri bulunmaktadır.

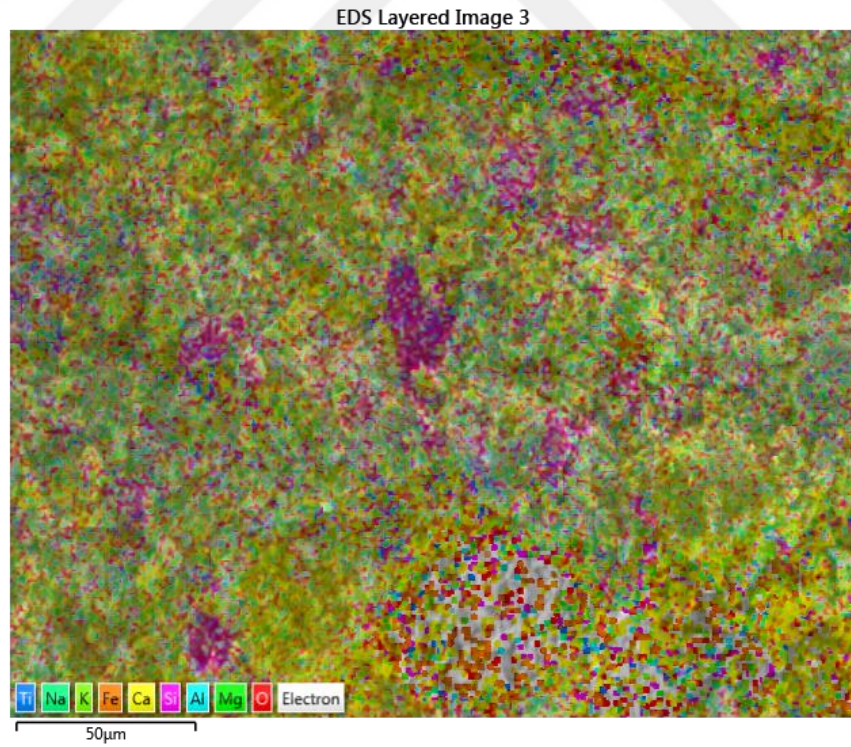
Tablo 16. ŞDE2 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri

Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	56,39	0,18	72,18
Mg	3,65	0,05	3,08
Si	14,42	0,08	10,51
K	2,53	0,04	1,33
Ca	12,46	0,07	6,37
Fe	3,70	0,06	1,36
Ti	0,34	0,03	0,14
Na	0,65	0,04	0,58
Al	5,86	0,05	4,45
Total	100,00		100,00

Tablo 16'da ŞDE2 numunesinin elementel analiz sonuçlarına göre % 72,18 oranında oksijen elementi, % 10,51 oranında silisyum elementi, % 6,37 oranında kalsiyum elementi, % 4,45 oranında alüminyum elementi, % 3,08 oranında magnezyum elementi, % 1,36 oranında demir elementi, % 1,33 oranında potasyum elementi, % 0,58 oranında sodyum elementi ve % 0,14 oranında titanyum elementi içerdiği tespit edilmiştir.



Şekil 105. ŞDE5 numunesinin SEM görüntüsü

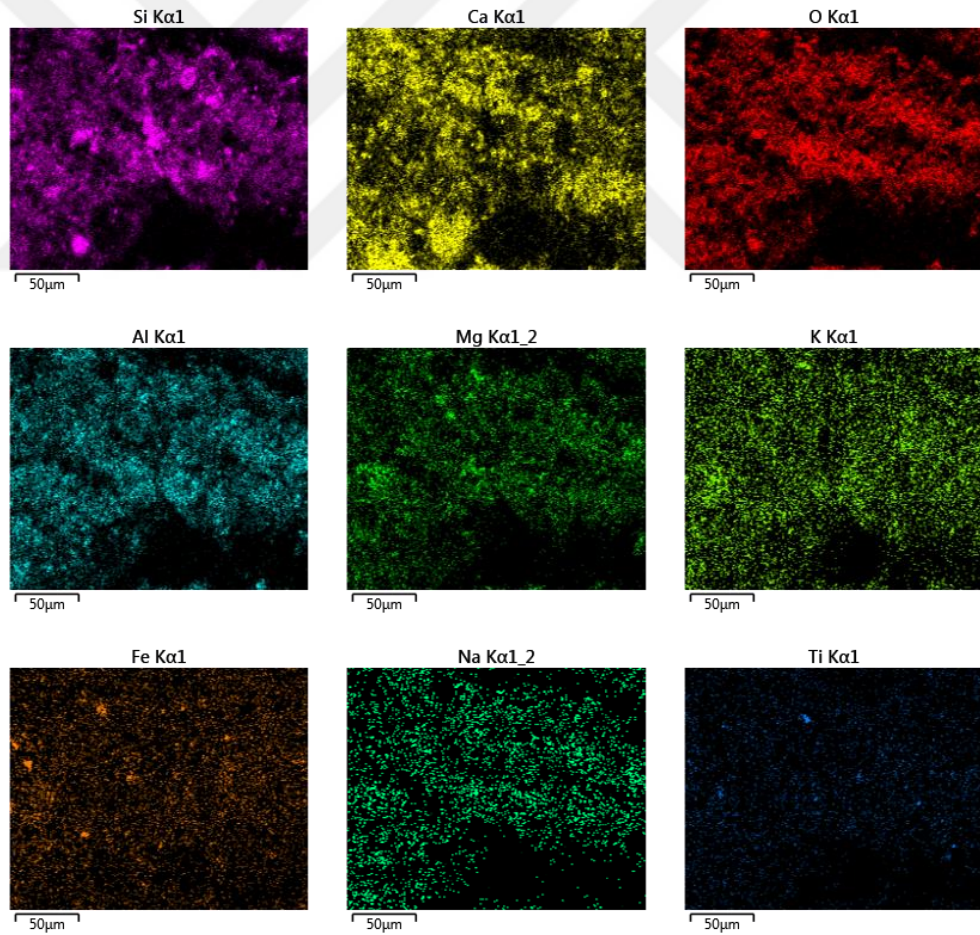


Şekil 106. ŞDE5 numunesinin EDS görüntüsü

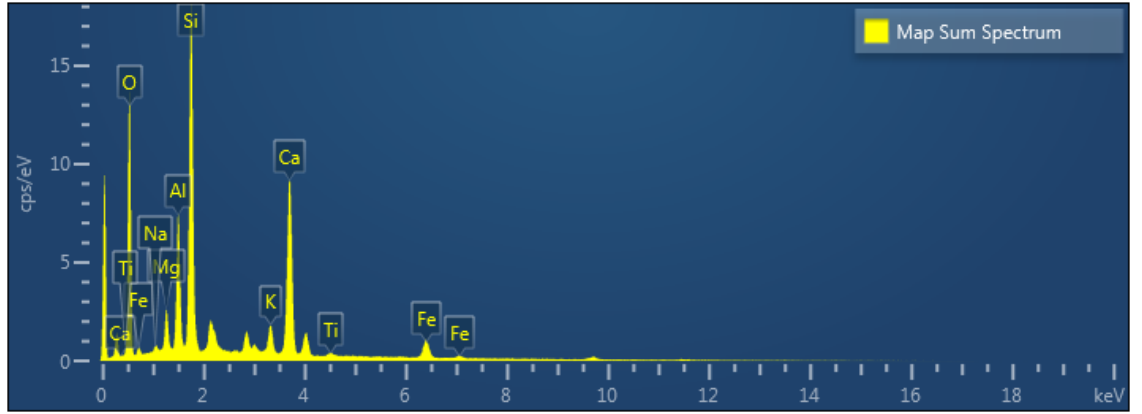
Şekil 105'te Şerafeddin Camii'nin restorasyon öncesi kullanılan ve ŞDE5 olarak isimlendirilen eski tuğla numunesinin SEM görüntüsü ile Şekil 106'da aynı tuğla numunesinin EDS görüntüsü verilmiştir.

ŞDE5 numunesine ait EDS görüntüsünde; mavi noktalar titanyum, yeşilin açık tonu noktalar sodyum, yeşil noktalar potasyum, turuncu noktalar demir, sarı noktalar kalsiyum, mor noktalar silisyum, turkuaz noktalar alüminyum, yeşilin koyu tonu noktalar magnezyum ve kırmızı noktalar oksijen elementlerinin bulundukları kısımlardır (Şekil 107).

ŞDE5 numunesinin içerdiği dokuz farklı elementin detaylı görüntüleri Şekil 107'de verilmiştir.



Şekil 107. ŞDE5 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü



Şekil 108. ŞDE5 numunesinin EDS diyagramı

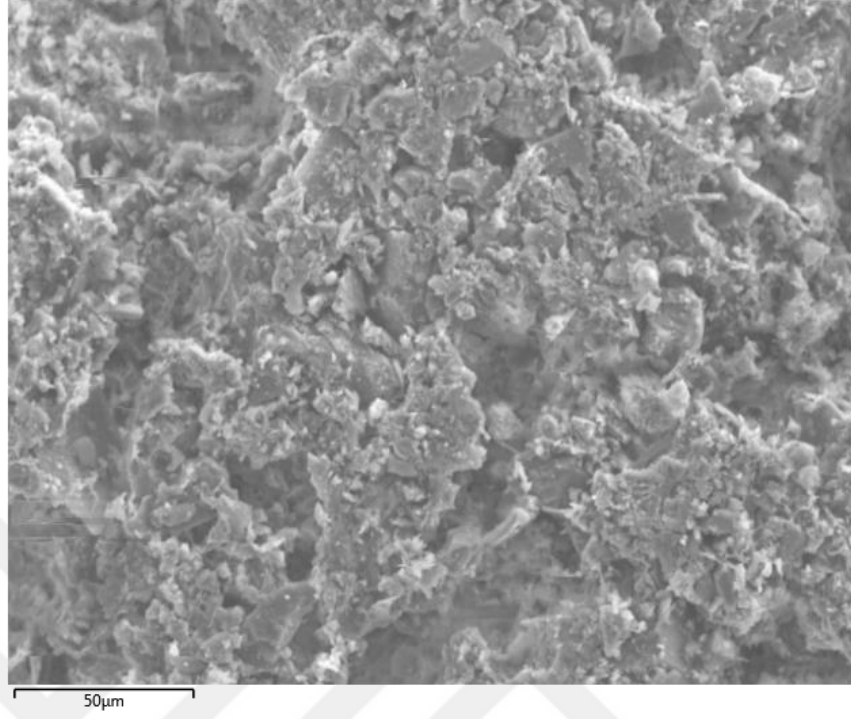
Şekil 108’de verilen diyagrama göre Şerafeddin Camii’nin restorasyonu öncesinde döşemesinde kullanılan ve ŞDE5 olarak isimlendirilen eski tuğla numunesinin içeriğinde yüksek miktarda oksijen ve silisyum elementleri, düşük miktarda ise titanyum ve sodyum elementleri bulunmaktadır.

Tablo 17. ŞDE5 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri

Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	60,08	0,20	75,18
Al	5,94	0,06	4,41
Si	14,10	0,09	10,05
Ca	12,04	0,09	6,01
Mg	2,17	0,05	1,79
Fe	3,19	0,07	1,15
Ti	0,26	0,03	0,11
Na	0,47	0,05	0,41
K	1,75	0,04	0,89
Total	100,00		100,00

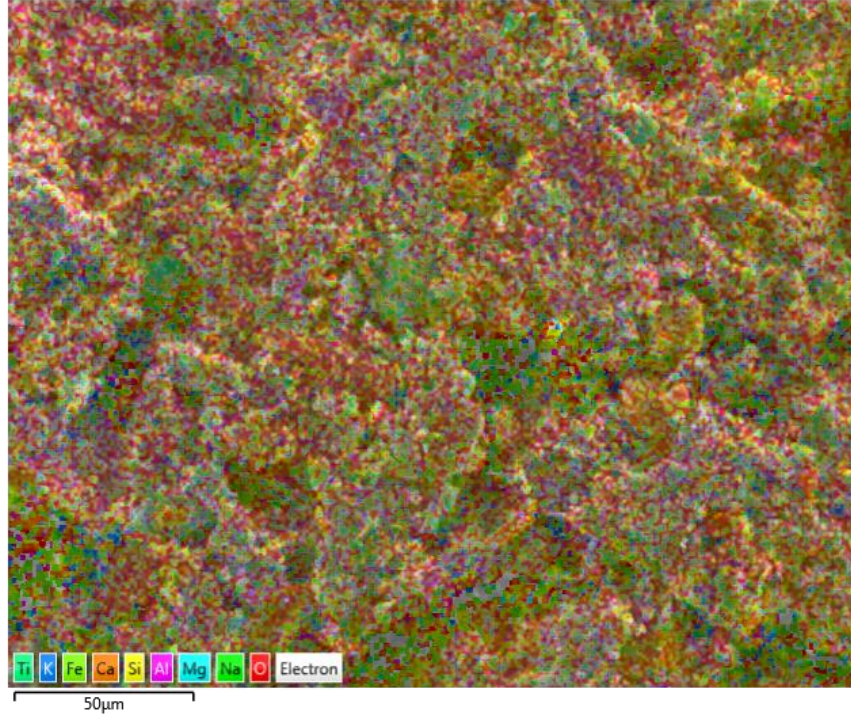
Tablo 17’de ŞDE5 numunesinin elementel analiz sonuçlarına göre % 75,18 oranında oksijen elementi, % 10,05 oranında silisyum elementi, % 6,01 oranında kalsiyum elementi, % 4,41 oranında alüminyum elementi, % 1,79 oranında magnezyum elementi, % 1,15 oranında demir elementi, % 0,89 oranında potasyum elementi, % 0,41 oranında sodyum elementi ve % 0,11 oranında titanyum elementi içerdiği tespit edilmiştir.

