



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



KORUMA VE ONARIM UYGULAMALARI
ÖNCESİNDE DERİN ÖĞRENME TABANLI
YÖNTEM İLE TAŞ BOZULMALARINA
MÜDAHALE ÖNERİSİ

Hatice Beyza ÜNAL

YÜKSEK LİSANS

Mimarlık Anabilim Dalı

Haziran-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hatice Beyza ÜNAL tarafından hazırlanan “KORUMA VE ONARIM UYGULAMALARI ÖNCESİNDE DERİN ÖĞRENME TABANLI YÖNTEM İLE TAŞ BOZULMALARINA MÜDAHALE ÖNERİSİ” adlı tez çalışması 23/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Mustafa TOSUN

Danışman

Prof. Dr. M. Emin Başar

Üye

Dr. Öğr. Üyesi İlknur ACAR ATA

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen 2210-A Programı tarafından desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hatice Beyza ÜNAL

23/06/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KORUMA VE ONARIM UYGULAMALARI ÖNCESİNDE DERİN ÖĞRENME TABANLI YÖNTEM İLE TAŞ BOZULMALARINA MÜDAHALE ÖNERİSİ

Hatice Beyza ÜNAL

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR

2023, 115 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR
Prof. Dr. Mustafa TOSUN
Dr. Öğr. Üyesi İlknur ACAR ATA**

Taşınmaz kültür varlıklarının gelecek nesillere aktarılabilmesi için bozulma sürecinde etkili ve sürdürülebilir koruma-onarım uygulamaları gerekmektedir. Öncelikle taşınmaz kültür varlıklarında görülen bozulma türleri analiz edilmeli, sonrasında bozulma türlerine uygun koruma-onarım uygulamaları planlanmalıdır. Kültürel varlıklara yönelik yapılan bu müdahale çalışmalarının doğruluğu ve etkinliği büyük önem taşımaktadır. Bozulmalara uygulanan herhangi yanlış müdahale, mevcut bozulmayı hızlandırarak geri dönüşü olmayan sorunlara neden olabilir. Bu sebeplerle insan kaynaklı hata payını azaltmak ve daha evrensel bir yaklaşım benimsemek amacıyla alternatif inceleme yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Tez kapsamında kullanılan, Derin Öğrenme tabanlı Mask-RCNN algoritması etkili bir çözüm sunmaktadır. Temelde insan becerilerini taklit etmeye ve otomatik özellik çıkarmaya çalışan bu algoritma için, Konya’da bulunan, Sille yapı taşıyla inşa edilmiş taşınmaz kültür varlıklarından görüntüler toplanarak veri seti oluşturulmuştur. Bu görüntülerdeki bozulmalara uygun müdahale önerileri etiketlenerek model eğitilmiştir. Şeyh Osman Rûmî Türbesi ve Hoca Ahmet Fakih Cami’den elde edilen görüntüler üzerinde model test edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde önerilen modelin koruma-onarım uygulamaları öncesinde yapılan çalışmalara önemli temeller sağlayabileceği görülmüştür. Böylece bu çalışma ile, yapay zeka başlıklarından derin öğrenmenin restorasyon alanına entegrasyonunu geliştirmek adına bir adım atılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Doğal Taş, Mask R-CNN Algoritması, Müdahale Önerileri, Taş Bozulması, Taşınmaz Kültür Varlıkları

ABSTRACT

MS THESIS

RECOMMENDATION FOR PROTECTION WITH DEEP LEARNING BASED METHOD BEFORE CONSERVATION AND REPAIR APPLICATIONS

Hatice Beyza ÜNAL

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Architecture**

Advisor: Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR

2023, 115 Pages

**Jury
Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR
Prof. Dr. Mustafa TOSUN
Assist. Prof. İlknur ACAR ATA**

In order to transfer cultural heritages to future generations, effective and sustainable protection-repair practices are required in the degradation process. First of all, the types of deterioration seen in cultural heritages should be analyzed and appropriate protection-repair practices should be planned. The accuracy and effectiveness of these protection studies for cultural heritages are of great importance. Any mishandling of deterioration can accelerate existing deterioration and cause irreversible problems. For these reasons, it is necessary to develop alternative audit methods in order to reduce the share of human error and to adopt a more universal approach. The Deep Learning based Mask-RCNN algorithm used in the thesis offers an effective solution. For this algorithm, which basically tries to imitate human skills and extract automatic features, a data set was created by collecting images from cultural heritages built with Sille building stone in Konya. The model was trained by labeling appropriate protection suggestions for the deteriorations in these images. The model has been tested on images obtained from Şeyh Osman Rumi Tomb and Hoca Ahmet Fakih Mosque. When the results were examined, it was seen that the proposed model could provide important foundations for the studies carried out before the protection-repair applications. Thus, with this study, a step was taken to improve the integration of deep learning, one of the subjects of artificial intelligence, into the restoration field.

Keywords: Deep Learning, Stone, Mask R-CNN Algorithm, Protection Suggestions, Stone Deterioration, Cultural Heritage

ÖNSÖZ

“Koruma ve Onarım Uygulamaları Öncesinde Derin Öğrenme Tabanlı Yöntem ile Taş Bozulmalarına Müdahale Önerisi” adlı çalışma Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez sürecimde benimle bilgisini ve tecrübesini paylaşan tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet Emin BAŞAR hocama, beni destekleyen ve cesaretlendiren, her daim bilgi ve birikiminden yararlandığım ve tezimin şekillenmesinde bana yardımcı olan Doç. Dr. Mehmet Ergün HATIR hocama teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecimde, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen 2210-Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programları ile desteklenen bir bursiyer olarak TÜBİTAK’a teşekkürlerimi takdim ederim.

Tez çalışmam için ihtiyacım olan dokümanlara ulaşmamda yardımcı olan Konya Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü ile Konya Vakıflar Bölge Müdürlüğü’ne teşekkür ederim.

Her zaman maddi-manevî yanımda hissettiğim, çalışma azmim ve gayretimın kaynağı olan canım babam Ömer ÜNAL başta olmak üzere annem Tuba ÜNAL ve kız kardeşlerime, bu süreçte neşesini benden esirgemeyen Elif Nur ÜNAL ve araştırmalarımaya yürekten verdiği destekten dolayı Tunahan KARABULUT’ a en kalbî teşekkürlerimi borç bilirim.

Çalışmamı, her zaman örnek aldığım, rahmetli babaannem Hatice ÜNAL’ a ithaf ediyorum.

Hatice Beyza ÜNAL
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ÇİZELGE DİZİNİ	xi
FOTOĞRAF DİZİNİ.....	xii
ŞEKİL DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Önemi ve Amacı	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	3
1.3. Kaynak Araştırması.....	4
1.4. Materyal	8
1.4.1. Ak Cami	9
1.4.2. Halka Beğûş Mescidi ve Türbesi	10
1.4.3. Şifâhâne Mescidi (Sakahane Mescidi).....	11
1.4.4. Âteş Bâz-ı Velî Türbesi	12
1.4.5. Konya Lisesi	13
1.4.6. Abd-ül Mü'min (Megaribe) Mescidi	14
1.4.7. Yapı Kredi Bankası Binası	15
1.4.8. Piri Mehmet Paşa Cami	16
1.4.9. Evhadû'd-dîn Kîrmânî Türbesi	17
1.4.10. Silile Aya Eleni Kilisesi	18
1.5. Metot	19
2. YAPI MALZEMESİ OLARAK DOĞAL TAŞ.....	21
2.1. Doğal Taşların Tanımı	21
2.1.1. Doğal Taşların Sınıflandırılması.....	23
2.1.1.1. Magmatik taşlar (Püskürük Taşlar).....	24
2.1.1.2. Tortul (Sedimanter) taşlar	25
2.1.1.3. Metamorfik (Başkalaşım) taşlar	27
2.2. Araştırmada Kullanılan Taş Tipi ve Özellikleri	28
2.2.1. Silile taşı.....	28
2.3. Yapı Taşlarının Bozulma Nedenleri	31
2.3.1. Atmosferik Etkiler	31
2.3.2. Biyolojik Etkiler	33
2.3.3. İnsan Etkileri.....	33
2.4. Doğal Taşlarda Görülen Bozulma Türleri	34

2.4.1. Çatlak Oluşumu	34
2.4.2. Parçalar Halinde Ayrılma/Eksilme	36
2.4.2.1. Kabarma.....	37
2.4.2.2. Patlama.....	38
2.4.2.3. Tabakalaşma	39
2.4.2.4. Dağılma.....	40
2.4.3. Malzeme Kaybı.....	41
2.4.3.1. Alveolar ayrışma.....	42
2.4.3.2. Erozyon.....	43
2.4.3.2.1. Diferansiyel Erozyon	44
2.4.3.2.2. Yuvarlaklaşma	45
2.4.3.2.3. Pürüzlenme	45
2.4.3.3. Mekanik hasar.....	45
2.4.3.4. Parça kaybı.....	46
2.4.3.5. Kırıntılanma	48
2.4.4. Renk Değişimi / Birikme	48
2.4.4.1. Kabuk oluşumu	49
2.4.4.2. Birikme	50
2.4.4.3. Renk değişimi	51
2.4.4.3.1. Renklenme	51
2.4.4.4. Çiçeklenme (Tuz Kristallenmesi)	51
2.4.4.5. Grafiti.....	52
2.4.4.6. Kirlenme	53
2.4.4.7. Kabuk Altı Çiçeklenmesi.....	54
2.4.5. Biyolojik Gelişim.....	54
2.4.5.1. Algler	55
2.4.5.2. Liken	55
2.4.5.3. Yosun.....	56
2.4.5.4. Mantar.....	57
2.4.5.5. Bitki	57
3. TAŞ MALZEME SORUNLARINA MÜDAHALE YÖNTEMLERİ	59
3.1. Temizleme	60
3.1.1. Mekanik temizleme.....	61
3.1.2. Su ile temizleme.....	64
3.1.3. Lazer ile temizleme.....	65
3.1.4. Kimyasal temizleme	66
3.1.5. Biyolojik temizleme.....	68
3.1.6. Tuz çıkarma	69
3.2. Sağlamlaştırma.....	70
3.3. Dolgu Tedavi	73
3.4. Estetik ve Plastik Onarım	74
3.5. Taş Değişimi / Yenileme	75
4. MASK R-CNN UYGULAMA AYRINTILARI	76
4.1. Doğrulama ve Test Yapıları.....	79
4.1.1. Hoca Ahmet Fakîh Cami	79
4.1.2. Şeyh Osman Rûmî Türbesi	81

5. ARAşTIRMA SONUÇLARI.....	83
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR	99
EKLER	114



SİMGELER VE KISALTMALAR

AP:	Modelin doğruluk oranı
CaSO ₄ .2H ₂ O:	Alçıtaşı
Cm:	Santimetre
CNN:	Convolutional Neural Networks (Evrışimli Sinir Ağı)
Dpi:	Çözünürlük ölçüsü
Fast R-CNN:	Hızlı R-CNN
Faster R-CNN:	Daha hızlı R-CNN
FPN:	Pyramid Network
G/cm ³ :	Gram bölü santimetre küp
ICOMOS:	International Council on Monuments and Sites
Km/s:	Kilometre bölü saat
mAP:	Modelin ortalama hassasiyet değeri
Mask R-CNN:	Maske R-CNN
Mm:	Milimetre
MÖ:	Milattan önce
MP:	Megapiksel
MPa:	Mega Pacal (basınç birimi)
MSC:	Mobile Crowd Sensing
Nm:	nanometre
pH:	Potansiyel Hidrojen
R-CNN:	Region Based CNN
RPN:	Region Proposal Network
UNESCO:	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
Vb.:	Ve benzeri
Vs.:	Vesaire
µm:	Mikrometre (milimetrenin binde biri)
≤:	Küçük veya eşit

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1.: Doğal Taşların Oluşumuna Göre Sınıflandırılması (TS 699, 1987 uyarlanmıştır)

Çizelge 2.2: Magmatik Taşların gruplanması

Çizelge 2.3: Tortul Taşların sınıflandırılması (Ziyaettin, 2010)

Çizelge 2.4: Başlıca Metamorfik Taşlar

Çizelge 3.1: Taş sağlamlaştırıcı olarak denenmiş polimer grupları ve uygulandıkları taşlardan örnekler (Yüzer ve ark., 2000)

Çizelge 4.1: Müdahale Önerilerinin etiketlenme sayıları

Çizelge 5.1: Modelin Fotoğraf 5.1'deki doğruluk oranları (AP değeri)

Çizelge 5.2: Modelin Fotoğraf 5.2'deki doğruluk oranları (AP değeri)

Çizelge 5.3: Modelin Fotoğraf 5.3'deki doğruluk oranları (AP değeri)

Çizelge 5.4: Modelin Fotoğraf 5.4'deki doğruluk oranları (AP değeri)

Çizelge 6.1: Modelin ortalama hassasiyet çizelgesi (mAP değeri)

FOTOĞRAF DİZİNİ

- Fotoğraf 1.1:** Ak Cami giriş cephesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.2:** Halka Beğüş Mescidi batı cephesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.3:** Halka Beğüş Mescidi doğu cephesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.4:** Şifâhâne Mescidi batı cephesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.5:** Âteş Bâz-ı Velî Türbesi kuzeydoğu cephesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.6:** Âteş Bâz-ı Velî Türbesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.7:** Konya Lisesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.8:** Abd-ül Mü'min (Megaribe) Mescidi doğu cephesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.9:** Yapı Kredi Bankası batı cephesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.10:** Piri Mehmet Paşa Cami (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.11:** Evhadû'd-dîn Kîrmâni Türbesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 1.12:** Sille Aya Eleni Kilisesi (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.1:** Şifâhâne Mescidinde görülen çatlak oluşumu (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.2:** Hoca Ahmet Fakîh Camisinde yapı malzemesi olan taşta görülen çatlak (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.3:** Beşâre Bey Mescidindeki taşta gözlemlenen kabarma (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.4:** Halka Beğüş Mescidindeki kabarma (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.5:** Halka Beğüş Mescidinde gözlemlenen patlama (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.6:** Şifâhâne Mescidinde tespit edilen levhalar halinde ayrılma (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.7:** Konya Lisesi'nde yapı malzemesinde görülen pullanma (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.8:** Sırçalı Medrese taç kapısında tespit edilen dağılmalar (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.9:** Nasuh Bey Camide gözlemlenen alveolar ayrışma (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.10:** Şeyh Osman Rûmî Türbesindeki yapı malzemelerinde tespit edilen alveolar ayrışma (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.11:** Hoca Ahmet Fakîh Camisindeki taşlarda görülen diferansiyel erozyon (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.12:** Hoca Ahmet Fakîh Camisindeki taşlarda görülen diferansiyel erozyon (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.13:** Konya Sanayi Mektebi giriş revağındaki sütun gövdelerinde tespit edilen mekanik hasarlar (Ünal, 2023)
- Fotoğraf 2.14:** Nasuh Bey Camide gözlenen kasıtlı yapılmış mekanik hasar (Ünal, 2023)

Fotoğraf 2.15: Bu mermer figürün burnu eksik bir parçayı göstermektedir (ICOMOS-ISCs, 2008)

Fotoğraf 2.16: Mevlânâ Müzesinde gözlemlenen siyah kabuk oluşumları (Ünal, 2023)

Fotoğraf 2.17: Sille Aya Eleni Kilise Müzesindeki yapı malzemesinde görülen birikme (Ünal, 2023)

Fotoğraf 2.18: Konya Sırçalı Medrese yapı malzemelerinde görülen tuzlanma (Ünal, 2023)

Fotoğraf 2.19: Konya Lisesinde taş yapı malzemelerinde tespit edilen grafiti (Ünal, 2023)

Fotoğraf 2.20: Taş duvar üzerinde gelişen yeşil algler (ICOMOS-ISCs, 2008)

Fotoğraf 2.21: Sille Aya Elenia Kilise Müzesindeki taşta gözlemlenen liken (Ünal, 2023)

Fotoğraf 2.22: Konya Alâeddin Cami yapı malzemesinde tespit edilen yosunlar (Ünal, 2023)

Fotoğraf 2.23: Konya Alâeddin Cami yapı malzemesinde gözlemlenen mantarlar (Ünal, 2023)

Fotoğraf 2.24: Kumtaşı duvar üzerinde büyüyen bitkiler (ICOMOS-ISCs, 2008)

Fotoğraf 3.1: Bisturi ile mekanik temizleme uygulaması (MEB, 2013)

Fotoğraf 3.2: Mekanik temizleme uygulaması (Ersen, 2011)

Fotoğraf 3.3: Kontrollü kumlama uygulaması (Anonim, 2019)

Fotoğraf 3.4: Kuru buz ile temizlik uygulaması (Ersen, 2011)

Fotoğraf 3.5: Atomize su püskürtme uygulamasıyla temizlik (MEB, 2013)

Fotoğraf 3.6: Kirli yüzeylerin fırça ve su ile temizlenmesi (MEB, 2013)

Fotoğraf 3.7: Lazer ile temizleme uygulamaları (Zanini ve ark., 2010)

Fotoğraf 3.8: Kimyasal temizlik uygulaması (Ersen, 2011).

Fotoğraf 3.9: Odunsu bitkilerde temizlik uygulaması (MEB, 2013).

Fotoğraf 4.1: Çizgi ölçek kullanımı

Fotoğraf 4.2: Hoca Ahmet Fakîh Cami fotoğrafı (Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden alınmıştır)

Fotoğraf 4.3: Hoca Ahmet Fakîh Cami fotoğrafı (Ünal, 2023)

Fotoğraf 4.4: Şeyh Osman Rûmî Türbesi fotoğrafı (Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden alınmıştır)

Fotoğraf 4.5: Şeyh Osman Rûmî Türbesi fotoğrafı (Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden alınmıştır)

Fotoğraf 4.6: Şeyh Osman Rûmî Türbesi fotoğrafı (Ünal, 2023)

Fotoğraf 5.1: Modelde test edilen yakın mesafe görüntüsü ve test sonuçları (Şeyh Osman Rûmî Türbesi)

Fotoğraf 5.2: Modelde test edilen görüntü ve test sonuçları (Hoca Ahmet Fakîh Cami)

Fotoğraf 5.3.a: Modelde test edilen uzak mesafe görüntüsü (Hoca Ahmet Fakîh Cami kuzey cephesi)

Fotoğraf 5.3.b: Modelde test edilen uzak mesafe görüntüsünün test sonuçları (Hoca Ahmet Fakîh Cami kuzey cephesi)

Fotoğraf 5.4.a: Modelde test edilen ara mesafe görüntüsü ve test sonuçları (Şeyh Osman Rûmî Türbesi batı cephesi)

Fotoğraf 5.4.b: Modelde test edilen ara mesafe görüntüsü ve test sonuçları (Şeyh Osman Rûmî Türbesi batı cephesi)

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1: Modelin test edilmesi için seçilen taşınmaz kültür varlıklarının konumu (Yandex Maps’den şematize edilmiştir)

Şekil 1.2: Mask R-CNN Algoritma yapısı (He ve ark. (2017) çalışmasından şematize edilmiştir)

Şekil 2.1.: Kaya Döngüsü (Karahan, 2018)

Şekil 2.2: Başlıca Magmatik Taşların örnekleri (Andezit, bazalt, diyabaz, granit, siyenit, gabro) (URL-1)

Şekil 2.3: Başlıca Tortul Taşların örnekleri (Kireçtaşı, dolomit, traverten, konglomera, breş, puding) (URL-2)

Şekil 2.4: Başlıca Metamorfik Taşların örnekleri (Mermer, arduvaz, kuvarsit, gnays) (URL-3)

Şekil 2.5: Tuzların taş yüzeyinin üzerinde ve altında çiçeklenmesi (Yıldırım, 2007)

Şekil 3.1: Kılcal çatlakların onarımı (Çılı ve ark., 2009)

Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan modelin akış şeması

Şekil 4.2: Hoca Ahmet Fakîh Cami’nin konumu (Yandex Maps’ten şematize edilmiştir)

Şekil 4.3: Hoca Ahmet Fakîh Cami planı (Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden şematize edilmiştir)

Şekil 4.4: Şeyh Osman Rûmî Türbesi’nin konumu (Yandex Maps’ten şematize edilmiştir)

Şekil 5.1: Model için toplam kayıp-iterasyon grafiği

Şekil 5.2: Model için sınıflandırma kayıp-iterasyon grafiği

Şekil 5.3: Model için nesne tespit-iterasyon grafiği

Şekil 5.4: Model için maskeleme kayıp-iterasyon grafiği

Şekil 5.5: Mask R-CNN doğruluk metrik-iterasyon grafiği

Şekil 5.6: Modelde test edilen yakın mesafe görüntüsü ve test sonuçları lejant

Şekil 5.7: Modelde test edilen görüntü ve test sonuçları lejant

Şekil 5.8: Modelde test edilen uzak mesafe görüntüsü lejant

Şekil 5.9: Modelde test edilen ara mesafe görüntüsü ve test sonuçları lejant

1. GİRİŞ

Toplumsal ve tarihsel süreç içerisinde ortaya çıkan tüm maddi ve manevi değerler, kültürü oluşturmaktadır (TDK, 2011). Kültür; hem toplumsal hem de tarihi değerlerin bütünü olarak, insanlığın önem verdiği bir kavram olmuştur. İnsanoğlu, çağlar boyunca kültüre verdiği önemi saygı duyduğu ve koruduğu maddi, manevi değerler ile ifade etmiştir (Owoc, 2008). Bu nedenle, kültürel belgeler olmanın yanı sıra yaşanan çevrenin önemli bir parçası niteliğindeki tarihi yapıların korunması ve sonraki nesillere aktarılması büyük önem taşımaktadır. (Akbulut ve ark., 2018). Ayrıca günümüzde tüm insanlığın ortak değeri olarak kabul edilen taşınmaz kültür varlıkları, geçmiş ve bugün arasındaki güçlü mekânsal ve zamansal bilgi kaynağıdır (Yılmaz, 2019).

Doğal yapı taşları; geçmişten günümüze kadar insanlığın barınma, korunma, duygularını geleceğe aktarma gibi farklı amaçlarla kullandığı; doğada bulunabilirliği, işlenebilirliği ve estetik görünüşleri nedeniyle de taşınmaz kültür varlıklarının yapı malzemelerinden biri olmuştur. Dayanıklılık özelliği ile diğer yapı malzemelerinden daha ön planda tutulmuştur. Fakat yüksek dayanım özelliğine rağmen, zamanla çeşitli nedenlerle bozulmakta ve etkin bir koruma-onarım çalışması gerekmektedir. Kültürel mirasın bir parçası olan taş anıtlarının sürdürülebilir bir şekilde korunması çok önemlidir. Zamanla meydana gelen bozulma süreçleri, anıtların sonraki nesillere aktarılmasını tehdit etmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için bozulma türleri analiz edilmeli ve bozulma türlerine uygun koruma-onarım uygulamaları planlanmalıdır. Özellikle kültürel varlıklara yönelik yapılan müdahale çalışmalarının doğruluğu ve etkinliği büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle Venedik Tüzüğü'nde vurgulanan "kültür varlığının koruma ve onarımı için gerekli tüm bilim ve tekniklerden yararlanılmalıdır" ilkesi ortaya konularak bu çalışma yürütülmüştür. Özellikle gelişen teknolojinin sunduğu olanaklar koruma ve onarım alanında etkin bir şekilde kullanılmıştır.

Bir zamanlar Anadolu Selçuklu İmparatorluğu'nun başkenti olan Konya, Orta Anadolu'nun güneybatı kesiminde yer almaktadır. Anadolu Selçuklu İmparatorluğu ve Selçuklu sonrası dönemlere ait cami, türbe, kütüphane, hamam, çeşme gibi yapı mirası Konya şehrinin kültürel ve mimari dokusunu oluşturmaktadır. Sille taşı bu tarihi yapılarda kullanılan en önemli yapı malzemelerinden biridir. Âteş Bâz-ı Velî Türbesi, Sille Aya Eleni Kilisesi, Şifâhâne Mescidi, Pir Mehmet Paşa Cami, Abd-ül Mü'min

Cami, Konya Lisesi Sille taşı ile inşa edilen kültürel miraslardan bazılarıdır. Bu taşınmaz kültür varlıklarında görülen bozulmaların daha çok bakımsızlık, kötü kullanım, terk, vandalizm, trafik gibi insanlardan kaynaklı ve atmosferik kökenli olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada bölgedeki yapılardan bozulmaların sık gözlemlendiği taşınmaz kültür varlıkları seçilerek incelenmiş ve yapıların sürdürülebilir olarak korunması için yapı malzemelerinde tespit edilen bozulmalara uygulanacak müdahale önerileri Derin Öğrenme tabanlı yöntem ile tespit edilmiştir.

1.1. Çalışmanın Önemi ve Amacı

Taş eserler de dâhil olmak üzere tüm eserler, ilk oluşumları ve yok olmaları ile sonlanacak bir bozulma sürecinde varlıklarını devam ettirmeye çalışmaktadırlar. Onlara yüklenen kültürel değerler gereği bozulmayı yavaşlatarak ömürlerini uzatmak kültür varlıklarını korumanın temelini oluşturmaktadır (Tintin, 2012). Kültür varlıklarının korunması, genellikle çeşitli profesyonellikleri ve organizasyonları içeren çok disiplinli bir yaklaşım gerektirir. Bu bağlamda kültürel mirasın bütünlüğünü korumak için teknolojik uygulamaların geliştirilmesi ve aktif bir şekilde kullanılması çok önemlidir. Mimari mirasın incelenip etkin bir şekilde korunabilmesi için hem bilimsel hem de kültürel bilgi ve deneyimin kombinasyonuna ihtiyaç vardır. Çalışmaların, araştırmaların ve müdahalenin amacı yapının bir bütün olarak kültürel ve tarihi değerini korumaktır. Ayrıca disiplinlerarası çalışmalar istenilen sonucun elde edilmesinin bilimsel bir desteğidir. Disiplinlerarası bu çalışmanın amacı ise, yapı malzemesi taş olan kültürel varlıklarının gelecek nesillere aktarılabilmesi ve etkili bir şekilde korunabilmesi için; ayrışmaları karakterize eden ve bu ayrışmalara uygulanacak müdahale önerilerini sunan yenilikçi bir metodolojidir. Derin öğrenme tabanlı bu metodoloji insan beyninden çok daha fazla olasılığı aynı anda değerlendirerek en uygununu seçmeyi sağlamaktadır.

Taş anıtların zamanla bozulmasına dayalı periyodik muayenesi emek ve zaman alan yoğun bir süreçtir. Özellikle büyük ölçekli taşınmaz kültür varlıklarının söz konusu olduğu durumlarda, hata oluşma olasılığı ile birlikte iş gücü de önemli ölçüde artmaktadır. Ayrıca fiziksel erişimin sınırlı olduğu durumlarda da müdahale yöntemlerini belirlemek oldukça zor ve zaman alıcı olabilir. Geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmalar direkt olarak restoratörün saha tecrübesine bağlıdır ve uzmanların yaptıkları hatalı müdahaleler taş yapılarda mevcut bozulmayı hızlandırır. Bozulmaya yapılan herhangi bir yanlış müdahale, anıtlarda geri dönüşü olmayan yapısal sorunlara

neden olabilir. Bu nedenlerle alternatif inceleme yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Çalışmada, restorasyon uygulamalarında kilit öneme sahip olan yapı malzemelerine en etkili ve sürdürülebilir müdahale önerileri haritasını bilgisayarlı görüntü ile otomatik olarak elde ederek, insan kaynaklı hataları ortadan kaldıran ve özneliği en aza indiren evrensel bir yaklaşım gerçekleştirmek hedeflenmiştir. Kültür varlığına uygulanacak müdahalelerin temel ilkelerini planlanmayı da beraberinde getirecek bu çalışma, bahsedilen sorunların önüne geçilebilmesini sağlayacaktır. Araştırılan taşınmaz kültür varlıklarında müdahale yöntemlerini tanımlamak için görüntü tabanlı dijital görüntü işleme yöntemi kullanılmıştır. Yüksek çözünürlüklü kameraların geliştirilmesi sayesinde yapıların tümünün görüntüleri kolaylıkla elde edilir ve inceleme zamanı, saha zorlukları azaltılarak veri işleme alınır. Bilgisayarlı görme yöntemleri, hem insan hatalarını hem de sahadaki zorlukları ortadan kaldırmak için etkili bir çözüm sunabilir.

Tarihi binalar için özel olarak geliştirilen bu algoritmalar, restorasyon çalışmalarına öncülük etme potansiyeline sahiptir. Valero ve ark. (2019), kesme taş duvarlarda bozulma türlerini; Wang ve ark. (2019), Çin Seddi yapı malzemesi olan tuğlalarda görülen hasarları; Hatır ve ark. (2020), tarihi yapılarda görülen bozulma türlerini; Hatır ve İnce (2021) ise, taşınmaz kültür varlıklarındaki taş litolojilerini tespit etmiştir. Yapılan literatür taraması sonucu, ayrışma tiplerini karakterize edip bu ayrışmalara uygulanabilecek en etkili müdahale yöntem önerisini tespit eden ve haritalayan/sınıflandıran hiçbir çalışma yoktur. Böylece bu özgün çalışma ile yapay zeka başlıklarından derin öğrenmenin restorasyon alanına entegrasyonunu geliştirmek adına bir adım atılmıştır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu tez çalışmasında temel olarak; Türkiye'nin UNESCO geçici miras listesinde yer alan Konya ili seçilmiştir. Çalışma bölgesinde bol bulunan ve kolay işlenen Sille taşında; atmosferik, insan ve biyolojik etkilerden kaynaklı meydana gelen bozulmaların diğer yapı taşlarına kıyasla daha yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle Konya'da bulunan, yapı malzemesi Sille taşı olan ve modelde müdahale yöntem önerisine veri seti oluşturabilecek derecede ayrışma yoğunluğuna sahip taşınmaz kültür varlıkları tezin kapsamını oluşturmaktadır. Model (önerilen yöntem), kentin kültürel, mimari dokusunu oluşturan ve yapı taşlarında ayrışma yoğunluğu fazla olan;

- Ak Cami,

- Halka Beğüş Mescidi ve Türbesi,
- Şifâhâne Mescidi,
- Âteş Bâz-ı Velî Türbesi,
- Konya Lisesi,
- Abd-ül Mü'min Mescidi,
- Yapı Kredi Bankası Binası,
- Piri Mehmet Paşa Cami,
- Evhadû'd-dîn Kîrmânî Türbesi ve
- Sille Aya Eleni Kilisesi

olmak üzere taşınmaz kültür varlıklarından toplanan toplam 1704 görüntü ile eğitildi. Seçilen yapılardan modelin eğitimini gerçekleştirirken kesme Sille taşı dışındaki yapı malzemeleri etiketlenmemiş, tezin kapsamı dışında bırakılmıştır.

Modelin test aşamasında, çıktılarının elde edilebilmesi için ayırışma yoğunluğu eğitim aşamasında seçilen yapılarla doğru orantılı olacak şekilde;

- Şeyh Osman Rûmî Türbesi ve
- Hoca Ahmet Fakîh Cami

seçilerek modelin başarısı test edilmiştir.

1.3. Kaynak Araştırması

Ahunbay (1999) “*Tarihi Çevre Koruma Ve Restorasyon*” isimli kitabında koruma düşüncesinin gelişimi ve kuramsal temelinden başlayarak tarihi çevre ve kültürel varlıkların koruma-onarımı ile ilgili çerçeveyi kapsamlı bir şekilde sunmuştur. Kitapta bulunan bu içerikler, tez kapsamında vurgulanan tarihi çevre ve kültürel varlıklara nasıl bir yaklaşım sergilenmesi gerektiğine dair bakış açısı geliştirmeye katkı sağlamaktadır.

Karpuz (2009) “*Türk Kültür Varlıkları Envanteri: Konya 42*” adlı kitabında Konya şehir merkezi ve ilçeleri içerisindeki bütün taşınmaz kültür varlıklarını inceleyerek tez çalışmasında materyalleri oluşturan yapıların ve araştırma sonuçlarının alındığı çalışma alanı ile ilgili verilerin kavranabilmesi noktasında önemli bir kaynak olma görevi üstlenmektedir.

Görcelioğlu (1976) “*Yapı Malzemesi Olarak Kullanılan Başlıca Doğal Taş Çeşitlerinin Bazı Teknik Özellikleri*” isimli Orman Fakültesi Dergisi’nde yayınlanan makalesinde yapı taşlarını Başkalaşmış Taşlar, Püskürük Taşlar ve Tortul Taşlar olmak

üzere üç sınıfa ayırarak karakteristik özelliklerini kapsamlı bir şekilde aktarması tez çalışmasının 2. ve 3. bölümüne katkı sağlamaktadır.

Kazancı ve Gürbüz (2014) “*Jeolojik Miras Nitelikli Türkiye Doğal Taşları*” adlı makalesinde Sille taşı da dâhil olmak üzere doğal taşları geniş bir şekilde ele almıştır. Tez çalışmasında kullanılan Sille taşı ile ilgili tipi, yeri, litolojisi, işlenmesi ve jeolojik özelliklerinin incelemesi bakımından araştırmada önem arz etmektedir.

Aktaş Yasa (2016) “*Anadolu Selçuklu ve Beylikler Dönemi Konya Yapılarında Malzeme Kullanımı ve Yapım Teknikleri*” isimli makalesinde Sille taşının Selçuklu dönemi Konya yapılarında kullanıldığı yer ile ilgili oluşturulan tablo ve malzeme özelliklerinin aktarılması tez çalışmasını destekler niteliktedir.

ICOMOS-ISCS (2008) “*Illustrated Glossary On Stone Deterioration Patterns*” isimli yayınında taş bozulmaları ve koruma-onarım ile ilgili çalışmalarda terminolojik iletişimsizliklerin önüne geçmenin birincil öneme sahip olduğu üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda ortak bir dil oluşturmak adına bozulma türleri gösterilmiş, isimlendirilmiş ve tanımlanmıştır. Taş bozulmalarının dikkatle incelenmesine dayanan bu çalışma, bozulma olayları ve süreçleri üzerine önemli bir araçtır.

Eren (1998) “*Dolmabahçe Sarayı Yapı Taşlarının Bozulma Nedenlerinin Saptanması ve Korunması Üzerine Bir Araştırma*” isimli doktora tezinde çalışma alanı olarak belirlenen Dolmabahçe Sarayı’ndaki yapı malzemesi belirlendikten sonra deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar ile taş malzemedeki bozulma türleri, bozulma nedenleri ve genel koruma yöntemleri aktarılmıştır. Venedik Tüzüğü kapsamında hasar verici etkenlere karşı yapılması gereken çalışmalar tartışılmıştır.

Fitzner ve Heinrichs (2001) “*Damage Diagnosis At Stone Monuments- Weathering Forms, Damage Categories And Damage Indices*” çalışması bozulma formları-hasar kategorileri-hasar endekslerinin ayrıntılı bir sınıflandırma şemasına dayanmaktadır. Farklı taş türleri ve farklı ortamlar dikkate alınarak dünya çapında çok sayıda anıta yapılan araştırmalarla geliştirilen, sistematik değerlendirmeye yönelik bu metodolojik yaklaşım açıklanmıştır. Aynı zamanda alan çalışmaları aracılığıyla pratik uygulamalar sunulmuştur. Tez çalışmasındaki Bozulma Türü- Ayırışma Yoğunluğu- Müdahale Önerisi tablosunun oluşturulmasında önemli bir kaynaktır.

Steiger ve ark. (2011) “*Weathering And Deterioration. In Stone In Architecture*” isimli Springer’da yayınlanan makalesinde yapı malzemeleri ve bozulmaları konusundaki anlayışın artmasıyla birlikte problemin teorik olarak

anlaşılması ile pratik bir çözümün uygulanması arasındaki boşluğu ele almıştır. Kapsamlı bilgiyi uygulamaya koyabilme açısından önemli bir makaledir.