Electron Image 2



Şekil 109. ŞDY1 numunesinin SEM görüntüsü

EDS Layered Image 2

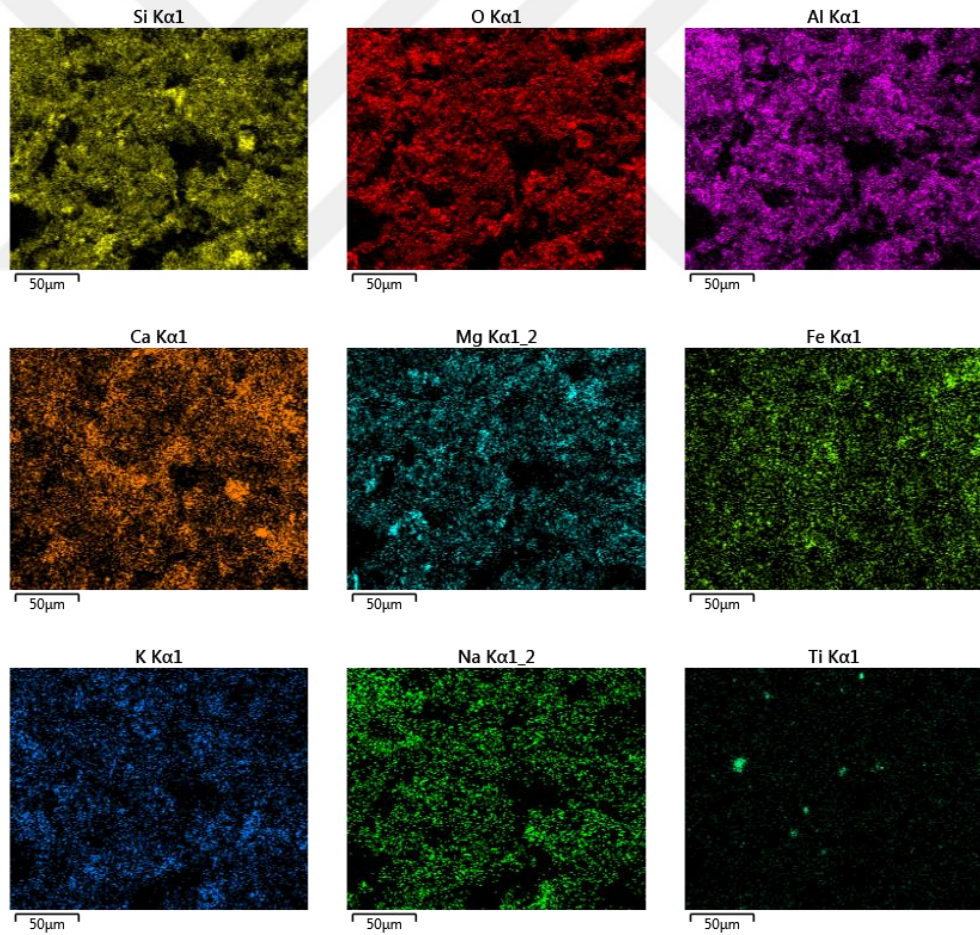


Şekil 110. ŞDY1 numunesinin EDS görüntüsü

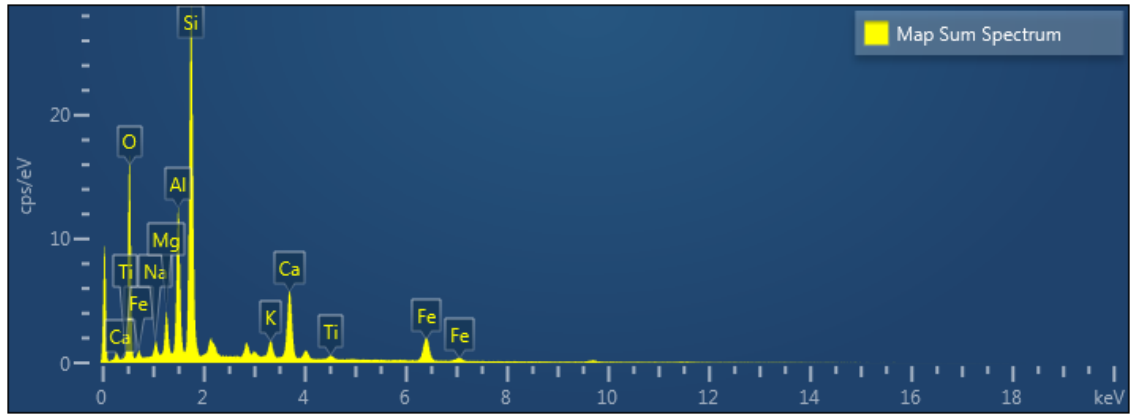
Şekil 109’da Şerafeddin Camii’nin restorasyonu sırasında döşemesinde kullanılan ve ŞDY1 olarak isimlendirilen tuğla numunesinin SEM görüntüsü ile Şekil 110’da aynı tuğla numunesinin EDS görüntüsü verilmiştir

ŞDY1 numunesine ait EDS görüntüsünde yeşilin açık tonu noktalar titanyum, mavi noktalar potasyum, yeşil noktalar demir, turuncu noktalar kalsiyum, sarı noktalar silisyum, mor noktalar alüminyum, turkuaz noktalar magnezyum, yeşilin koyu tonu noktalar sodyum ve kırmızı noktalar oksijen elementlerinin bulundukları kısımlardır (Şekil 111).

ŞDY1 numunesinin içerdiği dokuz farklı elementin detaylı görüntüleri Şekil 111’de verilmiştir.



Şekil 111. ŞDY1 numunesinin içerdiği tüm elementlerin detaylı görüntüsü



Şekil 112. ŞDY1 numunesinin EDS diyagramı

Şekil 112’de verilen diyagrama göre Şerafeddin Camii’nin restorasyon sırasında döşemesinde kullanılan yeni tuğla malzemelerinden olan ŞDY1 isimli tuğla numunesinin içeriğinde yüksek miktarda oksijen ve silisyum elementleri, düşük miktarda ise titanyum ve potasyum elementleri bulunmaktadır.

Tablo 18. ŞDY1 Tuğla Malzemesinin Elementel Analiz (EDS) Değerleri

Element	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
O	53,81	0,20	69,21
Mg	2,91	0,05	2,46
Al	8,49	0,07	6,47
Si	19,44	0,11	14,25
Ca	6,19	0,06	3,18
Fe	5,75	0,08	2,12
Na	1,53	0,06	1,37
K	1,40	0,04	0,74
Ti	0,48	0,04	0,21
Total	100,00		100,00

Tablo 18’de ŞDY1 numunesini elementel analiz sonuçlarına göre % 69,21 oranında oksijen elementi, % 14,25 oranında silisyum elementi, % 6,47 oranında alüminyum elementi, % 3,18 oranında kalsiyum elementi, % 2,46 oranında magnezyum elementi, % 2,12 oranında demir elementi, % 1,37 oranında sodyum elementi, % 0,74 oranında potasyum elementi ve % 0,21 oranında titanyum elementi içerdiği tespit edilmiştir.

6.3.3.3. Yapı malzemelerinin kimyasal analizi X-ışının floresans spektrometresi (XRF)

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarının çeşitli yerlerinden alınan ve restorasyon öncesi eski tuğla malzemelerinden olan HDE8, HME6, ŞDE2 ve ŞDE5 tuğla numuneleri ile tarihi yapılarda restorasyon sırasında kullanılan yeni tuğla malzemelerinden olan HDY7, HMY5 ve ŞDY1 tuğla numunelerinin kimyasal analizler kapsamında yapılan XRF deneyi için numunelerin öğütülme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Öğütülerek toz haline getirilen numuneler Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarında bulunan Rigaku – NEX – CG marka cihaz ile XRF analizi gerçekleştirilmiştir.

XRF yüksek hassaslıkta en küçükten en büyük elementlere kadar malzemelerin analizini sağlayan analitik bir metottur (Başaran, 2010).

Malzemelerin XRF analizleri ile bünyelerindeki oksit türleri ve kütlece yüzde miktarları belirlenebilmektedir (Güldoğan, 2018).

Tablo 19. HDE8 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %						
Numune No	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
HDE8	1,61	3,7	7,74	29,2	0,631	0,349

Tablo 20. HDE8 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %					
Numune No	K ₂ O	CaO	Sc ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅
HDE8	2,11	22,7	0,0001	0,567	0,0003

Tablo 19 ve Tablo 20'deki XRF analiz değerlerine göre Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılan restorasyon öncesi mevcut malzemelerinden tuğla malzemesi olan ve HDE8 olarak isimlendirilen numunenin yapısında; % 1,61 miktarda Na_2O (sodyum oksit), % 3,7 miktarda MgO (magnezyum oksit), % 7,74 miktarda Al_2O_3 (alüminyum oksit), % 29,2 miktarda SiO_2 (silisyum oksit), % 0,631 miktarda P_2O_5 (fosfor pentoksit), % 0,349 miktarda SO_3 (kükürt trioksit), % 2,11 miktarda K_2O (potasyum oksit), % 22,7 miktarda CaO (kalsiyum oksit), % 0,0001 miktarda Sc_2O_3 (skandiyum oksit), % 0,567 miktarda TiO_2 (titanyum dioksit) ve % 0,0003 miktarda V_2O_5 (vanadyum pentoksit) bileşikleri bulunmaktadır.

Tablo 21. HDY7 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %						
Numune No	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	K_2O
HDY7	1,37	12,8	49,6	0,0001	0,271	2,93

Tablo 22. HDY7 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %					
Numune No	CaO	Sc_2O_3	TiO_2	V_2O_5	Cr_2O_3
HDY7	5,3	0,0001	0,86	0,0207	0,016

Tablo 21 ve Tablo 22'deki XRF analiz değerlerine göre Hoca Hasan Camii'nin, restorasyon çalışması sırasında, duvarında kullanılan yeni tuğla malzemelerinden olan ve HDY7 olarak adlandırılan numunenin yapısında; % 1,37 miktarda MgO (magnezyum oksit), % 12,8 miktarda Al_2O_3 (alüminyum oksit), % 49,6 miktarda SiO_2 (silisyum oksit), % 0,0001 miktarda P_2O_5 (fosfor pentoksit), % 0,271 miktarda SO_3 (kükürt trioksit), % 2,93 miktarda K_2O (potasyum oksit), % 5,3 miktarda CaO (kalsiyum oksit), % 0,0001 miktarda Sc_2O_3 (skandiyum oksit), % 0,86 miktarda TiO_2 (titanyum dioksit), % 0,0207 miktarda V_2O_5 (vanadyum pentoksit) ve % 0,016 miktarda Cr_2O_3 (krom III oksit) bileşikleri bulunmaktadır.

Tablo 23. HME6 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %						
Numune No	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
HME6	0,587	1,32	12	45,2	0,0001	0,274

Tablo 24. HME6 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %					
Numune No	K ₂ O	CaO	Sc ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅
HME6	2,79	5,47	0,0001	0,804	0,0224

Tablo 23 ve Tablo 24'teki XRF analiz değerlerine göre Hoca Hasan Camii'nin minaresinde kullanılan restorasyon öncesi mevcut malzemelerinden tuğla malzemesi olan ve HME6 olarak isimlendirilen numunenin yapısında; % 0,587 miktarda Na₂O (sodyum oksit), % 1,32 miktarda MgO (magnezyum oksit), % 12 miktarda Al₂O₃ (alüminyum oksit), % 45,2 miktarda SiO₂ (silisyum oksit), % 0,0001 miktarda P₂O₅ (fosfor pentoksit), % 0,274 miktarda SO₃ (kükürt trioksit), % 2,79 miktarda K₂O (potasyum oksit), % 5,47 miktarda CaO (kalsiyum oksit), % 0,0001 miktarda Sc₂O₃ (skandiyum oksit), % 0,804 miktarda TiO₂ (titanyum dioksit) ve % 0,0224 miktarda V₂O₅ (vanadyum pentoksit) bileşikleri bulunmaktadır.

Tablo 25. HMY5 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %						
Numune No	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
HMY5	2,91	3,53	9,9	37,4	0,0001	1,06

Tablo 26. HMY5 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %					
Numune No	K ₂ O	CaO	Sc ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅
HMY5	1,97	9,45	0,0001	0,836	0,0169

Tablo 25 ve Tablo 26'daki XRF analiz değerlerine göre Hoca Hasan Camii'nin, restorasyon çalışması sırasında, minaresinde kullanılan yeni tuğla malzemelerinden olan ve HMY5 olarak adlandırılan numunenin yapısında; % 2,91 miktarda Na₂O (sodyum oksit), % 3,53 miktarda MgO (magnezyum oksit), % 9,9 miktarda Al₂O₃ (alüminyum oksit), % 37,4 miktarda SiO₂ (silisyum oksit), % 0,0001 miktarda P₂O₅ (fosfor pentoksit), % 1,06 miktarda SO₃ (kükürt trioksit), % 1,97 miktarda K₂O (potasyum oksit), % 9,45 miktarda CaO (kalsiyum oksit), % 0,0001 miktarda Sc₂O₃ (skandiyum oksit), % 0,836 miktarda TiO₂ (titanyum dioksit) ve % 0,0169 miktarda V₂O₅ (vanadyum pentoksit) bileşikleri bulunmaktadır.

Tablo 27. ŞDE2 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %						
Numune No	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
ŞDE2	1,45	2,6	7,7	31,3	0,0001	0,272

Tablo 28. ŞDE2 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %					
Numune No	K ₂ O	CaO	Sc ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅
ŞDE2	2	23,3	0,0001	0,637	0,0008

Tablo 27 ve Tablo 28'deki XRF analiz değerlerine göre Şerafeddin Camii'nin döşemesinde kullanılan restorasyon öncesi mevcut malzemelerinden tuğla malzemesi olan ve ŞDE2 olarak isimlendirilen numunenin yapısında; % 1,45 miktarda Na₂O (sodyum oksit), % 2,6 miktarda MgO (magnezyum oksit), % 7,7 miktarda Al₂O₃ (alüminyum oksit), % 31,3 miktarda SiO₂ (silisyum oksit), % 0,0001 miktarda P₂O₅ (fosfor pentoksit), % 0,272 miktarda SO₃ (kükürt trioksit), % 2 miktarda K₂O (potasyum oksit), % 23,3 miktarda CaO (kalsiyum oksit), % 0,0001 miktarda Sc₂O₃ (skandiyum oksit), % 0,637 miktarda TiO₂ (titanyum dioksit) ve % 0,0008 miktarda V₂O₅ (vanadyum pentoksit) bileşikleri bulunmaktadır.

Tablo 29. ŞDE5 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %						
Numune No	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
ŞDE5	2,29	3,54	7,99	29,5	0,0001	0,592

Tablo 30. ŞDE5 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %					
Numune No	K ₂ O	CaO	Sc ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅
ŞDE5	3,11	21,5	0,0001	0,59	0,0031

Tablo 29 ve Tablo 30'daki XRF analiz değerlerine göre Şerafeddin Camii'nin döşemesinde kullanılan restorasyon öncesi mevcut malzemelerinden tuğla malzemesi olan ve ŞDE5 olarak adlandırılan numunenin yapısında; % 2,29 miktarda Na₂O (sodyum oksit), % 3,54 miktarda MgO (magnezyum oksit), % 7,99 miktarda Al₂O₃ (alüminyum oksit), % 29,5 miktarda SiO₂ (silisyum oksit), % 0,0001 miktarda P₂O₅ (fosfor pentoksit), % 0,592 miktarda SO₃ (kükürt trioksit), % 3,11 miktarda K₂O (potasyum oksit), % 21,5 miktarda CaO (kalsiyum oksit), % 0,0001 miktarda Sc₂O₃ (skandiyum oksit), % 0,59 miktarda TiO₂ (titanyum dioksit) ve % 0,0031 miktarda V₂O₅ (vanadyum pentoksit) bileşikleri bulunmaktadır.

Tablo 31. ŞDY1 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %					
Numune No	K ₂ O	CaO	Sc ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅
ŞDY1	1,99	10,1	0,0001	0,889	0,0074

Tablo 32. ŞDY1 Tuğla malzemesinin kimyasal analiz (XRF) değerleri

KİMYASAL ANALİZ %						
Numune No	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
ŞDY1	2,72	3,33	9,69	39,3	0,0001	0,977

Tablo 31 ve Tablo 32’deki XRF analiz değerlerine göre Şerafeddin Camii’nin, restorasyon çalışması sırasında, döşemesinde kullanılan yeni tuğla malzemelerinden olan ve ŞDY1 olarak adlandırılan numunenin yapısında; % 1,99 miktarda K₂O (potasyum oksit), % 10,1 miktarda CaO (kalsiyum oksit), % 0,0001 miktarda Sc₂O₃ (skandiyum oksit), % 0,889 miktarda TiO₂ (titanyum dioksit), % 0,0074 miktarda V₂O₅ (vanadyum pentoksit), % 2,72 miktarda Na₂O (sodyum oksit), % 3,33 miktarda MgO (magnezyum oksit), % 9,69 miktarda Al₂O₃ (alüminyum oksit), % 39,3 miktarda SiO₂ (silisyum oksit), % 0,0001 miktarda P₂O₅ (fosfor pentoksit) ve % 0,977 miktarda SO₃ (kükürt trioksit) bileşikleri bulunmaktadır.

6.3.3.4. Yapı malzemelerinin termal analizi (TGA)

TGA analizi için toz haline getirilmiş numunelerin Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) laboratuvarında Setaram – Labsys Evo markalı cihazında TGA analizleri yapılmıştır.

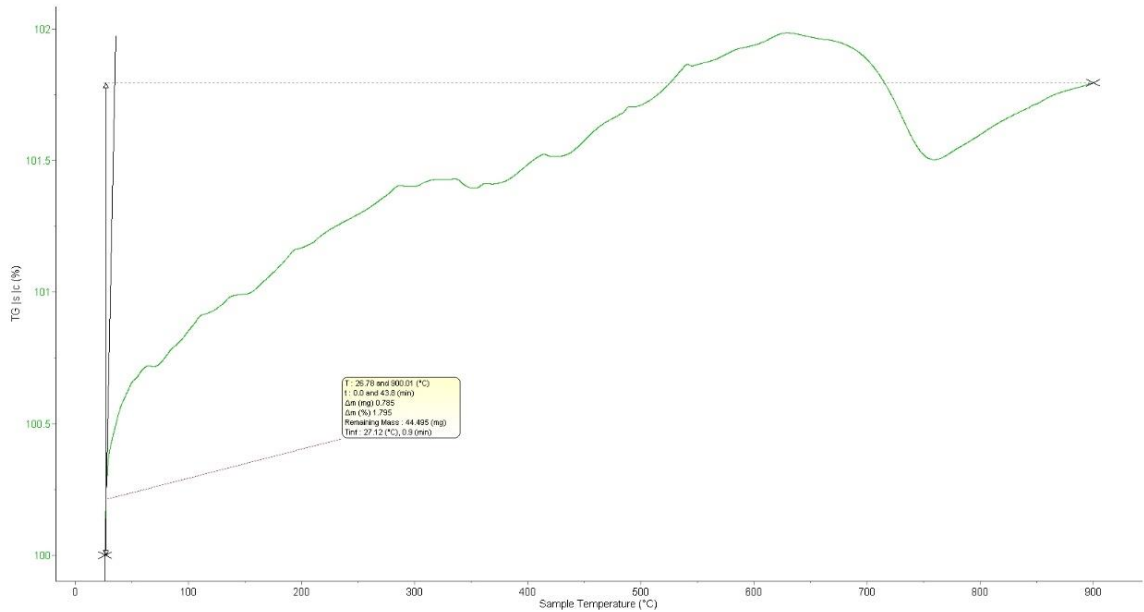
TGA (Thermal Gravimetric Analysis) analizi numunenin kütlesinin, numunenin sıcaklığına veya zamana bağlı olarak ölçülmesidir. TGA analiz tekniğine göre incelenen numunenin; sabit sıcaklık değerlerinde ısıtılması ile numunenin sıcaklık değerlerine bağlı kütle değişimi, numunenin sabit sıcaklık değerlerinde tutulması ile zamana bağlı

kütle değişimi ve numunenin doğrusal olmayan sıcaklık programları altında sıcaklık ve zamana bağlı değişimlerinin değerlendirmeleri yapılabilmektedir (Akcan, 2015).

Hoca Hasan Camii tarihi yapısının restorasyon öncesi eski malzemelerinden HDE8 (yapının duvarında kullanılmış olan eski tuğla malzemesi), HME6 (yapının minaresinde kullanılmış olan eski tuğla malzemesi) numuneleri ile restorasyon sırasında kullanılan yeni malzemelerinden HDY7 (yapının duvarında kullanılan yeni tuğla malzemesi), HMY5 (yapının minaresinde kullanılan yeni tuğla malzemesi) numunelerinin TGA analizlerinin yapılması için deneye hazır hale getirilmiştir.

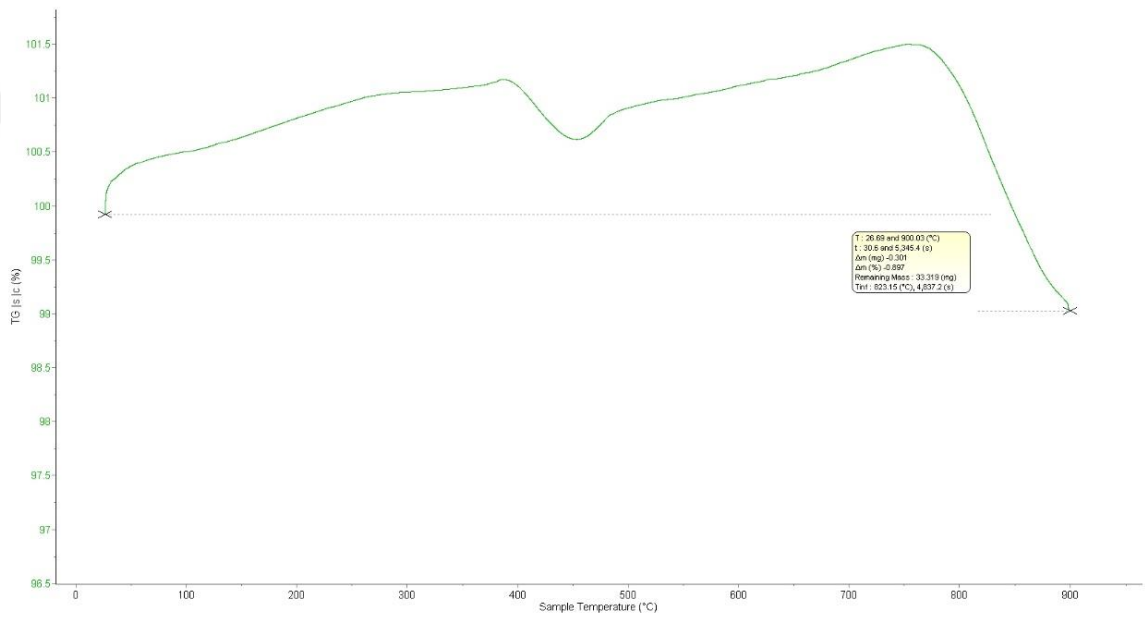
Şerafeddin Camii tarihi yapısının restorasyon öncesi eski malzemelerinden ŞDE2 (yapının döşemesinde kullanılmış olan eski tuğla malzemesi), ŞDE5 (yapının döşemesinde kullanılmış olan bir diğer eski tuğla malzemesi) numuneleri ile restorasyon sırasında kullanılan yeni malzemelerinden ŞDY1 (yapının döşemesinde kullanılan yeni tuğla malzemesi) numunesinin TGA analizlerinin yapılması için deneye hazır hale getirilmiştir.

Her iki tarihi yapılardan alınan ve TGA analizi için hazırlanan numunelerin sıcaklık artışına bağlı olarak malzemelerin kütlelerindeki değişimlerini belirlemek amacıyla deney gerçekleştirilmiştir.



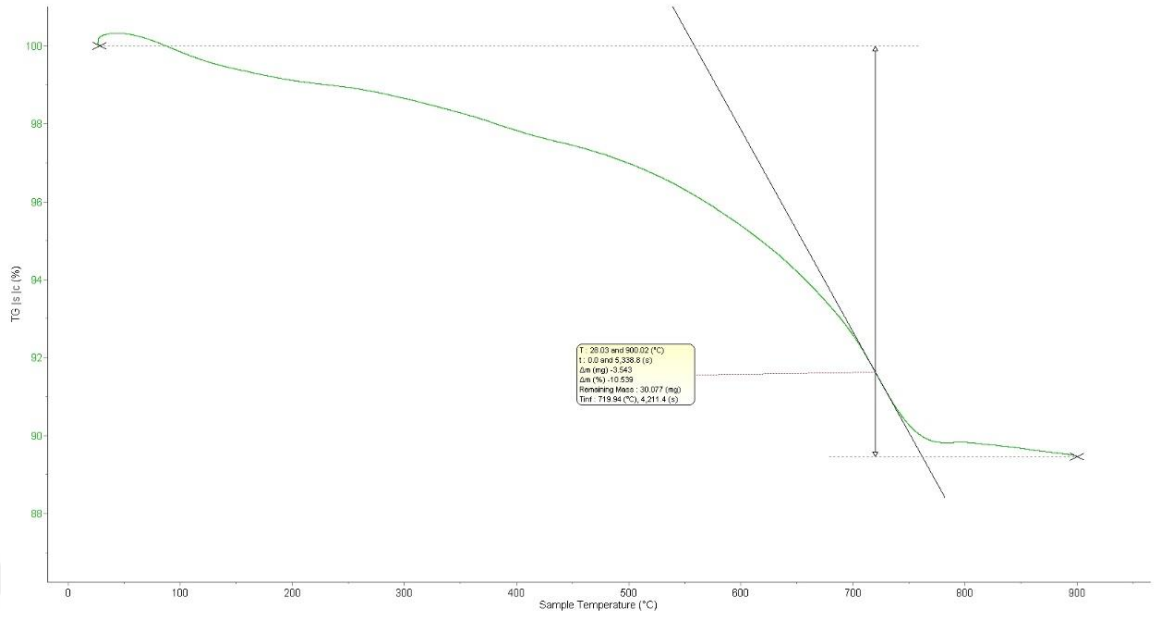
Şekil 113. HDE8 numunesinin TGA grafiği

Şekil 113'teki grafiğe bakıldığında Hoca Hasan Camii'nin duvarında kullanılan ve eski malzemelerinden olan HDE8 isimli numunesi deney cihazına toz halinde, 43,71 mg olarak konulmuştur. Numune 43 dakikada 900 °C ile en yüksek sıcaklık değerine ulaşmıştır. Numunenin TGA analizi sırasında gerçekleşen oksidasyon tepkimesi sonucu uçucu olmayan oksitlerin meydana gelmesi ile numunede 0,78 mg kütle kazancı gerçekleşmiştir. Numune kütlelerinde % 1,795 kadar bir değişim olması sonucunda deney sonrasında kütle 44,49 mg olarak belirlenmiştir.



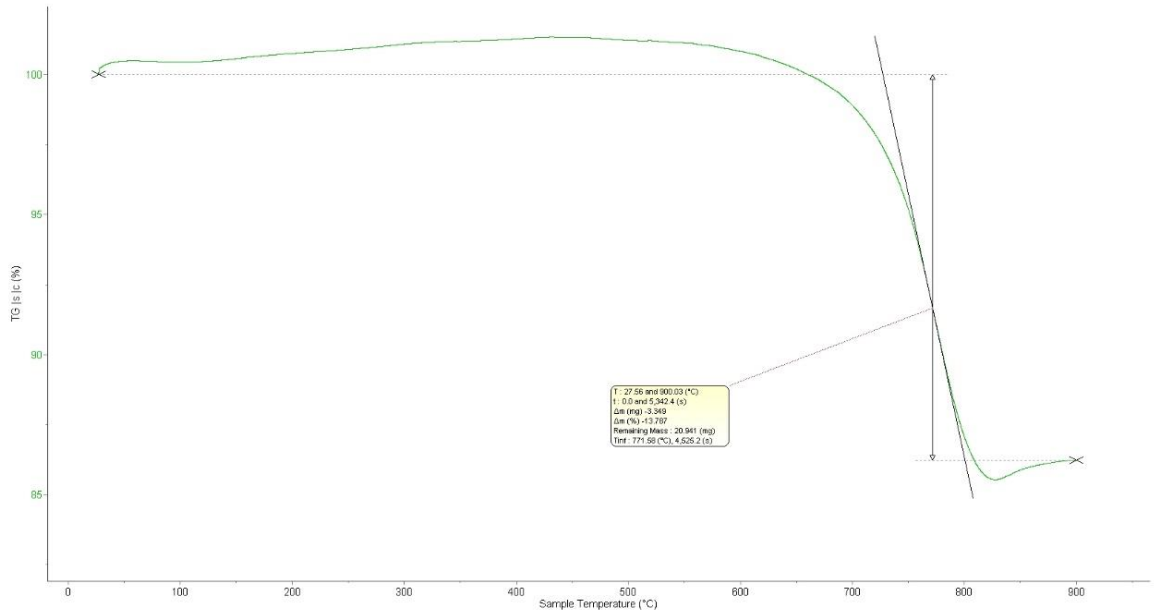
Şekil 114. HDY7 numunesinin TGA grafiği

Şekil 114'teki grafiğe göre Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında duvarda kullanılan yeni malzemelerinden olan HDY7 isimli numunesi deney cihazına toz halinde, 33,61 mg olarak konulmuştur. Numune yaklaşık 89 dakikada 900 °C ile en yüksek sıcaklık değerine ulaşmıştır. Deney sırasında numunenin ısınması sonucu 0,30 mg kütle kaybı gerçekleşmiştir. Numune kütlelerinde % 0,897 kadar bir değişim olması sonucunda deney sonrasında kütle 33,31 mg olarak belirlenmiştir.