Zakar ve Eyüpgiller (2015) “*Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri*” isimli kitabında koruma ile ilgili temel kavramlardan başlayarak malzeme sorunları ve müdahale yöntemlerine kadar geniş bir yelpazede kapsamlı bilgiler vermektedir. Koruma çalışmalarında ve tarihi yapılara müdahalelerde yapıda oluşan hasar ve bozulmaları tanıyabilmek, ardından müdahale yöntemlerini değerlendirerek uygun çözüme yönelmek için gerekli olan çerçeveyi tez çalışmasına yardımcı nitelikte sunmaktadır.

Torraca (1982) “*Porous Building Materials: Materials Science For Architectural Conservation*” adlı kitabında bozulmanın hızı ve belirtileri doğrudan neden-sonuç ilişkileri içerisinde incelenmektedir. Bununla birlikte, çeşitli kaynaklardan elde edilen dağınık veriler genel bir çerçevede düzenlenmiştir. Ayrıca kitabın 7.bölümünde taş koruması ile ilgili aktarılan teşhis, temizleme, sağlamlaştırma ve koruma tez çalışmasında müdahale yöntemleri başlığı için önem arz etmektedir.

Gomez-Heras ve McCabe (2015) “*Weathering Of Stone-Built Heritage: A Lens Through Which To Read The Anthropocene*” isimli makalesinde yapı malzemesi taş olan kültür varlıklarının bozulmalarını tarihsel süreç bağlamında değerlendirmiştir. Bu süreçte karşılaşılan, taş ve toplum arasındaki iki yönlü etkileşim tartışılmaktadır. Taş üzerinde meydana gelen bozulmalar ve etkenleri antroposen perspektifinden incelendiği için verilen örnekler ve oluşturulan tablolar teze yardımcı niteliktedir.

Price ve Doehne (2011) “*Stone Conservation: An Overview Of Current Research*” isimli kitabında taşlarda meydana gelen bozulmaları ve bozulma nedenlerini tanımlamaktadır. Aynı zamanda bu bozulmalara uygulanabilecek en etkili müdahale yöntemleri Önleyici ve İyileştirici Tedaviler başlığı altında ele alınmaktadır. Tez çalışmasının 5.bölümü olan Müdahale Yöntemleri ile ilgili kapsamlı bir çerçeveye sahiptir.

Tintin (2012) “*Arkeolojik Alanda Taş Koruma: Sağlamlaştırma Yöntemleri*” isimli uzmanlık tezinde kapsamı biraz daha daraltıp belirli konuları daha ayrıntılı sunabilmek için taş koruma yöntemlerinden biri olan sağlamlaştırma malzemesi ve tekniklerinden bahsedilmektedir. Tez çalışmasında ele alınan Müdahale Yöntemleri başlığının önemli bir kısmını oluşturan sağlamlaştırma yöntemine katkı sağlaması yönüyle önemlidir.

LeCun ve ark. (2015) “*Deep Learning*” isimli çalışmasında derin öğrenme prensibini açıklayarak derin evrişimli sinir ağlarını örnekler ile aktarmaktadır. Çalışma kapsamında oluşturulan tablolar, grafikler ve şemalar temelde insan becerilerini taklit etmeye ve otomatik özellik çıkarmaya çalışan bu algoritmanın ana yapısını açıklamaktadır. Tez çalışmasında kullanılan metot için sınırları belirleyici ve derin öğrenme tabanlı algoritmaları tanımlayıcı olmuştur.

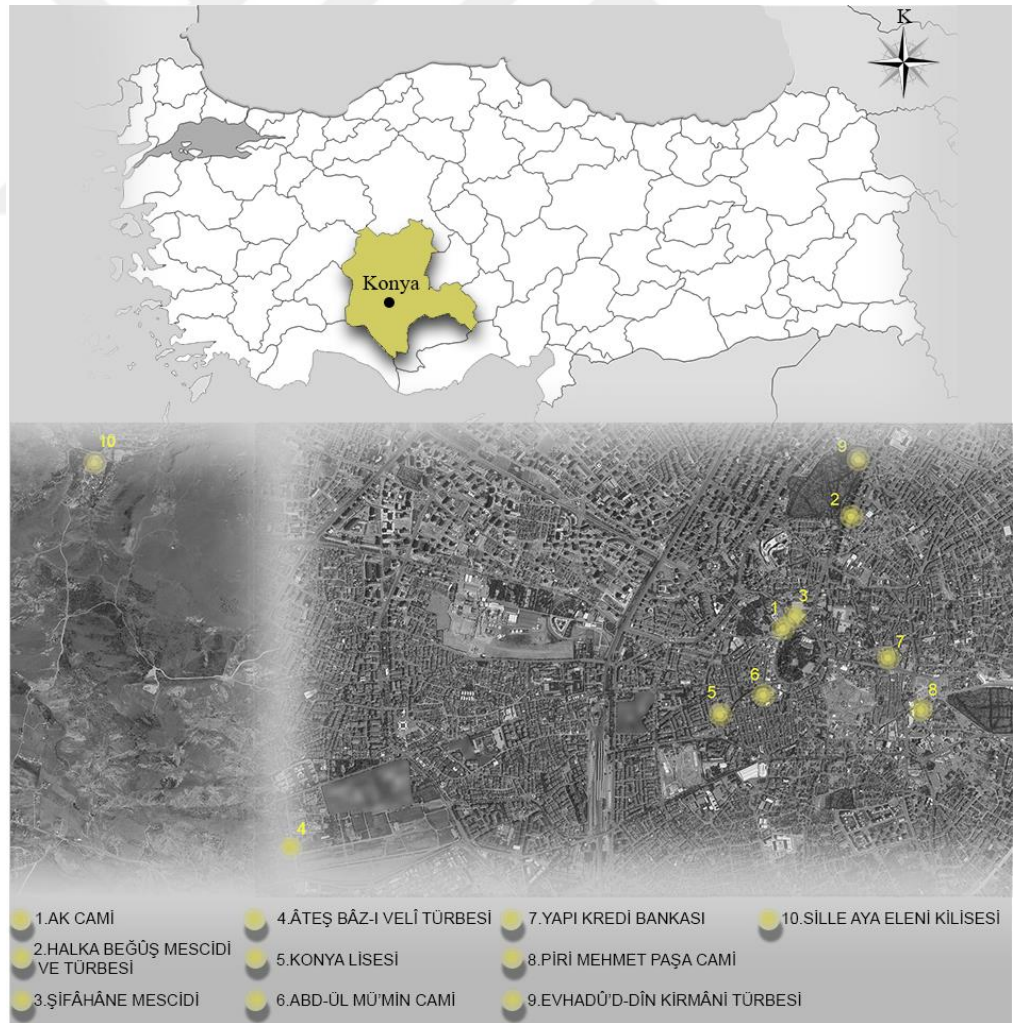
Rodrigues (2015) “*Defining, Mapping And Assessing Deterioration Patterns In Stone Conservation Project*” isimli *Journal of Cultural Heritage* dergisinde yayınlanan makalede bozulma modellerini doğru bir şekilde tanımlamak, açığa çıkmış taş yapı malzemelerini incelerken sorunları anlamak, müdahale yöntemlerini belirlemek ve koruma eylemlerini tanımlamak için temel gereklilikleri derlemiştir. Aynı zamanda bu makale, teori ve pratik uygulama arasındaki belirsizliği azaltmak amacıyla, birkaç bozulma modelini tartışmakta ve bunların eyleme geçerken daha iyi kullanılabilmesi için koruma ihtiyaçlarının öncelikleri ile ilgili bir haritalama oluşturmaktadır. Bu makale, koruma sorunlarını belirlemek, tanımlamak, sınıflandırmak ve yenilikçi bir metodoloji önermesiyle tez çalışmasına katkı sağlamaktadır.

Valero ve ark. (2019) “*Automated Defect Detection And Classification In Ashlar Masonry Walls Using Machine Learning*” isimli makalesinde kesme taş duvarlarda bozulma türlerinin otomatik tespiti ve sınıflandırılması için yenilikçi bir yöntem sunmaktadır. Makine öğrenimli algoritmaların kullanımı ile önerilen bu yaklaşım, Stirling Kalesi’ndeki Kraliyet Şapeli’nin ana cephesinde test edilmiştir. Taş bozulma sınıflandırmasında öznellik derecesini otomasyon ile azaltmayı amaçlayan bu yaklaşım tez çalışmasındaki amaç ile aynı doğrultudadır.

Wang ve ark. (2019) “*Novel System For Rapid Investigation And Damage Detection In Cultural Heritage Conservation Based On Deep Learning*” isimli makalesinde Çin Seddi’nin hızlı araştırılması ve hasar tespiti için MSC ile derin öğrenme tekniklerini birleştiren bir yöntem önermektedir. Bu yöntem ile tuğlalarda hasar tespiti gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma kültürel mirası koruma alanında önemli bir atılımdır. Ayrıca yöntemin performansını doğrulayabilmek için farklı şartlar altında doğrulama deneyleri ile çalışma desteklenmiştir. Bu çerçevede tez çalışmasına katkı sağlayan bir araştırmadır.

1.4. Materyal

Türkiye'nin Konya ili, insanoğlunun ilk yerleşim yerlerinden olan Çatalhöyük'ün bulunduğu ve yerleşimin tarih öncesi çağlara dayandığı, dünyanın en eski kentlerinden biridir. Konum olarak Anadolu'nun merkezinde bulunması nedeniyle uygarlıklar tarafından tercih edilen bir şehir olmuştur. Bu nedenle somut ve somut olmayan birçok kültürel mirası bünyesinde barındırmaktadır. Aynı zamanda bir dönem Anadolu Selçuklu Devleti'ne başkentlik yapan Konya, ilim, kültür ve siyaset merkezi olarak en önemli şehirlerden biri olmuştur. Zengin bir kültürel mirasa sahip olan bu kentte, Derin öğrenme tabanlı algoritmada kullanılacak veri setinin oluşturulması için Sille yapı taşıyla inşa edilen taşınmaz kültür varlıkları seçilmiştir. Yapı malzemelerindeki bozulmaları sık ve yoğun olduğu tespit edilen yapılardan görüntüler toplanmıştır.



Şekil 1.1. Modelin eğitilmesi için seçilen taşınmaz kültür varlıklarının konumu (Yandex Maps'den şematize edilmiştir)

1.4.1. Ak Cami



Fotoğraf 1.1. Ak Cami giriş cephesi (Ünal, 2023)

Karamanoğulları döneminde 1424 tarihinde inşa edilen Ak Cami Selçuklu ilçesinde yer almaktadır (KBB, 2010). Konyalı (1964), caminin Şazbey Ağa tarafından yaptırıldığını ve bu bilginin Ak Cami'nin adı geçen bir vakfiyeden alındığını belirtir.

Kare planlı olan caminin üzeri sekizgen kasnağa oturan kubbe ile örtülmüştür. Cami kuzey cephedeki tek; batı, doğu, güney cephelerde ikişer sivri kemerli pencere ve kubbe kasnağında bulunan küçük pencere ile aydınlatılmaktadır (Karpuz, 2009).

Duvarları raspa edilerek duvar örgüsü ortaya çıkarılan cami, yığma yapım tekniği ile Silles taşı kullanılarak inşa edilmiştir. Girişin üzerinde ahşap minaresi bulunan cami, şehir merkezinde yer almasından dolayı bölgedeki trafik ve nüfus yoğunluğundan kaynaklı hava kirliliğine maruz kalmaktadır. Bu nedenlerle yapıda siyah tabaka oluşumu ve yapı taşlarında kirlenme gözlemlenmiştir. Aynı zamanda tuzlanma, biyolojik gelişim, çatlak ve parça kaybı da görülen bozulmalardandır.

Cami olarak inşa edilen yapı, günümüzde de cami olarak kullanılmaktadır.

1.4.2. Halka Beğüş Mescidi ve Türbesi



Fotoğraf 1.2. Halka Beğüş Mescidi batı cephesi (Ünal, 2023)



Fotoğraf 1.3. Halka Beğüş Mescidi doğu cephesi (Ünal, 2023)

Konya dış surunun 12 kapısından biri olan Halka Beğüş Kapısı'nın ismi de, Karatay ilçesinde bulunan ve günümüze sadece türbe kısmı ulaşan Halka Beğüş Sultan Zaviyesi'nden gelmektedir (Küçükdağ, 2014). 13. yüzyıla tarihlendirilen, türbe olarak inşa edilen yapı zamanla sandukalar kaldırılarak mescit olarak kullanılmaya başlanmıştır. İki kattan meydana gelen mescit tek mekanlı kare planlı harime sahiptir (Konyalı, 1964). Köşelerden üçgenlerle geçilen tek kubbeden oluşan yapıda bodrum kattaki türbe bölümü tonozla, harim bölümün üzeri ise kubbeyle örtülmüştür (Turan, 2018). Tuğla ile inşa edilen kubbe zamanla kurşun ile kaplanmıştır.

Halka Beğüş Mescidi'nde yapı malzemesi olarak güney, doğu ve kuzey cephelerinde moloz taş, batı cephesinde ise kesme Sille Taşı kullanılmıştır. Musalla Mezarlığı'nın ana giriş kapısı karşısında, Ankara Caddesi üzerinde bulunması nedeniyle mescit, taşıt yoğunluğu ve çevre koşullarından olumsuz etkilenmektedir. Bu etkiler, yapının taşlarında diferansiyel erozyon, pullanma, siyah tabaka oluşumu, çatlak ve deformasyon gibi birçok bozulmaya sebep olmaktadır. Ayrıca insanların neden oldukları hasarlardan biri olan grafiti de yapıda gözlemlenen ve müdahale edilmesi gereken bozulma türlerinden biridir.

1.4.3. Şifâhâne Mescidi (Sakahane Mescidi)



Fotoğraf 1.4. Şifâhâne Mescidi batı cephesi (Ünal, 2023)

Şifâhâne mescidi, Selçuklu ilçesi Ferhuniye Mahallesinde bulunmaktadır. Mescidin hangi döneme ait olduğuna dair kaynaklarda farklı görüşler mevcuttur. Konya İl Merkezi Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıkları Envanteri'nde (2010), Anadolu Selçuklu döneminde 1248 yılında Emir Kemaleddin tarafından yapıldığını, Konyalı (1964) Davut Ağa tarafından Karamanoğlu Dönemi'nde yapıldığını, Küçükdağ ve Arabacı (1999) Anadolu Selçuklu döneminde, Özakın (1998) ise Anadolu Selçuklu Dönemi'nde 1221 yılında yapıldığını söylemektedir.

Kare planlı mescide batı cephesindeki ahşap kapı ile girilmektedir. Tek mekanlı mescidin tek kubbesi bulunmaktadır. Mescitte yapı malzemesi olarak güney cephesi alt kısımlarında kesme Silles taşı, üst kısımlarında ise tuğla kullanılmıştır. Kuzey, batı ve doğu cephelerinde moloz taş kullanımı görülmektedir. Mescidin kubbesi kurşun ile kaplanmıştır. Şehir merkezinde bulunan Şifâhâne Mescidi, merkezde bulunan diğer taşınmaz kültür varlıkları gibi trafik ve nüfus yoğunluğundan etkilenmektedir. Yapı taşlarında levhalar halinde ayrılma, erozyon, pullanma, tuzlanma, siyah tabaka oluşumu, parça kaybı, çatlak ve deformasyon gibi bozulma türleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda bazı yapı taşlarına grafiti ile zarar verildiği görülmektedir.

1.4.4. Âteş Bâz-ı Velî Türbesi



Fotoğraf 1.5. Âteş Bâz-ı Velî Türbesi kuzeydoğu cephesi (Ünal, 2023)



Fotoğraf 1.6. Âteş Bâz-ı Velî Türbesi (Ünal, 2023)

1285 yılında inşa edilen ve Mevlevî Âteş-Bâz Yusuf'a ait olan türbe Yeni Meram yolu ile Eski Meram yolu arasında İlahiyat Fakültesinin karşı sokağında yer almaktadır. Yapı, Klasik Selçuklu Kümbetleri tipindedir. Kesme sille taşından inşa edilen taşınmaz kültür varlığının kütlesi sekizgen piramidal bir külâhla örtülmüştür (İçli, 2001). Anıtın her iki katına da kuzeydoğu cephesinden ulaşım sağlanmaktadır. Yapının zemin katı kare planlıdır ve üzeri beşik tonozla örtülmüştür. Beş basamaklı bir merdivenle üst kata çıkılmaktadır. Yapıda daha çok çevresel koşullardan kaynaklı bozulmalar tespit edilmiştir. Taşlarda meydana gelen aşınmalar ve bu aşınmaların ilerlemesiyle pullanma, diferansiyel erozyon, levhalar halinde ayrılma ve parça kaybı eserde sık rastlanılan bozulma türleridir.

1.4.5. Konya Lisesi



Fotoğraf 1.7. Konya Lisesi (Ünal, 2023)

Atatürk Caddesi üzerinde bulunan Konya Dârü'l Muallimîn ya da diğer ismiyle Konya Erkek Öğretmen Lisesi, Mimar Muzaffer yürütücülüğünde 1917 yılında inşa edilmiştir. Yapı; Osmanlı Devletinin idarî, ekonomik gücünün zayıfladığı ve gelişmiş batı ülkelerinin özellikle askerî, teknolojik alanda örnek alındığı bir dönemde I. Ulusal Mimarlık Akımı etkisinde gerçekleştirilmiştir (Karpuz, 2009).

Konya Lisesi, yığma tekniğinde inşa edilmiş ve yapı malzemesi olarak Sille ve Gödene taşları kullanılmıştır. Yapı kütlesi dikdörtgen formu olup yapının ön ve arka bahçeleri arasında kot farkları bulunmaktadır. Taşınmaz kültür varlığında atmosferik ve insan kaynaklı etkiler nedeniyle birçok bozulma türü tespit edilmiştir. Diferansiyel erozyon, pullanma, siyah tabaka oluşumu, tuzlanma, parça kaybı, birikim, çatlak ve deformasyon tespit edilen bozulma türlerindendir. Günümüzde lise olarak kullanılan yapıda, yoğun insan sirkülasyonuna maruz kalması nedeniyle insan kaynaklı tahribatların daha fazla olduğu görülmüştür. Grafiti de yapıdaki sık karşılaşılan bu tahribatlardan biridir.

1.4.6. Abd-ül Mü'min (Megaribe) Mescidi



Fotoğraf 1.8. Abd-ül Mü'min (Megaribe) Mescidi doğu cephesi (Ünal, 2023)

Abd-ül Mü'min Mescidi, yapıda bulunan kitabeye göre Selçuklu Sultanı III. Gıyaseddin Keyhüsrev Devrinde 674 H/ 1275 M yılında Selçuklu Dönemi'nin önde gelen devlet adamlarından biri olan Emir-i Haczade Mahmud tarafından yaptırılmıştır. Mescit, Alâeddin Tepesi'nin güney batısında ve Atatürk Caddesi'nin başlangıç noktasında, hemen güneyinde bulunmaktadır (KBB, 2015).

Selçuklu mescitleri grubunda yer alan yapı, tek kubbelidir. Mescidin kubbesi tuğla ile örtülüdür (Konyalı, 1964). Mescidin restorasyonunda kubbesi kurşunla kaplanmıştır. Kübik harimli olan yapının çevresi zamanla dolduğundan yapı çukurda kalmıştır (Karpuz, 2009). Doğu cephesinden girilen mescidin giriş cephesinde kesme Sille taşları bulunmaktadır. Bu yapı malzemelerinde tuzlanma, paralel levhalar haline ayrılma, parça kaybı ve siyah kabuk oluşumu tespit edilen bozulma türleridir.

1.4.7. Yapı Kredi Bankası Binası



Fotoğraf 1.9. Yapı Kredi Bankası batı cephesi (Ünal, 2023)

Yapı, Karatay İlçesinde, Mevlâna Caddesinde, Hükümet Konağının güneydoğusunda yer alır. Cephesinde bulunan yazıtına göre 1921 tarihinde inşa edilmiştir. Tamamıyla dikdörtgen planlı olan yapının giriş cephesi batıya yöneltilmiştir. Yapı giriş cephe tasarımı ve süslemeleri bakımından önemlidir. Zemin kat pencereleri yuvarlak kemerli ve dikdörtgen alınlıklıdır. Kapı üzerinde bir çıkma (hitâbet balkonu) vardır. Birinci kat pencereleri ise sivri kemerlidir. Birinci kat pencerelerinin alınlıkları Kütahya çinileri ile kaplıdır. Yapı, bir dönem telgrafhane olarak, daha sonra CHP il yönetim binası olarak kullanılmıştır (Karpuz, 2009). Günümüzde ise Yapı Kredi Bankası'nın Konya merkez şubesi olarak kullanılmaktadır. Yapım malzemesi Sille kesme taşı olan eser, taşınmaz kültür varlıklarının bulunduğu geniş bir meydana yer almaktadır. Trafik, hava kirliliği, turizm gibi nedenlerle yapıda siyah tabaka oluşumu, diferansiyel erozyon, levhalar halinde ayrılma, parça kaybı ve grafiti tespit edilmiştir.

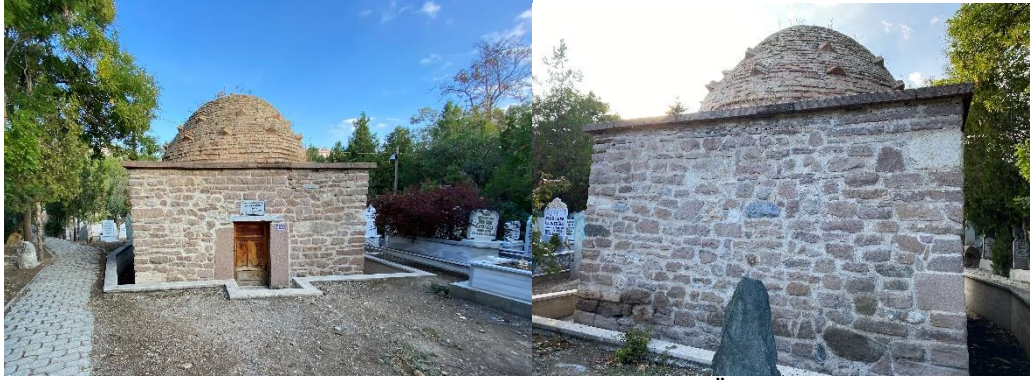
1.4.8. Piri Mehmet Paşa Cami



Fotoğraf 1.10. Piri Mehmet Paşa Cami (Ünal, 2023)

Konya Piri Mehmet Paşa Cami, Karatay İlçesi, Piri Mehmet Paşa Sokak'ta bulunmaktadır. Klasik Osmanlı dönemine ait olan yapı 1523 yılında Kanuni Sultan Süleyman'ın veziri Piri Mehmet Paşa tarafından yaptırılmıştır. Yapının plan tipi, kare harimin üzerindeki kubbe ile son cemaat mahallinden oluşur. Cami girişinin üstünde inşa kitabesi bulunmaktadır. Yapım malzemesi olarak köşelerde kesme taşta yer verilmiş, genelde ise moloz taş kullanılmıştır (KBB, 2010). Yapı, konumundan dolayı trafik ve nüfus yoğunluğuna maruz kalmaktadır. Bu da yapıda birçok bozulma türünü beraberinde getirir. Yapı malzemelerinde görülen siyah tabaka oluşumu ve kirlenme bunlardan biridir.

1.4.9. Evhadû'd-dîn Kîrmâni Türbesi



Fotoğraf 1.11. Evhadû'd-dîn Kîrmâni Türbesi (Ünal, 2023)

Musalla Mezarlığında yer alan türbe, M.13. yüzyıl Selçuklu dönemine tarihlendirilir. Kitabesi bulunmamaktadır. Kare planlı olan türbenin yapım malzemesi moloz taş olup tuğladan kubbe ile örtülmüştür. Yapıya batı cephesindeki kapıdan girilir, iç mekânda mezar taşı veya sanduka bulunmaz (Karpuz, 2009; KBB, 2010). Günümüzde de türbe olarak korunan yapının yapım malzemelerinde siyah tabaka oluşumu, diferansiyel erozyon, parça kaybı, çatlak ve deformasyon gibi bozulma türleri tespit edilmiştir.

1.4.10. Sille Aya Eleni Kilisesi



Fotoğraf 1.12. Sille Aya Eleni Kilisesi (Ünal, 2023)

Anadolu’da bulunan ilk Hristiyan kiliselerinden olan Sille Aya Eleni Kilisesi, Konya Selçuklu ilçesi Sille Özgüven Sokak’ta yer almaktadır. M.327 yılına tarihlenen yapının kesin olarak ilk ne zaman yapıldığı bilinmemektedir. Günümüzde yapı 13.yüzyıl görünümünde olmasına rağmen plan ve kubbe kasnağındaki süslemeler açısından orta veya geç Bizans dönemi yapısı olduğu düşünülmektedir. Yapının plan tipi kapalı Yunan haçı şeklindedir (KBB, 2010). Kilisenin merkezinde 4 ayağın taşıdığı yüksek kasnaklı bir kubbe bulunmaktadır. 1880 yılında yapılmış freskler ve rokoko üslubu kullanılarak oluşturulmuş altın yaldızlı alçı süslemeleri kilisenin iç mekânında bulunmaktadır (Mimiroğlu, 2012).

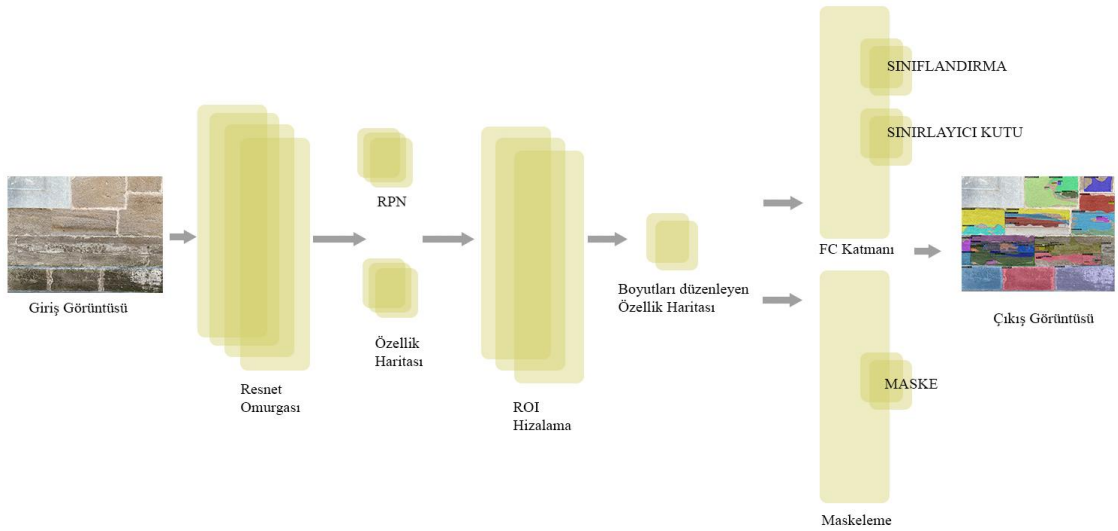
Günümüzde müze olarak kullanılan taşınmaz kültür varlığı Sille’nin simge yapılarından biri haline gelmiştir. Yabancı ve yerli birçok ziyaretçisi bulunan yapının yapı malzemesi Sille Taşıdır. Eserin yapı malzemesinde birikim, bitki oluşumu, levhalar halinde ayrılma, diferansiyel erozyon, çatlak, siyah tabaka oluşumu, tuzlanma ve parça kaybı gibi müdahale edilmesi gereken birçok bozulma türü gözlemlenmiştir.

1.5. Metot

Son yıllardaki teknolojik gelişmelerle birlikte insan kaynaklı hataları en aza indirmek için çeşitli alanlarda yapay zekâ tabanlı uygulamalar insan kaynaklı uygulamaların yerini almaktadır. Tez kapsamında bu uygulamalardan biri olan Derin Öğrenme tabanlı Mask R-CNN algoritması kullanılmıştır.

Derin Öğrenme tabanlı algoritmalar insan beynini taklit etmeye çalışan ve otomatik özellik çıkarma yeteneğine sahip yapay zekâ uygulamalarıdır (Cheng ve ark., 2019). Temelde insan becerilerini taklit etmeye çalışan bu yapay zekâ algoritmaları, kişinin gördüğü ve beyinde işlediği süreçten ilham alan bir yöntemdir. Bu yöntem ile bir görüntüdeki her bir nesneyi algılama (Long ve ark., 2015), bölümlere ayırma (Papageorgiou ve ark., 1998) ve sınıflandırma (Bai ve Urtasun, 2017) için son derece doğru ve kesin algoritmalar oluşturulabilir.

LeCun ve ark. (1989) tarafından Evrişimli Sinir Ağları (CNN) aracılığıyla bir görüntü üzerinde filtrelerin piksel piksel hareket ettirilmesiyle değerlerin elde edildiği çalışma, bu yöntemdeki gelişmelerin ilk adımını oluşturmuştur. Fakat bu algoritma, nesne tanımlamada yalnızca kabaca tanımlama gerçekleştirebilmiştir. Girshick ve ark. (2014), bu eksikliğin üstesinden gelmek için, Evrişimli Sinir Ağları algoritmasıyla tespit edilen bölgeleri geliştirerek R-CNN algoritmasını ileri sürmüştür. Ancak eğitim ve testten oluşan uzun veri değerlendirme süreci bu yöntemin en büyük dezavantajıdır. Yöntemde görüntünün doğrudan Evrişimli Sinir Ağlarına (CNN) aktarıldığı Fast R-CNN algoritması bu sorunu çözmek için Girshick (2015) tarafından önerilmiştir. Sonraki çalışmalarında ise Ren ve ark. (2015) Region Proposal Network (RPN) aracılığıyla test ve eğitim sürelerinin daha da azaltılmasını sağlayan Faster R-CNN yöntemini geliştirilmiştir. Literatürde en sık kullanılan yöntemlerden biri olan Faster R-CNN algoritması, yüksek doğrulukla nesne tespiti yapabilmektedir. Ancak bu yöntemde sınırlayıcı kutu ile nesne tespiti yapıldığından, çok sayıda nesnenin olduğu durumlarda oldukça karmaşık sonuçlar elde edilebilmektedir. Bunu aşmak için Faster R-CNN algoritmasına eklenen ekstra dal sayesinde Mask R-CNN algoritması geliştirilmiştir. Her nesne önerisi için Mask R-CNN tarafından uygulanan maske sayesinde hassas segmentasyon çalışmaları yapmak mümkündür (He ve ark., 2017).



Şekil 1.2. Mask R-CNN Algoritma yapısı (He ve ark. (2017) çalışmasından şematize edilmiştir)

Mask R-CNN, CNN'leri bölge önerilerine entegre eden, uçtan uca eğitim ile testler gerçekleştiren ve tespit edilen nesnelere maske uygulayan bir yöntemdir. Bu yöntemle eğitim ve test başarısı katlanarak artar ve gerçek algıya yaklaşılabılır. Bu yöntemin genel yapısı He ve ark. (2017) tarafından Şekil 1.14'te gösterildiği gibi sunulmuştur. Algoritmada ilk olarak giriş görüntüsü omurga ağına aktarılır. Omurga ağının ilk katmanlarında, kenarlar ve köşeler gibi basit özellikler algılanırken, daha karmaşık olan insan, ağaç, araba, bozulma türleri ve müdahale yöntemleri gibi özellikler ileri katmanlarda algılanır. Bu aşda ResNet-101 modeli kullanılarak modelin eğitim süresi azaltılır. Ayrıca algoritmanın küçük nesneleri algılamadaki başarısını artırmak için Pyramid Network (FPN) ile güçlendirilebilir. Daha sonrasında bu aşdan elde edilen özellik haritaları, bölgede bir nesne olup olmadığına karar verilmesi ve önerilen pencere boyutu belirlenip sistem hızını artırmak için RPN' ye gönderilir. RPN, belirli en boy oranlarını kullanarak görüntü üzerine kutular atayan bir bağlantı yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, özellik haritasındaki her nokta orijinal görüntüde dokuz bağlantıyla eşleşir. RPN' deki bu özellik ile nesne oranı farklılıkları, farklı mesafe ve açılardaki görüntülerde giderilir. Elde edilen bölge tespitlerinden sabit boyutlu bir özellik haritası çıkarılabilmesi için ROI hizalamasına aktarılır. Bir sonraki adımda özellik haritalarındaki nesne koordinatları ve sınıfları FC katmanında belirlenir. Son olarak, nesne bölümlere ayrılır ve maske uygulama işlevi için Maskeleme katmanına aktarılır. Bu yöntem, görüntüdeki nesnelerin doku, renk, şekil vb. gibi karakteristik özelliklerini algılayarak segmentasyon maskesi oluşturur.

2. YAPI MALZEMESİ OLARAK DOĞAL TAŞ

Doğal taşlar, çok eski dönemlerden günümüze dek insan yaşamının vazgeçilmez bir parçası olmuştur. İlk çağlarda temel ihtiyaç olan barınak, av malzemeleri, silah yapımı ve tarım aletleri yapımında insanlar doğal taşları kullanmıştır. Doğal taşların kullanım alanları zamanla medeniyetlerin gelişmesine paralel olarak gelişmiştir (Taşlıgil ve Şahin, 2016). Özellikle yüzyıllardan beri giderek artan bir şekilde, mimari alanda kullanılmaya devam edilmektedir. Tarihi yapılar incelendiğinde, yapı malzemesi olarak cephe, taşıyıcı duvar, kolon ve döşeme gibi birçok farklı yerde kullanıldığı görülmektedir (Hasbay ve Hattap, 2017). Doğal taşlar, tarihi yapılarda güç ve dayanıklılık sembolü olarak, kalıcı eserler yapmak amacıyla kullanılan bir yapı malzemesidir. Sürdürülebilir oluşu ile geçmişin, bugünün ve yarının mimarisi arasında köprü görevi görür. Ayrıca tercih edilme sebepleri yalnızca dayanıklılık özelliği değil, sahip oldukları doku ve renk çeşitliliği ile de ön plana çıkmışlardır. Büyük Gize piramitleri MÖ 2560 tarihinde Mısır'da inşa edilmiş, sadece doğal taş bloklardan yapılmış ve halen ayakta durmaktadır. Burada taş; otoriteyi, gücü ve uzun ömürlülüğü ifade eden anıtsal yapılar inşa etmek için kullanılmıştır. Katı, ağır ve güvenlik duygusu veren taş ilk olarak savunma yapıları olarak karşımıza çıkmaktadır. MÖ 5.yüzyılda inşa edilmiş olan Çin Seddi, günümüzde ayakta kalabilmiş savunma yapısı örneklerinden biridir. Doğal taş, eski çağlardan günümüze uzanan zaman periyodunda sağlamlık ve kalıcılık kavramları ile de yan yanadır (Gürdal ve Özgünler, 2016). Doğal taşın, hiçbir bağlantıya gerek duymadan sağlam yapılar inşa etmeye imkân tanınması da diğer malzemelerden üstün kılan bir diğer özelliğidir (Öcal ve Dal, 2012). Bu sebeplerden dolayı Anadolu topraklarında da özellikle Eski Yunan, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde doğal taştan yapılmış sayısız eser bulunmaktadır (Çelik, 2003).