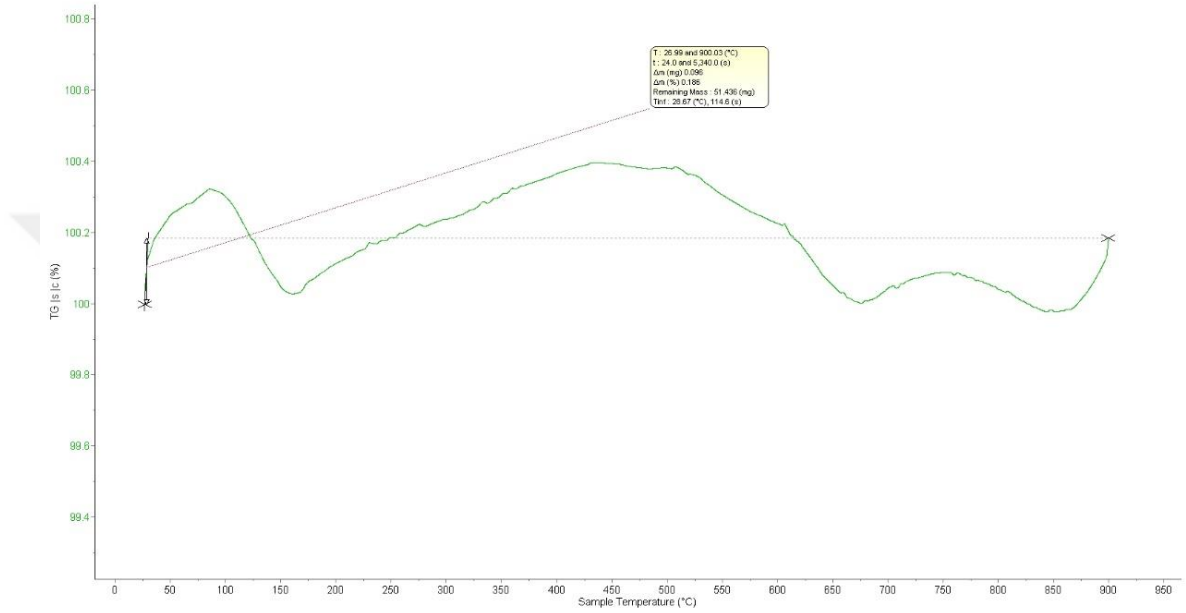
Şekil 115. HME6 numunesinin TGA grafiği

Şekil 115'teki grafiğe bakıldığında Hoca Hasan Camii'nin minaresinde kullanılan ve eski malzemelerinden olan HME6 isimli numunesi deney cihazına toz halinde, 33,61 mg olarak konulmuştur. Numune yaklaşık 89 dakikada 900 °C'ye ulaşarak en yüksek sıcaklık değerini elde etmiştir. Deneyin gerçekleşmesi sırasında numune ısınma sonucu 3,54 mg küle kaybının olduğu görülmüştür. Numune kütleinde % 10,53 değişim olması ile deney sonrasında kütle 30,07 mg olarak belirlenmiştir.



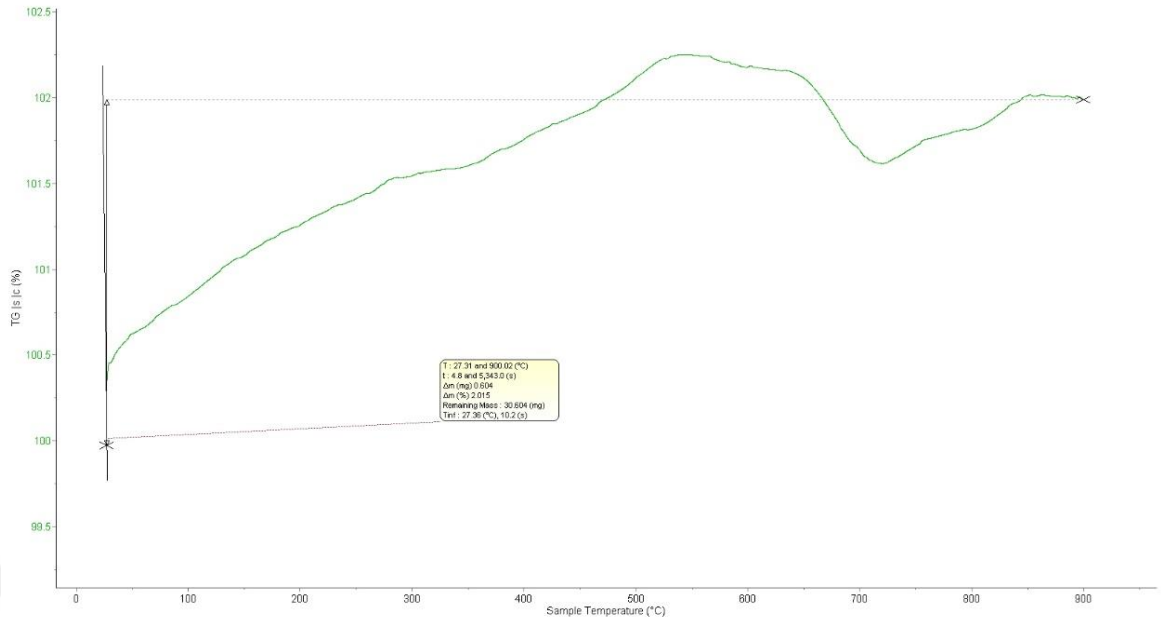
Şekil 116. HMY5 numunesinin TGA grafiği

Şekil 116'daki grafiğe göre Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında minarede kullanılan ve yeni malzemelerinden olan HMY5 isimli numunesi deney cihazına toz halinde, 24,28 mg olarak konulmuştur. Numune yaklaşık 89 dakikada 900 °C ile en yüksek sıcaklık değerine ulaşmıştır. Deney sırasında numunenin ısınması sonucu 3,34 mg kütle kaybı gerçekleşmiştir. Numune kütlesinde % 13,78 kadar bir değişim olması sonucunda deney sonrasında kütle 20,94 mg olarak belirlenmiştir.



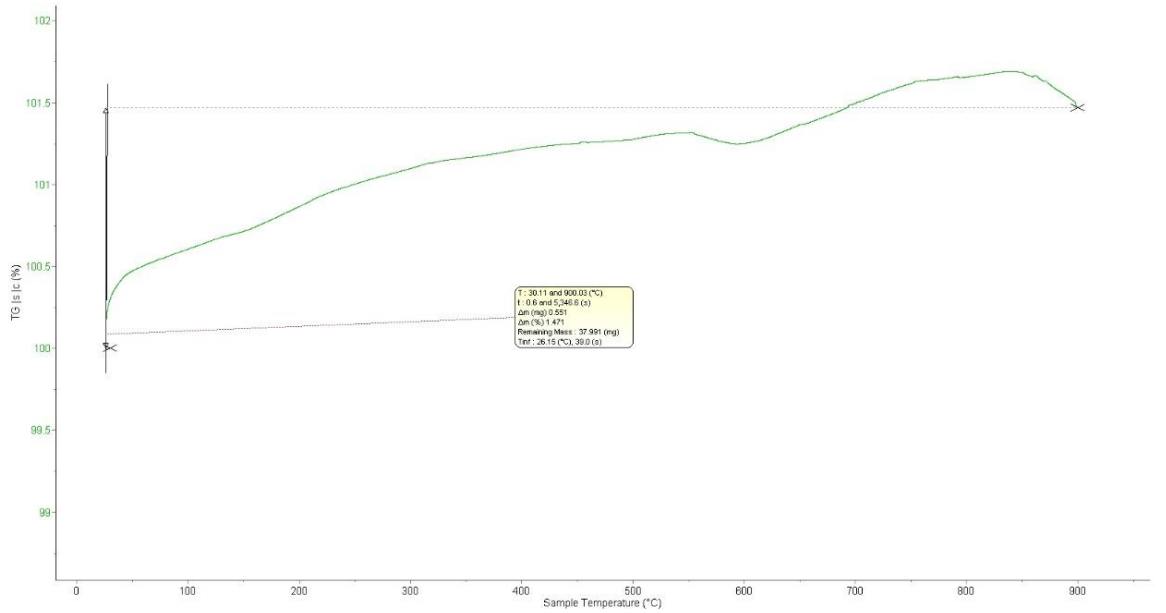
Şekil 117. ŞDE5 numunesinin TGA grafiği

Şekil 117'deki grafiğe göre Şerafeddin Camii'nin döşemesinde kullanılan ve eski malzemelerinden olan ŞDE5 isimli numunesi deney cihazına toz halinde, 51,34 mg olarak konulmuştur. Numune yaklaşık 89 dakikada 900 °C'ye ulaşarak en yüksek sıcaklık değerini elde etmiştir. Numunenin TGA analizi sırasında gerçekleşen oksidasyon tepkimesi sonucu uçucu olmayan oksitlerin meydana gelmesi ile numunede 0,09 mg kütle kazancı gerçekleşmiştir. Numune kütlesinde % 0,186 kadar bir değişim olması sonucunda deney sonrasında kütle 51,43 mg olarak belirlenmiştir.



Şekil 118. ŞDE2 numunesinin TGA grafiği

Şekil 118'deki grafiğe göre Şerafeddin Camii'nin döşemesinde kullanılan ve eski malzemelerinden olan ŞDE2 isimli numunesi deney cihazına toz halinde, 30 mg olarak konulmuştur. Numune yaklaşık 89 dakikada 900 °C'ye ulaşarak en yüksek sıcaklık değerini elde etmiştir. Numunenin TGA analizi sırasında gerçekleşen oksidasyon tepkimesi sonucu uçucu olmayan oksitlerin meydana gelmesi ile numunede 0,60 mg kütle kazancı gerçekleşmiştir. Numune kütlelerinde % 2,015 kadar bir değişim olması sonucunda deney sonrasında kütle 30,60 mg olarak belirlenmiştir.



Şekil 119. ŞDY1 numunesinin TGA grafiği

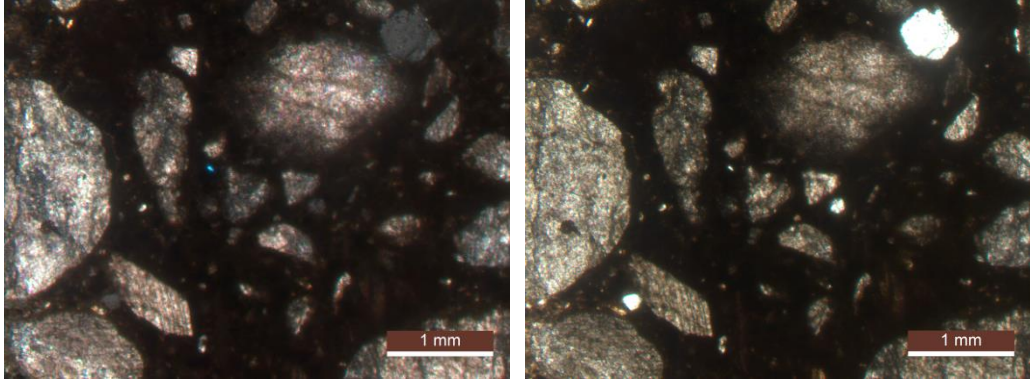
Şekil 119'daki grafiğe göre Şerafeddin Camii'nin restorasyonu sırasında döşemede kullanılan ve yeni malzemelerinden olan ŞDY1 isimli numunesi deney cihazına toz halinde, 37,44 mg olarak konulmuştur. Numune yaklaşık 89 dakikada 900 °C ile en yüksek sıcaklık değerine ulaşmıştır. Numunenin TGA analizi sırasında gerçekleşen oksidasyon tepkimesi sonucu uçucu olmayan oksitlerin meydana gelmesi ile numunede 0,55 mg kütle kazancı gerçekleşmiştir. Numune kütlelerinde % 1,471 kadar bir değişim olması sonucunda deney sonrasında kütle 37,99 mg olarak belirlenmiştir.

6.3.3.5. Yapı malzemelerinin petrografik analizi

Petrografik analiz yönteminde öncelikle incelenecek malzemelerin özelliklerini yansıtacak şekilde bir miktar alınarak epoksiye yerleştirilmiştir. Epoksiye yerleştirilen malzemeler kesit hazırlama cihazı ile kesilerek 1 mm kalınlığında olacak şekilde ince dilimler olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan ince dilimler lama yapıştırılarak zımpara yardımı ile 30 µ kalınlığına kadar inceltirilmiştir. Oluşturulan ince kesitlerin polarizan mikroskop altında yapılan incelemeleri doğrultusunda malzemelerin içeriğini oluşturan mineraller tanımlanmıştır (Güleç ve Ersen, 2009).

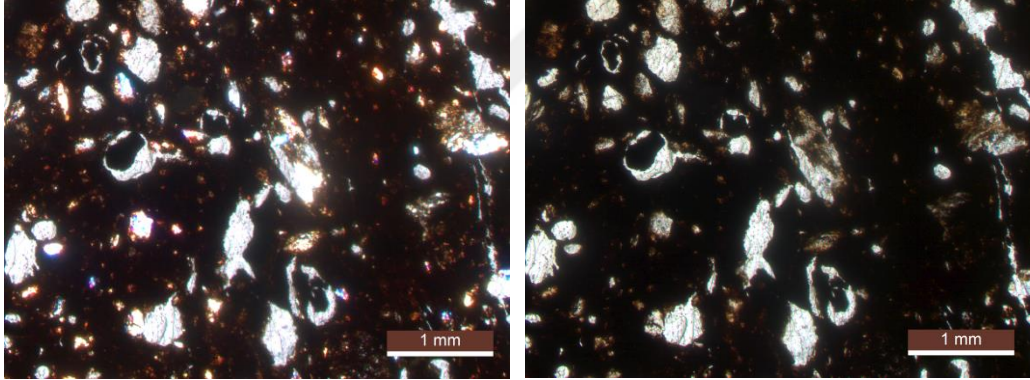
Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii'lerinin restorasyon öncesi kullanılan eski tuğla malzemeleri ile birlikte tarihi yapıların restorasyonu sırasında kullanılan yeni tuğla malzemelerinin petrografik analizleri doğrultusunda dokusal özelliklerini tespit etmek ile birlikte bu malzemelerin içerdikleri çeşitli özellikleri saptamak amacıyla her bir numune için ayrı ayrı incelemeler yapılmıştır.

Tarihi yapılardan elde edilen tuğla numunelerinin petrografik analiz deneyi Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Petrografi laboratuvarında yapılmıştır. İncelenen tarihi yapılarda restorasyon öncesi kullanılan eski tuğla malzemeleri ile restorasyon sırasında kullanılan yeni tuğla malzemelerinin petrografik analizleri gerçekleştirilmiştir. Analize alınan her bir numunenin mikroskop altında incelenmesi ile numunelerin tek nikol ve çift nikol görüntüleri ile birlikte özellikleri tayin edilmiştir.



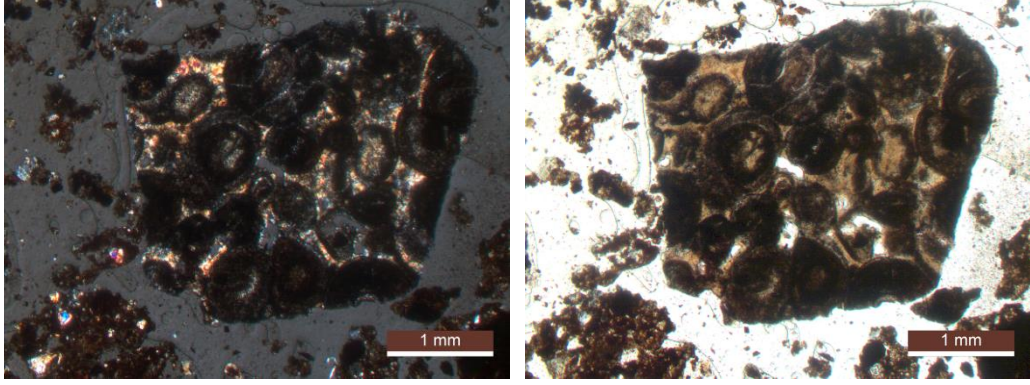
Şekil 120. HDE9 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 120’de HDE9 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii’nin duvarında kullanılmış olan ve HDE9 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesinin içerisinde kalsit, kuvars ve fosil kavkılar tespit edilmiştir (% 85 kalsit, % 1 kuvars, % 5 fosil kavkısı bulunmaktadır.).



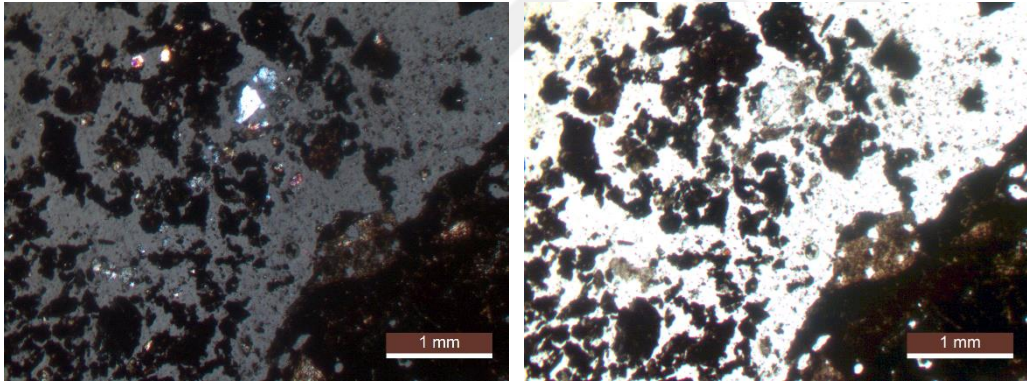
Şekil 121. HME6 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 121’de HME6 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii’nin minaresinde kullanılmış olan ve HME6 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz, hornblend kristalleri ve silisleşmiş volkanik kayaç parçaları tespit edilmiştir (% 10 kuvars, % 20 plajiyoklaz, % 10 hornblend kristalleri, % 10 silisleşmiş volkanik kayaç parçaları bulunmaktadır.). Çok yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



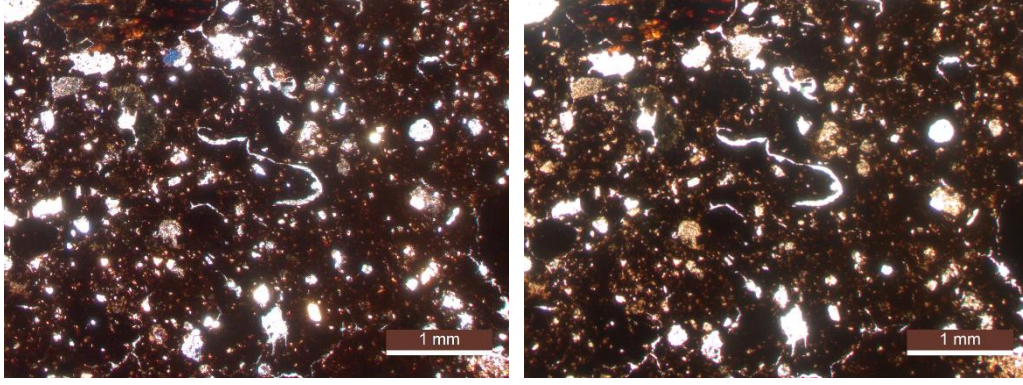
Şekil 122. HŞY1 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 122’de HŞY1 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu sırasında şerefesinde kullanılan ve HŞY1 olarak isimlendirilen yeni tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz kristalleri ve dasit kayaç parçaları tespit edilmiştir (% 10 kuvars, % 25 plajiyoklaz, % 10 dasit kayaç parçaları bulunmaktadır.). Yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



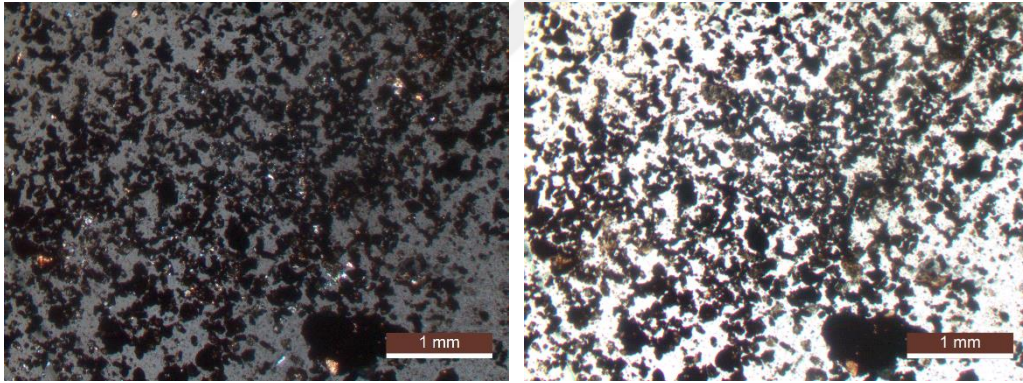
Şekil 123. HŞY2 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 123’te HŞY2 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu sırasında şerefesinde kullanılan ve HŞY2 olarak isimlendirilen yeni tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz kristalleri ve silisleşmiş volkanik kayaç parçaları tespit edilmiştir (% 10 kuvars, % 15 plajiyoklaz kristalleri, % 10 silisleşmiş volkanik kayaç parçaları bulunmaktadır.). Yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



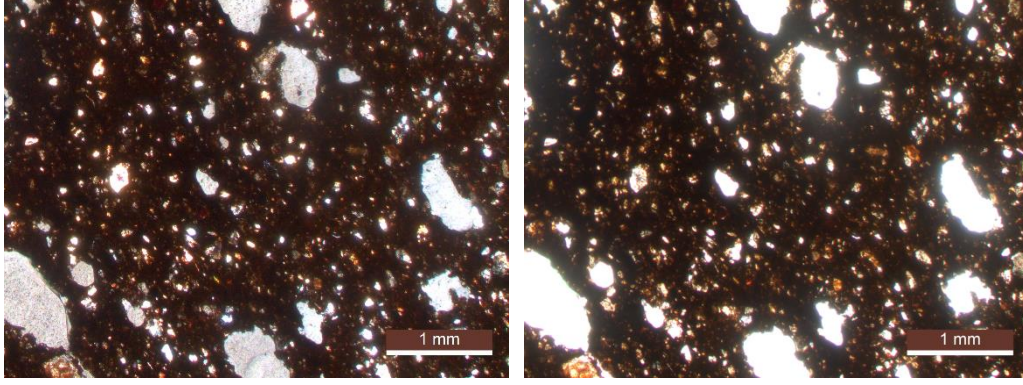
Şekil 124. HŞY3 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 124'te HŞY3 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında şerefesinde kullanılan ve HŞY3 olarak isimlendirilen yeni tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz kristalleri ve andezit kayaç parçaları tespit edilmiştir (% 15 kuvars, % 15 plajiyoklaz kristalleri, % 30 andezit kayaç parçaları bulunmaktadır.). Yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



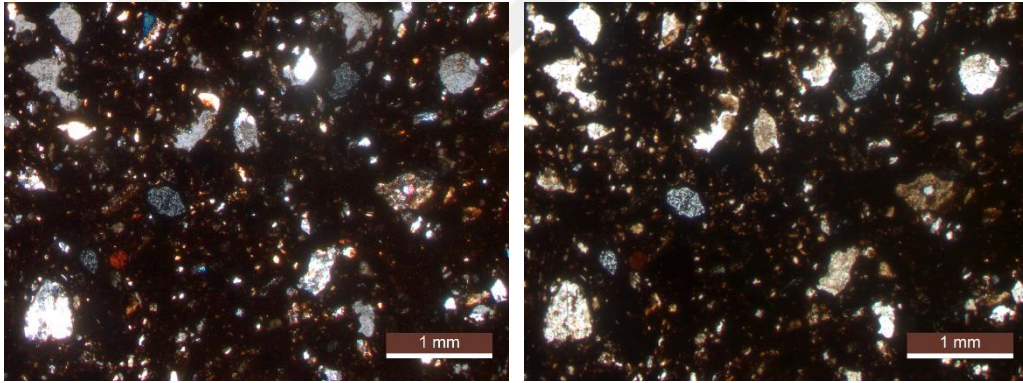
Şekil 125. HŞY4 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 125'te HŞY4 tuğla numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii'nin restorasyonu sırasında şerefesinde kullanılan ve HŞY4 olarak isimlendirilen yeni tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz, hornblend, kalsit kristalleri ve silisleşmiş volkanik kayaç parçaları tespit edilmiştir (% 10 kuvars, % 15 plajiyoklaz, % 5 hornblend, % 2 kalsit kristalleri, % 10 silisleşmiş volkanik kayaç parçaları bulunmaktadır.). Yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



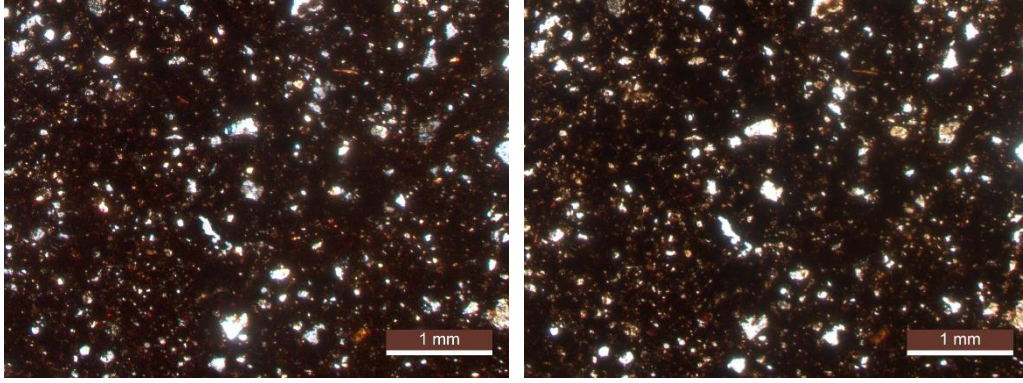
Şekil 126. HMY5 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 126’da HMY5 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu sırasında minaresinde kullanılan ve HMY5 olarak isimlendirilen yeni tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz, hornblend ve biyotit kristalleri tespit edilmiştir (% 10 kuvars, % 20 plajiyoklaz, % 10 hornblend, % 10 biyotit kristalleri bulunmaktadır.). Çok yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



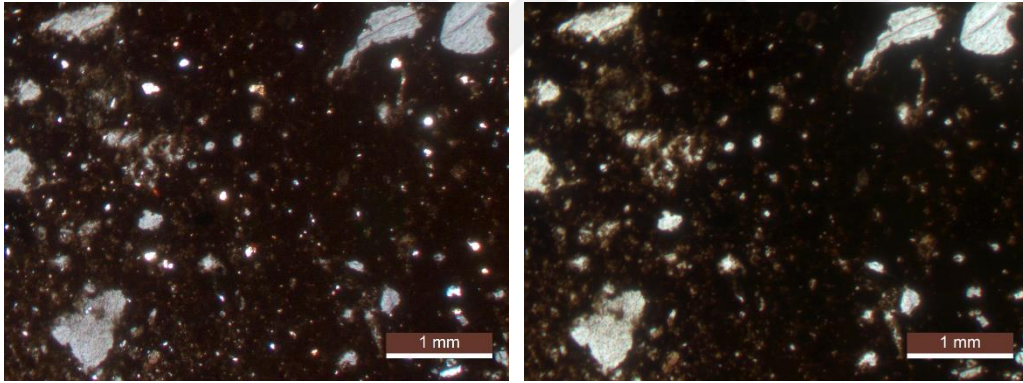
Şekil 127. HDY7 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 127’de HDY7 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu sırasında duvarında kullanılan ve HDY7 olarak isimlendirilen yeni tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz, klinopiroksen, kalsit kristalleri ve silisleşmiş volkanik kayaç parçaları tespit edilmiştir (% 10 kuvars, % 20 plajiyoklaz, % 4 klinopiroksen, % 5 kalsit kristalleri, % 10 silisleşmiş volkanik kayaç parçaları bulunmaktadır.). Çok yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



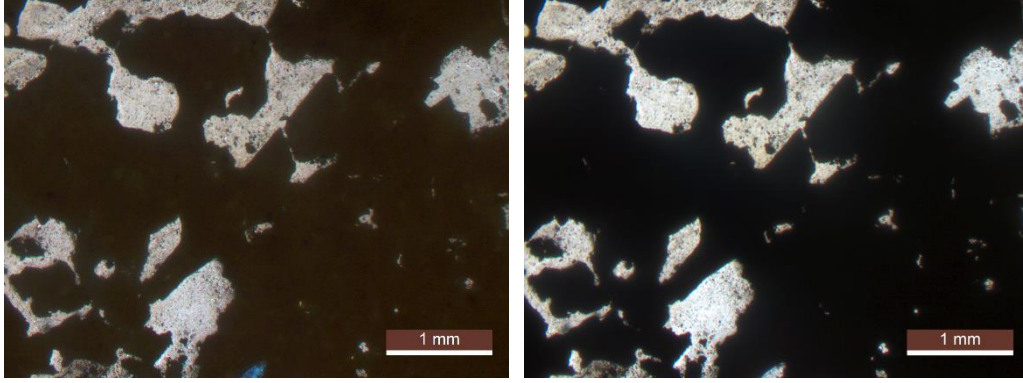
Şekil 128. HDY10 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 128’de HDY10 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Hoca Hasan Camii’nin restorasyonu sırasında duvarında kullanılan ve HDY10 olarak isimlendirilen yeni tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz, biyotit ve hornblend kristalleri tespit edilmiştir (% 15 kuvars, % 15 plajiyoklaz, % 8 biyotit, % 10 hornblend kristalleri bulunmaktadır.). Çok yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