2.1. Doğal Taşların Tanımı

Dünya (yeryuvarı); dinamik (hareketli), devamlı değişen, 4,6 milyar yıl öncesinde oluşmuş ve 4 ana zondan oluşan bir gezegendir. Yerkabuğu, bu ana zonlardan birisi olarak yüzlerce doğal taş türü bulundurmaktadır (Yüzer ve ark, 2016). Bu doğal taşların türlerini, içlerinde bulunan, “taş yapıcı mineraller” olarak adlandırılan mineraller belirlemektedir (Tayşi, 2021). Doğal taşlar, bu minerallerin bir veya birden fazlasının bir araya gelmesiyle meydana gelen ve organik olmayan kristal yapıya sahip

malzemelerdir. Dayanıklılığını, rengini, yoğunluğunu, yapısını ve dokusunu bünyesinde barındırdığı minerallerden alır. Doğal taşların, kendisine özgün kristal şekli ve kimyasal yapısı bulunmaktadır. Rengi, sertliği, dokusu vb. özellikleri oluşturduğu doğal taşın özelliklerini belirlemektedir. Doğada mevcut olan her çeşit kayaç, doğal taş tanımı içerisinde yer almaktadır. Endüstriyel anlamdaki doğal taş ise üzerine işlem uygulanarak veya uygulanmadan özel olarak üretilen taşlardır (Sarıçamlık, 2021). Ayrıca doğal taş teriminin, kayaç ve taş olarak iki farklı şekilde kullanımı söz konusudur. Ancak bu iki kullanımın teknik olarak farklıdır. Kayaçlar bir veya birkaç mineralin bir araya gelmesiyle oluşan mineral topluluklarıdır. Bir kayaç tek bir mineralden oluşacağı gibi, birkaç mineralin bir araya gelmesiyle de oluşabilir (Ünal, 2003). Taş ise kayacın boyutlandırılması veya küçültülmesi ile oluşmaktadır. Ayrıca doğal taşlar; kullanım yerlerine göre boyutlandırılmış taş, yapı taşı ve dekoratif taş olarak anılabilmektedir (Kaya, 2009).

Doğal taşlar; çevreye zararlı maddeler yaymayan, doğrudan elde edilebilen ve yeniden kullanım imkanı ile geri dönüştürülebilir, ekolojik bir malzemedir. Aynı zamanda yapıda kullanılan birçok malzemenin de ana maddesidir. Örneğin agrega olarak; pişmiş toprak, beton gibi malzemelerde; ayrıca kireç, çimento ve alçı gibi bağlayıcıların üretiminde kullanılmaktadır (Gürdal ve Özgünler, 2016). Doğal taşların yapısı daha çok taşın fiziksel, kimyasal ve mineralojisine göre şekillenmektedir. Fiziksel özellikler sertlik, renk, su emme, porozite, parlaklık ve doluluktur. Taşın fiziksel yapısının incelenmesinde bu karakteristik özellikler kullanılmaktadır. Örnek olarak, nem miktarının fazla olduğu ve mevsim sıcaklıklarının çok fazla değişkenlik gösterdiği alanlarda kullanılması gerekli doğal taşın aşınmaya ve ayrışmaya karşı dirençli olması gerekir. Bu mukavemetler kayacın mineral yapısı ile birlikte su emme kapasitesi, porozite ve sertliğine göre belirlenir (Yalçın, 2022). Taşın fiziksel özellikleri aynı zamanda, iç mekânda geç soğuma ve ısı depolama kapasitesi olan termal konforu da sağlamaktadır. Örnekleri Mardin, Diyarbakır ve Urfa evlerinde görülmektedir. Ayrıca yöreye has doğal taşlar kullanılarak inşa edilmesi ile bölgesel mimari kimlikler oluşmuştur (Gürdal ve Özgünler, 2016). Taşın yapısı için önemli diğer parametre ise doğal taşın kimyasal bileşimidir. Bilindiği üzere taşlar bir veya birden fazla mineral topluluklarından oluşmaktadır. Bu minerallerin de kendilerine özgü kimyasal bileşimleri mevcuttur. İnşaat endüstrisinde kullanılacak taşın atmosferik ve bitki örtüsü şartlarına bağlı olarak yapısının verdiği tepki önemlidir. Örneğin yağışın bol olduğu bölgelerde

yapılan inşaatlarda kayaçların sudan az etkilenmesi gerekmektedir. Kimyasal yapısı erozyona ve korozyona karşı dirençli olmalıdır (Yalçın, 2022).

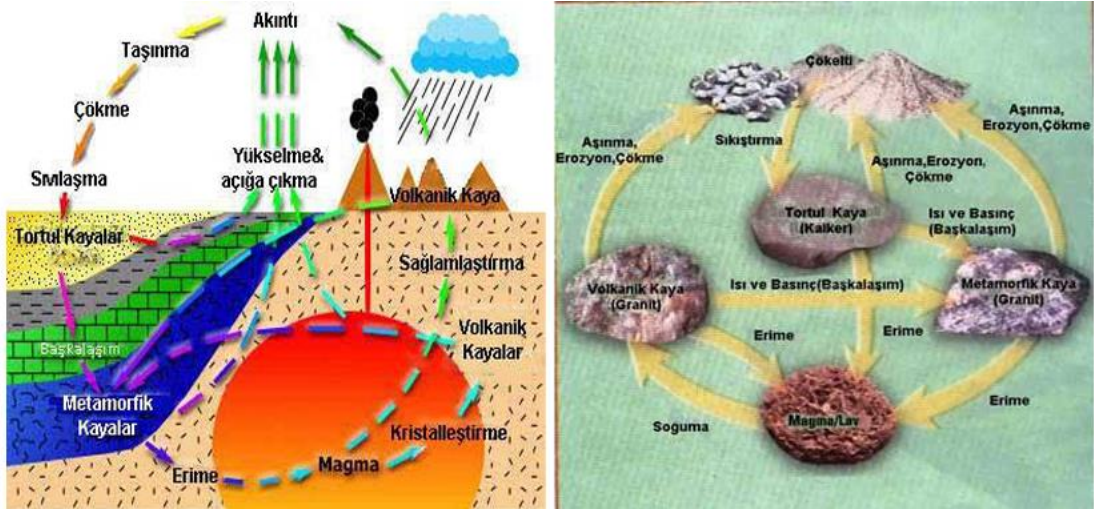
2.1.1. Doğal Taşların Sınıflandırılması

Doğal taşlar, yeryuvarının en dışında bulunan katı maddelerdir (Sarıçamlık, 2021). Birbirinden farklı pek çok parametreye göre sınıflandırılır. Bunun nedeni doğal taşların jeokimya, sertlik, renk, fiziksel ve mekanik nitelikleri açısından birçok farklı karakterlerde olmasıdır. Bu farklılıkların temel nedeni, doğal taşların jeolojik kökenlerinden kaynaklanmaktadır (Anonim, 2002). Doğal taşlar, jeolojik kökenlerine göre tortul (sedimenter), püskürük (magmatik-volkanik) ve başkalaşım (metamorfik) taşlar olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır (Ünal, 2003).

Çizelge 2.1. Doğal Taşların Oluşumuna Göre Sınıflandırılması (TS 699, 1987 uyarlanmıştır.)

DOĞAL TAŞLAR			
MAGMATİK	TORTUL (SEDİMANTER)		METAMORFİK
Granit	KIRINTILI	KİMYASAL	Mermer
Siyenit	Konglomera	Kireçtaşı	Serpantin
Gabro	Kumtaşı	Dolomit	Gnays
Diabaz	Puding, Breş	Traverten	Kuvarsit
Trakit		Oniks	Arduvaz
Andezit		Fosilli Kireçtaşı	Şist
Bazalt			
Tüf			

Jeolojik süreç boyunca magmatik taşlar metamorfik ve tortul taşlara, tortul taşlar magmatik ve metamorfik taşlara, metamorfik taşlar da magmatik ve tortul taşlara dönüşürler, bu döngüye “kaya döngüsü” denir (Karahan, 2018).



Şekil 2.1. Kaya Döngüsü (Karahana, 2018).

2.1.1.1. Magmatik taşlar (Püskürük Taşlar)

Magma, sıcaklığı 600 ile 1300 °C arasında değişiklik gösteren ve yer kabuğunun derinliklerinde bulunan erimiş silikat bileşiklerinden oluşur (Karahana, 2018). Erimiş hâlde bir silikat hamuru durumunda olan magmanın veya akkorun yer kabuğunun derinliklerinde veya yeryüzünde soğuyarak katılaşması sonucu meydana gelen taşlardır. Bunlar genel karakterleri ile kütleler halinde bulunan kristallerden oluşurlar (Ulupınar, 2000). Magmatik taşlar, yüzey taşları, damar taşları ve derinlik taşları olarak gruplanabilirler. Bu gruplama donma olayının nerede gerçekleştiğine yani yer kabuğunun hangi kesiminde bulunduklarına göre yapılmaktadır. Soğuma hızına göre kristal büyüklükleri değişir. Derinlik taşları magmanın yavaş soğuması nedeniyle iri kristalli, damar taşları ise orta derecede soğuma nedeniyle camsı bir hamur içinde dağınık ince kristalli bir yapıya sahiptirler. Magmatik taşlar, değişik renklerde irili ufaklı kristal ve levhacıkları bir bağlayıcı çimento içinde yayıldığı, parladığı, homojen izotop, sert taşlardır. Bir başka deyişle ayırıcı özellikleri, kristallerinin parlaması ve damarsız, kırıksız bir kütle içinde değişik renk tabakaları olmayan homojen görünümde olmalarıdır (Yıldırım, 2007).

Çizelge 2.2. Magmatik Taşların gruplanması

MAGMATİK TAŞLAR		
Yüzey Taşları	Damar Taşları	Derinlik Taşları
Bazalt	Diyabaz	Granit
Andezit	Aplit	Gabro
Trakit	Pegmatit	Siyenit
Riyolit	Porfir	Diyorit

Magmatik taşlar, yontulmaları güç olan sıkı bünyeli sert ve sağlam taşlardır (Görçelioğlu, 1976). Dayanıklı olmaları nedeniyle kullanıma elverişli olsalar da her yerde bulunmamaları ve yontulma güçlükleri sebebiyle daha az kullanılmaktadırlar.



Şekil 2.2. Başlıca Magmatik Taşların örnekleri (Andezit, bazalt, diyabaz, granit, siyenit, gabro) (URL-1)

2.1.1.2. Tortul (Sedimanter) taşlar

Fiziksel ve kimyasal ayrışmaya uğrayan taşların su, dalga, rüzgâr ve buzullar aracılığı ile göllere, akarsu havzalarına ve denizlere taşınıp birikmesine tortullaşma (sedimentasyon) denir (Yüzer ve ark., 2016). Ayrışmış olan taşların tortullaşıp sertleşmesiyle oluşan doğal taşlara sedimanter taşlar veya tortul taşlar denir. Bazıları kum, çakıl, kilden, bazıları bitki ve hayvan kalıntılarından, bazıları ise suların çekilmesi ya da kuruması sonucu geride kalan minerallerin birikmesiyle oluşur (Yüzer ve ark., 2016). Tortul taşlar; kimyasal tortul taşlar ve klasik tortul taşlar olarak ikiye ayrılmasına

rağmen bazı araştırmalarda üçüncü grup olarak organik tortul taşlar da sınıflandırmaya dâhil edilmektedir. Kimyasal tortul taşlar, kimyasal ayrışmalar neticesinde oluşan suda çözünen maddelerin bir yerde biriktikten sonra çökmesiyle oluşan taşlardır. Klasik tortul taşlar, mekanik ayrışmalar sonucunda oluşan mineral ve taş fragmentlerinin çökmesiyle oluşurlar. Organik tortul taşların temelini ise organik atıklar oluşturmaktadır (Akalan, 1968).

Çizelge 2.3. Tortul Taşların sınıflandırılması (Ziyaettin, 2010)

TAŞ TİPİ	ÖZELLİKLERİ	AYRIK	YAPIŞIK
FİZİKSEL TORTUL	Taneli taşlar 2 mm'den büyük	İri çakıl Çakıl	Konglomera Puding(yuvarlak) Breş (köşeli)
	0.2-2 mm	Kaba kum İnce kum	Kumtaşı(Gre)
	0.002 mm ve daha ince	Kil	Marn (Kil+Kireçtaşı)
ORGANİK TORTUL	Kalkerli	Kavkı Mercan	Kavklı kalkerler (kireçtaşları) Mercanlı kalkerler Küfeki taşı
KİMYASAL TORTUL	Kalkerli	Eriyiklerden çökelmiş CaCO ₃ çökelme veya başkasının yerini alma	Kalkerli: Yoğun Kalkerler Tüf ve traverten Albatr Magnezyumlu: Dolomit

Sedimanter kayaçların fosil içermesi bu taşları diğerlerinden ayıran en önemli özelliklerden biridir. Bu kayaçların incelenmesi; yerkabuğunun, canlı yaşamının tarihçesini aydınlatmada ve canlı yaşamı, iklim, bitki örtüsü gibi geçmiş zamana ait dış etkenler hakkında magmatik, metamorfik kayaçlara kıyasla daha sağlıklı bilgiler verir. Tortul taşlar hacim olarak yerkabuğunun %5'ini, magmatik ve metamorfik taşlar ise %95'ini oluşturmakta, buna karşılık yer yüzeyinde tortul taşların kapladığı alan %75, magmatik ve metamorfik taşların kapladığı alan ise %25 civarındadır. Dolayısıyla insanların faydalandığı birçok maden yatağını içerirler. Kömür, petrol, demir, yer altı ve

yer üstü suları, altın, boksit, uranyum, elmas, vb. gibi değerli madenler sedimanter kayaçlar içerisinde yataklanmaktadır (Karahan, 2018). Bu jeolojik yapılara en güzel örnek sarkıt ve dikitlerdir.



Şekil 2.3. Başlıca Tortul Taşların örnekleri (Kireçtaşı, dolomit, traverten, konglomera, breş, puding)
(URL-2)

2.1.1.3. Metamorfik (Başkalaşım) taşlar

Metamorfizma; yerkabuğunun derinliklerinde, farklı fiziksel ve kimyasal koşulların etkisi ile meydana gelen mineral transformasyonu veya katı haldeki mineral değişikliğidir. Mineraller, belirli bir basınç ve sıcaklık altında kararlı halde bulunurlar. Her mineralin kendine has bir stabilite sıcaklığı, basıncı vardır. Sıcaklık ve basınç değerinde oluşan bir değişme, minerali etkileyerek mineralde değişme başlatır. Bu olayın sonucunda mineral transformasyonu gerçekleşir ve aynı kimyasal bileşimde olan mineral farklı bir stabil minerale dönüşür (Ketin, 1994). Böylece kristalsız yapıya sahip olan kayaçların yüksek basınç ve ısı değişimiyle kristalli bir yapıya dönüşmesi metamorfik kayaçları oluşturur (Özgünler, 2007). Metamorfik kayaçlar, yaklaşık yerkabuğunun %27'sini kaplar. Ayrıca metamorfik kayaçlar oluşturdukları kayacın kimyasal bileşimi ve metamorfizma derecesine göre farklı özellik ve tipte bulunurlar (Kaya, 2009). Sıcaklık ve basınç altında; kalkerler mermere, greler kuvarsite, alçı taşları anhidritlere, kil taşı ise fillat ve arduvaza dönüşür (Yıldırım, 2007). Metamorfik taşlar, kaplama ve yapı işlerinde kullanılırlar (Görcelioğlu, 1976).

Çizelge 2.4. Başlıca Metamorfik Taşlar

METAMORFİK TAŞLAR
Mermer
Serpantin
Gnays
Kuvarsit
Arduvaz
Şist

**Şekil 2.4.** Başlıca Metamorfik Taşların örnekleri (Mermer, arduvaz, kuvarsit, gnays) (URL-3)

2.2. Araştırmada Kullanılan Taş Tipi ve Özellikleri

2.2.1. Sille taşı

Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde yer alan Konya, dünyanın eski yerleşim yerlerinden biridir ve birçok tarihi miras alanına sahiptir. Tümülüs kazılarında (yöredeki Çatalhöyük, Karahöyük, Erbaba ve Alâeddin Tepesi) elde edilen verilere göre Konya'nın tarihi, tarih öncesi dönemlere kadar uzanmaktadır (Fener ve İnce, 2015). Hititler, Frigler, Romalılar, Bizanslılar, Selçuklular, Anadolu Selçukluları, Karaman Beyliği ve Osmanlılar bölgede hüküm sürmüşlerdir (Karpuz, 2009; Aygör ve ark., 2012). Birçok medeniyete ev sahipliği yapan şehir, Anadolu Selçuklularına başkentlik yapmıştır. Kent, sahip olduğu benzersiz yapılar (medreseler, camiler, türbeler ve

kervansaraylar) ve Selçuklu uygarlığına ait oyma taş işçiliği örnekleri nedeniyle Unesco'nun dünya mirası geçici listesine dâhil edilmiştir.

Selçuklu öncesi (kilise ve şapeller) ve Selçuklu sonrası dönem (hamam, kilise, cami, türbe, okul, otel, ev ve çeşmeler) eserleri kentin kültürel ve mimari dokusunun temelini oluşturmaktadır. Tarihi yapıların çoğunda Sille Taşı kullanılmıştır (Fener ve İnce, 2015). Sille Taşı, andezit blokları ve andezitik tüflerin karışık bulunduğu “kül-blok akması” şeklinde yerleşen volkanik birim içinden üretilmektedir. Sille Taşı; gerçek andezit değildir, andezitik tüftür. Fakat göreceli işlenme zorluğu nedeniyle fazla tercih edilmeyen ve ocaklardan az oranda çıkan gerçek andezit blokları da aynı isimle pazarlanır. Bu taşlara yöresel ad ile “Kentaşı (ken: taş ocağı)” da denir (Kazancı ve Gürbüz, 2014). Sille taşı, andezit bloklar ve andezit tüflerin karışık bulunduğu (Kazancı ve Gürbüz, 2014), magmatik kayalardan olan trakitler grubunda yer almakta ve ocaklardan bloklar halinde çıkarılmaktadır (Aklanoğlu, 2009; Taşlıgil ve Şahin, 2016). Yörede bol bulunabilirliği ve kolay işlenebilirliği sebebiyle en çok tercih edilen yapı malzemelerinden biri olmuştur. Bulundukları bölgenin adıyla bilinen bu taşlar, kentin 8 km kuzeybatısında bulunan Sille civarındaki ocaklardan çıkarılırlar (Aktaş Yasa, 2016). Sille'nin arazi yapısının tüflü bir yapıya sahip olduğu hatta volkan tüfünü hatırlattığı, renginin de tebeşire benzediği bu yüzden kolay kırılabilen bir özelliğe sahip olduğu, arazi yapısını da sel sularının yardığı ve çok miktarda kalker parçaları görüldüğü bilinmektedir (Yıldız Kuyrukçu ve Kuyrukçu, 2015).

Yapı taşları nem, donma-çözülme, termal etkiler gibi iklimsel koşullar nedeniyle çeşitli atmosferik etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkiler sonucunda yapı taşları kısmen veya tamamen bozular. Dolayısıyla bu etkilere karşı gerekli önlemler alınmadığı takdirde tarihi yapılar değerini kaybetmektedir. Sille andezitinden yapılmış, yapı özelliğini Konya'daki atmosferik koşullar nedeniyle kısmen veya tamamen yitirmiş, oldukça fazla sayıda mimari eser bulunmaktadır (Fener ve İnce, 2015). Sille taşının kuru yoğunluğu, ağırlıkça su emmesi, gözeneklilik özelliği, P dalga hızı ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri sırasıyla 2.34 g/cm³, 2.41%, 5.65%, 3.78 km/s ve 60.31 MPa olarak bulunmuştur (Fener ve İnce, 2015). Sille taşının mekanik özellikleri Özdemir (2002), Kekeç ve ark. (2006) tarafından araştırılmıştır. Özdemir (2002), yaptığı araştırmalara göre, Sille andezitinden inşa edilen tarihi yapıların duvarlarında yüksek kılcal su emme katsayısından kaynaklanan nem gözlemlendiğini tespit etmiştir. Kekeç ve ark. (2006) ise, tercih edilen bir yapı taşı olması durumunda taşın kullanım alanının

mekanik özelliklerine göre belirlenmesinin uygun olacağını belirtmiştir. Ulusoy (2007), Zedef ve ark. (2007), Zedef ve Ünal (2010), Zedef ve ark. (2011) ise yapı taşlarında tuz kristalleşmesine bağlı ayrışma süreçlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yürütmüşlerdir. Zedef ve ark. (2007), andezitik kayalarda mineralojik petrografik, fiziksel ve mekanik özelliklerin tuz kristalleşmesi üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Zedef ve Ünal (2010), Zedef ve ark. (2011); bölgede kullanılan diğer yapı taşlarına kıyasla en fazla tuz kristalleşmesi etkilerinin andezitik kayalarda gözlemlendiğini açıklamıştır. Fener ve İnce (2015) ise, çalışmasında Konya bölgesinde yapı taşı olarak kullanılan andezitik kayaların donma-çözünme döngülerinden yoğun olarak etkilendiğini örnekler vererek açıklamıştır. Ayrıca Tosunlar ve ark. (2018) araştırmalarında, Sille taşının bozulma süreçlerine duyarlı olduğunu vurgulamıştır. Bu sebeplerle, önerilen modelin veri setini oluşturabilmesi için bozulmaların yoğun olarak gözlemlendiği Sille taşı seçilmiştir.

2.3. Yapı Taşlarının Bozulma Nedenleri

Ocaktan çıkarılan doğal taşlar, zamanla bulundukları çevreye uyum sağlarlar. Fakat çeşitli etkenlere bağlı olarak doğal taşların dayanıklılıklarında değişimler gözlemlenir. Bu değişimlerde, doğal taşların termodinamik dengesinde görülen farklılaşma ile bozulma sürecinin başladığı kabul edilir (Benedetti ve ark., 2008). Bunun sebebi bulundukları ortamın değişmesi ve maruz kaldıkları yeni atmosfer etkileridir (Sabbioni ve ark., 2010). Doğal taşlarda bozulma fiziksel parçalanma ve kimyasal ayrışma süreçlerinden oluşmaktadır (Price, 1995). Fiziksel bozulma; nem, sıcaklık ve rüzgâr gibi atmosferik, insan ve biyolojik etkilerden meydana gelmektedir (Korkanç, 2018). Kimyasal bozulma ise; su, yapı taşı ve NO_x, SO_x gibi partikül maddelerden oluşan çevresel ajanlar arasında meydana gelen reaksiyonlar sonucu oluşur (Esaki ve Jiang, 2000). Bozulma sürecinde, bu etkiler kimi zaman tek başına etki ederken çoğu zaman da bu etkilerin birleşmesi ile oluşur (Al-Naddaf, 2009; Özgünler ve Gürdal, 2008). Doğal taşlarda görülen ve ilerleyen ayrışma sürecinde, gerekli önlemler alınmazsa bu taşlar yapı malzemesi olma özelliğini kaybedebilir.

2.3.1. Atmosferik Etkiler

Islanma-kuruma, suyun hareketi, donma-erime, sıcaklık değişimleri, rüzgâr, yağmur ve bunlarla taşınan çeşitli tuzlar; yapı malzemelerinin uzun yıllar boyunca maruz kaldığı ve bozulma süreçlerinin gelişmesine sebep olan atmosferik etkilerdir (Hasbay ve Hattap, 2017). Gözenekli yapıya sahip bir yapı malzemesinin yüzeyi tarafından emilen suyun, malzeme içindeki hareketi ıslanma-kuruma döngüsüdür. Bu döngü ıslanma ve kuruma olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. İlk aşama, suyun küçük boyutlu gözenekler tarafından, daha sonra büyük boyutlu gözenekler tarafından emilimidir. Gözeneklerinin tamamı suya doyan malzeme, ilk aşama olan ıslanma sürecini tamamlamıştır. Suyun ters yöndeki hareketi ile kuruma süreci olan ikinci aşama başlar. Yüzeye doğru hareket eden suyun, buhar halinde malzemeyi terk etmesi ile bu süreç tamamlanır. Kuruma zor ve daha yavaş gerçekleşen bir süreçken, ıslanma daha kolay ve hızlı gerçekleşir. Yapı malzemesinin bozulmasını hızlandıran bu ıslanma-kuruma çevriminin tekrarlanma sıklığı ve hızı; rüzgâr, hava sıcaklığı, bağıl nem gibi atmosfer koşullarına ve gözeneklerin şekil, boyut, dağılımına bağlıdır (Döndüren ve ark., 2017; MEB, 2013). Gözenekli malzemedeki donma-çözünme olayı ise, atmosferin

kısa zamanda yapıda bozulmalara yol açan en önemli etkisidir (Eriç, 1994). Taşın yapısında bulunan ince kılcal damarlarla taşınan ve taşın gözeneklerinde toplanan su, sıcaklığın 0°C'nin altına düşmesiyle katı faza geçerek buz kristalleri oluşturur. Suyun kristal hale dönüşmesiyle taş içerisinde oluşan hacim artışı bir iç basınç yaratır (Rota ve Doria, 1988). Bu basıncın, yapı malzemesi dayanımını aşması ile mikro çatlaklar oluşurken; su büyüyen çatlaklara yerleşir (Ruedrich ve ark., 2011). Donma-çözünme döngüsünün devam etmesi ile mevcut çatlaklar gelişir ve yapı taşının zayıflamasına sebep olur (Yavuz ve ark., 2006). Ayrıca suyun varlığı, yapı içindeki kapilarite hareketi ile de yapı malzemelerinde bozulmalara sebep olmaktadır. Zeminden yükselen nem, taşıyıcı sisteme gelen yükü fazlaştırır. Ayrıca sıcaklık artmasıyla buharlaşarak içinde taşıdığı tuzların duvar yüzeyinde birikmesine (çiçeklenme) ve duvarın fiziksel, kimyasal yapısını bozucu etkilere neden olabilmektedir (Mahrebel, 2006). Suda çözünen tuzların, yüzeye doğru hareket eden sularla birlikte taşınması ve suyun buharlaşmasından sonra yüzeyde kalması ile taşın bozulmasını hızlandıran ve estetik görüntüsünü bozan beyaz renkli çiçeklenme oluşmaktadır (Akçaözoğlu ve ark., 2008). Taşların bozulmasına yol açan bir diğer etken ise rüzgârdır. Rüzgâr, kuru dere yatakları ve ovalardaki tozları kaldırarak onların taşlara çarpmasına sebep olmaktadır. Bu da taş yüzeyini aşındırmakta ve taş yüzeyinin parçalanmasına yol açmaktadır. Bunun yanı sıra, yine rüzgârın etkisiyle havaya kalkan tozlar nemli havalarda su buharıyla birleşip çamurlu bir yağmur şeklinde yağarak taşların çatlak ve boşluklu kısımlarına girmekte ve taşın bozulmasına neden olmaktadır (Tekin Eroğlu, 2020). Yapı malzemesi olan taşın, maruz kaldığı yüksek sıcaklık değişimleri termal genleşme ve daralmalara neden olur böylece malzemenin yorulmasıyla taşta çatlaklar ve kırılmalar oluşur. Termal şok olarak adlandırılan bu süreç, yapı taşlarında hacim değişikliğiyle kayaç içerisindeki taneler arasında basınç farklılıkları oluşturur (Yaldiz, 2010). İlerleyen zamanda bu olayın tekrarlanması ile mikro çatlaklar gelişerek makro çatlaklara dönüşür. Yapı taşları bahsedilen bütün bu atmosferik etkilerden, bulunduğu bölgedeki iklim koşullarına bağlı olarak biri veya daha fazlasına maruz kalabilir.

Doğal taşlar bir veya birden fazla mineralin bir araya gelmesiyle oluşan organik olmayan kristal yapıya sahip malzemelerdir (Sarıçamlık, 2021). Taşların ayrışma derecesi ve basınç dayanımını, minerallerin kristalleşme derecesi, kimyasal bileşimi ve kristallerin bağlayıcı maddesi etkiler (Küçükkaya, 2004). Ayrıca kayaçların mühendislik ve fiziksel özellikleri de atmosferik etkilerden kaynaklı bozulma direncini doğrudan etkilemektedir (Korkanç ve Solak, 2016).

2.3.2. Biyolojik Etkiler

Taş bozulma nedenlerinden biri de biyolojik etkilere dir. Canlı organizmaların sebep olduğu, bir materyalin bileşenlerinde görülen istenmeyen değışiklikler biyolojik bozulmayı ifade etmektedir (Caneva ve ark., 1991; Cutler ve Viles, 2010). Taşın rengini değıştiren ve taşın bozulma sürecini hızlandıran bir organizma, kimyasal ve fiziksel etkileri nedeniyle taş ve taş minerallerinin parçalanmasına sebep olur (Yaldiz, 2010). Küf, mantar, yosun ve liken oluşumları, taşın karanlık ve neme açık bölgelerinde oluşan, bozulmaya yol açan biyolojik etkilere dir. Bitkilerin, nemli taşlardan beslenmeleri mümkün olduğu için köklenme dolayısıyla taşların fiziksel olarak aşınma ve çatlamaları hızlanmaktadır. Odunsu bitkiler kökleri vasıtasıyla ve ağırlığıyla bozulmaya sebep olabilmektedir (Wheeler, 2005). Ayrıca salgıladıkları sıvılar da lekelenmelere ve bazı durumlarda asit etkisiyle yüzeysel bozulmalara yol açar (Bozoğlu, 1998). Taşlarda oluşacak biyolojik bozulma, su varlığı, pH, iklimsel özellikler, besin kaynakları gibi çevresel faktörlere ve bağlayıcının türü, gözeneklilik, geçirgenlik, mineral bileşimi gibi petrografik parametrelere bağlı olarak değışiklik gösterir. Özetle biyolojik bozulmanın bileşenleri: organizmalar, materyaller, çevre şartları ve insanlardır (Caneva ve Salvadori, 1988; De Graef ve ark., 2005; Özkan, 2009; Song, 2001; Sırt, 2011; Warscheid ve Braams, 2000).

2.3.3. İnsan Etkileri

İnsanlar bilinçsiz veya bilinçli olarak geçmişten bu zamana kadar yaptıkları olumsuz davranışlar ve müdahalelerle birçok taş eserde hasar bırakmış ve yok olmalarına sebep olmuşlardır (Büyükmihçi, 1997). Yapı taşlarındaki tahribatlarda bakımsızlık, hatalı tasarım, terk, yangın, vandalizm, savaş ve turizm gibi insan etkileri, önemli rol oynamaktadır (Zakar ve Eyüpgiller, 2015). Bu etkilerle tahrip olan yapı taşlarının özellikleri olumsuz etkileneceği için bozulma hızları da artacaktır.

2.4. Doğal Taşlarda Görülen Bozulma Türleri

İnsanlığın ortak mirası olan taş anıtların bütünlüğünü tehdit eden en büyük faktör ayrışma etkileridir. Bu süreç bazen yapı taşlarının iç yapısında, bazen de görünür yüzeyde farklı biçim ve derecelerde bozulmalara neden olur. Ayrışma etkilerinin kökenleri, türleri, seviyelerinin doğru tanımı ve oluşturulacak sınıflandırmalar koruma uygulamalarına hatalı müdahaleyi önler.

ICOMOS-ISCS taşlarda görülen bozulmaları ayrıntılı olarak kategorize etmiş ve ana bozulma türlerini alt başlıkları da dâhil edilmek üzere 5 grup altında toplamıştır: Çatlak oluşumu, Parçalar halinde ayrılma, Malzeme kaybı, Renk değişimi/birikim ve Biyolojik gelişim (ICOMOS-ISCS, 2008).

Bozulma türlerinin oldukça çeşitli olması nedeniyle söz konusu tez kapsamında, bozulma türlerini belirlemek için ICOMOS-ISCS tarafından önerilen karakterizasyon takip edilmiştir. Konya saha çalışmalarında yaygın olarak gözlemlenen: çatlak oluşumu, pullanma, paralel levhalar halinde ayrılma, diferansiyel erozyon, parça kaybı, siyah kabuk oluşumu, grafiti, birikme, tuzlanma ve bitki oluşumu ele alınmıştır.

2.4.1. Çatlak Oluşumu

Taşa materyal eklenmesi veya taş yapısında bir eksilme olmadan; deprem, yapının zemine oturması, ısı genleşmesi gibi etkenler neticesinde taşın niteliklerini kaybetmesi ve çekme-basınç dayanımı aşıldığında davranışlarının farklılaşmasıyla kendi bünyesinde meydana gelen değişimler çatlakları oluşturmaktadır (Akçaözoğlu ve ark., 2008). Çatlaklara gerilme yoğunluğu fazla olan bölgelerde daha sık rastlanır (Döndüren ve ark., 2017). Çatlak, en fazla birkaç mm derinliğe sahip olan, taşı parçalara ayırmayan ve çıplak gözle gözlenebilen kısmi ayrılmalardır. Çatlağın görüldüğü yapı taşlarında parçalar belirli noktalarda birbirlerine tutunarak taş bütünlüğünü sürdürmektedir; ayrışma henüz gerçekleşmemiştir. Kalınlığı 1mm'den daha az olan, yapısal bir risk oluşturmayan ve genellikle taş yüzeyinde birbirlerine paralel çizgiler halinde görülen sığ çatlaklar kılcal çatlakları oluşturmaktadır (Çetin, 2016). Kılcal ölçülerden başlayan bu bozulma tipi, geniş ölçülere ulaştığında taşı parçalara ayırabilir ve taş bütünlüğü bozulur (ICOMOS-ISCS, 2008). Taş bütünlüğünü etkileyen kırılmalar, taştaki mineralleri ve parçaları bir arada tutan doğal çimentonun molekülleri arasındaki bağların ayrılmasıyla gözlenir (Çetin, 2016). Bu sebeple, taş dayanımlarını düşüren ve

taşın fiziksel bütünlüğüne etki eden çatlaklar, taşları tehdit eden en önemli bozulma türlerindendir (Ahunbay, 1996; Dal, 2010). Çatlaklar sadece yapı taşlarının bütünlüğünü bozarak yapının dayanımını negatif yönde etkilemez; zeminden nemi ileterek duvarların nemi çekmesi sonucu yapının nemli kalmasıyla (Torraca, 1982; Yıldırım, 2007) donma-çözünme döngüleri, biyolojik bozulmalar ve tuz kristalleşmesi döngülerine zemin hazırlar (Dal, 2010). Çatlaklar ve kapilarite etkisiyle yapı taşlarına nüfuz eden nem, suda çözünebilir tuzlar; renk değişimleri, biyolojik bozulmalar (Erdem ve Caner, 2017), parçalar halinde ayrılmalar ve malzeme kayıpları gibi bozulma türlerine neden olur (Steiger ve Charola, 2011). Ayrıca taşa çatlak oluşumu su penetrasyonunu kolaylaştırarak çatlakların gelişmesini hızlandırır. Çatlağın genişliği, su penetrasyonunu artırarak ayrışmanın yoğunluğu etkiler (Hatır, 2020).

Çatlakları meydana getiren etkenler genellikle fiziksel kaynaklı olup; taşların bünyesinde meydana gelebileceği gibi birleşim bölgelerinde de görülebilmektedir (Akçaözoğlu ve arks., 2008). Taş yüzeyinin alt kısmında meydana gelen bozulmalar ve oluşan boşluklar, tuz kristalleşmesine dayanan mekanik stres, parça kaybı ve çatlak oluşmasına sebep olan etkenlerdir. Zaman içerisinde yapıda gerçekleşen donma-çözünme döngüleri de çatlak oluşmasına neden olmaktadır (Gomez Heras ve McCabe, 2015). Çatlak oluşumuna neden olan etkenlerden biri de taşın mekanik özellikleri ve taşın cinsidir. Mekanik nitelikleri, sertliği ve yoğunluğu düşük taşlar çatlak oluşumuna karşı daha yatkındırlar. Bu sebeple taşlarda görülen çatlaklar “taşın yapısına bağlı çatlaklar” ve “taşın yapısından bağımsız çatlaklar” olmak üzere ayrılır (Fitzner ve Heirichs, 2001). Hatalı onarımlar, çatlak oluşumuna neden olan bir diğer sebeptir. Kullanılan onarım malzemelerinin fiziko-mekanik uyumsuzluğu orijinal malzemeye zarar verebilir. Çimento gibi orijinal malzemeyle etkileşim oluşturan ve bünyesinde tuz bulunduran harçlar, yapıda tuz sorunlarına neden olabilir. Tuz problemleri sonucu kabuk oluşumu gözlenebilir bu da çatlak oluşumlarına neden olan etkenlerden biridir (Tintin, 2012). Bu sebeplerle onarım malzemeleri kullanılmadan önce iyi analiz edilmeli yapının orijinal malzemeyle olan uyum seviyesi tespit edilmelidir.