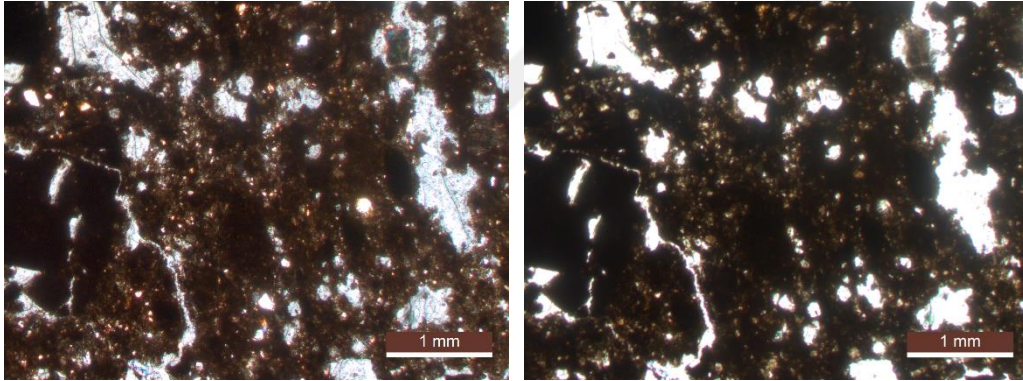
Şekil 129. ŞDE2 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 129’da ŞDE2 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Şerafeddin Camii’nin döşemesinde kullanılmış olan ve ŞDE2 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz kristalleri ve silisleşmiş volkanik kayaç parçaları tespit edilmiştir (% 7 kuvars, % 10 plajiyoklaz, % 5 silisleşmiş volkanik kayaç parçaları bulunmaktadır.). Yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



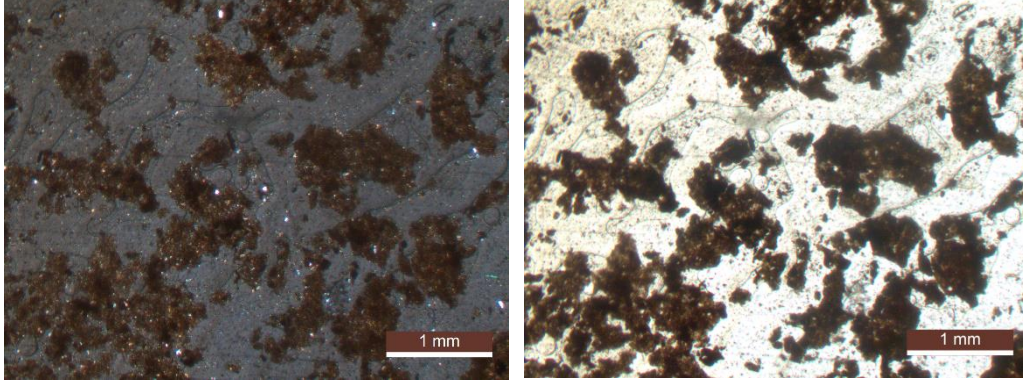
Şekil 130. ŞDE3 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 130’da ŞDE3 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Şerafeddin Camii’nin döşemesinde kullanılmış olan ve ŞDE3 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesinin içerisinde tanımlanabilen çok az ($\sim$ % 3) kuvars kristali tespit edilmiştir.



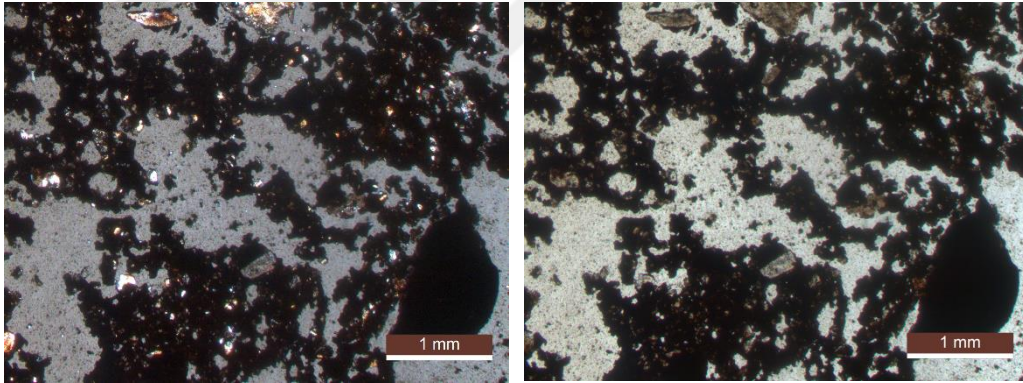
Şekil 131. ŞDE4 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 131’de ŞDE4 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Şerafeddin Camii’nin döşemesinde kullanılmış olan ve ŞDE4 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz, hornblend ve kalsit kristalleri tespit edilmiştir (% 15 kuvars, % 2 plajiyoklaz, % 2 hornblend, % 20 kalsit kristalleri bulunmaktadır.). Çok yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



Şekil 132. ŞDE5 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 132’de ŞDE5 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Şerafeddin Camii’nin döşemesinde kullanılmış olan ve ŞDE5 olarak isimlendirilen eski tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, kalsit ve plajiyoklaz kristalleri tespit edilmiştir (% 15 kuvars, % 20 kalsit, % 2 plajiyoklaz kristalleri bulunmaktadır.). Yaygın olarak oksitlenme gözlenmiştir.



Şekil 133. ŞDY1 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri

Şekil 133’te ŞDY1 numunesinin çift nikol ve tek nikol görüntüleri verilmiştir. Şerafeddin Camii’nin restorasyonu sırasında döşemesinde kullanılan ve ŞDY1 olarak isimlendirilen yeni tuğla malzemesinin içerisinde kuvars, plajiyoklaz kristalleri ve silisleşmiş volkanik kayaç parçaları tespit edilmiştir (% 20 kuvars, % 20 plajiyoklaz kristalleri, % 5 silisleşmiş volkanik kayaç parçaları bulunmaktadır.). Çok yaygın olarak oksitlenme vardır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir toplumun kültürel değerlerini yansıtan tarihi yapıların, özgün özellikleri ile korunması sağlanarak geleceğe taşınması ve sürdürülebilirliğini devam ettirmesi gerekmektedir. Bu açıdan tarihi yapıların tarihsel ve kültürel değerleri ile birlikte özgün malzeme ve yapım teknikleriyle korunması son derece önemlidir. Tarihi yapıların özgün özellikleri ile korunması doğru yapılacak koruma ve onarım çalışmaları ile mümkün olmaktadır. Dolayısıyla tarihi yapıların özgünlüğüne uygun koruma yöntemlerini belirlemeden ve uygulamasını yapmadan önce yapılarda kullanılan malzemelerin özellikleri ve teknik durumları incelenerek yapılardaki bozulma ve hasar durumlarının analiz edilmesi ile müdahaleler gerçekleştirilmelidir. Tarihi yapılarda meydana gelen bozulmaların ve hasarların onarımı için tercih edilen uygulamalar yapının özgünlüğünü bozmayacak şekilde olmalıdır. Aksi halde bilinçsiz müdahaleler ve hatalı uygulamalarla yapılan koruma ve onarım çalışmaları, tarihi yapıların özgün yapısını ve kültürel değerlerini kaybetmesine sebep olmaktadır.

Bu tez çalışmasında Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapıları incelenmiştir. İncelenen tarihi yapılardan elde edilen özgün tuğla malzemeler ile restorasyon için üretilen tuğla malzemelerin özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalar ile malzemelerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Özellikleri tespit edilen tuğla malzemeleri hakkında elde edilen veriler doğrultusunda her iki tarihi yapıda kullanılan özgün tuğla malzemeleri ile restorasyon uygulamaları için üretilen tuğla malzemelerin özelliklerinin değerlendirmeleri yapılmıştır.

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarında kullanılmış olan eski tuğla malzemeleri ile restorasyon uygulamaları sırasında kullanılan yeni tuğla malzemeleriyle ilgili yapılan araştırmada inceleme ve analizlerin yorumlanması ile elde edilen sonuçları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Özgül kütle açısından yapı malzemeleri ele alınacak olunursa, Hoca Hasan Camii'nde kullanılan yapı malzemelerinin özgül kütle değerleri incelendiğinde eski malzemelerin özgül kütle değerleri $2,446 \text{ gr/cm}^3$ ve $2,610 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişkenlik göstermekte olup restorasyonda kullanılan yeni malzemelerde özgül

kütle değerleri $2,423 \text{ gr/cm}^3$ ve $2,570 \text{ gr/cm}^3$ arasındadır. Şerafeddin Camii'nde kullanılan yapı malzemelerinde ise özgül kütle değerleri eski malzemelerde değişkenlik gösterirken ($2,291 \text{ gr/cm}^3 - 2,535 \text{ gr/cm}^3$) yapının restorasyonunda kullanılan yeni yapı malzemesinin özgül kütle değeri $2,354 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Bu sonuçlardan anlaşıyor ki her iki tarihi eserde kullanılan eski ve yeni yapı malzemelerin özgül kütle değerleri birbirine yakındır.

- Birim hacim ağırlık sonuçları dikkate alınacak olursa, Hoca Hasan Camii'nde kullanılan eski tuğla malzemelerinin birim hacim ağırlık değerleri $1,139 \text{ gr/cm}^3$ ve $2,065 \text{ gr/cm}^3$ arasında oldukları ve restorasyon için kullanılan yeni tuğla malzemelerinin birim hacim ağırlık değerleri ise $1,460 \text{ gr/cm}^3$ ve $1,649 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişkenlik gösterdikleri tespit edilmiştir. Şerafeddin Camii'nde ise kullanılan eski tuğla malzemelerinde birim hacim ağırlık değerleri $1,145 \text{ gr/cm}^3$ ile $1,612 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişkenlik göstermekle birlikte restorasyonda kullanılan yeni tuğla malzemesinin birim hacim ağırlık $1,361 \text{ gr/cm}^3$ değerine sahiptir. Bu sonuçlar ışığında söyleyebiliriz ki, mevcut eski yapı malzemelerinin birim hacim ağırlık değerleri Hoca Hasan Camii'nde büyük bir aralığa sahip iken restorasyonda kullanılan yeni malzemeler daha ortalama değerlere sahiptirler. Benzer şekilde Şerafeddin Camii'nde kullanılan eski yapı malzemelerinin birim hacim ağırlık değerlerinin ortalamasına yakın değerde yeni yapı malzemesi restorasyonda kullanılmıştır.
- Tarihi yapılardan elde edilen eski ve yeni tüm yapı malzemesi numunelerinin kılcallık deneyleri neticesinde ilk okumadan son okumaya doğru tüm tuğla numunelerinin kapilarite katsayı değerlerinin azaldığı ve buna paralel olarak numunelerdeki kütle artışının da azalarak arttığı tespit edilmiştir. Etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulan numuneler deneyin ilk 4 dakikasında diğer dakika dilimlerine kıyasla (maks.169 dk) daha hızlı su alma eğilimi göstermişlerdir. Bu nedenle ilk 4 dakika içindeki kütle artışı diğer dakika ölçümlerindeki kütle artışına göre çok daha fazladır. Bu davranış, elimizdeki hem yeni hem de eski yapı malzemeleri için benzer şekilde gözlenmiştir.
- Kütlece su emme deneyleri sonucunda Hoca Hasan Camii'nde kullanılan eski yapı malzemelerin kütlece su emme değerleri % 6,22 – % 11,26 değerleri arasında iken sadece bir numunede yüksek bir değer % 41,03 elde edilmiştir.

Yeni yapı malzemelerinde ise bu değerler % 17,71 – % 21,49 arasında daha ortalama değerler şeklinde gözlenmiştir. Şerafeddin Camii'nde kullanılan eski yapı malzemelerinin kütlece su emme değerleri % 19,10 – % 24,91 değerleri arasında yer alırken sadece bir numunede % 37,46 değeri elde edilmiştir. Restorasyonda kullanılan yeni yapı malzemesinin kütlece su emme değeri ise % 26,55 şeklinde bulunmuştur. Her iki tarihi yapıda kullanılan mevcut ve yeni yapı malzemelerinin kütlece su emme oranları birbirine yakın değerlerde oldukları belirlenmiştir.

- Komposite oran değişimleri incelendiğinde, Hoca Hasan Camii'nde kullanılan mevcut yapı malzemelerinde komposite % 43,64 – % 84,63 değerleri arasında görülürken restorasyon için kullanılan malzemelerde ise % 60,33 – % 67,77 değerleri arasında yer almaktadır. Şerafeddin Camii'ndeki yapı malzemelerinde ise komposite değerleri eski malzemelerde % 45,26 – % 56,19 arasında olup yapının restorasyonu için kullanılan yeni malzemesinin komposite değeri ise % 57,96'dır. Bununla birlikte Şerafeddin Camii'nin restorasyonunda kullanılan malzemesi eski malzemedan daha yüksek bir değerde olmakla beraber, Hoca Hasan Camii'nin restorasyonunda kullanılan malzemesinin komposite değerine yakın bir değere sahiptir. Bu veriler neticesinde tarihi yapıların restorasyonunda kullanılan yapı malzemelerinin komposite oranlarının % 60 civarında oldukları saptanmıştır.
- Çalışmamızda ele alınan tarihi yapılardan elde edilen numunelerin porozite özellikleri incelendiğinde, Hoca Hasan Camii'nin mevcut eski malzemelerde porozite % 15,37 – % 56,36 değerleri arasında değişkenlik göstermekte iken restorasyonda kullanılan yeni malzemelerde ise % 32,23 – % 39,67 değerleri arasında yer almaktadır. Şerafeddin Camii'nin yapı malzemelerinin porozite değerleri ise eski malzemelerde % 35,52 – % 54,74 arasında olup yapının restorasyonu için kullanılan yeni malzemenin porozite değeri % 42,04'tür. Bu sonuçlara göre her iki tarihi yapının eski mevcut yapı malzemelerinin porozite değerleri arasında belirgin büyük farklılıklar var iken, aynı tarihi yapıların restorasyonunda kullanılan yeni yapı malzemelerinin porozite değerleri daha ortalama değerlere sahiptirler.