Fotoğraf 2.1. Şifâhâne Mescidinde görülen çatlak oluşumu (Ünal, 2023)



Fotoğraf 2.2. Hoca Ahmet Fakîh Camisinde yapı malzemesi olan taşta görülen çatlak (Ünal, 2023)

2.4.2. Parçalar Halinde Ayrılma/Eksilme

Doğal taşların yapısına ve maruz kaldığı dış etkilere (rüzgâr, su, ıslanma-kuruma vb.) bağlı olarak çözünme yoluyla yüzeyden zamanla materyal ayrılmasıdır (Karataş, 2018). Çözünme süreçleri, yapı taşı yüzeylerinin ve yüzey altı minerallerinin bağlanma gücünü azaltır. Agregaların ve tanelerin kayadan ayrılmasına neden olur (Hall ve Hall, 1996; Küçükaya, 2004). Taşta meydana gelen bozulma yüzeysel olduğu için taşın yapısal özelliğini kaybetmesi gibi ileri derecede bir kayıp gerçekleşmez (Dal ve Öcal, 2017). Taş yüzeyinde parçalar halinde ayrılmalara sebep olan etken, ısının çok düşük veya çok yüksek olması değil, sık sık ve hızlı bir şekilde değişmesidir (Smith ve ark.,

2008). Özellikle su ve nemin yoğun bulunduğu yerlerde zaman içerisinde ıslanma-kuruma döngüleri rüzgârın da tesiriyle taş yüzeyine etki eder ve yüzey ilk olarak pürüzlü bir hâl alır. Mekanik olarak zayıflamaya başlar ardından suyun tekrar etki etmesiyle çözünme gözlemlenir (Küçük, 2020). Isı değişimlerinin yanında, diğer en önemli etken taş ile uyum sağlamayan malzeme kullanımıdır. Taş ile uyum sağlamayan mekanik özelliklere sahip malzeme, taşın yüzeyinde meydana gelen çatlak ve parçalanma sürecini hızlandırır. Örneğin taştan daha yüksek bir genleşme katsayısına sahip malzeme kullanımı mekanik basınca sebep olarak taşta dağılma sürecini hızlandırır (Erdem, 2016). Bu nedenle koruma ve onarım uygulamalarında uyum sağlamayan malzeme kullanımı, parçalar halinde ayrılma ile başlayıp malzeme kaybı ile sonuçlanır.

Bu bozulma türünün alt başlıkları yüzeyden ayrılan parçanın derinliğine göre derecelendirilir (Küçük, 2020). Bu ayrılmalar farklı şekillerde, bazen süreksiz bazen de yapı taşı boyunca sürekli olarak bir veya birden fazla katmanda meydana gelir (ICOMOS-ISCS, 2008). Özellikleri hasara neden olan bozulma süreçleri hakkında bilgi verir ve gerekli koruma eylemlerinin hazırlanmasında önemli bir girdidir. Bozulma olayları kopmaya neden olduğunda, kaybolma riski altındaki taş elamanların boyutu gerekli koruma eylemlerinin belirlenmesinde kritik bir parametredir (Rodrigues, 2015).

2.4.2.1. Kabarma

Taş yüzeyinde taştan ayrılmış bir şekilde bulunan ve ayrılmadan kaynaklı taş ile arasında hava dolu yükseltiler görülen bozulmadır. Tuzların çözünme ve kristalleşme döngüsünün neden olduğu kabul edilen bu kabuklaşma taş dokusu ile ilgili değildir. Genellikle çökel (sedimentar) kayalarda gözlemlenir (ICOMOS-ISCS, 2008).



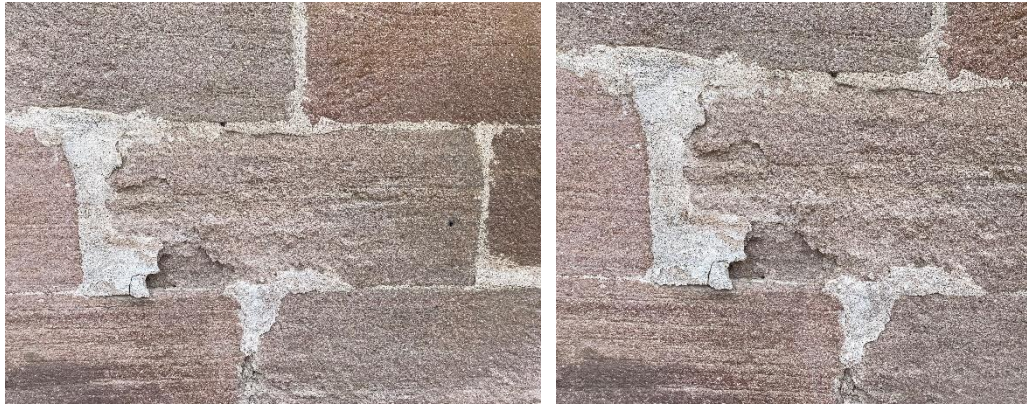
Fotoğraf 2.3. Beşâre Bey Mescidindeki taşta gözlemlenen kabarma (Ünal, 2023)



Fotoğraf 2.4. Halka Beğüş Mescidindeki kabarma (Ünal, 2023)

2.4.2.2. Patlama

Taşın iç basıncından kaynaklanan ve taş yüzeyinin belirli bölgelerinde görülen düzensiz kenarlı bir parça ayrılmasıdır. Patlamadan önce bazen yıldız şeklinde yüzeysel kırılmalar meydana gelir. Bu bozulma türü doğal olarak taşın yapısında ve yüzeyine yakın bir yerde bulunan mineral içeriklerinin (killer, demir mineralleri vb.) hacminin artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kullanılan metalik takviye elemanlarının korozyonu da patlamaya neden olabilir (Vergès-Belmin, 2011).



Fotoğraf 2.5. Halka Beğüş Mescidinde gözlemlenen patlama (Ünal, 2023)

2.4.2.3. Tabakalaşma

Boyutları birkaç milimetre ve santimetre arasında olduğu tespit edilen, taş yüzeyine paralel olarak gerçekleşen geniş yapıli bozulmalardır. Kaya kütlelerinin kimyasal çözünme ve sıcaklık değışimleri sonucunda, taşın paralel levhalar halinde veya ince katlar halinde soyulmasıdır. Taş dokusuna bağıli olarak gelişen ayrışma türü taşın özğü yapısına göre tabakalar halinde gerçekleşir. Ayrıca bu bozulma türü dokuya bağımsız olarak da gelişebilmektedir (Öcal ve Dal, 2012).

Tuz kristalizasyonu ya da don olaylarına maruz kalan taşlarda mekanik etkiler sonucu yüzeye paralel olarak bir veya daha çok katmana ayrılan ve genellikle kitap gibi kıvrılıp büküldüğü görülen delaminasyon şekli yapraklanmadır (ICOMOS-ISCS, 2008; English Heritage, 2012; Hasbay ve Hattap, 2017). Bozulma sürecinin ilerlemesiyle tabakaların taş yüzeyle bağıli zayıflar ve dökülmeler başlar (MEB, 2013). Nemin yoğun olarak görüldüğü bölgelerde daha çok meydana gelmektedir (Şener, 2000). Ayrıca yüzey kirliliğı ve kabuk oluşumu görünen taşlar yapraklanmaya daha fazla eğilim gösterir (Tayşı, 2021).

Donma-çözülme, ıslanma-kuruma ve tuz kristalleşmesi gibi ayrışma süreçleri, taş yüzeyinin veya yüzey altı minerallerinin bağlanma gücünü azaltarak yüzey ayrılmasına yol açar (Rodrigues, 2015). Pullanma; levhalar halinde ayrılma, pul pul dökülme ve delaminasyon gibi ayrılmaya dayalı bozulmaların ilk aşamasıdır ve taş yüzeyinden ince ($\leq$ mm) balık pullarının ayrılması olarak kendini gösterir (Grimmer, 1984).



Fotoğraf 2.6. Şifâhâne Mescidinde tespit edilen levhalar halinde ayrılma (Ünal, 2023)

2.4.2.4. Dağılma

Boyutları milimetreden santimetreye kadar değişiklik gösteren, taşın parçalanma yoluyla düzensiz kompakt zerrelere halinde materyal kaybetmesidir. Granüler ayrışma olarak nitelendirilen tozuma, ufalanma ve kumlanma taş yüzeyine hafifçe dokunulmasıyla kolayca fark edilir (Öcal ve Dal, 2012).

Taşa taneleri bağlayan bağlayıcı maddenin ayrışıp çözünerek, su ve rüzgâr aracılığıyla taşınması sonucu ufalanma oluşmaktadır. Bu bozulma türü yoğun neme bağlı çiçeklenme sonucu meydana gelmektedir ve kumtaşlarında daha sık gözlemlenmektedir (Yıldırım, 2007; Akçaözoğlu ve ark., 2008).

Kalınlıkları yaklaşık 1 milimetre olan, toz veya is gibi atmosferik kirlenmeler nedeniyle taş yüzeylerinde griden koyu siyaha kadar renk değişimi görülen bozulma türü kumlanmadır. Taş köşelerinin yuvarlaklaşması taşta görülen kumlanmanın sonuçlarındandır. Hava kirliliğinin yoğun görüldüğü yerleşim yerlerinde bu bozulma türüyle daha fazla karşılaşmaktadır. Yapıda yağmura maruz kalan bölgeler ve diğer bölgelerde kumlanma yerleşmeleri farklılık gösterir. Genelde doğal taşın dış mekana bakan yüzeyinde görülür (Yıldırım, 2007; Akçaözoğlu ve ark., 2008).

Tozuma ise bazı kimyasal reaksiyonlara uğramış ve ortam şartlarına uyum sağlayamamış granüllü taşlarda oluşan bir ayrışma türüdür. Zamanla taşın renginde değişme gözlemlenir ve taş granüler bağlayıcılarını yitirerek yüzeyden ayrılır. Böylelikle iklim şartları, yüzeye dokunma gibi sebeplerle taşların yüzeyinde tozlaşma oluşur (Dal ve ark., 2016). Kimyasal etmenler kadar fiziksel etmenler de (erozyon) tozlaşma sebeplerindendir (Tayşi, 2021). Özellikle taşın yapısına bağlı gelişen bu bozulma türünde taş yüzeyine dokunulduğunda pudra halinde ele yapışmaktadır (Hasbay ve Hattap, 2017).



Fotoğraf 2.7. Konya Lisesi'nde yapı malzemesinde görülen pullanma (Ünal, 2023)



Fotoğraf 2.8. Sırçalı Medrese taş kapısında tespit edilen dağılmalar (Ünal, 2023)

2.4.3. Malzeme Kaybı

Taş malzeme yüzeyinden bazı etkenler sonucunda materyal ayrılması ya da malzemenin tamamen yok olması malzeme kaybı olarak tanımlanır (ICOMOS-ISCS, 2008). Malzeme içerisinde bulunan tuz ve suların atmosferdeki ısı farklılıkları etkisiyle buharlaşma ya da donma süreçlerinde hacim genişlemesi ile meydana getirdikleri tahribat zamanla yüzeyden parça kopmasına neden olur (Rodrigues, 2015; Gomez Heras ve McCabe, 2015). Malzeme kaybı ve parça kopmasına neden olan etkenlerden biri de ankraj metallerin korozyona uğrayarak hacimlerinin genişlemesidir (Tintin, 2012). Birleştirmek için kullanılan demir, metal gibi bağlantı elamanları bulunduran taşların iç yapısında meydana gelen basınç parça kaybı yaşanmasına neden olur (Çetin, 2016). Bunların yanında özgün malzeme ile uyumlu olmayan müdahale malzemelerinin kullanımı da malzeme kaybına neden olabilir. Kimyasal ve fiziko-mekanik özelliklerin uyumsuzluğu mekanik stres ve kimyasal etkileşime sebep olabileceği için orijinal malzemede parçalar halinde ayrılma, malzeme kaybı ve parça kopması görülür. Ayrıca taş yüzeyinde asit yağmurlarının oluşturduğu erimeler malzemenin granüler olarak

ayrışmasına neden olur. İlerleyen süreçte bu granüller erozyon ile malzemeden ayrılırlar (Camuffo 1995).

Malzeme kaybı genellikle yüzey altında oluşan etkilerin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu süreçte pul pul dökülme ve tanecikler halinde dağılma görülür (Rothert ve ark.,2007). Ayrıca parça kayıpları; aşınma, ufalanma, yapraklanma gibi kırılma, dökülme vb. mekanik etkiler sonucu oluşabilmektedir. Parça ayrılması genellikle tabakalanmaya paralel yönde ana kütleden ayrılır (Akçaözoğlu ve ark., 2008). Bu durum taşın orijinal boyutunun, şeklinin ve görünümünün zamanla değişmesine neden olarak malzemenin estetik ve yapısal işlevinde azalmaya yol açar (Bell, 1993; Andrew, 2002). Taş yüzeyinden ayrılan malzemenin boyutları ve şekli değişkenlik gösterebilir. Değişkenlik gösteren bu özellikler değerlendirilerek bozulmanın sebebi ve türü ile ilgili bilgiler elde edilir. Yapılacak teşhis çalışması ile malzeme kaybının durdurulması ve ilerlememesi için gerekli müdahale yöntemleri belirlenir (Rodrigues 2015).

2.4.3.1. Alveolar ayrışma

Taş yüzeyinde, farklı büyüklük ve şekillerde birbirlerine bağlı olarak gelişebilen (alveollere) boşlukların oluştuğu, deniz süngeri veya balarısı peteği görünümünde olan bir bozulmadır. Çoğunlukla santimetre boyutunda olan bu alveoller bazı durumlarda metrik boyutlara ulaşabilmektedir. Alveolizasyon, homojen olmayan fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip taşın, erozyon ve kimyasal bozulmalara uğraması sonucu oluşur. Kuru iklime sahip olan yerlerde büyük alveoller gözlemlenebilir. Bazı durumlarda granüler ayrılma gibi diğer bozulma formasyonlarının bir sonucu olarak meydana gelir. (Çetin, 2016).

Çukurlaşma veya oyuklanma, alveolar tahribatın alt başlığı olarak birbirleriyle bağlantılı olmadan gelişir (Dal ve Öcal, 2017). Çoğunlukla konik veya silindirik bir görünüme sahiptir (ICOMOS-ISCS, 2008). Atmosferik etkilerin ve taşın yapısı bu bozulma türünde etkilidir (Ergin ve ark., 2021). Taneli ve fosilli yapıda olan doğal taşlarda daha sık görülür (MEB, 2013). Taşta oyuklar sebebiyle yüzeyin boşalması iki yönden zarar vericidir: Yüzey kaybı nedeniyle taşın kesiti küçülür ve yüzey oyuklandığında bozulma alanı artmış olur, taşın yıpranması hızlanır (MEB, 2013; Karataş, 2018).



Fotoğraf 2.9. Nasuh Bey Camide gözlemlenen alveolar ayrışma (Ünal, 2023)



Fotoğraf 2.10. Şeyh Osman Rûmî Türbesindeki yapı malzemelerinde tespit edilen alveolar ayrışma (Ünal, 2023)

2.4.3.2. Erozyon

Doğal etkenler ve insanların sebep olduğu etkileşimler nedeniyle taşın özgün yüzeyinde yumuşak hatlar şeklinde görülen materyal kaybına aşınma veya erozyon denir. Rüzgâr, yağmur ve dolu gibi iklimsel faktörlerin tesiriyle taş yüzeyinde oluşan erimeler; fiziksel, kimyasal ve biyolojik tepkimelerin bir sonucudur (Öcal ve Dal, 2012). Taşın yapısına, uğradığı olumsuz şartlara göre derin ve yüzeysel erozyon olmak üzere oluşumlarında farklılık gözlemlenmektedir (Çetin, 2016). Erozyon bir aşınma türü olarak dış mekânda bulunana yüzeylerde görülmektedir (Hasbay ve Hattap, 2017). Örnek olarak taş yüzeye şiddetle yağmur damlalarının vurması yüzeyde aşınmalar oluşturarak taşı erozyona uğratar (Tayşi, 2021).

Diferansiyel erozyon, yuvarlaklaşma ve pürüzlenme; erozyonun sebep olduğu bozulmalardır.

2.4.3.2.1. Diferansiyel Erozyon

Yüksek heterojenliğe sahip volkanik ve tortul kayaçların iç yapısındaki zayıflıktan kaynaklı sert, yumuşak kısımlarının düzensiz bir aşınma sergilemesi diferansiyel erozyondur (Caneva ve ark., 2014). Taşın kimyasal ve fiziksel özellikleri zayıf olan kısımlarında erozyon oranı yüksektir. Tahribat boyutu milimetre ölçeğinden metre ölçeğine ilerleyebilir (ICOMOS-ISCS, 2008).

Diferansiyel erozyon matris ve bileşen kayıplarına neden olabilir. Taşın kendisini oluşturan unsurların aşınarak, yalnızca taş yapısını oluşturan bir veya birkaç ögenin aşınmadan yüzeyde kalmasına matris kaybı adı verilir. Bileşen kayıpları ise taş içeriğindeki kil, limonit gibi yumuşak bölümlerinin ya da çakıl, jeolojik kusurlar, tuf parçaları, fosil parçaları gibi daha kompleks bölümlerinin kaybıyla sonuçlanan bir erozyon türüdür (Vergès-Belmin, 2011).



Fotoğraf 2.11. Hoca Ahmet Fakih Camisindeki taşlarda görülen diferansiyel erozyon (Ünal, 2023)



Şekil 2.12. Hoca Ahmet Fakih Camisindeki taşlarda görülen diferansiyel erozyon (Ünal, 2023)

2.4.3.2.2. Yuvarlaklaşma

Atmosferik etkilerden dolayı taş, köşeli kenar formunu kaybettiğinde yuvarlaklaşma meydana gelir (ICOMOS-ISCS, 2008). Taş yüzeylerinde, bezemelerin dış hatlarının tamamen ya da kısmen yumuşayarak anlaşılabilirliğini yitirmesi olarak da gözlemlenir (MEB, 2013).

2.4.3.2.3. Pürüzlenme

Orijinal olarak pürüzsüz bir taş yüzeyinden küçük parçacıkların seçici kaybıdır. Alt tabaka hâlâ sağlam olup taşın iç kısımlarına henüz erişememiş yapıdadır. Bozulma sürecinin uzun dönemli olması ile birlikte bazı temizleme yöntemlerinin (sert/agresif) bu tahribata sebep olabildiği görülmüştür (ICOMOS-ISCS, 2008).

2.4.3.3. Mekanik hasar

Fiziksel etkiler neticesinde meydana gelen, taş anıt ve eserlerde görülen mekanik hasarlardır. Mekanik etkileşimler nedeniyle taşta oluşan materyal kaybıdır. Darbe hasarı, kesme, çizme ve kazıma gibi tahribat türleri mevcuttur (ICOMOS-ISCS, 2008). Taşlardaki bu bozulma çoğunlukla insan kaynaklı oluşmaktadır.

Taş yüzeyine farklı nedenlerle herhangi bir metal cismin çarpmasından kaynaklanan mekanik hasar darbe hasarıdır. Genellikle kesici bir alet kullanılarak, insanların bilinçli veya bilinçsiz olarak taşta zarar vermeleri kesme yoluyla malzeme kaybı olarak tanımlanmaktadır. Taş yüzeyinden kesilerek parça kaybı veya kazıyarak boşluk meydana getirme şeklinde gözlenir. Çoğunlukla antropojenik sebeplerle meydana gelen bu tahribat türü daha çok yerleşim birimleri arasında yer alan yapı ve eserlerde rastlanır (Öcal ve Dal, 2012).



Fotoğraf 2.13. Konya Sanayi Mektebi giriş revağındaki sütun gövdelerinde tespit edilen mekanik hasarlar (Ünal, 2023)



Fotoğraf 2.14. Nasuh Bey Camide gözlenen kasıtlı yapılmış mekanik hasar (Ünal, 2023)

2.4.3.4. Parça kaybı

Malzeme bütününde meydana gelen eksilmelerdir (Ergin ve ark., 2021). Özellikle heykel gibi tarihsel ve sanatsal değeri olan tarihi eserlerin; parmak, kol, burun gibi detaylarının farklı kuvvetler etkisiyle eserlerden ayrılmasıdır (Dal ve ark., 2016). Kırılma ya da fiziksel bir etkiye maruz kalarak da gerçekleşebilir. Ama daha çok, malzemeye nüfuz eden nem ve çözünabilir tuzların, atmosferdeki ısı değişimleri

nedeniyle donma veya çözünmeye bağlı hacim genişlemesi sonucu oluşur (Ergin ve ark., 2021).

Nem; hem biyolojik türlerin yaşamasına olanak vererek biyolojik bozulmaların meydana gelmesine (Koç, 2014), hem de renk değişimlerinin oluşmasına sebep olan yabancı maddelerin ve suda çözünebilir tuzların taşınmasına neden olmaktadır (Fitzner ve Heinrichs, 2001). Malzemeye nüfuz eden çözünebilir tuzlar ve nemin, atmosferdeki ısı farklılıkları sebebiyle buharlaşma veya donmaya bağlı hacim genişlemesi sonucu oluşturdukları tahribat, zamanla taş yüzeyinden parça kopmasına sebep olur (Rodrigues, 2015; Gomez Heras ve McCabe, 2015). Bundan dolayı nem ve çözünebilir tuzlar anıt veya eserlerde parça kopmasına neden olan etkenlerden biridir.

Bir başka sebebi ise yapıda kullanılan lokma parmaklık, gergi demirleri, cephedeki kılıçlar, kapı gibi dökme ve dövme demir malzemelerinin hava ve su etkisiyle korozyona uğrayıp hacim artışına neden olmalarıdır. Ayrıca bitki oluşumları da bu tahribata neden olmaktadır (Ergin ve ark., 2021).



Fotoğraf 2.15. Bu mermer figürün burnu eksik bir parçayı göstermektedir (ICOMOS-ISCS, 2008)

2.4.3.5. Kırıntılanma

Taşların kendi tabiatında mevcut olan dayanıksızlığının veya içindeki bağlayıcının kademeli olarak alterasyonlarının ya da taşın mukavemetini etkileyen dış faktörlerin bir sonucu olarak ortaya çıkabilir. Kırıntılanma görülen taş yüzeyleri, is veya toz birikimi nedeniyle griden koyu siyaha kadar renk alırlar. Kalınlıklar genellikle 1 mm civarındadır. Kırıntılanma, tüm karbonatlı taşlarda yaygınca gözlenmiştir. Doğal olarak, mermer ve kalkerlerde daha fazladır. Bu oluşumda atmosferik etkilerin rolü büyüktür. Büyük kentlerde kirliliğin yoğun olması nedeni ile daha fazladır. Bozulmanın yerleşmesi, yapının yağmur alan ve almayan bölgelerinde farklılık gösterir (Çorapçıoğlu, 1995).

2.4.4. Renk Değişimi / Birikme

Taş yüzeyinde gün ışığı, ultraviyole ışınlar, su, nem gibi farklı nedenlerle özgün rengin değişmesi sonucu meydana gelen tahribattır (Fitzner ve Heinrichs, 2001). Taşın jeolojik oluşumuna ve yapısına göre, bozulma sonrasındaki aldığı renkler ve görünümü de farklılık gösterir (MEB, 2013; Karataş, 2018). Kirlenmeler, biyolojik birikme, tuzlanma ve tabakalaşma alt grubunu oluşturmaktadır (Öcal ve Dal, 2012). Renk değişimi ve birikmenin nedeni fiziksel, kimyasal veya biyolojik kökenli olabilir. Özellikle kentsel çevrenin oluşturduğu etki, karbonat yapıları taşlarda görülen kararmaların nedenidir (Sabbioni ve ark., 2012). Fakat hava kirliliği görülmeyen alanlardaki renk değişiminin sebebi kimyasal nedenli veya fiziksel nedenli olabilir. Atmosferik etkiler nedeniyle taş yüzeyinde biriken maddelerin etkileşime girerek yeni bileşikler oluşturması ya da taşın yapısındaki değişimler neticesinde yüzeyde renk değişimi görülebilir. Ayrıca oksitlenme gibi reaksiyonlar sonucunda özgün renk kaybolabilir. Bu olaylar kimyasal nedenli renk değişimleridir. Rüzgâr ve yağmur gibi atmosferik olaylarda taşınan maddelerin yüzeyde birikmesi sebebiyle oluşan renk değişimi ise fiziksel renk değişimleridir (Fitzner ve Heinrichs, 2001). Bu bozulma yalnızca taşın görünümünü etkileyen estetik açıdan bir problem gibi algılsa da diğer bozulmalara da yol açtığı için dikkate alınmalıdır (Şener, 2014).

Yapı kayaçları kirli atmosfer ortamında olsun ya da olmasın ocaktan çıkarıldıktan belirli bir zaman sonra renk değiştirmeye ve taş yüzeyi ince bir film tabakasıyla kaplanmaya başlar. Oluşan film tabakası zamanla sertleşir, toz gibi görünür.

Kaya yüzeyinde oluşan hafif kirli görünümlü bu film tabakasına "patina" denir. Kirlilikle karıştırılmamalıdır (Küçükaya, 2004). Patina ile kirli kabuk arasında ana fark, genelde kirli kabukta daha fazla olan sülfür konsantrasyonu bulunur. Patinanın ana bileşigi, en azından sarı ve kırmızı renklenmede bir hidrat ve iki hidrat gibi iki kristalli yapıya sahip olan kalsiyum oksalattır. Kalsiyum sülfat sarı renkli patinada normal ölçüde vardır, kırmızı renkli patinada daha yüksektir ve hatta yeşil renkli olan patinalarda daha da fazladır. Kaya üzerinde patinanın, koruyucu bir etmen olduğu gözlemlenir. Patinanın bozulduğu veya çatladığı kısımlarda altta kalan kayacın yüzeyinin kirlenmesine karşı olgunlaştığı yerlerde kayacın sağlam kaldığı görülmüştür. Patina bazı yumuşak dolomitik kalkerlerin hava koşullarına karşı dayanıklılığını sağlar. Kaya yüzeyinden bu film tabakasını kaldırmak yüzeyi bozulmalara açık hale getirebilir (Benedetti ve ark., 2008).

2.4.4.1. Kabuk oluşumu

Atmosferik kirleticilerin (PM, SO_x, NO_x, CO, vb.) veya su kaynaklı partiküllerin taş yüzeyinde birikmesi sonucu oluşur (ICOMOS-ISCS, 2008). Kirlilik oranı atmosferik partiküllerin konsantrasyonuna, boyutuna, taş yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı olarak değişir ve bu kirlilik birikimin artmasıyla kabuklaşmaya dönüşebilir (Grossi ve ark., 2003). Taş yüzeyinde kirli bir görünüm oluşturarak anıtların estetik değerini düşüren bu bozulma, ısıma enerjisinin emilimini değiştirdiği için yıpranma oranını da etkileyebilir (Warke ve ark., 1996). Yüzeyde oluşan birikimlerin rengi nedeniyle, ısı daha fazla toplanarak sıcaklık yüzeyde daha fazla artmaktadır. Böylece birikim görülen taş yüzeylerde, termik sıçrama etkisi görülür ve alt tabaka ile farklı genleşme-çekme hareketi daha fazla gözlenir (Doehne ve Price, 2010). Bu olaylar da bozulan tabakanın kaybına veya yüzeyin dökülmesine yol açacaktır (Şener, 2000).

Siyah kabuk genellikle kentsel ortamda doğrudan yağış veya su akışına karşı korunan alanlarda gelişen kabuk türüdür. Siyah kabuklar alt tabakaya sıkıca yapışır. Esas olarak, bir alçıtaşı (CaSO₄.2H₂O) içine hapsolmuş atmosferden gelen parçacıklardan oluşurlar (Vergès-Belmin, 2011).



Fotoğraf 2.16. Mevlânâ Müzesinde gözlemlenen siyah kabuk oluşumları (Ünal, 2023)

2.4.4.2. Birikme

Değişen kalınlıklarda eksojenik malzeme birikimidir. Boya veya harç sıçramaları, deniz tuzu aerosoller, is, toz, korunma amaçlı uygulanmış olan konservasyon materyallerinin kalıntıları gibi maddeler birikme olarak ele alınır. Yüzey birikimi olarak da ifade edilir ve bu birikim genellikle taş yüzeyine yapışma yoluyla birikme oluşturur. Kuş ve yarası pisliği birikim olarak kabul edilirken, kuş yuvaları, örümcek ağları biyolojik kolonizasyon olarak kabul edilmelidir (ICOMOS-ISCS, 2008). Ayrıca ürik asitin kuş dışkısında yüksek miktarda bulunması özellikle karbonatlı taşlarda reaksiyon oluşturarak tahribatlara neden olur (Çetin, 2016; Hasbay ve Hattap, 2017).



Fotoğraf 2.17. Sille Aya Eleni Kilise Müzesindeki yapı malzemesinde görülen birikme (Ünal, 2023)

2.4.4.3. Renk değişimi

Farklı sebeplerle taşın özgün renginin değişime uğraması sonucu ortaya çıkan bir bozulma türüdür. Renk değişimi hem yapı malzemesini, hem de yapının görünümünü estetik açıdan etkileyen bir bozulmadır. İncelemeler sonucu tespit edilen uygun müdahale yöntemleri ile ortadan kaldırılmalıdır (Tintin, 2012).

Renk değişimleri periyodik etkiler sonucunda görülmeyip, ani olaylar sonucunda da meydana gelebilir. Yangınlar bunun önemli bir örneğidir (Gomez Heras ve McCabe, 2015).

2.4.4.3.1. Renklenme

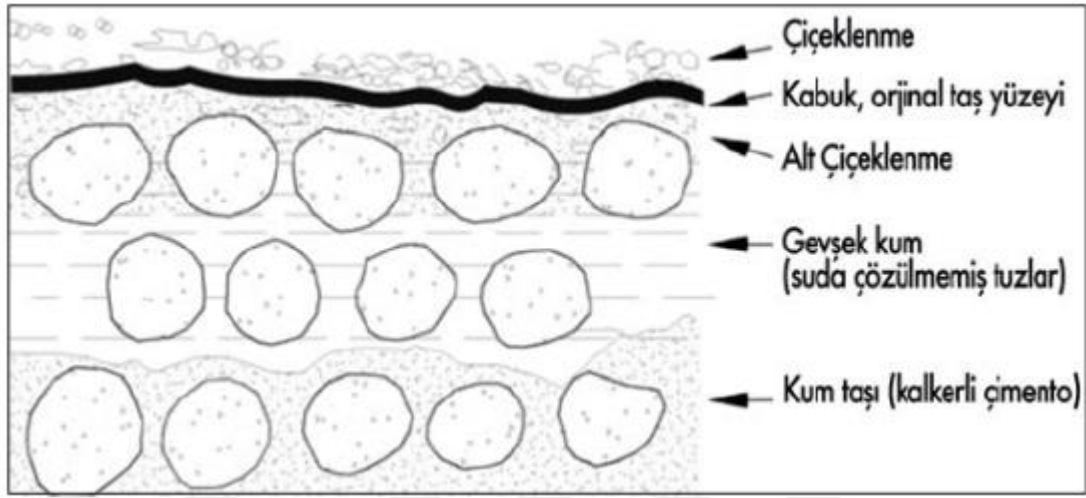
Renk açılması (beyazlaşma, ağarma veya solma), nemden dolayı koyulaşma ve lekelenme bu bozulmanın alt gruplarını oluşturmaktadır. Renk açılması taşın yapısında mevcut olan mangan veya demir bileşiklerinin indirgenmesiyle; mineral ayrışmasının bir sonucu olarak gerçekleşir. Koyu ve parlak renkli mermerlerde daha sık görülen, hava koşullarına maruz kalmaları neticesinde oluşan ağarmadır. Taş yüzeyinin neme maruz kalarak rutubetten dolayı koyulaşması nemli alan olarak ifade edilir. Lekelenme ise taş üzerinde sınırlı ölçüde ve genellikle çekici olmayan bir görünüme sahip renk değişikliğidir (ICOMOS-ISCS, 2008). Bu bozulma taştaki yüzeysel kirlenme, patina ve yüzeyde biriken yabancı madde ile karıştırılmamalıdır.

Taş yüzeyinde görülen renklenmeye çoğunlukla tuzlar sebep olmaktadır. Ancak anıtlarda farklı amaçlar için kullanılan kurşun, demir ve bakır gibi metaller de renk değişiminde etkilidir. Bunların yanında taş yüzeyindeki renk değişimine bilinen bazı mikroorganizmalar da neden olmaktadır (Öcal ve Dal, 2012).

2.4.4.4. Çiçeklenme (Tuz Kristallenmesi)

Bu bozulma türünde, suda çözünür tuzlar önce kılcal su emilimi yoluyla taşın gözeneklerine, kırıklarına ve süreksizliklerine ulaşır (Sousa ve ark., 2018). Daha sonra sıcaklık arttıkça su buharlaşır ve bileşimindeki tuzların taş yüzeyinde çökmesi sonucu çiçeklenme meydana gelir. Ayrıca tuzların kristalizasyonu sırasında ortaya çıkan basınç artışları, yapı taşlarında çatlama, pullanma ve levhalar halinde ayrılma gibi ek

bozulmalara neden olabilir (Hatır ve ark., 2020). Taş yüzeyinde sarımtırak ve beyaz renkte lekeli alanlar ya da beyaz renkli ince tabakalar şeklinde görülür (Yıldırım, 2007).



Şekil 2.5. Tuzların taş yüzeyinin üzerinde ve altında çiçeklenmesi (Yıldırım, 2007)



Fotoğraf 2.18. Konya Sırçalı Medrese yapı malzemelerinde görülen tuzlanma (Ünal, 2023)

2.4.4.5. Grafiti

Antropojenik kökenli bir yıpranma türüdür ve genellikle yapıların yüzeylerine sprej, aerosol, işaretleyicilerle yapılan yazı veya çizimler olarak tanımlanır (Pozo-Antonio, 2016). Bu aşındırma türü, taş mirasının estetik değerini azaltırken; taşın yüzey

renginde ve pürüzlülüğünde meydana gelen değişiklikler yoluyla aşınma oranını da artırır. Ayrıca boya ve mürekkep gibi grafiti malzemelerinde bulunan organik ve inorganik maddeler de taşın litolojisine bağlı olarak zamanla çürümeye neden olabilir (Carvalho ve Dionísio, 2015).



Fotoğraf 2.19. Konya Lisesinde taş yapı malzemelerinde tespit edilen grafiti (Ünal, 2023)

2.4.4.6. Kirlenme

Kirlenme, yapısal elemanların veya taşın dış ortamdan gelen maddelere maruz kalmasından kaynaklı oluşur. Genel olarak lekelenmeler ve sebep olan maddeler şunlardır:

- 1.Yağ/gres lekeleri: Çoğunlukla bu lekeler kullanım veya vandalizm sonucu oluşur. Taşa temas eden inorganik veya organik yağlar, taş içine nüfus eder ve taş yüzeyine temas ettiği yerlerde siyahlık şeklinde görünür. Lekelenmenin çevresi zamanla genişler.
2. Boya maddeleri: Boyanın tipine ve kaynağına göre oluşan leke herhangi bir renk olabilir. Bu lekelenme türünün temas alanı civarında olması olasıdır. Renklendirici içeren likit, taşın içine absorbe olur ve normal buharlaşma süresince, renkli pigment taşın içinde birikir.

3. Organik lekeler: Hayvan dışkısı, yapraklar, çiçekler gibi ayrışan organik maddelerle doğrudan temas durumunda oluşur. Kırmızımsı-kahverengi rengi olan lekelerin kaybolmaları için kaynağın ortadan kalkması gerekmektedir.

4. Metalik lekeler: Pas lekeleri ve bakır lekeleri olmak üzere iki alt başlıkta incelenirler.

a. Pas lekeleri: Demirin oksidasyonu ile oluşurlar ve renkleri kırmızımsı turuncudur. Demir lekelerinin kaynağı genellikle yapısal veya bağlantı parçalarıdır. Bu bağlantılar, saklı veya korunmuştur. Bununla birlikte, kötü kirlişler veya çatlaklardan dolayı su penetrasyonu paslanmayı hızlandırır. Bunun sonucunda, taşta renk bozulması veya taşın yüzeyinde pas birikimi olabilir.

b. Bakır lekeleri: Bu lekelerin rengi, açık yeşil ile koyu kahve arasında değişir. Lekeler, taş üzerinde çözünmüş bakır tuzlarının birikmesi ve daha sonra oksitlenmesiyle ortaya çıkar (bakır veya bronz) (Yıldırım, 2007).

2.4.4.7. Kabuk Altı Çiçeklenmesi

Alt çiçeklenme taş yüzeyinin hemen altında tuz birikmesiyle oluşur. Çiçeklenme mekanizması ile aynıdır. Taş yüzeyine doğru hareket eden tuzlar, yüzeye ulaşamadıklarında kir ve isle yoğunlaşarak sertleşmiş yüzey kabuğu altında kristalleşirler. Bu nedenle, zamanla yüzeydeki kabuğun taşla olan bağları zayıflar ve parçalanarak dökülür. Bunun altında, tuz konsantrasyonundan dolayı sertleşmiş yeni bir kabuk ortaya çıkar ve zamanla atmosferik artıkların da etkisi ile yoğunlaşıp sertleşir. Ancak, sürekli yağmur etkisine maruz yüzeylerde yıkanma sürekli olacağından dolayı çözünebilir tuzların kabuk oluşturmaya imkân yoktur (Torraca, 1982). Ayrıca alt çiçeklenme, duvar içinde çatlaklara veya basınca neden olur.

2.4.5. Biyolojik Gelişim

Canlılar, taş eser ve yapıların tahribatına neden olan etmenlerden biridir (Dal ve ark., 2016). Ağaç, ot ve çalı gibi bitkiler ile bakteri, yosun, mantar, alg ve liken gibi mikrofloraların taş yüzeyinde gelişmesi biyolojik gelişme veya biyolojik yerleşim olarak nitelendirilir. Ayrıca bazı hayvan ve böcek türlerinin taş üzerinde neden oldukları bozulmalar da bu grup altında ele alınır (Öcal ve Dal, 2012). Kompleks mikrobiyal ilişkiler bütünü olan biyolojik bozulma, gelişimlerinin başlangıcında malzemeye en çok

zararı verir (Şahiner, 2006). Biyolojik kolonizasyon ilerleyen süreçte pul pul dökülme, kabuk oluşumu ve renk değişimi gibi tahribatlara sebep olur (Marano ve ark., 2016). Özellikle taşa nüfus eden gelişmiş bitki köklerinin, taşta oluşmuş çatlak gibi süresiz yerlerde büyümesi fiziksel hasarlara yol açabilir. Mevsimlerin geçmesiyle nemli ve kuru hallerin birbirini takip etmesi sonucu ufalanmalar ve parça kopmaları gibi zararlar görülür. Bu döngünün devam etmesi taş yüzeyini biyolojik yerleşimler için daha elverişli bir hale getirir. Canlılar taş yüzeyini beslenme alanı olarak değerlendirerek taşta hasarlara yol açar ve kimyasal reaksiyonlar meydana gelir (Hattap, 2002). Bu bozulma taşlara zarar verdiği gibi görünümü de estetik açıdan olumsuz etkilemektedir.

2.4.5.1. Algler

Çoğu alg türü fotosentez yapabilmek için ışığa ihtiyaç duyar bu sebeple hem su hem de ışığın olduğu yerlerde gelişirler. Taşlarda çoğunlukla yüzeysel tahribatlar oluştururlar. Bazı durumlarda kökleri, çatlaklar vasıtasıyla taşın derinliklerine ulaşır ve taşı çatlatırlar (Hasbay ve Hattap, 2017).



Fotoğraf 2.20. Taş duvar üzerinde gelişen yeşil algler (ICOMOS-ISCS, 2008)

2.4.5.2. Liken

Taş yüzeyinde farklı boyutlarda (milimetreden santimetreye kadar) koloniler oluşturarak yüzeyin tamamını örtebilirler. Açık havada bulunan anıtlar ve yapıların dış yüzeylerinde gelişirler (Huneck, 1999). Özellikle nemli yüzeylerde kolayca yayılım

gösterirler (Koç, 2014). Sarı, siyah, gri, turuncu veya yeşil renklerde görünürler ve görünüşleriyle ayırt edilebilirler. Likenlerin salgıladığı bileşikler canlılar için farklı etkilere sahiptir. Bazılarının büyümesini engelleyici, bazılarını kaçırıcı (salyangoz gibi) ve bazılarını da öldürücü özelliklere sahiptir (Huneck, 1999). Likenler geliştikleri ortamda ürettikleri bileşiklerle aynı zamanda taşları ayrıştırırlar. Likenlerin taşları ayrıştırması taşları parçalama süreciyle devam eder. Parçalanma süreçleri hızlandıkça, yüzey genişler ve buna bağlı olarak ayrışma da hızlanır (Adamo ve Violante, 2000).



Fotoğraf 2.21. Sille Aya Elenia Kilise Müzesindeki taşa gözlemlenen liken (Ünal, 2023)

2.4.5.3. Yosun

Yosunlar rutubetli ortamlara yerleşen sarımsı-yeşil renkli biyolojik bozulmalardır. Salgıladıkları çok seyreltik asit ile taşların yavaş bir şekilde çözünmesini sağlarlar. Eğer neme müdahale edilmez ve ortadan kaldırılmazsa taş zamanla çözünür (Karataş, 2018).



Fotoğraf 2.22. Konya Alâeddin Cami yapı malzemesinde tespit edilen yosunlar (Ünal, 2023)

2.4.5.4. Mantar

Yapakları, kökleri ve gövdeleri olmayan fakat bitki kabul edilen, tek hücreli yapıdan çok hücreli yapıya kadar türleri bulunan canlılara mantar denir. Fiziksel ya da kimyasal olaylar sonucunda gelişen ve renk farklılaşmasına neden olan mantarlar taşın birkaç santimetre içine kadar ulaşabilirler (Öcal ve Dal, 2012). Tarihi yapıların yüzeylerinde görülen bu renk değişimi taş malzemede görülen bozulmaları hızlandırmaktadır (Doehne ve Price, 2010).



Fotoğraf 2.23. Konya Alâeddin Cami yapı malzemesinde gözlemlenen mantarlar (Ünal, 2023)

2.4.5.5. Bitki

Bitki oluşumu, kayalarda zamanla gelişen boşluk ve çatlaklarda biriken organik madde miktarının artmasıyla köklü bitkilerin gelişmesidir. Bu süreçte bitkiler büyüdükçe köklerinin oluşturduğu basınç artar ve mekanik parçalanma sürecini oluşturur (Korkanç ve Savran, 2015).

Biyolojik bozulma açısından en yıkıcı etkilere sahip olan bitkiler, uygun iklimsel ortamlarda (rüzgâr, sıcaklık ve neme bağlı olarak) ve organik maddeler üzerinde kolaylıkla gelişirler (Mishra, 1995). Bitkiler hayatta kalmak ve büyümek için köklerini çatlak, boşluk, kırıklarda uzatarak su olan yerleri tercih eder (Sousa, 2018). Kökler geliştikçe, yapı taşlarında mekanik parçalanmalara (Motti ve Bonanomi, 2018) ve bazı taşların yer değiştirdiği bir kama etkisine (Korkanç ve Savran, 2015) neden olabilirler. Ayrıca bitki kökleri tarafından salgılanan asitler de taşların kimyasal olarak aşınmasına sebep olabilir (Almeida ve ark., 1994).



Fotoğraf 2.24. Kumtaşı duvar üzerinde büyüyen bitkiler (ICOMOS-ISCS, 2008)



3. TAŞ MALZEME SORUNLARINA MÜDAHALE YÖNTEMLERİ

Taş bozulmasına neden olan faktörler; atmosferde doğal olarak bulunan bileşikler, endüstriyel veya otomotiv gazlardan ortaya çıkan asidik maddeler, tuz kristalizasyonu, taşın gözeneklerinde ve kılcallarında suyun donması, taşın tekrar tekrar ıslanma-kuruma döngüsüne maruz kalması, termal gerilmeler, taş yüzeyinde oluşan bakteri, alg, fungi gibi mikrobiyolojik gelişmeler, rüzgâr, rüzgârla gelen parçacıklar ve insan temasıyla gerçekleşen aşınmalar olarak sıralanabilmektedir. Tüm bu faktörler özellikle dış cephede kullanılan doğal taşların hızla bozulmalarına neden olmaktadır (Doehne ve Price, 2010; Rodrigues, 2001). Dış koşullara maruz kalan tarihi eser ve yapıtların bozulmaya devam etmesiyle korumaya olan ilgi artmış ve taş koruma araştırmaları başlamıştır.

Taş eserler ve yapıtlar üzerinde, taş koruma-onarım çalışmalarında görülen müdahaleler; teşhis, temizleme, sağlamlaştırma, kopan parçaların yapıştırılması, yüzey koruyucuların kullanılması ile estetik ve plastik onarımlardan oluşan araştırma ve uygulamaların bütünüdür (Ersen, 2011). Taş korumada; bozulmanın morfolojisi, meydana geldiği ortam, bozulma süreçleri, malzemenin korunmuşluk durumu ve özgün özellikleri saptanarak hangi yöntemin nasıl uygulanacağına karar verilmelidir (Ulusoy Binan, 1993). Her bozulma malzemenin kendine özgü morfolojisiyle gerçekleşir böylece sıralanan müdahalelerin bu sırayı takip ederek uygulanması gerekmebilir.

Her bozulma türüne yapılacak onarım yöntemi ve uygulama koşulları birbirinden farklıdır. Bu sebeple, taşta meydana gelen bozulmalar doğru ve net bir şekilde türlerine göre sınıflandırılırsa, zarar verici etkilerin nasıl azaltılacağı ya da nasıl ortadan kaldırılacağı belirlenebilir. Günümüze kadar sürmekte olan ya da tamamlanmış birçok onarım çalışmasında; taşın özgün özelliklerinin yeterli seviyede bilinmemesi, meydana gelen bozulma türlerinin tespitinin doğru yapılmaması, yapılsa dahi bozulma faktörlerinin belirlenememesi, bozulma türlerine uygun koruma ve onarım uygulamalarının seçilememesi, malzeme seçiminde yapılan hatalar gibi sayılabilecek birçok hata neticesinde tarihi yapıların özgün ayrıntılarının yok olduğuna, görünüşünün zedelendiğine literatürde sıkça değinilmiştir (Dal ve Öcal, 2017).

3.1. Temizleme

Temizleme; çözünür tuzlar, çözünen veya çözünmeyen kabuklar, kirli ortamlarda bulunan toz partikülleri ve kükürtdioksidasyon katalizörleri, mikroorganizmalar, parazit bitki örtüsü, kuş ve hayvan pislikleri gibi zararlı ürünlerin yüzeyden uzaklaştırılmasını sağladığı için çevresel etkilere maruz kalan taşların korunmasında gerekli bir eylemdir. Aynı zamanda taşı sağlamlaştırıcı veya koruyucu uygulamalar için hazırlar (İpekoğlu, 2011). Temizleme işlemi genellikle uygulanması gereken ilk adımdır. Kiri çıkararak, alttaki taşın durumunu daha iyi görebilir ve böylece daha fazla koruma gerekli olup olmadığına karar verilir. Ayrıca zararlı maddeleri yüzeyden uzaklaştırır. Temizleme uygulaması yapılmamış bir eser veya anıt bakımlı görünmeyebilir ve kir hem ince ayrıntıları hem de önemli mimari detayları gizleyebilir (Price ve Doehne, 2011). Doğru karar verilmiş ve uygulanmış temizleme işlemi sayesinde malzemede görülen birikimlerin zamanla sebep olacağı daha derin hasarlar engellendiği için tarihi yapılarda gerçekleştirilen koruma programının önemli bir parçasıdır (Capitelli ve ark., 2007). Bu nedenle kirli yüzeylerin temizliği, koruma-onarım uygulamalarında önemli adımlardan biridir.

Temizleme uygulamasında kabuk ve kir oluşumlarını ortadan kaldırma oranları en önemli konudur. Korunmuşluk durumu tam bilinmeden uygulanan temizleme işlemi bozulmanın ilerlemesiyle form yumuşamasına neden olabilmektedir (Siegesmund ve ark., 2007). Ayrıca kir ve alçıtaşı altında, özgün dönem veya onarıma ait patinalar bulunabilir. Bunların temizleme işlemiyle yok edilmemesine dikkat edilmelidir. Kil, karbon, kurum vs. bulunduran kirli kabağın temizleme işlemiyle alındıktan sonra beyaz alçıtaşı kabuk ortaya çıktığında temizlemenin durdurulması uygundur (Ersen, 2011). Ayrıca, eğer taş oyma veya genel olarak dekoratif bir işlevi varsa, temizlik işinin ehli ve kalifiye kişiler tarafından yapılmalıdır. Temizleme işlemleri için temel gereksinimler şunlardır: a) Temizleme yöntemi seçimi, kaldırılacak malzemenin cinsine, taş yüzeyin durumuna, temizlenecek yüzeyin türüne ve boyutuna bağlı olmalıdır. b) Temizleme işlemi isteğe göre derecelendirerek, temizleme sürecini kontrol etme imkânı. c) Temizleme işleminin ileride bozulmaya neden olabilecek maddeler (örneğin çözünür tuzlar) üretmemesi. d) Temizlenen yüzeylerin mümkün olduğunca çatlak ve diğer kusurlardan arındırılmış olmasıdır (İpekoğlu, 2011). Bu gereksinimler doğrultusunda temizlemede; mekanik temizleme, su ile temizleme, lazer ile temizleme, kimyasal temizleme, biyolojik temizleme ve tuz çıkarma gibi teknikler kullanılmaktadır.

3.1.1. Mekanik temizleme

Mekanik temizleme yöntemi, taş yüzeyindeki kir tabakasının küçük el aletleri ile sökülmesi, kontrollü kumlama, kuru buz ve donmuş karbondioksit başlıkları altında incelenir.

Çalışmaların hassas bir şekilde yürütülmesi gerektiği durumlarda; fırça, bisturi, spatül gibi aletlerle uygulanan temizlik işlemidir. Geniş olmayan yüzeylerin temizlenmesi için uygundur çünkü geniş yüzeylerde kullanıldığı zaman temizleme işlemi yavaş ilerlemektedir. Uygulama sürecinin düzenli olarak takip edilmesi gerekmektedir. Kas yorgunluğu ile oluşabilecek yüzeydeki detay kayıpları ve koruyucu patina dokusunun hasarlanma durumu sürekli takip ile kontrol altında tutulmalıdır. Çoğunlukla yosun oluşumlarının ilk aşamasında ve kabuk halinde bulunan kirlerin temizliğinde kullanılan basit bir uygulamadır (Kaçmaz, 2020).



Fotoğraf 3.1. Bisturi ile mekanik temizleme uygulaması (MEB, 2013)



Fotoğraf 3.2. Mekanik temizleme uygulaması (Ersen, 2011)

Mekanik temizleme yöntemlerinden biri de kontrollü kumlama'dır. Yüzeyleri geniş olan cephelerde, mikrobiyolojik patina, siyah tabaka, sert ve yüzeye yapışan birikimler gibi kirliliklere uygulanan temizleme yöntemidir. Uygulamada 2,5 ile 7 arasında farklı sertlik derecelerine sahip metal tozları, taş tozları ve cam kürecikler yanında öğütülmüş ceviz, fındık gibi meyve kabuğu tozları yüzeyde bulunan kir ve orijinal taş özelliklerine göre seçilerek (50-150 µm boyutunda) aşındırıcı görevinde kullanılır. Belirlenen mesafede (20-40 cm gibi), 0,5-3 atmosfer basınçla (1 bar altında kabul edilir) taş yüzeyine özel aletlerle püskürtülen agregalar, yüzeydeki kirlenmeyi aşındırıcı etkisiyle mekanik olarak temizlemektedir (Lazzarini-Tabasso 1986; Eskici 1997; Eskici, 2009). Bu teknik malzeme kayıplarına neden olabilir. Çok düzensiz, çatlaklarla dolu yüzeyler üretebilir ve sıklıkla daha hızlı bir şekilde bozulmaya meyilli olabilir (Toracca, 1988). Ancak, kullanılan özel agregaların tane boyutunun sertliğini, debi ve basıncı kontrol ederek yüzeylere uygun olarak uygulanan yeni sistemlerle taş yüzeyinde oluşan erozyon ortadan kaldırılmıştır. Bu temizleme yöntemi kullanılırken taş yüzeyin korunmuşluk durumuna dikkat edilmelidir (Ersen, 2011). Ayrıca kontrollü kumlama uygulamasını yapacak uzmanın eğitilmiş ve tecrübeli olması gerekmektedir aksi takdirde taş yüzeylerde geri dönüşü olmayan hasarlar meydana gelebilir.

Temizleme uygulaması yapılacak taşlarda demir donatıların bulunması ve gözeneklerinde suda çözünür tuzların depolanması halinde su ile temizleme yöntemi donatılarda korozyon ve çiçeklenmeyi tetikleyerek zararlı sonuçlara yol açar. Aynı şekilde, kışın don olayı görülebilecek yerlerde ve mikrobiyolojik, biyolojik kaynaklı bozulmaların görüldüğü ortamlarda su ile temizlemeden kaçınılmalıdır. Bu olaylarda kontrollü kumlama yöntemi uygun görülmektedir (Zakar ve Eyüpgiller, 2015).

Bir diğer mekanik temizleme yöntemi, donmuş karbondioksit veya kuru buzdur. Bu yöntemde sıcak yüzey ile karşılaşan donuk agregalar gaza dönüştürülür. Temasla başlayan bu dönüşüm sırasında üretilen enerji ile birlikte mikro patlama gerçekleşir. Taş yüzeyinde bulunan kir ve birikimler patlamanın etkisiyle mekanik olarak kalkmış olur. Böylelikle bu yöntem, kumlama tekniğindeki agrega kalıntılarını ve taş çevresi yüzeyinde birikim oluşturan tozuma sorunlarını en aza indirir. Ayrıca insan sağlığına zararlarını da azaltır (Ersen, 2011).



Fotoğraf 3.3. Kuru buz ile temizlik uygulaması (Ersen, 2011)



Fotoğraf 3.4. Kontrollü kumlama uygulaması (Anonim, 2019)

3.1.2. Su ile temizleme

Su ile temizleme temel temizlik yöntemlerinden biridir. Daha gelişmiş ve ileri teknik içeren uygulaması ise atomize su ile temizleme yöntemidir. Basınçlı su tabancası ile suyun, zerrecikler halinde (atomize) kirli yüzeye tazyik uygulanarak taş yüzeyindeki kirlerin ayrılması ve gerekirse sonrasında küçük fırça vb. el aletleri ile temizlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu basit yöntem, uygulama sırasında toz gibi taş yüzeyi ve çevresine biriken kirleticiler çıkarmamaktadır (Kaçmaz, 2020). Su ile temizleme uygulaması, fazla hasarlı taşlarda uygulanmaz. Taşın sağlam olması gerekmektedir. Aksi halde uygulanan bu yöntem donatılarda korozyon, parça kopmaları, yüzey kayıpları gibi bozulmalara neden olabilmektedir. Püskürtülen su, direkt olarak yüzeye püskürtülmemeli ve atmosfer basıncı taş yüzeye zarar vermeyecek uygunlukta ayarlanmalıdır. Püskürtülen su atomize olarak uygulanmalıdır. Böylelikle su taşta hasar oluşturmaz ve aynı zamanda su tasarrufu yapılmış olur. Atomize su ile temizleme uygulaması 4-8 saat aralığında sürebilir. Fakat sonuç tatmin edici değilse bu uygulama tekrarlanmamalı, taş yüzey temizliği için farklı bir teknik uygulanmalıdır (Köprülü, 1987). Çünkü taş yüzeyine fazla miktarda su verilmesi, suyun taş bünyesinde derinliklere ulaşmasını kolaylaştırdığı için sakıncalıdır. Bu durum taşın iç kısmında ve yüzeyinde çiçeklenmeye sebep olmaktadır (Ahunbay, 2011). Taşta meydana gelebilecek bu hasarların önüne geçmek için uzman kişiler tarafından kontrollü bir şekilde uygulanması gereken bir yöntemdir.



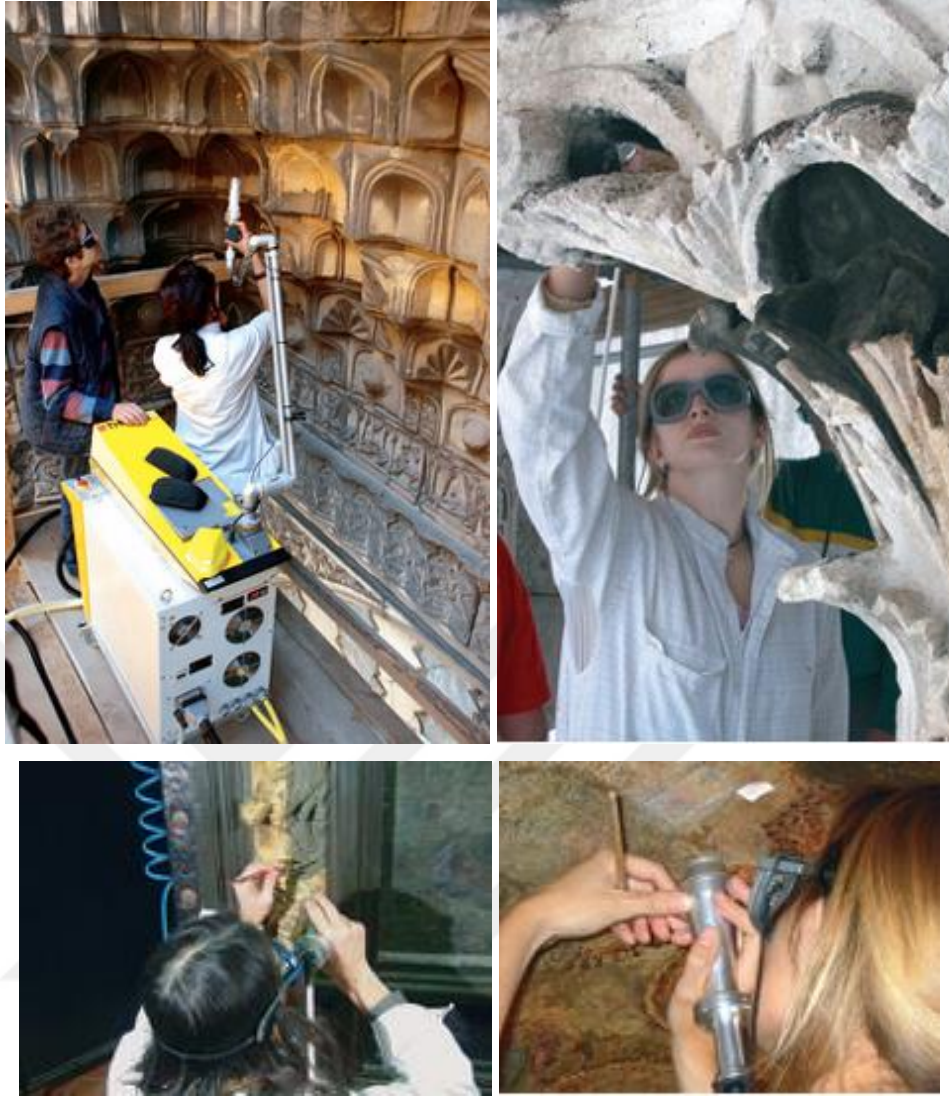
Fotoğraf 3.5. Atomize su püskürtme uygulamasıyla temizlik (MEB, 2013)



Fotoğraf 3.6. Kirli yüzeylerin fırça ve su ile temizlenmesi (MEB, 2013)

3.1.3. Lazer ile temizleme

Lazer ile temizleme uygulamasının en büyük avantajı, taşla herhangi bir fiziksel temas gerektirmemesidir. Bu nedenle hassas yüzeylerin temizliğine ideal olarak uyum sağlar. Prensip aslında basittir: Bir lazer ışını yüzeye çarpar ve ışının enerjisi kirin buharlaşmasıyla dağılır. Taş kirli iken ışık emilir ve temizlik devam eder. Ancak kir temizlendikten sonra ışık temiz yüzey tarafından yansıtılır ve artık malzeme kaldırılmaz. Teknik Cooper, Emmony ve Larson (1992), Maravelaki ve ark. (1992), Orial ve Riboulet (1993) dahil olmak üzere birçok yazar tarafından tanımlanmıştır. Yüzeyde meydana gelen kirlenmenin renk tonunda oluşan farklılıklar ile malzeme rengindeki farklılıklar lazer uygulamasından daha başarılı bir sonuç elde edilmesini sağlar. Lazerin dalga boyu ve yüzeye uygulanma süresi önemlidir. Farklı bozulma türleri için, farklı süreler ve farklı dalga boyunda ışınlar tercih edilmektedir. Örneğin biyolojik kirliliklerin temizlenmesinde 532 nm (nanometre) yeşil dalga boyu kullanmak etkilidir (Zanini ve ark., 2010). Yapıda, mikritik ve sparitik kireç taşlarının ya da zayıf kumtaşı heykel ve mimari bezeme yüzeylerinin varlığı durumunda, taş yüzeyine mekanik bir etki, kimyasal bir tepkime veya aşırı suyla temas söz konusu olmadığı için lazerle temizleme tekniği tercih edilebilir. Ancak sonrasında taş yüzeylerinde renk değişikliği söz konusu olabilmektedir (Küçük, 2020). Yüzeye uygulanan diğer temizleme yöntemlerinde olduğu gibi uzman kişiler tarafından kontrollü takibi yapılarak uygulanmalıdır. Yanlış uygulama ile kir tabakasının altında yer alan taş zarar verebilmektedir.



Fotoğraf 3.7. Lazer ile temizleme uygulamaları (Zanini ve ark., 2010)

3.1.4. Kimyasal temizleme

Taş yüzeyinde oluşan tuz birikintileri, kir, bakteri ve mantar gibi biyolojik bozulmaları temizlemek amacıyla kullanılan yöntemdir. Farklı özelliklere sahip temizleyiciler ve özel kimyasal lapaların taş yüzeyine uygulanmasıyla cephedeki kir tabası ile oluşan kimyasal reaksiyon sonucu elde edilir. Kimyasal temizleme işlemi taşta depolanmış çözünabilir tuzları açığa çıkarabilir veya depolanmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle kimyasal temizleme işlemi tamamlandıktan sonra temizleyiciler taştan tamamen arındırılmalıdır (Küçükaya, 2004). Taşta meydana gelebilecek bir hasara yol açmaması için temizleme işleminin uygulanacağı taşın özellikleri tespit edilmelidir. İşlemden kullanılacak kimyasal reaksiyonların yan etkileri ve ne gibi oluşumlara neden olabileceğini hesaplamak gerekmektedir (Köprülü, 1987).

Kimyasal yöntemlerden güçlü asitler hidroklorik (HCl), sülfürik (H₂SO₄), nitrik (HNO₃) asitler ve güçlü alkali çözeltiler son derece tehlikelidir. Asitler, taş yüzeyini düzensiz olarak aşındırır. Gözeneklerde emilebilen ve iç gerilmelere neden olabilen çözünür tuzların oluşumuna neden olur. Hidroflorik asit (HF) ve amonyum biflorür (NH₄HF₂) de taşa nüfuz edebilir ve taşın bileşenleri ile reaksiyona girebilir; Yan ürün olarak CaF₂ oluşur. Çözünürlüğü düşüktür ve yüzeye konsolidasyon etkisi verebilir. Tüm tuzları yok etmek için bu işlemler yıkama ile takip edilmelidir (İpekoğlu, 2011).



Fotoğraf 3.8. Kimyasal temizlik uygulaması (Ersen, 2011)

Ayrıca kimyasal temizleme uygulamaları; yosun, bitki ve benzer canlı organizmaların oluşumlarını temizlemek için de kullanılmaktadır. Terk edilmiş tarihi yapılarda daha çok karşılaşılmaya rağmen restore edilen, kullanılan yapılarda da görülmektedir. Tohumların, farklı sebeplerle ekolojik sistemin bir dengesi olarak yeryüzüne dağılmasından ve tutundukları bölgelerde büyümelerinden dolayı bu oluşumların önüne geçmek neredeyse imkansızdır. Bu oluşumlara herhangi bir müdahale uygulanmadığında, özellikle odunsu bitki kökleri, zamanla taş bünyesine nüfuz ederek taşı çatlatmakta ve hatta yıkımlara kadar ilerleyebilmektedir. Bu sebeple bitki oluşumların büyümesine ve taşa yerleşmesine izin vermeden, belirli periyotlarla temizliği yapılmalıdır (Kaçmaz, 2020).

Taşlara yakın mesafede yer alan ve köklerinin taşla zarar verme olasılığı bulunan odunsu bitkiler, yüzeye paralel biçimde köklerine yakın yerlerden kesilip, matkap gibi delici uçlar ile kesilen yüzeyinden delinmeli ve su ile %30 konsantrasyonda hazırlanacak herbisit, açılan deliklere doldurulmalıdır. Bitkinin hava almasını en az seviyeye indirebilmek için deliklerin ağızları cam macunu ile kapatılmalıdır. Yapılan bu uygulamalar sonucunda kuruyacak olan bitki kökü, mekanik yöntemlerle yerinden uzaklaştırılabilir (Avşar, 2018).

Yosun ve liken oluşumları gözlenen alanlarda ve liken temizliği yapılmış taş yüzeylerinde; su içerisinde hazırlanacak %3'luk biyosit çözeltisi püskürtme yöntemi ile uygulanabilir. Bu alanlarda yapılacak biyosit uygulaması öncesi, yosun ve liken oluşumlarına sebep olan su kaynaklarının önüne geçilmelidir (Avşar, 2018).



Fotoğraf 3.9. Odunsu bitkilerde temizlik uygulaması (MEB, 2013)

3.1.5. Biyolojik temizleme

Atmosfere bağlı olarak oluşan kirlenmelerin, bakteri ve mantarlar gibi çeşitli mikroorganizmalar sayesinde temizlenmesidir. Çevre kirliliğine neden olmadan maliyeti düşük olarak gerçekleştirilir. Mekanik ve kimyasal temizlemeye alternatif olabilir. Üzerinde yapılan araştırmaların devam ettiği, kabul ve ilgi gören bir uygulamadır. Bu yöntemde kullanılan jel içerisinde, jeli meydana getiren toz durumda bulunan bileşikler ve bakteri süspansiyonu bulunur. Bu özel jel bakteri sayesinde bakterinin taş yüzeye tutunması sağlanır. Özel jel taş yüzeyine sürülür, yumuşamış

siyah tabaka nemli pamuklar ile alınır. Uygulama sonunda, alan saf su ile temizlenir, bakteri yüzeyden uzaklaştırılır. Yöntemde kullanılan mikroorganizmaların enzimleri kirlilik oluşumlarını daha zararsız başka bir ürüne dönüştürür. Taş yüzeyinde oluşmuş kirliliğe göre farklı türde bakteriler uygulanır ve bu faaliyetler için elverişli ortam koşulları hazırlanır. Uygulanan yüzeye ve kirlilik özelliğine göre uygulama sayısı, süresinde farklılık gözlenebilir. Nitrat, karbonat ve sülfat esaslı atmosferik ortam kirliliklerinin temizlenmesinde etkilidir (Şenol, 2017). Fakat bu uygulamalar çoğunlukla sınırlı yüzeyler veya küçük nesnelerin temizlenmesinde kullanılmıştır (Ersen, 2011).

3.1.6. Tuz çıkarma

Tuz çıkarma veya bu uygulamanın tekrarlanmasıyla taşta meydana gelmiş olan suda çözünür tuzları azaltma, eskilerden beri kullanılan bir konservasyon tekniğidir. Taşınabilir nesnelerde, korunmuşluk durumuna bakılır. Uygun olması halinde; deiyonize suya daldırılarak kil ve kâğıt hamuru kompresiyiyle temizleme uygulaması gerçekleştirilebilmektedir (Vergés-Belmin ve Siedel, 2005). Fakat cephelerin tuzdan arındırılması kil, kâğıt hamuru veya selüloz eterlerinden oluşabilen lapalar kullanılarak denir. Kalsiyum sülfatın çıkarılacağı durumlarda, çözünürlüğünü arttırmak için ilave malzemeler eklenebilir. Katkı maddeleri EDTA ve onun sodyum tuzlarını, sodyum bikarbonatı, amonyum bikarbonatı, amonyum karbonatı içerebilir (De Witte ve Dupas 1992; Maravelaki ve ark., 1992; Alessandrini ve ark., 1993). Yapı cephelerinde uzun sürede gerçekleşen bu işlemin dikkatli ve sabırlı takibi yapılmalıdır.

Tuz desalinasyonunun gerekli olup olmadığı, koruma-onarım uygulamaları öncesinde taşlar üzerindeki iletkenlikleri ve tuz ölçümleri yapılarak belirlenir. Normalin üzerinde miktarlar ölçüldüyse, taşlarda tuz ekstraksiyonu yapılmalıdır. Tuz alma uygulamasında kâğıt hamuru saf su ile pasta haline getirilerek yüzeyde yaklaşık 5-6mm kalınlık oluşturacak şekilde sıvanır ve saf suyun buharlaşarak uzaklaşmasını engellemek için üzeri ince naylon filmle sarılır. İşlemin 3-4 saat yüzeyde kalması sonunda pasta yüzeyden alınarak tuz ölçümleri tekrarlanır (Avşar, 2018).

Tuz çıkarma işlemi taşta bulunan tuz miktarı ile doğru orantılı olarak sayıca birkaç kere yinelenir. Tuz seviyesinin belirlenen orana düşürülmesi için her ekstraksiyon öncesi iletkenlik ve tuz ölçümleri yapılır. Bir başka tuzdan arındırma yöntemi ise elektrik alanlarının etkisi altında iyonların ve çözeltilerin hareketini sağlayarak tuzların uzaklaştırılmasıdır (Avşar, 2018).