- Eğilme dayanımları ele alındığında Hoca Hasan Camii'nde restorasyon öncesi kullanılan mevcut yapı malzemelerinde eğilme dayanımları $1,408 - 4,239 \text{ N/mm}^2$ değerleri arasında iken, bu yapının restorasyonu için kullanılan malzemelerin eğilme dayanımı $1,778 - 6,808 \text{ N/mm}^2$ değerleri arasında yer almaktadır. Şerafeddin Camii'si için eğilme dayanım değerleri kullanılan eski malzemelerde $1,264 - 2,716 \text{ N/mm}^2$ değerleri arasında değişkenlik göstermekte olup yapının restorasyonu için kullanılan yeni malzemesinin eğilme dayanım değeri $1,444 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre her iki yapının restorasyonunda kullanılan yeni yapı malzemeleri eski mevcut malzemelere göre daha ortalama değerlere sahip oldukları görülmektedir.
- Basınç dayanım değerleri incelendiğinde Hoca Hasan Camii'nde kullanılan eski tuğla malzemelerinde basınç dayanım değerleri sadece bir duvar malzemesinde $23,864 \text{ N/mm}^2$ değerine sahip iken karşılığında restorasyon için kullanılan bir duvar malzemesin de basınç dayanım değeri $21,608 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Diğer eski bir yapı malzemesinin basınç dayanım değeri 2.572 N/mm^2 iken, restorasyonda kullanılan yeni malzemelerin basınç dayanım değerleri $3.962 - 12.451 \text{ N/mm}^2$ arasında değişkenlik göstermekle birlikte daha yüksek dayanıma sahiptirler. Aynı zamanda Şerafeddin Camii'nde kullanılan eski tuğla malzemelerinin basınç dayanım değerleri $4,102 - 8,368 \text{ N/mm}^2$ arasında bulunmakla birlikte restorasyonda kullanılan yeni tuğla malzemesinin basınç dayanım değeri $3,630 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir.
- Don tesirlerine dayanıklılık deneyleri neticesinde Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarına ait numunelerin hepsinde ilk dört denemede hiçbir kopma ve parçalanma meydana gelmemiştir. Beşinci denemeden dokuzuncu denemeye kadar ise kılcal çatlakların görülmesi ve bu durumun artmasının gözlenmesinin yanında parça kopması olmamıştır. Onuncu deneme ve sonrasında artan kılcal çatlaklar ile birlikte parça kopmaları da görülmekte ve deneme sayısı arttıkça numunelerden parça kopması da artmaktadır. Bütün eski ve yeni yapı malzemesi numuneleri ele alındığında hemen hepsi don tesirlerine karşı benzer davranışlar sergiledikleri tespit edilmiştir.

- Kimyasal analizler kapsamında; numuneler üzerinde SEM, EDS, XRF, TGA ve petrografik analizler gerçekleştirilmiştir. Numuneler elektron mikroskobu (SEM) ile 4 farklı ölçekte (100 kat, 250 kat, 1000 kat, 5000 kat) büyütülerek görüntülerine yer verilmiştir. EDS analizleri sonucunda numunelerin içerisindeki elementler ve oranları tespit edilmiştir. Bu analizlerin sonucunda numunelerin genel olarak Ca, Mg, Si, O, Al, Fe, Na, K, Ti elementlerini içerdikleri belirlenmiştir. Bunun yanında malzemelerdeki elementlerin yapılara ve yapılardaki malzemelere göre çeşitlilik göstermesi ile birlikte farklı oranlara da sahip oldukları görülmektedir.
- Yapılan XRF analizleri ile malzemelerin yapısındaki bileşikler ve yüzde miktarları tespit edilmiştir. Malzemelerin XRF analizleri sonucunda genel olarak Na₂O (sodyum oksit), MgO (magnezyum oksit), CaO (kalsiyum oksit), Al₂O (alüminyum oksit), SiO₂ (silisyum oksit), K₂O (potasyum oksit) ve TiO₂ (titanyum oksit) bileşikleri, yapılarında bulunan diğer bileşiklere oranla fazla miktarda oldukları belirlenmiştir.
- TGA analizlerinde malzemelerin yüksek sıcaklık değerleri altındaki durumları incelenmiştir. Belirli zaman diliminde ulaşılan en yüksek sıcaklık değerlerinde gerçekleşen termal analiz deneyinde malzemelerdeki kütle değişimleri gözlemlenmiştir.
- Petrografik analizler sonucunda ise numunelerin morfolojileri, minerolojileri, boşluk ve kristal yapıları gibi pek çok özellikleri araştırılmıştır. Yapılan analizler doğrultusunda numunelerde kuvars, kalsit, hornblend kristalleri, plajiyoklaz kristalleri ve silisleşmiş volkanik kayaç parçaları ağırlıkta olup numunelere göre farklı oranlarda oldukları belirlenmiştir. Bununla birlikte bu analizler ile numunelerde yaygın olarak oksitlenmenin olduğu tespit edilmiştir.

Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii'lerine ait malzemeler ve çeşitleri bulundukları yere göre, yapıdaki kullanımlarına göre ve yapısal özelliklerine göre gruplandırılarak ayrı ayrı üzerinde çalışılmıştır. Her bir malzeme yapı özelinde değerlendirilerek şekiller, tablolar ve grafiklerde detaylıca ifade edilmiştir. Titizlikle yapılan deneysel çalışmalar ile tarihi yapılardan elde edilen malzemelerin karakteristik özellikleri ayrıntılı bir şekilde belirlenmiştir. Böylece değerli kültür varlıklarımızdan olan Hoca Hasan Camii ve Şerafeddin Camii tarihi yapılarına ait malzemeler üzerinde yapılan deneysel

alışmalar sonucunda malzemelerin özelliklerine dair bilgilerin elde edilmesi ile incelenen tarihi yapılarda ileri ki zamanlarda koruma ve onarım çalışmaları gerekli görülmesi halinde tarihi yapılara uygun restorasyon çalışmalarının yapılmasına ve yapıların özgün malzemelerine uyumlu yapı malzemelerinin kullanılmasına referans olmasını sağlayacaktır.

Kültür mirasımız olan tarihi yapılar işlevlerini sürdürebilmek ve gelecek kuşaklara ulaşabilmek amacıyla özgün değerleriyle bir bütün olarak korunmalıdır. Bu amaçla koruma kriterleri kapsamında yapılan koruma ve onarım çalışmalarında tarihi yapılar ayrıntılarıyla incelenerek yapılmalıdır. Bu incelemeler ışığında yapıda kullanılan malzemeler ve özellikleri yapım teknikleri ile araştıırılarak yapıda meydana gelen bozulmalar tespit edilmeli, bu doğrultuda müdahaleler yapılmalıdır. Tarihi yapıların restorasyon çalışmalarında yapılacak bilinçli müdahaleler ile özgün malzemenin niteliklerinin belirlenmesi ve gerektiğinde kullanılacak yeni malzemenin özgününe uygun olarak seçilmesi doğrultusunda tarihi yapılar karakteristik özellikleri ile korunacaktır. Aksi halde bilinçsizce müdahaleler ve hatalı uygulamalarla yapılan yanlış restorasyon çalışmaları ile tarihi yapılar sahip oldukları özgünlüklerini ve değerlerini kaybetmesi kaçınılmaz olacaktır.

KAYNAKLAR

- Acun Özgünler, S., (2007). *Tarihi yapılarda kullanılan volkanik tüflerin konservasyonu üzerine bir araştırma: od taşı örneği*. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Acun Özgünler, S. & Gürdal, E., (2008). *Ahi Çelebi Camii'nde kullanılan od taşının konservasyon çalışmaları*. İTÜ Dergisi, 7(2), 52-63.
- Acun Özgünler, S., Gürdal, E. & Kahraman Altaş, G. (2012). İstanbul'daki Roma Dönemi Saray Yapılarındaki Horasan Harçlarının İncelenmesi. Restorasyon Yıllığı Dergisi, 41 – 49.
- Ağan, A., (2017). *Balıkesir kent dokusundaki tarihi yapılarda malzeme bozulmaları üzerine bir araştırma*. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Ahunbay, Z. (Ed). (1999). *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon*, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Akar Noei, T., (2018). *Babil – İhtar Kapısı sırlı tuğlalarının karakterizasyonu ve korumaya yönelik öneriler*. Yüksek lisans tezi, Kadir Has Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akcan, M., (2015). *Harran bölgesi tarihi harçların fiziko – kimyasal ve mineralojik özelliklerinin araştırılması*. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Akgül, E., (2006). *Datça bölgesindeki volkanik tüflerin yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aköz, F. (2005). *Yığma Kagir Yapılarda Hasar Tespiti*, YDGA2005, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara
- Aköz, F., & Yüzer, N., (2005). *Tarihi yapılarda malzeme özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler*, Erişim adresi: <https://eskisakarya.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11142.pdf>. Erişim tarihi: 1 Şubat 2023.
- Aktaş, H., (2019). *Tarihi Çeçen Süleyman Efendi konağındaki sıvaların incelenmesi*. Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aktaş, H., Başyigit, C., Çankıran, O., Uzun, İ., Ürgüp, M. N. & Kılınçarslan, Ş., (2007). Yalvaç Pisidia Antiocheia Kentinde Kullanılan Tuğla ve Bağlayıcı Malzemelerin Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3 (2), 1-6.
- Akyol, A. A. & Yılmaz, M. (2020). *Hasankeyf er rızık camii minaresi yapı malzemelerinin arkeometrik analizleri*. TÜBA-AR Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi, 0 (26), 159-175.

- Akyol, A. A., (2019). Sivrihisar Ulu Cami Yapı Malzeme Analizleri. 21. Uluslararası Orta Çağ ve Türk Dönemi Kazıları ve Sanat Tarihi Araştırmaları Sempozyumu Bildirileri, 13(21), 36-55.
- Akyol, A. A., Eskici, B. & Kadioğlu, Y. K. (2006). Erzurum Yakutiye Medresesi yapı malzemeleri, bozulmalar ve koruma problemleri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 46(1), 165-188.
- Amman, B., (2012). *Tarihi yapıların hasar onarım tespiti ve restorasyon çalışmaları*. Yüksek lisans tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Manisa.
- Angı, O. S. (2015). Ayasofya'nın Yapımında Kullanılan Doğal Taşlar Ve Günümüzdeki Korunmuşluk Durumları, (ss. 43-57). Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi,
- Artioli, G., (2010). Scientific Methods And Cultural Heritage, An introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science.
- ASTM C1161-90, (1991). Standard test methods for flexural strength of advanced ceramics at ambient temperature, Annual Book of ASTM Standards.
- Aydın, M., Tetiker, S., & Tanrikulu, H. (2019). Şanlıurfa – Hacı Yedigörmüş Camii restorasyon amaçlı yapı malzemelerinin arkeometrik özelliklerinin incelenmesi. TÜBA-AR Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi, (24), 237-247.
- Bank, T. G., (2006). *Suyun yapı hasarı üzerindeki etkisi ve hasarların giderilme yolları*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baranaydın, F., Ercan, E., & Nuhoglu, A., (2021). Ayasuluk Kalesi sur duvarlarının yapısal davranış analizleri ve onarım/güçlendirme çalışmaları, TÜBA-KED Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi, 0 (23), 37-62
- Barbara H. Stuart (2007). Analytical Techniques in Materials Conservation. Sydney, Australia.
- Balcı, A. (2018). *Konya Şerafeddin Cami kalem işi tezyinatı*. Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Başaran, B., (2010). *Enez Ayasofya Kilisesi (Fatih Camisi)'nde kullanılan yapı malzemesinin analizi ve konservasyon yöntemleri*. Yüksek lisans tezi, Kadir Has Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baturayoglu Yöney, N. & Ersen, A., (2010). 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başında İstanbul'da yapı dış cephelerinde kullanılan yapay taşların mimari değerlendirmesi. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, (2), (ss. 21-31)
- Bayık H., & Bedirhanoglu, İ., (2022). Tarihi yapılarda kullanılan doğal taşlarda bozulmalar. Kadim yayın grubu, 495-509
- Cansunar Yetkin, G. & Çobancaoglu, T. (2019). Düünden Bugüne Gaziantep Geleneksel Mimarisinde Taşın Kullanımı, İstanbul Üniversitesi Yayınevi, Art-Sanat Dergisi, (12), 129-162.
- Cinemre, M., (2019). *Kesme taş duvarlarında kullanılan tarihi horasan harçlarının mekanik özelliklerinin incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya.

- Coruk, Ö., Karakaş, A., & Selim, H. H., (2019). Tarihi eserlerde doğal yapıtaşı olarak kullanılan lefke taşının (Osmaneli/Bilecik) jeolojik ve mühendislik özellikleri. DÜMF Mühendislik Dergisi 10:3.
- Croci, G., (Ed). (2000). *The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*, Advances in Architecture Series, Computational Mechanics Publication/WIT Press, UK.
- Çalık, İ. (2017). *Tarihi cami ve minarelerin deneysel dinamik karakteristiklerinin belirlenmesi ve restorasyon etkilerinin değerlendirilmesi*. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Cansunar, G., (2019). *Gaziantep geleneksel mimarisinde taş malzemenin kullanımı ve korunmasına yönelik yöntem araştırması*. Doktora tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çalık, İ., (2017). *Tarihi cami ve minarelerin deneysel dinamik karakteristiklerinin belirlenmesi ve restorasyon etkilerinin değerlendirilmesi*. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Trabzon.
- Çapar, E. M., (2019). *Bazı küfeki taşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dal, M., (2011). Mimarının En Soylu Yapı Malzemesi Olarak Doğal Taş, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi Mimarlıkta Malzeme Dergisi 19(3) 90-95. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/293796683>. Erişim tarihi: 10 Nisan 2023.
- Dal, M., Öcal, A. D., & Yalçın, M., (2016). Gazimağusa kaleiçindeki tarihi taş yapılarda görülen bozunmalar. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31 (2) , (355-364).
- Dabanlı, Ö. (2008). *Tarihi yığma yapıların deprem performansının belirlenmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Detseli, N., (2019). Selçuklu dönemi ahşap minberlerine bir örnek: Konya Alaeddin Camii minberinin desen analizi. İSTEM Dergisi, 17/33, 213 – 239.
- Doğan, A. (2004). *Adana'nın sıcak – nemli ikliminde dış duvarlarda oluşan hasarların irdelenmesi ve yapısal çözüm önerileri*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dündar, B., (2019). *XIX. yüzyılda Konya Mevlana Caddesi'nin fiziksel yapısı ve kullanımı*. Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Ekşi Akbulut, D., (2006). *Tarihi yapıların onarımında kullanılacak harçların seçimine yönelik bir öneri*. Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdem, H. O., (2016). *Koruma ve onarım uygulamaları öncesinde tarihi taş yapılarda bozulmaların teşhis: Phrygia Hierapolis'inden bir örnek*. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