3.2. Sağlamaştırma

Sağlamaştırıcılar, taşın farklı sebeplerle mekanik gücü zayıflamış ve erozyona uğrama olasılığı fazla olan veya uğramış bölümlerinin kohezyonunu, mekanik niteliklerini arttırmak ve bu bölümlerin taşın sağlam kalmış tabakasına tutunmasını sağlamak amacıyla taşların yüzeyinden derinlerine kadar emdirilerek yapılan uygulamalardır. Sağlamaştırma uygulaması, taş yüzeyi ve altında organik veya inorganik köprüler kurarak minerallerin fiziksel-kimyasal olarak yeniden bağlanmasını sağlar (Borsoi ve ark., 2017; Caner, 2011; Karatasios ve ark., 2009; Naidu ve ark., 2015). Uygulanan işlemler sonucunda, yaygın olarak, sağlamaştırma yapılmış taşta su emme kapasitesi ve gözenekliliği azalmış, kimyasal bozulmalara olan dayanıklılığı ve mekanik nitelikleri artmış olacaktır. (Tulgar, 2007; Mosquera ve ark., 2002; Rodrigues, 2001). Sağlamaştırıcı uygulanmış taşın, mekanik ve fiziksel özellikleri taşıdaki sağlamaştırıcı uygulanmamış bölümlerle uyumlu olması beklenmektedir. Aksi hâlde, taşın sağlamaştırılmamış ve sağlamaştırılmış kısımlarının mekanik özellikleri farklı olduğu için yükler karşısında da farklı tepki vererek sağlamaştırılmamış bölüm zayıf kısımlardan ayrılmaktadır. Aynı olay sağlamaştırılmış ve sağlamaştırılmamış kısımların farklı büzülme-genleşme çevrimleri ile ortaya çıkan iç gerilmelerinde, lineer ısı genleşme katsayısının yükselmesi durumunda da gözlenmektedir. Taşın sağlamaştırılmış bölümünde porozimetri (boşluk boyutu dağılımı) ve porozite farklılaştığında, suyun buhar ve sıvı durumundaki dolaşımı değişmekte; mikro porozitenin yükselmesiyle birlikte geç kuruma ve bu duruma bağlı olarak komplikasyonlar oluşmaktadır. Taşın porozitesinde biriken suda çözünür tuzların, kuruma-ıslanma ve dehidratlanma-hidratlanma süreçlerinde sağlamaştırılmış yüzeyin altında hapsolmaları durumunda; ek iç gerilmeler ve kabuk altı çiçeklenmesi sorunu ortaya çıkabilmektedir (Ersen, 2011). İç gerilmeleri önlemek için işlenmiş taş, işlenmemiş taşla hemen hemen aynı nem genleşmesine, termal genleşmeye ve elastik modüle sahip olmalıdır. İdeal olarak, uygulanan yöntem bozulmanın nedenine bakılmaksızın her tür taş üzerinde eşit derecede iyi sonuç vermelidir. Ve tamamen görünmez olmalıdır (Price ve Doehne, 2011). Bu sağlamaştırıcılar; daldırma, püskürtme, fırçayla, kılcal yolla emdirme ve akıtma yöntemleriyle uygulanabilmektedir (Özgünler, 2007). Uygulama yöntemi taşın cinsine, bozulma türüne, derecesine ve ortam şartlarına bağlı olarak uzmanlar tarafından seçilmektedir.

Genellikle sıvı olan sağlamlaştırıcı malzeme, taşın sağlam çekirdeğine ulaşacak kadar derin nüfuz etmelidir ve birbirinden ayrılmış tüm bozulmaya uğramış parçaları kolayca bağlamalıdır (Torraca, 1982). Taş konsolidasyonun başarılı olması derin emprenyeye bağlıdır (Wihr, 1976). Emprenye, tüm tutarsız malzemeleri sağlam bir şekilde taşın sağlam çekirdeğine bağlayacak kadar derin olmalıdır ve sağlam bir çekirdeğin olmadığı durumlarda tam emprenye gereklidir. Tatmin edici penetrasyonun sağlanmasındaki temel kavram, yüzeyi yeterli süre sıvı bir sağlamlaştırıcı ile ıslak tutmak ve karışımın herhangi bir uçucu bileşeninin buharlaşmasını geciktirmektir (İpekoğlu, 2011). Sağlamlaştırıcı malzeme taşta hızlı, derinden ve homojen bir şekilde girebilmelidir. Uygulanan malzeme, orijinal alt tabakaya mümkün olduğu kadar benzer özellikleri geri kazanmalıdır. İşlemlerin dayanıklı olması, bozulmaya neden olmaması ve gelecekte aynı veya başka bir malzeme ile farklı bir işlem yapma olasılığını engellememesi beklenir (Praticò ve ark., 2020). Ancak kimyasal madde, taş türü ile uyumlu değilse veya yetersiz uygulanıyorsa sağlamlaştırma girişimi başarısız olacak ve taşta daha fazla hasara neden olacaktır. Bu nedenle laboratuvar sonuçları alınmadan konsolidasyon yapılmamalıdır. Konsolidasyon yapılacak taş türleri kumtaşı, kalker ve volkanik tüf gibi gözenekli taşlar olmalıdır. Mermer gibi düzgün dokulu taşları sağlamlaştırmak mümkün değildir (Acun ve Arioğlu, 2006).

Sağlamlaştırıcıların çeşitleri organik, inorganik ve inorganik-organik karışımı olan hibrid olmak üzere üç başlık altında toplanmaktadır (Hatır, 2019). Yapılan incelemelerde, inorganik sağlamlaştırıcıların taşta meydana gelmiş bozulmaları hızlandırdığı ve taşın derinliklerine yeteri kadar nüfus edememesinden dolayı gerekli sağlamlaştırmayı yapamadığı ortaya konmuştur (MEB, 2013). Taşın fiziksel, kimyasal özellikleri ile uygulanacak malzemenin özelliklerinin araştırılması ve araştırmalar doğrultusunda laboratuvar çalışmaları yürütülmesi, sağlamlaştırıcı uygulanmasında hangi çeşit malzeme kullanılacağına karar verilmesini sağlar. Laboratuvar çalışmaları sonucu hasar görmüş taşta uygulanabilecek en uygun ve en iyi sonucu verebilecek malzeme bulunmuş olur (Ulusoy Binan, 1993). Bu çalışmalarda dikkat edilmesi gereken nokta; sağlamlaştırıcı malzemenin taşın fiziksel ve mekanik niteliklerini olumsuz yönde etkilemeyeceğinden, taş ile tamamen uyumlu olacağından ve kimyasal reaksiyona neden olmayacağından emin olmaktır (Küçük, 2020). Bu nedenlerle sağlamlaştırıcı uygulamalarında inorganik sağlamlaştırıcılar tercih edilmeyerek, organik sağlamlaştırıcıların kullanımı yaygınlaşmıştır.

Çizelge 3.1. Taş sağlamlaştırıcı olarak denenmiş polimer grupları ve uygulandıkları taşlardan örnekler (Yüzer ve ark., 2000)

Sağlamlaştırıcılar	Uygulandıkları Taşlar
Etil silikat	Kumtaşı
Alkil-alkoksi silanlar	Kumtaşı
Etil Silikatlar ve alkil alkoksi silanların karışımı	Kumtaşı, mermer, kireçtaşı
Alkil-aril polisiloksanlar (silikon reçineler)	Kumtaşı, mermer, kireçtaşı
Akrilik reçineler	Memer, yoğun kireç taşı
Akrilik ve silikon reçinelerin karışımı	Memer, yoğun kireç taşı, kumtaşı

Sonuç olarak, sağlamlaştırma uygulamasından başarılı bir sonuç almak için ilk olarak taşın türü, bozulmanın türü ve derecesi tespit edilmelidir. Sonrasında taşa en uygun uygulanabilecek kimyasallar ve bu kimyasalları uygulama yöntemleri seçilmelidir. Örnek olarak; kırıntılanma, tozuma ve kavlanma olarak karşılaşılan yüzey erozyonlarında, taşın iç yapısında makro boşluk özelliği hakimse sağlamlaştırma uygulamalarından başarılı bir sonuç alınmaktadır. Taşın dış kabuğunda gözlemlenen yapraklanma ve pul pul dökülme şeklindeki yüzey erozyonlarında mikro enjeksiyonla birlikte sağlamlaştırma etkin olmaktadır. Bağlayıcı matrisin erimesiyle kırıntı, çakıl veya kavkılarının serbest kaldığı durumlarda ise, derin emprenye edilme şartıyla sağlamlaştırma etkili olabilmektedir. Buna rağmen, sert taşlarda küçük parça ayrılmaları şeklinde görülen ayrışmalarda sağlamlaştırma işlemi başarısız olmaktadır. Taş sağlamlaştırmanın bir diğer ön şartı da, zarar verecek su tuzaklarını gidermek ve yapıdaki aksayan detayları düzeltmektir; böylelikle sağlamlaştırıcının dış yüzeyden uygulandığı taşa suyun farklı yollarla girmesini önlemektir. Bu da suyun; çatı, kat silmeleri ve diğer yatay yüzeylerden süzülme yoluyla ve zeminden kılcallıkla yükselmesinin engellenmesi ile mümkün olacaktır (Ersen, 2011).

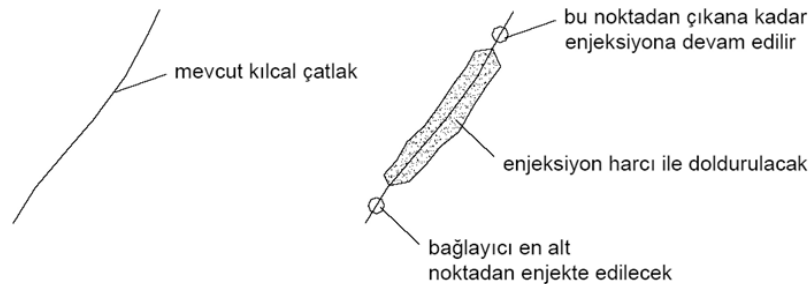
Sağlamlaştırma uygulaması tek başına yapılan bir işlem olarak görülmemelidir. Teşhis, temizleme, ön sağlamlaştırma, sağlamlaştırma, yüzey koruma ve bakım da dâhil olmak üzere bir dizi işlemin bir parçasıdır. Taş sağlamlaştırma uygulamaları; hava kirliliğine, ıslanma-kuruma döngülerine ve tuz kristallenme döngülerine karşı taşın yüzey koruyucularla korunması ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Uygulamaların en az on yıl ve üzeri etkili olması beklenmekte ve yapının periyodik bakım programlarında, korunmuşluk durumunun kontrolüne bağlı olarak yüzey koruyucular değiştirilerek yenilenmektedir (Tintin, 2012). Bazı sağlamlaştırma süreçleri de taşın çevre direncini artırarak belirli bir derecede koruma sağlarlar. Ancak, bu her zaman

doğru değildir ve genel olarak konsolide edilen tüm taşlara koruyucu uygulanması daha uygundur (Torraca, 1982).

3.3. Dolgu Tedavi

Temizleme ve sağlamlaştırma işlemlerinden sonra ve son korumadan önce açık çatlak ve deliklerin olmadığı düzgün bir yüzey elde etmek gerekir. Konsolidasyon malzemeleri 0.1-0.2 mm'den büyük çatlakları dolduramaz. Bu nedenle daha büyük boşlukları doldurmak için uygun yapıştırıcı veya dolgu maddeleri kullanmak gerekir. Dolgu malzemesi orijinali ile uyumlu olmalıdır; mukavemeti ve ısıl genleşme katsayısı orijinal taşınkine benzer olmalıdır. Su ve tuz çözeltilerinin buharlaşmasını sağlamak için dolgu malzemesinin gözenekliliği taşın gözenekliliğine benzer veya daha yüksek olmalıdır. Ayrıca taşla benzer estetik özelliklere sahip olması gerekir (İpekoğlu, 2011). Bu durumda epoksi reçineleri ve akrilik reçinelerin enjeksiyonu ve dolgu harçlarının uygulanmasıyla sağlamlaştırma yapılabilmektedir (Zakar ve Eyüpgiller, 2015). Epoksi reçineler, yüksek yapışma güçleri ve mekanik özellikleri nedeniyle bağlayıcı olarak en çok tavsiye edilenlerdir (Domaslowski, 1988). Taşlarda kırık parçalar kendi içlerinde çift bileşenli (reçine ve sertleştirici) epoksi türü yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmelidir (Şener, 2019).

Çatlaklar, taş yapı malzemelerinde oluşan en belirgin bozulmalardandır. 0.2 mm'den küçük çatlakların onarımına ihtiyaç yoktur. 0.3 mm'den büyük 3 mm'den küçük çatlakların onarımı için epoksi harcı kullanılabilir (Mahrebel, 2006). Çatlak eğer 3 mm'den büyük ise grout enjeksiyonu da uygulanabilir; ama çatlaklar 10 mm'den büyükse veya duvarı oluşturan taş gibi yapı malzemesi düşmüşse, daha geniş bir uygulama gerekecektir. Uygulanacak metot bir çeşit duvar güçlendirme yöntemi olarak tanımlanabilir (Mahrebel, 2006). Bu da bölgesel onarımdan ziyade bölgesel güçlendirme uygulanmasını gerekli kılacaktır (Yaldız ve ark., 2011).



Şekil 3.1. Kılcal çatlakların onarımı (Çılı ve ark., 2009)

3.4. Estetik ve Plastik Onarım

Taşa görülen parça kopmaları, taşa yeni parçaların entegre edilmesini gerektirir. Bu müdahale yöntemleri ile gerçekleştirilen onarımlar, taşın yüzeyinde doku ve renk açısından estetik, kaybolmuş formların yeniden oluşturulması açısından plastik onarımlardır (Zakar, 2013). Atmosferik etkiler ile meydana gelen yüzeysel bozulmalar için sağlamlaştırma tedavileri uygulanırken, bozulmaların 5 santimetreyi geçtiği tahribat (jeolojik zayıflıklardan kaynaklı dikey veya yatay boşluk oluşumu ve dağılma) durumlarında estetik ve plastik onarım uygulanmaktadır (Öztürk, 2012). Bu müdahale yöntemi; yapay taş ile yapılan plastik onarım, taşın kopan parçası ile yapılan plastik onarım ve yabancı benzer taş kullanımı ile yapılan plastik onarım olmak üzere üç gruba ayrılır (Küçükkaya, 2004). Taşa görülen ayrışmanın ilerlemesi sonucu taş tamamlama aşaması gözlenebilir. Bu aşamada uygun bağlayıcılarla hazırlanmış tamamlama harçlarının kullanılması gereklidir. Taştan kopan kısım büyük ise, silikon kauçuk ile kalıp çıkarılır. Organik veya mineral bağlayıcı harçlarla elde edilen yapay taşa veya doğal taşa bu kalıpta şekil verilir. Uygun şekil verilen taş eksik kısma monte edilmelidir (Çorapçıoğlu, 1993). Taştan ayrılan parçanın kullanılması gerekli olan uygulamalarda, kopan parça boyutuna göre uygulama tekniğine karar verilmelidir. Küçük parçaların tamamlanmasında akrilik reçineler veya polivinil asetat, daha büyük parçaların birleştirilmesinde kuvvetli yapıştırıcılar (epoksi reçineler ve poliester) ve metal kenetler kullanılmaktadır (Zakar ve Eyüpgiller, 2015). Yapay taş ile yapılan plastik onarım tedavileri ise, yapının orijinal taşı öğütüldükten sonra belirli oranlarda birleştirme harcı ve su karıştırılmasıyla elde edilir (Öztürk, 2012). Yapı taşının kopan parçasının bulunamadığı veya plastik onarım için kullanılacak taş ocağının tespit edilememesi durumunda, yabancı benzer taş kullanılmaktadır (Hatır, 2019). Yeni taş; bileşimi, dokusu, rengi (farklı bir renkte olması da istenebilir), sertliği, parlaklığı ve ortama uyma kabiliyeti gibi pek çok özelliğiyle orijinale uygun olmalıdır. Bu özelliklerin uygunluğunun sağlanabilmesi için öncelikler eski taş tahlil edilir ve uygun taş aranır (Küçükkaya, 2004).

Arkeolojik alanlarda yapılan bütünleme çalışmaları için özgün taşın çıkarıldığı ocaktan doğal taş malzemeler tercih edilmektedir. Fakat ocakların günümüz şartlarında işletilmemesi veya eski taş ocakların kaybolması bu durumu sekteye uğratabilmektedir (Ahunbay, 2011). Yapılan bütünleme sırasında kullanılan yeni yapı malzemeleri ile özgün malzemelerin birleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle aynı taş ile bütünleme

yapılması, taşlar arasındaki kimyasal ve fiziksel uyumun sağlanabilmesi açısından önemlidir (Duran ve Kaya, 2020). Bu durumda en büyük sorun taşın özgün halinin bulunamamasıdır. Yapılan tamamlamalarda, en yakın malzeme kullanılması halinde bile doku, renk vb. gibi farklılıklar gözlenmektedir (Onat Hattap, 2002).

3.5. Taş Değişimi / Yenileme

Yenileme, yapı malzemesi olma özelliğini kaybetmiş yapı parçasının yeni malzeme kullanılarak veya sistemler aracılığıyla onarılarak yeni hale getirilmesidir (Zakar ve Eyüpgiller, 2015). Bütünlüğünü ve fiziksel-mekanik özelliklerini tamamen kaybetmiş taşların, ilk yapım tekniğine uygun bir şekilde özgün doğal taş kullanılarak değişimi/ yenilenmesi önerilmektedir (Aşık ve Ahunbay, 2017). Büyük boyutlu eksilmelerde benzer nitelikteki taşlarla değiştirme/ yenileme veya tamamlama yapılabilir (Şener, 2019). Ancak özgün taşın çıkarıldığı taş ocağı belirlenemiyorsa, mühendislik özellikleri benzeyen yabancı taşlar kullanılmalıdır. Yabancı taş ile yenilenen kısımlarda, doku, renk, form gibi karakterler farklılaştırılarak sunulmalıdır. Böylece ekin sonradan yapıldığı anlaşılır (Küçükkaya, 2004).

Tez kapsamında yapılan literatür taraması sonucu elde edilen bilgiler ve koruma-onarım uygulamaları derlenerek yaklaşık ayrışma yoğunluklarına göre müdahale öneri tablosu oluşturulmuştur. Bu tablo EK-1’de yer almaktadır.

4. MASK R-CNN UYGULAMA AYRINTILARI

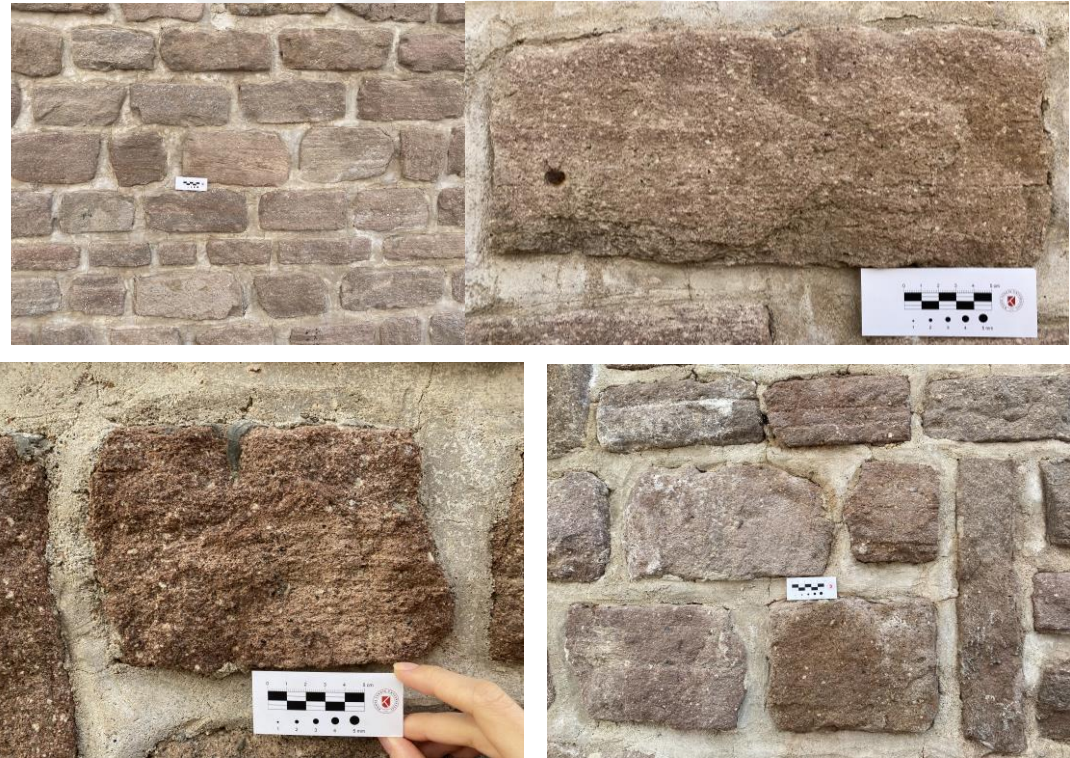
Tez çalışmasında kullanılan Derin Öğrenme tabanlı algoritma, girdiler ve çıktılar arasındaki milyonlarca veri noktasını inceleyerek olasılıklar üreten bir yapay zekâ yaklaşımıdır. Algoritmanın başarıya ulaşabilmesi için eğitim veri setinde tespit edilecek sınıfların yeterli ve orantılı görüntüsü bulunmalıdır. Ayrıca bu veri setinde algoritmanın başarısını artırmak için çekim açısı, mesafe, ışık, gölge değerleri ve yaz-kış gibi farklı zaman periyodlarında elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Görüntüler 12 megapiksel (MP) çözünürlüğe sahip bir telefon kamerası ve CANON EOS 1100D profesyonel fotoğraf makinasından elde edilmiştir. Algoritma için kullanılan görüntüler Konya’ da bulunan taşınmaz kültür varlıklarından toplanmıştır. Yapılan saha çalışmalarında 4000 x 3000 boyutlarında 72 dpi çözünürlükte 1704 adet görüntü derlenmiştir. Bu görüntülerin %80’i eğitim aşamasında, %10’u doğrulama aşamasında ve kalan %10’u ise test aşamasında kullanılmıştır. Algoritmanın müdahale öneri sınıflarını başarılı bir şekilde tespit edebilmesi için 5 cm ile 20 cm arasında değişen farklı mesafelerden, farklı çekim açılarından, ışık ve gölge durumları ile ilgili gün ışığının yüksek ve düşük olduğu durumlardan, yapıların kış-yaz olmak üzere farklı mevsimlerde görüntüleri ve videoları toplanmıştır. Elde edilen videolar ShotCut programı ile jpeg formatına dönüştürülmüştür. Görüntüler ve videolar toplanırken müdahale öneri sınıflarının tespiti için çizgi ölçek kullanılmıştır. Veriler derlendikten sonra tüm görüntüler eğitim süresini azaltmak için 1000 x 1000 piksele dönüştürülmüştür. Modelin eğitim aşaması için görüntülerdeki sınıfların koordinatları ve açıklamaları LabelMe yazılımı ile EK-1 tablosuna göre etiketlenmiş ve json formatına dönüştürülmüştür. Müdahale önerilerinin etiketleme sayıları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Müdahale Önerilerinin etiketlenme sayıları

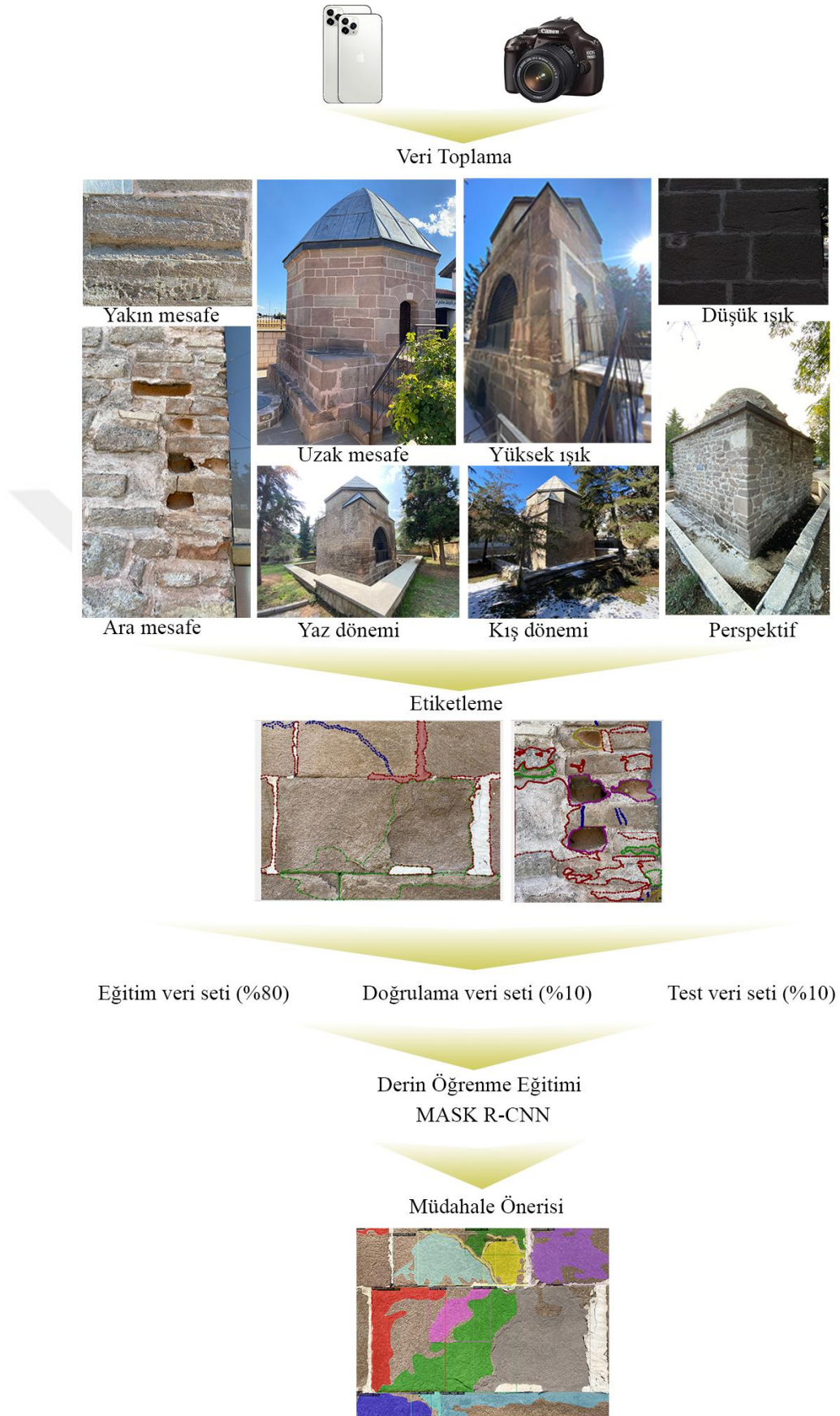
Sınıf	Etiketleme Sayısı
Temizleme	6502
Sağlamlaştırma	7890
Dolgu Tedavi	2053
Estetik ve Plastik Onarım	3600
Taş Değişimi/ Yenileme	734
TOPLAM	20779

Eğitim verileri için 1364, doğrulama için 170 ve test verileri için 170 görüntü kullanılmıştır. Çizelge 4.1 incelendiğinde en yüksek sayıda etiketlemenin sağlamlaştırma sınıfına, en düşük sayıda etiketlemenin ise taş değişimi/ yenileme sınıfına ait olduğu görülmektedir. Bu da sınıfların etiketleme sayılarının anıtlarda görülen bozulma türleri ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Etiketlemeden sonra model, TensorFlow çerçevesinde Mask R-CNN ağında, omurga için ResNet-101 kullanılarak çalıştırılmıştır. Eğitim parametrelerinde 0,001 öğrenme oranı, 16 parti boyutu ve momentum katsayısı 0,97 olarak ayarlanmıştır. Önerilen modelin kesinliği ve eğitim süresi arasındaki en uygun ilişkiyi kurmak için iterasyon sayısı 18.000 olarak belirlenmiştir.

Test aşamasında ise modelin farklı mesafe ve açılardaki performansını değerlendirmek için iki yakın mesafe, ara mesafe ve uzak mesafe görüntüleri farklı çekim açılarından elde edilerek kullanılmıştır. Çalışmada önerilen yöntemin akış şeması Şekil 4.1’ de verilmiştir.



Fotoğraf 4.1: Çizgi ölçek kullanımı



Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan modelin akış şeması

4.1. Doğrulama ve Test Yapıları

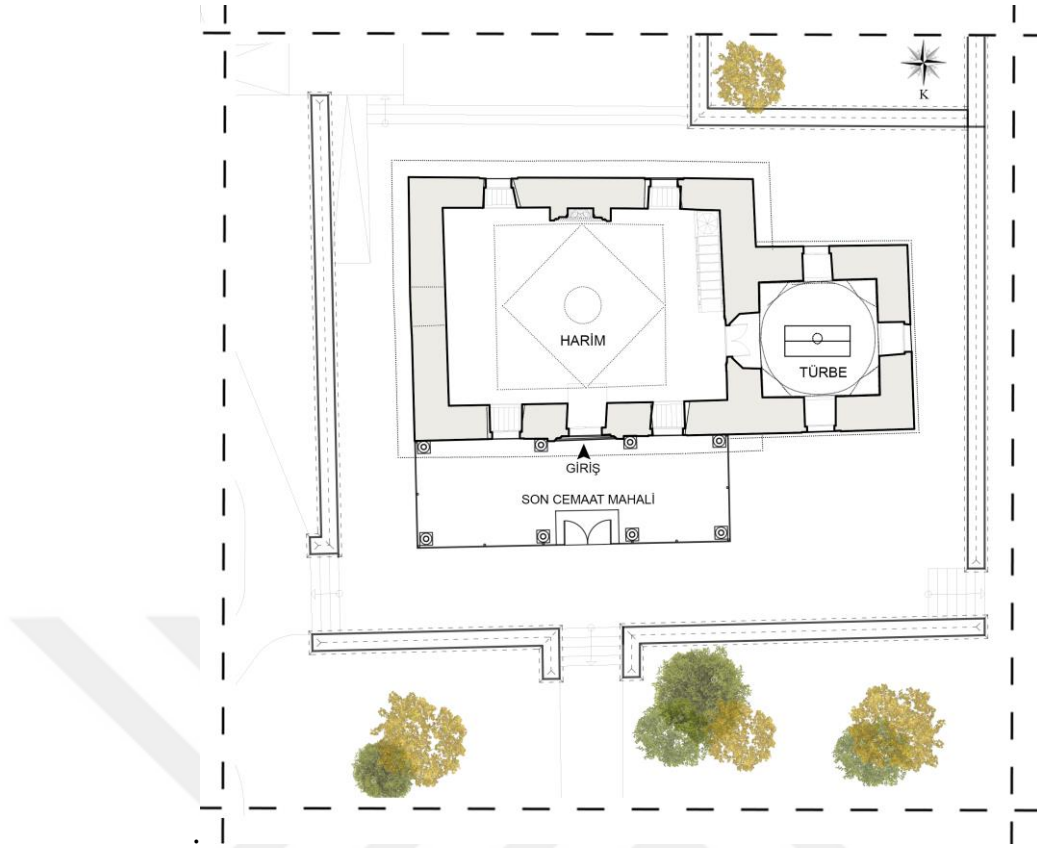
Tez çalışmasında kullanılan modelin başarısını test etmek için Hoca Ahmet Fakîh Cami ve Şeyh Osman Rûmî Türbesi seçilmiştir. Bu yapıların seçilme amacı yapı malzemelerindeki yoğun bozulma farklılıklarının modelde gösterdiği davranışları tespit edebilmektir.

4.1.1. Hoca Ahmet Fakîh Cami



Şekil 4.2. Hoca Ahmet Fakîh Cami'nin konumu (Yandex Maps'ten şematize edilmiştir)

Konya'da Meram ilçesi, Armağan Mahallesi'nde bulunan Hoca Ahmet Fakîh Cami 13. yüzyıla tarihlenen Selçuklu yapılarından biridir (Yıldırım, 2007). Türbe ve mescide ait yapıldığı tarihi belirten bir kitabe bulunmamaktadır. Türbe kapısı üzerinde bulunan kitabe ise Selçuklular döneminde 1221 yılında vefat eden Ahmet Fakîh'in mezar sandukasına ait olduğu bilinmektedir (Önder, 1971). Zamanında zaviye olan eserden günümüze sadece cami yapısı ve türbe gelebilmiştir. Bu yapılar günümüzde hala inşa edildikleri fonksiyon ile kullanılmaktadır.



Şekil 4.3. Hoca Ahmet Fakih Cami planı (Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden şematize edilmiştir)

Yapı dikdörtgen planlı bir harim kısmı, mescidin kuzeyinde camekanla kapatılmış bir son cemaat mahalli ve mescidin batısında yer alan kare planlı bir türbeden oluşmaktadır. Yapının harim kısmı kırma çatıyla, son cemaat mahalli tek yöne eğimli çatıyla ve türbe kısmı kubbe ile örtülmüştür (Turan, 2018).



Fotoğraf 4.2. Hoca Ahmet Fakih Cami fotoğrafı (Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden alınmıştır)



Fotoğraf 4.3. Hoca Ahmet Fakih Cami fotoğrafı (Ünal, 2023)

4.1.2. Şeyh Osman Rûmî Türbesi



Şekil 4.4. Şeyh Osman Rûmî Türbesi'nin konumu (Yandex Maps'ten şematize edilmiştir)

Konya Osman Rumi Mahallesi, Yavuz Sultan Selim Sokak'ta bulunan türbe II. Beyazıt döneminde yaptırılmıştır. Herhangi bir kitabesi bulunmamaktadır (Karpuz, 2009). Şeyh Osman Rûmî, Şeyh Hasan Rûmî ve diğer kardeşlerine ait olmak üzere üç türbeden oluşan yapı topluluğundan günümüzde geriye Şeyh Hasan Rumî Türbesi ve Şeyh Osman Rumî Türbesi kalmıştır (Kartal, 2017).



Fotoğraf 4.4. Şeyh Osman Rûmî Türbesi fotoğrafı (Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden alınmıştır)



Fotoğraf 4.5. Şeyh Osman Rûmî Türbesi fotoğrafı (Vakıflar Bölge Müdürlüğü arşivinden alınmıştır)

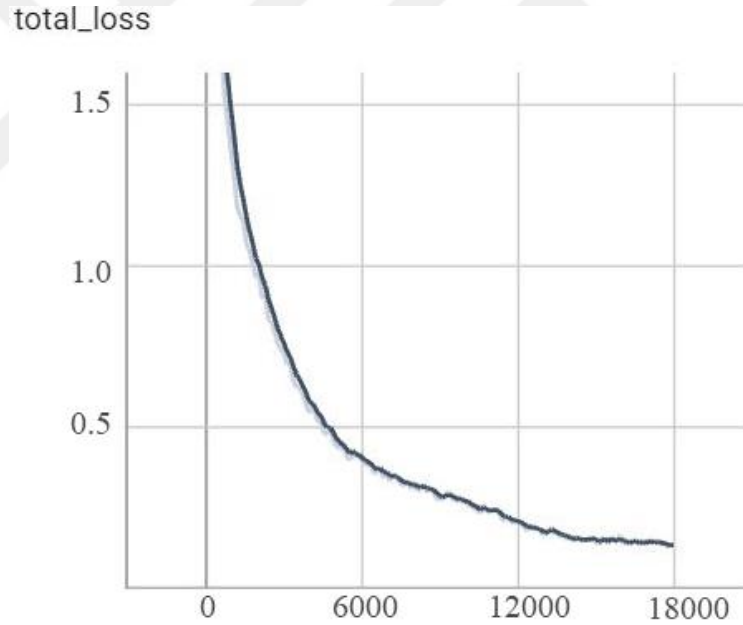
Şeyh Osman Rûmî Türbesi, kare planlı ve iki katlıdır. Kuzey cephesinden eyvanlı, batı cephesinden ise Bursa kemerli bir kapı açıklığı bulunmaktadır. Kübik gövdeye sahip olan yapının sekizgen kasnak üzerindeki piramidal külâhla örtüldüğü ve kurşun ile kaplandığı görülmektedir. Türbede kullanılan yapı malzemesi taş ve tuğladır. Batı ve kuzey cephelerinde kesme Silles taşı, üst kısımlarında ise tuğla kullanılmıştır. Diğer cephelerde moloz taş kullanıldığı görülmektedir.



Fotoğraf 4.6. Şeyh Osman Rûmî Türbesi fotoğrafı (Ünal, 2023)

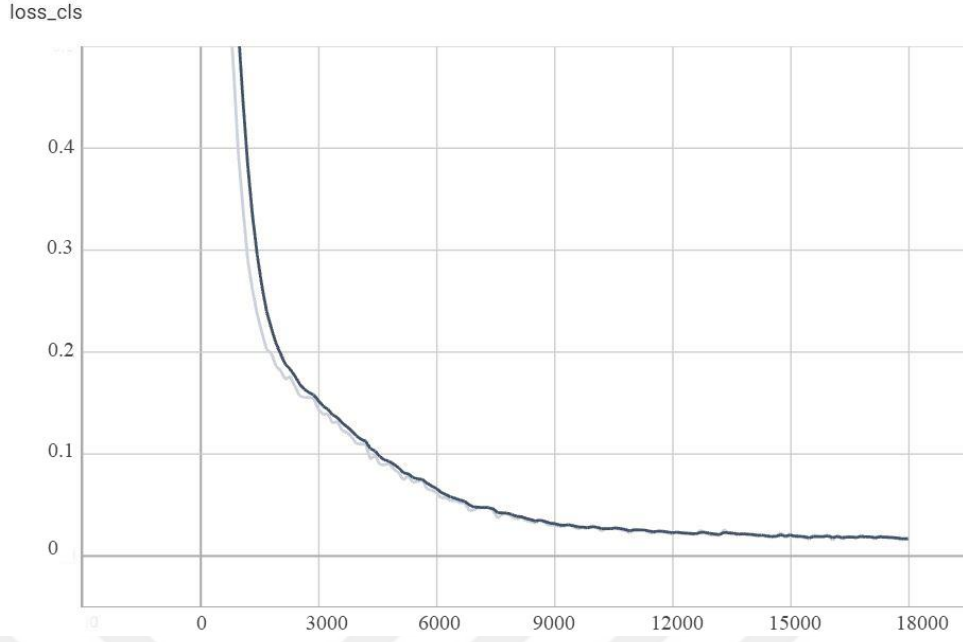
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Optimum kesinlik ve eğitim sürelerini belirlemek için altı farklı iterasyon adımı test edilmiştir. Bu değerler TensorBoard kullanılarak görselleştirilmiştir. TensorBoard doğruluk metrikleri ve kayıp değerleri hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Modelden elde edilen bu değerleri grafikleştirir. Farklı iterasyon adımlarından elde edilen toplam kayıp grafiği Şekil 5.1’de sunulmuştur. Bu grafik tüm kayıp metrikleri dâhil edilerek hesaplanır. Toplam kayıp değerinin 6.000 iterasyonda 0.405’ten başlayıp 18.000 iterasyonda 0.135 değerine düşerek 0’a yaklaştığı görülmektedir. 0’a yakın bir değer, gerçek değerle yüksek benzerliğe sahip olma anlamını taşımaktadır ve bu değerde algoritmanın tahmin güvenilirliği oldukça yüksektir. 18.000 iterasyonda modelin yüksek orandaki başarısı tespit edilmiştir. Bu sebeple sonraki adımlarda kullanılan optimum iterasyon sayısı 18.000 olarak belirlenmiştir.



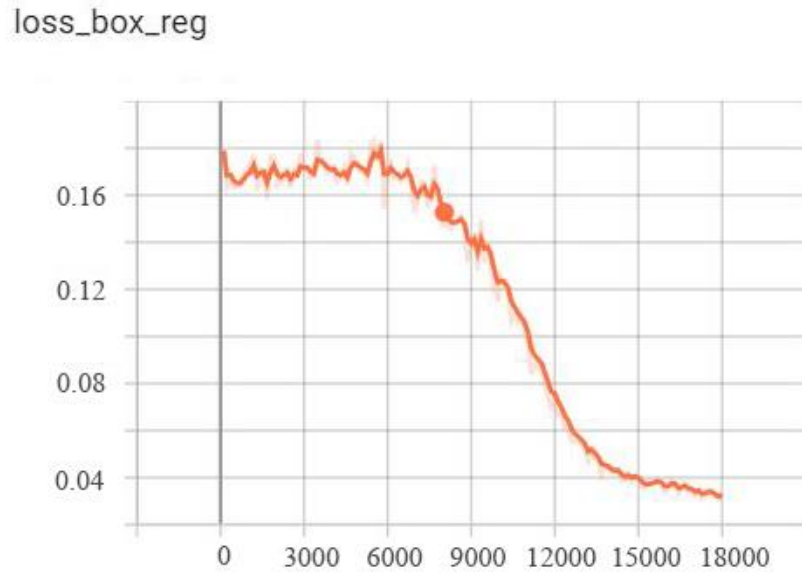
Şekil 5.1. Model için toplam kayıp-iterasyon grafiği

Modelin temelini oluşturan sınıflandırma, nesne tespiti ve maskeleme işlemleri için kayıp grafikleri elde edilmiştir. Sınıflandırma, modelin nesneyi öğrendiği ve tanıdığı ilk yapısıdır. Sınıflandırma adımına ait kayıp grafiği Şekil 5.2’de sunulmuştur. 3.000 iterasyonda 0.160’tan başlayan kayıp değeri 18.000 iterasyonda 0.02667 değerine kadar düşmüştür. 0’a yakın olan bu değer modelde yüksek doğruluk oranında sınıflandırma işlemi gerçekleştiğini göstermektedir.



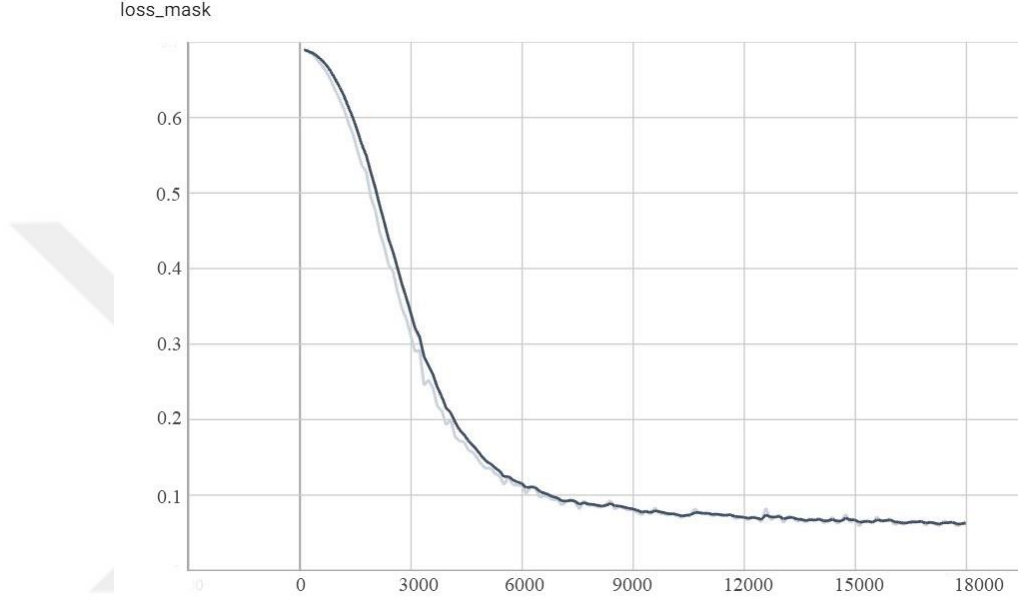
Şekil 5.2. Model için sınıflandırma kayıp-iterasyon grafiği

Modelin ikinci yapısını oluşturan nesne tespit işlemi, öğrendiği ve tanıdığı nesneyi kutu içine alarak işaretleme yapar. Bu adıma ait kayıp grafiği Şekil 5.3'te sunulmuştur. 3.000 iterasyonda 0.1641 değerindeki kayıp değeri, 18.000 iterasyonda 0.0312'e düşerek optimum nesne tespiti elde edilmiştir. 0'a çok yakın olan bu değer kutu atamalarında güvenilirliğin yüksek olduğunu göstermektedir.



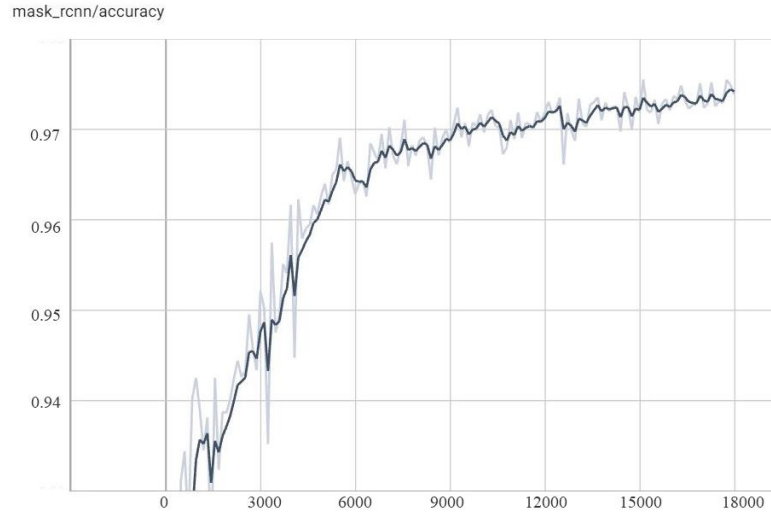
Şekil 5.3. Model için nesne tespit kayıp-iterasyon grafiği

Maskeleme işlemi modelin son yapısını oluşturmaktadır. Bu işlem modelin tanıyıp-öğrendiği ardından kutu içine aldığı nesnenin sınırlarını tespit eder ve renk katmanı atayarak maskeleme işlemini gerçekleştirir. Maskeleme yapısına ait kayıp grafiği Şekil 5.4'te sunulmuştur. 3.000 iterasyonda 0.3296 kayıp değeriyle başlayan grafik 18.000 iterasyonda 0.06409 değerine kadar düşüş göstermiştir. 0'a yaklaşan bu değer maskeleme işleminin optimum başarıda gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 5.4. Model için maskeleme kayıp-iterasyon grafiği

Modelden elde edilen diğer bir grafik ise Mask R-CNN algoritmasının doğruluk metrikleridir. Şekil 5.5'te sunulan bu grafik 0.9746 gibi 1'e oldukça yakın bir değere ulaşmıştır. Mask R-CNN doğruluk metrik grafiğinde 1 değeri %100 doğruluk sağlayan değeri ifade etmektedir.



Şekil 5.5. Mask R-CNN doğruluk metrik-iterasyon grafiği

Önerilen model, farklı ayırma yoğunluğundaki yapı taşlarından, farklı çekim açılarından ve farklı mesafelerden elde edilen görüntüler kullanılarak test edildi. İlk olarak Fotoğraf 5.1’de sunulan yakın mesafe görüntüsündeki müdahale önerilerinin sonuçları incelenmiştir. Fotoğraf 5.1’de görüldüğü gibi taşlara uygulanması gerekli en belirgin müdahale önerileri model tarafından tespit edilmiştir. Temizleme, sağlamlaştırma, dolgu tedavi, estetik ve plastik onarım tespit edilen sınıflardandır. Müdahale önerilerinden temizleme sınıfında AP değeri %96, sağlamlaştırma sınıfında %99 ile %96 arasında, dolgu tedavi sınıfında %95 ile %92 arasında, estetik ve plastik onarım sınıfında ise %99 oranıyla tespit edilmiştir. AP değeri, modelin bilgisayarlı görü ile tespit sonuçlarını vermektedir. Bu değer tespitlerin hassasiyet oranını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, diğer sınıflara göre en düşük AP değerinin dolgu tedavi sınıfında olduğu görülmektedir.



Fotoğraf 5.1. Modelde test edilen yakın mesafe görüntüsü ve test sonuçları
(Şeyh Osman Rûmî Türbesi)

SONUÇLAR			
LEJANT			
	SAĞLAMLAŞTIRMA		SAĞLAMLAŞTIRMA
	DOLGU TEDAVİ		SAĞLAMLAŞTIRMA
	DOLGU TEDAVİ		TEMİZLEME
	SAĞLAMLAŞTIRMA		PLASTİK ONARIM
	PLASTİK ONARIM		SAĞLAMLAŞTIRMA

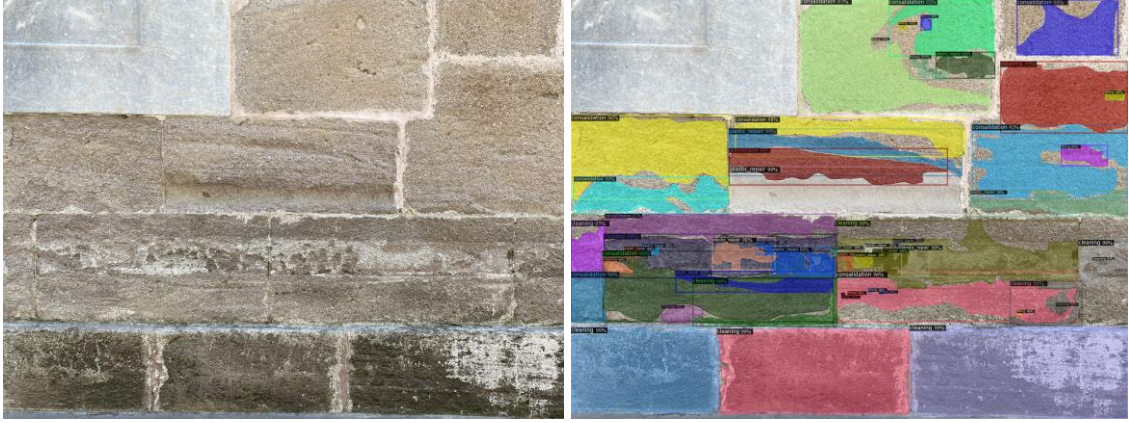
Şekil 5.6. Modelde test edilen yakın mesafe görüntüsü test sonuçları lejantı
(Şeyh Osman Rûmî Türbesi)

Çizelge 5.1. Modelin Fotoğraf 5.1'deki AP değerleri (Hassasiyet değeri)

Müdahale Önerileri	AP değerleri (%)
Temizleme	96
Sağlamlaştırma	99-96
Dolgu Tedavi	95-92
Estetik ve Plastik onarım	99

Bir sonraki adımda modelin performansını değerlendirmek için, müdahale tespiti ve AP değerleri Fotoğraf 5.2'de incelenmiştir. Bu görüntüde model tarafından temizleme, sağlamlaştırma, dolgu tedavi, estetik ve plastik onarım müdahaleleri tespit edilmiştir. Tespit edilen temizleme müdahale önerisi %99 ile %92 arasında, sağlamlaştırma %99 ile %90 arasında, dolgu tedavi %95 ile %90 arasında, estetik ve plastik onarım ise %99 ile %96 AP değerleri arasında bulunmuştur. Modelden alınan sonuçlar incelendiğinde, yapı taşlarında görülen bozulmalara göre aynı taş üzerinde birden fazla müdahale önerisinin başarılı bir şekilde belirlendiği görülmüştür. Model tarafından %99 AP değeri ile tespit edilen temizleme önerisi üzerinde estetik ve plastik onarım %99 ile %98 arasında yüksek oranlarda tespit edilmiştir. Aynı yapı taşında %96 hassasiyet değeri ile tespit edilen sağlamlaştırma müdahale önerisi üzerinde %90 oranda dolgu tedavi önerisinin de doğru bir şekilde tespit edildiği görülmüştür. Başka bir yapı taşında ise %92 AP oranıyla tespit edilen temizleme önerisi üzerinde %90 oranda dolgu tedavi başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Fakat siyah kabuk etkisinin çok yüksek görüldüğü üç yapı taşında temizleme müdahale önerisinin %99 oranda doğru bir şekilde tespit edilmesine rağmen bu yapı taşlarına uygulanması gerekli sağlamlaştırma önerisinin tespit edilemediği görülmektedir.

Taşınmaz kültür varlığında görülen parça kayıplarının ayrışma yoğunlukları yüksek olmasına karşın Fotoğraf 5.2 ve Çizelge 5.2'de görüldüğü üzere model en yüksek AP değerlerine ulaşmıştır. Ek olarak, modelin cephede bulunan mermer yapı malzemelerini algılamamış olması da başarısının bir göstergesidir.



Fotoğraf 5.2. Modelde test edilen yakın mesafe görüntüsü ve test sonuçları
(Hoca Ahmet Fakih Cami)

SONUÇLAR			
LEJANT			
	SAĞLAMLAŞTIRMA		SAĞLAMLAŞTIRMA
	SAĞLAMLAŞTIRMA		PLASTİK ONARIM
	DOLGU TEDAVİ		PLASTİK ONARIM
	PLASTİK ONARIM		PLASTİK ONARIM
	PLASTİK ONARIM		TEMİZLEME
	SAĞLAMLAŞTIRMA		SAĞLAMLAŞTIRMA
	SAĞLAMLAŞTIRMA		DOLGU TEDAVİ
	DOLGU TEDAVİ		DOLGU TEDAVİ
	PLASTİK ONARIM		TEMİZLEME
	DOLGU TEDAVİ		TEMİZLEME
	DOLGU TEDAVİ		TEMİZLEME
	PLASTİK ONARIM		TEMİZLEME
	PLASTİK ONARIM		TEMİZLEME
	SAĞLAMLAŞTIRMA		TEMİZLEME
	TEMİZLEME		PLASTİK ONARIM
	DOLGU TEDAVİ		PLASTİK ONARIM
	SAĞLAMLAŞTIRMA		PLASTİK ONARIM
	SAĞLAMLAŞTIRMA		SAĞLAMLAŞTIRMA
	SAĞLAMLAŞTIRMA		PLASTİK ONARIM

Şekil 5.7. Modelde test edilen yakın mesafe test sonuçları lejant
(Hoca Ahmet Fakih Cami)

Çizelge 5.2. Modelin Fotoğraf 5.2'deki AP değerleri

Müdahale Önerileri	AP değerleri (%)
Temizleme	99-92
Sağlamlaştırma	99-90
Dolgu Tedavi	95-90
Estetik ve Plastik onarım	99-96

Eğitilen modeldeki mesafe, çekim açısı ve ayrışma yoğunluğu farklılıklarının değerlendirilmesi için Fotoğraf 5.3.a'da sunulan uzak mesafe görüntüsü incelenmiştir. Model, bu görüntüden %99 ile %78 AP değerleri arasında temizleme, %99 ile %80 arasında sağlamlaştırma, %99 ile %70 arasında dolgu tedavi, %99 ile %75 arasında ise estetik ve plastik onarım müdahalelerini başarılı bir şekilde tespit etmiştir. Fakat elde edilen sonuçlar incelendiğinde modelde birkaç küçük hata bulunmuştur. Fotoğraf 5.2'de saptandığı gibi, sık görülen bozulmalardan biri olan siyah kabuk oluşumunun yoğun gözlemlendiği yapı taşlarında, temizleme önerisinin %99 oranda yüksek hassasiyet ile tespit edilmesine rağmen sağlamlaştırma önerisinin tespit edilemediği sonucu çıkarılmaktadır. Bunun yanı sıra aynı yapı taşlarında estetik ve plastik onarımın AP değerleri %99 ile %96 arasında başarılı bir şekilde tespit edildiği görülmektedir. Siyah kabuk ve kirlenme oluşumlarının daha az yoğunlukta olduğu yapı taşlarında ise uygun olan müdahale önerilerinin tamamı başarılı bir şekilde tespit edilmiştir.

Model, Fotoğraf 5.3'te görülen taşa bulaşmış sıva fazlalıklarında yüksek hassasiyet ile temizleme müdahalesini başarılı bir şekilde tespit etmiştir. Ancak yapı taşları arasında görülen düzensiz sıvalar için de temizleme önerisi sunmuştur.



Fotoğraf 5.3.a. Modelde test edilen uzak mesafe görüntüsü
(Hoca Ahmet Fakih Cami kuzey cephesi)



Fotoğraf 5.3.b. Modelde test edilen uzak mesafe görüntüsünün test sonuçları
(Hoca Ahmet Fakih Cami kuzey cephesi)

SONUÇLAR				
LEJANT				
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 DOLGU TEDAVİ	 PLASTİK ONARIM
 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 DOLGU TEDAVİ	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM
 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME
 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM
 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 DOLGU TEDAVİ	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM
 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 PLASTİK ONARIM	 DOLGU TEDAVİ
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 DOLGU TEDAVİ	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 PLASTİK ONARIM	 PLASTİK ONARIM
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 DOLGU TEDAVİ	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 DOLGU TEDAVİ
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME
 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 PLASTİK ONARIM
 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME	 DOLGU TEDAVİ
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 DOLGU TEDAVİ
 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 DOLGU TEDAVİ
 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 PLASTİK ONARIM	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 PLASTİK ONARIM	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME
 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME
 SAĞLAMLAŞTIRMA	 TEMİZLEME	 TEMİZLEME	 PLASTİK ONARIM	 SAĞLAMLAŞTIRMA
 SAĞLAMLAŞTIRMA	 DOLGU TEDAVİ	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 SAĞLAMLAŞTIRMA	 PLASTİK ONARIM

Şekil 5.8. Modelde test edilen uzak mesafe görüntüsünün test sonuçları lejant
(Hoca Ahmet Fakih Cami kuzey cephesi)

SONUÇLAR				
LEJANT				
TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA
TEMİZLEME	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	PLASTİK ONARIM
SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA
TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	DOLGU TEDAVİ	TEMİZLEME
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA
TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	DOLGU TEDAVİ	SAĞLAMLAŞTIRMA
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	DOLGU TEDAVİ	TEMİZLEME
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	PLASTİK ONARIM
TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA
DOLGU TEDAVİ	DOLGU TEDAVİ	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	PLASTİK ONARIM
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM
PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM
TEMİZLEME	TEMİZLEME	DOLGU TEDAVİ	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM
SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	DOLGU TEDAVİ	PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM
TEMİZLEME	TEMİZLEME	DOLGU TEDAVİ	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM
SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	DOLGU TEDAVİ
TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	TEMİZLEME
TEMİZLEME	TEMİZLEME	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA
SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME
SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME
TEMİZLEME	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME	TEMİZLEME
PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM

Şekil 5.8 Modelde test edilen uzak mesafe görüntüsünün test sonuçları lejant
(Hoca Ahmet Fakih Cami kuzey cephesi)

Çizelge 5.3. Modelin Fotoğraf 5.3'teki AP değerleri

Müdahale Önerileri	AP değerleri (%)
Temizleme	99-78
Sağlamlaştırma	99-80
Dolgu Tedavi	99-70
Estetik ve Plastik onarım	99-75

Derin öğrenme tabanlı modelin performansını değerlendirmek için incelenen diğer görüntü ise Fotoğraf 5.4.a’da sunulmaktadır. Ara mesafeden çekilen bu görüntüde temizleme, sağlamlaştırma, dolgu tedavi, estetik ve plastik onarım önerileri sırasıyla %99-%78, %99-%80, %99-%76, %99-%75 AP değerleri arasında tespit edilmiştir. Şeyh Osman Rûmî Türbesi’nin batı cephesinde en sık görülen müdahale önerisi sağlamlaştırma sınıfıdır. Fotoğraf 5.4.b’de sağlamlaştırma sınıfının diğer sınıflara oranla daha yüksek hassasiyet ile tespit edildiği görülmektedir. Cephede görülen parça kayıplarının ayrışma yoğunlukları yüksek olmasına rağmen Fotoğraf 5.1, Fotoğraf 5.2 ve Fotoğraf 5.3’ten de tespit edildiği gibi, model yüksek AP değerleri ile başarıya ulaşmıştır. Ek olarak, modelin cephede bulunan tuğla yapı malzemelerini algılamamış olması da başarısının bir göstergesidir.

Çizelge 5.4. Modelin Fotoğraf 5.4’teki AP değerleri

Müdahale Önerileri	AP değerleri (%)
Temizleme	99-78
Sağlamlaştırma	99-80
Dolgu Tedavi	99-76
Estetik ve Plastik onarım	99-75

SONUÇLAR LEJANT				
PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA
SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME
PLASTİK ONARIM	DOLGU TEDAVİ	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA
TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME
PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME
PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA
SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM
PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	DOLGU TEDAVİ
PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA
SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM
SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME
SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME
SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME	TEMİZLEME
PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA
PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM
SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	DOLGU TEDAVİ
PLASTİK ONARIM	DOLGU TEDAVİ	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA
SAĞLAMLAŞTIRMA	DOLGU TEDAVİ	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	DOLGU TEDAVİ
TEMİZLEME	DOLGU TEDAVİ	PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME	DOLGU TEDAVİ
SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME
PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA
DOLGU TEDAVİ	PLASTİK ONARIM	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA
SAĞLAMLAŞTIRMA	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	TEMİZLEME
SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA	PLASTİK ONARIM	DOLGU TEDAVİ
PLASTİK ONARIM	DOLGU TEDAVİ	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	PLASTİK ONARIM
PLASTİK ONARIM	DOLGU TEDAVİ	TEMİZLEME	PLASTİK ONARIM	SAĞLAMLAŞTIRMA
DOLGU TEDAVİ	SAĞLAMLAŞTIRMA	SAĞLAMLAŞTIRMA		

Şekil 5.9. Modelde test edilen ara mesafe görüntüsü test sonuçları lejant
(Şeyh Osman Rûmî Türbesi batı cephesi)

Şeyh Osman Rûmî Türbesi'nin batı cephesinden ara mesafede çekilen görüntüde, %94 oranında hassasiyet ile tespit edilen sağlamlaştırma önerisi üzerinde uygun görülen estetik ve plastik onarım %95 oranıyla tespit edilmiştir. Test edilen diğer görüntülerden de çıkarıldığı gibi, model Fotoğraf 5.4'te aynı yapı taşı üzerinde birden fazla müdahale önerisini doğru bir şekilde tespit edebilmiştir.

Fotoğraf 5.4' te görülen bazı düzensiz sıvalara ise %79 ile %82 oranları arasında temizleme önerisi sunulmuştur.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Taşınmaz kültür varlıklarına uygulanacak müdahale yöntemleri, eserlerin gelecek nesillere aktarılması açısından son derece önemlidir. Yapılacak herhangi yanlış müdahale mevcut bozulmayı hızlandırarak eserin kültürel ve tarihi değerini kaybetmesine yol açabilir. Yapının etkili bir şekilde korunabilmesi için hata payını en aza düşürmek gerekmektedir. Bu sebeple tez kapsamında, insan kaynaklı hataları ortadan kaldırmak ve öznelliği en aza indirmek için Mask R-CNN tabanlı bir bilgisayarlı görü modeli alternatif inceleme yöntemi olarak geliştirilmiştir. Konya'nın tarihi yapılarından elde edilen görüntüler Derin Öğrenme algoritmasında eğitilmiş; Şeyh Osman Rûmî Türbesi ve Hoca Ahmet Fakîh Cami üzerinde test edilmiştir. Test aşamasında yakın mesafe, ara mesafe, uzak mesafe ve farklı çekim açılarından elde edilen görüntüler kullanılmıştır.

Altı farklı iterasyon adımı uygulanarak optimum iterasyon sayısı 18.000 olarak belirlenmiştir. Bu iterasyon sayısı kullanılarak elde edilen müdahale önerilerinin ortalama hassasiyet değeri (mAP değeri) Çizelge 6.1'de sunulmaktadır. Temizleme sınıfının ortalama hassasiyet değeri %93.882, sağlamlaştırma sınıfı %96.191, dolgu tedavi sınıfı %91.314, estetik ve plastik onarım sınıfı ise %92.596 olarak tespit edilmiştir. Düşük ortalama hassasiyet değerleri eğitim setindeki görüntü sayının azlığından kaynaklanmaktadır. Eğitim setindeki görüntü sayısı artırılarak başarı oranı artırılabilir. Taşınmaz kültür varlıklarında, diğer müdahalelere oranla dolgu tedavi önerisinin daha az tespit edilmesi tahmin yüzdesinde düşüşe neden olmuştur. Bu da modelin başarısının eğitimde yapılan etiketlemelerle doğrudan bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6.1. Modelin ortalama hassasiyet değerleri (mAP değeri)

Müdahale Önerileri	Ortalama Hassasiyet (%)
Temizleme	93.882
Sağlamlaştırma	96.191
Dolgu Tedavi	91.314
Estetik ve Plastik onarım	92.596

Önerilen model, kültürel mirasta aynı taş üzerinde görülen birden fazla müdahale önerisi için başarılı bir tanıma gerçekleştirmiştir. Fakat siyah kabuk oluşumunun yoğun görüldüğü taşlarda temizleme ve plastik-estetik onarım tespit

edilmesine rağmen uygun sağlamlaştırma önerileri tespit edilememiştir. Modelin eğitiminde, yoğun siyah kabuk oluşumu görülen görüntüler artırılarak bu sorunun üstesinden gelebileceği beklenmektedir. Ancak yetersiz veri setinden kaynaklı siyah kabuk oluşumu gözlenen taşlarda eksik tanımlama olabileceğinden, bu tür durumlarda dikkatli olunmalıdır.

Modelde dikkat edilmesi gereken diğer konu ise düzensiz sıvalardır. Yapı taşları üzerine sıçrayan sıvalar veya birikimlere yüksek hassasiyet oranlarıyla başarılı bir şekilde temizleme önerisi tespit edilmiştir. Fakat yapı taşları arasında bulunan düzensiz sıvalara da temizleme müdahale önerisi sunulmaktadır. Bu sorunun, modele yapı taşları arasında bulunan sıvaların öğretilmesiyle aşılabileceği öngörülmektedir.

Taşınmaz kültür varlıklarında görülen parça kayıpları anıtlarda tespit edilmesi en zor bozulma sınıflarından birini temsil etmektedir. Bunun ana nedeni parça kaybından sonra ortaya çıkan birimin orijinal taş şekli ve dokusuna benzer olmasıdır. Geliştirilen model, bu zorluğun üstesinden gelerek %92.596 ortalama hassasiyet ile yüksek doğrulukta parça kayıplarına estetik ve plastik onarım müdahalesini önermiştir.

Önerilen model, tez kapsamında çalışılan Sille taşlarının konturlarını başarılı bir şekilde belirlemiştir. Fotoğraf 5.4.b’de görüldüğü gibi tuğla ve mermerlerin, Fotoğraf 5.2.b ve Fotoğraf 5.3.b’de görüldüğü gibi mermerlerin konturlanmaması modele öğretilen taş üzerinde çalıştığının göstergesidir. Yöntem, farklı bölgelerdeki benzer yapı taşlarında görülen benzer müdahaleleri içeren taşınmaz kültür varlıklarına uygulanabilir. Farklı yapı taşları ve müdahaleler gerektiren anıtlarda ise veri setine yeni görüntüler eklenmelidir.

Modelden elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı mesafe (yakın mesafe-ara mesafe-uzak mesafe) ve farklı çekim açılarından ve farklı ayrışma yoğunluklarından kaynaklı öğrenme düzeyinin etkilenmediği etkili bir şekilde görülmektedir.

Modelin, yüksek hassasiyet oranlarıyla müdahale önerilerini tespit etmesi ve uygun eğitim süresi (6:27:58) ile koruma-onarım çalışmalarına büyük katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca incelenecek yapının çok büyük olduğu ve incelemenin kısıtlı olduğu durumlarda önerilen model tamamlayıcı bir yöntem olarak da değerlendirilebilir. Böylece bu çalışma ile, yapay zeka başlıklarından derin öğrenmenin restorasyon alanına entegrasyonunu geliştirmek adına bir adım atılmıştır. Ayrıca yaklaşımın geliştirilmesiyle, koruma-onarım süreçlerinde etkin olarak kullanılabilecek ve sürdürülebilir takibi kolaylaştırabilecek mobil veya bilgisayar tabanlı uygulamalara kolaylıkla dönüşmesi olasıdır.

KAYNAKLAR

- Acun, S. and Arioğlu, N., 2006, A method for the preservation and restoration of the stones used in historical buildings, *Architectural Science Review*, 49 (2), 143-148.
- Adamo, P. and Violante P., 2000, Weathering of rocks and neogenesis of minerals associated with lichen activity, *Applied Clay Science*, 16, 229-256.
- Ahunbay, Z., 1999, Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, YEM Kitabevi, 22-31.
- Akalan, İ., 1968, Toprak, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Ankara.
- Akbulut, D.E., Arpacı, E.Y.G., Oktay, D. ve Yüzer, N., 2018, Tarihi yığma yapıların onarımında kullanılan enjeksiyon yönteminin ve kireç esaslı enjeksiyon malzemelerinin zaman içerisinde gelişimi, *Megaron* , 13 (1), 156-168.
- Akçaözoğlu, S., Akçaözoğlu, K., ve Özcan, F., 2008, Eski eserlerde meydana gelen taş bozulmalarının Adana'da örneklenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 297-304.
- Aklanoğlu, F., 2009, Geleneksel yerleşmelerin sürdürülebilirliği ve ekolojik tasarım: Konya- Sille örneği, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı*, Ankara.
- Aktaş Yasa, A., 2016, Anadolu Selçuklu ve Beylikler dönemi Konya yapılarında malzeme kullanımı ve yapım teknikleri, *Vakıflar Dergisi*, 45, 143-176.
- Al-Naddaf, M., 2009, The effect of salts on thermal and hydric dilatation of porous building stone, *Archaeometry*, 51 (3), 495– 505.
- Alessandrini, G., Toniolo, L., Antonioli, A., Di Silvestro, A., Piacenti, F., Righini Ponticelli, S. and Formica, L., 1993, On the cleaning of deteriorated stone minerals, *In Conservation of Stone and Other Materials*, ed. Thiel M.-J., London: E & F N Spon, 503-11.
- Öcal, A., D. ve Dal, M., 2012, Doğal Taşlardaki Bozunmalar, *Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi*.
- Almeida, M. T., Mouga, T. and Barracosa, P., 1994, The weathering ability of higher plants. The case of *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 33(4), 333-343.
- Andrew, C., 2002, Perception and aesthetics of weathered stone façades, *In Understanding and Managing Stone Decay: Proceedings of the International Conference Stone Weathering and Atmospheric Pollution Network*, 331-339.
- Anonim, 2002, Stone Care International Inc., Stone History and Fact Guide, History, <http://www.naturalstone.com/stonefacts.html>, (15 Mart 2022).

- Ashurst, N., 2016, Cleaning Historic Buildings: v. 1: Substrates, Soiling and Investigation, *Routledge*.
- Avşar, A. O., 2018, Yazılıkaya/Midas vadisi koruma/onarım önerisi, Rapor, 22
- Avşar, A.O., 2009, Yazılıkaya Midas anıtı koruma raporu.
- Aşık, E. Ş. and Ahunbay, Z., 2017, Research and proposals for the conservation of the Dolapdere Evangelistria Greek Orthodox church, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 18, 22-37.
- Aygör, E., Tokay, K., Baykal, S., Türkmen, A., Yörel, Y., İpek, R. ve Doğan, N., 2010, Envanter Konya merkez taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları, *Konya Büyükşehir Belediyesi Yayını*, 963.
- B. Eskici, 2009, Tarihi bina onarımlarında cephe temizliğinin önemi ve yöntem sorunları üzerine, *Uluslararası Katılımlı Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu- 2*, KUDEP, Ankara, 10, 3-19.
- Bai, M. and Urtasun, R., 2017, Deep watershed transform for instance segmentation, *In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 5221-5229.
- Bell, F. G., 1993, Durability of carbonate rock as building stone with comments on its preservation, *Environmental Geology*, 21(4), 187-200.
- Benedetti, D., Bontempi, E., Pedrazzani, R., Zacco, A. and Depero, L. E., 2008, Transformation in calcium carbonate stones: some examples, *Phase Transitions*, 81 (2-3), 155-178.
- Borsoi, G., Lubelli, B., van Hees, R., Veiga, R. and Santos Silva, A., 2017, Evaluation of the effectiveness and compatibility of nanolime consolidants with improved properties, *Construction and Building Materials*, 142, 385-394.
- Bozoğlu, T., 1998, Yöresel taş malzemeli yapılarda taş malzeme bozulmaları ve restorasyon yöntemleri üzerine irdeleme, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, 156.
- Büyükmihçı, G., 1997, Taş sivil mimarlık örneklerinde korumaya yönelik yöntem önerileri ve bu yöntemlerin Kayseri örneğinde uygulanışı, Doktora Tezi, *Mimar Sinan Üniversitesi*, 345.
- Camuffo, D., 1995, Physical weathering of stones, *Science of the Total Environment*, 167 (1-3), 1-14.
- Caner, E., 2011, Limestone decay in historic monuments and consolidation with nanodispersive calcium hydroxide solutions, Doktora Tezi, *Orta Doğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 136.