- Erdul Mergen, M., (2010). *Kuşadası, Kadıkalesi'nde Bizans Dönemine ait duvarlarda görülen malzeme ve teknik*. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Erdem, M. N. (2019). *Konya Sahip Ata Külliyesi Camii restorasyonu üzerine bir inceleme*. Yüksek lisans tezi. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Eren, M. E., (1998). *Dolmabahçe Sarayı yapı taşlarının bozulma nedenlerinin saptanması ve korunması üzerine bir araştırma*. Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ersen, A., & Güleç, A. (2009). Basit ve ileri analiz yöntemleri ile tarihi harçların analizi. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 3, 65 – 73.
- Ersen, A. & Kozlu, H. (2010). Kayseri'de Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı Dönemi yapıları harçlarının özellikleri ve onarım harçları tasarımı. *İTÜ Dergisi*, 10(1), 125 – 136.
- Eryiğit, Z. B. (2019). *Eminönü Yeni Cami'nin restorasyon sürecinde yapının özgün malzeme tespiti ve yeni malzeme kullanım önerileri*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eroğlu, Ü., & Halaç, H. H., (2022). İnce Minareli Medresedeki nem problemi ve çözüm önerileri, *Vakıflar Dergisi* 57, 156 -176.
- Esin, T., (1990). *Konya ve çevresindeki tarihi eserlerde doğal taş malzemenin bozulma nedenleri ve onarımlarda kullanılacak uygun taş seçimi için bir çalışma*. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Eskici, B., Akyol, A. A., & Kadioğlu, Y., K., (2006). Erzurum Yakutiye Medresesi yapı malzemeleri, bozulmalar ve koruma problemleri. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(1), 165-188.
- Feilden, B. M., (Ed). (2003). *Conservation of Historic Buildings*, Arhitectural Press Oxford. (İlk baskı 1982).
- Google Earth.Hoca Hasan Camii konumu. Erişim adresi: [https://earth.google.com/web/search/HOCA+HASAN+CAM% c4%b0% c4%b0/@37.87022577,32.48602332,1021.51635787a,105.81465286d,35y,-14.43358084h,30.08646856t,0r/data=Cn0aUxJNCiUweDE0ZDA4NWFjMDA4MWJiNzM6MHgzYzM3ZjY1YjExMGi4ZmQ4GSUBD7Fm70JAJeSjINM1PkBAKhJIT0NBIEhBU0FOIENBTcSwxLAYASABliYKJAl_xl1wPfBCQBHDwxepUu9CQBnfD4VVAEFAQCETV8QpmD5AQA](https://earth.google.com/web/search/HOCA+HASAN+CAM%c4%b0% c4%b0/@37.87022577,32.48602332,1021.51635787a,105.81465286d,35y,-14.43358084h,30.08646856t,0r/data=Cn0aUxJNCiUweDE0ZDA4NWFjMDA4MWJiNzM6MHgzYzM3ZjY1YjExMGi4ZmQ4GSUBD7Fm70JAJeSjINM1PkBAKhJIT0NBIEhBU0FOIENBTcSwxLAYASABliYKJAl_xl1wPfBCQBHDwxepUu9CQBnfD4VVAEFAQCETV8QpmD5AQA). Erişim tarihi: 5 Ocak 2023
- Google Earth. Şerafeddin Camii konumu. Erişim adresi: https://earth.google.com/web/search/%c5%9ferafeddin+CAM% c4%b0% c4%b0/@37.87226462,32.49859598,1018.50606865a,112.75075807d,35y,-3.62379072h,0.84552186t,0r/data=Cn4aVBJOCiUweDE0ZDA4NTBmNDMyZjUxZDc6MHhkNzc5OGFkYWJmZDgxYmM1GRzxv_Cl70JAISZ08n3MP0BAKhPFn2VyYWZlZGRpbiBDQU3EsMSwGAIgASImCiQJXTQNIfvwQkARouB2jWfvQkAZrCK7djo_QEAh4hMlpVg8QEA. Erişim tarihi 5 Ocak 2023

- Güldoğan, İ., (2018). *Karacahisar Kalesinde kullanılan özgün yapı malzemelerinin genel karakteristik özellikleri*. Doktora tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Güleç, A., (2012). Nuruosmaniye Camii'ne ait malzemelerin nitelik ve problemlerinin analizi. Vakıf Restorasyon Yıllığı, s.5, 59-75.
- Güleç, A., (2014). İstanbul Edirnekapı Mihrimah Camii malzeme – problem karakterizasyonu ve çözüm önerileri. Restorasyon Yıllığı Dergisi, 9(2014), 34-51.
- Güleç, A., & Kurugöl, S., (2015). Physico-Chemical, petrographical and mechanical properties of mortars used in an Ancient Roman Basilica in Amasra/Turkey, Gazi University Journal of Science, 28(4), 609-621, 2015.
- Güleç, A., (2019). Fatih Camii ve I. Mahmut kütüphanesi harç ve sıvalarının karakterizasyonu. Vakıf Restorasyon Yıllığı, 10(2), 709-720.
- Gür, D. (2019). *Tarihi yapıların onarımında kullanılmak üzere puzolan katkılı hidrolik kireç esaslı onarım harcı üretilme olanaklarının araştırılması*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gür, H. (2017). *Tarihi kagir cephelerdeki bozulmaların ifadelendirilmesi için bir model önerisi ve modelin Galata-Pera bölgesindeki 19. Yüzyıl yapılarında sınanması*. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gür, D., & Acun Özgünler, S. (2021). A comparative study on the influence of mineral additives to the physicomaterial properties of nhl mortars cured in water. Gazi University Journal of Science, 34(3), 611-628.
- Gürelli, M. (2020). *Şerafeddin Camii-Konya*. Erişim adresi: <https://tarihgezisi.com/camiler/serafeddin-camii-konya/>. Erişim tarihi: 16 Eylül 2020.
- Gürdal, E., Kahraman Altaş, G., & Acun Özgünler, S., (2013). İstanbul'da bulunan Erken Bizans Dönemi dini yapılarında kullanılan horasan harçlarının özelliklerinin incelenmesi. Vakıf Restorasyon Yıllığı, 6, 2013.
- Hatır, M. E. (2019). *Kapadonya bölgesi 19. yy Osmanlı kiliselerindeki taş malzemelerin bozunma nedenleri ve rehabilitasyonu için öneriler: Niğde küçükköy kilisesi örneği*. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Hughes, J. & Callebaut, K., (2002). In – situ visual analysis and practical sampling of historic mortars, Materials and Structures, 35(2), 70 – 75.
- Işık, Ö. (2010). *Konya Şerafeddin Camisi yakınındaki türbenin tuğla duvar malzemesinin arkeometrik yönden araştırılması*. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- İş, M. (2019). *İmareti-i Atik Camii'nde kullanılan Osmanlı-Bizans Dönemi harç ve sıvalarının incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Kahraman, G. (2008). *Erken Bizans Dönemi horasan harçlarının incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kahraman, G. & Acun Özgünler, S. (2021). Aizanoi Antik Kentinde bulunan Odeion yapısının malzeme özellikleri ve hasar durumunun incelenmesi. İstanbul Üniversitesi Yayınevi, 16(2021), 355-379.
- Kahya, Y. (1992). *İstanbul Bizans mimarisinde kullanılan tuğlanın fiziksel ve mekanik özellikleri*. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç, A. (2003). Tarihi Eserlerin Yangın Talihsizliği, İnşaat Life Sayı:1, (ss. 64-67), İstanbul.
- Koçu, N. (1995). Yapı dış kabuğunda oluşan hasar ve kusurları önleme önerileri, Yapı Endüstri Merkezi Bildirileri, İstanbul.
- Koçu, N. (1997). *Konya çevresindeki volkanik tüflerin yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma*. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koçu, N. (2014). Tarihi Beyşehir Eşrefoğlu Camii'nde geleneksel yapı malzemeleri ve onarım çalışmalarının değerlendirilmesi. Artium, 2 (1), 58-69.
- Koçkal, N., Oğuz, C., & Türker, F. (2015). Andriake Limanı'nda Roma, Bizans ve Selçuklu Dönemi Harçlarının Özellikleri. İMO Teknik Dergi, 26 (1)
- Konya Vakıflar Müdürlüğü Arşivi, 2023.
- Korkmaz, Y. & Yücel, K. T., (2020). Tarihi yapılarda kullanılan tuğla malzemelerin, termal iletkenlik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması. Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi, 5(2), 1-9.
- Kozlu, H. H. (2010). *Kayseri yöresindeki tarihi harçların karakterizasyonu ve onarım harçlarının özellikleri*. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kozlu, H. & Ersen, A. (2011). Kayseri' de Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı Dönemi yapıları harçlarının özellikleri ve onarım harçları tasarımı. İTÜ Dergisi, 10(1), 125-136.
- KUDEB. (2011). Restorasyon ve konservasyon laboratuvarları. İstanbul, Şan Matbaa.
- Kurugöl, S. & Tekin, Ç., (2010). Anadolu'da Bizans Dönemi kale yapılarında kullanılan tuğlaların fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25 (4), 0.
- Konya'nın iklimi ve coğrafi konumu*. (t.y.). Erişim adresi: <https://konyakultur.gov.tr/>. Erişim tarihi: 01 Haziran 2023.
- Korkmaz, Ş. (2019). *Tarihi yapılarda kullanılan tuğla malzemelerin, termal iletkenlik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması*. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Küçükaya, A. G. (Ed). (2004). *Taşların bozulma nedenleri ve koruma yöntemleri*, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Lucian, C. (2014). *Engineering Properties of Building Materials in Historic Buildings in Bagamoyo (Tanzania)*. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT).

- Mahrebel, H. A. (2006). *Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri, hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mavi, Ö. (2000). *Kireç harç ve sıvaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mavioğlu, Ü. A. (2011). *Farklı puzolanik katkıları ile hazırlanan horasan harçlarının değişen parametrelerinin incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mcmullan, D. (1995). Scanning Electron Microscopy 1928 – 1965. 17,175-185.
- Metin, D. (2020). *Aspendos'ta tarihi yapılarda kullanılan harçların ve tuğlaların özellikleri*. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Middendorf, B., Hughes, J. J., Callebaut, K., Baronio, G., & Papayianni, I., Investigative methods for the characterisation of historic mortars – Part 1: Mineralogical characterisation. Springer Link, Materials and Structures volume 38, ss 761–769.
- Oflas Yüksel, B. (2019). *Tarihi Kütahya Kalesi restorasyonu için yöntem geliştirilmesi*. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Oğuz, C. (2013). *Myra ve Limanı Andriake' de kullanılan özgün malzeme özelliklerinin araştırılması*. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Özen, O. (2021). *Akseki düğmeli evlerin incelenmesi ve restorasyon öncesi malzeme araştırması*. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Öztürk, G. (2018). *Topkapı Sarayı kurşunluk yapısı malzemelerinin karakterizasyonu ve koruma önerileri*. Yüksek lisans tezi, Kadir Has Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pekel, S. (2019). *Tarihi bir yapının restorasyondan önceki ve sonraki durumlarının karşılaştırmalı analizi*. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Polat Pekmezci, I. (2012). *Çukurova bölgesindeki (Kilikya) bazı tarihi yapılarda kullanılan harçların karakterizasyonu ve onarım harçları için öneriler*. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvarları – İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü (KUDEB).
- Saydan, M. (2015). *Konya bölgesi'ndeki tarihi yapılarda sıklıkla kullanılan sille taşı'nın bazı mekanik, mineralojik, jeokimyasal, ve puzolanik özelliklerinin belirlenmesi*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Sarılioğlu, A. (2021). *Orta Karadeniz Bölgesi sahil illerinde restorasyon aşamasındaki bazı tarihi yapı harçlarından genel harç önerileri geliştirilmesi*. Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Solak, A. (2015) Denizli yöresindeki Osmanlı Dönemi tarihi yapılarında kullanılan harçların özellikleri. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu (ss. 361-373).
- Sömer, S. (2014). *Antik yapılarda kullanılan tuğla malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Selçuklu Belediyesi. (2017). Erişim adresi: <https://www.selcuklumirasi.com/architecture-detail/hoca-hasan-mescidi>. Erişim tarihi: 7 Haziran 2023.
- Sepetçi, Ö. (2012). *Edirne Kaleiçi'nde yer alan erken 20. yy kamu yapılarına ait taşıyıcı sistemlerinin ve yapı malzeme özelliklerinin incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- Sömer, S. (2014). *Antik yapılarda kullanılan tuğla malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması*. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Şahin, G. (2017). *Bab-ı Seraskeri Hastanesi (İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi) yapısında kullanılan farklı dönem tuğlalarının karakterizasyonu ve koruma önerileri*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şener, E. V. (2020). *Tarihi taş yapılarda görülen bozulmalar ve temizlik yöntemlerinin İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi güney dış cephesi örneği üzerinden değerlendirilmesi*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- Şerafeddin Camii. (t.y.). Erişim adresi: <http://www.konya.gov.tr/serfeddin-cmii>. Erişim tarihi: 7 Nisan 2023.
- TSS 699 (2009). Doğal Yapı Taşları – İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri. Ankara: TSE.
- Tuğrul, A., Zarif, İ. H., Yıldırım, M., & Gürpınar, O. (1999). İstanbul'daki tarihi anıt ve yapılarda kullanılan kireçtaşlarının kirlenme ve ayrışmasında etkin faktörler. İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 12 (1)
- Tulgar, S. (2007). *Sultanahmet Örne Dikilitaş'ta ayrışmaların teşhisi ve önerilen koruma yöntemleri*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Uygun, Y. (2019). *Balıkesir'deki tarihi Kaya Bey, İbrahim Bey ve Halhallı Camilerinin malzeme özelliklerinin araştırılması*. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Uğur, T. (2019). *İstanbul'daki bazı Erken Dönem Bizans yapılarına ait harçların karakterizasyonu ve onarım harcı önerileri*. Doktora tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.

- Umaroğulları, G. (2015). *Erken dönem Osmanlı yapılarında kullanılan Trakya bölgesi küfeki taşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin sonuçları üzerine bir model önerisi*. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Uz, A., (2021). *Tarihi yapıların koruma – onarımı için malzeme karakterizasyon yöntemlerinin değerlendirilmesi*. Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ünay, A. İ. (Ed). (2002). *Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı*, ODTÜ Yayınları.
- Yaldız, E., & Turan, Ş. N. (2018). Konya'daki XIII. yy minareli mahalle mescitleri. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*. (ss.1859-1871).
- Yatkın, T. (2019). *Tarihi Ankara Kalesi'ndeki yapısal bozulmalar ve restorasyon öncesi malzeme araştırması*. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, P. (2006). *Tarihi yapıların modellenmesi ve deprem güvenliklerinin belirlenmesi*. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Yücel, K. T., & Korkmaz, Ş. (2020). Tarihi yapılarda kullanılan tuğla malzemelerin, termal iletkenlik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması. *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 5 (2), 1-9.
- Yüzer, N., Berilgen, M, Hazar, A. B., & Doran, B., (2015). Tarihi yapıların tuğla duvar malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve yük altında davranışının model deneylerle araştırılması. *Tübitak Projesi*.
- Zakar, L. (2013). *Restorasyon uygulamalarında kullanılan çağdaş teknikler*. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zakar, L., & Eyüpgiller K. K., (Ed). (2015). *Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri*, Ömür Matbaacılık A. Ş., İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hayrunnisa METE

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2019, KTO Karatay Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2023, KTO Karatay Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve
Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

YAYINLAR

Mete, H., & Koçu, N. (2023). Şerafeddin Camii'nde Kullanılan Yapı Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri. 7. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu 2023. Zonguldak, Türkiye.

Tarih: 12 TEMMUZ 2023