- Caneva, G. and Salvadori, O., 1988, Biodeterioration of Stone, In *The deterioration and conservation of stone: notes from the International Venetian Courses on Stone Restoration* (pp. 182-234).
- Caneva, G., Nugari, P.M. and Salvadori, O., 1991, Biology in the Conservation of Works of Art, Rome :*International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of the Cultural Property*.
- Caneva, G., Lombardozzi, V., Ceschin, S., Municchia, A. C. and Salvadori, O., 2014, Unusual differential erosion related to the presence of endolithic microorganisms (Martvili, Georgia), *Journal of Cultural Heritage*, 15(5), 538-545.
- Cappitelli F., Toniolo L., Sansonetti A., Gulato D., Ranalli A., Zenardini E. and Sorlini C., 2007, Advantages of using microbial technology over traditional chemical technology in removal of black crusts from stone surfaces of historical monuments, *American Society for Microbiology*, 73 (17), 5671-5675.
- Carvalh o, M. and Dionisio, A., 2015, Evaluation of mechanical soft-abrasive blasting and chemical cleaning methods on alkyd-paint graffiti made on calcareous stones, *Journal of Cultural Heritage*, 16 (4), 579-590.
- Cheng, L., Zhang, X. and Shen, J., 2019, Road surface condition classification using deep learning, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 64, 102638.
- Cooper, M. I., Emmony, D. C. and Larson, J. H., 1992, A comparative study of the laser cleaning of limestone, In *Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone: held in Lisbon*, 1307-1315.
- Cutler, N. and Viles, H., 2010, Eukaryotic microorganisms and stone biodeterioration, *Geomicrobiology Journal*, 27, 630–646.
-  ebi, M. Y., 2010, Bir Restorasyon  yk s  Pertevniyal Valide Sultan Camii, *Restorasyon Yıllığı Dergisi*, 1, 67-82
-  elik, M. Y., 2003, Dekoratif doğal yapı taşlarının kullanım alanları ve  eřitleri, *Madencilik*, 42 (1), 3-15.
-  etin, C., 2016, Taş malzeme bilgisi ve bozulmaları ders notu, *Ankara  niversitesi*.
-  etin, Y. ve Diler, M., 2021, Ağrı-Hamur Kümbeti koruma sorunları ve çözüm  nerileri, *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (27), 251-274.
-  ılı, F.,  st ndađ, C., Sesig r, H., 2009, Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii taşıyıcı sistemde önerilen güçlendirme yönteminin etkinliğinin incelenmesi hakkında teknik rapor, * T  Mimarlık Fakültesi Yapı Statiđi ve Betonarme Birimi*, İstanbul Vakıflar Bölge Müdürlüğü.

- Çiftçi, A., Çelebioğlu, B., Omay, P. E. ve Yergün, U., 2013, Azapkapı Saliha Sultan Çeşmesi koruma sorunları ve onarımlarının değerlendirilmesi, *Restorasyon Yıllığı Dergisi*, 6, 7-21.
- Çorapçıoğlu, K., 1993, Taş ayrışmasının nedenleri ve koruma teknikleri, *MSÜ*, İstanbul.
- Çorapçıoğlu, K., 1983, Doğal taş kagir yapılarda taş ayrışmasının nedenleri ve maktralı kalkerler üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Dal, M. ve Öcal, A. D., 2017, Mardin şehrindeki taştan yapılmış eserlerde görülen bozunmalar, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (1), 60-74.
- Dal, M., Yalçın, M. ve Öcal, A. D., 2016, Gazimağusa Kaleiçindeki tarihi taş yapılarda görülen bozunmalar, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31 (2), 355-364.
- Dal, M., 2010, Trakya Bölgesi tarihi yapılarında kullanılan karbonatlı taşların bozulma nedenleri, *Vakıflar Dergisi*, 34, 47-60.
- De Graef, B., Cnuddeb, V., Dıcke, J., De Belıea, N., Jacobsb, P. and Verstraete, W., 2005, A sensitivity study for the visualisation of bacterial weathering of concrete and stone with computerised X-ray microtomography, *Science of the Total Environment*, 341, 173– 183.
- De Witte, E. and M. Dupas, 1992, Cleaning poultices based on EDTA, *7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Lisbon: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1023-31.
- Diler, M., Öztaner, S. H., 2021, Nysa Antik Kenti Kazıları Konservasyon-Restorasyon Çalışmaları, *Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8 (22), 183-203.
- Doehne, E. and Price, C. (ED.), 2010, Stone Conservation: An Overview Of Current Research, 2nd Ed, USA: Getty Conservation Institute.
- Domaslowski, W., 1988, Thermosetting Resins as Used in Stone Conservation, The Deterioration and Conservation of Stone, *UNESCO Notes from the International Venetian Courses on Stone Restoration*, CC/88/WS.
- Döndüren, M. S., Şişik, Ö. ve Demiröz, A., 2017, Tarihi yapılarda görülen hasar türleri, *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 13, 45-58.
- Duran, E. K. ve Kaya, N. K., 2020, Arkeolojik alanlarda uygulanan bütünleme (tamamlama) müdahalelerinin değerlendirilmesi: Metropolis Örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (50), 255-274.
- Erdem, H. O. ve Caner, E., 2017, Koruma onarım çalışmaları öncesi bozulmaların teşhisine bir örnek: Hierapolis kuzey nekropolü 175 nolu anıtsal mezar, *Art-Sanat*, (8), 73-89.

- Erdem, H. O., 2016, Koruma ve onarım uygulamaları öncesinde tarihi taş yapılarda bozulmaların teşhisi: Phrygia Hierapolis' inden bir örnek, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Arkeoloji Enstitüsü*.
- Erdem, M. N., 2019, Konya Sahip Ata Külliyesi Camii restorasyonu üzerine bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*.
- Eren, M. E., 1998, Dolmabahçe Sarayı yapı taşlarının bozulma nedenlerinin saptanması ve korunması üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Ergin, Ş., Karahan, B. ve Dal, M., 2021, Sultan Hamza-i Kebir Camii'nde görülen taş bozunmaları, *Kent Akademisi*, 14 (2), 414-427.
- Eriç, M., 1994, Yapı Fizigi ve Malzemesi, *İstanbul: Literatür Yayını*.
- Ersen, A., 2011, Taş korumada son 20 yıldaki gelişmeler ve yenilikler, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, (10), 3-19.
- Esaki, T. and Jiang, K., 2000, Comprehensive study of the weathered condition of welded tuff from a historic stone bridge in Kagoshima, Japan, *In Developments in geotechnical engineering, Elsevier*, 84, 341-350.
- Eskici, B., 1997, Taş Eserlerin korunması üzerine notlar, *Türk Arkeoloji Dergisi*, 31, 338-392.
- Eskici, B., Akyol, A. A. ve Kadioğlu, Y. K., 2008, Hasankeyf Zeynel Bey Türbesi malzeme analizleri ve koruma sorunları, *Türk Arkeoloji ve Etnografya Dergisi*, (78), 15-30.
- Fener, M. and İnce, İ., 2015, Effects of the freeze-thaw (F-T) cycle on the andesitic rocks (Sille-Konya/Turkey) used in construction building, *Journal of African Earth Sciences*, 109, 96-106.
- Fitzner, B. and Heinrichs, K., 2001, Damage diagnosis at stone monuments-weathering forms, damage categories and damage indices, *Acta-Universitatis Carolinae Geologica*, 1, 12-13.
- Girshick, R., 2015, Fast r-cnn, *In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, 1440-1448.
- Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T. and Malik, J., 2014, Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation, *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 580-587.
- Gomez-Heras, M. and McCabe, S., 2015, Weathering of stone-built heritage: A lens through which to read the Anthropocene, *Anthropocene*, 11, 1-13.

- Görcelioğlu, E., 1976, Yapı malzemesi olarak kullanılan başlıca doğal taş çeşitlerinin bazı teknik özellikleri, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 26(1), 148-166.
- Grimmer, A. E., 1984, A Glossary of Historic Masonry Deterioration Problems and Preservation Treatments, *Department of the Interior, National Park Service, Preservation Assistance*, 5321, G56.
- Grossi, C. M., Esbert, R. M., Diaz-Pache, F. and Alonso, F. J., 2003, Soiling of building stones in urban environments, *Building and environment*, 38 (1), 147-159.
- Güleç, A., 1997, Tarihi yapılarda koruma: kimyasal sağlamlaştırıcılar ve koruyucular, *Yapı Dergisi*, 185, 17-22.
- Güleç, A., 2015, Pertevniyal Valide Sultan Camii malzemeleri ve koruma uygulamaları, *Restorasyon Yıllığı Dergisi*, 10, 22-35.
- Gürdal, E. ve Özgünler, S. A., 2016, Tarihi yapıların onarımında doğal taş seçimi ve kullanımı, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, (16), 27-35.
- Hall, K. and Hall, A., 1996, Weathering by wetting and drying: some experimental results, *Earth Surface Processes and Landforms*, 21(4), 365-376.
- Hasbay, U. ve Hattap, S., 2017, Doğal taşlardaki bozunma (ayırışma) türleri ve nedenleri, *Munzur Üniversitesi Bilim ve Gençlik Dergisi*, 5(1).
- Hatir, M. E., 2019, Kapadokya Bölgesi 19. yy. Osmanlı kiliselerindeki taş malzemelerin bozunma nedenleri ve rehabilitasyonu için öneriler; Niğde Küçükköy Kilisesi örneği.
- Hatir, M. E., 2020, Determining the weathering classification of stone cultural heritage via the analytic hierarchy process and fuzzy inference system, *Journal of Cultural Heritage*, 44, 120-134.
- Hatir, M. E., Barstuğan, M. and Ince, I., 2020, Deep learning-based weathering type recognition in historical stone monuments, *Journal of Cultural Heritage*, 45, 193-203.
- Hattap, S. E., 2002, Doğal taş malzeme koruyucuların performans ölçümünde deneysel metod araştırması, Doktora Tezi, *MSGSU Yapı Fiziği ve Malzeme Bilim Dalı*, İstanbul.
- Heritage, E., 2012, Practical building conservation: stone masonry, Surrey, Canada: *Ashgate Publishing*, ISBN, 13, 9780754645528.
- Huneck, S., 1999, The Significance of Lichens and Their Metabolites, *Naturwissenschaften* 86, 559-570.
- ICOMOS-ISCS, 2008, Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns, *Champigny/Marne*, France.

- İçli, H. H., 2001, Düünden Bugüne Konya. <http://docs.neu.edu.tr/library/6309651116.pdf>. Erişim tarihi: 22 Kasım 2022.
- İpekoğlu, B., 2011, Theoretical and technical principles of stone conservation in historic monuments, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 4(3).
- He, K., Gkioxari, G., Dollar, P., Girshick, R., 2017, Mask r-cnn, in: *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 2961–2969.
- Kaçmaz, Ö. F., 2020, Tarihi taş yapılarda cephe temizliği: Bursa Hisar bölgesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*.
- Karahan, D. S., 2018, Dünyada ve Türkiye’de doğal taşlar, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*.
- Karatasios, I., Theoulakis, P., Kalagri, A., Sapalidis, A. and Kilikoglou, V., 2009, Evaluation of consolidation treatments of marly limestones used in archaeological monuments, *Construction and Building Materials*, 23 (8), 2803-2812.
- Karataş, L., 2018, Mardin kenti ibadet yapılarında malzeme kullanımı ve sorunları üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi*.
- Karpuz, H., 2009, Türk kültür varlıkları envanteri: Konya 42 (Vol. 1), *Türk Tarih Kurumu Yayınları*.
- Kaya, Ş. G., 2009, Türkiye’de doğal taş sektörü ve Tokat ili potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü*,
- Kazancı, N. ve Gürbüz, A., 2014, Jeolojik miras nitelikli Türkiye doğal taşları, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(1), 19-44.
- Kekeç, B., Ünal, M. ve Kekeç, E., 2006, Konya’da Geçmişten Günümüze Doğal Kullanım Yapı Taşı, *Mersem*, 59–64.
- Ketin, İ., 1994, Genel Jeoloji, *İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayınları*, İstanbul.
- Koç, H. H., 2014, Escherichia Coli Ve Bacillus Thruingiensis türlerinin bazı mermer çeşitleri üzerindeki canlı kalım sürelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi*.
- Konya Büyükşehir Belediyesi, 2010, *Konya İl Merkezi Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıkları Envanteri. Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi*.
- Konyalı, İ. H., 1964, Abideleri ve Kitabeleri ile Konya Tarihi, *Yeni Kitap Basımevi*, Konya.
- Korkanç, M., 2013, Deterioration of different stones used in historical buildings within Nigde province, Cappadocia, *Construction and Building materials*, 48, 789-803.

- Korkanç, M. and Savran, A., 2015, Impact of the surface roughness of stones used in historical buildings on biodeterioration, *Construction and Building Materials*, 80, 279-294.
- Korkanç, M. and Solak, B., 2016, Estimation of engineering properties of selected tuffs by using grain/matrix ratio, *Journal of African Earth Sciences*, 120, 160-172.
- Köprülü, İ., 1987, Çağdaş teknik ve malzemenin restorasyonda uygulanması ve bazı örnekler, *Vakıf Haftası Dergisi Makalesi*, 5, 129-130
- Küçük, S.G., 2020, Eminönü Çuhacı Han'ın tarihsel ve mimari irdelenmesi, koruma sorunları ve çözüm önerileri, *Sanat Tarihi Dergisi* , 29 (2), 861-893.
- Küçükdağ, Y. ve Arabacı, C., 1999, Selçuklular ve Konya, *Mikro Yayınları*, Konya.
- Küçükdağ, Y., 2014, Konya'nın Kırk Tekkesi, *Konya: Konya Büyükşehir Belediyesi Kültür A.Ş.*
- Küçükkaya, A. G., 2004, Taşların bozulma nedenleri ve koruma yöntemleri, *Birsan Yayınevi Ltd. Şti*, Ankara, 163.
- Lazzarini, L. and Pieper, R., 1988, The deterioration and conservation of stone, *Notes from the International Venetian Courses on Stone Restoration*.
- Lazarini, L. and Tabasso, M. L., 1986, Il restauro della pietra, *CEDAM-Casa Editrice Dott. A. Millani*, Padova.
- Lazzarini, L., Borrelli, E., Bouabdelli, M. and Antonelli, F., 2007, Insight into the conservation problems of the stone building “Bab Agnaou”, a XII cent. monumental gate in Marrakech (Morocco), *Journal of Cultural Heritage*, 8(3), 315-322.
- LeCun, Y., Bengio, Y. and Hinton, G., 2015, Deep learning, *nature*, 521(7553), 436-444.
- LeCun, Y., Boser, B., Denker, J., Henderson, D., Howard, R., Hubbard, W. and Jackel, L., 1989, Handwritten digit recognition with a back-propagation network, *Advances in neural information processing systems*, 2.
- Long, J., Shelhamer, E. and Darrell, T., 2015, Fully convolutional networks for semantic segmentation, *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 3431-3440.
- Owoc, M. A., 2008, Ritual, Religion, and Ideology, *Encyclopedia of Archaeology*, 1922–1932.
- Mahrebel, H. A., 2006, Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ*, İstanbul.

- Marano, F., Di Rita, F., Palombo, M. R., Ellwood, N. T. W. and Bruno, L., 2016, A first report of biodeterioration caused by cyanobacterial biofilms of exposed fossil bones: A case study of the middle Pleistocene site of La Polledrara di Cecanibbio (Rome, Italy), *International Biodeterioration & Biodegradation*, 106, 67-74.
- Maravelaki, P., G. Biscontin, E. Zendri, R. Polloni, and W. Cecchetti, 1992, Cleaning with laser radiation on Istria stone, *MRS Online Proceedings Library (OPL)*, 267, 955.
- Maravelaki, P., Biscontin, G., Polloni, R., Cecchetti, W. and Zendri, E., 1992, Investigation on surface alteration of limestone related to cleaning processes, *In Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone: held in Lisbon, Portugal*, 1093-1102.
- MEB, 2013, İnşaat Teknolojisi Taş Bozulmalarını Teşhis Etme, *Milli Eğitim Bakanlığı*, Ankara.
- Mimiroğlu, İ. M., 2012, Silile Kültür Vadisi, *Bilge Basım*, Konya, 141.
- Mishra, A. K., Jain, K. K. and Garg, K. L., 1995, Role of higher plants in the deterioration of historic buildings, *Science of the total environment*, 167 (1-3), 375-392.
- Motti, R. and Bonanomi, G., 2018, Vascular plant colonisation of four castles in southern Italy: Effects of substrate bioreceptivity, local environment factors and current management, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 133, 26-33.
- Mosquera, M. J., Pozo, J., Esquivias, L., Rivas, T., Silva, B., 2002, Application of Mercury Porosimetry to the Study of Xerogels Used As Stone Consolidants, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 311, s.185-194.
- Naidu, S., Liu, C. and Scherer, G. W., 2015, Hydroxyapatite-based consolidant and the acceleration of hydrolysis of silicate-based consolidants, *Journal of Cultural Heritage*, 16 (1), 94-101.
- Olgun, N., 1993, İstanbul-Beşiktaş Şeyh Zafir türbesi, kitaplığı ve çeşmesi restorasyonu, *Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi*.
- Onat Hattap, S., 2002, Doğal taş malzeme koruyucuların performans ölçümünde deneysel metot araştırması, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi*.
- Orial, G. and Riboulet, G., 1993, Technique de nettoyage de la statuaire monumentale par désincrustation photonique: réalisation d'un prototype mobile, In Conservation of stone and other materials, Vol. One: causes of disorders and diagnosis, Vol. Two: prevention and treatments, *Proceedings of the international RILEM/UNESCO congress... Paris*, 542-549.
- Öcal, A. ve Dal, M., 2012, Doğal taşlardaki bozunmalar, *Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi*, Kırklareli.

- Özakın, R., 1998, Konya’da tek kubbeli Selçuklu mescitleri tarihsel gelişimi, mimari özellikleri, *VII. Milli Selçuklu Kültür ve Medeniyeti Semineri*, Konya, 269-287.
- Özdemir, A., 2002, Bazı yapı malzemelerin kapiler su emme potansiyelleri, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 26 (1), 19-32.
- Özgünler, A.S., 2007, Tarihi yapılarda kullanılan volkanik tüflerin konservasyonu üzerine bir araştırma: Od taşı örneği, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Özgünler, S.A. ve Gürdal, E., 2008, Ahi Çelebi Camii’nde kullanılan od tasının konservasyon çalışmaları, *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 7 (2), 52-63.
- Özkan, H., 2009, Erzurum çevresinde bazı tarihi eserlerde biyolojik bozulmaya neden olan bakterilerin izolasyonu, karakterizasyonu ve tanısı, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Öztürk, N., 2012, Büyük Mecidiye Camisi Hünkar Kasrı restorasyon ve konservasyon projesi, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Öztürk, Ö. T. ve Baldıran, D. A., 2015, Side Müzesi’nde bulunan antik dönem taş eserlerinin bakım onarım çalışmaları ve mevcut durumlarının incelenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Öztürk, N. ve Akın, N., 2021, Ulusal ve Uluslararası Koruma İlkeleri Çerçevesinde 2017-2021 Yılları Arasında Bodrum Kalesi’nde Yapılan Restorasyon Çalışmaları, *Türk Arkeoloji ve Etnografya Dergisi*, (82), 35-53.
- Papageorgiou, C. P., Oren, M. and Poggio, T., 1998, A general framework for object detection, *In Sixth International Conference on Computer Vision* (IEEE Cat. No. 98CH36271), 555-562.
- Pozo-Antonio, J. S., Rivas, T., López, A. J., Fiorucci, M. P. and Ramil, A., 2016, Effectiveness of granite cleaning procedures in cultural heritage: A review, *Science of The Total Environment*, 571, 1017-1028.
- Praticò, Y., Caruso, F., Delgado Rodrigues, J., Girardet, F., Sassoni, E., Scherer, G. W., ... and Flatt, R. J., 2020, Stone consolidation: a critical discussion of theoretical insights and field practice, *RILEM Technical Letters*, 4, 145-153.
- Price, C. A. and Doehne, E., 2011, Stone conservation: an overview of current research, *The Getty Conservation Institute Los Angeles*.
- Price, D. G., 1995, Weathering and weathering processes, *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 28 (3), 243-252.
- Ren, S., He, K., Girshick, R. and Sun, J., 2015, Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks, *Advances in neural information processing systems*, 28.

- Rodrigues, A. D., 2001, Estratégias da comunicação: questão comunicacional e formas de sociabilidade, *In Estratégias da comunicação: questão comunicacional e formas de sociabilidade*, 223-223.
- Rodrigues, J. D., 2015, Defining, mapping and assessing deterioration patterns in stone conservation projects, *Journal of Cultural Heritage*, 16 (3), 267-275.
- Rota, P. and Doria, R., 1988, Laboratory Tests on Artistic Stonework, *In The deterioration and conservation of stone: notes from the International Venetian Courses on Stone Restoration* (pp. 235-242).
- Rothert, E., Eggers, T., Cassar, J., Ruedrich, J., Fitzner, B. and Siegesmund, S., 2007, Stone properties and weathering induced by salt crystallization of Maltese Globigerina Limestone, *Geological Society, London, Special Publications*, 271 (1), 189-198.
- Sabbioni, C., Brimblecombe, P. and Cassar, M. (Eds.), 2010, The atlas of climate change impact on European cultural heritage: scientific analysis and management strategies (No. 19), *Anthem Press London*.
- Sarıçamlık, K., 2021, Doğal taş koruma uygulamalarında su iticilerin etkileri: organik kireçtaşı (Küfeki) örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*.
- Seçkin, S. and Sayin, B., 2022, Conservation and repair of a historical masonry ruin belonging to the Middle Byzantine Era: The case of ruined cistern unearthed in the Çobankale archeological site (Yalova, Turkey), *In Structures*, Elsevier, 41, 1411-1431.
- Sevgi, S. ve Xhibo, J., 2021, Kosova Prizren Sinan Paşa Cami restorasyonu örneğinde ortak mirasımızın korunması, *Anadolu ve Balkan Araştırmaları Dergisi*, 4 (8), 445-477.
- Sirt, E., 2011, Evaluation of biodeterioration in Nemrut Mount monument and Temple of Augustus by using various techniques, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Siegesmund, S., Török, A., Hüpers A., et. al., 2007, Mineralogical, geochemical and microfiber evidences of gypsum crusts: A case study from Budapest, *Environmental Geology*, 52 (2), 385-397.
- Smith, B. J., Gomez-Heras, M. and McCabe, S., 2008, Understanding the decay of stone-built cultural heritage, *Progress in Physical Geography*, 32 (4), 439-461.
- Song, K., 2001, A GIS Analysis of Biodeterioration of Historic Resources: A case study of St. Louis Cemetery, New Orleans.
- Sousa, L., Siegesmund, S. and Wedekind, W., 2018, Salt weathering in granitoids: an overview on the controlling factors, *Environmental Earth Sciences*, 77 (13), 1-29.

- Steiger, M., Charola, A. E. and Sterflinger, K., 2011, Weathering and deterioration, *In Stone in architecture*, Springer, Berlin, Heidelberg, 227-316.
- Genç, S. ve Yenice, T.K., 2022, Artuklu'da 19. yüzyıldan günümüze cumbalı bir yapı: Ferit Koç Evi restorasyon önerisi, *SANAT: Artuklu Sanat ve Beşeri Bilimler Dergisi*, (7), 105-127.
- Şahiner, A., 2006, Tarihi yapıların biyolojik düşmanı küfler, *Sanat Tarihi Dergisi*, 15 (1), 167-176.
- Şener, Y.S., 2000, Kayseri il merkezindeki Selçuklu türbelerinde mevcut korunma durumlarının tespiti, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sanat Tarihi Bölümü*, Ankara.
- Şener, Y. S., 2014, Ani şehir suları, koruma sorunları ve çözüme yönelik öneriler, *Electronic Turkish Studies*, 9 (10).
- Şener, Y. S., 2019, Arkeolojik kazılarda mimari kalıntılar, koruma problemleri ve çözüme yönelik uygulama önerileri.
- Şenol, F., 2017, Biyo-Remediasyon: tarihi yapılarda kullanılan karbonatlı taşlarda görülen siyah kabuk tabakasının temizliğinde alternatif bir yöntem olarak BiyoTemizlik ve Biyo-Sağlamlaştırma, *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 2 (1), 1-15.
- Tayşi, Y., 2021, Otel yapılarında doğal taş bozulmalarına ilişkin bulguların örnekler üzerinden irdelenmesi ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Işık Üniversitesi*.
- Taşlıgil N, Şahin G., 2016, Yapı malzemesi olarak kullanılan Türkiye doğal taşlarının iktisadi coğrafya odağında analizi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 33, 607-640.
- TDK 2011 TDK Büyük Türkçe Sözlük, Ankara, 2011.
- Tekin Eroğul, G., 2020, Doğal taşlara yüzey koruyucu olarak sol-jel yöntemiyle nano katkı kaplama geliştirilmesi, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Tintin, Z., 2012, Arkeolojik alanda taş koruma: sağlamlaştırma yöntemleri, Uzmanlık Tezi, *Kültür Ve Turizm Bakanlığı Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi Müdürlüğü*, Ankara.
- Torraca, G., 1982, Porous building materials: Materials science for architectural conservation *ICCROM*, Rome, Italy, 145.
- Toracca, G., 1988, General Philosophy of Stone Conservation, The Deterioration and Conservation of Stone, *Notes from the International Venetian Courses on Stone Restoration*, CC/88/WS.8, eds. Lazzarini, L., and Pieper, R., 243-270.

- Tosunlar, M. B., Hatır, M. E., İnce, İ., Bozdağ, A. and Korkanç, M., 2018, The determination of deteriorations on the Mısırlıoğlu bridge (Konya, Turkey) by non-destructive techniques (NDT), *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, 6 (2), 399-412.
- TS 699, 1987, Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotlar. TSE, Ankara
- Tulgar, S., 2007, Sultanahmet Örne Dikilitaş'ta ayrışmaların teşhisi ve önerilen koruma yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.
- Turan, Ş. N., 2018, Türk mimarisinde kullanılan kubbeye geçiş elemanları; 13. Yy. Anadolu Selçuklu dönemi Konya mahalle mescitler örneği, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi*.
- Ulupınar, Ö., 2000, Bazı kumtaşı, kireçtaşı ve tüflerde kimyasal yöntemlerle sağlamlaştırma üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Ulusoy Binan, D., 1993, Güzelyurt örneğinde, Kapadokya bölgesi yığma taş konut mimarisinin korunması için bir yöntem araştırması, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Ulusoy, M., 2007, Different igneous masonry blocks and salt crystal weathering rates in the architecture of historical city of Konya, *Building and Environment*, 42 (8), 3014-3024.
- Ünal, O., 2003, Yapı Malzemesi Ders Notları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları*, Afyon.
- Valero, E., Forster, A., Bosché, F., Hyslop, E., Wilson, L. and Turmel, A., 2019, Automated defect detection and classification in ashlar masonry walls using machine learning, *Automation in construction*, 106, 102846.
- Verdön, İ., K. Kutgünler, 2008, Pertevniyal Valide Sultan Camii Cepheleri Konservasyon Projesi Raporu.
- Vergés-Belmin, V., Siedel, H., 2005, Desalination of masonries and monumental sculptures by poulticing: A review, Restoration of Buildings and monuments, *An International Journal: Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege: Ein Internationale Zeitschrift*, 11, 391-408.
- Vergés-Belmin, V., 2011, ICOMOS-ISCS: Illustrated glossary on stone deterioration patterns= Glosario ilustrado de formas de deterioro de la piedra, 15.
- Wang, N., Zhao, X., Wang, L. and Zou, Z., 2019, Novel system for rapid investigation and damage detection in cultural heritage conservation based on deep learning, *Journal of Infrastructure Systems*, 25 (3), 04019020.

- Warke, P. A., Smith, B. J. and Magee, R. W., 1996, Thermal response characteristics of stone: implications for weathering of soiled surfaces in urban environments, *Earth Surface Processes and Landforms*, 21 (3), 295-306.
- Warscheid, TH. and Braamsb, J., 2000, Biodeterioration of stone: A review, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 46, 343-368.
- Wheeler, G., 2005, Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone, *The Getty conservation Institute*.
- Wihr, R., 1976, Deep-impregnation for effective stone-protection, *In The conservation of stone I. Proceedings of the international symposium*, Bologna, 317-318.
- Yaldiz, E., 2010, Climate effects on monumental buildings, *In 4 th International Scientific Conference on Water Observation and Information System for Decision Support (BALWOIS 2010)*, 1-10.
- Yaldız, E., Yılmaz, Ü. S., ve Yavuz, G., 2011, Tarihi taş yığma konutların güçlendirilmesinde kullanılan yöntemler: Ürgüp İbrahim Paşa Köyünden bir konut örneği, *Engineering Sciences*, 6 (4), 1033-1052.
- Yalçın, C., 2022, Doğal taşların inşaat endüstrisindeki kullanım alanları, *ResearchGate*.
- Yavuz, H., Altindag, R., Sarac, S., Ugur, I. and Sengun, N., 2006, Estimating the index properties of deteriorated carbonate rocks due to freeze–thaw and thermal shock weathering, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 43 (5), 767-775.
- Yıldırım, N., 2007, Kireçtaşlarında Tuzların Yıkıcı Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- Yıldız Kuyrukçu, E. ve Kuyrukçu, Z., 2015, Rumların yaşam tarzı ve bunun mekâna yansması: Sille örneği, *Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, 6, 30-56.
- Yılmaz, M., 2019, Yok Olma Riski Altındaki Taşınmaz Kültür Varlıklarının Korunma Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalı*.
- Yılmaz, M., Eskici, B., Eliüşük, M., Akgönül, M. S. ve Şener, Y. S., 2019, Hasankeyf Mardinike Külliyesi Kalıntılarının Sağlamlaştırılması ve Su Altında Korunmasına Yönelik Uygulama Çalışmaları, *MASROP E-Dergi*, 13 (1), 30-51.
- Yüzer, E. ve arkadaşları, 2000, Dolmabahçe Sarayı, kullanılan taşların korunmuşluk durumlarının ve ayrışma nedenlerinin belirlenmesi, koruma ve onarım yöntemlerinin saptanması projesi, *İTÜ Geliştirme Vakfı*, İstanbul.
- Yüzer, E. , Güngör, Y. ve Aydoğan, S., 2016, Doğal Taşın Öyküsü, *Kare Tasarım*.

- Zakar, L., 2013, Restorasyon uygulamalarında kullanılan çağdaş teknikler, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Zakar, L. ve Eyüpgiller, K. K., 2015, Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri, *Yapı Endüstri Merkezi Yayınları*, 193.
- Zanini, A., Bresciani, V. ve Yar, N. M., 2010, Mimari taş yüzeylerin ve nesnelerin lazerle temizlenmesi, *Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 4, 89- 93.
- Zedef, V. and Unal, M., 2019, Effect of salt crystallization on the building stones used in Konya, central Turkey, *International Journal of Economic and Environmental Geology*, 51-52.
- Zedef, V., Ağaçayak, T., Sogut, A.R., Koçak, K., 2011, Dimension stones used in Central Anatolia: some of their geological and mechanical properties, *Sci. Res. Essays* 6 (13), 2655–2659.
- Zedef, V., Kocak, K., Doyen, A., Ozsen, H. and Kekec, B., 2007, Effect of salt crystallization on stones of historical buildings and monuments, Konya, Central Turkey, *Building and environment*, 42 (3), 1453-1457.
- Ziyaettin, N., 2010, Kimyasal uygulamalarının Kuzey Kıbrıs yapı taşlarının durabilitesi üzerine etkisi, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI

- URL-1: Anonim, <http://fened-c.web.nku.edu.tr/MagmatikKayaclar> [Ziyaret Tarihi: 4 Eylül 2022].
- URL-2: Anonim, <http://fened-c.web.nku.edu.tr/TortulKayaclar> [Ziyaret Tarihi: 5 Eylül 2022].
- URL-3: Anonim, <http://fened-c.web.nku.edu.tr/MetamorfikKayaclar> [Ziyaret Tarihi: 5 Eylül 2022].

EKLER

EK-1: Yaklaşık Ayırışma Yoğunluğu- Müdahale Öneri Tablosu

Literatür taraması sonucu oluşturulan Yaklaşık Ayırışma Yoğunluğu- Müdahale Öneri Tablosu' dur. Bu tabloda kullanılan Kaynak-1 koruma ve onarım çalışmalarında yapılan uygulamalardan, Kaynak-2 ise teorik kısmından yararlanılarak oluşturulmuştur.

Bozulma Türü	Yaklaşık Ayırışma Yoğunluğu	Müdahale Önerisi	Kaynak-1	Kaynak-2
Ayrışmamış Doğal Taş		Yüzey Koruyucu	(Onat Hattap,2002)	
Çatlak oluşumu	Çatlak < 10 mm	Dolgu Tedavi (Mikro enjeksiyon)	(Mahrebel, 2006)	(Öztürk ve Akın, 2021), (Avşar, 2009), (Sevgi ve Xhibo, 2021), (Erdem, 2019), (Güleç, 1997), (Öztürk ve Baldıran, 2015), (Çetin ve Diler, 2021), (Güleç, 2015), (Çebi, 2010), (Çiftçi ve ark., 2013)
	Çatlak > 10 mm	Bölgesel güçlendirme uygulanmasını gerekli kılacaktır		
Pullanma		Sağlamlaştırma	Lazzarini ve ark., 2007), (Arshurst, 2016)	(Ersen, 2011), (Onat Hattap, 2002), (Lazzarini ve ark., 2007), (Arshurst, 1994), (Öztürk ve Baldıran, 2015), (Çetin ve Diler, 2021),
Siyah Kabuk Oluşumu		Temizleme		(Küçük, 2020), (Öztürk ve Akın, 2021), (Onat Hattap, 2002), (Olgun, 1993), (Öztürk ve Baldıran, 2015),
Paralel Levhalar Halinde Ayrılma	Yüzey kaybı < 5 cm	Sağlamlaştırma	(Ersen, 2011)	
	Yüzey kaybı > 5 cm	Plastik Onarım	(Öztürk, 2012)	

Parça Kaybı	Yüzey kaybı > 5 cm	Plastik onarım	(Verdön 2008), (MEB, 2013), (Öztürk, 2012)	(Öztürk ve Akın, 2021), (Güleç, 1997), (Çorapçıoğlu, 1993), (Genç ve Yenice, 2022), (Küçük, 2020), (Sevgi ve Xhibo, 2021), (Öztürk ve Baldıran, 2015), (Diler ve Öztaner, 2021). (Çetin ve Diler, 2021), (Yılmaz ve ark., 2019), (Olgun, 1993), (Çebi, 2010), (Seçkin ve Sayın, 2022), (Çiftçi ve ark., 2013)
Birikme		Temizleme		(Küçük, 2020), (Öztürk ve Baldıran, 2015), (Lazzarini ve ark., 2007)
Diferansiyel erozyon	Yüzey kaybı < 5 cm Yüzey kaybı > 5 cm	Sağlamlaştırma Plastik Onarım	(Öztürk, 2012)	(Eskici ve ark., 2008), (Çebi, 2010)
Bitki oluşumu		Temizleme		(Öztürk ve Akın, 2021), (Küçük, 2020), (Çetin ve Diler, 2021), (Yılmaz ve ark., 2019), (Eskici ve ark., 2008), (Seçkin ve Sayın, 2022)
Grafiti		Temizleme		(Sevgi ve Xhibo, 2021)
Tuzlanma		Temizleme		(Avşar, 2009), (Küçük, 2020), (Lazzarini ve ark., 2007), (Olgun, 1993),